



Gouvernement du Québec
Ministère des Transports

Service de l'Environnement

PRÉLIMINAIRE

MINISTÈRE DES TRANSPORTS
Centre de documentation
35, rue de Port-Royal Est
3e étage
Montréal (Québec)
H3L 3T1

ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT SONORE ET VIBRATOIRE

METRO DE SURFACE LIGNE N° 6

CANQ
TR
GE
EN
511
Prélim.



439290



Gouvernement du Québec
Ministère des Transports

Service de l'Environnement

PRÉLIMINAIRE

REÇU

1983 1 1 2 1

**COTREM
DOCUMENTATION**

**ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT
SONORE ET VIBRATOIRE**

**METRO DE SURFACE
LIGNE NO 6**

1er OCTOBRE 1983

CANQ
TR
GE
EN
511
Prelim.

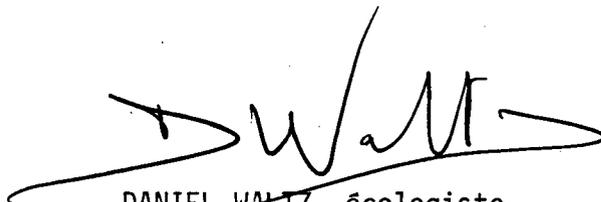
REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée dans son ensemble par monsieur Jean-Luc Allard, ingénieur en acoustique, qui a oeuvré au sein de la Division du contrôle de la pollution et recherches sous la responsabilité de monsieur Mozher Sorial.

De plus, les personnes suivantes sont remerciées: le personnel du COTREM et, en particulier monsieur René Landry, coordonnateur de l'étude, monsieur Jean-Paul Senay du Bureau de Transport Métropolitain. Sont aussi remerciées: monsieur Hrant Khandjian pour la réalisation des figures et le graphisme, monsieur Serge Lanteigne pour le dessin technique, le personnel du Service de la cartographie, mademoiselle Louise Lajoie pour la révision du texte ainsi que madame Ginette Goyer, sténodactylo, pour sa bienveillance et pour le support qu'elle nous a apporté au cours de l'étude.



JEAN-PIERRE PANET, M. ing.
Chargé de projet
Division du contrôle de la
pollution et recherches



DANIEL WALTZ, écologiste
Chef, Service de l'environnement

TABLE DES MATIERES

PAGE TITRE	i
REMERCIEMENTS	ii
TABLE DES MATIERES	iii
Liste des figures	viii
Liste des tableaux	xi
Liste des annexes	xiii
INTRODUCTION ET SOMMAIRE	1
<u>1. CONNAISSANCE DU MILIEU</u>	<u>5</u>
1.1 Identification de la zone d'étude	5
<u>2. IMPACT SONORE</u>	<u>7</u>
2.1 Paramètres acoustiques utilisés	7
2.2 Normes et critères d'analyse	7
2.2.1 Bruit et vibrations communautaires	7
a) norme de bruit communautaire et critères d'évaluation de l'impact sonore	7
b) niveaux de vibration admissibles dans les résidences avoisinantes	8
2.2.2 Normes de bruit concernant les employés affectés au métro de surface	11

2.2.3	Normes de confort pour les usagers	13
2.2.3.1	Intérieur des voitures	13
2.2.3.2	Niveau de bruit dans les stations	15
2.3	Climat sonore actuel	18
2.3.1	Sources de bruit actuelles	18
a)	l'aéroport de Dorval	18
b)	le transport ferroviaire sur l'emprise du CN	21
c)	la circulation routière	21
2.3.2	Analyse du climat sonore actuel	22
2.3.2.1	Relevés sonores	22
2.3.2.2	Modèles de simulation	23
2.3.3	Description du climat sonore actuel	24
2.4	Climat sonore projeté (actuel et métro de surface)	33
2.4.1	Technologies existantes	33
2.4.2	Matériel roulant utilisé pour le métro de surface	35
2.4.3	Sources de bruit et de vibrations, correctifs possibles	36
2.4.3.1	Le matériel roulant	36
2.4.3.2	La voie et les viaducs	38
2.4.3.3	Méthodes de réduction du bruit et des vibrations	40
2.4.3.4	Sommaire des méthodes de contrôle des sources de bruit et des vibra- tions communautaires du matériel roulant; coûts encourus	49
2.4.4	Méthode de calcul du bruit généré par le métro de surface dans les zones adjacentes à la voie de roulement	56

2.4.5	Niveaux sonores générés par le métro de surface	58
2.4.6	Evaluation de l'impact sonore causé par la ligne no 6	63
2.4.6.1	Description de l'impact sonore le long de la ligne no 6	64
2.5	Impact sonore causé par les vibrations générées par le métro de surface	68
2.5.1	Vibrations communautaires	68
2.5.1.1	Facteurs déterminants le niveau de vibration induit au sol	69
2.5.1.2	Evaluation de l'intensité des vibrations induites au sol	69
2.5.1.3	Calcul du niveau de vibration perçu dans les résidences	69
2.5.1.4	Analyse des résultats	75
2.5.1.5	Evaluation de l'impact vibratoire	75
2.5.2	Vibrations à l'intérieur des véhicules	76
2.6	Autres impacts	77
2.6.1	Impact sonore dans les stations et les zones d'accès	77
2.6.1.1	Design acoustique à l'intérieur des stations	77
2.6.1.2	Traitement acoustique à l'extérieur de la station	79
2.6.2	Impact sonore associé aux garages et ateliers	79
2.6.2.1	Garage du Collège	79
2.6.2.2	Complexe garages-ateliers à Pointe-aux-Trembles-Faisceaux de voies et voie d'essai	79

2.6.3	Impact causé par les travaux d'entretien de la voie	84
2.6.4	Impact sonore causé par le déplacement latéral des voies du CN Rail vers le sud	85
2.6.5	Bruit des transformateurs	86
<u>2.7</u>	<u>Mesures de mitigation</u>	<u>87</u>
2.7.1	Barrières acoustiques le long du tracé	88
2.7.1.1	Design des barrières acoustiques	88
2.7.1.2	Localisation des barrières acoustiques le long de la ligne 6 du métro de surface	92
2.7.2	Expropriation d'immeubles résidentiels	92
2.7.3	Répercussions résiduelles dues à l'implantation de la ligne no 6 du métro de surface	93
<u>2.8</u>	<u>Bruit et vibrations dus à la phase de construction</u>	<u>96</u>
2.8.1	Critères d'évaluation de l'impact sonore pendant la phase de la construction	96
2.8.2	Niveau de bruit projeté durant les diverses phases de la construction	97
2.8.3	Impact sonore projeté le long de la ligne 6 du métro de surface	99
2.8.4	Mesures de mitigation	99
2.8.4.1	Mesures de mitigation générales	102
2.8.4.2	Mesures de mitigation spécifiques	103
<u>2.9</u>	<u>Plan de surveillance et de suivi</u>	<u>107</u>
2.9.1	Surveillance durant la phase de construction	107

2.9.2	Mesures de suivi du matériel roulant	107
2.9.2.1	Essais avec le prototype	107
2.9.2.2	Mise en service du métro de surface	107



LISTE DES FIGURES

Figure 1:	Zone d'étude d'impact sonore	6
Figure 2:	Limite supérieure de vibration dans les voitures due aux équipements auxiliaires	14
Figure 3:	Niveaux de vibration maximums à respecter à l'intérieur des voitures	16
Figure 4:	Courbes de projection du bruit perçu	19
Figure 5:	Bruit généré par différents types de métro de surface	34
Figure 6:	Contribution relative des principales sources de bruit d'une voiture de métro de surface, à 3 mètres de l'axe central d'une voie sur ballast	37
Figure 7:	Canalisation du bruit et des vibrations dans les voitures	39
Figure 8:	Phénomène de crissement des roues, en courbes de faible rayon de courbure pour un bogie traditionnel	44
Figure 9:	Niveau de vibration moyen mesuré au passage d'une rame de métro	70
Figure 10:	Niveau de vibration à différentes distances de la voie	71
Figure 11:	Application d'absorbants sous le quai des stations	80

LISTE DES FIGURES (SUITE)

Figure 12-13:	Courbes d'isoatténuation d'écrans acoustiques	89
Figure 14:	Baisse d'efficacité d'un écran acoustique près de ces extrémités	91

ANNEXES:

1-1 à 1-24	Cartes du climat sonore actuel	110
2-1	Courbes de pondération	138
2-2	Comparaison entre les sources sonores et la réaction qu'elles entraînent chez l'humain	139
2-3 et 2-4	Abaque de calcul du niveau sonore généré par la circulation automobile (sols absorbants ou réfléchissants)	145
2-5	Pourcentage de résidents perturbés par leur milieu sonore	149
6-1	Coupes types de roues résilientes	178
6-2	Roues munies de plaques amortissantes	180
6-3	«Krupp tuned vibration absorbers» ou absorbeur dynamique	181

LISTE DES FIGURES (SUITE)

6-4	Cas types de roues avec matériau amortissant	182
7-1 a 7-24	Lignes isosoniques $L_{eq} 24h = 55$ dB(A) du métré de surface et localisation des barrières acoustiques proposées (section 2.7.1.2)	185

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1:	Normes concernant les niveaux sonores maximaux en zone résidentielle, pour différentes régions de l'Amérique du Nord	9
Tableau 2:	Evaluation de l'impact sonore dans les zones résidentielles en fonction du climat sonore actuel et projeté	10
Tableau 3:	Niveau sonore maximum généré par les vibrations induites dans le sol au passage des trains (APTA, 1976)	12
Tableau 4:	Facilité de communication verbale en fonction du bruit de fond	17
Tableau 5:	Représentation des relevés sonores à l'intérieur des courbes PBP	20
Tableau 6:	Climat sonore actuel: niveaux sonores mesurés et calculés	26
Tableau 7:	Sommaire des méthodes de contrôle des sources de bruit et de vibrations communautaires du matériel roulant	51
Tableau 8:	Atténuation des vibrations dans un immeuble à plusieurs étages en dB	74
Tableau 9:	Mesures de mitigation proposées pour réduire l'impact sonore produit le long du tracé	94
Tableau 10:	Niveaux sonores maximums autorisés durant la construction	98

LISTE DES TABLEAUX (SUITE)

Tableau 11:	Niveau sonore équivalent journalier L_{eq} (10h) pendant les diverses phases de la construction	100
Tableau 12:	Bruit généré par divers types d'équipements servant à l'enfoncement de pieux	105

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1:	Cartes du climat sonore actuel dans la zone d'étude, incluant le zonage: - niveau sonore et localisation des relevés - tracé de la ligne no 6 du métro de surface - courbes de projection du bruit perçu à l'aéroport de Dorval	109
Annexe 2:	Notions d'acoustique et définitions des paramètres utilisés	134
Annexe 3:	Mode d'utilisation de l'analyseur statistique	150
Annexe 4:	Liste des relevés sonores et représentation graphique des niveaux sonores équivalents mesurés	154
Annexe 5:	Règlement relatif à la qualité du milieu de travail	169
Annexe 6:	Solutions techniques visant à réduire le niveau sonore généré par les voitures du métro de surface	174
Annexe 7:	Lignes isosoniques $L_{eq\ 24h} = 55$ dB(A) du métro de surface et localisation des barrières acoustiques proposées (section 2.7.1.2)	184
Annexe 8:	Programme d'entretien des roues et des rails	209
Annexe 9:	Compte rendu de réunion - Impact sonore lors de la construction	213
Annexe 10:	Norme ontarienne concernant le bruit de la construction	218

INTRODUCTION ET SOMMAIRE

En prévision de l'implantation du métro de surface qui reliera Pointe-aux-Trembles au secteur ouest de l'Île de Montréal, une étude d'impact sonore et vibratoire a été mise de l'avant afin d'analyser les répercussions d'un tel projet et d'identifier les mesures de mitigation réalisables pour ne pas dégrader la condition sonore actuelle.

Cette étude d'avant-projet répond aux directives du ministère de l'Environnement en ce qui concerne l'impact sonore causé auprès des riverains, fournit suffisamment de renseignements pour orienter ses concepteurs au point de vue de l'acoustique et traite de l'impact produit auprès des usagers et des employés du métro de surface.

Climat sonore actuel:

Le climat sonore actuel varie continuellement le long de l'emprise de la ligne no 6 mais il est possible de diviser en deux secteurs principaux les 23,6 kilomètres du tracé.

Le climat sonore dans la zone «ouest» (de la station du Collège à Lacordaire/Langelier) est passablement dégradé, avec un niveau de pression sonore L_{eq} 24h généralement supérieur à 60 dB(A). La zone «est» (de la station Lacordaire/Langelier à Pointe-aux-Trembles), moins développée, constitue un milieu sonore plus acceptable dans les zones résidentielles, avec un niveau L_{eq} 24h se situant aux alentours de 56 dB(A).

Climat sonore projeté:

Compte tenu du fait que le tracé de la ligne no 6 est fixe, l'ampleur de l'impact produit auprès des riverains (bruit et vibrations) par le passage des rames de métro sera principalement fonction du type de matériel roulant utilisé et du maintien en bon état de l'équipement (voies et voitures). Les voies du métro de surface seront installées sur un ballast et munies de longs rails soudés afin d'éliminer les bruits d'impacts aux joints des rails et de réduire le niveau de vibration induit dans le sol.

Une emphase particulière a été mise sur les moyens de réduire directement à la source le bruit et les vibrations générés par le matériel roulant. Ainsi, on peut modifier avantageusement la suspension primaire des bogies, le système de refroidissement des moteurs de traction, le système de freinage, le type de roues utilisées, la boîte d'engrenage et les équipements auxiliaires ou, on peut agir indirectement sur ces systèmes en installant des jupes acoustiques. Un dispositif d'anti-patinage des roues sera essentiel pour accroître l'intervalle de temps entre les périodes d'entretien des éléments roues/rails.

Comme on ne connaît pas avec exactitude le niveau de bruit et de vibration émis par le matériel roulant, il a fallu utiliser en première approche les systèmes qui correspondraient le mieux aux caractéristiques mécaniques et physiques désirées. Le matériel d'interconnexion MI-79, en opération à Paris, a servi de référence quant au bruit généré (88 dB(A) maximum à 15 mètres, 90 km/h) et le niveau de vibration choisi correspond à la moyenne de quelques systèmes en utilisation aux Etats-Unis.

Etendue de la zone d'impact sonore:

L'évaluation de la zone d'impact sonore est basée sur la norme Leq 24heures = 55 dB(A), laquelle est pondérée pour tenir compte du climat sonore actuel.

En se basant sur le bruit généré par le MI-79, le climat sonore actuel et la distance qui sépare les secteurs résidentiels de la voie, on constate que les zones suivantes sont soumises à un impact sonore élevé:

- interstation du Collège - Côte Vertu: immeubles situés au 740, Place Fortier et au 720, Montpellier;
- interstation Côte Vertu - Sauvé: immeuble situé au 40, rue Port-Royal;
- résidences près de la station Sauvé (Foyer Alma, etc...);
- interstation Sauvé - St-Michel: résidences situées de part et d'autre du tracé.

Si on améliore le matériel roulant utilisé du point de vue acoustique et qu'on maintient en bon état les éléments roues-rails, il est possible de suffisamment réduire l'impact sonore généré pour que le projet soit acceptable pour les riverains situés à plus de 15 mètres de la voie, sans mesure de mitigation importante.

Les objectifs à atteindre quant au bruit généré par le matériel roulant doivent être fixés en considérant le coût encouru pour réduire le bruit à la source et de sa faisabilité compte tenu des autres exigences (fiabilité, problèmes de dimensionnement, performances, etc...), des mesures de mitigation nécessaires et du coût social de l'impact produit.

Etendue de la zone d'impact vibratoire:

L'évaluation précise de l'impact vibratoire nécessite une connaissance des niveaux de vibrations maximums et des fréquences qui y correspondent. Toutefois, il semble que les vibrations induites dans le sol et qui se propagent à travers les fondations des bâtiments, y produisant un bruit de ronflement, ne devraient pas affecter les résidences à plus de 30 mètres de la voie.

Mesures de mitigation:

Dans le cas où le matériel roulant ne peut être suffisamment amélioré, tant du point de vue acoustique que vibratoire, des mesures de mitigation devront être appliquées pour que le projet soit accepté par les riverains.

Ce rapport identifie et propose à la section 2.7 des mesures de mitigation qui devront être rendues finales lorsque l'on connaîtra avec précision les caractéristiques acoustiques du matériel roulant.

Quel que soit le type de voitures utilisées, les résidences à moins de 15 mètres de la voie la plus rapprochée devront être expropriées. Une première évaluation de ces résidences montre que cette mesure coûtera environ 350 000\$.

Si le matériel utilisé génère un niveau de bruit maximum de 88 dB(A) à 15 mètres (MI-79), il sera nécessaire d'installer des barrières sur une distance minimale de 5,4 kilomètres et, dans certains cas particuliers, d'abaisser la vitesse des rames de métro afin de réduire l'importance de l'impact.

Au niveau de la planification globale (actuelle et future) du projet, les autres mesures de mitigation possibles sont: l'installation d'écrans anti-bruit près des récepteurs, le dédommagement des personnes affectées, l'isolation acoustique des façades soumises à des niveaux sonores élevés et le changement de zonage dans les secteurs non urbanisés.

Autres impacts:

- Stations:

L'impact sonore produit à proximité des stations est principalement dû à l'augmentation du trafic routier incluant les dessertes d'autobus. La contribution du bruit généré par les voitures du métro de surface est généralement faible.

- Garages et ateliers:

Compte tenu de leur emplacement par rapport aux zones résidentielles, il est relativement facile de contrôler l'importance du bruit généré pour que l'impact causé varie de faible à négligeable.

- Voie d'essai:

La nature de l'utilisation de cette voie et la proximité des résidences rendent nécessaire l'aménagement d'écrans sonores pour minimiser l'impact produit.

- Phases de construction:

L'impact sonore pendant les phases de construction des infrastructures sera très élevé requérant des mesures de mitigation et un plan de surveillance adéquats afin de minimiser les plaintes qui peuvent en résulter.

- Usagers du métro de surface:

Le type de voitures et de stations utilisées pour le métro de surface assurent à l'usager un confort supérieur à celui auquel il est habitué dans les autres systèmes de transport en commun.

- Employés du métro de surface:

Dans la plupart des cas, les employés du métro de surface seront exposés à un niveau sonore inférieur à 75 dB(A). Seuls les ateliers présentent une possibilité de surexposition au bruit; aussi leur design final devra-t-il faire l'objet d'une attention particulière.

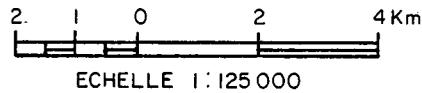
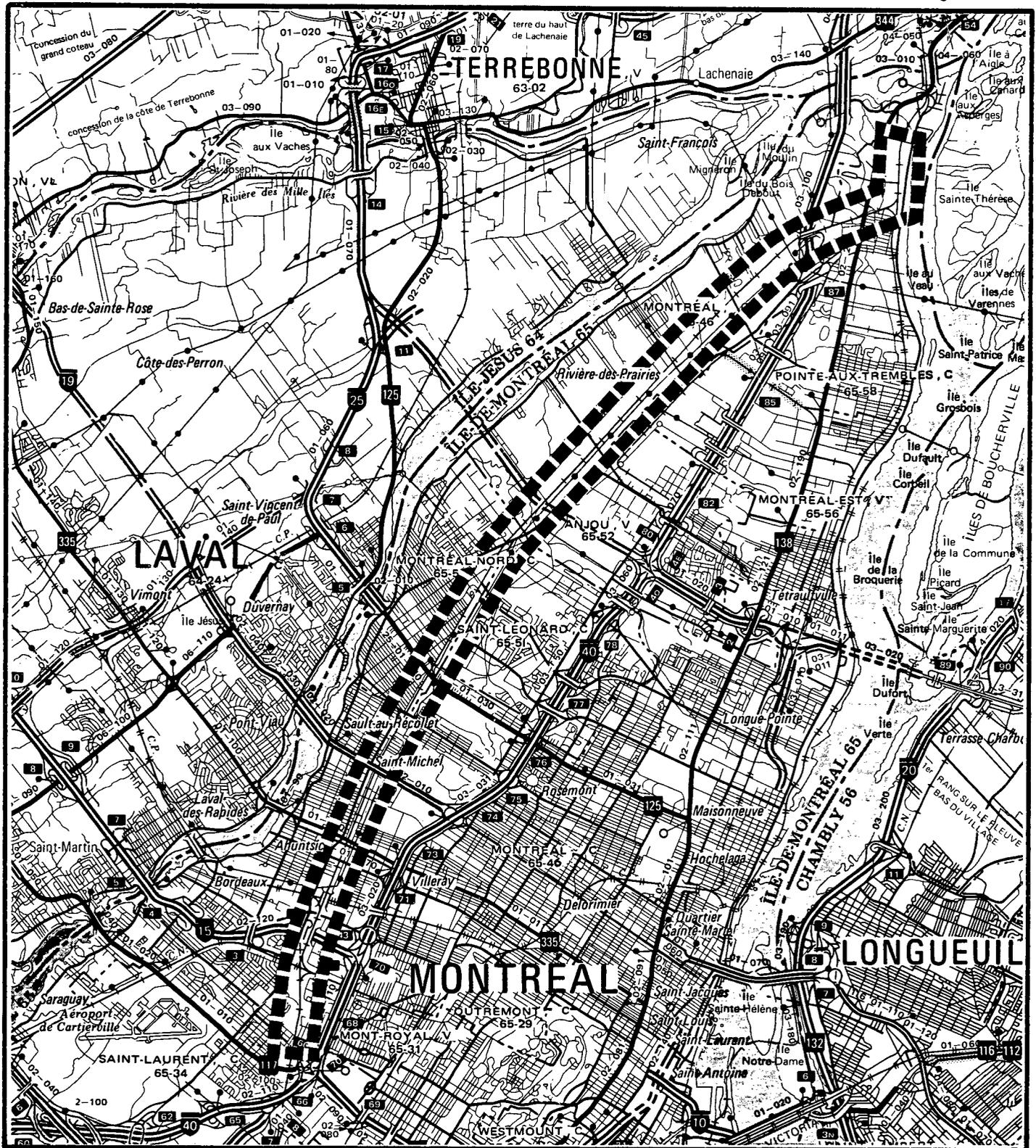
1. — CONNAISSANCE DU MILIEU

1.1 IDENTIFICATION DE LA ZONE D'ETUDE

Le métro de surface sera construit en majeure partie à l'intérieur des emprises ferroviaires du CN Rail, situées dans le nord de l'île de Montréal. Cette ligne de transport en commun s'étendra d'est en ouest, de la station de métro du Collège, située à l'est du boulevard Décarie, jusqu'à Pointe-aux-Trembles, et sera jalonnée de onze stations. La zone d'étude est représentée à la figure 1, sur une carte de la région de Montréal et se trouve détaillée à l'annexe 1.

La longueur totale de la ligne, d'une station terminale à une autre, est de 23,6 kilomètres, alors que la largeur même du corridor, entre les stations, varie de 30 à 45 mètres.

La zone d'étude a été définie à partir du tracé proposé par le COTREM pour l'implantation du métro de surface à Montréal (plan des lots 2100111-01 à 30) et s'étend sur une largeur de 400 mètres, de part et d'autre de la voie. Au-delà d'une telle limite, les répercussions sonores engendrées par le projet sont jugées négligeables.



ZONE D' ETUDE D'IMPACT SONORE

FIG. 1

2. — IMPACT SONORE

2.1 PARAMETRES ACOUSTIQUES UTILISES (1)

Les fluctuations du niveau sonore dans le temps ont rendu nécessaire l'emploi d'un analyseur statistique afin de caractériser le climat sonore ambiant. Cet appareil nous a permis de mesurer en dB(A) les niveaux L_1 , L_{10} , L_{50} , L_{99} et L_{eq} /heure qui ont servi à analyser les résultats.

Le paramètre L_{eq} 24h a également été utilisé pour représenter le climat sonore journalier équivalent. Cet indice est calculé à partir des résultats de nos mesures et présente l'avantage de pouvoir décrire un milieu donné à partir d'une seule valeur qui correspond bien à la gêne que cause le bruit chez l'humain. On a également utilisé le paramètre L_{dn} (L_{eq} 24h jour-nuit, présenté dans le tableau 6, rapportant les mesures de bruit du climat sonore actuel), en vue d'évaluer le pourcentage de la population susceptible d'être incommodée par le bruit environnant.

2.2 NORMES ET CRITERES D'ANALYSE

Il est important que le bruit et les vibrations générés par un système de transport en commun n'incommodent pas la communauté environnante, ni les usagers et les employés proposés à l'opération de ce dernier.

Le choix d'une norme raisonnable est particulièrement important. L'emploi de normes très strictes peut être très coûteux et dans quelques cas, ces normes peuvent être impossibles à rencontrer. D'un autre côté, il peut résulter de l'emploi de normes trop permissives, une réaction très négative de la communauté face au projet.

2.2.1 BRUIT ET VIBRATIONS COMMUNAUTAIRES

- a) Norme de bruit communautaire et critère d'évaluation de l'impact sonore.

Le ministère de l'Environnement de la province de Québec ne s'étant pas arrêté, à ce jour, sur une norme de bruit urbain, il a fallu passer en revue les normes utilisées au Canada et

(1) Tous les paramètres acoustiques utilisés dans ce rapport et ceux nécessaires à la compréhension des notions d'acoustique sont définies et détaillées à l'annexe 2.

aux Etats-Unis. La norme qui apparaît la plus satisfaisante, tant du point de vue environnemental que pour sa facilité d'utilisation, est le $L_{eq} 24h = 55 \text{ dB(A)}$, en milieu résidentiel. A ce niveau sonore, les dommages causés par le bruit sont très faibles (voire nuls) et les activités les plus sensibles au bruit, dans les zones résidentielles, peuvent être effectuées sans problème. Le tableau 1 détaille quelques-unes des normes considérées et définit le terme «résidentiel» utilisé dans ce rapport.

L'évaluation de l'impact sonore le long du tracé sera basée sur la norme $L_{eq} 24h = 55 \text{ dB(A)}$ dans les secteurs où elle est actuellement respectée. Dans les zones où cette norme est dépassée, le climat sonore actuel servira de référence.

Le tableau 2 résume les critères d'évaluation de l'impact sonore pour cette étude. A mesure que le niveau sonore actuel augmente, ce critère d'évaluation de l'impact devient plus restrictif, afin de ne pas dépasser certains seuils qui rendraient la situation des riverains insupportable.

Notons qu'entre des niveaux sonores ($L_{eq/h}$) variant de 55 à 60 dB(A), l'impact dû au bruit urbain est encore faible et que seules les personnes les plus sensibles sont affectées. Entre 60 et 65 dB(A), des comportements (exemple: fermeture des fenêtres) apparaissent, même s'ils ne sont pas trop contraignants. A ces niveaux, certaines mesures de mitigation peuvent être souhaitables, malgré un bilan coûts-avantages difficile à débattre. Au-delà de 65 dB(A), les dommages dus au bruit (exemples: transfert d'activités vers des pièces moins bruyantes, intention des locataires de déménager, etc.) sont importants et il devient essentiel de réduire au minimum l'impact causé par l'implantation d'un nouveau projet.

b) Niveaux de vibration admissibles dans les résidences avoisinantes

Les vibrations produites au passage d'une rame de métro et qui sont induites dans le sol jusqu'aux fondations des résidences peuvent devenir incommodantes de deux façons distinctes suivant que ces vibrations sont perçues comme mouvement ou bien comme bruit:

TABLEAU 1 - NORMES CONCERNANT LES NIVEAUX SONORES MAXIMAUX EN ZONE RESIDENTIELLE (RESUME) POUR DIFFERENTES REGIONS DE L'AMERIQUE DU NORD

Utilisation du sol	Environmental protection agency EPA - E.U.	Gouvernement ontarien ministère de l'Environnement	Ville de Montréal	District of Columbia Washington D.C.	Société canadienne d'habitation et de logement (SCHL)	American public transit association APTA - UMTA
Résidentiel	L_{eq} (24 h) = 55 dB(A)	Jour (7 h - 23 h) L_{eq} (jour) = 55 dB(A) Nuit (23 h - 7 h) L_{eq} (nuit) = 50 dB(A)	Jour (7 h - 23 h) L_{eq} (jour) = 60 dB(A) Nuit (23 h - 7 h) L_{eq} (nuit) = 50 dB(A)	Jour = 55 dB(A) Nuit = 50 dB(A)	L_{eq} (24 h) = 55 dB(A)	Jour = L_{50} = 45-60 dB(A) Nuit = L_{50} = 40-55 dB(A)

Résidentiel: zone résidentielle (faible à forte densité) et endroits où la tranquillité revêt une importance particulière. Exemples: églises, parcs, amphithéâtres, écoles.

Industriel: tout ce qui n'est pas résidentiel.

TABLEAU 2 - EVALUATION DE L'IMPACT SONORE DANS LES ZONES RESIDENTIELLES EN FONCTION DU CLIMAT SONORE ACTUEL ET PROJETE

Climat sonore actuel en dB(A)	IMPACT SONORE PRODUIT (L_{eq} 24h)			
	Négligeable	Faible	Moyen	Fort
$L_{actuel} \leq 55$	$L_{projeté} \leq 56$	$56 < L_{projeté} \leq 58$	$58 < L_{projeté} \leq 60$	$L_{projeté} \geq 61$
$55 < L_{actuel} \leq 60$	$L_{projeté} \leq L_{actuel} + 1$	$L_{projeté} \leq L_{actuel} + 3$	$L_{projeté} \leq L_{actuel} + 4$	$L_{projeté} > L_{actuel} + 5$
$60 < L_{actuel} \leq 65$	$L_{projeté} \leq L_{actuel} + 1$	$L_{projeté} \leq L_{actuel} + 2$	$L_{projeté} \leq L_{actuel} + 3$	$L_{projeté} > L_{actuel} + 4$
$65 < L_{actuel} \leq 70$	$L_{projeté} \leq L_{actuel}$	$L_{projeté} \leq L_{actuel} + 1$	$L_{projeté} \leq L_{actuel} + 2$	$L_{projeté} > L_{actuel} + 3$
$L_{actuel} > 70$	aucune	aucune	$L_{projeté} \leq L_{actuel} + 1$	$L_{projeté} > L_{actuel} + 2$

i) Vibrations perçues comme mouvement

Le niveau généralement reconnu comme acceptable correspond au seuil de perception des vibrations chez l'humain. Au-delà de ce niveau, les gens craignent une détérioration de leurs résidences et les plaintes qui en résultent sont élevées. La figure 10 de la section 2.5.1.3 indique, pour la gamme de fréquences qui nous intéresse, le seuil de perception des vibrations.

ii) Vibrations générant du bruit

Le niveau sonore maximal généré dans les résidences et dans certains bâtiments doit respecter les valeurs indiquées au tableau 3. A ce niveau, le bruit est occasionnellement audible sans pour autant devenir intrusif dans les secteurs où le climat sonore actuel n'est pas dégradé.

2.2.2 NORMES DE BRUIT CONCERNANT LES EMPLOYÉS AFFECTÉS AU METRO DE SURFACE

Lorsque des employés sont exposés à des niveaux de bruit élevés, on a recours au Règlement relatif à la qualité du milieu de travail, adopté en vertu de la Loi sur la qualité de l'environnement, afin d'évaluer l'importance de l'exposition au bruit.

Les garages, mais surtout les ateliers semblent être les seuls lieux où les niveaux sonores justifieront l'usage de ce règlement, dont on trouvera les détails à l'annexe 5.

Actuellement, ce règlement stipule qu'un niveau de bruit de 90 dB(A), généré de façon continue pendant une période de 8 heures, constitue un seuil limite à ne pas dépasser. Toutefois, le passage à la norme plus sévère de 85 dB(A) en continu pour 8 heures est anticipé.

Partout où cela est possible, le maintien d'un niveau sonore de l'ordre de 75 dB(A) est de beaucoup préférable pour maintenir un climat de travail sain.

TABLEAU 3 - NIVEAU SONORE MAXIMUM GENERE PAR LES VIBRATIONS
INDUITES DANS LE SOL AU PASSAGE DES TRAINS
(APTA, 1976)

Zonage	NIVEAU SONORE MAXIMUM EN dB(A)		
	Résidence unifamiliale	Résidence à plusieurs logements	Motel hôtel
Résidentiel basse densité	30	35	40
Résidentiel moyenne densité	35	40	45
Résidentiel haute densité	35	40	45
Commercial	40	45	50
Industriel autoroutes	40	45	55

Bâtiments à usages multiples: Niveau sonore maximum en dB(A)

Ecoles:	40
Bureaux:	35-40
Edifices commerciaux:	45-55

2.2.3 NORMES DE CONFORT POUR LES USAGERS

2.2.3.1 Intérieur des voitures

a) Niveau sonore

Le niveau sonore maximum, à l'intérieur d'une voiture, sur une voie avec ballast et rails soudés, à une vitesse de 90 km/heure est de 70 dB(A). Cette mesure doit être prise à une hauteur de 1,2 mètre du plancher, au centre de la ligne d'axe d'un véhicule sans passager.

La qualité du climat sonore dans ces voitures est basée sur la facilité avec laquelle les usagers du métro de surface peuvent communiquer entre eux. Un niveau sonore de 70 dB(A) permet à deux personnes, à 60 centimètres l'une de l'autre, de communiquer à voix moyenne et élevée si elles sont séparées de 120 centimètres. D'autre part, le bruit de fond dans les voitures doit être suffisamment élevé pour assurer une certaine intimité de la conversation. Il est donc indésirable de trop réduire le niveau sonore dans les voitures.

b) Niveau de vibration

Le niveau de vibration générée par les équipements auxiliaires, lorsque les voitures sont à l'arrêt devra respecter les seuils (1) maximums suivants:

Déplacement maximum: 0 à 1,4 Hz 0,10 pouce
(crête à crête)

Accélération maximum: 1,4 à 20 Hz 0,01 g (crête)

Vitesse maximum: 20 Hz et plus 0,03 pouce/seconde crête

Déplacement maximum sur les moteurs de traction seulement
(non fixés sur le bogie) 0,0015 pouce
(crête à crête)

Ces valeurs sont représentées graphiquement à la figure 2.

Toutes les mesures de vibration, à l'intérieur des voitures, doivent être prises sur les surfaces normalement en contact avec les passagers, soit: le plancher et les sièges (sans rembourrage).

(1) Niveau recommandé par l'American Public Transit Association, (APTA), 1981.

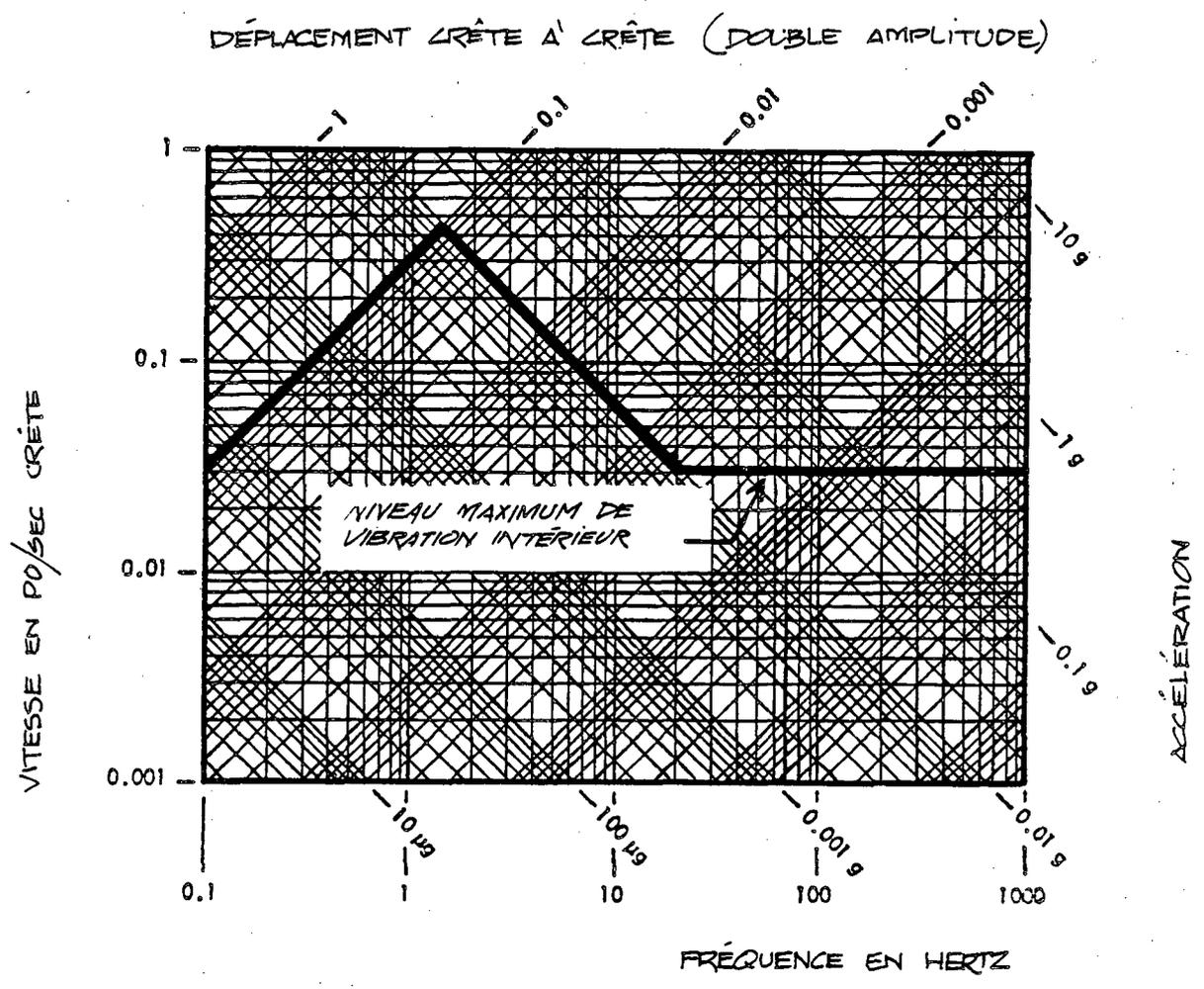


FIG.2 LIMITE SUPERIEURE DE VIBRATION DANS LES VOITURES DUE AUX EQUIPEMENTS AUXILIAIRES.

Les normes de confort, lorsqu'une voiture roule à une vitesse de 90 km/h sur une voie ballastée munie de longs rails soudés, exige que les suspensions secondaires soient telles que la norme iso 2631, pour une durée de 8 heures, soient respectées et considérées comme le seuil au-delà duquel la qualité du confort est réduite.

On retrouve à la figure 3 les niveaux de vibration maximums permis à l'intérieur d'une voiture en opération (vitesse maximale de 90 km/h) et les normes de confort utilisées pour les métros WMATA et MARTA, à vitesse maximale.

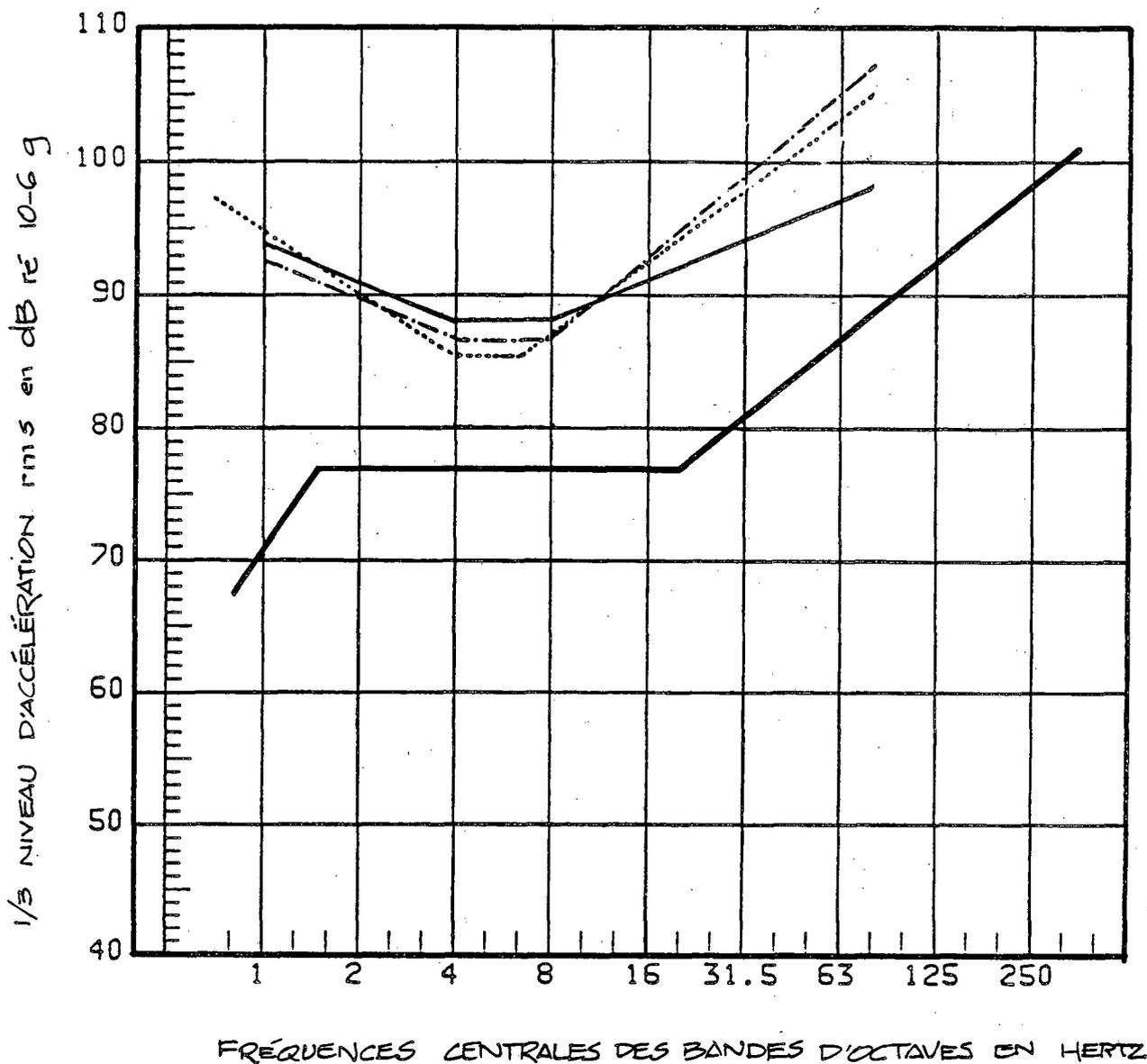
2.2.3.2 Niveau de bruit dans les stations

Le design acoustique des stations doit être basé sur la facilité de communication des usagers entre eux et avec les responsables aux usagers par l'entremise d'un système de communication publique.

On retrouve au tableau 4 l'évaluation de la facilité de communication en fonction du bruit de fond pour différents types d'échanges verbaux.

A partir de ces indications, le niveau de bruit de fond acceptable dans une station vide dont les équipements auxiliaires sont en fonctionnement a été fixé à 55 dB(A). Le terme «équipements auxiliaires» comprend le système de chauffage et de ventilation, les escaliers mobiles, les transformateurs et toute autre source de bruit présente en permanence à l'intérieur des zones où les usagers ont accès. Ce niveau de pression sonore doit être mesuré à 1,5 mètres de hauteur, à l'aide d'un sonomètre dont l'intégrateur est positionné au mode lent.

Ce niveau sonore conjugué au bruit généré par les usagers est suffisamment élevé pour assurer une certaine intimité de la conversation sans être une cause importante d'interférence.



- NIVEAU MAXIMUM DE VIBRATION A L'INTERIEUR DE VOITURES LORSQUE LES EQUIPEMENTS AUXILIAIRES SONT EN OPERATION (TYPIQUE).
- SPECIFICATIONS DU METRO "MARTA" CONCERNANT LE CONFORT DES USAGERS
- - - - - NORME ISO 2631 8 heures
- SPECIFICATIONS DU METRO "WMATA" CONCERNANT LE CONFORT DES USAGERS

FIG 3 NIVEAUX DE VIBRATIONS MAXIMUMS A RESPECTER A L'INTERIEUR DES VOITURES.

TABLEAU 4 - FACILITE DE COMMUNICATION VERBALE EN FONCTION DU BRUIT DE FOND

Type de communication	Bruit de fond en dB(A)		
	Inférieur à 50 dB(A)	50 à 70 dB(A)	70-90 dB(A)
De personne à personne	Niveau de voix normal, jusqu'à une distance maximum de 6 mètres.	Niveau de voix élevé, jusqu'à une distance maximum de 2 mètres.	Niveau de voix très élevé, à extrême jusqu'à une distance de 50 centimètres.
Conversation téléphonique	Bonne	Satisfaisante à légèrement difficile.	Difficile à impossible.
Système de communication public ou intérieur.	Bonne	Satisfaisant	Satisfaisant à difficile.

2.3 CLIMAT SONORE ACTUEL

De manière à décrire le plus fidèlement possible le climat sonore actuel, le long de la zone d'étude, nous avons effectué une série de relevés sonores sur le terrain qui ont été complétés à partir des résultats obtenus en simulant les principales sources de bruit.

2.3.1 SOURCES DE BRUIT ACTUELLES

Les trois sources majeures de bruit qui affectent notre zone d'étude proviennent des différents modes de transports. Le secteur ouest est fortement influencé par la présence de l'aéroport de Dorval; l'emprise du CN Rail, qui servira également à l'implantation du métro de surface, engendre un impact de différentes intensités tout au long de la ligne; enfin, la circulation automobile, suivant sa densité et la proximité des résidences, crée un bruit de fond couvrant toute la zone d'étude mais qui devient, dans plusieurs secteurs, une des causes les plus importantes de dégradation du climat sonore.

Les sources de bruit locales ou particulières, plus aléatoires et plus imprévisibles, ne sont pas considérées directement dans l'analyse même si elles sont parties intégrantes des L_{eq} mesurés.

a) Aéroport de Dorval

D'après les études effectuées par Transport Canada (courbes PBP), le secteur ouest de la zone d'étude est affecté par le passage des aéronefs en provenance ou en direction de l'aéroport de Dorval.

On retrouve à la figure 4 une vue d'ensemble des courbes de projection du bruit perçu (PBP) pour l'aéroport de Dorval. A moins que des changements inattendus ne surviennent, ces courbes sont valables jusqu'en 1991.

Il est toutefois à noter que ces courbes devraient actuellement être moindres, vu la baisse d'achalandage enregistré pour le centre aéroportuaire de Dorval, depuis 1982.

Les courbes PBP sont détaillées à l'annexe 1. On retrouve au tableau 5 les secteurs où le niveau PBP est supérieur à 25, de même que les numéros des relevés sonores qui y correspondent. La zone affectée par l'aéroport est décrite à la section 2.3.3.



COURBES DE PROJECTION DU BRUIT PERÇU

^{1D}
FIG. 4

TABLEAU 5 - REPRESENTATION DES RELEVÉS SONORES A L'INTERIEUR DES COURBES PBP

Niveau de l'indice PBP	Localisation	Numéro de relevés sonores
$PBP \geq 35$	Extrémité ouest de la ligne du métro de surface, de la station Du Collège (boul. Décarie) à la rue Manoogian (exclue).	1, 2, 3 et 4
$30 < PBP < 35$	De la rue Manoogian à la station Côte Vertu.	5, 6
$PBP \approx 30$	Du boul. Acadie au boul. St-Laurent.	10, 11
$28 < PBP < 30$	De la station Côte Vertu au boul. Acadie.	7, 8, 9
	Du boul. St-Laurent à la rue Lajeunesse.	12, 13
$25 < PBP \leq 28$	De la rue Lajeunesse à la rue Christophe-Colomb.	14-15-16-17-18-19
$PBP \leq 25$	De la rue Christophe-Colomb à Pointe-aux-Trembles.	Tous les autres

b) Le transport ferroviaire sur l'emprise du CN

Le bruit engendré sur la voie ferroviaire du CN constitue une source de pollution sonore importante. L'utilisation actuelle de l'emprise du CN sert principalement au transport des marchandises dont l'horaire n'est pas fixe. Par surcroît, le nombre de locomotives et de wagons, leur vitesse, leur fréquence et l'heure du passage varient. La voie est également exploitée par Via Rail, qui effectue quelques voyages en direction de Chicoutimi et Senneterre. Notons que cette ligne sert au transport des passagers et des marchandises depuis 1945. La plupart des zones résidentielles qui la côtoient ont donc été construites après sa mise en service.

De manière à mettre en évidence la contribution relative de cette source de bruit par rapport au niveau global mesuré sur le terrain, des simulations ont été faites. Les résultats obtenus exclusivement par calcul ne correspondent pas suffisamment bien aux mesures effectuées sur le terrain et il faut recourir à une comparaison plus subjective, basée sur les observations recueillies pendant les relevés sonores.

On retrouve à la section 2.3.3 l'analyse des résultats de ces simulations.

c) Circulation routière

Le bruit généré par la circulation routière s'est généralisé à l'ensemble de la zone d'étude et son intensité varie proportionnellement à la densité et à la vitesse des voitures qui y circulent, au pourcentage de véhicules lourds, à la texture du revêtement des routes et de façon inversement proportionnelle à la distance qui sépare les routes des quartiers affectés.

Ainsi le niveau sonore causé par la circulation est dominant dans certains cas (à proximité de l'autoroute des Laurentides) alors que d'autres secteurs (Rivière-des-Prairies, Pointe-aux-Trembles) ne sont pas affectés de façon directe. Pour tous les relevés et indépendamment de l'heure, le bruit de fond est causé par la circulation routière.

La description de son effet sur le climat sonore actuel, le long du tracé, se trouve à la section 2.3.3.

2.3.2 ANALYSE DU CLIMAT SONORE ACTUEL

2.3.2.1 Relevés sonores

a) Période d'échantillonnage et localisation des relevés

Les méthodes utilisées pour prendre les mesures de bruit et analyser les résultats sont d'une grande importance car elles doivent refléter le plus fidèlement possible l'influence ou l'impact qu'ont les sources de bruit actuelles sur le milieu.

Afin d'identifier le climat sonore qui existe actuellement dans la zone d'étude, des relevés sonores ont été effectués du 19 octobre au 8 décembre 1982, aux différents endroits où un impact sonore était susceptible de se produire, ainsi qu'à quelques uns des emplacements prévus pour les stations du métro de surface. La plupart des relevés ont été pris à la limite des zones résidentielles adjacentes au projet. Les relevés de niveaux sonores comprenaient des mesures de bruit d'une durée de trois ou de vingt-quatre heures, suivant l'importance relative des sites et visaient à mesurer de façon statistique les divers paramètres requis pour évaluer l'ampleur de l'impact sonore.

On retrouve à l'annexe 1 la localisation des 44 relevés sonores.

b) Instrumentation et méthode d'échantillonnage

Les mesures ont été prises à l'aide d'un analyseur statistique de bruit (modèle 4426) relié à un microphone à condensateur de 1/4" de diamètre du type 4165 (à champ libre) muni d'un écran antivibratoire. Les résultats ont été enregistrés directement à toutes les heures à l'aide d'une imprimante alphanumérique (modèle 2312). Tous les instruments de mesure du bruit utilisés sont de la marque «Bruël and Kjaer».

Les données ont été recueillies à une hauteur standard de 1,52 mètres à partir du niveau du sol sauf pour les endroits où l'on indique le contraire dans les tableaux des résultats. L'emplacement du microphone n'était pas à une distance fixe de la voie ferrée actuelle du CN mais variait suivant la zone affectée ou l'utilisation visée des résultats. L'analyseur statistique a été calibré avant et après chaque mesure et lorsqu'une panne était décelée, les mesures étaient reprises.

On retrouve à l'annexe 3, le mode d'utilisation des appareils utilisés pour effectuer ces relevés sonores.

Pour éviter d'avoir à prendre en considération les conditions atmosphériques dans nos calculs, tous les relevés sonores ont été effectués par beau temps, avant que la neige recouvre le sol.

c) Programmation de l'analyseur statistique

L'analyseur statistique des niveaux sonores a été programmé pour que l'imprimante alphanumérique nous fournisse les renseignements suivants: l'heure, le nombre d'échantillons mesurés (recueillis à des intervalles de 2 secondes), les niveaux L_1 , L_{10} , L_{50} , L_{95} et L_{eq} .

d) Résultats des mesures

Les graphiques représentant les niveaux L_{eq} (h) mesurés lors des relevés sonores sont rassemblés à l'annexe 4. La norme fixée à 55 dB(A) est indiquée sur ces graphiques et la zone ombragée permet de visualiser globalement l'état du climat sonore actuel par rapport à la norme.

2.3.2.2 MODELES DE SIMULATION

a) Aéroport de Dorval

Les courbes de projection du bruit perçu (PBP) ont été tirées du rapport «L'impact de l'agression sonore - Aéroport de Dorval» rédigé par Transport Canada (TP 3363 F). Ces valeurs sont calculées par ordinateur tel qu'expliqué à l'annexe 2.

b) Trains de marchandises du CN Rail

Pendant qu'on procédait aux relevés sonores, tous les passages de trains ont été notés, ainsi que les caractéristiques permettant d'estimer théoriquement le niveau sonore équivalent qui est généré. Le modèle utilisé est tiré du document «Acoustics technology in land use planning» - Ministry of Environment, Ontario, pp. 81-87.

Les détails de cette méthode de calcul figurent à l'annexe 2.

c) Bruit causé par la circulation automobile

Le niveau de bruit généré par la circulation automobile a été estimé à l'aide de l'abaque établie par la «Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation» et dont une copie se trouve explicitée à l'annexe 2.

Les données nécessaires aux calculs apparaissent aux cahiers descriptifs de l'implantation et du schéma fonctionnel des stations, dans la section «Le réseau routier».

2.3.3 DESCRIPTION DU CLIMAT SONORE ACTUEL

L'évaluation du climat sonore actuel a été effectuée par secteurs, en considérant l'ensemble des sources sonores et en mettant en évidence l'impact causé par les activités ferroviaires.

On retrouve à l'annexe 1 une série de 24 planches qui constituent la zone d'étude. Le niveau sonore actuel y est représenté en trois groupes. Le premier est situé à proximité des sources de bruit dominantes et le niveau sonore dépasse $L_{eq\ 24h} = 62\text{ dB(A)}$, ce qui constitue une zone bruyante. La bande adjacente correspond au groupe intermédiaire, le niveau sonore est inférieur à 62 dB(A) mais dépasse la norme de $L_{eq\ 24h} = 55\text{ dB(A)}$. Le troisième groupe représente la zone où la norme est respectée et où le niveau sonore est faible.

L'évaluation de l'impact causé par l'implantation du M.S., tenant compte du niveau sonore actuel, est basée sur ces planches.

DESCRIPTION DETAILLEE:

Les pages qui suivent constituent une description plus détaillée du climat sonore actuel, le long de la zone d'étude. Les sources dominantes y sont mentionnées et l'impact causé par les activités ferroviaires y est indiqué.

Le tableau 6 est un sommaire des résultats qui servent à l'analyse du climat sonore actuel.

Lorsque la contribution d'une source particulière est quantifiable, son impact sera qualifié comme suit:

<u>Hausse du niveau sonore en dB(A)</u>	<u>Impact causé</u>
dB \leq 1	négligeable
1 < dB < 3	faible
3 \leq dB < 6	moyen
dB \geq 6	fort

Planche no 1

Les relevés 1 et 2 ont été mesurés dans une zone bien établie, à moyenne densité, où le niveau sonore global varie «typiquement» avec le bruit de la circulation routière (maximum aux heures de pointe, niveau minimum la nuit et niveau modéré le jour). Le niveau de bruit est amplifié le jour par le passage des aéronefs en provenance de Dorval (impact moyen à fort) et par les activités ferroviaires mais à un niveau moindre (impact faible). La nuit, alors que le niveau sonore est à son plus bas, l'influence des trains est plus nette et devient un facteur de gêne pour les résidences avoisinantes, l'impact y varie de faible à moyen.

Les paramètres L_{dn} 24h des relevés 1 et 2 indiquent que le pourcentage de la population fortement affectée par le bruit devrait être d'environ 45%. Cet indice s'applique à la population directement soumise aux niveaux sonores mesurés. A mesure que le niveau de bruit diminue, ce pourcentage est d'autant réduit.

Les relevés nos 3 et 4 ont été effectués sur les terrains du Collège Saint-Laurent. Le niveau sonore généré par la circulation y est moindre; ce qui met en évidence le bruit engendré par les aéronefs qui causent un impact fort.

Le secteur résidentiel, situé à 300 mètres au sud de la voie ferrée, est principalement affecté par le bruit des avions, l'influence du trafic ferroviaire demeurant négligeable.

TABLEAU 6 - CLIMAT SONORE ACTUEL

NO RELEVÉ	DIST. C/C mètres	NIVEAUX SONORES MESURES dB(A)				% (4) HAUT. PERT.	NIVEAUX SONORES CALCULES dB(A)			
		Leq jour (1)	Leq soir (2)	Leq 24 hres	Ldn (3)		Leq 24 hres trains	Leq 24 hres sans trains Calculé	Estimé	P.B.P. (Dorval)
1	80	65,8	62,3	64,5	69,4	40	54,9	64,0	63,6	36
2	30	72,1	66,6	70,7	74,4	50	60,3	70,3	69,3	36
3	75	64,5	NOTE 1				49,7 (5)	64,4	62,5	37
4	30	60,6					-	60,6	60,6	36
5	15	73,0					66,8 (5)	71,8	65,0	34
6	45	61,6					52,8 (5)	61,0	61,0	32
7	175	67,7					-	67,7	67,7	29
8	150	63,7					52,2 (5)	63,4	63,0	29
9	15	68,0					62,0	66,8	70,0	40
10	15	77,2	72,2	75,9	79,8	60	63,6	75,6	75,5	29
11	10	62,0	NOTE 1				52,3 (5)	61,5	61,5	31
12	15	63,7					58,2 (5)	62,3	62,0	29
13	30	61,7					50,7 (5)	61,3	61,0	28
14	30	70,5	67,8	69,7	74,7	50	61,0	69,1	65,2	28
15	30	72,8	NOTE 1				52,0 (5)	72,8	72,5	28
16	45	70,5	66,1	69,3	73,5	47	59,7	68,8	67,9	27

TABLEAU 6 - CLIMAT SONORE ACTUEL

NO RELEVE	DIST. C/C mètres	NIVEAUX SONORES MESURES dB(A)				% (4) HAUT. PERT.	NIVEAUX SONORES CALCULES dB(A)						
		Leq jour (1)	Leq soir (2)	Leq 24 hres	L _{dn} (3)		Leq 24 hres trains	Leq 24 hres sans trains		P.B.P. (Dorval)			
							Calculé	Estimé					
17	365	75,4	NOTE 1				54,4 (5)	75,4	75,4	26			
18	15	70,2								67,6 (5)	66,7	65,2	27
19	35	68,3								64,7 (5)	65,8	66,7	27
20	25	70,4								67,3 (5)	67,5	65,0	25
21	70	71,0								54,3 (5)	70,9	70,9	< 25
22	30	59,0								57,3 (5)	54,1	57,0	< 25
23	90	72,4					69,2	71,4	76,2	52	55,7	71,3	70,0
24	25	73,8	NOTE 1				62,3 (5)	73,5	73,6	< 25			
25	25	65,4								62,3 (5)	62,5	61,0	< 25
26	25	70,1								64,8 (5)	68,6	67,0	< 25
27	25	71,6								65,0 (5)	70,5	70,0	< 25
28	30	74,2					69,3	72,9	76,8	53	60,5	72,6	72,3
29	45	75	NOTE 1				59,6 (5)	74,9	73,0	< 25			
30	75	74,5								57,7 (5)	74,4	74,0	< 25
31	300	57,4								48,6 (5)	56,8	56,0	< 25
32	75	60,1								53,4 (5)	59,1	56,0	< 25
33	30	72,2								56,4 (5)	72,1	72,0	< 25

TABLEAU 6 - CLIMAT SONORE ACTUEL

NO RELEVÉ	DIST. C/C mètres	NIVEAUX SONORES MESURES dB(A)				% (4) HAUT. PERT.	NIVEAUX SONORES CALCULES dB(A)						
		Leq jour (1)	Leq soir (2)	Leq 24 hres	Ldn (3)		Leq 24 hres trains	Leq 24 hres sans trains	P.B.P. (Dorval)				
							Calculé	Estimé					
34	30	62,1	62,3	62,2	68,7	37	61,7	52,6	50	< 25			
35	85	70,5	NOTE 1				58,0 (5)	70,2	70,0	< 25			
36	30	76,1								-	76,1	76,1	< 25
37	40	69,0								55,2 (5)	68,8	68,8	< 25
38	75	57,2	55,4	55,6	62,1	28	56,7	note 2	50	< 25			
39	100	71,4	NOTE 1				56,4 (5)	71,3	68	< 25			
40	25	74,9	69,5	73,5	77,2	54	63,7	73,0	69	< 25			
41	30	61,1	58,2	60,2	65,2	33	60,5	note 2	56,9	< 25			
42	15	63,2	57,9	61,9	65,6	33	63,6	note 2	50	< 25			
43	15	56,0	51	54,7	58,6	23	61,5	note 2	53	< 25			
44	150	74,0		NOTE 1			51,2 (5)	74,0	74,0	< 25			

NOTE 1: Relevé sonore d'une durée de 3 heures.

NOTE 2: Le niveau Leq 24h sans train ne peut être calculé car le niveau sonore équivalent, obtenu par simulation des activités ferroviaires, est supérieur au niveau sonore mesuré.

(1) Jour 07 h 00 à 22 h 00

(2) Soir 22 h 00 à 07 h 00

(3) Niveau sonore équivalent jour-nuit, détails à l'annexe 2.

(4) Pourcentage de la population qui est hautement perturbée par le bruit actuel. Voir détails à l'annexe 2.

(5) Leq 3 heures

Planche no 2

Le relevé no 5, effectué directement au sud du triage Saint-Laurent, a été pris à proximité de l'école Manoogian. Le secteur résidentiel, contigu à l'école, est bien établi et de densité moyenne.

Le climat sonore est principalement dégradé durant la journée à cause des activités ferroviaires et du passage des aéronefs. L'impact causé par ces deux sources à l'école Manoogian est fort.

Le relevé no 6 a été effectué à l'extrémité est du triage Saint-Laurent, zone destinée au développement urbain à forte densité. Le niveau sonore durant la journée y est assez élevé et provient des différents modes de transports.

Planche no 3

La zone au nord de la voie ferrée et comprise entre la rue Poitras et l'autoroute des Laurentides est du type résidentiel de moyenne à forte densité, la balance de la superficie au sud étant soit commerciale soit industrielle.

Cette zone est affectée à un degré moindre que celles des planches 1 et 2 par le passage des aéronefs, mais le bruit causé par la circulation routière y est plus important, comme l'indiquent les relevés 7, 8 et 9.

Le bruit généré par les trains est fonction de la distance, mais l'impact qu'il cause dépend surtout du climat sonore existant. Ainsi, son effet est négligeable le jour, faible la nuit à l'ouest du boulevard Lebeau, et varie respectivement de moyen à nul entre les sites où sont effectués les relevés 9 et 10.

Le pourcentage de gens hautement gênés par le bruit est d'environ 40% sur le boulevard Lebeau (relevé no 9) et passe à 60% près de l'autoroute des Laurentides (relevé no 10).

Planche no 4

Considérant que ce secteur est exclusivement industriel, donc moins sensible au bruit, on peut dire que le niveau sonore n'y constitue pas un problème.

La source majeure y est la circulation routière; le bruit généré par les trains et les aéronefs est acceptable, compte tenu du zonage.

Planche no 5

A l'ouest du boulevard Saint-Laurent, le secteur résidentiel se trouve à plus de 300 mètres de la voie ferrée et ne constitue pas une zone dont le climat sonore est perturbé par cette dernière. Une exception: l'immeuble à appartements situé au 40, rue Clark, à environ 15 mètres au nord de la voie ferrée. La contribution de la circulation automobile à ce point (relevé no 12) est assez basse; ce qui met en évidence le bruit généré par les activités ferroviaires dont l'impact varie de moyen à élevé.

A l'est du boulevard Saint-Laurent, l'impact causé par le passage des aéronefs est acceptable et les zones classées résidentielles sont principalement affectées par la circulation routière. L'impact qu'a la voie ferrée sur les gens résidant à proximité se révèle faible pendant le jour, devenant moyen pendant la nuit.

Le climat sonore actuel (Leq 24h 60 dB(A)) près du foyer Alma constitue une zone privilégiée, compte tenu de son degré d'urbanisation. La présence du CN Rail contribue à dégrader l'ambiance sonore mais empêche le raccordement nord-sud de la rue St-Denis, ce qui représente un avantage évident.

Planche no 6

Le niveau PBP dans ce secteur varie entre 25 et 28, ce qui le rend compatible avec un quartier résidentiel. Son impact est faible mais non négligeable.

Les relevés sonores nos 14 à 19 indiquent que la circulation automobile est la source de pollution principale et permettent d'estimer la zone limite d'impact dû au trafic ferroviaire dans ce secteur à environ 60 mètres, de part et d'autre de la voie ferrée. A proximité de la voie, l'impact est moyen (relevé no 14 à 30 mètres) tandis qu'au site du relevé no 16 (45 mètres), il s'avère faible.

Le relevé no 20 nous confirme que l'impact sonore causé par le transport ferroviaire s'accroît lorsqu'on s'éloigne des rues achalandées. A ce point, le bruit des trains devient un facteur gênant plus important que celui de la circulation.

Planche no 7

La zone d'étude située entre l'avenue Christophe-Colomb et la rue Papineau n'est résidentielle que du côté nord de la voie ferrée. Actuellement, peu de maisons sont à proximité de l'emprise du CN, bien qu'un développement domiciliaire (Opération 20 000 logements) soit en construction. Le niveau sonore à proximité de ces rues est élevé et l'impact causé par les voies ferrées est faible, devenant fort à la médiane des points où on a effectué les relevés no 21 et 23.

Planches nos 7, 8 et 9

La zone située entre la rue Papineau et le boulevard Saint-Michel a une forte vocation résidentielle. Le climat sonore y varie de manière semblable à celui décrit à la planche no 7.

Planches nos 9 à 13

Les sources de bruit dans ce secteur sont les mêmes que précédemment (transport routier et ferroviaire), à la différence que les quartiers résidentiels les plus rapprochés se trouvent à environ 150 mètres de la voie ferrée.

Des bâtiments industriels existent sur la majeure partie de la ligne et agissent comme barrière acoustique en réduisant l'impact dû au transport ferroviaire. L'impact causé près des résidences est faible et devient négligeable lorsque le niveau sonore est suffisamment élevé (environ 65 dB(A)).

Le relevé no 35 (planche no 13) montre que le bruit généré par le transport ferroviaire est ordinairement dissimulé par la circulation routière. Toutefois, la présence d'un passage à niveau oblige les locomotives à faire usage de leur klaxon et ce bruit, identifiable à plus d'un kilomètre, contribue à hausser le degré d'incommodation des résidents.

Planches nos 14 à 17

Le secteur situé au nord de la voie ferrée est principalement voué à des développements résidentiels. Actuellement, le niveau de bruit généré par la circulation automobile est faible et le transport sur rail constitue le principal polluant sonore.

Une bande de terrain zoné «commercial» sépare le triage Rivière-des-Prairies des quartiers assignés au développement résidentiel. Le relevé sonore no 38 permet d'évaluer l'impact des activités

ferroviaires sur le secteur. De façon absolue, cet impact est très élevé car les bruits générés dans la zone de triage constituent la source de pollution dominante. D'autre part, si on se réfère à une norme acceptable, soit le $Leq_{24h} = 55 \text{ dB(A)}$, le niveau actuel de $56,6 \text{ dB(A)}$ révèle un impact faible au niveau des résidants. Cette valeur est cependant sous-évaluée, car elle ne tient pas des sons purs générés par les trains.

Planche no 18

Ce secteur a une vocation industrielle, à l'exception d'une bande de terrain d'environ 125 mètres de largeur centrée sur le boulevard Rivière-des-Prairies. Cette zone comprend une population de faible densité.

L'intensité de bruit généré par le trafic routier varie de façon typique mais se trouve amplifié par le fréquent passage des trains et par les avertisseurs du passage à niveau. Le relevé no 40 indique qu'à une distance de 25 mètres de la voie, l'impact ferroviaire est fort. Il faut s'éloigner à 150 mètres de la voie pour que l'impact causé soit faible.

Planches nos 19-22

Comme pour les planches nos 14 à 17, ce secteur, actuellement peu habité est voué au développement résidentiel.

Le bruit généré par la circulation automobile est faible, sauf à proximité de l'autoroute de la Rive nord. La circulation ferroviaire est la source principale de gêne pour les résidants. L'impact causé est généralement faible. Toutefois, certaines habitations figurant sur la planche no 20 sont situées à moins de 50 mètres de la voie ferrée actuelle, où l'impact s'avère plus élevé.

Planche no 23

La zone située au sud de la voie ferrée est à caractère résidentiel et y est bien établie. Le secteur situé à l'est de cette zone, également résidentiel, est en développement.

Dans ce secteur, l'impact sonore engendré par les trains de marchandises a une intensité moyenne vis-à-vis des habitations les plus rapprochées de la voie; il devient faible jusqu'à une distance de 100 mètres et négligeable par la suite.

Planche no 24

Ce secteur est en plein développement et on y trouve des habitations construites à moins de 30 mètres de la voie ferrée. Le niveau sonore y est bas et la contribution qu'y a le transport ferroviaire varie de faible à moyen.

2.4 CLIMAT SONORE PROJETE

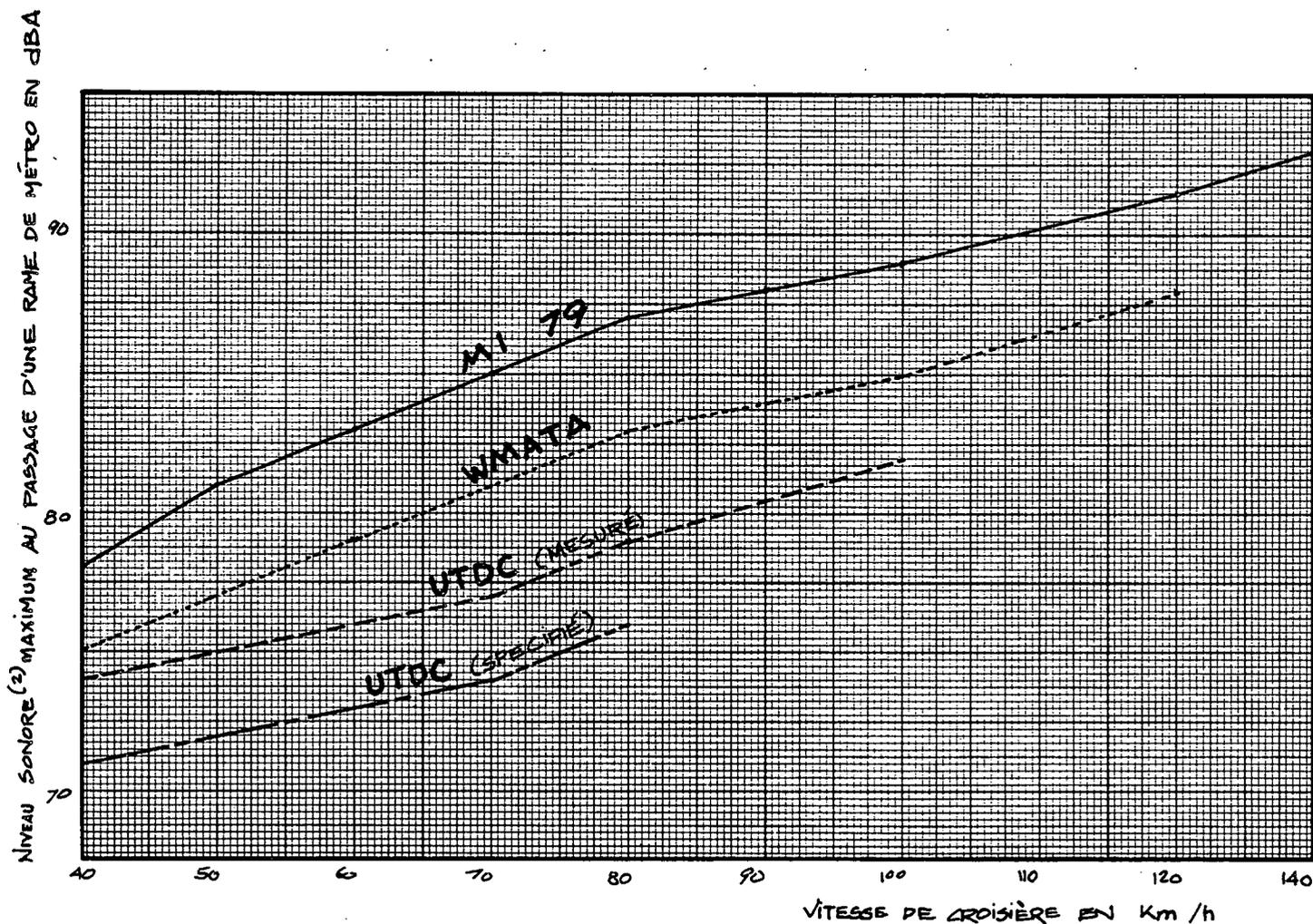
Le corridor utilisé pour l'implantation de la ligne 6 du métro de surface étant établi, le choix entre les différentes options possibles pour réduire l'impact sonore et vibratoire doit se faire principalement au niveau de la technologie utilisée et du design appliqué à ce système. Si ce choix ne permet pas de réduire suffisamment l'impact créé au niveau communautaire, des mesures de protection seront nécessaires pour minimiser la dégradation du climat acoustique et vibratoire et ainsi accroître la réceptivité de la population envers le projet.

2.4.1 TECHNOLOGIES EXISTANTES

On retrouve à la figure 5 le niveau sonore généré par différents types de métro de surface. Comme ces systèmes sont de différents gabarits, leur niveau sonore maximum a été normalisé pour que le nombre de passagers par rame soit comparable.

Sans détailler chacun de ces systèmes, disons que tous ont des équipements semblables au départ (moteurs de traction électriques, boîte de transmission, roues en acier sur bogie, freinage-rhéostatique à disques, etc.) sauf pour ce qui est de l'«Intermediate capacity transit system» (ICTS), développé en Ontario par «Urban Transportation Development Corporation». Les voitures ICTS sont mues par des moteurs à induction linéaire qui créent un champ magnétique entre le dessous de la voiture et un troisième rail fixé au sol. C'est ce champ magnétique qui effectue la traction et qui freine la rame de métro, éliminant ainsi tous les systèmes de transmission de puissance des moteurs aux roues. Comme aucun effort n'est exercé sur les roues, hormis le poids des voitures elles-mêmes et l'application des freins d'urgence, l'usure y est moindre que sur des voitures conventionnelles; ce qui assure une génération du bruit constante dans le temps.

Il est à noter que le niveau de pression sonore généré par le WMATA, correspond à peu de choses près, au niveau de bruit recommandé par l'APTA, lequel recommande un niveau de bruit de 82 dB(A) à 15 mètres de la voie lorsque la rame de métro passe à 96 km/h.



(1) NIVEAU SONORE NORMALISÉ A UNE CAPACITÉ DE TRANSPORT SIMILAIRE

(2) NIVEAUX SONORES VALABLES A UNE DISTANCE DE 1.5m DU CENTRE DE LA VOIE.

FIG. 5 BRUIT GENERE PAR DIFFERENTS TYPES DE METRO(1).

2.4.2 MATERIEL ROULANT UTILISE POUR LE METRO DE SURFACE

Le matériel d'interconnexion (MI-79) actuellement en opération à Paris, entre Roissy et l'aéroport Charles de Gaulle, est celui dont les caractéristiques mécaniques se rapprochent le plus du métro de surface.

Etant donné que l'on ne peut connaître de façon précise les niveaux sonores et vibratoire provenant de ce matériel roulant, le calcul du climat sonore projeté a été effectué à partir des niveaux du MI-79 indiqués à la figure 4. Ces niveaux sonores proviennent de la Société Nationale de Chemin de Fer, en France. On nous a également informé que ce matériel roulant faisait l'objet d'améliorations au point de vue de l'acoustique et des vibrations (MI-84).

Lorsqu'un prototype du matériel roulant sera construit, il sera possible de reviser cette étude et d'en changer s'il y a lieu, les zones subissant un impact et les mesures de mitigation qui y sont rattachées.

Les caractéristiques techniques suivantes, tirées du cahier descriptif du matériel roulant et complétées lors de réunions ont une incidence sur le bruit et les vibrations communautaires. Les efforts de réduction du bruit rayonné et les vibrations doivent être orientés vers ces points.

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DU MATERIAL ROULANT:

- poids: non définitifs, à minimiser;
- vitesse maximale: 120 km/h;
- motorisation des essieux: éléments de deux voitures avec 50 ou 100% d'essieux motorisés (non définitif), système d'antipatinage et freinage rhéostatique intégrés (environ 1 500 kilowatts par élément);
- moteurs auto-ventilés;
- système d'air comprimé avec un compresseur d'au plus 10 kilowatts par élément: alimente plusieurs accessoires dont le système de freinage et les avertisseurs sonores;
- bogies du type à chassis flexibles et à empattement court;
- moteurs et une partie des réducteurs montés sur la suspension primaire;

- suspension primaire: la rigidité verticale est assurée par des ressorts hélicoïdaux tandis que celle transversale et longitudinale se fait par des élastomères;
- suspension secondaire: suspension pneumatique avec amortisseurs hydrauliques;
- roues en acier roulé avec table de roulement durcie; le choix quant à l'utilisation de roues résilientes ou amortissantes n'a pas été fixé;
- freinage: rhéostatique à haute vitesse, à disques à basse vitesse et utilisation de freins à sabots à l'arrêt, pour freinage d'urgence et pour assurer le nettoyage des roues.

2.4.3 SOURCES DE BRUIT ET DE VIBRATIONS - CORRECTIFS POSSIBLES

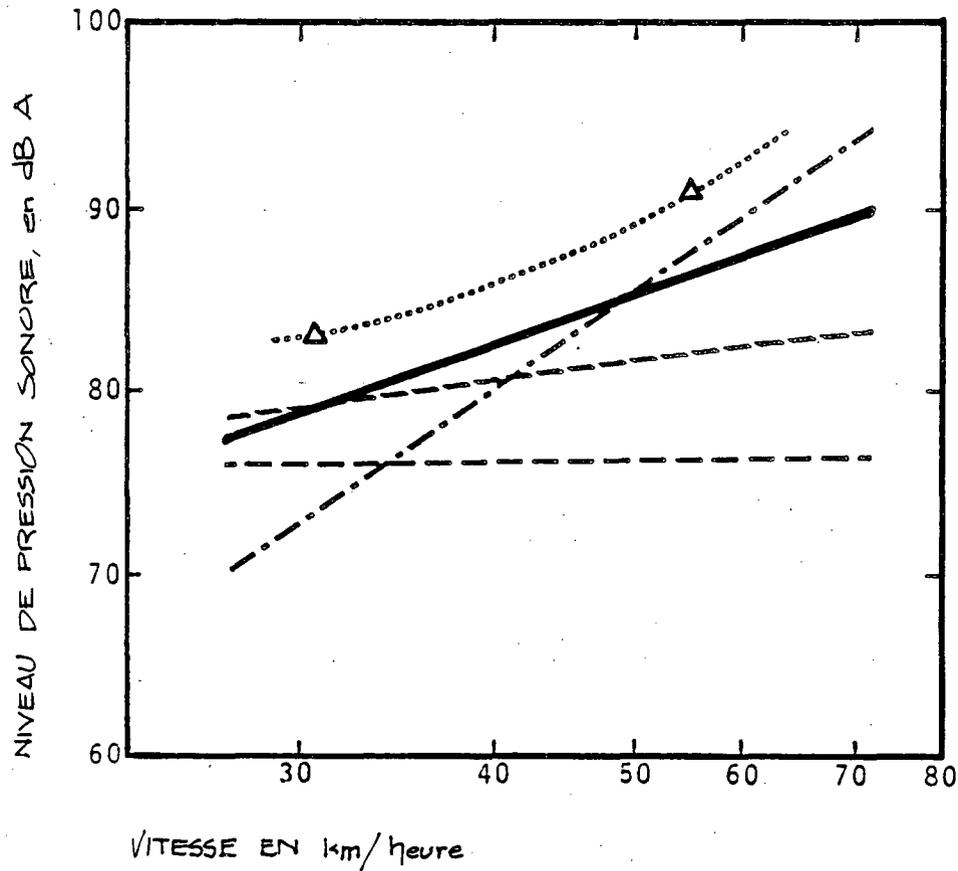
2.4.3.1 Le matériel roulant

a) Bruit communautaire (extérieur)

Les trois principales sources de bruit proviennent du contact roues/rails, des équipements de propulsion (moteurs de traction et leur système de refroidissement, boîte de transmission) et des équipements auxiliaires (compresseurs, génératrices, systèmes de ventilation). L'importance relative de ces sources varie continuellement, suivant les conditions spécifiques d'utilisation du matériel roulant, comme la figure 6 l'illustre.

Le bruit généré par les auxiliaires est habituellement indépendant de la vitesse du métro de surface et domine à moins de 15 km/h. A mesure que la vitesse (V) croît, ces bruits de roulement et ceux des moteurs de traction s'intensifient respectivement à un taux de $30 \log V$ et de $40 \log V$ à $60 \log V$, suivant le système considéré. Pour la gamme de vitesses de 35 à 50 km/h, le bruit de roulement domine et à plus de 50 km/h, le bruit causé par le ventilateur des moteurs de traction est le plus important. Le bruit des engrenages, qui peut être important de 15 à 30 km/h, ne constitue habituellement pas un problème sur les voitures modernes.

C'est en connaissant l'importance des sources de bruit et leurs causes que l'on peut abaisser leur niveau sonore. La section 2.4.3 donne les principales mesures de réduction du bruit et des vibrations, dont certaines sont détaillées à l'annexe 6.



- NIVEAU SONORE GLOBAL
- .-.-.-.- MOTEURS DE TRACTION AUTO-VENTILÉS
- BRUIT DE ROULEMENT - ROUES/RAILS
- - - - BOITE D'ENGRENAGES
- - - - EQUIPEMENTS AUXILIAIRES

FIG. 6 (*) CONTRIBUTION RELATIVE DES PRINCIPALES SOURCES DE BRUIT D'UNE VOITURE DE M.S. A 3m. DE L'AXE CENTRAL D'UNE VOIE BALLASTEE

(*) TIRE DE " HANDBOOK OF URBAN RAIL NOISE AND VIBRATION CONTROL "

b) Bruit et vibration à l'intérieur des voitures

Le bruit qui est perçu à l'intérieur des voitures provient des sources sonores extérieures mentionnées à la section 2.4.3.1-a), du système de chauffage et de ventilation et des sources de bruit intérieures. Le niveau de pression sonore varie principalement avec la vitesse du véhicule et le type d'infrastructure de la voie. Pour un même matériel roulant, le niveau de bruit intérieur est minimal sur une voie avec ballast au niveau du sol et maximal sur des structures légères surélevées.

La canalisation du bruit vers les usagers, illustrée à la figure 7, se fait des façons suivantes:

- transmission à travers les parois de la voiture ou par ses ouvertures (joints des portes, conduits de ventilation, etc...);
- les vibrations transmises aux parois intérieures de la cabine génèrent du bruit;
- dans certains cas, les sources sonores à l'intérieur de la voiture peuvent être importantes.

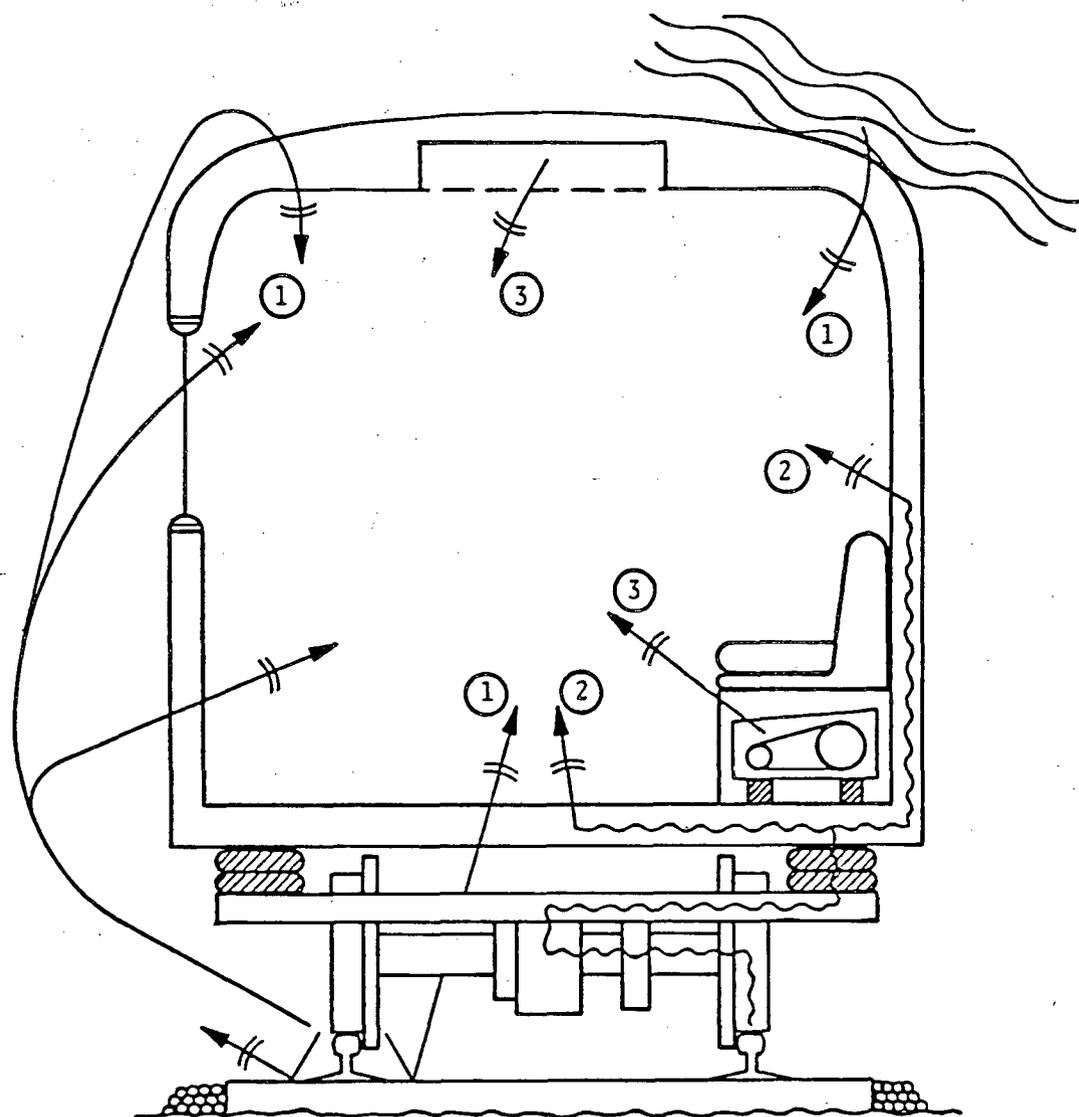
Les vibrations sont causées par le contact roues-rails, les équipements de propulsion et les systèmes auxiliaires et se transmettent à la voiture en passant par le châssis et les suspensions (primaires et secondaires).

2.4.3.2 La voie et les viaducs

a) Caractéristiques de design de la voie

Les caractéristiques majeures du design d'une voie sur ballast telles son épaisseur, sa capacité portante, le poids du rail et l'espacement des traverses ont une importance secondaire sur le bruit radié par le passage d'une rame de métro mais affectent la propagation des vibrations dans le sol (contenu fréquentiel et atténuation avec la distance).

Le choix d'utiliser un dormant de béton plutôt qu'en bois est principalement justifié par la durée de vie de ce dernier, l'incidence de ce choix quant à la réduction du bruit communautaire étant incertaine (0 à 2 dB(A)).



- ① TRANSMISSION DU BRUIT EXTÉRIEUR A' TRAVERS LES PAROIS DE LA VOITURE .
- ② BRUIT & VIBRATIONS TRANSMIS A' TRAVERS LA STRUCTURE DU VÉHICULE .
- ③ SOURCES DE BRUIT A' L'INTÉRIEUR DE LA VOITURE .

**FIG. 7 CANALISATION DU BRUIT ET DES VIBRATIONS
A L'INTERIEUR DES VOITURES.**

L'utilisation d'attaches résilientes pour le rail est également un facteur négligeable quant au bruit généré par l'interaction roues/rails.

b) Viaducs

Le bruit produit par une rame de métro augmente lorsque celle-ci passe sur une structure (quel que soit son type), comparative-ment à une voie au niveau du sol. Cette différence est due au fait que les vibrations générées par l'interaction roues/rails se propagent à travers les composantes de la structure, qui sont excitées et produisent du bruit. De façon générale, plus les surfaces excitées sont importantes et légères, plus elles sont de bons émetteurs de bruit.

Dans le cas du métro de surface, les viaducs ont une infrastructure massive plus difficile à exciter (par rapport à une structure en acier). L'utilisation d'un ballast d'une épaisseur minimale de 12 pouces «isole» les rails du tablier de béton et accroît le poids de la structure. L'augmentation résultante du bruit, lors du passage en viaduc, est ainsi limitée à 2 ou 3 dB(A), au maximum. Notons que l'élimination du ballast engendrerait une augmentation de l'ordre 7 ou 8 dB(A).

2.4.3.3 Méthodes de réduction du bruit et des vibrations

a) Contact roues/rails

Tel que mentionné, l'interaction roues-rails est la source de bruit prédominante, à des vitesses intermédiaires, et contribue de façon importante au bruit généré à haute vitesse et ce, tant à l'intérieur des véhicules qu'à l'extérieur.

Ce type de bruit peut être subdivisé en trois catégories:

- bruit d'impact: causé par les joints entre les rails, les plats sur les roues et aux aiguillages;
- bruit de crissements des roues, en courbes de faible rayon;
- bruit de roulement: causé par les irrégularités mineures des roues et des rails ainsi que par les concentrations de contraintes au niveau du point de contact roues-rails.

Correctifs possibles:

i) Design général des véhicules:

Les facteurs suivants ont une influence directe sur le bruit global généré par les voitures:

- voitures munies de «jupes» acoustiques ou à profil surbaissé: réduction potentielle du bruit adjacent à la voie, pouvant atteindre au maximum 10 dB(A);
- dispositif d'antipatinage des roues: ce système est requis pour diminuer l'usure trop rapide des roues et des rails menant à un bruit excessif;
- surfaces absorbantes sous la cage des voitures: cette solution ne s'avère efficace que si on utilise des jupes acoustiques. Une voie munie d'un ballast offre suffisamment d'absorption pour que l'addition de matériaux absorbants ne soit pas nécessaire;
- rigidité de la suspension primaire: l'assouplissement de la suspension primaire réduit le niveau sonore généré par le contact roues/rails, les vibrations transmises à la voiture et vers le sol, et les efforts auxquels sont soumis les composantes mécaniques des bogies.

Ces solutions sont détaillées à l'annexe 6.

ii) Réduction du bruit d'impact

Le bruit d'impact est causé par les irrégularités «importantes» des roues et des rails et peut être rendu imperceptible grâce à un entretien parfait de ces éléments. En pratique, on utilise des rails soudés partout où cela est possible et on établit un programme d'entretien pour garder en bon état les roues (usinage visant à éliminer les plats) et les rails (fini de surface en général et des soudures).

Si l'on doit conserver des joints dans les rails, l'écart vertical entre les rails doit être minimal et ajusté en descendant (l'extrémité du rail en aval doit être plus basse que le rail en amont), dans le sens principal de circulation. On peut également fixer des joints en époxy entre les extrémités des rails. L'amélioration du contact entre les rails entraîne une réduction du bruit d'impact d'environ 5 dB(A).

L'emploi de roues résilientes est efficace pour réduire le bruit d'impact par rapport à une roue rigide, car la durée de l'impact est accrue et le contenu fréquentiel du bruit d'impact abaissé par rapport à la courbe de pondération «A», réduisant ainsi le niveau de pression sonore résultant.

Comme dernière mesure, on pourra réduire la vitesse maximale de passage des rames dans les secteurs les plus sensibles au bruit; ce qui abaissera proportionnellement le bruit généré.

iii) Réduction du bruit de crissement des roues

Le bruit de crissement des roues dans les courbes à faible rayon se caractérise par des tons purs à fréquences fixes correspondant aux modes propres des roues.

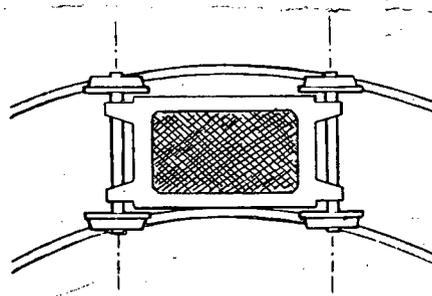
Ces tons purs sont émis par les roues des voitures lorsque la rigidité des bogies les empêche de suivre la courbure des rails; ce qui entraîne un phénomène alternatif de frottement et de glissement des roues sur les rails. De façon générale, le rayon minimal de courbure de la voie, tel qu'indiqué à la figure 8, doit être de l'ordre de cent fois l'empattement du bogie.

Le bruit de crissement des roues, qui peut facilement dépasser 80 dB(A) à une distance de plus de 100 mètres, doit être contrôlé car il est intense, et ce, gêne au plus haut point les usagers et les résidents des zones avoisinantes en plus d'accélérer l'usure des roues et des rails.

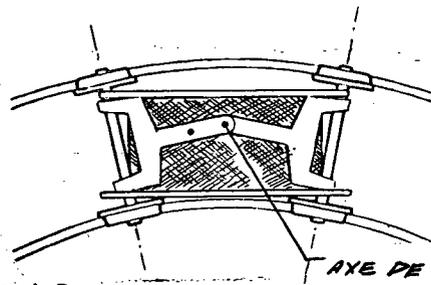
Les solutions possibles à ce problème sont de deux types. On peut régler le problème à la base en modifiant les bogies, ou le solutionner partiellement en utilisant le type de roues approprié; ce qui réduira le bruit généré. Notons que dans le dernier cas, on n'empêche pas l'usure des roues et des rails.

Solutions:

- éviter les faibles rayons de courbure ($R_{\min} = 100 \text{ EB}$);
- utilisation de bogies articulés (les essieux avant et arrière peuvent pivoter par rapport à un axe vertical).



BOGIE CONVENTIONNEL



BOGIE ARTICULÉ

Cette solution a l'avantage de régler à la base le problème de crissement des roues et de leur usure. Toutefois, le design d'un tel bogie est plus complexe et amène un problème d'oscillation latérale à haute vitesse. Les voitures ICTS mentionnées à la section 2.4.1 utilisent des bogies articulés.

Solutions (suite)

- dans le cas où les rayons de courbure sont faibles sans toutefois nécessiter l'utilisation des bogies articulés, on peut se limiter à réduire le plus possible l'empattement des bogies;
- utilisation de roues amortissantes ou résilientes: dans les deux cas, il s'agit d'augmenter le taux d'amortissement des vibrations qui se propagent dans la roue et qui génèrent du bruit. Ces deux types de roues éliminent, dans la plupart des cas, la totalité des tons purs générés (voir annexe 6 pour détails);

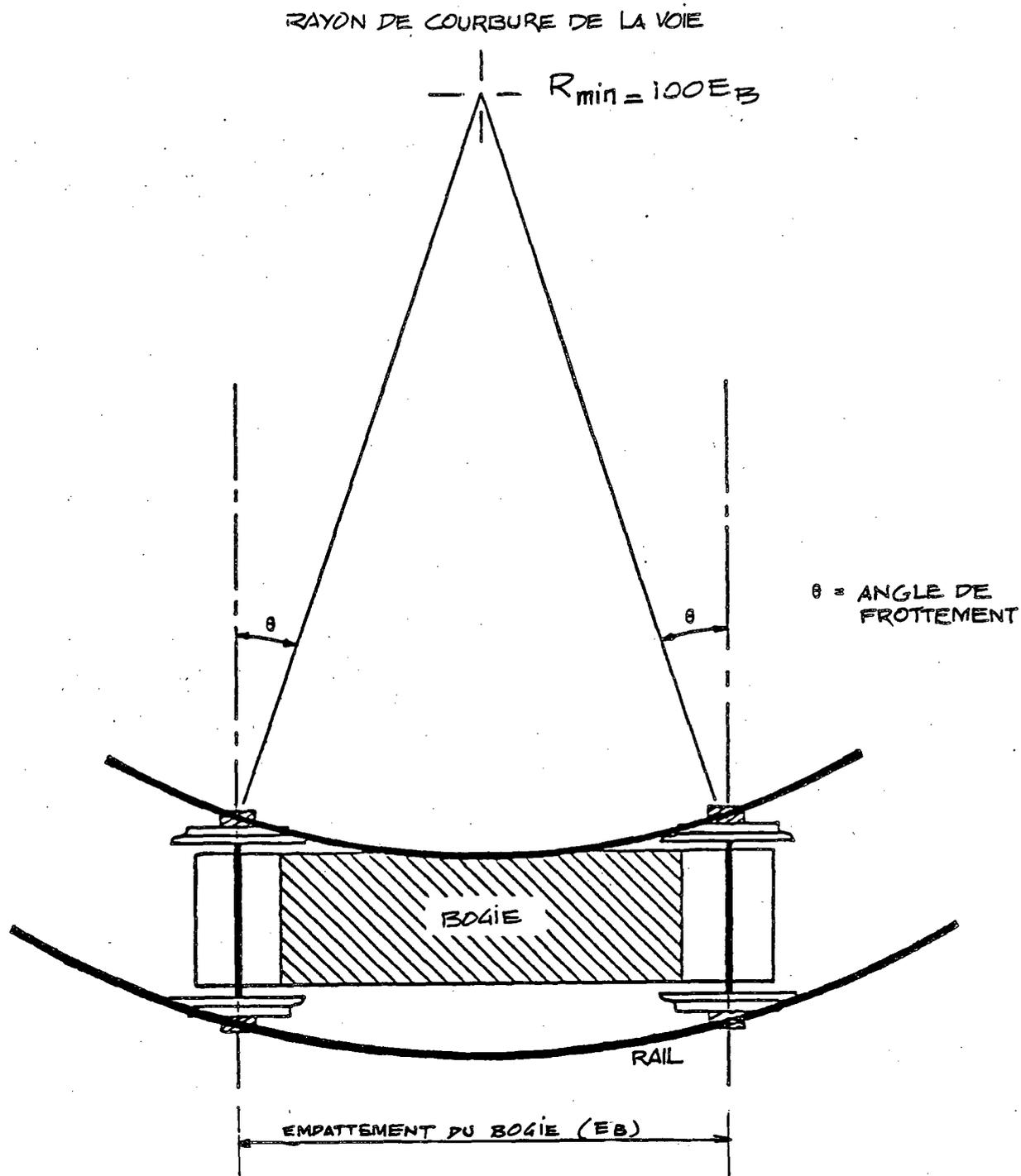


FIG. 8 PHENOMENE DE CRISSEMENT DES ROUES EN COURBES DE FAIBLE RAYON DE COURBURE POUR UN BOGIE TRADITIONNEL.

- emploi de lubrifiants sur les roues et/ou les rails: bien qu'efficace, cette solution est rarement utilisée car elle accroît les difficultés d'opération et les coûts d'entretien de la voie;
- l'influence du fini de surface des roues et des rails est marginale et inconsistante (roues: de 0 à -5 dB(A), rails: de + 5 à -5 dB(A)) quant au problème de crissement des roues.

iv) Réduction du bruit de roulement

- le bruit de roulement émis, lors du passage d'une rame de métro du type «bogie» avec roues en acier, est inhérent à ce type de transport. Il doit être maintenu à un seuil minimum par un entretien périodique des rails (meulage) et des roues (préfilage), de manière à éviter une augmentation du niveau sonore (10 à 20 dB) et des vibrations (6 à 15 dB);
- d'autres solutions, comme l'utilisation de roues et de rails ajourés, le changement du rapport d'impédance roues-rails, l'utilisation de matériaux absorbant, etc., sont envisageables pour réduire ce type de bruit mais les résultats obtenus sont faibles, compte tenu du coût encouru, ou difficilement réalisables en pratique.

b) Equipements de propulsion

La deuxième source de bruit en importance vient des équipements de propulsion et principalement des moteurs de traction, s'ils sont autoventilés.

Ces sources de bruit dominent le niveau sonore global produit par la voiture lorsque sa vitesse est supérieure à 50 km/h, et limitent la réduction du bruit dû à l'interaction roues/rails à environ 6 dB(A), dans la gamme des vitesses intermédiaires.

Solutions:

- refroidissement des moteurs de traction

La principale solution réside dans le choix de moteurs peu bruyants qui ne sont pas autoventilés (dont la ventilation n'est pas montée directement sur l'arbre principal). Le

refroidissement est alors assuré par ventilation forcée, où le choix d'un ventilateur à vitesse constante et le traitement des conduites peuvent être suffisants pour que le bruit causé par les équipements de propulsion ne soit plus dominant. La réduction obtenue par une telle modification est d'au moins 6 dB(A) et peut, au mieux, être de l'ordre de 10 dB(A).

Dans le cas où l'on conserve des moteurs de traction auto-ventilés, l'aile de ventilation devra faire l'objet d'études plus approfondies. Ses pales devraient être le plus aérodynamiques possibles (recourbées) et distribuées de façon non uniforme afin de réduire le ton pur généré.

- Hacheur de courant

Le choix de hacheurs de courant qui utilisent des semi-conducteurs à haute puissance plutôt que les systèmes plus traditionnels économisent de l'énergie mais émettent souvent des tons purs. On devra alors réduire l'intensité sonore produite par l'emploi d'isolateurs anti-vibratiles et d'une enceinte acoustique, partielle ou totale. Une insonorisation accrue du plancher des voitures près de la source est possible mais reste moins pratique:

- Système d'engrenage

Le design du système d'engrenage, s'il tient suffisamment compte du bruit et des vibrations qu'il génère, peut être tel que sa contribution au niveau de bruit global soit négligeable.

Méthodes générales de réduction du bruit causé par un système d'engrenage:

- design des engrenages: augmenter le rapport de contact, améliorer la précision dynamique et augmenter le rapport largeur des engrenages;
- concevoir la boîte de transmission en évitant que les fréquences de résonance de ses cloisons coïncident avec la fréquence d'excitation des éléments qui y sont rattachés. Le coefficient de transmission sonore des cloisons de la boîte d'engrenage doit être suffisant;
- utiliser au besoin des matériaux amortissants et des absorbeurs dynamiques de vibration.

c) Equipements auxiliaires

Les équipements auxiliaires constituent la troisième source de bruit en importance à être directement associé aux voitures. Comme le bruit qu'ils génèrent domine à basse vitesse et à l'arrêt, la réduction de ce premier s'avère avantageuse, principalement aux stations, dans le complexe garages-ateliers et aux faisceaux de voies.

Un contrôle de ces sources de bruit est nécessaire afin d'éviter qu'une ou plusieurs de ces composantes ne deviennent excessives (en termes de sons émis).

- ECHANGEUR DE CHALEUR: il sert au chauffage partiel et à la climatisation des voitures. Il comprend principalement un compresseur, un évaporateur et un condensateur. Le bruit généré peut être réduit des façons suivantes:
 - en sélectionnant des composantes peu bruyantes;
 - en maximisant la superficie et en réduisant l'épaisseur des serpentins, de l'évaporateur et du condenseur;
 - en utilisant des isolateurs anti-vibratiles appropriés pour fixer les unités;
 - en installant préférentiellement ces unités sous le plancher des voitures plutôt que sur le toit ou dans les murs, le contrôle du bruit devenant alors plus facile à contrôler;
 - en recouvrant de matériaux absorbants les entrées et sorties d'air reliées aux voitures et en minimisant leur vitesse;
 - en s'assurant que la fréquence de résonance des composantes des unités diffère de la fréquence de rotation du compresseur, du moteur et du ventilateur;
 - en balançant correctement les pièces rotatives.

SYSTEME DE FREINAGE

Le choix du système de freins utilisé a une influence importante sur le bruit généré pendant le freinage. Du point de vue acoustique, les freins à sabots doivent être éliminés au profit des freins à disques, qui sont moins bruyants (5 à 10 dB) et n'occasionnent pas une usure accélérée des roues.

Les bruits associés au système de freinage proviennent des sources suivantes: entrée et sortie d'air du compresseur, échappement d'air du système de freinage et crissements lors du freinage.

Les émissions sonores dues aux entrées et sorties d'air peuvent être traitées à l'aide de silencieux, mais le design du système pneumatique doit minimiser les échappements d'air comprimé.

Les bruits de crissement engendrés par le freinage doivent être éliminés en modifiant la rigidité du système d'attache, celle du disque et/ou en augmentant son taux d'amortissement. Dans certains cas, l'utilisation de matériaux amortissants s'est avérée efficace pour réduire l'amplitude des vibrations, mais elle augmente les coûts et les difficultés d'entretien.

Autres équipements:

Les règles générales de réduction du bruit suivantes doivent être appliquées: choix des équipements en fonction du bruit et des vibrations, choix de leur emplacement, montage à l'aide d'isolateurs anti-vibratiles lorsque requis, et conception d'une enceinte acoustique partielle ou totale si les mesures précédentes sont insuffisantes.

Portières des voitures:

Les portières utilisées dans les voitures modernes sont presque exclusivement du type «coulissantes», soit à l'intérieur des murs adjacents ou à l'extérieur du véhicule. Ces portes sont bien insonorisées et assez silencieuses. Les améliorations pouvant être apportées du point de vue acoustique se situent au niveau de l'étanchéité des joints entre les portes et le véhicule, de l'emploi d'un matériau qui amortirait le contact des portes à leur fermeture, et du mécanisme d'entraînement des portes.

d) Isolation acoustique des voitures

L'isolation acoustique des voitures ou l'indice d'affaiblissement sonore de ses parois est le facteur principal permettant de respecter le niveau de bruit maximum exigé pour l'intérieur des voitures.

Lorsque la vitesse des voitures dépasse 50 km/h, le bruit en provenance des auxiliaires et des sources de bruit intérieures (chauffage, ventilation) est généralement masqué par les bruits de roulement et de propulsion. Comme ces derniers proviennent du dessous des voitures, l'isolation acoustique du plancher doit être plus élevée que celle des autres cloisons.

L'usage d'une suspension pneumatique pour les voitures est suffisamment efficace pour que le bruit généré par la circulation des surfaces intérieures soit faible par rapport au bruit transmis à travers les parois. Les ouvertures dans la caisse constituent une bonne part du bruit perçu par les usagers et doivent être minimisées.

2.4.3.4 Sommaire des méthodes de contrôle des sources de bruit et des vibrations communautaires du matériel roulant

La réduction du bruit et des vibrations générés par le matériel roulant ne peut se faire qu'en prenant en considération l'ensemble des sources de bruit associées à une situation précise. Pour protéger les zones résidentielles adjacentes à la voie du métro de surface, on doit réduire les sources sonores dominantes lorsque les voitures roulent à des vitesses moyennes et élevées, soit: l'interaction roues-rails et les équipements de propulsion.

Considérons l'exemple suivant:

Matériel roulant MI-79
Vitesse de 90 km/h.
Voie avec ballast

Niveau sonore maximum: 88 dB(A) à 15 mètres du centre de la voie

On peut estimer comme suit les différentes sources de bruit:

Equipements de propulsion	86 dB(A)
Interaction roues/rails	84 dB(A)
Equipements auxiliaires	60 dB(A)
Bruits associés à la caténaire	60 dB(A)
Niveau sonore global	88 dB(A)

Dans ce cas particulier, il n'est d'aucune utilité de réduire les émissions sonores provenant de la «caténaire» ou des équipements auxiliaires car elles ne sont que des sources de bruit négligeables à des vitesses supérieures à 30 km/h.

La réduction du niveau sonore global doit être axée simultanément sur le contact roues/rails et sur les équipements de propulsion.

Sans effectuer des changements radicaux au niveau du design de ces systèmes, il est possible d'y apporter des modifications qui ramèneront l'intensité du bruit généré à un niveau comparable aux systèmes Wmata et Bart, soit de 88 dB(A) (à 15 mètres, 90 km/h) à 84 dB(A). La zone d'impact définie par le paramètre $Leq\ 24h = 55\ dB(A)$ diminue alors de 150 mètres (de la voie) à 105 mètres.

Si on se réfère au tableau 7, on constate qu'il est possible de réduire passablement les sources dominantes d'un matériel roulant en divergeant de l'orientation traditionnelle de son design.

Par exemple, les moteurs de traction ordinairement autoventilés peuvent être refroidis par un système de ventilation forcée et la suspension primaire des voitures peut être assouplie. De telles modifications permettent potentiellement de réduire le niveau de bruit généré à environ 80 dB(A) (à 15 mètres, 90 km/h) et la distance d'impact $Leq\ 24h = 55\ dB(A)$ à 65 mètres. Avec un tel matériel roulant, les résidences les plus rapprochées de la voie (15 mètres) subissent un impact sonore faible et rendent acceptable le projet, sans que des mesures de mitigation importantes ne soient nécessaires.

Le tableau 7 est principalement basé sur le rapport «Wheel/Rail noise control, A critical evaluation». Les coûts mentionnés dans ce tableau sont répartis sur une période de 30 années et basés sur les considérations qui suivent:

- durée de vie des rails: 15 ans sur une voie droite
5 ans en courbe
- durée de vie des roues: 7,5 ans
- taux horaire: 15,00\$ U.S./heure
- kilométrage annuel moyen des voitures: 64 000 km
- intervalle moyen d'usinage des roues: à tous les 117 000 km
(du point de vue acoustique, il faut réduire de moitié ce kilométrage)
- coûts: dollars U.S. 1981.

TABLEAU 7 - SOMMAIRE DES METHODES DE CONTROLE DES SOURCES DE BRUIT ET DE VIBRATIONS COMMUNAUTAIRES DU MATERIEL ROULANT

Sources de bruit	Solutions	Réduction du bruit en dB	Coûts (1) (en dollars 1981)	Remarques
A) Interaction roues/rails				
- bruits de roulement (rugosité de surface et défauts mineurs)	- entretien des roues et des rails	10 à 20		comprend le coût total de la profileuse de roues et le coût des usinages, réduit l'usure des rails et augmente la durée de vie des roues
	i) usinage des roues	5 à 7	973,000\$ + 176 000\$/voiture pour 30 années.	
	ii) meulage des rails	2 rails neufs 8 rails usés	710 000\$ par kilomètres de voie pour 30 années.	coûts encourus pour l'entretien des rails par un tiers; ne diminue pas la vie espérée des rails à cause d'une usure excessive
	- réduction de la rigidité de la suspension primaire.	2 et 3	6 000\$/voiture	ne considère pas une diminution possible des coûts d'entretien des bogies et des équipements connexes
	- roues résilientes	2	5 540\$/voiture	

TABLEAU 7 - SOMMAIRE DES METHODES DE CONTROLE DES SOURCES DE BRUIT ET DE VIBRATIONS COMMUNAUTAIRES DU MATERIEL ROULANT.

Sources de bruit	Solutions	Réduction du bruit en dB	Coûts (1) (en dollars 1981)	Remarques
- bruits d'impacts (joints des rails, plats sur les roues, aiguillages).	- rails soudés	élimine le bruit d'impact généré au passage des joints des rails	3 000 000\$ + 908 750\$/km	coûts de la voiture requis pour la soudure des rails et l'installation sur le terrain; réduit les coûts d'ajustement des rails et des joints. par rapport à des rails conventionnels, coût additionnel de 1500\$ par kilomètre, en dollars canadiens 1983
	- entretien des roues	élimine le bruit causé par des plats sur les roues.	voir bruit de roulement	
	- alignement vertical des joints aux rails	élimine presque complètement le bruit d'impact dû aux joints.	50 625\$ par km de voie	en supposant que les coûts encourus doublent par rapport à un entretien normal
	- joints de transition entre les rails en époxy.	réduit le bruit d'impact d'environ 5 dB.	19 815\$ par km de voie. 50\$/joint en dollars 1984	joints en époxy remplacés avec les rails après une durée de vie d'environ 15 années; solution de rechange aux rails soudés (faible rayon de courbures, passage en viaducs, etc.)
	- roues résilientes		2	5 540\$/voiture

TABLEAU 7 - SOMMAIRE DES METHODES DE CONTROLE DES SOURCES DE BRUIT ET DE VIBRATIONS COMMUNAUTAIRES DU MATERIEL ROULANT

Sources de bruit	Solutions	Réduction du bruit en dB	Coûts (1) (en dollars 1981)	Remarques
<p>- crissements de roues (courbes de faible rayon)</p>	<p>- rayon de courbure supérieur à cent fois l'empattement des bogies.</p>	<p>élimination du bruit à la source.</p>		<p>dépend principalement d'un tracé qui est fixe</p>
	<p>- bogies articulés</p>	<p>élimination du bruit à la source.</p>	<p>8 000\$/voiture</p>	<p>problèmes secondaires reliés à la stabilité de la voiture à haute vitesse</p>
	<p>- roues résilientes ou amortissantes.</p>	<p>élimination du bruit à la source.</p>	<p>roues résilientes: 5 540\$/voiture «ring dampers» 864\$/voiture «tuned dampers» 4 350\$/voiture</p>	<p>nécessite encore des développements encore en développement; le coût indiqué suppose que la durée de vie estimée des amortisseurs est de deux fois celle d'une roue standard</p>
	<p>- bogies à empattement court</p>	<p>permet d'abaisser le rayon de courbure minimal.</p>		<p>réduit l'espace disponible pour l'installation des équipements</p>

TABLEAU 7 - SOMMAIRE DES METHODES DE CONTROLE DES SOURCES DE BRUIT ET DE VIBRATIONS COMMUNAUTAIRES DU MATERIEL ROULANT.

Sources de bruit	Solutions	Réduction du bruit en dB	Coûts (1) (en dollars 1981)	Remarques
B) Système de propulsion - moteurs de traction et leur système de refroidissement - boîte de transmission	ventilateurs de refroidissement montés indépendamment des moteurs de traction; entrées et sorties d'air traitées acoustiquement. design des engrenages et de la boîte de transmission	(maximum 10) élimination de la contribution de cette source au niveau global		
C) Equipements auxiliaires - système de freinage	freins à disque	5 à 10		par rapport aux freins à sabots: permet l'utilisation de roues résilientes, n'accélère pas l'usure des roues

TABLEAU 7 - SOMMAIRE DES METHODES DE CONTROLE DES SOURCES DE BRUIT ET DE VIBRATIONS COMMUNAUTAIRES DU MATERIEL ROULANT

Sources de vibrations	Solutions	Réduction du bruit en dB	Coûts (1) (en dollars 1981)	Remarques
- interactions roues/rails (rugosité et défauts) et vibrations des composantes mécaniques des bogies	- suivi en continu de l'état des roues et des rails et entretien lorsque requis	6-15	voir section A du même tableau	Les valeurs indiquées sont une augmentation du niveau de vibration normale
	- réduction de la rigidité de la suspension primaire des bogies.	10-15	voir section A du même tableau	
	- roues résilientes	5-10 dB à des fréquences supérieures à la bande 40-50 hertz	voir section A du même tableau	
	- vitesse de passage des voitures	augmentation de 4-6 dB chaque fois que la vitesse double.		

(1) Coûts en dollars U.S. 1981 basés sur les hypothèses mentionnées à la section 2.4.3.4

- roues standard en acier: 745,00\$, incluant les coûts d'inspection pour 7,5 années
- coûts d'inspection des joints: 5,00\$ par joint, par année
- le coût total encouru pour les 30 années est ramené en valeur présente, en supposant que le taux d'inflation égale le taux d'intérêt obtenu en plaçant cet argent.

2.4.4 METHODE DE CALCUL DU BRUIT GENERE PAR LE METRO DE SURFACE DANS LES ZONES ADJACENTES A LA VOIE DE ROULEMENT

a) Bruit communautaire:

Le bruit communautaire, le long de la voie, est généré par les voitures du métro de surface et se calcule comme suit:

$$L_{eq} = L_{max.} + 10 \log \frac{R (1.5 D + d)}{v} - 30 \text{ en dB(A)}$$

- où
- R = nombre de passages à l'heure
 - D = distance séparant l'axe de centre de la voie et le point de mesure de bruit, en mètres
 - d = longueur moyenne des rames, en mètres
 - v = vitesse de la rame, en km/heure

Le niveau sonore maximum utilisé dans ce calcul est celui généré par le passage du matériel roulant MI-79, illustré à la figure 4.

Ce niveau est corrigé en tenant compte du nombre de voitures qui compose la rame, de la distance source-récepteur et de l'atténuation causée par l'effet de sol et par l'absorption de l'air.

Cette méthode de calcul est détaillée dans le «Handbook of Urban Rail Noise and Vibration Control» et a été préférée aux autres méthodes de calcul à cause de sa précision (l'erreur due au calcul du L_{eq} par rapport au niveau L_{max} utilisé est d'environ 1 dB) et de la facilité d'interprétation des résultats. La norme utilisée pour quantifier l'ampleur de l'impact sonore auprès de la communauté est également un niveau sonore équivalent.

b) Niveau sonore généré par le métro de surface aux stations

Le bruit produit par le métro de surface, à son passage aux stations, a été évalué tel qu'expliqué à la section C de l'annexe 2.

Le niveau sonore équivalent calculé est basé sur une estimation des bruits générés par le métro de surface lors de l'entrée, l'arrêt et la sortie de station ainsi que sur la durée de ces émissions sonores. La formule générale permettant de calculer un niveau équivalent sur une durée de une heure est:

$$L_{eq T} = 10 \log \frac{1}{T} T_e 10^{0.1 L_e} + T_a 10^{0.1 L_a} + T_s 10^{0.1 L_s}$$

où T = durée sur laquelle on base le niveau sonore équivalent

L_e = niveau sonore à l'entrée en station des voitures

L_a = niveau sonore à l'arrêt en station des voitures

L_s = niveau sonore à la sortie de station des voitures

T_i = durée de chacune des étapes du passage des voitures.

c) Bruit émis par les faisceaux de voies de complexe garages-ateliers et sur la voie d'essai

Pour la section située à l'est de la station Pointe-aux-Trembles, seul le niveau sonore maximal généré par les rames du métro de surface a été évalué.

Au niveau des faisceaux de voies, ce calcul consiste à simuler la mise en service des voitures afin de calculer la position du centre acoustique équivalent de ces sources de bruit puis de calculer le niveau sonore correspondant près des résidences les plus rapprochées.

d) Bruit généré sur la voie d'essai

La voie d'essai située à l'est du complexe garages-ateliers sert aux tests suivants:

- vérification des voitures (bon fonctionnement des systèmes et concordance avec les spécifications) lors de la livraison;

- vérification à la suite d'une intervention en atelier;
- diagnostic de pannes.

Cette piste d'essai, d'une longueur de près d'un kilomètre, sera utilisée continuellement et comprendra de nombreuses séquences de départ, d'arrêt, d'accélération, de décélération, de freinages de service et d'urgence. Le matériel roulant y sera sollicité au maximum et produira un niveau de bruit élevé à toute heure du jour. La décision d'y installer des barrières acoustiques repose sur le niveau moyen instantané généré lors de ces essais.

De plus, des essais auront également lieu sur les voies principales de la ligne no 6 quelques fois l'an. Ces tests nécessitent une longueur de piste d'environ 4 à 5 kilomètres afin de pouvoir effectuer des mesures à différentes vitesses sur l'équipement.

2.4.5 NIVEAUX SONORES GENERES PAR LE METRO DE SURFACE

a) Niveaux sonores le long de la voie

Le calcul des niveaux sonores générés par le métro de surface le long de la ligne no 6 est basé sur l'achalandage suivant:

- heures de service:	05h00 à 07h00	période creuse
	07h00 à 10h00	pointe du matin
	09h00 à 15h00	période creuse
	15h00 à 18h00	pointe du soir
	18h00 à 01h00	période creuse

- intervalles de service:

période de pointe: passage aux 3,5 minutes, soit:
16 rames de 4 voitures à l'heure

période creuse: passage aux 15 minutes, soit:
4 rames de 2 voitures à l'heure

De plus, les conditions suivantes devront être respectées pour que les conclusions de ce rapport soient valables:

- voie munie de longs rails soudés;
- roues et rails maintenus en bonne condition (voir annexe 8);
- aucun ton pur ou fréquence dominante ne doit être émis par ce matériel roulant (la notion de fréquence dominante définie par le règlement relatif à la qualité du milieu de travail, présenté à l'annexe 5, est applicable à ce cas;
- aucun bruit de crissement de roues pendant le freinage ou dans une courbe ne doit être émis par le matériel roulant;

NOTE: Des rayons de courbure aussi faibles que 175 mètres, pour la ligne no 6, sont indiqués dans la fiche technique 08-02-03 intitulée «marche-type». A moins que ces rayons de courbure ne soient supérieurs à cent fois l'empattement des bogies, le matériel roulant devra adopter une des solutions mentionnées à la section 2.4.3.3 afin d'éviter que des crissements de roues ne se produisent.

- les niveaux sonores utilisés pour ces calculs, soient ceux du MI-79, doivent être représentatifs du matériel roulant qui desservira la ligne no 6;
- la vitesse ne doit pas excéder 90 km/h.

Les résultats des simulations présentés à l'annexe 7, sous la forme d'une ligne isosonique $L_{eq\ 24h} = 55\text{ dB(A)}$, sont les suivants:

<u>Vitesse de la rame de métro en km/h</u>	<u>Distance C/C entre la voie et un observateur soumis à un niveau sonore de $L_{eq\ 24h} = 55\text{ dB(A)}$ en mètres</u>
30	60
40	75
50	90
60	120
70	135
80	146
90	150

La principale façon de réduire la largeur de la zone d'impact consiste à améliorer la technologie «fer sur fer», afin d'en abaisser le niveau sonore. Une réduction de 4 dB(A), à une vitesse de 90 km/h (tel que décrit à la section 2.4.3.4), abaisse à 105 mètres la zone d'impact sonore. Les changements d'horaire et d'achalandage ont une incidence moindre sur le niveau sonore équivalent généré. Par exemple, si l'on réduit de 6 heures à 4 heures la durée des heures de pointe, le niveau Leq 24h baissera de seulement 1 dB(A). Une augmentation du nombre de voitures par rame durant les périodes creuses (de 2 à 4 voitures) augmente le niveau Leq 24h de moins de 1 dB(A) à vitesse maximale.

b) Niveaux sonores à proximité des stations

Les niveaux sonores utilisés pour évaluer le niveau sonore global généré par les rames de métro aux stations sont:

- niveau sonore maximum à l'entrée en gare: 80 dB(A);
- niveau sonore maximum à la sortie de gare: 78 dB(A);
- niveau sonore maximum à l'arrêt en station: 60 dB(A);
- les temps d'arrivée et de départ sont respectivement de 20 et 24 secondes;

Tous ces niveaux sonores sont évalués à 15 mètres de distance de l'axe de la voie, à une hauteur de 1,5 mètres et prennent pour acquis que le dessous de la surface intérieure du quai sera recouverte de matériaux absorbants ayant un coefficient d'absorption minimum de 0,4 à 250 Hz et de 0,65 à 500 Hz.

En supposant que le niveau de bruit est constant tout le long du quai, on tracera la ligne isophone Leq 24h = 55 dB(A) à 120 mètres de la voie (voir à l'annexe 7).

Les niveaux sonores équivalents basés sur une durée de 24 heures sont:

- 68 dB(A) à 15 mètres
- 65 dB(A) à 30 mètres
- 60 dB(A) à 60 mètres
- 55 dB(A) à 120 mètres

Le bruit généré à toutes les stations est à peu près constant car les vitesses d'approche et de départ du quai sont sensiblement les mêmes. Le temps d'arrêt de la rame au quai (15 à 40 secondes) n'a aucune influence sur le bruit communautaire, à cause du bas niveau sonore généré à l'arrêt.

La station Du Collège est un cas particulier car la vitesse maximale à l'arrivée et au départ du quai est de 30 km/h. Pour cette station le niveau $L_{eq} 24h = 55$ dB(A) est situé à une distance de 60 mètres de la station.

- c) Niveau sonore maximal généré par les rames de métro sur les faisceaux de voies du complexe garages-ateliers et sur la voie donnant accès à la station Pointe-aux-Trembles

Une journée type à proximité du complexe garages-ateliers comprend:

05h00	Dégarage des rames de métro nécessaires au début du service
05h30	Début du service: mise en opération d'une rame aux 15 minutes
07h00	Mise en service de rames additionnelles pour l'heure de pointe du matin
10h00	Retrait des voitures excédentaires pour la période creuse
03h00 à 06h00	Même procédure pour l'heure de pointe du soir que pour celle du matin
19h00 à 01h00	Début de la phase d'entretien des voies, s'il y a lieu
01h00	Arrêt du service et début de l'entretien de nuit sur la voie, lorsqu'il y a lieu

En plus, il y aura un va-et-vient de voitures entre les ateliers et le garage et vers la voie d'essai. Cet achalandage, qui peut être important, est difficile à établir, compte tenu de l'avancement du projet.

Pour établir l'ordre de grandeur de l'impact causé par la circulation ferroviaire additionnelle dans ce secteur, on a procédé à l'évaluation du niveau sonore maximum généré à la mise en service, pour la période de pointe.

Les niveaux sonores approximatifs des voitures dans les faisceaux de voies ont été estimés à:

- rame de 4 voitures voyageant à une vitesse de 15 km/h, à 15 mètres de la voie: 65 dB(A);
- mêmes conditions, mais au passage d'un aiguillage: 70 dB(A).

Notons que la vitesse maximale des rames dans les faisceaux de voies est de 15 km/h. C'est principalement cette limitation de vitesse, conjuguée à un niveau sonore maximum de 60 dB(A) pour les auxiliaires des voitures (à 15 mètres de distance), qui permet de respecter la norme de $L_{eq} 24h = 55$ dB(A) près des résidences situées à plus de 150 mètres des voies.

Le niveau de bruit maximal engendré par la circulation des rames de métro dans les faisceaux de voies est de l'ordre de 75 dB(A), à une distance de 15 mètres du centre acoustique des voitures.

En autant que les activités autres que la mise en service et le retrait des voitures au complexe garages-ateliers ne génèrent pas de bruit excessif, la norme concernant le bruit communautaire devrait être respectée. La section 2.6.2, qui traite de l'impact causé par les garages et les ateliers, identifie les sources de bruit principales et leurs solutions.

d) Niveau sonore maximal perçu le long de la voie d'essai

On retrouve, à environ 30 mètres au sud de la voie d'essai, un secteur résidentiel en plein développement. C'est à cette distance que le niveau sonore généré par les voitures sera évalué.

Le niveau sonore maximal atteint lors du passage d'une rame à vitesse constante de 30 et 80 km/h est respectivement de 72 et 84 dB(A), à une distance de 30 mètres. Ces valeurs sont sous-estimées sur la piste d'essai, si l'on tient compte du fait que des variations de vitesse fréquentes auront lieu. On doit s'attendre à ce que le niveau maximum moyen perçu près des résidences soit souvent supérieur à 80 dB(A).

Compte tenu de la longueur limitée de la voie d'essai et de la vitesse des voitures qui y circulent, le temps moyen écoulé entre deux passages est évalué à 1,5 minutes.

Le niveau sonore équivalent calculé sur une durée d'une heure est de l'ordre de 70 dB(A) et le niveau L_{eq} 24h est d'environ 65 dB(A), pour une utilisation journalière de la voie d'essai d'une durée maximale de 8 heures.

- Tests effectués sur les voies principales du métro de surface:

Selon M. Gaston Beauchamp du COTREM, on peut s'attendre à ce que les voitures soient soumises à des essais, sur les voies principales de la ligne no 6, environ 7 à 8 fois par année.

Afin de limiter l'impact sonore causé par ces essais, les directives suivantes devraient être respectées:

- aucun freinage d'urgence ne doit y être effectué, ce qui entraînerait une dégradation accélérée de l'état des rails et un niveau sonore instantané élevé;
- les essais seront effectués préférentiellement de jour, pendant les heures creuses, ou en soirée;
- on minimisera l'impact si ces essais causeront un impact minimum s'ils sont effectués entre les stations Armand-Bombardier et Pointe-aux-Trembles.

2.4.6 EVALUATION DE L'IMPACT SONORE CAUSE LE LONG DE LA LIGNE NO 6

L'impact sonore produit par l'implantation d'une ligne de métro de surface dans les zones résidentielles dépend du niveau de bruit généré au passage des voitures, du niveau sonore existant et de la distance qui sépare la voie de roulement des résidences les plus proches.

L'impact sonore dans les zones commerciales et/ou industrielles le long du tracé varie de faible à négligeable. Dans la plupart des cas le niveau sonore L_{eq} 24h est inférieur à 65 dB(A) et ne dépasse pas 70 dB(A) dans les autres.

2.4.6.1 Description de l'impact sonore le long de la ligne no 6

Station du Collège

L'impact global créé par l'implantation de cette station varie de faible à moyen pour les maisons les plus rapprochées de la station et de la desserte d'autobus (rues St-Louis, Cartier et Ouimet).

Le bruit produit par les voitures du métro de surface (Leq 24h = 60 dB(A) au niveau des maisons les plus rapprochées) est relativement faible par rapport au niveau sonore existant (Leq 24h = 64 dB(A)). En fait, l'impact sonore engendré par cette station sera principalement dû à une augmentation de la circulation routière (voitures et autobus).

Interstation Du Collège - Sauvé

Deux zones sont affectées par l'implantation du métro de surface, soit: l'école Manoogian et les condominiums de Place Fortier et de la rue Montpellier.

Le niveau sonore équivalent actuel près de l'école Manoogian est légèrement supérieur au niveau de bruit du métro de surface et l'impact résultant est faible. Si l'achalandage dans la cour de triage du CN Rail augmente, l'influence du métro de surface sera négligeable. Comme le principal polluant sonore demeure le CN Rail, aucun correctif n'est requis.

Quant aux condominiums situés près de la rue Montpellier, seuls les bâtiments situés au 720, rue de Montpellier (impact sonore fort) et au 740, Place Fortier (impact sonore moyen) subissent un impact, compte tenu du niveau de bruit actuel. Ces deux immeubles sont cependant trop élevés (16 étages) pour pouvoir être protégés à l'aide d'écrans acoustiques.

Pour les autres immeubles, l'augmentation du climat sonore actuel sera négligeable ou faible.

Station Côte Vertu

Comme les zones résidentielles sont situées à plus de 150 mètres de la station, aucun impact sonore important ne sera engendré par le métro de surface. Les lignes de rabattement d'autobus qui desservent la station causeront un impact sonore faible sur l'immeuble situé au 390, chemin Côte Vertu.

Un développement résidentiel est prévu au nord-ouest de la station. Si le projet se réalise, l'impact sonore sera moyen pour la ligne 6 et fort lorsqu'on y ajoutera la ligne 3.

Interstation Côte Vertu - Sauvé

La première zone résidentielle se trouve au nord de la voie entre le boulevard Lebeau et l'autoroute des Laurentides. Dans ce secteur résidentiel de forte densité, le climat sonore actuel est tellement dégradé ($L_{eq} 24h = 67$ à 75 dB(A)) que le métro de surface y augmente le niveau sonore de moins de 2 dB(A). L'impact sonore résultant y varie de négligeable à faible.

On retrouve ensuite un immeuble résidentiel au 40, rue Port-Royal. L'impact sonore y est fort, car le niveau actuel de 64 dB(A) augmentera à près de 70 dB(A).

Station Sauvé

Le bruit généré par le passage des rames de métro n'affecte que peu de résidences dans la zone adjacente à la station Sauvé. Compte tenu du niveau sonore actuel, l'impact créé est faible à une distance inférieure à 60 mètres et devient négligeable jusqu'à 120 mètres.

Les résidences situées au sud-ouest de la station Sauvé sont les plus touchées car elles sont également à proximité de l'accès à la station. Le bruit de la station et celui des autobus entraînent une augmentation du niveau de bruit actuel de $L_{eq} 24h$ 60 dB(A) à 64 dB(A) pour les maisons les plus rapprochées. Dans ces cas restreints, l'impact est fort et pourra possiblement être réduit par un écran acoustique incorporé à l'aménagement paysager à proximité de ces résidences.

Interstation Sauvé - Papineau

Le côté nord de la voie, entre ces stations, est bordé de résidences et, dans certains cas, la distance voie-immeuble n'est que de 7 mètres. L'impact y varie de fort à moyen et nécessite des mesures de mitigation qui seront discutées à la section 2.7.

Quant aux résidences situées du côté sud de la voie, elles subissent un impact faible puisque la distance qui les sépare de la voie de roulement est supérieure (de 30 à 40 mètres) à celle qu'on trouve pour le côté nord, et que la vitesse de déplacement est moyenne.

Station Papineau

Le passage des rames de métro à la station affecte surtout les résidences situées au nord de la voie. L'impact est cependant faible sur les résidences actuelles car le climat sonore est déjà très dégradé ($L_{eq} 24h = 70$ dB(A) près de la rue Papineau)

L'achalandage routier causé par l'implantation de la station n'est modifié que légèrement, créant un impact négligeable.

Interstation Papineau - St-Michel

Comme pour l'interstation Sauvé - Papineau, cette partie du tracé est résidentielle et affecte un nombre élevé de résidents. L'impact est moyen dans la plupart des cas (fort à l'occasion) mais la densité de population élevée nous permet de prévoir qu'une augmentation du bruit engendrera de nombreuses plaintes. Les mesures de mitigation possibles sont discutées à la section 2.7.

Station St-Michel

Le passage des rames de métro affecte les zones résidentielles à l'ouest de la station mais l'impact est faible car le niveau sonore actuel est très élevé. L'impact sonore causé par la circulation routière, aux abords de la station est négligeable sur le boulevard St-Michel et faible sur les boulevards Port Royal et Charland. Notons qu'une seule ligne d'autobus doit être ajoutée au réseau de transport existant.

De la station St-Michel à la station Armand Bombardier

Les zones résidentielles sont à l'extérieur de la ligne isosonique $L_{eq} 24h = 55$ dB(A). Il n'y a aucun impact sonore.

Interstation Armand Bombardier - Rivière-des-Prairies

On retrouve au nord de la cour de triage Rivière-des-Prairies un secteur résidentiel en plein développement. Le niveau sonore actuel y est faible ($L_{eq} 24h = 57$ dB(A) au relevé no 38) et l'implantation du métro de surface occasionne un impact sonore moyen.

Les résidences en bordure du boulevard Rivière-des-Prairies qui sont à l'intérieur de la zone d'impact $L_{eq} 24h$ vont être expropriées, tel qu'indiqué dans le cahier préliminaire: « Gros-oeuvre de Canatrans ». L'impact sonore pour les autres résidences devient positif car on élimine un passage à niveau.

Interstation Rivière-des-Prairies - Pointe-aux-Trembles

Les résidences de la 83e avenue qui sont les plus rapprochées de la voie ferroviaire subissent un impact sonore faible, qui deviendra négligeable à mesure que l'achalandage sur cet axe nord-sud s'accroîtra.

La même situation prévaut aux 86e et 87e avenues, où l'impact sonore est faible pour les maisons les plus rapprochées et moyen pour la résidence du 12 000, 87e avenue (entre la 6e rue et le boulevard Maurice Duplessis).

Station Pointe-aux-Trembles

Actuellement, aucune zone résidentielle ne subit un impact sonore dû au métro de surface. Toutefois, un développement résidentiel (20 000 logements) est prévu au sud de la station. Dans le cas où ce projet va de l'avant, l'impact sonore produit sera moyen jusqu'à 60 mètres du quai et faible jusqu'à 100 mètres.

Tracé à l'est de la station Pointe-aux-Trembles

Le secteur situé au sud de la voie de roulement est résidentiel mais il n'est soumis qu'à un impact de faible densité car une limite de vitesse de 15 km/h est maintenue par les rames du métro, lorsqu'il passe dans cette zone.

2.5 IMPACT CAUSE PAR LES VIBRATIONS GENEREES PAR LE METRO DE SURFACE

Deux groupes de gens seront affectés par les vibrations générées par les rames du métro de surface: les utilisateurs du système et les riverains.

Les usagers sont soumis de façon directe aux vibrations produites par les éléments mécaniques des voitures et du contact roues/rails qui ne sont pas isolées par les suspensions alors que les résidents voisins de la ligne perçoivent les vibrations induites dans le sol, qui se transmettent aux fondations de leur bâtiment.

2.5.1 VIBRATIONS COMMUNAUTAIRES

Les problèmes associés aux vibrations, lorsqu'il s'agit d'une technologie de voitures «fer sur fer», sont ordinairement plus intenses pour un métro souterrain que pour un métro de surface car la présence de matériaux de remblayage amortit davantage les vibrations.

Beaucoup de recherches sont actuellement en cours afin de développer des méthodes permettant d'estimer la propagation des vibrations à travers le sol. Cependant, ce domaine de recherches est encore nouveau et n'est compris que partiellement. Les méthodes de calcul sont approximatives et dépendantes du matériel roulant, du type de voie, de la géologie du terrain, de la vitesse de passage des rames et de la distance qui sépare les résidences de la voie ferroviaire.

L'évaluation de l'impact qui suit est basée sur un calcul théorique des vibrations induites dans le sol, les valeurs étant vérifiées à l'aide de mesures effectuées dans un secteur critique du tracé.

L'expérience acquise jusqu'à présent dans le domaine montre qu'à l'extérieur de la gamme des fréquences comprises entre 10 et 200 Hz, les vibrations transmises par le sol sont rarement une source de problème. Les vibrations aux fréquences supérieures à 30 Hertz ne sont plus perçues comme mouvement et incommodes surtout par le bruit de «ronflement» qu'elles produisent lors du passage des rames.

La bande de fréquences susceptibles de créer le plus d'impact est comprise entre 10 et 80 Hz. L'amplitude des vibrations à ces fréquences est généralement assez faible pour qu'elles ne soient pas perceptibles comme mouvement. Cependant, des bruits à basse fréquence sont générés par les surfaces des bâtiments (murs, plafonds et planchers) et par certaines composantes (fenêtres, objets sur des tablettes) qui vibrent pour ensuite émettre des bruits dits «secondaires».

2.5.1.1 Facteurs déterminant le niveau de vibration induite au sol

L'amplitude des vibrations générées par les voitures et qui se propagent dans le sol est fonction des facteurs suivants:

- rapport d'impédance et surtout, fini de surface des roues et des rails;
- poids des bogies non isolés par rapport aux rails (comprend: roues, essieux, possiblement la boîte de transmission et les moteurs de traction) et la rigidité de la suspension primaire;
- poids total des voitures;
- vitesse de croisière des voitures.

2.5.1.2 Evaluation de l'intensité des vibrations induites au sol

Ne connaissant pas l'amplitude ni le contenu fréquentiel des vibrations que le métro de surface transmettra au sol, les valeurs utilisées pour évaluer l'ampleur de l'impact vibratoire consistent en une moyenne, basée sur différents systèmes actuellement en opération, à des emplacements divers (géologie du sol variable). Ces niveaux de vibration illustrés à la figure 9 sont extraits du volume «Prediction and Control of Noise and Vibration in Rail Transit Systems» (1978).

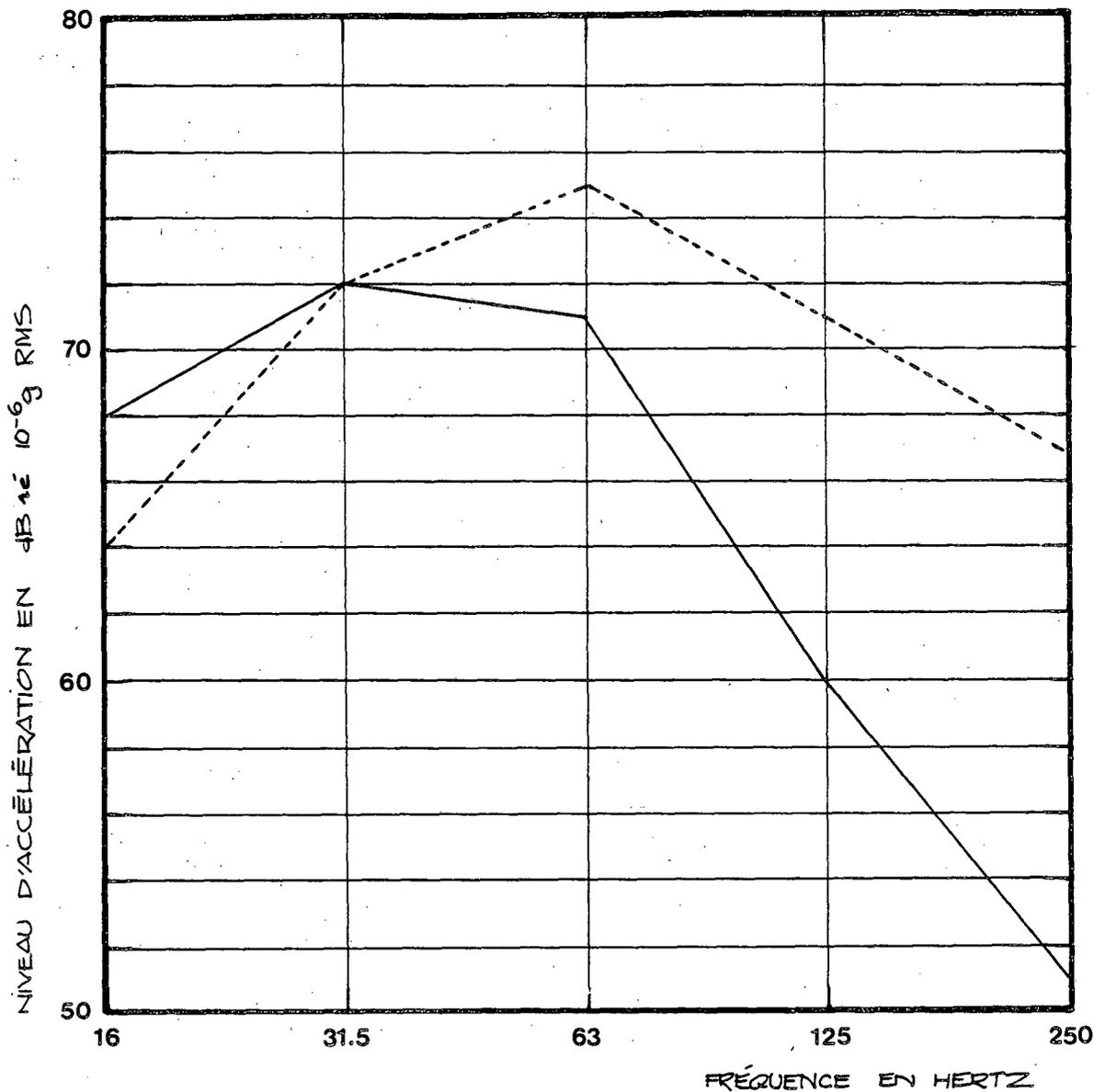
2.5.1.3 Calcul du niveau de vibration perçue dans les résidences

Les étapes suivantes ont servi à évaluer l'intensité des vibrations perçues dans les résidences qui côtoient le tracé du métro de surface. Seules les vibrations mesurées suivant l'axe vertical serviront au calcul de la zone d'impact car elles sont dominantes.

- a) Evaluation du niveau de vibration à la vitesse de croisière (90 km/h), à 7,5 mètres de l'axe de la voie

Il est reconnu que l'augmentation du niveau de vibration varie de 4 à 6 dB lorsqu'on double la vitesse des voitures. La valeur de 6 dB est utilisée dans le présent cas.

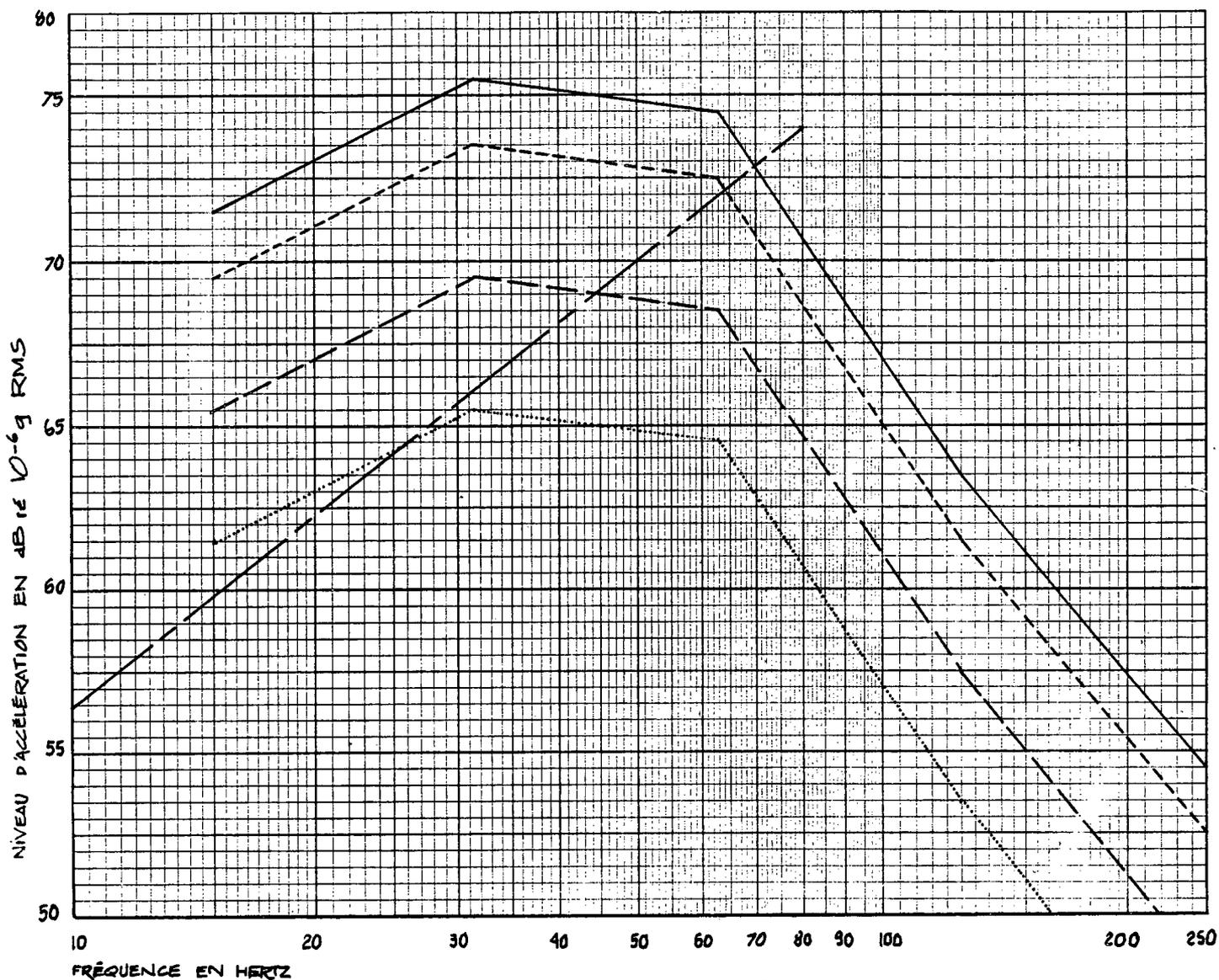
On retrouve à la figure 10 le niveau de vibration mesuré dans l'axe vertical, à une distance de 7,5 mètres de la voie.



— MESURE DES VIBRATIONS DANS L'AXE VERTICAL
- - - MESURE DES VIBRATIONS DANS L'AXE HORIZONTAL (PERPENDICULAIREMENT A LA DIRECTION DE LA VOIE)

CONDITIONS DE MESURES : VITESSE NORMALISÉE A 60 km/h.
DISTANCE : 7.5 m DE L'AXE DE LA VOIE
TYPE DE VOIE : SUR BALLAST AU NIVEAU DU SOL

FIG. 9 NIVEAU DE VIBRATION MOYEN MESURE AU PASSAGE D'UNE RAME DE METRO.



- INTENSITÉ DE VIBRATION MESURÉE À UNE DISTANCE DE 7,5 m, À UNE VITESSE DE 90 km/h; VOIE SUR BALLAST AU NIVEAU DU SOL.
- ATTÉNUATION DE 2 dB DUE À UN REMBLAI DE PLUS DE 5 m DE HAUTEUR
- INTENSITÉ DE VIBRATION RÉSULTANTE À 15 m DE LA VOIE
- INTENSITÉ DE VIBRATION RÉSULTANTE À 30 m DE LA VOIE
- SEUIL DE PERCEPTION DES VIBRATIONS

FIG. 10 NIVEAU DE VIBRATION A DIFFERENTES DISTANCES DE LA VOIE.

- b) Calcul de l'atténuation du niveau de vibration avec la distance en fonction du type de sol

L'atténuation des vibrations dans le sol s'opère simultanément de deux façons:

- par dispersion géométrique:

Le niveau de vibration diminue en s'éloignant de la source à cause d'une répartition de l'énergie dans le sol.

Ce type d'atténuation est indépendant de la fréquence de vibration et représente en moyenne, pour différents types de sols, une baisse de 4 dB chaque fois que l'on double la distance (valable de 16 à 125 Hertz jusqu'à une distance de 50 mètres). Cette atténuation a été vérifiée lors de mesures effectuées dans Ville Saint-Laurent conjointement avec M. Jean-Paul Senay, ingénieur du Bureau de Transport Métropolitain.

- par amortissement des vibrations dans le sol:

Cette atténuation varie en fonction de la fréquence, de la nature du sol et du type d'onde générée (Rayleigh) de compression, de cisaillement et love).

Pour les raisons qui suivent, seule l'atténuation des vibrations dans le sol due à une dispersion géométrique a été prise en considération:

- à faible distance, la diminution du niveau de vibration est dominée par la dispersion géométrique;
- pour la gamme de fréquences qui nous intéresse (16 à 125 Hz), l'amortissement du sol est faible;
- la variation de la nature du sol le long du trajet et la complexité avec laquelle les ondes se propagent à travers les diverses couches du sol (sable, glaise, roc, nappe phréatique, etc.) rend incertaine la validité de ce genre de calculs compte tenu des approximations nécessaires;
- le pourcentage des différents types d'ondes générées dans le sol ne peut être déterminé précisément.

La hauteur de la voie (en remblai) est également un facteur à considérer. Des études effectuées par le Canadien National tendent à montrer qu'une voie en remblai atténue davantage les vibrations par rapport à une voie établie au niveau du sol. Les mesures prises à l'intersection des rues Charton et Port Royal abondent dans ce sens.

Pour ces raisons, une atténuation de 2 dB a été retenue lorsqu'on a procédé aux calculs relatifs à une voie d'une hauteur moyenne de 5 mètres.

c) Evaluation du niveau de vibration perçue dans les résidences

Dans une première phase, les vibrations sont transmises aux fondations des résidences. Cette interaction s'avère complexe, étant fonction de nombreux paramètres (type de bâtiment, de fondations, nature du sol). Pour la majorité des résidences, une dalle de béton bien assise sur le sol sert de fondation. Dans ce cas et pour les immeubles dont des pieux sont enfoncés jusqu'au roc, nous assumerons que les vibrations se transmettent sans aucune perte.

La propagation des vibrations dans le bâtiment dépend du type de structure.

On retrouve au tableau 7 les valeurs moyennes de l'atténuation des vibrations dans un immeuble à plusieurs étages. Dans une maison à ossature de bois, une amplification des vibrations variant de 5 à 15 dB, dans la gamme de fréquences de 16 à 80 Hertz, est fréquente.

Il est à remarquer que les spectres de vibrations émises par la majorité des voitures de métro du type «fer sur fer» sont dominés par une bande de fréquences relativement étroite. La fréquence dominante de passage des vibrations est contrôlée par la géologie du sol, alors que les fréquences secondaires sont fonction du système de suspension des voitures, de l'empattement des bogies et de l'espacement des dormants.

La connaissance des niveaux de vibration maximums et des fréquences qui y correspondent est essentielle pour déterminer avec exactitude l'ampleur de l'impact vibratoire (bruit ou/et mouvement) et les correctifs souhaitables. Lorsqu'un prototype du métro de surface sera construit, la zone d'impact pourra être définie avec plus d'exactitude.

TABLEAU 8 - ATTENUATION DES VIBRATIONS DANS UN IMMEUBLE A PLUSIEURS ETAGES EN dB

Fréquence en Hertz	ATTENUATION PAR ETAGE AU-DESSUS DU REZ DE CHAUSSEE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Hauteur relative d'un étage: 10 pieds										
31	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
63	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1
125	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1
250	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2
500	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3
1K	5	5	4	4	4	4	4	3	3	3
Hauteur relative d'un étage: 12 pieds										
31	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
63	3	3	2	2	2	1	1	1	1	1
125	3	3	3	2	2	2	2	1	1	1
250	4	4	3	3	3	2	2	2	2	2
500	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3
1K	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4

d) Evaluation du niveau de bruit généré par les vibrations

Considérons le cas suivant:

- maison à ossature de bois située à 15 mètres de la voie;
- amplification du niveau de vibration de 10 dB(A), pour les bandes de fréquence comprises entre 16 et 63 Hertz.

Dans ce cas précis, le niveau de bruit généré par les vibrations dans la résidence est d'environ 55 dB(A) et la bande de fréquence de 63 Hertz domine. Ce niveau dépasse considérablement la norme indiquée à la section 2.2.1 b). Toutefois, il est peu probable que le bruit généré à l'intérieur de la résidence soit dominant, compte tenu du bruit extérieur produit par le passage des voitures, qui est de 88 dB(A) pour une même distance.

2.5.1.4 Analyse des résultats

On constate à la figure 10 que le niveau de vibration générée par les voitures du métro de surface à une distance de 30 mètres de la voie est inférieur à 1 dB près au seuil de perception de l'humain.

La zone d'impact vibratoire est d'environ 30 mètres de part et d'autre de la voie. Cependant, dans certains cas particuliers, cette distance peut s'accroître passablement à cause de phénomènes de résonance possibles dans le sol et à l'intérieur même des résidences (particulièrement celles dont la charpente est en bois). L'ampleur de l'impact vibratoire et les correctifs à prendre devront être réévalués lorsqu'un prototype du matériel roulant sera construit.

2.5.1.5 Evaluation de l'impact vibratoire

a) Détérioration des édifices à proximité de la voie

La norme généralement reconnue comme sécuritaire, quant à la dégradation des édifices par les vibrations, est de 50 mm/sec crête. Lors de la prise de nos mesures, les niveaux de vibration variaient entre 0,5 et 5 mm/sec crête au passage des trains (pour passagers) de Via Rail. L'implantation d'un métro de surface ne cause donc aucune problème à ce niveau.

b) Perception des vibrations comme mouvement

Dans les immeubles résidentiels dont la charpente n'est pas en bois, l'impact vibratoire est négligeable le jour et faible le soir, à une distance de 15 mètres. En s'éloignant de la voie d'une distance de 30 mètres, les vibrations sont à peine perceptibles et ne devraient pas constituer un problème.

Dans le cas des maisons à ossature de bois, l'impact est difficile à évaluer car il dépend essentiellement du phénomène de résonance qui peut se produire dans la structure de ces premières. Pour évaluer exactement l'importance du problème, il faudrait effectuer des mesures de vibration sur un site critique, afin de comparer les vibrations à l'intérieur et à l'extérieur des résidences.

c) Niveau de bruit généré par les vibrations induites dans le sol

D'une façon générale, on peut s'attendre à ce que l'intrusion imputable au bruit généré par les vibrations soit faible, compte tenu des raisons suivantes:

- à faible distance de la voie (15 mètres), le bruit émis au passage des voitures sera dominant;
- à distance moyenne de la voie, cette intrusion sera diminuée et le climat sonore actuel suffisamment dégradé pour masquer, du moins partiellement, cette source de bruit.

2.5.2 VIBRATIONS A L'INTERIEUR DES VEHICULES

La réduction du niveau de vibrations à l'intérieur des voitures, en vue de respecter les normes peut être faite de la façon suivante:

- choix du type de suspension secondaire et design approprié;
- choix du type d'isolation anti-vibratile utilisé pour fixer les équipements auxiliaires et optimisation de leur rigidité;
- balancement plus précis des pièces rotatives;
- recouvrement du plancher avec un matériau composite ayant une capacité d'isolation des vibrations;
- accroissement de la rigidité de la structure supportant les équipements auxiliaires.

2.6 AUTRES IMPACTS

2.6.1 IMPACT SONORE DANS LES STATIONS ET LES ZONES D'ACCES

Les onze stations qui jalonnent la ligne no 6 du métro de surface sont munies de quais centraux surélevés ou reposant sur le sol. Ces quais sont complètement isolés des sources de bruit extérieures et l'accès aux voitures se fait par des portes palières.

Du point de vue acoustique, c'est le type de station qui assure le plus grand confort à ses usagers. En autant que l'élaboration du design des stations tient compte des sources de bruit, tant intérieures qu'extérieures, les usagers constitueront la source majeure de bruit. Un contrôle adéquat de la réverbération permettra alors d'assurer l'intelligibilité de la parole pour le système de communication de la station tout en contrôlant partiellement le bruit des usagers et celui des systèmes auxiliaires.

A l'extérieur de la station, l'impact causé par l'implantation du métro de surface provient des sources de bruit suivantes:

- passage et arrêt aux stations des rames de métro de surface;
- canalisation de la circulation vers une zone restreinte: automobiles et lignes de rabattement d'autobus.

2.6.1.1 Design acoustique à l'intérieur des stations

En vue d'obtenir un niveau sonore inférieur à 55 dB(A) à l'intérieur d'une station vide, il faut contrôler les sources de bruit suivantes:

- systèmes auxiliaires: chauffage et ventilation, escaliers mobiles, portes palières, transformateurs, etc.);
- toutes les sources de bruit extérieures à la station qui ne sont pas suffisamment atténuées par la structure de cette station. Ceci inclut: le bruit généré par les rames du métro de surface (entrée, arrêt et sortie), par le CN Rail, par Via Rail, par les voies de circulation à densité élevée et finalement, par l'achalandage aux stations.

Les sources de bruit extérieures peuvent être contrôlées par un design adéquat de la structure de la station (coefficient de transmission sonore de ses parois).

Les sources de bruit intérieures continues doivent être maintenues aux niveaux de pression sonore maximum suivants:

- système de chauffage et de ventilation ainsi que toute source fixe: 55 dB(A) mesuré à une hauteur de 1,5 mètres à partir du sol;
- escaliers mobiles à vide ou à pleine charge: 55 dB(A) à deux mètres de distance de l'entrée et de la sortie de l'escalier (hauteur du microphone de 1,5 mètres, mode d'intégration lent).

Les sources de bruit transitoires comme l'ouverture des portes palières ne devraient pas dépasser 60 dB(A) à une distance de 2 mètres de la source, à une hauteur de 1,5 mètres (mesures en mode d'intégration rapide).

Le bruit de fond engendré par ces sources doit être d'une intensité constante et son contenu fréquentiel, le plus uniforme possible. Aucun ton pur ou composante de machinerie ne devrait être identifiable.

Le climat sonore global à l'intérieur de la station doit être contrôlé par l'application de matériaux absorbants, afin d'abaisser le temps de réverbération aux environs de 1,2 à 1,4 secondes, dans la bande de fréquence, de 500 Hertz.

Dans les locaux où le système de communication revêt une importance particulière, un temps de réverbération d'environ 1,0 seconde, à 500 Hertz, est souhaitable.

Un traitement acoustique semblable réduira le bruit des auxiliaires de même que celui des usagers et permettra un accroissement de l'intelligibilité du système de diffusion publique.

La sélection des matériaux absorbants utilisés en station devra respecter les critères suivants: bonne apparence, réfléchissants pour la lumière, résistants au vandalisme, nettoyables, résistants au feu et à l'eau, peu dispendieux, compatibles avec les opérations de maintenance et d'inspection.

Une fois le métro en opération, on peut s'attendre à avoir un niveau sonore variant de 60 à 62 dB(A), pendant les heures creuses, et ne dépassant pas 70 dB(A) en période de pointe.

A ces niveaux sonores, la conversation à voix élevée entre les usagers est possible jusqu'à 2 mètres et le système de sonorisation publique peut opérer de façon satisfaisante.

2.6.1.2 Traitement acoustique à l'extérieur de la station

Le principal traitement acoustique nécessaire, à l'extérieur de la station, vise à mieux contrôler le bruit de passage des voitures à la station et consiste à installer des matériaux absorbants sous la plate-forme du quai, tel qu'indiqué à la figure 11.

Dans le cas d'une station au sol, on pourra recouvrir la surface sous la plate-forme avec un absorbant de 8 à 10 centimètres d'épaisseur (coefficient d'absorption sonore de 0,4 à 250 Hertz et de 0,65 à 500 Hertz), recouvert d'un film de plastique étanche et protégé d'une tôle perforée. Pour les stations surélevées on pourra, en plus appliquer un matériau absorbant sur la surface verticale de la charpente du quai.

2.6.2 IMPACT SONORE ASSOCIE AUX GARAGES ET ATELIERS

2.6.2.1 Garage du Collège

Ce garage situé à l'extrémité ouest de la ligne no 6 sert à remiser des voitures pendant l'arrêt du service ainsi qu'en période creuse. On peut également y faire des inspections mineures sur fosse et le lavage des voitures.

La localisation de ce garage ne présente pas de problèmes au niveau acoustique. La seule source de bruit provient des manoeuvres à basses vitesses (moins de 15 km/h) qui seront effectuées à proximité du garage. Cette légère augmentation du niveau sonore est largement compensée par la présence du bâtiment, qui agira comme barrière acoustique entre les voies de circulation à vitesse moyenne (métro de surface et Canadien National) et le cégep Saint-Laurent. L'impact résultant est donc positif.

2.6.2.2 Complexe garages-ateliers à Pointe-aux-Trembles - Faisceaux de voies et voie d'essai

L'impact causé par l'implantation du complexe Pointe-aux-Trembles, nécessaire à l'exploitation des trains de banlieue, est particulier car il implique un accroissement important du taux d'activités dans un secteur restreint.

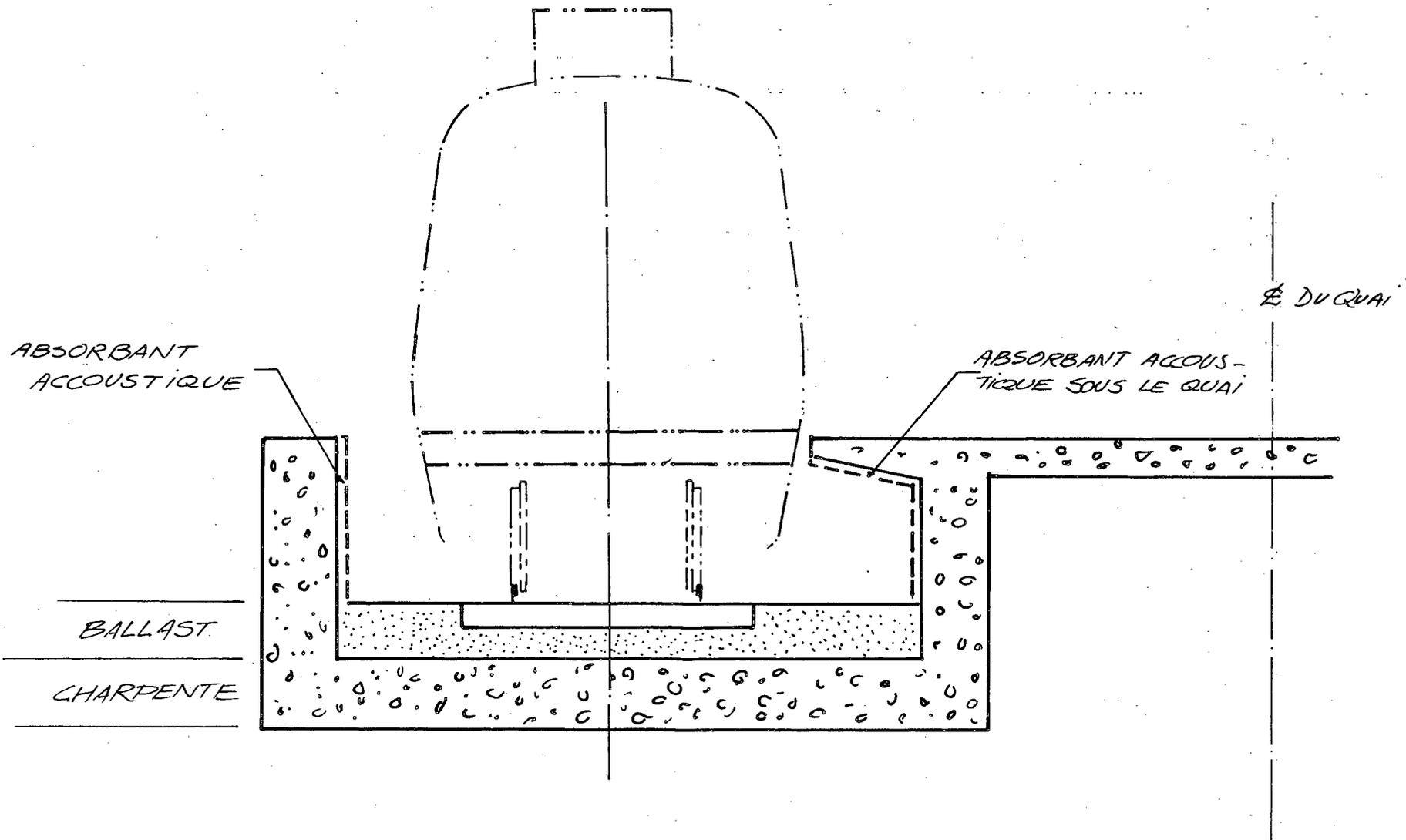


FIG. 11 APPLICATION D'UN MATERIAU ABSORBANT AUX QUAIS DES STATIONS.

Ces activités sont hautement intrusives pour le milieu environnant car le bruit généré est facilement identifiable et peut augmenter le niveau sonore actuel, qui varie, selon les endroits, de 55 à 60 dB(A).

Le zonage adjacent au complexe est résidentiel, tant au sud-est de la station Pointe-aux-Trembles qu'à l'est de l'emprise C.N.-M.S., le long de la voie d'essai.

Les sources de bruit susceptibles de dégrader le climat sonore existant proviennent en partie des garages et ateliers mais elles sont principalement associées aux activités extérieures.

GARAGES ET ATELIERS

Les activités les plus bruyantes à l'intérieur proviennent des ateliers où l'on effectue les réparations et l'entretien du matériel roulant. On retrouve ainsi:

- une chambre de soufflage pour dépoussiérer, à l'aide de lances à air comprimé, le dessous des caisses avant qu'on procède aux revisions (comprend un système d'aspiration des poussières à grand débit;
- une chambre de nettoyage des pièces à la vapeur;
- un atelier de soufflage des moteurs de traction;
- un atelier d'usinage et de menuiserie;
- une chambre pour le compresseur des ateliers de petites et grandes revisions;
- une voie de lavage des voitures et de séchage à grand débit d'air;
- une voie pour le reprofilage des roues.

Toutes ces sources de bruit devront être bien contrôlées afin de protéger leurs opérateurs et de respecter le règlement relatif à la qualité du milieu de travail, dont on présente la section concernant les niveaux de bruit à l'annexe 5.

Les lignes de conduites généralement reconnues pour contrôler le bruit dans les bâtiments sont:

- a) Contrôle du bruit à la source: les équipements achetés devront respecter des normes de bruit raisonnables.

- b) Contrôle de la propagation du bruit: on peut limiter l'effet des sources de bruit importantes en les isolant de façon partielle ou complète à l'aide d'une cloison acoustique ou en insonorisant la pièce d'où elles proviennent, la séparant ainsi des sections adjacentes.
- c) Contrôle de la réverbération dans les bâtiments: on doit s'assurer que les bâtiments comportent suffisamment de surfaces absorbantes pour limiter la réverbération du bruit et y assurer l'intelligibilité de la parole.

Notons qu'il est préférable, pour minimiser les coûts de ces installations de prendre en considération le niveau de bruit atteint dans les ateliers dès l'étape du design plutôt que d'avoir à effectuer des modifications par la suite.

En autant que les bâtiments ne comprennent pas d'ouvertures importantes, que les systèmes de ventilation sont sélectionnés en tenant compte du niveau sonore qu'ils génèrent et que ceux-ci sont munis de silencieux lorsque requis, les milieux résidentiels adjacents n'en seront pas affectés.

Le design des systèmes de chauffage et/ou de ventilation rattachés aux bâtiments (ventilation du complexe, séchage et dépoussiérage des voitures, etc.) doivent respecter les niveaux sonores maximums suivants, lorsque tous les équipements sont en opération:

- 52 dB(A); valeur mesurée à partir du centre des garages à une distance de 100 mètres;
- 52 dB(A); valeur mesurée à partir du centre des ateliers à une distance de 150 mètres.

Les sources de bruit potentielles à l'extérieur du complexe de Pointe-aux-Trembles, en excluant le bruit de l'ensemble garages-ateliers et de la voie d'accès aux stations, sont:

- crissements de roues dans les courbes prononcées;
- cliquetis des roues au contact des joints et des aiguillages des voies;
- bruit engendré par le contact roues/rails lors du déplacement des voitures (exclusif à la voie d'essai);
- bruit provenant des systèmes auxiliaires des voitures;
- accouplement et désengagement des voitures composant les rames;

- klaxons, téléphones, avertisseurs sonores, système de communication extérieur;
- crissements des roues lors des freinages et échappement d'air comprimé.

Le contrôle de ces sources sonores, face à leur impact sur les résidences avoisinantes, comprend:

- un contrôle des procédures d'opération dans les faisceaux de voies: la limite de vitesse établie à 15 km/h réduit grandement le bruit généré par les mouvements de voitures. Seuls le bruit des auxiliaires et le bruit d'impact au joint des rails et aux aiguillages seront perçus;
- le design des voitures et des appareils de voies (détaillé à la section 2.4.3);
- l'établissement d'un programme d'entretien des voies: l'alignement vertical et latéral des rails doit être maintenu pour limiter le bruit d'impact généré.

En autant que l'on contrôlera le bruit généré par les déplacements des voitures, soit:

- le bruit des auxiliaires: 60 dB(A), à une distance de 15 mètres du centre de la voiture;
- les rayons de courbure supérieurs à 100 fois l'empattement des bogies ou les voitures munies de bogies articulés ou de roues amortissantes;
- l'état des voies (rails et type d'aiguillage),

le bruit associé aux faisceaux de voies sera dominé par les avertisseurs sonores associés aux mouvements de va-et-vient des voitures (traité à la section 2.4.5) et par le système de communication extérieure.

Le bruit généré par les différents avertisseurs sonores utilisés dans la cour de manoeuvre peut être atténué, si on utilise des avertisseurs visuels plutôt que sonores.

SYSTEME DE COMMUNICATION EXTERIEUR

L'utilisation de tableaux d'affichage électroniques aux entrées des garages et de l'atelier, conjointement à des procédures d'opérations standardisées, et l'usage de radios portatives peuvent s'avérer un bon compromis.

Si on désire maintenir un système de communication sonore à l'extérieur, il devra être directionnel et orienté de manière à minimiser son impact sur les zones résidentielles mentionnées précédemment.

AVERTISSEURS SONORES DES VOITURES

Le choix d'un type de klaxon pour les voitures devra minimiser la sensation désagréable communiquée par le signal sonore émis. Ainsi, les klaxons électroniques ou à air doivent être évités, au profit d'un signal sonore agréable à entendre et dont les composantes fréquentielles ne sont pas intrusives pour les communautés avoisinantes. Dans le «Handbook of Urban Rail Noise and Vibration Control», on cite l'avertisseur sonore dont sont munies les voitures Bart comme bon exemple de signal sonore efficace dont l'intrusion est réduite.

AIGUILLAGES

De manière à minimiser le bruit émis au passage des voitures aux aiguillages, un programme d'entretien devra être établi dès la mise en service.

Pour la saison hivernale, le choix d'un système de dégivrage des appareils de voies équipé d'éléments électriques est recommandé par rapport au système à air forcé. Compte tenu du nombre d'aiguillages requis et du niveau de bruit élevé que les systèmes à air forcé génèrent (généralement supérieurs à 80 dB(A)), ces unités représenteraient une source importante de bruit et de gêne pour les zones résidentielles avoisinantes.

2.6.3 IMPACT CAUSE PAR LES TRAVAUX D'ENTRETIEN DE LA VOIE

L'entretien de la voie comprend les activités suivantes:

- alignement et nivellement des rails (deux fois l'an pendant les premières années);
- bourrage du ballast aux traverses, sous les surfaces de roulement;

- serrage des joints éclissés et solidification des ancrages;
- meulage de l'usure ondulatoire des rails (environ une fois l'an);
- déneigement de la voie en hiver;
- désherbage chimique du ballast (environ une fois l'an).

La plupart de ces activités d'entretien sont de courte durée et ne sont effectuées qu'un ou deux fois l'an; ce qui ne nécessite pas une étude d'impact sonore détaillée. De plus, leur but consiste à améliorer l'état de la voie de façon à réduire le bruit émis au passage des rames de métro. A moyen terme, l'impact résultant est donc positif.

Pour minimiser l'impact sonore produit, il est quand même préférable d'effectuer les opérations les plus bruyantes (meulage des rails, par exemple) pendant le jour, dans les zones à forte densité de population.

2.6.4 IMPACT SONORE CAUSE PAR LE DEPLACEMENT LATERAL DES VOIES DU CANADIEN NATIONAL RAIL VERS LE SUD

La distance de déplacement latéral de la voie du Canadien National Rail vers le sud, le long de la ligne no 6, varie entre 7 et 9 mètres et occasionne une variation de l'impact sonore qui s'établit comme suit, pour le tronçon situé entre les stations Sauvé et St-Michel:

Résidences situées au sud de la voie:

- rapprochement de la voie du Canadien National et augmentation maximale de 2 dB(A) du bruit de passage d'une rame de 4 voitures.

Résidences situées au nord de la voie:

- éloignement de la voie du Canadien National et réduction maximale de 2 dB(A) du bruit de passage.

L'impact sonore négatif dû au déplacement de la voie du Canadien National Rail vers les résidences situées au sud du tracé peut être compensé lors de la relocalisation de la voie par le remplacement des rails existants par de longs rails soudés.

Cette modification réduit le niveau de bruit maximum, au passage d'une rame, d'environ 4 dB(A) et entraîne des coûts additionnels de 1,50\$ par mètre linéaire ce qui représente, pour l'ensemble de la ligne no 6, un coût total d'environ 35 000\$.

L'impact cumulé de ces deux modifications est nul ou positif. Compte tenu de l'achalandage qui prévalait lors des relevés sonores effectués à la fin de l'année 1982, la variation du niveau sonore Leq 24h est négligeable pour les résidences situées au sud et de -3 dB(A) (diminution) pour celles situées au nord.

Cette réduction du niveau sonore actuel peut être effectuée à peu de frais et est d'autant plus justifiée qu'elle augmentera proportionnellement au taux d'achalandage de la ligne du Canadien National Rail.

L'emploi de longs rails soudés s'avère avantageux, à court terme, entre le boulevard St-Laurent et la station St-Michel. Dans les autres tronçons, l'absence de zones résidentielles situées à proximité de la voie, sur le côté sud, rend nul l'impact sonore causé par la relocalisation de la voie. L'emploi de rails soudés dans les zones résidentielles situées au nord demeure quand même avantageux si l'on prévoit que l'achalandage sur la voie du Canadien National Rail augmentera.

2.6.5 BRUIT DES TRANSFORMATEURS

Le bruit de ronflement des transformateurs et celui des ventilateurs de refroidissement peuvent être une source d'incommodation suivant leur localisation. Le bruit associé aux transformateurs comporte des tons purs dont les fréquences principales sont de 60, 120 et 240 Hertz; ce qui les rend facilement identifiables et plus intrusifs. Dans certains cas, le bruit généré par le ventilateur est dominant.

La délimitation de la zone d'impact autour de ces unités est principalement fonction du bruit de fond du lieu où on l'installe. On contrôle habituellement cette source de bruit à l'aide de barrières ou d'enceinte acoustiques, cette solution étant moins coûteuse et plus simple que la réduction à la source.

2.7 MESURES DE MITIGATION

Dans les zones résidentielles où le bruit produit au passage des rames de métro n'a pu être réduit suffisamment en modifiant les caractéristiques acoustiques et vibratoires du matériel roulant, des mesures de mitigation doivent être choisies afin de protéger les gens résidant à proximité du tracé.

Voici les mesures de mitigation possibles:

- a) Installation d'écrans anti-bruit près de la voie (source sonore) ou près des résidants (récepteurs).

Cette solution est efficace du point de vue acoustique mais s'avère dispendieuse, tant par l'installation que par les problèmes d'entretien qu'elle cause. Dans les secteurs résidentiels en développement, l'installation de ces écrans acoustiques près des résidences peut aussi constituer une solution efficace.

- b) Expropriation ou dédommagement des résidants

Lorsque l'impact sonore touche un nombre restreint de résidants et/ou que les écrans acoustiques s'avèrent insuffisants, il peut être plus économique de les dédommager pour cette dégradation de leur climat sonore ou encore, de procéder à leur expropriation. Il est également possible d'isoler acoustiquement la façade affectée par un niveau de bruit trop intense.

- c) Réduction de la vitesse des rames de métro

Dans les interstations de courte distance où les zones adjacentes au tracé sont des zones résidentielles à moyenne et forte densité, il peut être intéressant de réduire la vitesse maximale des rames de métro. Le temps de parcours n'est augmenté que d'un faible pourcentage et on peut ainsi réduire la hauteur des barrières acoustiques requises ou même les éliminer, dans certains cas.

- d) Changement de zonage dans les secteurs non urbanisés

Dans les secteurs résidentiels non développés, on peut réserver une bande de terrain le long du tracé ou en changer le zonage, de manière à éloigner les résidences de la source de bruit. On utilise ensuite cette zone tampon comme secteur commercial et/ou pour toute activité moins sensible au bruit. Les terrains non utilisés à ces fins pourront toujours être résidentiels, mais ils devront être protégés. Par exemple, la protection pourrait consister en un écran acoustique (buttes de terre) qui s'intégrerait au terrassement.

Les mesures de mitigation sont jugées essentielles lorsque l'impact sonore est fort, et souhaitables si l'impact est moyen mais que la solution est facilement applicable. Le choix du correctif requis dépendra du nombre de résidents affectés, du coût relatif des diverses solutions et de leur efficacité acoustique.

L'impact sonore causé par les réseaux d'autobus ne peut être réduit qu'en modifiant leur parcours. Actuellement, tous les tracés semblent satisfaisants, compte tenu du territoire à desservir.

2.7.1 BARRIERES ACOUSTIQUES LE LONG DU TRACE

2.7.1.1 Design des barrières acoustiques

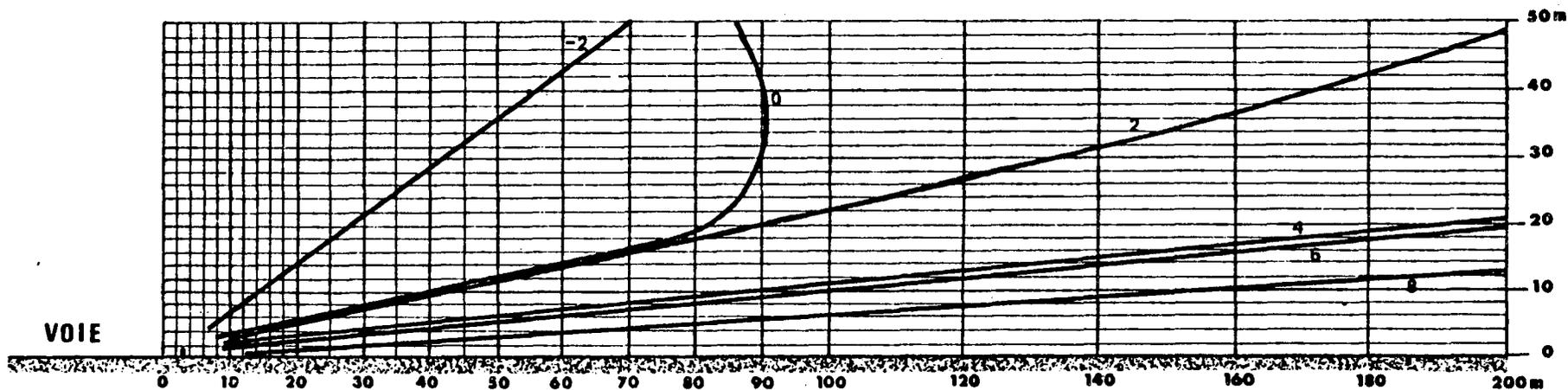
L'installation de barrières acoustiques vise à diffracter les ondes acoustiques produites lors du passage d'une voiture vers les zones qui affecteront à un degré moindre les résidents d'un secteur donné.

L'évaluation de l'efficacité des barrières doit considérer les aspects suivants:

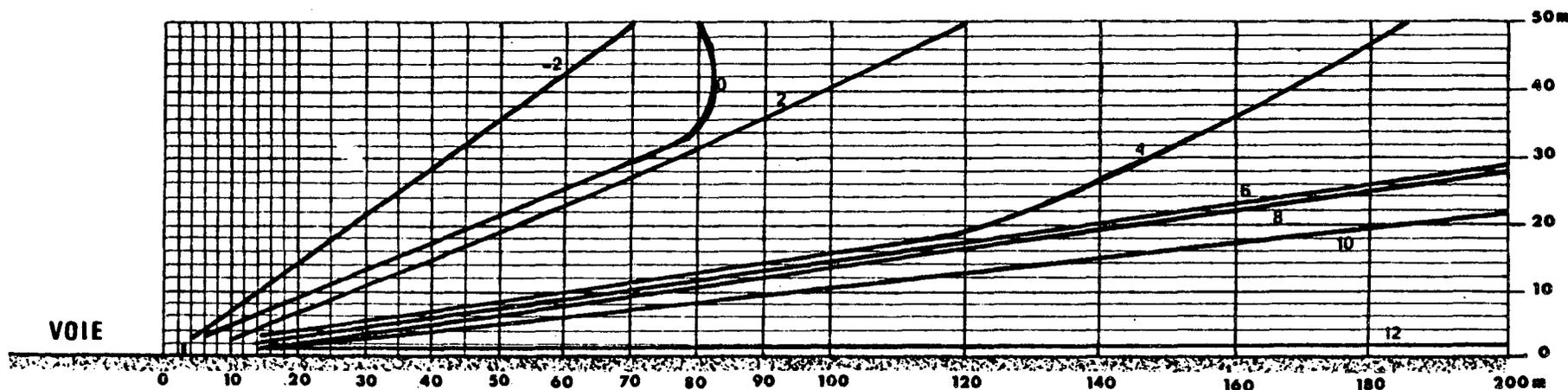
- le calcul de l'efficacité de l'écran ne doit pas être basé sur les abaques ou sur les méthodes de calcul du bruit en provenance d'une route car les hypothèses de calcul et les conditions aux limites ne sont pas les mêmes (distance écran-source, présence possible de réflexions secondaires entre l'écran et la caisse des voitures, directivité de la source et contenu fréquentiel du bruit généré);
- les courbes d'isoatténuation indiquées aux figures 12-13-14 servent à évaluer la hauteur des barrières requises pour réduire le niveau maximum à un point donné lors du passage des voitures;
- la figure 14 sert à évaluer la longueur minimale des barrières requises pour protéger un secteur donné.

La conception des barrières doit répondre à des critères acoustiques (masse surfacique supérieure à 30 kg/m², aucune ouverture) mais également à des considérations de sécurité, de facilité d'entretien et d'impact visuel.

Entre autres, des accès devront être prévus à même l'écran acoustique pour faciliter l'évacuation de la piste et/ou en cas d'accident ou de panne.



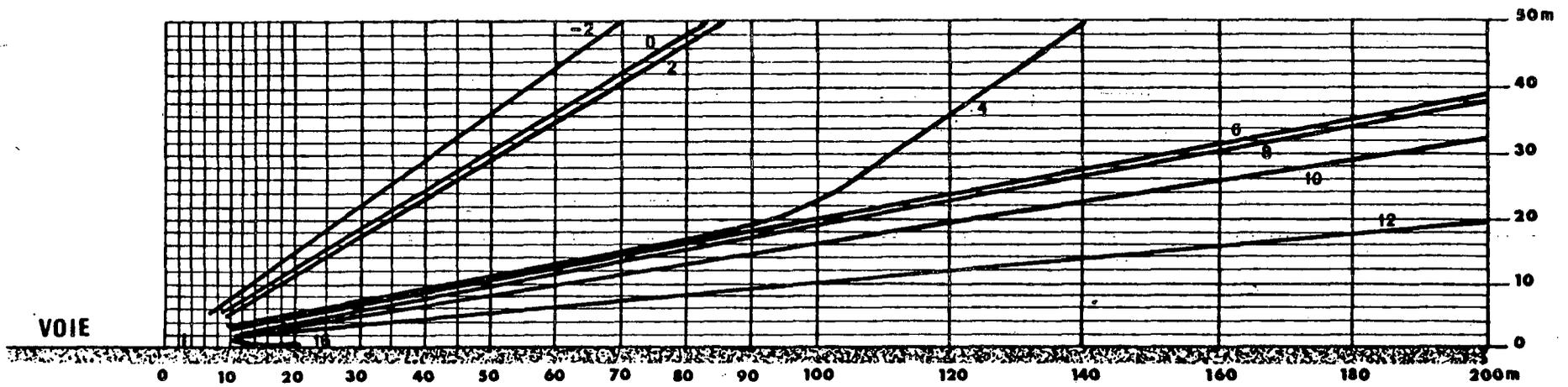
A : Ecran de hauteur 1,50 m, implanté à 3 m du rail le plus proche.



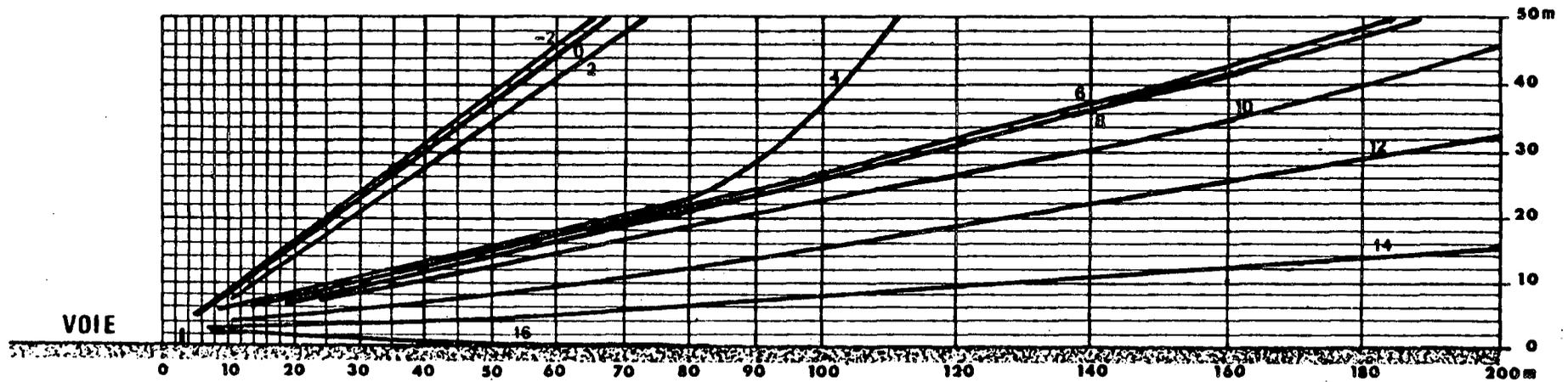
B : Ecran de hauteur 2 m, implanté à 3 m du rail le plus proche.

FIG.12 COURBES D'ISOATTENUATION D'ECRANS ACOUSTIQUES.

(HAUTEUR DE 1.5 & 2.0 m.)



A : Ecran de hauteur 2,50 m, implanté à 3 m du rail le plus proche.



B : Ecran de hauteur 3 m, implanté à 3 m du rail le plus proche.

FIG. 13 COURBES D'ISOATTENUATION D'ECRANS ACOUSTIQUES.

(HAUTEUR DE 2.5 & 3.0 m)

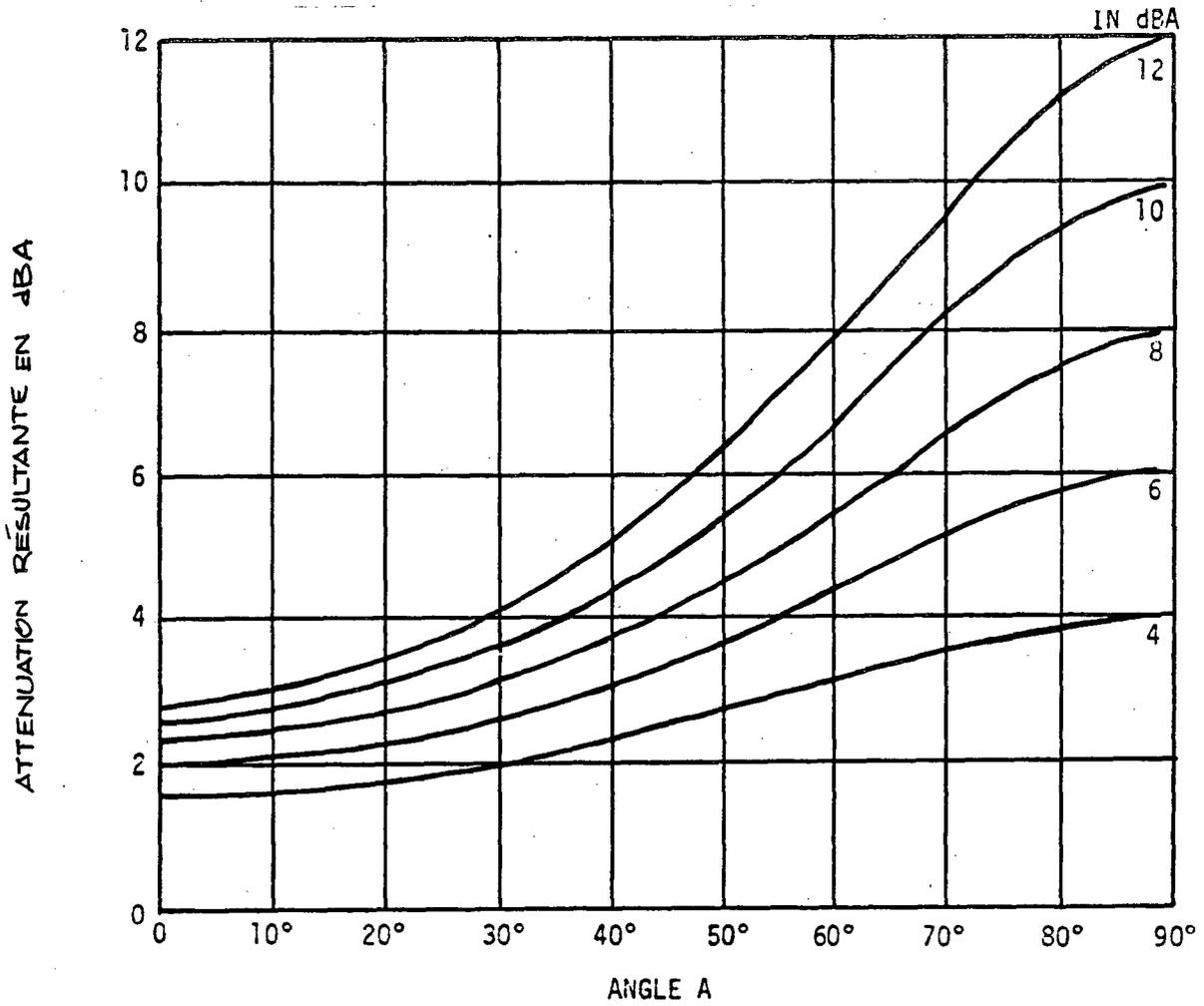
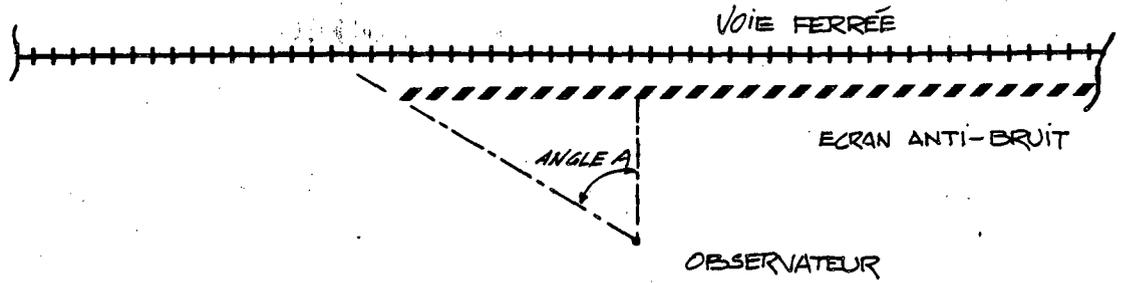


FIG. 14 BAISSÉ D'EFFICACITÉ D'UN ECRAN ACOUSTIQUE PRES DE CES EXTREMITES.

2.7.1.2 Localisation des barrières acoustiques le long de la ligne 6 du métro de surface

On retrouve à l'annexe 7 la localisation des écrans acoustiques requis, compte tenu de la marche type actuellement proposée par le COTREM et d'un matériel roulant du type MI-79.

La longueur de ces barrières totalise une longueur de 5,4 kilomètres, répartie comme suit:

- interstation Sauvé et Papineau: écran anti-bruit continu au nord de la voie est-ouest du métro de surface, d'une hauteur de 3,0 mètres entre les rues Berri et Millen et de 2,5 mètres à l'est de Millen, s'étalant sur une longueur totale de 1,6 kilomètres;
- interstation Papineau et St-Michel, écran anti-bruit continu de part et d'autre des voies du métro de surface, d'une hauteur de 2,5 mètres et d'une longueur totale de 2,8 kilomètres;
- voie d'essai au complexe de Pointe-aux-Trembles: un écran anti-bruit continu d'environ 1 kilomètre, d'une hauteur de 2,5 mètres, situé au sud de la voie d'essai.

La hauteur de ces écrans anti-bruit est valable en autant que la distance qui les sépare de la voie (rail extérieur) du métro de surface est de 3 mètres.

Le dimensionnement de ces barrières (longueur et hauteur) pourra varier si le niveau de bruit maximum, au passage des rames de métro, est inférieur à celui indiqué à la figure 5 ou encore, si d'autres mesures de mitigation sont utilisées (expropriation des résidences à moins de 15 mètres, réduction de la vitesse maximale de passage, etc.).

2.7.2 EXPROPRIATION D'IMMEUBLES RESIDENTIELS

Tous les immeubles résidentiels situés à moins de 15 mètres de la voie devraient être expropriés, à cause de l'impact sonore trop élevé qu'ils subirait. Cette mesure de mitigation réduirait, dans certains cas, la hauteur des écrans acoustiques indiquée à la section 2.7.1.2.

Les résidences suivantes sont situées à moins de 15 mètres de la voie est-ouest du métro de surface:

- 9661, rue Berri;
- 9620, rue Lajeunesse;

- 9616 et 9618, rue Basile-Routhier;
- 9615 et 9617, rue Basile-Routhier;
- 9610 et 9612, rue Foucher;
- 9603 et 9605, rue Foucher.

Ces six bâtiments sont situés au nord-est de la station Sauvé et totalisent un coût d'expropriation de 350 000\$.

L'expropriation de ces immeubles est également souhaitable du point de vue des vibrations. En effet, il s'avère techniquement difficile de suffisamment réduire le niveau de vibration produit lors du passage des voitures pour que l'impact créé soit acceptable.

2.7.3 REPERCUSSIONS RESIDUELLES DUES A L'IMPLANTATION DE LA LIGNE NO 6 DU METRO DE SURFACE

Les zones où l'impact sonore ne peut être réduit à l'aide des barrières acoustiques (principale mesure de mitigation jusqu'à maintenant) sont identifiées au tableau 9, qui indique les correctifs susceptibles de réduire cet impact sonore.

TABLEAU 9 - MESURES DE MITIGATION PROPOSEES POUR REDUIRE L'IMPACT SONORE PRODUIT LE LONG DU TRACE

Localisation	Impact sonore prévu	Correctifs possibles
<ul style="list-style-type: none"> - Interstation Du Collège-Côte Vertu immeubles: 740, Place Fortier et 720, Montpellier 	moyen et fort	<ul style="list-style-type: none"> - réduction du bruit généré par le matériel roulant - baisse de la vitesse de passage à 60 km/h (pour impact faible et moyen)
<ul style="list-style-type: none"> - Interstation Côte Vertu - Sauvé immeuble au 40, rue Port Royal 	fort	<ul style="list-style-type: none"> - expropriation ou dédommagement (isolation acoustique de la façade affectée par le bruit) - réduction du bruit généré par le matériel roulant - baisse de la vitesse de passage de 90 km/h à 60 km/h (pour impact moyen)
<ul style="list-style-type: none"> - Station Sauvé 	moyen	<ul style="list-style-type: none"> - aménagement paysager de la station, incorporant une barrière acoustique pour protéger les résidences sises au sud de la station.
<ul style="list-style-type: none"> - Interstation Sauvé - St-Michel 	moyen à fort	<ul style="list-style-type: none"> - expropriation des maisons à moins de 15 mètres de la voie «nord» (5 unités) ou dédommagement - réduction de la vitesse de passage de 90 km/h à 70 km/h <p>NOTE: Ces deux derniers correctifs peuvent réduire, voire éliminer la hauteur des barrières acoustiques recommandée à la section 2.7.1.2 si le niveau de bruit généré par le matériel est abaissé.</p>

TABLEAU 9 - MESURES DE MITIGATION PROPOSEES POUR REDUIRE L'IMPACT SONORE PRODUIT LE LONG DU TRACE

Localisation	Impact sonore prévu	Correctifs possibles
<ul style="list-style-type: none"> - Ecole au nord est de la station Papineau - Interstation Armand Bombardier - Pointe-aux-Trembles 	<p>moyen</p>	<ul style="list-style-type: none"> - amélioration du coefficient de transmission sonore de la façade exposée. - protection incluant un terrassement, à proximité des résidences, qui comporterait des buttes de terre servant d'écran acoustique (réduction de l'impact sonore de moyen à négligeable).

2.8 BRUIT ET VIBRATIONS A LA PHASE DE LA CONSTRUCTION

La phase de construction des infrastructures nécessaires à l'implantation du métro de surface créera un impact important dans tous les secteurs résidentiels à proximité de l'emprise du CN Rail et du métro de surface.

Même si le bruit de la construction est généralement plus toléré par la population, qui perçoit cet impact comme temporaire, la proximité des résidences et la nature des travaux à accomplir engendrera un problème environnemental sérieux, qui doit être considéré bien avant la réalisation des travaux.

Les critères d'évaluation de l'impact produit seront plus permissifs que ceux habituellement acceptés par des sources sonores urbaines, tout en étant limités à des valeurs tolérables variant suivant les travaux à accomplir.

Les phases de construction considérées dans cette étude comprennent: la démolition des viaducs existants, le dynamitage à certains viaducs, les opérations de décapage, d'excavation et de remblayage, l'enfoncement de pieux et l'érection de murs de soutènement temporaires et enfin, le bétonnage des viaducs et des stations.

D'autres phases de construction telles la construction des stations, des garages et des ateliers, la pose des voies et des appareils de voies, l'électrification de la ligne et l'installation du système de contrôle des trains n'ont pas fait l'objet d'études détaillées car l'impact engendré était moindre, compte tenu de leur durée et/ou de leur intensité sonore.

2.8.1 CRITERES D'EVALUATION DE L'IMPACT SONORE PENDANT LA PHASE DE LA CONSTRUCTION

Il n'existe actuellement aucune réglementation provinciale ou municipale concernant les niveaux sonores maximums à ne pas dépasser pendant les travaux de la construction (sources sonores temporaires). Les critères d'évaluation suivants sont basés sur la norme ontarienne, sur les recherches effectuées par l'armée américaine (U.S. Army Construction Engineering Research Laboratory, 1978), sur les spécifications concernant le bruit de la construction du système de transport «Niagara Frontier Transportation Authority» et sur une évaluation des niveaux sonores projetés pendant les diverses phases de réalisation du projet.

Les niveaux sonores équivalents maximums présentés au tableau 10 sont fonction des paramètres suivants:

- 1) le niveau sonore existant et niveau de bruit projeté pendant la phase de la construction;
- 2) le zonage des terrains qui longent le tracé;
- 3) la durée de la construction;
- 4) le degré de perturbation engendrée par le niveau de bruit absolu de la construction.

Normes de vibrations permises pendant les phases de construction

Le seul critère à rencontrer pendant la durée de la construction vise à protéger les bâtiments à proximité du site de réalisation du projet contre toute dégradation physique permanente.

Les deux principales activités présentant un risque pour la structure des bâtiments sont: le dynamitage, la pose de pieux et de murs de soutènement temporaires. Le niveau de vibrations engendrées par le déplacement des véhicules lourds sur le chantier (niveleuses, tracteurs, chargeuses, etc.) ne crée généralement pas de problèmes majeurs.

En pratique, un niveau de vibration maximum inférieur à 50 mm/sec (niveau de crête) constitue un seuil sécuritaire, en ce qui concerne la protection de la structure des bâtiments. Notons que cette valeur représente une moyenne statistique qui ne garantit pas de façon absolue la protection des bâtiments. Cette valeur ne s'applique pas non plus à des vibrations continues ou à un nombre élevé de séquences de vibrations.

Notons qu'avec des niveaux de vibration continus de cette intensité, on peut s'attendre à recevoir un nombre important de plaintes de la part des riverains.

2.8.2 NIVEAU DE BRUIT PROJETE DURANT LES DIVERSES PHASES DE LA CONSTRUCTION

Afin d'évaluer le niveau sonore généré pendant les diverses phases de la construction, il a fallu dresser une liste de la machinerie lourde et des équipements les plus bruyants utilisés pendant chacune de ces phases. Un sommaire de ces informations se trouve à l'annexe 9 intitulée «Compte rendu de réunion: impact sonore lors de la construction».

TABLEAU 10 - NIVEAUX SONORES MAXIMUMS DURANT LA CONSTRUCTION

Phase de la construction	Niveau sonore équivalent maximum L _{eq} 10 heures (en dB(A)) *
Démolition des viaducs	83
Excavation et décapage	78
Fondations des stations et des viaducs incluant l'enfoncement de pieux	82
Fondations des stations et des viaducs excluant l'enfoncement de pieux	78
Préparatifs en vue de dynamiter (forage)	83
Dynamitage	85
Murs de soutènement temporaires	82
Remblayage	82
Autres activités	75

* Mesuré aux résidences les plus rapprochées ou à 30 mètres de part et d'autre du centre de l'emprise du CN Rail.

Le tableau 11 donne une indication des niveaux sonores qu'on peut s'attendre à retrouver pendant les diverses phases de la construction.

2.8.3 IMPACT SONORE PROJETÉ LE LONG DE LA LIGNE 6 DU MÉTRO DE SURFACE

On remarque à la section 2.7.2 que le niveau de bruit sur le site de la construction est fonction de la phase en cours, mais qu'il excède généralement 80 dB(A). L'ampleur de l'impact sonore dans les zones résidentielles dépend donc presque exclusivement de leur localisation par rapport à l'emprise du CN Rail.

Les zones résidentielles se trouvant à plus de 75 mètres de l'emprise ne constituent pas un problème, tandis que celles situées entre 30 et 75 mètres subissent un impact variant de faible à moyen, les niveaux sonores y étant tolérables. Les résidences à moins de 30 mètres de l'emprise se trouvent dans la zone où l'impact y varie de fort à extrême. Les travaux de construction dans ces secteurs doivent faire l'objet d'un suivi continu afin de minimiser la dégradation du climat sonore et ainsi, le nombre de plaintes.

Les contracteurs devront respecter les mesures de mitigation présentées à la section 2.8.4.

2.8.4 MESURES DE MITIGATION

Les mesures de mitigation suivantes visent à rendre acceptables, pour les riverains, les phases de construction du métro de surface.

Les personnes chargées de la construction devront planifier les étapes de construction en tenant compte de l'impact sonore produit et appliquer, s'il y a lieu, les correctifs nécessaires afin de respecter les niveaux sonores maximums mentionnés à la section 2.8.1.

L'ensemble de ces mesures n'augmente ordinairement pas le coût des travaux de façon significative. Dans le cas où des mesures particulières, comme des écrans acoustiques, sont nécessaires, il faudra les insérer aux plans et devis.

TABLEAU 11 - NIVEAU SONORE EQUIVALENT JOURNALIER PENDANT LES DIVERSES PHASES DE LA CONSTRUCTION

Phase de la construction	NIVEAU DE PRESSION SONORE EN dB(A), A 15 METRES		Remarques
	Equipements standards en bonne condition	Equipements plus silencieux	
Démolition des viaducs	90	80-82	Les sources de bruit dominantes sont fixes et comprennent le compresseur et les marteaux piqueurs. Ces équipements existent dans des versions plus silencieuses. Solution: réduction à la source.
Décapage et excavation	84		La source de bruit dominante provient du bulldozer, suivi du transport des matériaux de déblai. Solutions: - réduction à la source - choix du trajet pour les opérations de camionnage - modification de l'échéancier des travaux et utilisation de la voie comme écran sonore (voir section 2.7.4)
Préparatifs de dynamitage (forage)	92	85	Voir: Démolition des viaducs
Dynamitage	90-100	75-80	Le bruit d'impact dépend fortement du type de détonateur utilisé. L'usage d'un détonateur électrique et de matelas de caoutchouc («blasting mats») est recommandé dans les zones sensibles au bruit.

TABLEAU 11 - NIVEAU SONORE EQUIVALENT JOURNALIER PENDANT LES DIVERSES PHASES DE LA CONSTRUCTION

Phase de la construction	NIVEAU DE PRESSION SONORE EN dB(A), A 15 METRES		Remarques
	Equipements standards en bonne condition	Equipements plus silencieux	
Pose de pieux et de murs de soutènement temporaires	90-105 (systèmes conventionnels «impact pile drivers»)	65-80 Systèmes conventionnels améliorés ou autres («Augering, sonic and Hydraulic pile drivers»)	Ces valeurs représentent des niveaux sonores équivalents horaires en fonctionnement continu, pour une seule unité.
Bétonnage des fondations (stations et viaducs)	85	75-80	La source majeure de bruit est la pompe à béton. Solutions: - réduction à la source et localisation - substitution de cet équipement (par un système de convoyeur par exemple).
Remblayage	87		Voir: Excavation et décapage Une source de bruit dominante supplémentaire provient du compacteur.

2.8.4.1 Mesures de mitigation générales

a) Choix de la machinerie lourde et des équipements

Les spécifications de la machinerie lourde et des équipements utilisés sur les sites de construction, en ce qui regarde les niveaux sonores générés, devront se conformer à la norme ontarienne NPC-115 qu'on retrouve à l'annexe 10.

Les équipements et la machinerie lourde devront être maintenus en bon état (silencieux adéquats, pas d'usure exagérée de composants entraînant une augmentation du bruit, etc.) afin de garder leur niveau de bruit à un certain minimum.

b) Etablissement des procédures de construction

Les procédures de construction devront être élaborées en tenant compte du niveau de bruit généré. Par exemple, on peut limiter le niveau de pression sonore auprès d'un observateur en synchronisant les différentes étapes de la construction de manière à ce que les équipements mobiles les plus bruyants soient utilisés de façon successive.

Dans la mesure du possible, les équipements fixes devront être localisés aux endroits les moins sensibles au bruit ou de manière à minimiser l'impact causé.

Le choix des parcours pour le transport des matériaux d'excavation et de remblayage devra être établi de manière à minimiser l'impact environnemental causé.

c) Périodes de travail

Jours ouvrables

Le chantier pourra être en opération du lundi au samedi inclusivement et sera fermé le dimanche et les jours fériés.

Horaires de travail

La journée de travail normale sera de 07 h 00 à 17 h 00. Durant cette période, les niveaux sonores devront respecter la norme détaillée au tableau 10 de la section 2.7.1.

Les travaux effectués en soirée (de 17 h 00 à 23 h 00) ne devront pas être sujets à déranger les riverains du projet et requerront une autorisation de la part du surveillant de chantier (ou d'une personne chargée du contrôle de l'impact sonore produit).

Aucun travail ne devra être effectué pendant la nuit (23 h 00 à 07 h 00).

d) Modification de l'échéancier

On peut également réduire l'impact sonore produit en céduant certains travaux pendant la période de l'année où les résidents sont le moins sensibles au bruit.

Dans le cas des écoles (collège St-Laurent, école Montpellier, école située près du coin boulevard Papineau - rue Montmartre), il faudra restreindre les travaux à la période estivale. Pour les secteurs résidentiels, et particulièrement au niveau des interstations comprises entre Sauvé et St-Michel, cette même période sera à éviter au profit de saisons plus froides où les résidents gardent leurs fenêtres fermées.

e) Utilisation de la voie comme barrière acoustique

Dans les tronçons où la voie est surélevée, on peut utiliser cette dernière comme barrière acoustique. Des calculs sommaires indiquent que le niveau de bruit peut ainsi être atténué jusqu'à 10 dB(A).

Si on applique cette mesure à l'interstation Sauvé - Papineau, conjointement à une modification de l'échéancier, l'impact produit peut être réduit considérablement.

Exemple:

Dans une première phase (durée d'environ trois mois), on pourrait dévier la voie du CN sur la voie la plus au nord. Comme ces travaux sont effectués à proximité des résidences, on peut les exécuter pendant une période plus froide (de septembre à novembre). Dans une deuxième phase, la construction de la nouvelle voie du CN pourrait s'effectuer pendant la période estivale, en bénéficiant de l'effet barrière des voies existantes. La rénovation de l'ancienne voie du CN Rail devant s'effectuer en dernier lieu, pourra être accomplie à la fin de l'été ou à l'automne.

2.8.4.2 Mesures de mitigation spécifiques

a) Barrières acoustiques

Lorsque la voie se situe au niveau du sol, il s'avère peu coûteux d'installer une barrière acoustique (à l'aide de matériaux de remblayage ou d'excavation ou encore, à l'aide de feuilles de contreplaqué) afin de réduire le niveau sonore près des résidences avoisinantes.

Cette solution est applicable, entre autres, à la construction des infrastructures de la station du Collège.

b) Substitution d'équipements

Comme mesure de réduction à la source, il est possible d'abaisser le niveau de pression sonore générée par les équipements les plus perturbateurs de deux façons.

On peut utiliser des équipements similaires, mais qui auraient subi des améliorations au point de vue de l'acoustique, ou encore les remplacer par d'autres équipements qui peuvent remplir la même fonction.

La machinerie lourde et les équipements suivants peuvent être sujets à une réduction de l'impact qu'ils génèrent:

1. Enfouissement de pieux et érection de murs de soutènement temporaires («sheet piling»)

Il existe sur le marché des versions améliorées du système traditionnel de pose de pieux par impacts et de nouvelles méthodes également («augering, sonic and hydraulic pile drivers»). Le tableau 12 en énumère quelques-unes et indique leurs niveaux sonores respectifs.

Notons que les systèmes qui agissent sur les pieux à l'aide de vibrations sont particulièrement efficaces dans les sols granuleux (de faible à moyenne densité) sans grande cohésion alors qu'un système hydraulique comme le «taywood pile-master» est plus efficace dans un sol à grande cohésion. Le «taywood pilemaster» se distingue des autres car en plus d'être silencieux, il génère peu de vibrations.

2. Compresseurs à air

Le niveau de bruit typique d'un compresseur mobile (750 CFM à 100 psi) est de 86 - 88 dB(A). Il en existe cependant des versions munies de cloisons acoustiques et de silencieux améliorés qui génèrent seulement 75 dB(A). L'utilisation de ce genre d'équipement sera essentielle dans les secteurs résidentiels.

TABLEAU 12 (1) - NIVEAUX SONORES GENERES PAR DIVERS TYPES D'EQUIPEMENTS SERVANT
A L'ENFONCEMENT DES PIEUX

Numéro	Type d'équipement	Niveau sonore équivalent (2) en dB(A)	Classification (3)
1	SPC «Hush» drop hammer	62- 63	S
2	Dawson «Quiet Piling Rig»	69- 72	S
3	Evans «Stealth Hammer»	81- 83	A
4	DMD «4 Ton Solid 3N Initial Drive Hammer»	74	S
5	DMD «5 Ton Solid 3N Drop Hammer»	82	A
6	DMD «6 Ton NAP Hammer»	81	A
7	«Sh-Sh-Shelbourne's Piling Rig»	79	A
8	Dawson «4 Ton Conventional Drop Hammer»	97	C
9	SPC «Hush» diesel hammer	71	S
10	Delmag D60 diesel hammer	95	C
11	Delmag D30/02 diesel hammer	97	C
12	Kobe 35 diesel hammer	100	C
13	BSP B15 diesel hammer	85	A
14	BSP «Impulse Pile Driver»	87- 89	A
15	BSP 700N pneumatic hammer	104-106	C
16	BSP HD7 pneumatic extractor	93	C
17	Taywood «Pilemaster»	65- 67	S
18	Evans «Tomen Vibro YM2-5000»	81- 86	A
19*	Hawker Siddeley «Resonant Driver Unit 400»	76- 82	A

(1) Basé sur «Noise Control Engineering Journal», pp. 76-83, March-April 1983.

(2) Les niveaux sonores équivalents indiqués sont mesurés à une distance de 15 mètres.

(3) S=Silencieux A=Amélioré C=Conventionnel

* Hawker Siddeley Canada Ltd., Vancouver, B.C.

3. Marteaux piqueurs

Les marteaux piqueurs («jack hammer») peuvent être munis de silencieux qui abaissent leur niveau sonore d'environ 10 dB(A). Certaines versions sont munies d'enceintes acoustiques («air track»); ce qui réduit encore davantage le niveau de bruit généré.

4. Machinerie lourde

La machinerie utilisée pour les travaux d'excavation et de remblayage (tracteurs, chargeuses, niveleuse, compacteur, etc.) pourrait être modifiée afin d'en réduire le bruit (installation d'enceintes acoustiques, amélioration des silencieux, ajout d'amortissants, etc.); cependant, l'intérêt pour ce type d'«options» est récent et il est difficile de se les procurer au Canada.

5. Pompe en béton

La pompe à béton (85 dB(A)) peut être remplacée par un système de convoyeurs ou encore, par des bennes transportées à l'aide d'une grue (70-75 dB(A)).

2.9 PLAN DE SURVEILLANCE ET DE SUIVI

2.9.1 SURVEILLANCE DURANT LA PHASE DE CONSTRUCTION

Le COTREM devra s'assurer les services d'un consultant en acoustique qui agira comme personne ressource quant au contrôle du climat sonore et des vibrations pendant la phase de réalisation du projet.

L'ingénieur responsable aura les tâches suivantes:

1. S'assurer de la conformité des normes de bruit, lors des diverses phases de la construction, en effectuant des relevés sonores.
2. Vérifier l'équipement et la machinerie lourde en ce qui a trait aux normes de bruit généré.
3. Agir comme personne ressource auprès des contracteurs, les informant des mesures de réduction de bruit applicables, afin de respecter les normes (localisation des équipements fixes, choix du tracé pour le transport des matériaux, utilisation d'écrans acoustiques, etc.).
4. Informer les résidants affectés de la nature des travaux, de leur durée et des mesures visant à minimiser l'impact produit.
5. Répondre aux plaintes relatives au bruit de la construction, analyser les solutions possibles et appliquer les correctifs requis.

2.9.2 MESURES DE SUIVI DU MATERIEL ROULANT

2.9.2.1 Essais avec le prototype

Lorsqu'un prototype du matériel roulant sera opérationnel, des relevés acoustiques (bruit et vibrations) devront être effectués. Ils permettront possiblement de déceler des problèmes non anticipés, de réorienter certaines caractéristiques du matériel roulant afin de respecter les objectifs initiaux et de réévaluer les mesures de mitigation mentionnées dans l'étude d'impact.

2.9.2.2 Mise en service du métro de surface

A la mise en service, une série de relevés acoustiques mensuels devront être effectués, pour une période s'échelonnant sur au moins une année.

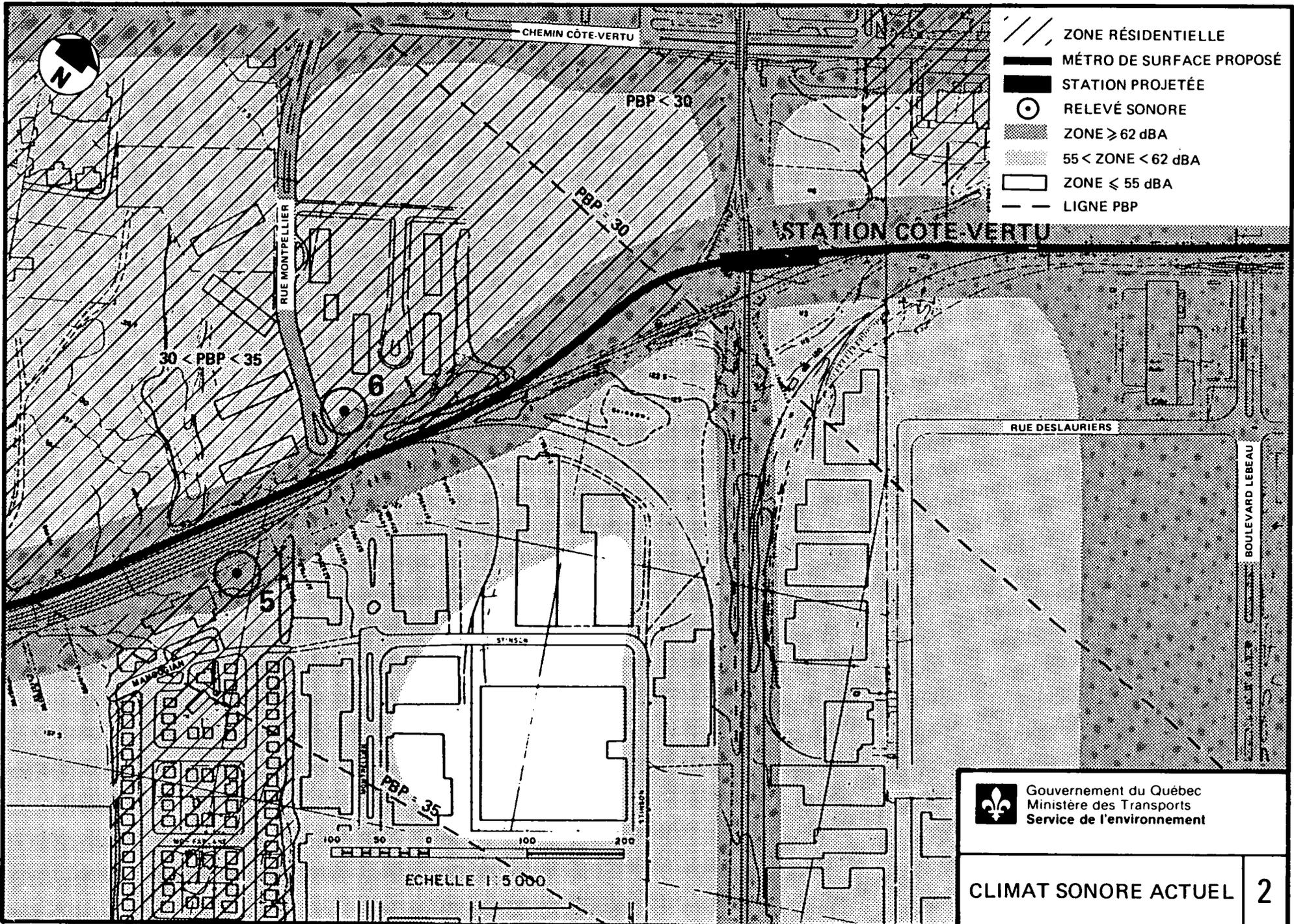
Ces mesures auront de multiples usages:

1. Vérification de la concordance du système de transport (1) avec les spécifications.
2. Analyse des décisions (1) prises au point de vue de l'acoustique et de leur influence sur l'impact environnemental.
3. Revision des mesures de mitigation prévues.
4. Etablissement des programmes d'entretien; suivi de la voie et du matériel roulant.
5. Recommandations visant à améliorer les études ultérieures dans le domaine.

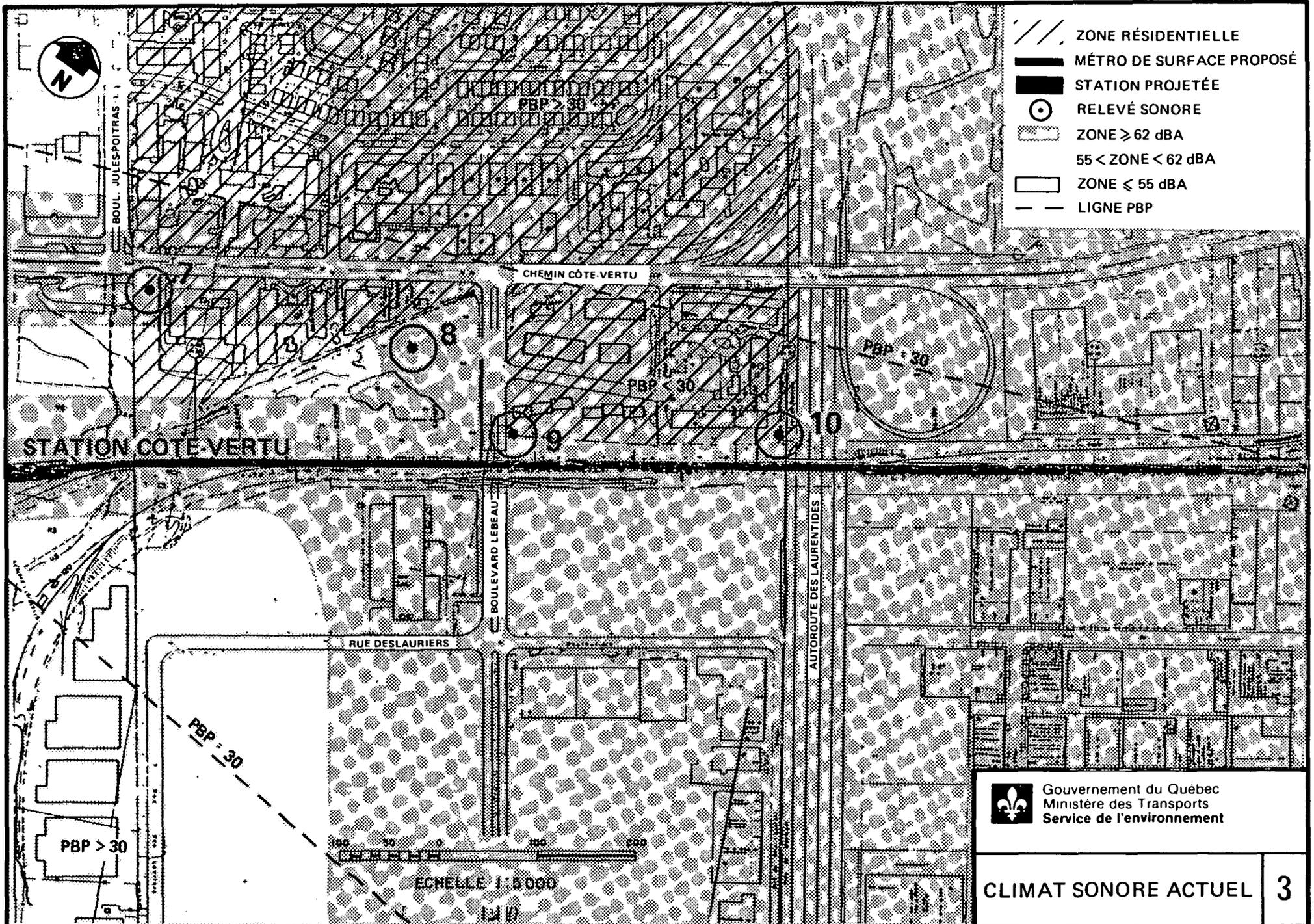
(1) Comprend: matériel roulant, voie et appareils de voie, faisceaux de voies et voie d'essai, stations.

ANNEXE 1

CARTES DU CLIMAT SONORE ACTUEL DANS
LA ZONE D'ETUDE, INCLUANT: LE ZONAGE,
LE NIVEAU SONORE ET LA LOCALISATION DES RELEVES,
LE TRACE DE LA LIGNE NO 6 DU METRO DE SURFACE
ET LES COURBES DE PROJECTION DU BRUIT
PERÇU (PBP) POUR L'AEROPORT DE DORVAL



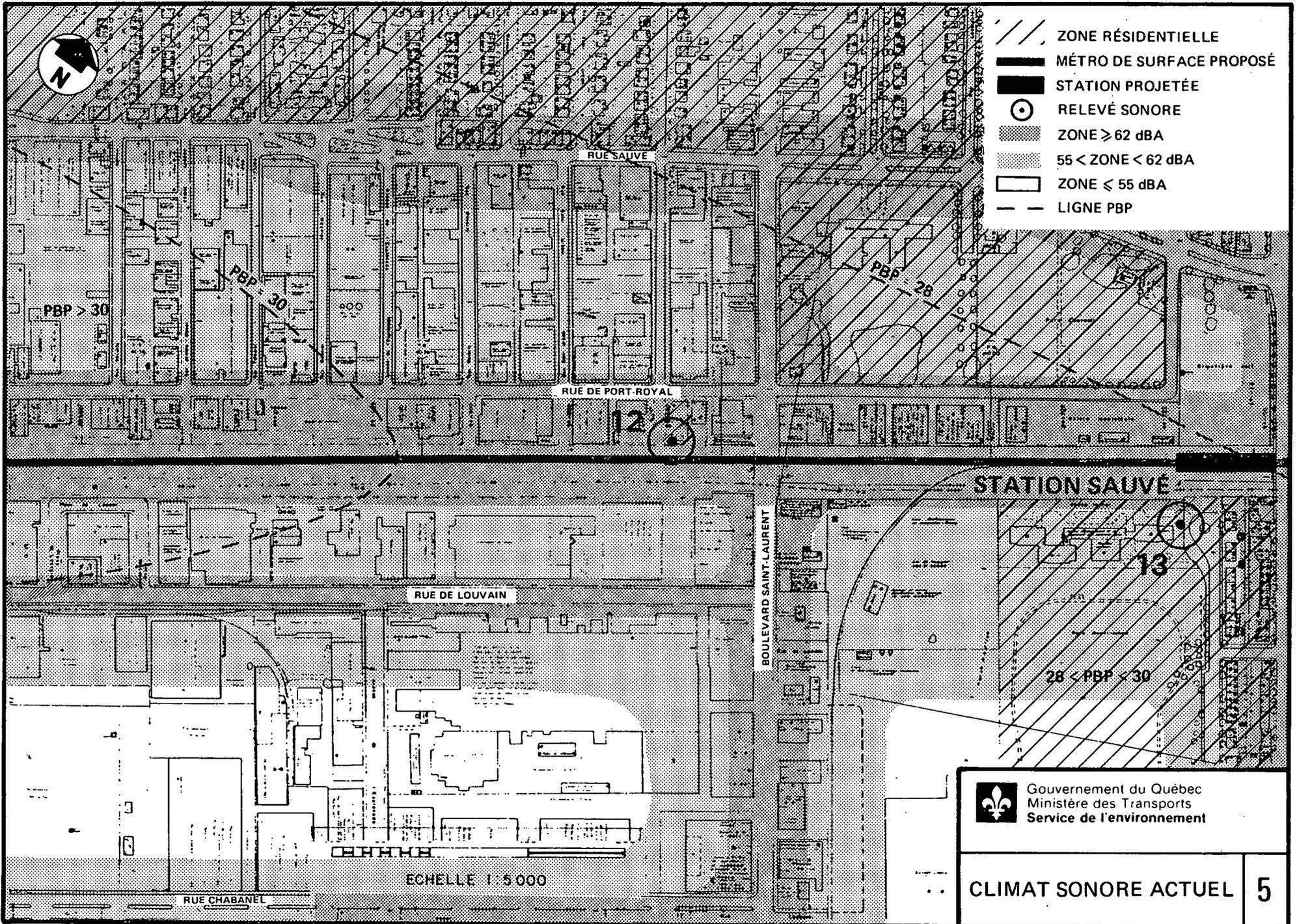
Gouvernement du Québec
 Ministère des Transports
 Service de l'environnement



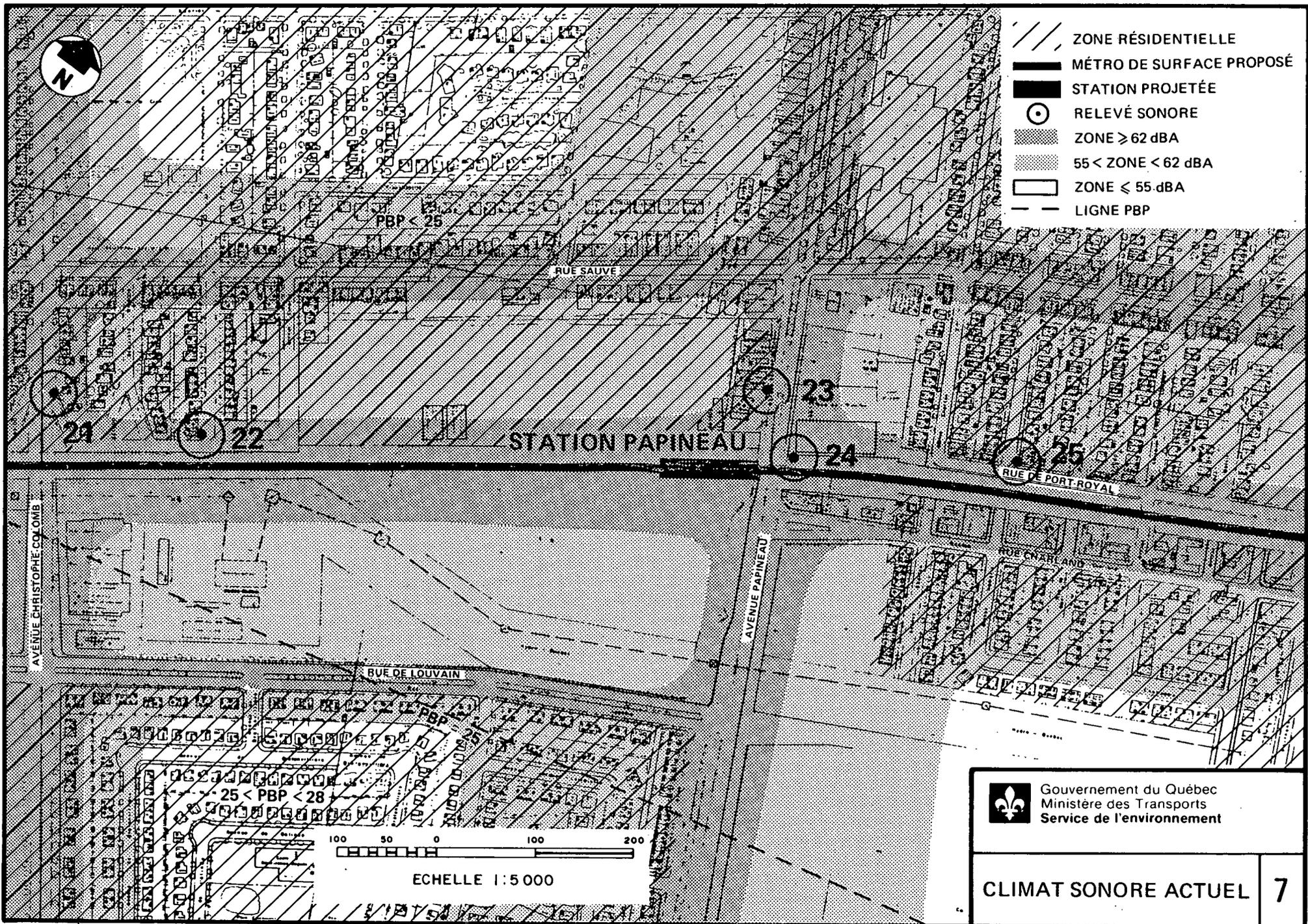
-  ZONE RÉSIDENTIELLE
-  MÉTRO DE SURFACE PROPOSÉ
-  STATION PROJETÉE
-  RELEVÉ SONORE
-  ZONE ≥ 62 dBA
-  $55 < \text{ZONE} < 62$ dBA
-  ZONE ≤ 55 dBA
-  LIGNE PBP


 Gouvernement du Québec
 Ministère des Transports
 Service de l'environnement





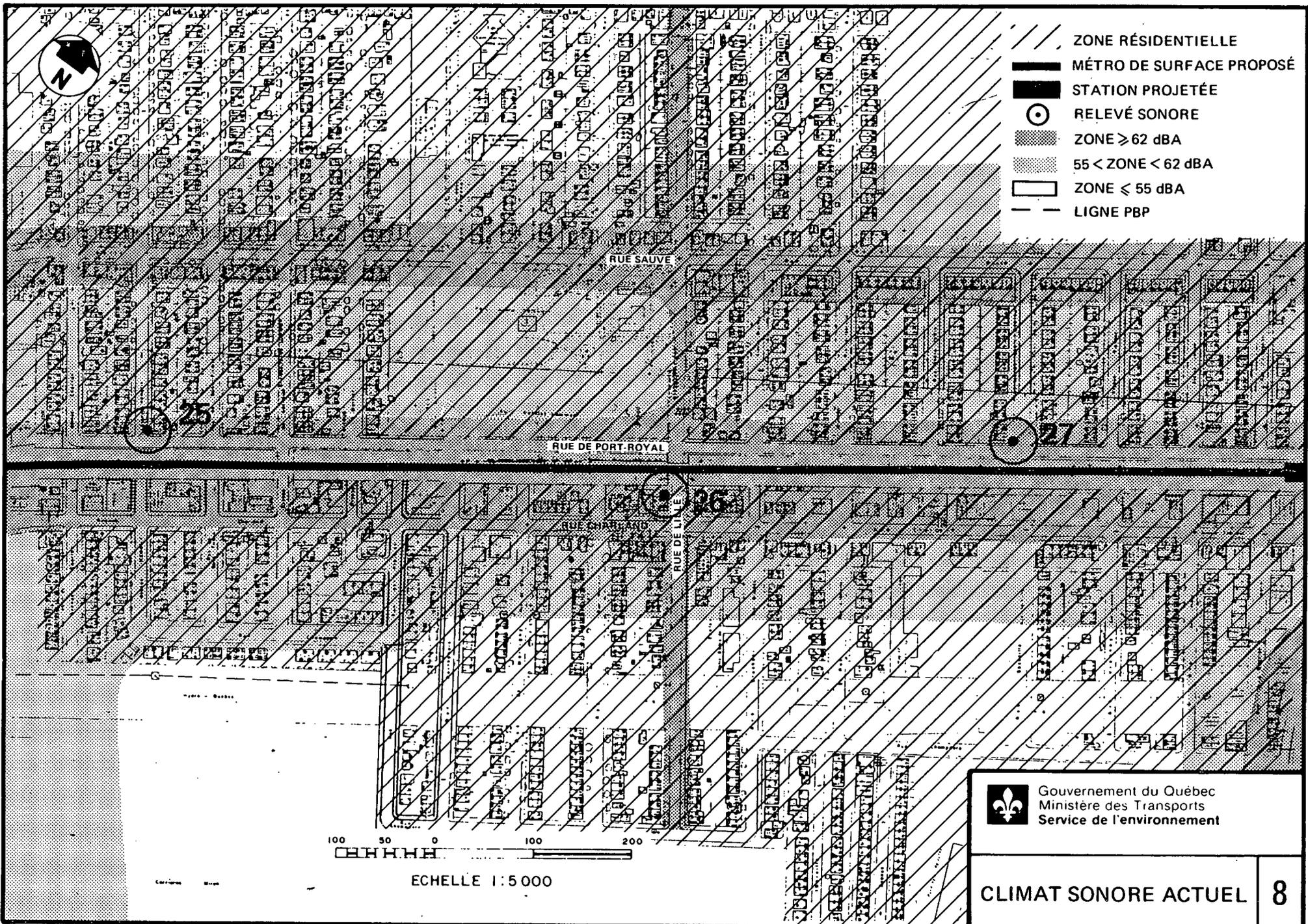




-  ZONE RÉSIDENTIELLE
-  MÉTRO DE SURFACE PROPOSÉ
-  STATION PROJETÉE
-  RELEVÉ SONORE
-  ZONE ≥ 62 dBA
-  $55 < \text{ZONE} < 62$ dBA
-  ZONE ≤ 55 dBA
-  LIGNE PBP


 Gouvernement du Québec
 Ministère des Transports
 Service de l'environnement

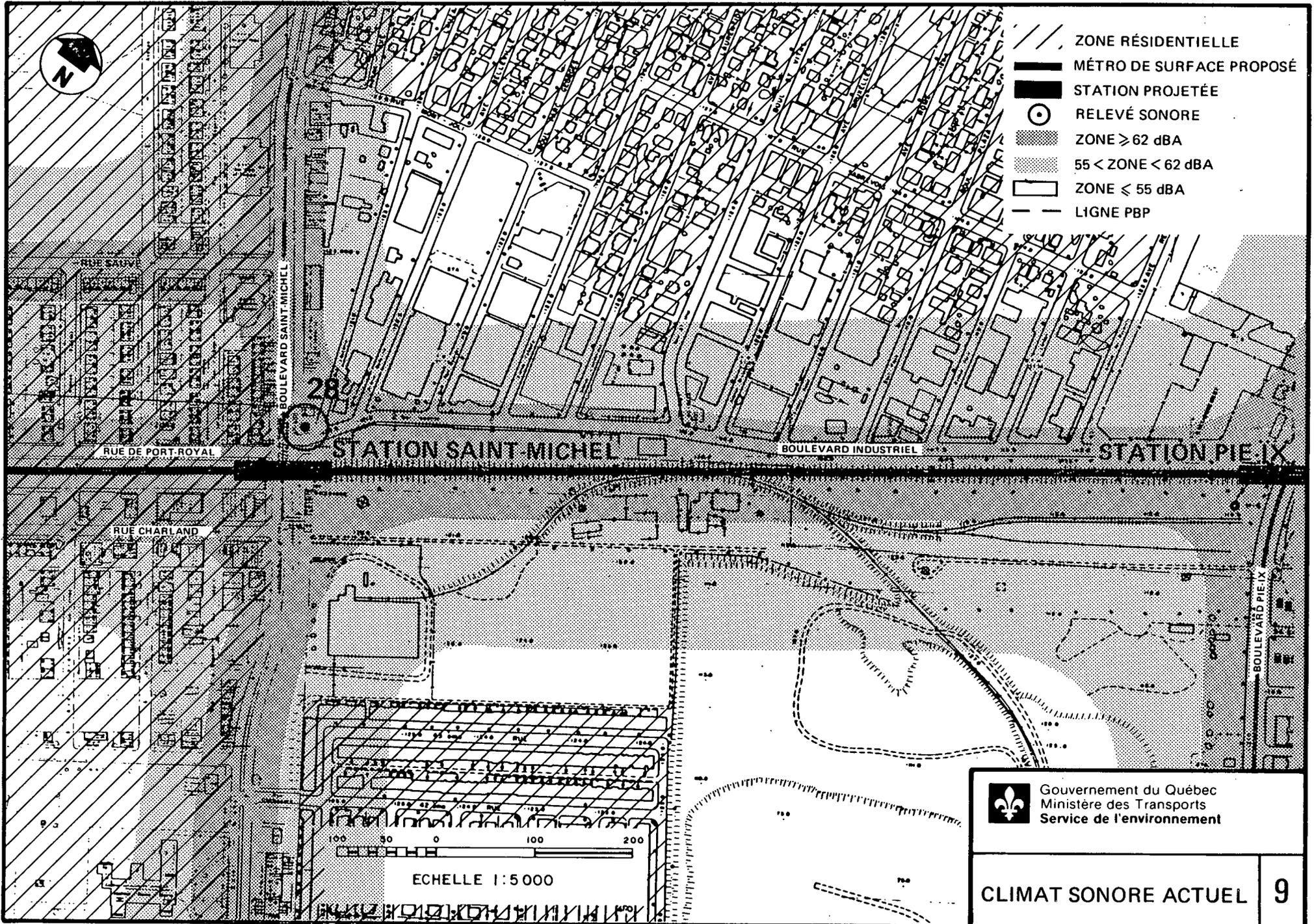
CLIMAT SONORE ACTUEL **7**



-  ZONE RÉSIDENTIELLE
-  MÉTRO DE SURFACE PROPOSÉ
-  STATION PROJÉTÉE
-  RELEVÉ SONORE
-  ZONE ≥ 62 dBA
-  $55 < \text{ZONE} < 62$ dBA
-  ZONE ≤ 55 dBA
-  LIGNE PBP


 Gouvernement du Québec
 Ministère des Transports
 Service de l'environnement

CLIMAT SONORE ACTUEL



-  ZONE RÉSIDENTIELLE
-  MÉTRO DE SURFACE PROPOSÉ
-  STATION PROJETÉE
-  RELEVÉ SONORE
-  ZONE ≥ 62 dBA
-  $55 < \text{ZONE} < 62$ dBA
-  ZONE ≤ 55 dBA
-  LIGNE PBP

STATION SAINT MICHEL

STATION PIE IX

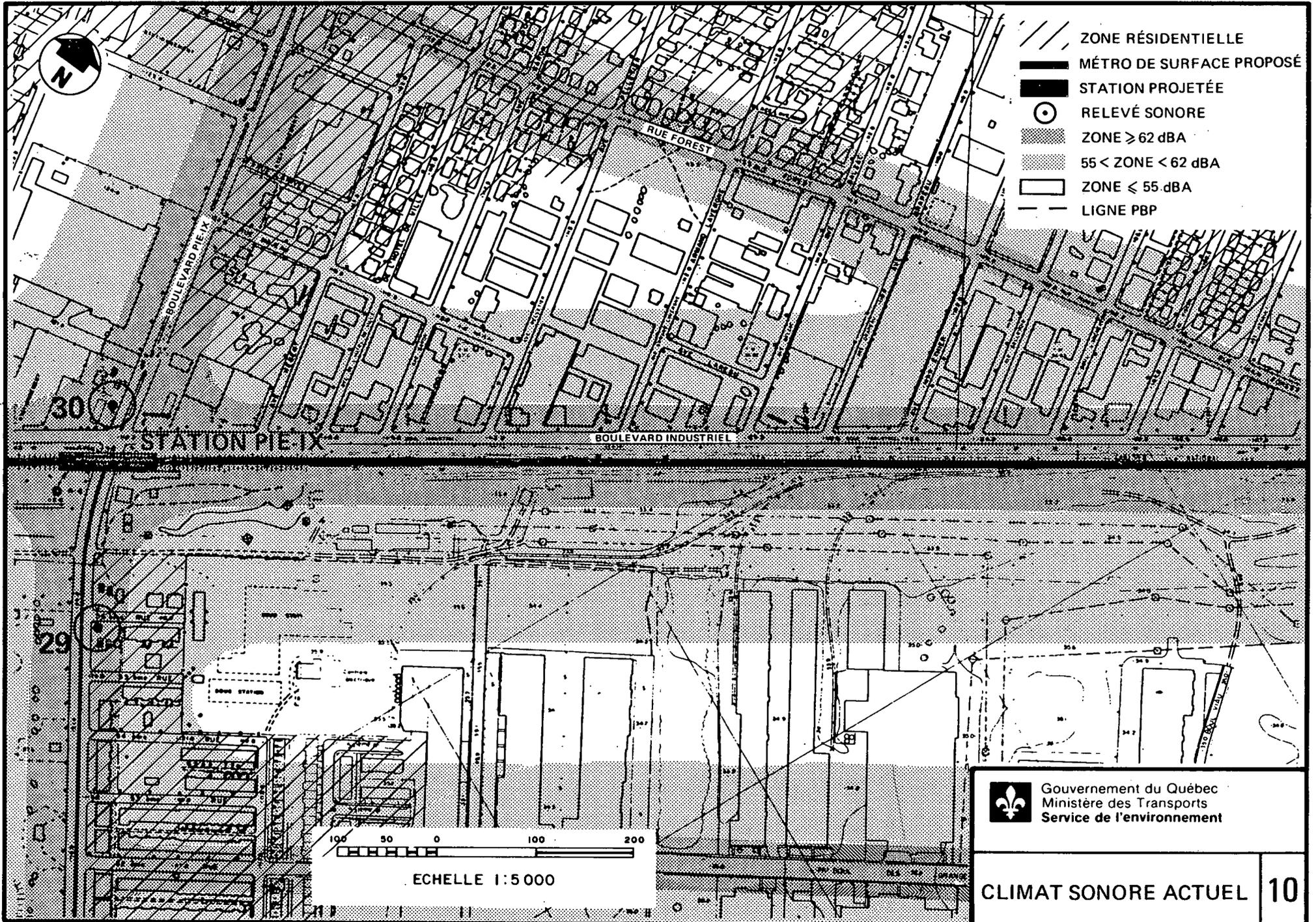
100 50 0 100 200

ECHELLE 1:5000

 Gouvernement du Québec
Ministère des Transports
Service de l'environnement

CLIMAT SONORE ACTUEL

9



-  ZONE RÉSIDENTIELLE
-  MÉTRO DE SURFACE PROPOSÉ
-  STATION PROJÉTÉE
-  RELEVÉ SONORE
-  ZONE ≥ 62 dBA
-  $55 < \text{ZONE} < 62$ dBA
-  ZONE ≤ 55 dBA
-  LIGNE PBP

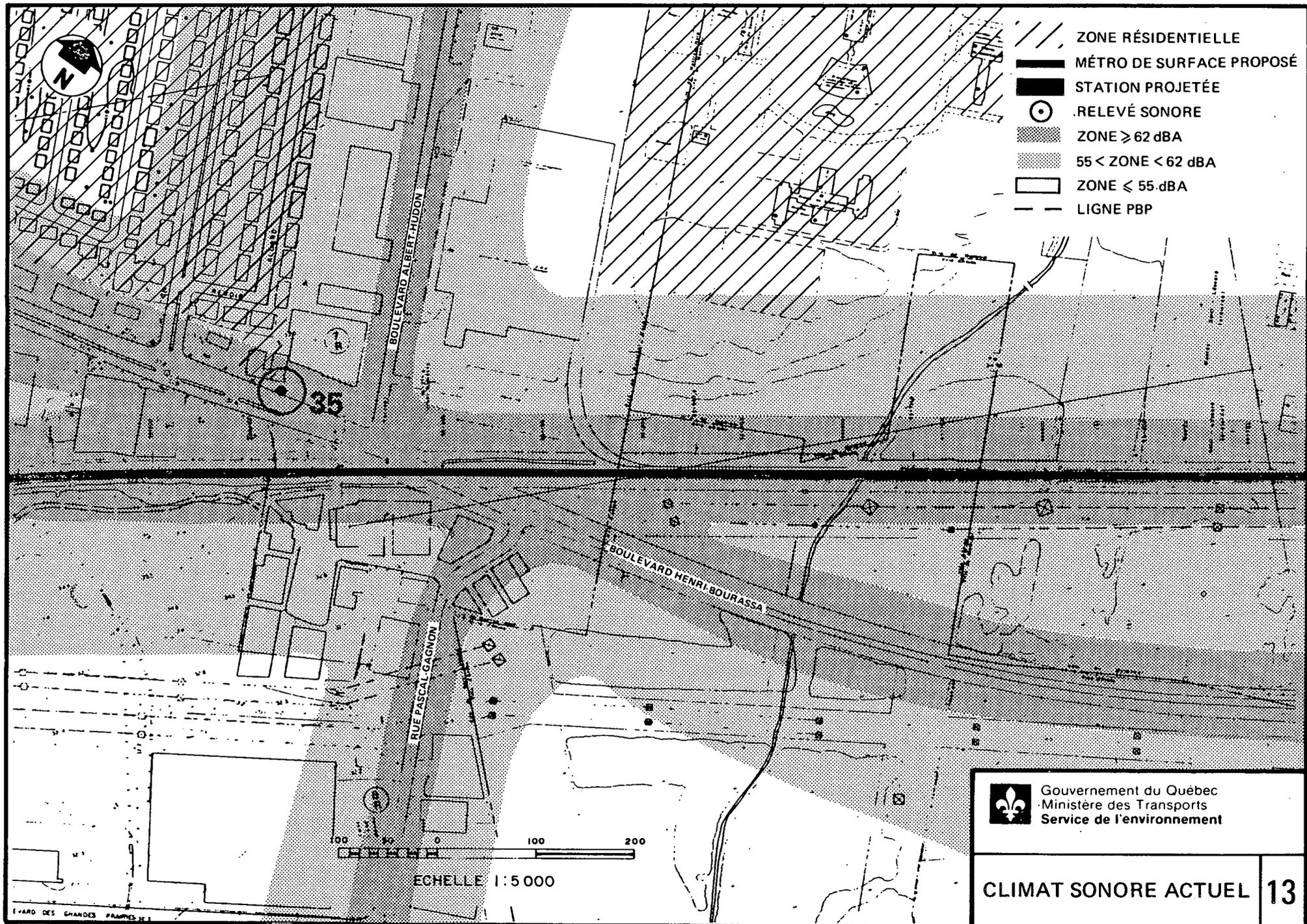

 Gouvernement du Québec
 Ministère des Transports
 Service de l'environnement

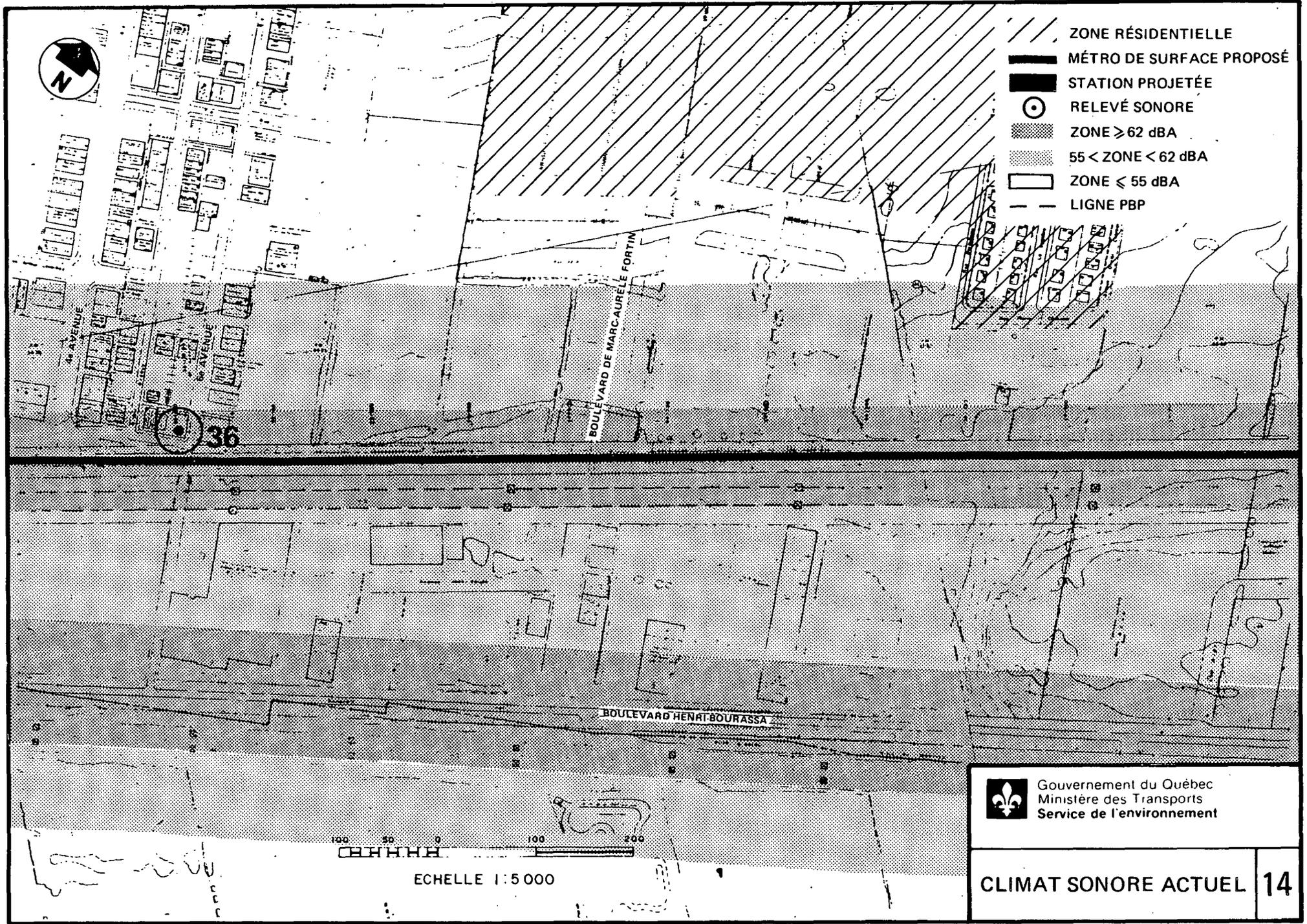
CLIMAT SONORE ACTUEL 10




 Gouvernement du Québec
 Ministère des Transports
 Service de l'environnement



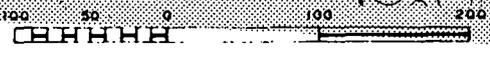




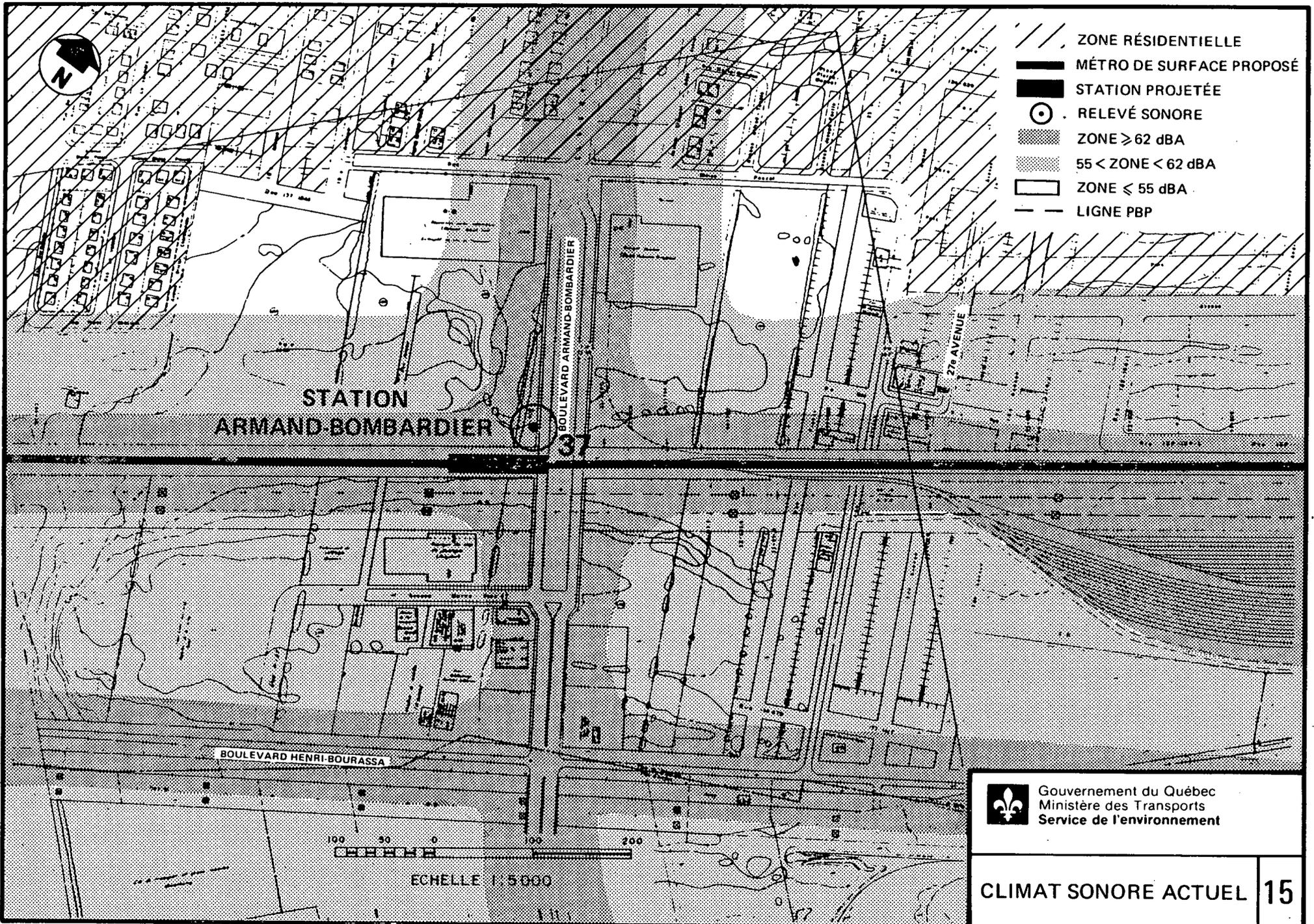
-  ZONE RÉSIDENTIELLE
-  MÉTRO DE SURFACE PROPOSÉ
-  STATION PROJÉTÉE
-  RELEVÉ SONORE
-  ZONE ≥ 62 dBA
-  55 < ZONE < 62 dBA
-  ZONE ≤ 55 dBA
-  LIGNE PBP

 Gouvernement du Québec
 Ministère des Transports
 Service de l'environnement

CLIMAT SONORE ACTUEL 14

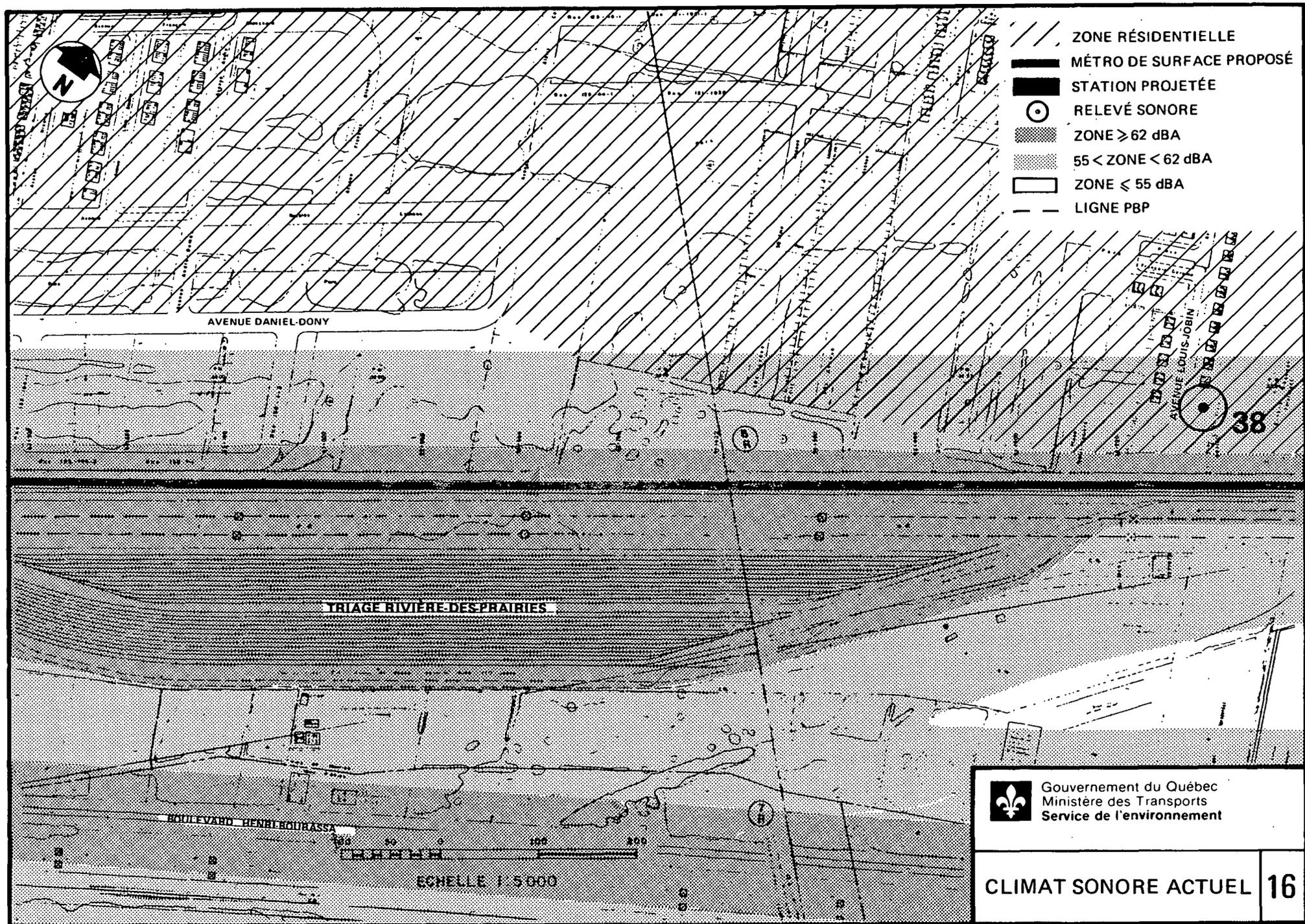


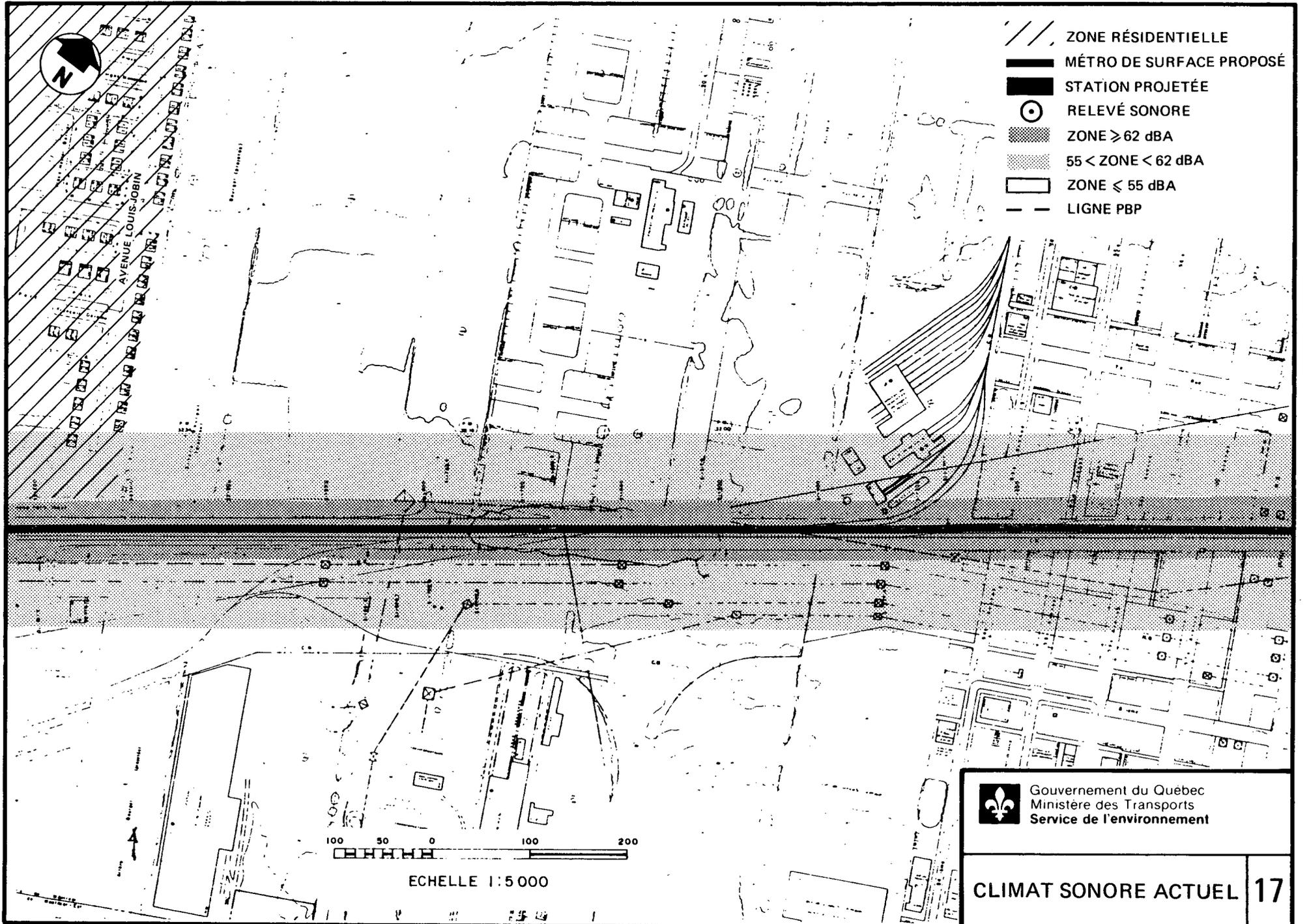
ECHELLE 1:5 000



Gouvernement du Québec
 Ministère des Transports
 Service de l'environnement

CLIMAT SONORE ACTUEL 15



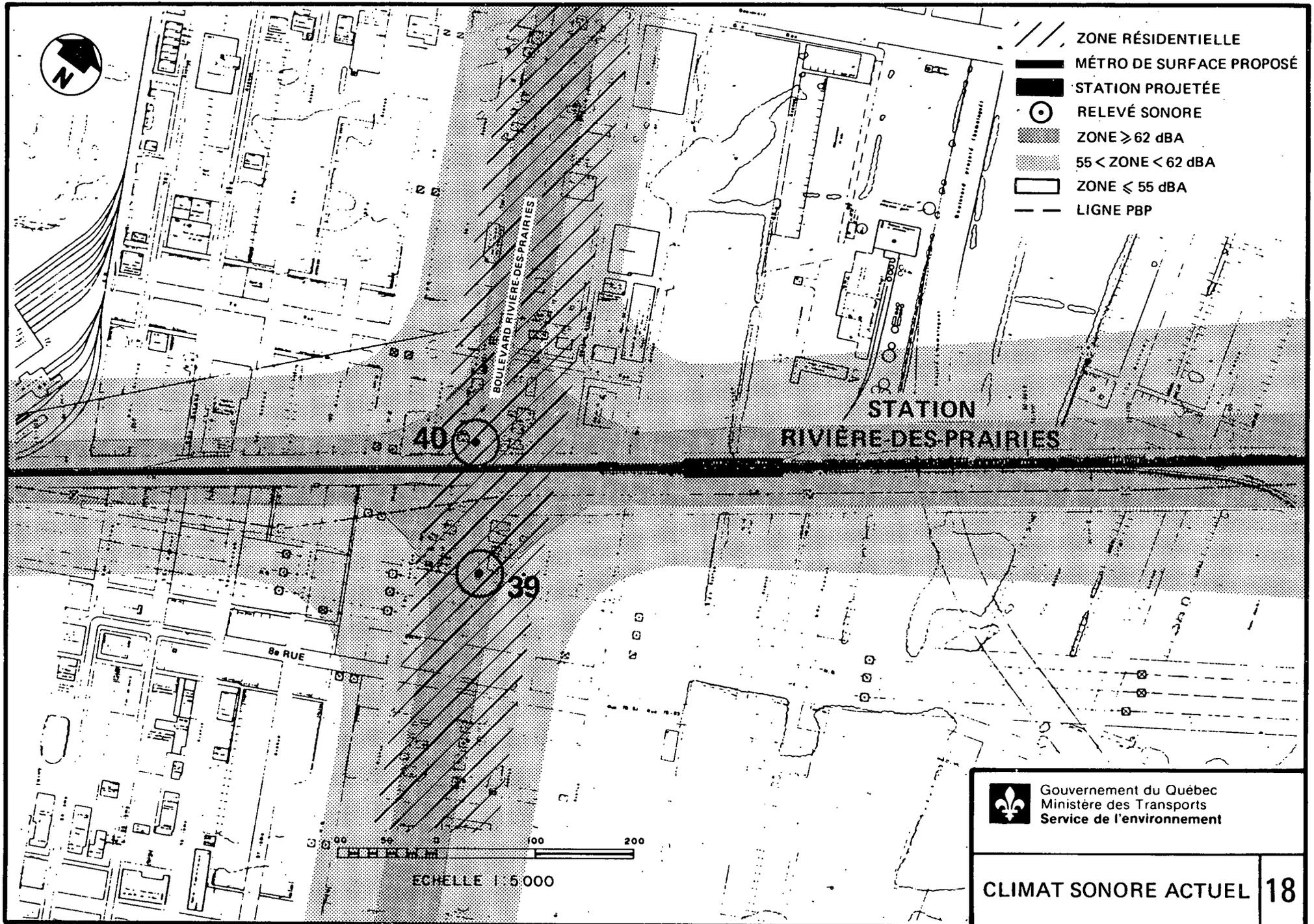


-  ZONE RÉSIDENTIELLE
-  MÉTRO DE SURFACE PROPOSÉ
-  STATION PROJETÉE
-  RELEVÉ SONORE
-  ZONE ≥ 62 dBA
-  $55 < \text{ZONE} < 62$ dBA
-  ZONE ≤ 55 dBA
-  LIGNE PBP


 Gouvernement du Québec
 Ministère des Transports
 Service de l'environnement

CLIMAT SONORE ACTUEL 17

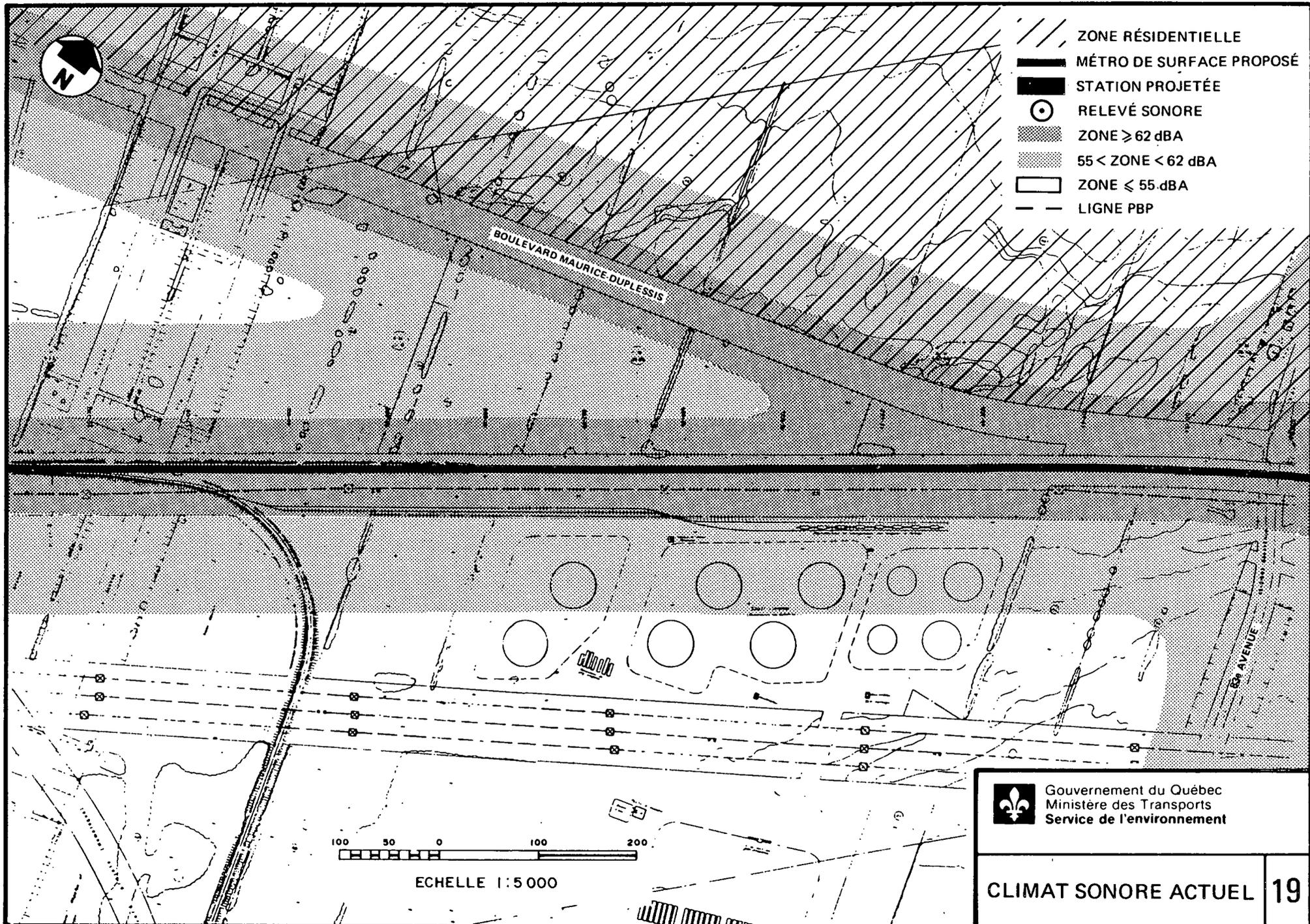
100 50 0 100 200
 ECHELLE 1:5 000



- ZONE RÉSIDENTIELLE
- MÉTRO DE SURFACE PROPOSÉ
- STATION PROJÉTÉE
- RELEVÉ SONORE
- ZONE ≥ 62 dBA
- $55 < \text{ZONE} < 62$ dBA
- ZONE ≤ 55 dBA
- LIGNE PBP


 Gouvernement du Québec
 Ministère des Transports
 Service de l'environnement

CLIMAT SONORE ACTUEL 18




 Gouvernement du Québec
 Ministère des Transports
 Service de l'environnement

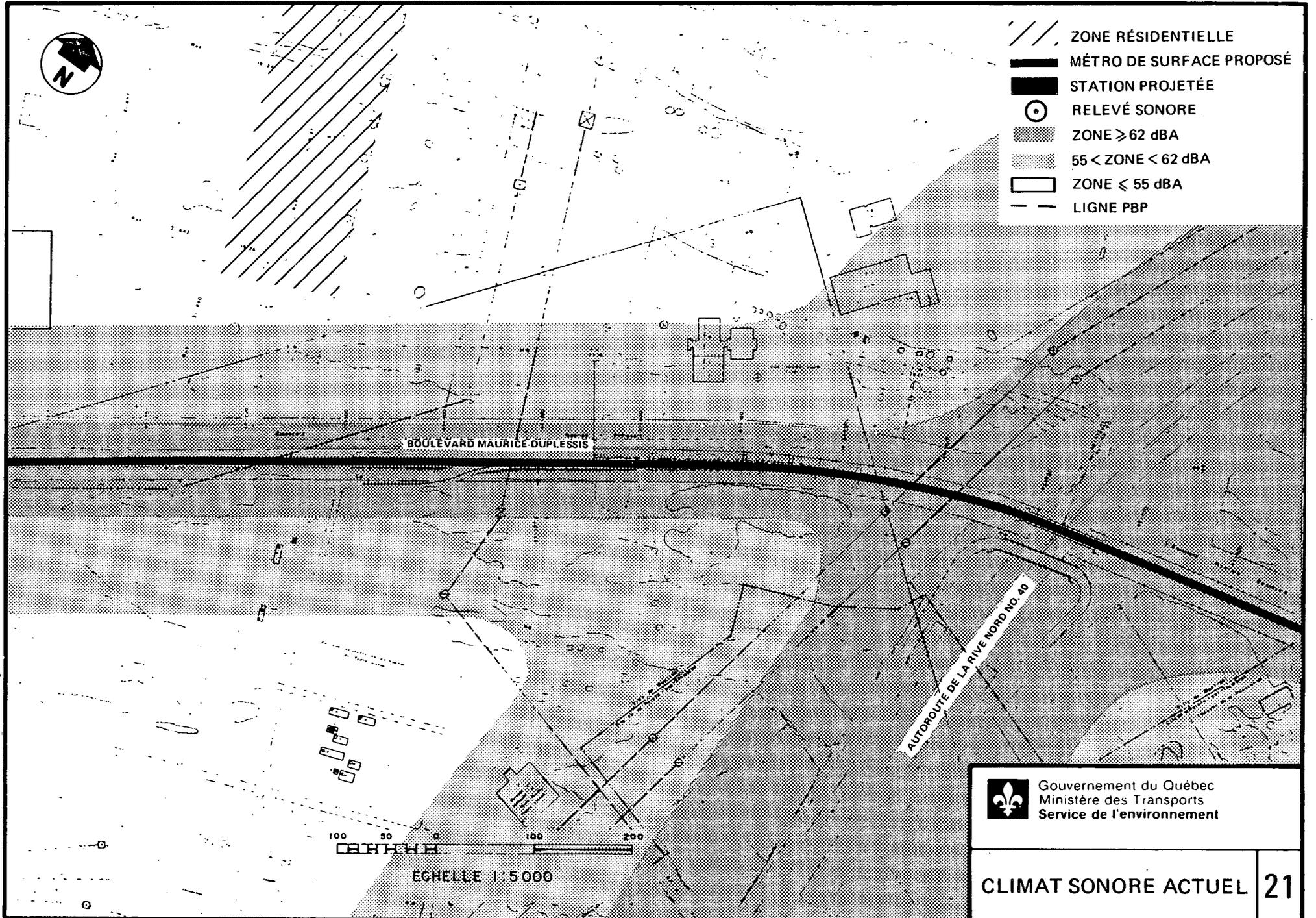
CLIMAT SONORE ACTUEL **19**



-  ZONE RÉSIDENTIELLE
-  MÉTRO DE SURFACE PROPOSÉ
-  STATION PROJÉTÉE
-  RELEVÉ SONORE
-  ZONE ≥ 62 dBA
-  $55 < \text{ZONE} < 62$ dBA
-  ZONE ≤ 55 dBA
-  LIGNE PBP

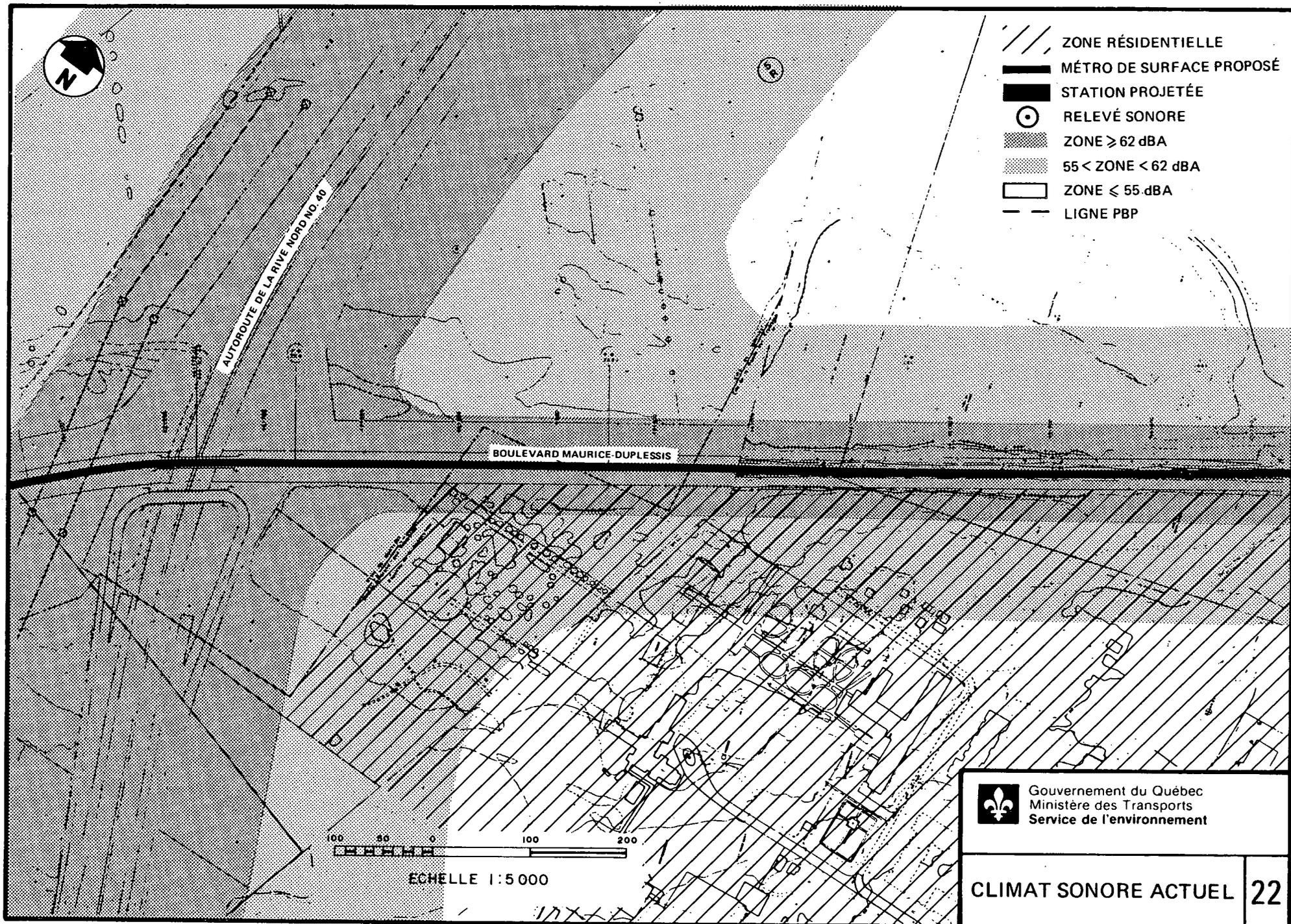
 Gouvernement du Québec
Ministère des Transports
Service de l'environnement

CLIMAT SONORE ACTUEL 20



-  ZONE RÉSIDENTIELLE
-  MÉTRO DE SURFACE PROPOSÉ
-  STATION PROJETÉE
-  RELEVÉ SONORE
-  ZONE ≥ 62 dBA
-  $55 < \text{ZONE} < 62$ dBA
-  ZONE ≤ 55 dBA
-  LIGNE PBP

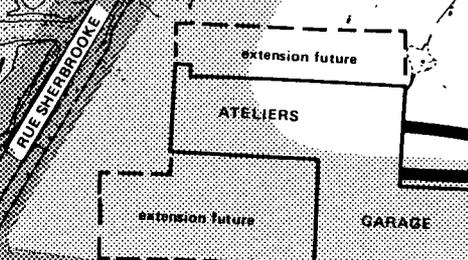
 Gouvernement du Québec
Ministère des Transports
Service de l'environnement





-  ZONE RÉSIDENTIELLE
-  MÉTRO DE SURFACE PROPOSÉ
-  STATION PROJETÉE
-  RELEVÉ SONORE
-  ZONE ≥ 62 dBA
-  $55 < \text{ZONE} < 62$ dBA
-  ZONE ≤ 55 dBA
-  LIGNE PBP

STATION
POINTE-AUX-TREMBLES

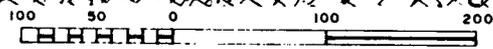


41

42

43

44



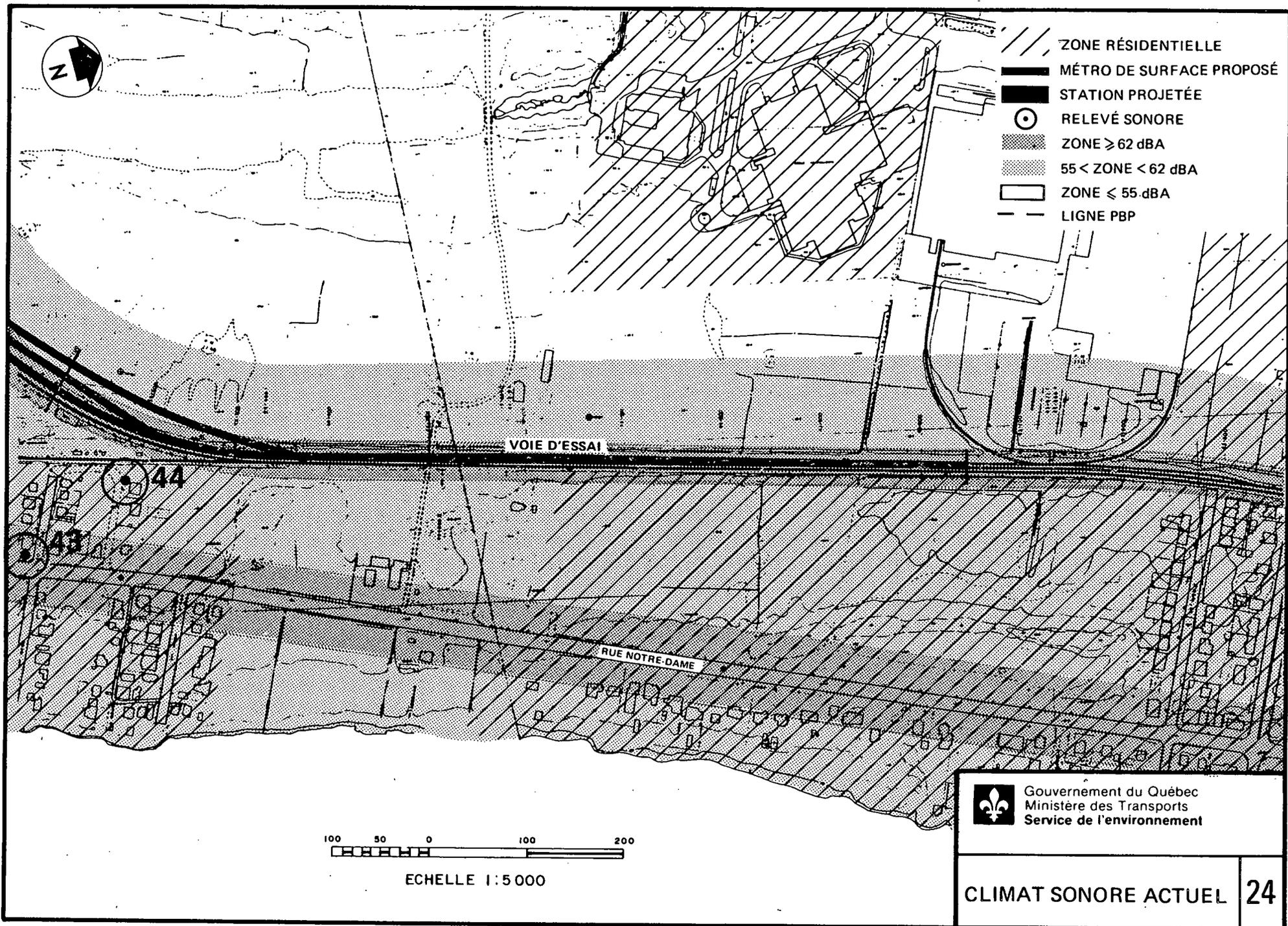
ECHELLE 1:5 000



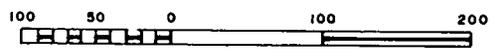
Gouvernement du Québec
Ministère des Transports
Service de l'environnement

CLIMAT SONORE ACTUEL

23



-  ZONE RÉSIDENTIELLE
-  MÉTRO DE SURFACE PROPOSÉ
-  STATION PROJETÉE
-  RELEVÉ SONORE
-  ZONE ≥ 62 dBA
-  $55 < \text{ZONE} < 62$ dBA
-  ZONE ≤ 55 dBA
-  LIGNE PBP



ECHELLE 1:5 000

 Gouvernement du Québec
Ministère des Transports
Service de l'environnement

CLIMAT SONORE ACTUEL 24

ANNEXE 2

NOTIONS D'ACOUSTIQUE ET DEFINITION
DES PARAMETRES UTILISES

ANNEXE 2 - Notions d'acoustique et définition des paramètres
utilisés

a) Niveau de pression sonore et décibel

La pression acoustique instantanée est la différence entre la pression existant à un instant donné et la pression statique du milieu considéré, soit la pression atmosphérique de l'air dans notre cas. L'oreille enregistre ces différences brusques (de l'ordre du dixième de seconde) de la pression instantanée mais ne perçoit pas les variations lentes de la pression atmosphérique.

La valeur du niveau de pression efficace, telle qu'évaluée par les instruments de mesure, dépend de la constante de temps utilisée: en mode lent, elle est de l'ordre de 1 à 2 secondes et en mode rapide, de 0,1 à 0,4 seconde.

Le son perçu par l'oreille n'est toutefois pas mesuré en termes d'amplitude de la pression acoustique car:

- i) l'oreille répond au carré de la pression (soit l'intensité) et non à la pression elle-même;
- ii) l'étendue de la gamme des intensités qu'elle subit, de l'ordre de 10^{13} , est trop grande.

L'unité utilisée pour mesurer ce que l'oreille capte est le décibel (dB). Cette unité sans dimension est le logarithme en base 10 du rapport d'une valeur mesurée par rapport à une autre, qui sert de référence.

Par définition:

- le niveau de pression sonore est:

$$L_p = 20 \log_{10} \frac{\text{Pression efficace}}{2 \times 10^{-5}}$$

où 2×10^{-5} est la pression minimale audible, en Pascals, chez un humain ayant une audition parfaite;

- les niveaux d'intensité et de puissance sonore sont:

$$L_I = 10 \log_{10} \frac{I}{10^{-12}} \quad L_W = 10 \log_{10} \frac{I}{10^{-12}}$$

où les niveaux de référence pour l'intensité et la puissance acoustique sont respectivement de 10^{-12} watts par mètre au carré et de 10^{-12} watts.

b) La perception du bruit

La sensibilité de l'oreille face à un son particulier dépend de son contenu fréquentiel. Pour en tenir compte, les acousticiens ont tracé, à partir de mesures faites en laboratoire, des courbes d'intensité subjective constante en phons, pour des tons purs s'étendant sur la gamme des fréquences audibles (20 à 15 000 Hz). Ces résultats ont servi à la mise au point de différents filtres de pondération. Pour estimer les bruits routier et ferroviaire et pour évaluer le degré de gêne à différents postes de travail, le filtre de pondération «A», représenté à la figure 2-1 de la page suivante, est utilisé. Le principal désavantage de la courbe de pondération «A» est qu'elle sous-estime l'incommodité que des tons purs représentent et qui peuvent être partie intégrante du niveau sonore global. En pratique, on corrige cette situation en augmentant de 5 dB(A) le niveau sonore global mesuré si des sons purs sont présents.

Notons qu'une variation de la pression sonore de moins de 2 dB passe habituellement inaperçue chez l'humain, qu'une variation de plus de 3 dB est perceptible et qu'une augmentation de 10 dB est nécessaire pour qu'un niveau de bruit donné semble deux fois plus intense. On retrouve à la figure 2-2 une comparaison entre différents niveaux sonores et la réaction subjective équivalente chez l'humain.

c) Calcul du niveau sonore total généré par plusieurs sources

En général, les niveaux sonores à additionner ou à soustraire ne contiennent pas de tons purs de même fréquence et peuvent alors être cumulés comme suit:

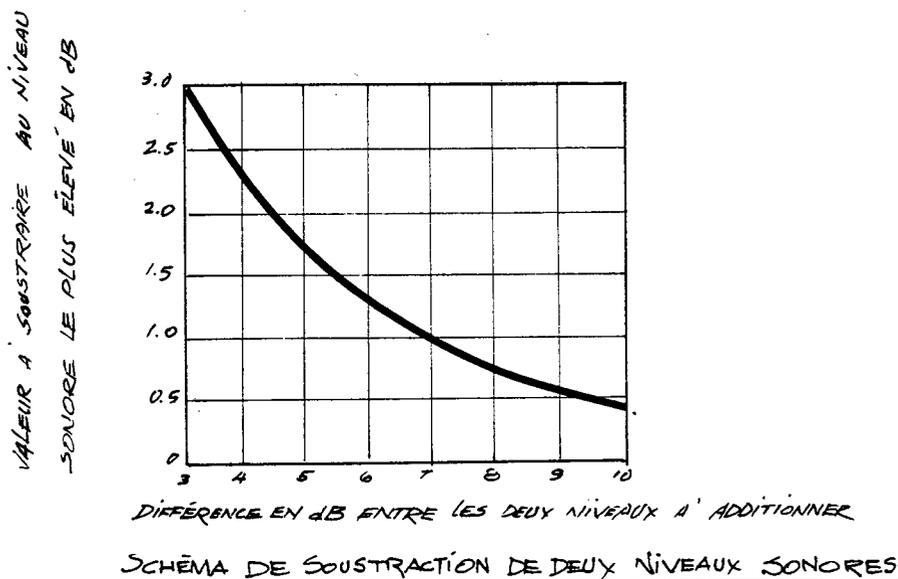
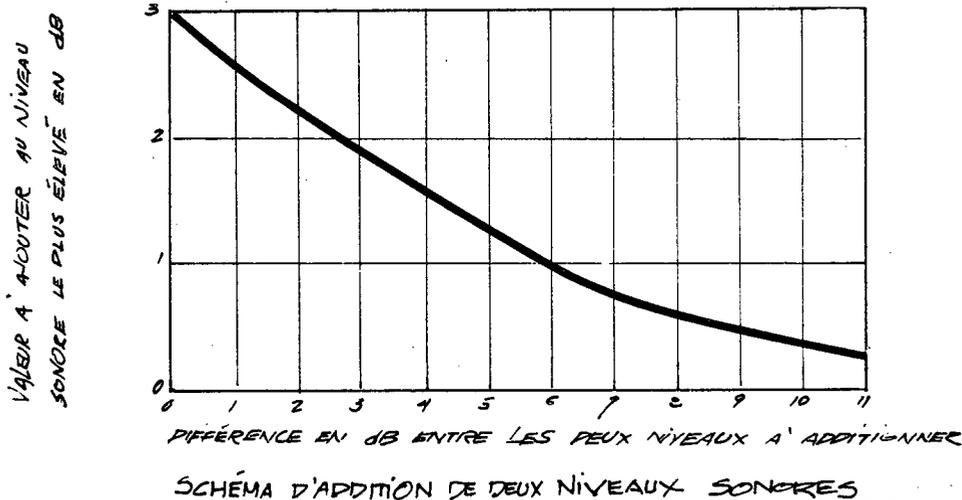
i) Cumul de niveaux sonores générés simultanément

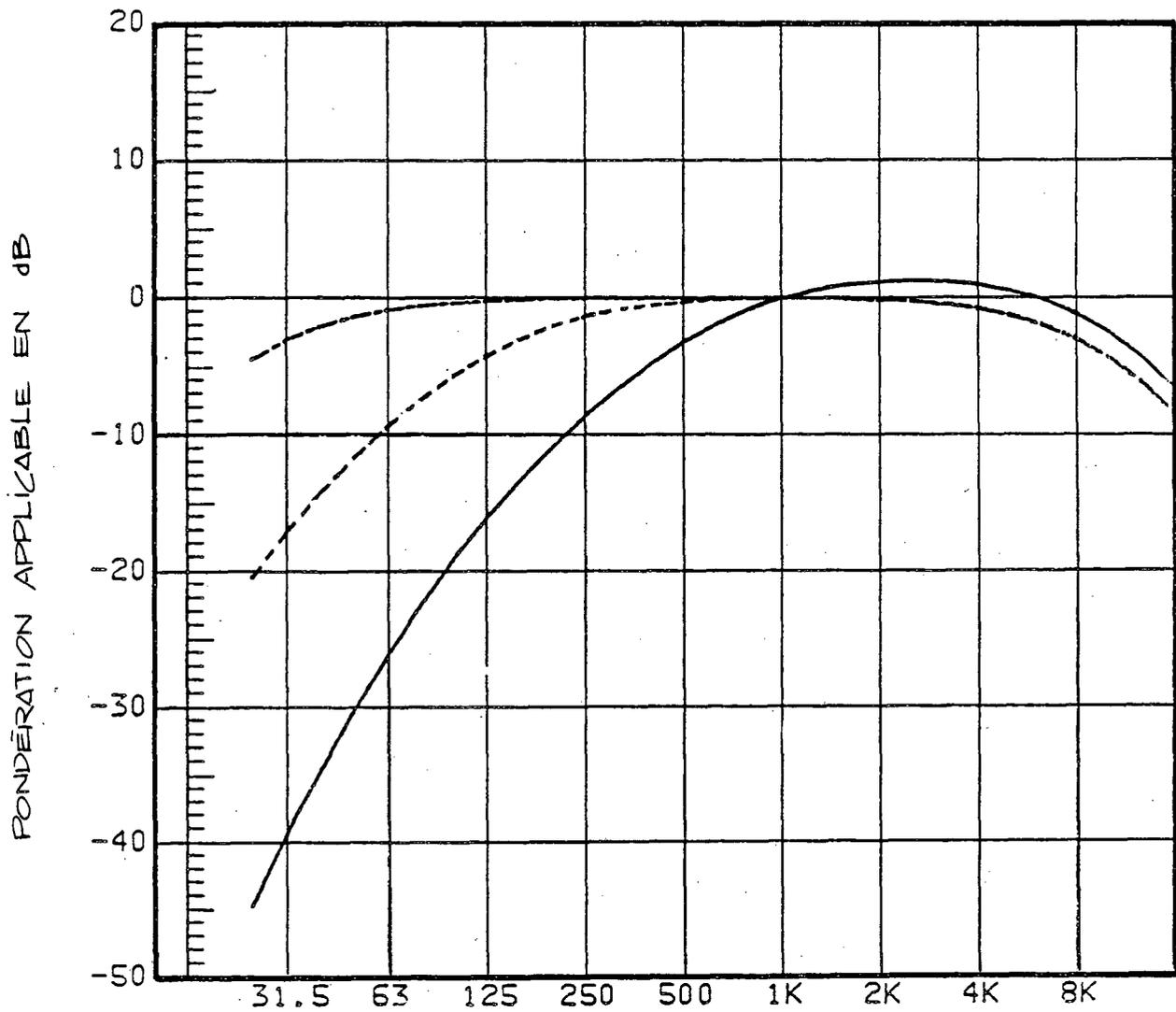
Lorsque deux ou plusieurs sources de bruit contribuent simultanément au niveau sonore global, on peut additionner (ou soustraire) de façon arithmétique leurs niveaux de pression efficace, mais leurs niveaux sonores doivent être cumulés suivant leur fonction logarithmique.

Niveau de pression sonore résultant:

$$L_R = 10 \log \left[\sum_{i=1}^M 10^{0.1 L_{pi}} \right] = 10 \log \left(\frac{p_1^2 + p_2^2 + \dots + p_i^2}{p_0^2} \right)$$

On peut également utiliser les schémas suivants pour effectuer le cumul de niveaux sonores:





FRÉQUENCE CENTRALE DES BANDES D'OCTAVE, EN HERTZ.

- COURBE DE PONDÉRATION A
- - - COURBE DE PONDÉRATION B
- · - · COURBE DE PONDÉRATION C

FIG. 2-1 COURBES DE PONDÉRATION.

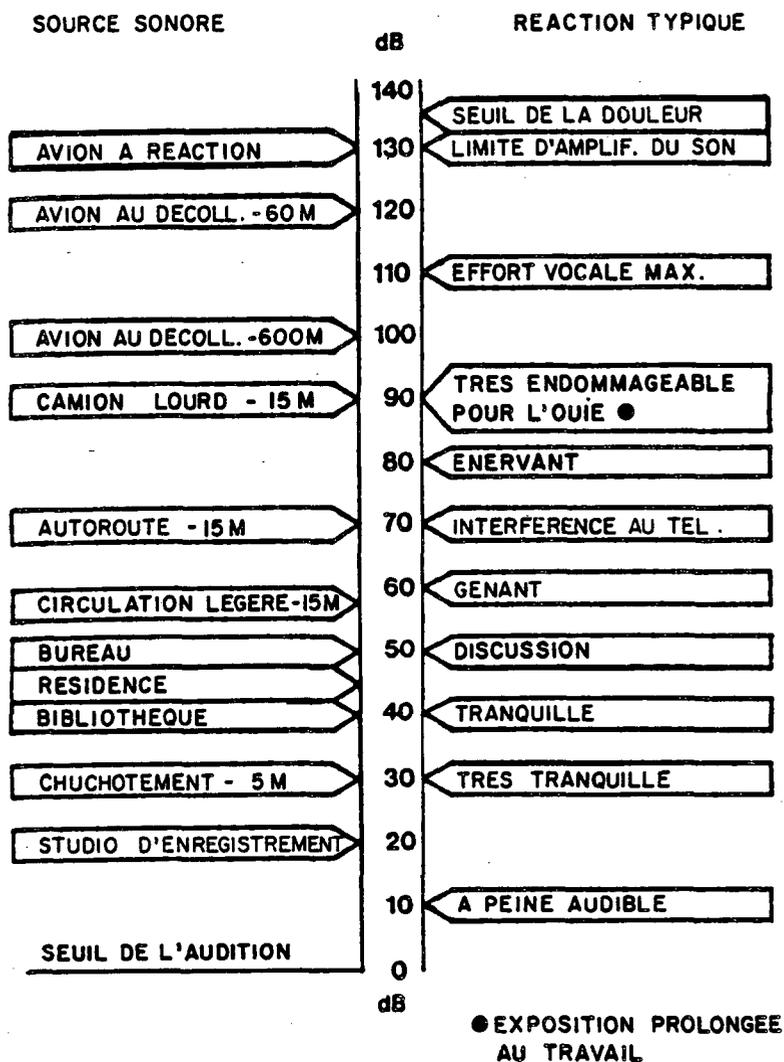


FIG. 2-2 COMPARAISON ENTRE LES SOURCES SONONRES ET LA REACTION QU'ELLES ENTRAINENT CHEZ L'HUMAIN .

- ii) Cumul du niveau sonore équivalent pour une certaine période de temps

Lorsqu'on désire cumuler un ou plusieurs niveau(x) sonore(s) générés pendant une durée de t_i heure(s) et représenter le niveau sonore équivalent sur une durée totale de T heure(s), où $T \geq t_i$, on effectue le calcul suivant:

$$L_{eq_T \text{ heures}} = 10 \log_{10} \frac{1}{T} \sum_i (t_i \cdot 10^{0.1 L_i})$$

où L_i est le niveau sonore généré pendant une durée de temps t_i

et $T \geq \sum t_i$, exprimé habituellement en heures.

Le niveau sonore équivalent est le niveau de bruit continu qui correspond au niveau variable qui a été mesuré pendant une période de temps T . C'est donc une moyenne temporelle de l'énergie acoustique émise dont l'élément «temps» est essentiel. Un niveau équivalent pour lequel n'est pas stipulée une durée déterminée ne veut rien dire.

- d) Bruit des différents modes de transport et modèles de simulation utilisés

Bruit en provenance d'un aéroport

Même si les conséquences à long terme sur la vie des communautés exposées aux bruits des avions sont encore, à ce jour mal connues, un indice permettant d'évaluer le désagrément (degré de gêne) causé par cette source a été établi à partir de variables comme le type d'avion, l'intensité, la fréquence et la durée du bruit produit, l'heure de la journée, etc.. Cet indice, nommé PBP (projet du bruit perçu) ou NEF (Noise Exposure Forecast), est utilisé pour évaluer le degré de gêne causé par l'aéroport et est basé sur des généralisations provenant des différentes unités d'agression sonore utilisées dans plusieurs pays. Ces prévisions «calculées» ne sont toutefois pas absolues et peuvent varier suivant les conditions locales de bruit.

Compte tenu des études effectuées jusqu'à maintenant, le ministère de la Santé et du Bien-être social considère que les zones où l'indice PBP est inférieur à 35 ne causent pas de troubles mentaux ou physiologiques, ni de pertes irrémédiables pour l'ouïe. Par contre, au-delà de PBP = 35, il peut y avoir des risques pour la santé (Société canadienne d'hypothèque et de logement, 1981).

Des études sociologiques ont permis d'évaluer la réaction des collectivités (plaintes et/ou actions publiques) face au bruit causé par les avions, en fonction de l'indice PBP. Le tableau suivant, utilisé par Transport Canada, montre la gamme des réactions auxquelles il est normal de s'attendre, en fonction du PBP.

<u>SECTEUR DE MANIFESTATION</u>	<u>PREDICTION DES REACTIONS DES COLLECTIVITES</u>
PBP \geq 40	Des plaintes individuelles, énergiques et répétées, sont probables. On pourrait s'attendre à une poursuite judiciaire.
35 \leq PBP $<$ 40	Les plaintes isolées peuvent être énergiques. Possibilité d'action commune et de recours à l'autorité.
30 \leq PBP $<$ 35	Plaintes individuelles, sporadiques et même répétées; possibilité d'action collective.
PBP $<$ 30	Des plaintes sporadiques peuvent être formulées. Le bruit peut nuire occasionnellement à certaines activités des résidants (Société canadienne d'hypothèque et de logement, 1981).

La ligne de démarcation, en PBP, en-dessous de laquelle le bruit causé par la présence d'un aéroport ne représente habituellement plus de problème est le PBP = 25 (source: Société canadienne d'hypothèque et de logement, 1981).

Calcul du PBP

Le niveau de projection du bruit perçu, basé sur une durée de 24 heures, l'établit comme suit:

- i) On calcule d'abord un niveau PBP pour chaque classe d'avion et pour chacune des pistes qu'elle utilisera en fonction de la position des observateurs (points d'intérêt au sol).

$$PBP_{ij} = L_{PNE_{ij}} + 10 \log \left\{ N_{J_{ij}} + 17 (N_{N_{ij}}) \right\} - 88$$

où L_{PNE} = «effective perceived noise level» pour un avion donné, à un certain point de mesure, en dB

i = classe d'avion

j = piste utilisée

$N_{J_{ij}}$ = nombre de passages de jour qu'effectue un avion donné

$N_{N_{ij}}$ = nombre de passages de nuit qu'effectue un avion donné

- ii) On calcule ensuite la valeur totale de projection du bruit perçu, pour chaque point d'intérêt.

$$PBP = 10 \log \sum_i \sum_j 10^{0.1 (PBP)_{ij}}$$

Les niveaux de pression sonore L_{PNE} tiennent compte de la variation du bruit au passage d'un avion à un point donné, de sa durée et des tons purs qui sont générés (contenu fréquentiel). Ces données sont disponibles auprès d'associations connues comme la «Federal Aviation Administration» ou l'«Environmental Protection Agency».

Bruit généré par une ligne de chemin de fer

Le CN Rail opère principalement des trains de marchandises dont les locomotives sont du type diesel-électrique. Leurs niveaux sonores ont été évalués de la façon suivante:

- i) Calcul du niveau sonore maximum généré par la locomotive à 15 mètres

Si $V \leq 32$ km/h

$$L_{L,50} = 83,6 + 0,15 \frac{M}{e} \text{ en dB(A)}$$

Si $V > 32$ km/h

$$L_{L,50} = 94,8 + 23,5 \log \frac{V}{100} + 0,15 \frac{M}{e} \text{ en dB(A)}$$

- ii) Niveau sonore maximum d'une locomotive à une distance d

$$L_{L,d} = L_{L,50} + 20 \log \frac{15}{d} \text{ dB(A)}$$

- iii) Niveau équivalent d'une locomotive à une distance d

$$L_{eq L} = L_{L,d} + 10 \log \left(\frac{d}{16,76} \right) + 3 \text{ dB(A)}$$

- iv) Durée du passage des locomotives

$$T_L = e - N - \frac{16,76}{V} - \frac{15}{22} \text{ en secondes}$$

- v) Niveau sonore du bruit de roulement (contact roues-rails) à 15 mètres

$$L_{r,50} = 87,8 + 25,7 \log \frac{V}{100} \text{ dB(A)}$$

vi) Niveau sonore équivalent causé par le bruit de roulement

$$L_{eqr} = L_{r,50} + 10 \log \frac{15}{d} - 5 \log \left(1 + 4 \left(\frac{d}{17,4 n} \right)^2 \right)$$

vii) Durée du passage des wagons

$$T_w = n - N - \frac{17,4}{V} - \frac{15}{22} \quad \text{en secondes}$$

viii) Niveau sonore total équivalent, pour une période de H heures

$$L_{eq H} = 10 \log \frac{1}{H-3600} \left\{ \left(10^{0.1 L_{eqL}} \right) T_L + \left(10^{0.1 L_{eqr}} \right) T_w \right\}$$

L'information nécessaire pour effectuer les calculs étant:

N = nombre de trains par jour

V = vitesse de passage en kilomètres/heure

n = nombre de wagons par train

e = nombre de locomotives par train

d = distance du centre de la voie à l'observateur

Bruit généré par la circulation automobile

Etant donné que l'influence de la circulation automobile sur le climat sonore actuel ne nécessite pas une grande précision, sa contribution a été évaluée à l'aide des abaques établies par le «Federal Highway Administration», illustrées aux figures 2-3 et 2-4.

Les densités de circulation automobile utilisées proviennent des cahiers descriptifs des diverses stations du métro de surface, publiés par le COTREM. Les résultats obtenus à l'aide des abaques ont été corrigés afin de tenir compte de barrières acoustiques naturelles et de la présence des bâtiments.

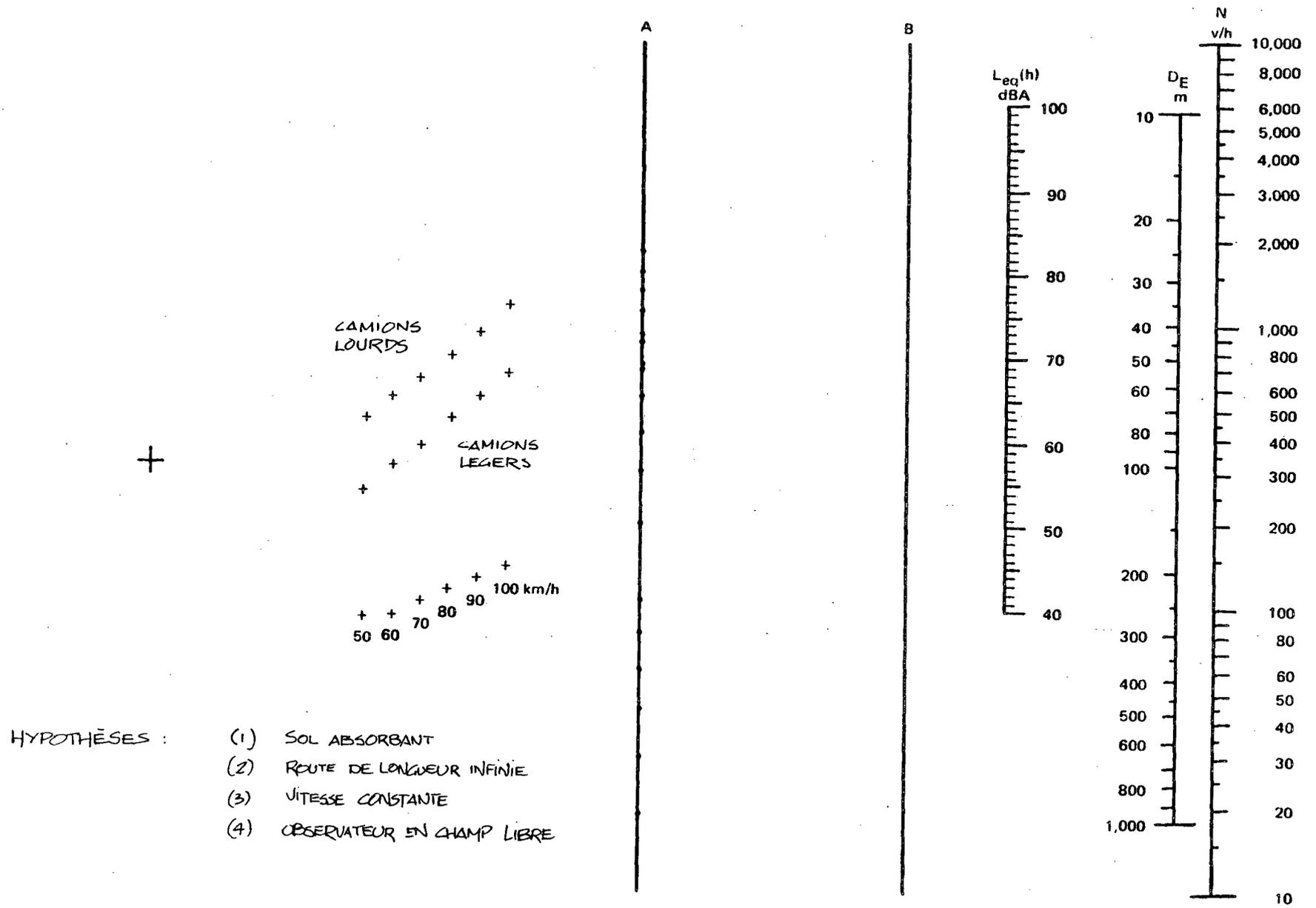


FIG. 2-3 ABAQUE DE CALCUL DU NIVEAU SONORE GENERE PAR LA CIRCULATION AUTOMOBILE. (sol absorbant)

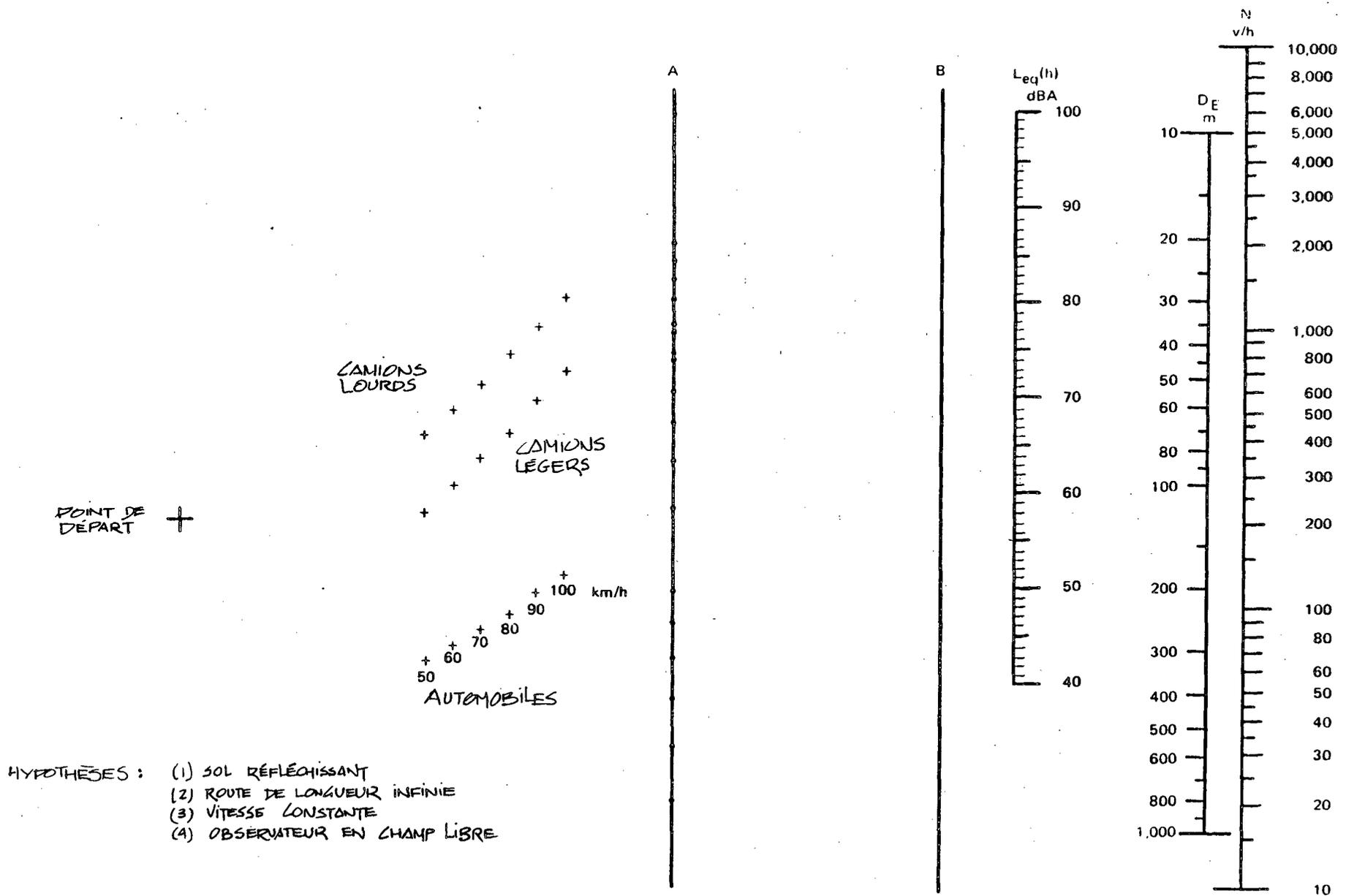


FIG. 2- 4 ABAQUE DE CALCUL DU NIVEAU SONORE GENERE PAR LA CIRCULATION AUTOMOBILE (Sol reflechissant)

Utilisation des abaques

On détermine séparément le bruit causé par les automobiles, les véhicules légers et les véhicules lourds de la façon suivante:

- on trace une droite, du point de départ jusqu'à la ligne «A», en passant par le point de raccord représentant la vitesse du type de véhicule qui nous concerne;
- à partir du point d'intersection de cette droite avec la ligne A, on trace une seconde droite jusqu'à la ligne N qui correspond au nombre de véhicules par heure;
- on part ensuite du point d'intersection sur la ligne B et on trace une droite jusqu'à la ligne De, qui représente la distance équivalente séparant l'observateur de la route considérée. On calcule De pour tenir compte des différentes voies de circulation qui peuvent exister sur une même route ($De = \sqrt{\sum Di^2}$, où Di est la distance qui sépare l'observateur du centre de chacune des voies);
- cette dernière droite croise la ligne des niveaux équivalents pour une durée de une heure.

On calcule le niveau sonore total en additionnant les trois niveaux équivalents ainsi obtenus:

$$L_{eq\ total} = L_{eq\ voitures} + L_{eq\ camions\ légers} + L_{eq\ camions\ lourds}$$

e) Evaluation statistique du bruit

L'analyseur statistique qui a servi à effectuer nos relevés sonores enregistre la variation du niveau de pression sonore, en prenant à intervalle fixe, pour une période de temps donnée, des échantillons du niveau de bruit. Si l'on admet que ces niveaux sonores instantanés sont indépendants entre eux, on peut les traiter comme tout échantillon statistique et obtenir un niveau L_N qui correspond au niveau de bruit atteint ou dépassé pendant une fraction N du temps de mesure.

De façon plus spécifique:

L_1 = niveau de bruit maximal

L_{10} = niveau de bruit de crête

L_{50} = niveau de bruit moyen

L_{90} = niveau de bruit de fond

L'analyseur statistique calcule également le niveau sonore équivalent $L_{eq T}$ pour la durée T des mesures.

f) Autres paramètres acoustiques utilisés

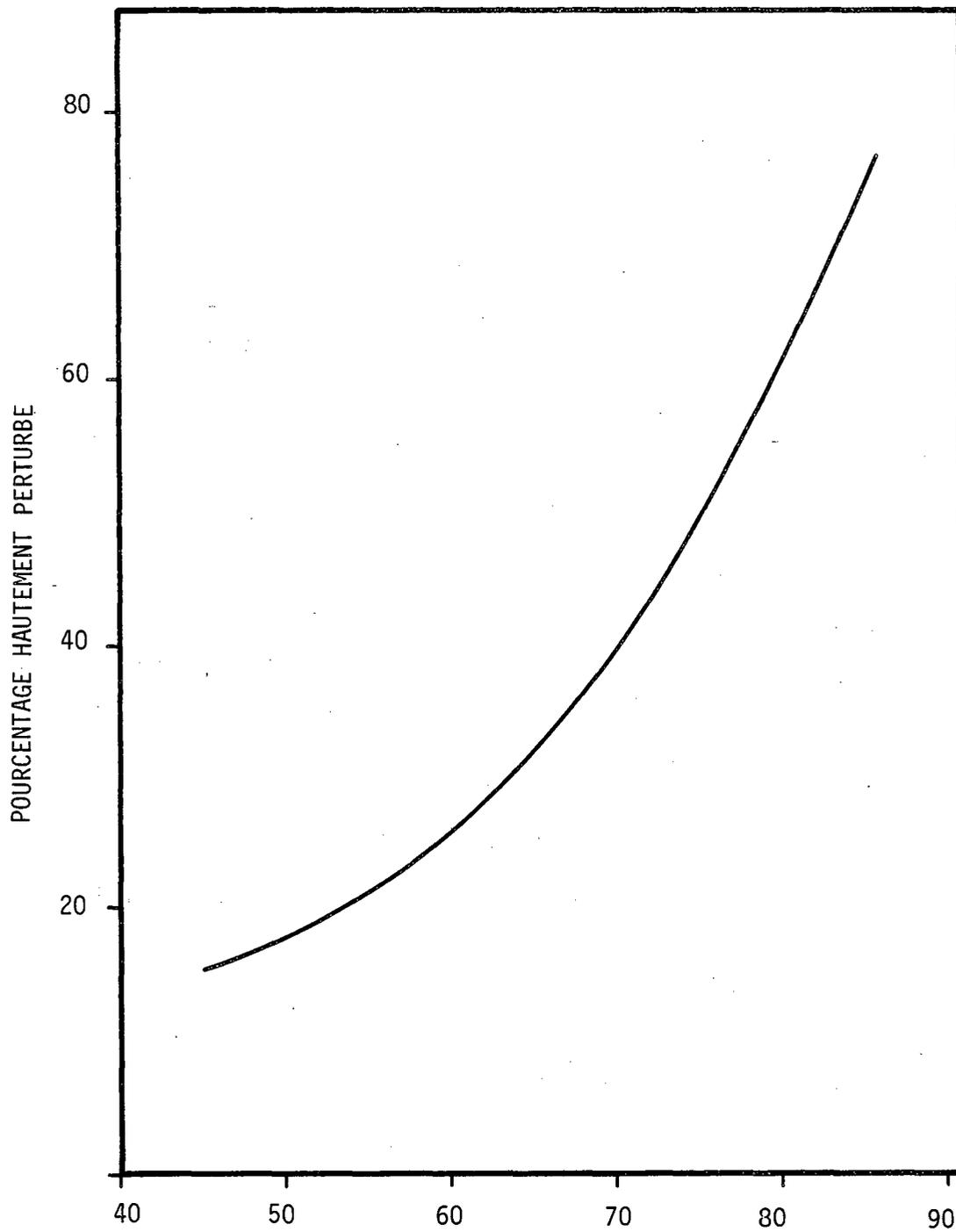
Le paramètre L_{dn} est utilisé lorsqu'on désire prendre en considération la sensibilité accrue des riverains face au bruit généré pendant la nuit. Le calcul de ce paramètre est effectué comme suit:

$$L_{dn} = 10 \log (15 \times 10^{L_d/10} + 9 \times 10^{(L_n + 10)/10})$$

où L_d = niveau sonore équivalent de jour

L_n = niveau sonore équivalent de nuit
(en général de 23h00 à 08h00)

La figure 2-5 établit une relation entre le niveau sonore L_{dn} et le pourcentage de la population susceptible d'être fortement perturbée par le bruit. Cette relation a servi (à la section 2.3.3) à évaluer le pourcentage de résidents qui, soumis à un niveau sonore donné, étaient perturbés. La notion de perturbation englobe la diminution des facultés auditives ($L_{eq 24h} 70 \text{ dB(A)}$), le dérangement dans une activité et l'inconfort.



NIVEAU SONORE L_{DN} (jour-nuit) EN dBA
POURCENTAGE DE RESIDANTS PERTURBES PAR LEUR MILIEU SONORE

FIGURE 2-5

(selon Saurenman, 1982)

ANNEXE 3

MODE D'UTILISATION DE L'ANALYSEUR STATISTIQUE

ANNEXE 3 - Mode d'utilisation des appareils 4426 - 2312

Noise level analyser «type 4426»

- 1.0 Installer le microphone sur le NLA-4426
 - visser le diaphragme sur le microphone
 - brancher par l'arrière du NLA-4426 la fiche de connection
- 1.1 Placer le bouton «FUNCTION» en position «RESET»
- 1.2 Placer le compteur «NO OF SAMPLES» à 65
- 1.3 Placer le bouton «LN» à 10 (sonomètre)
- 1.4 Placer le bouton «RANGE dB» en position 46-110
- 1.5 Placer le bouton «RMS DECTECTOR» en position - Fast
Placer le bouton «SAMPLE PERIOD» à 2 - Instant level
- 1.6 Placer le bouton «CHANEL SELECTOR» en position 40 dB
- 1.7 Placer le bouton «DISPLAY» en position «SOND LEVEL»
- 1.8 Placer le bouton «FUNCTION» en position «BATT CHECK»
- 1.9 Après 30 secondes, l'écran digital doit afficher 7,5 volts.
Les boutons «CHANEL IDENTIFICATION» et «EXT READ OUT»
doivent être en position neutre.
- 1.10 Appliquer l'étalon de calibration no 4230 sur le microphone du NLA-4426 avec précaution et presser sur le bouton situé au centre de l'étalon. Une pression émet un signal durant une minute qui s'éteint tout seul.
- 1.11 Placer le bouton «FUNCTION» en position «STAND BY»

- 1.12 Après quelques secondes, l'écran digital doit se stabiliser et afficher 93,8 dB. Si l'affichage est supérieur ou inférieur à 93,8 dB, il faudra retirer le 4426 de la mallette de transport et ajuster la lecture avec le «PREAMP SENS», situé à l'arrière du NLA-4426, au niveau recommandé.
- 1.13 Retirer l'étalon du microphone avec précaution
- 1.14 Après la calibration, remettre le bouton «RANGE dB» en position 36-100
- 1.15 Installer solidement le microphone sur le trépied et placer l'écran anti-vent sur le microphone

Alphanumeric printer «type 2312»

- 2.0 Placer l'interrupteur en position «POWER ON»
- 2.1
 - Placer le «CLOCK CONTROL SELECTOR» à h x 10 et composer l'heure désirée en appuyant sur le bouton «CLOCK» vers le bas, en position «STEP» 1 pression = 10 heures
 - Tourner le «CLOCK CONTROL SELECTOR» à h x 1 (même procédure) 1 pression = 1 heure
 - Tourner le «CLOCK CONTROL SELECTOR» à min x 10 (même procédure) 1 pression = 10 minutes
 - Tourner le «CLOCK CONTROL SELECTOR» à min x 1 (même procédure) 1 pression = 1 minute

Afin de vérifier si l'horloge indique l'heure voulue, il faut appuyer sur «PRINT TIME» (vers le bas). Advenant une lecture fautive, il faut effacer la mémoire de l'horloge en plaçant le «CLOCK CONTROL SELECTOR» en position «PRESET CLOCK» et presser le bouton «CLOCK» en position «RESET».

- 2.2 Après avoir composé l'heure correctement, placer le «CLOCK CONTROL SELECTOR» à l'heure voulue
- 2.3 Placer les boutons «PRINT» en position «TIME AND DATE» et «AUTO», respectivement

2.4 Placer le bouton «DISPLAY» du NLA-4426 en position «OFF»

2.5 Placer le bouton «FUNCTION» du NLA-4426 en position «OPERATE»

L'échantillonnage commence.

Fin de l'enregistrement

3.0 Placer le bouton «FONCTION» du NLA-4426 en position «POWER OFF»

3.1 Presser une fois sur le «PRINT» «TIME» du AP-2312

3.2 Presser sur le bouton «PAPER FEED» afin de sortir le ruban imprimé du AP-2312 et l'enlever

3.3 Presser sur le bouton «POWER OFF» du AP-2312

3.4 Dévisser le diaphragme du microphone et le mettre dans son étui.

ATTENTION: Manipuler ces instruments avec le plus grand soin.

ANNEXE 4

LISTE DES RELEVÉS SONORES
ET REPRÉSENTATION GRAPHIQUE
DES NIVEAUX SONORES ÉQUIVALENTS MESURÉS

LISTE DES RELEVES SONORES

RELEVE N°	LOCALISATION	ZONAGE*	PLANCHE N°	PAGE
1	1385, rue St-Louis près de Ouimet	R	1	158
2	Intersection de la rue St-Louis et du boulevard Ste-Croix	R	1	158
3	613, boulevard Ste-Croix (C.E.G.E.P. St-Laurent)	R	1	158
4	635, rue du Collège (C.E.G.E.P. St-Laurent)	R	1	158
5	755, rue Manoogian, près de la voie ferrée	R	2	159
6	740, rue Montpellier, près de la voie ferrée	R	2	159
7	390, chemin Côte Vertu, près de la rue Poitras	R	3	159
8	200, chemin Côte Vertu, près du boulevard Lebeau	R	3	159
9	Boulevard Lebeau, près de place Côte Vertu	R	3	160
10	40, place Côte Vertu, près de l'autoroute des Laurentides	R	3	160
11	357, place de Louvain, près de la voie ferrée	I	4	160
12	40, rue Port-Royal, près de Clark	R	5	160
13	960, rue St-Denis, près de la voie ferrée	R	5	161
14	9661, rue Berri, près de Sauvé	R	6	161
15	Intersection des rues Lajeunesse et Frémont	R	6	161
16	Intersection des rues Lajeunesse et Port-Royal	R	6	161
17	9695, rue Lajeunesse, près de Sauvé	R	6	162
18	Extrémité sud de la rue Millen, près de la voie ferrée	R	6	162
19	9584, rue St-Hubert, près de Louvain	R	6	162
20	1225, rue Port-Royal, près de La Roche	R	6	162
21	9709, rue Christophe-Colomb, près de Port-Royal	R	7	163

* I: industriel
R: résidentiel

LISTE DES RELEVES SONORES

RELEVÉ N°	LOCALISATION	ZONAGE*	PLANCHE N°	PAGE
22	9710, rue Hamel, près de Port-Royal	R	7	163
23	9680, rue Papineau, près de Sauvé	R	7	163
24	9607, rue Papineau, près de Charland	I	7	163
25	9621, rue Hamelin, près de Port-Royal	R	7	164
26	2357, rue Charland, près de Lille	R	8	164
27	9610, rue Sackville, près de Port-Royal	R	8	164
28	9590, boulevard St-Michel, près d'Industriel	I	9	164
29	Intersection du boulevard Pie IX et 56ième Rue	R	10	165
30	10 000, boulevard Pie IX, près d'Industriel	I	10	165
31	9430, boulevard Viau (extrémité)	I	11	165
32	Extrémité du boulevard Viau (près de la voie ferrée)	I	11	165
33	Intersection du boulevard Industriel et de l'avenue Lamoureux	I	11	166
34	10 955, rue Massé, près du boulevard Industriel	I	12	166
35	6725, boulevard Henri-Bourassa, près d'Albert-Hudon	R	13	166
36	11 405, 6ième avenue, près de la 8ième rue	I	14	166
37	Boulevard Armand Bombardier, près de la voie ferrée	I	15	167
38	11 585, avenue Louis-Jobin, près de Pierre-Voyer	R	16	167
39	11 610, boulevard Rivière-des-Prairies, près de la 8ième rue	R	18	167
40	11 535, boulevard Rivière-des-Prairies, près de la 7ième rue	R	18	167
41	14 441, rue Montmartre, près de la 59ième avenue	R	23	168
42	1855, 59ième avenue, près de la rue Montmartre	R	23	168

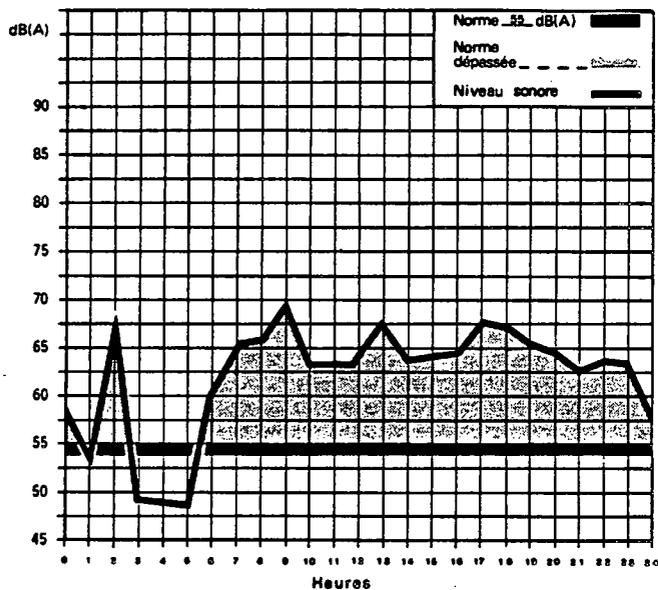
* I: industriel
R: résidentiel

LISTE DES RELEVES SONORES

RELEVE N°	LOCALISATION	ZONAGE*	PLANCHE N°	PAGE
43	532, 64ième avenue, près de Notre-Dame	R	23	168
44	537, 65ième avenue, près de Notre-Dame	R	23	168

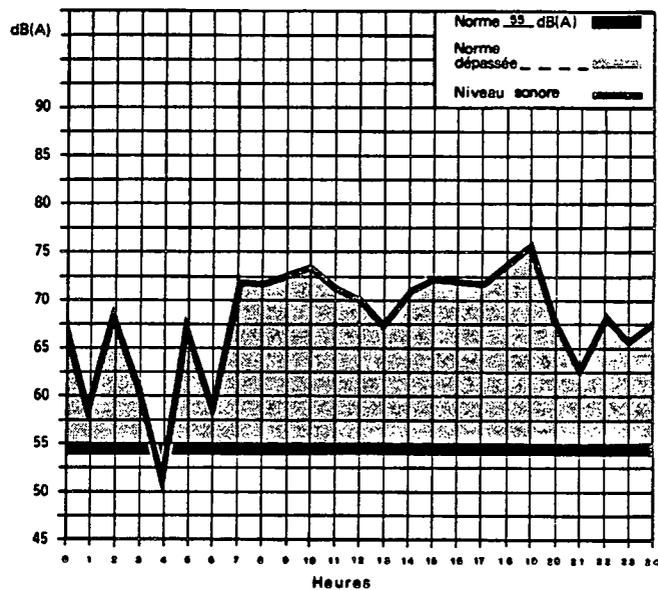
* R: résidentiel

Représentation graphique du niveau sonore L_{eq}



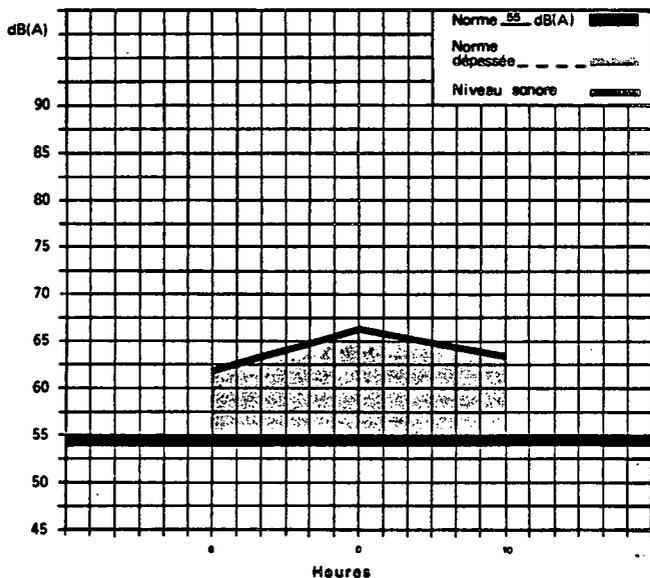
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 1
 Localisation : 1385, St-Louis (près de Outmet)
 Date : 25 octobre 1982 Heures : 0 h 00 à 24 h 00
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

Représentation graphique du niveau sonore L_{eq}



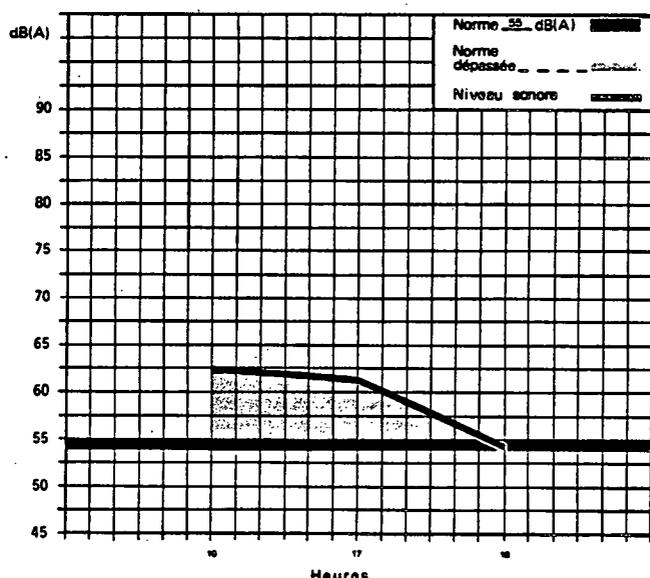
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 2
 Localisation : Intersection des boulevards St-Louis et Ste-Croix
 Date : 26 octobre 1982 Heures : 0 h 00 à 24 h 00
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

Représentation graphique du niveau sonore L_{eq}



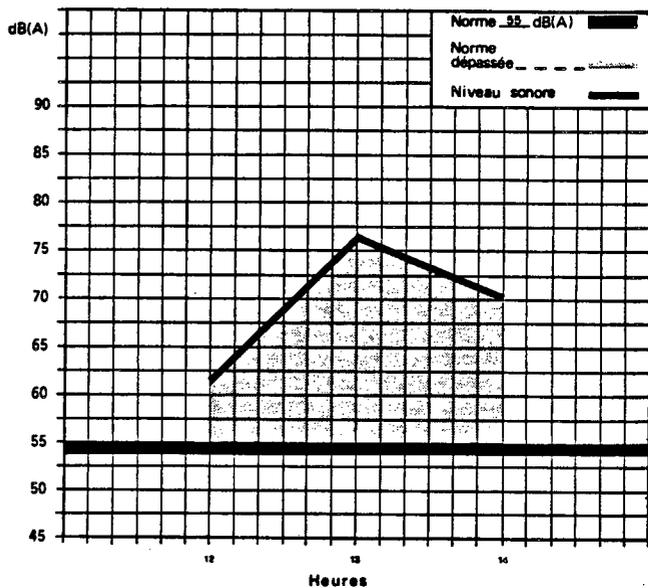
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 3
 Localisation : 613, boul. Ste-Croix (arrière salle Emile Legault)
 Date : 25 novembre 1982 Heures : 7 h 00 à 10 h 00
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

Représentation graphique du niveau sonore L_{eq}



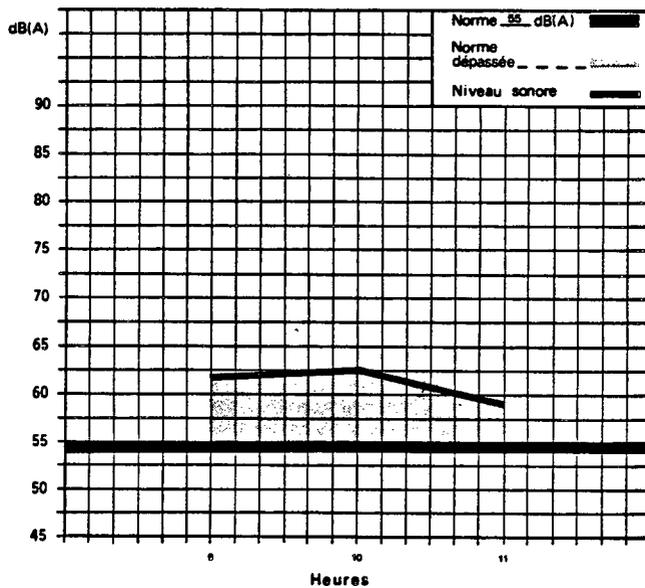
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 4
 Localisation : 635, du Collège (près du boul. Ste-Croix)
 Date : 7 décembre 1982 Heures : 15 h 00 à 18 h 00
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

Représentation graphique du niveau sonore Leq



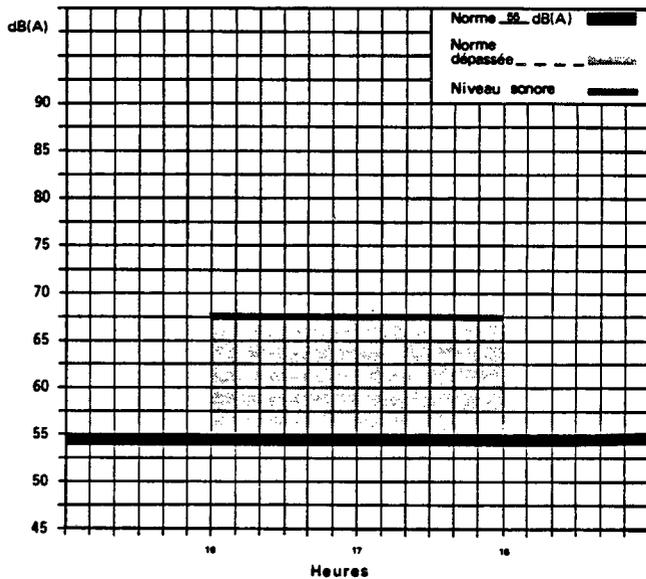
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 5
 Localisation : 755, Maroqian (école Alex Maroqian)
 Date : 7 décembre 1982 Heures : 11 h 00 à 14 h 00
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

Représentation graphique du niveau sonore Leq



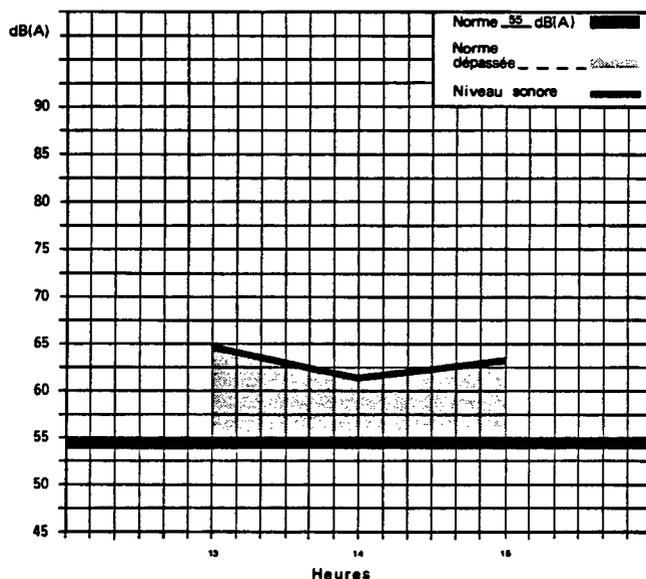
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 6
 Localisation : 740, Montpellier (près du stationnement)
 Date : 25 novembre 1982 Heures : 8 h 00 à 11 h 00
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

Représentation graphique du niveau sonore Leq



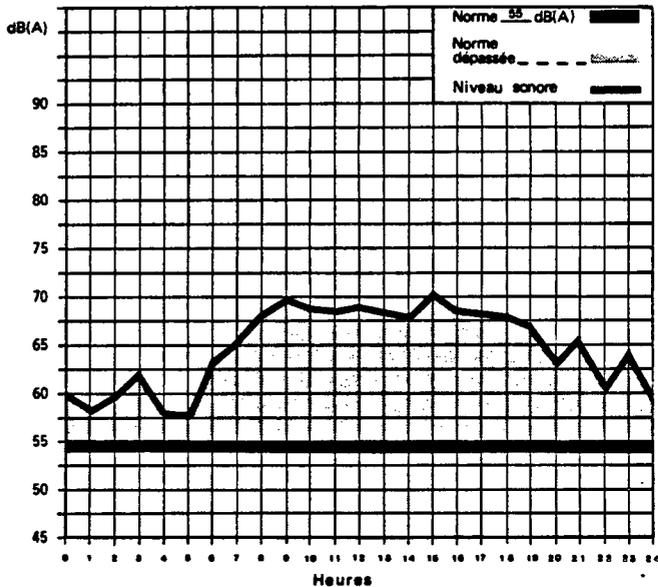
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 7
 Localisation : 390, ch. Côte Vertu (près de Poitras)
 Date : 25 novembre 1982 Heures : 15 h 00 à 18 h 00
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

Représentation graphique du niveau sonore Leq



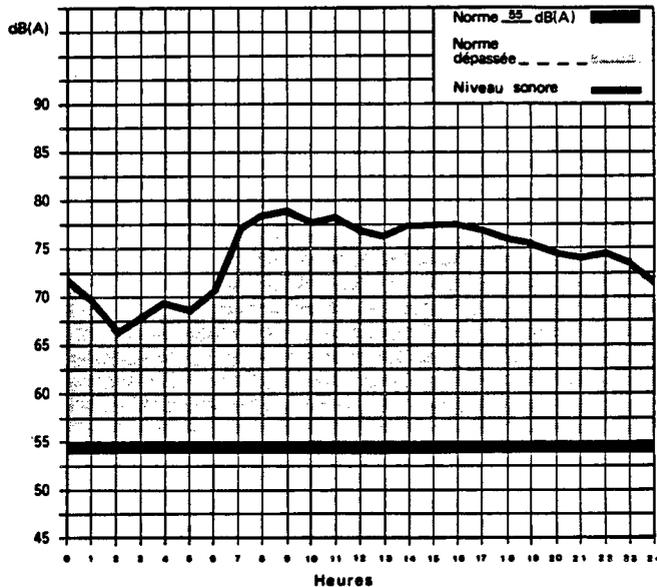
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 8
 Localisation : 200, ch. Côte Vertu (près bou. Lebeau)
 Date : 25 novembre 1982 Heures : 12 h 00 à 15 h 00
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

Représentation graphique du niveau sonore L_{eq}



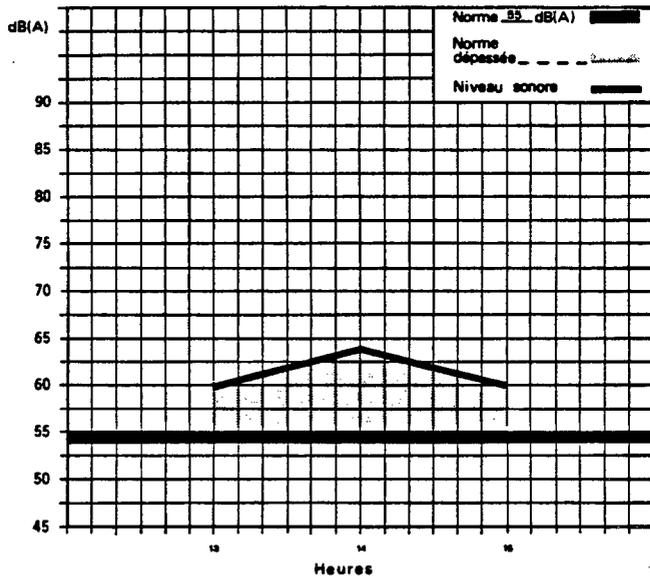
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 9
 Localisation : Intersection du boulevard Lebeau et de la place Côte Vertu
 Date : 27 octobre 1982 Heures : 0 h 00 à 24 h 00
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

Représentation graphique du niveau sonore L_{eq}



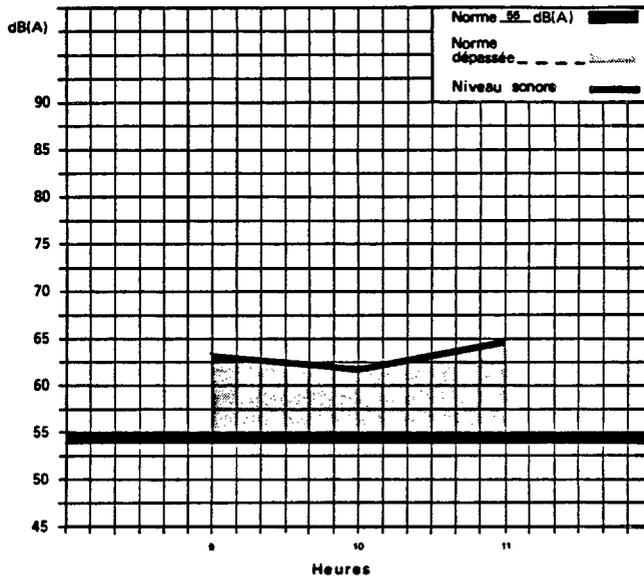
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 10
 Localisation : 40, place Côte Vertu (près de l'autoroute des Laurentides)
 Date : 28 octobre 1982 Heures : 0 h 00 à 24 h 00
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

Représentation graphique du niveau sonore L_{eq}



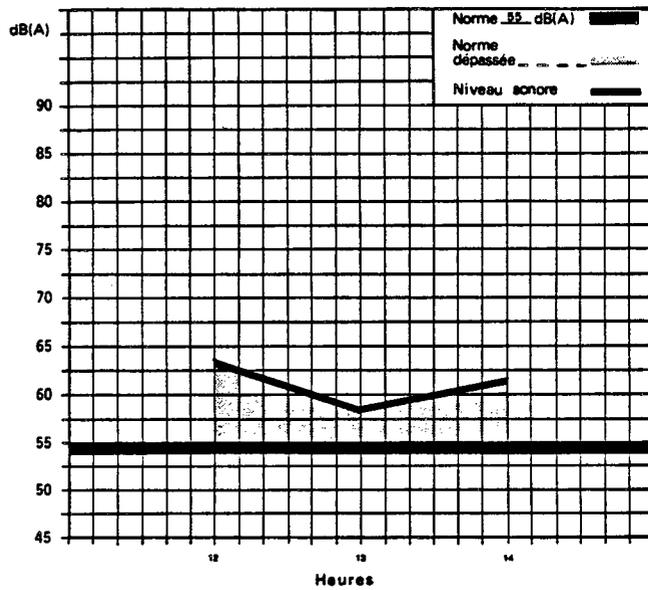
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 11
 Localisation : 357, Place de Louvain (près de Meilleur)
 Date : 24 novembre 1982 Heures : 12 h 00 à 15 h 00
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

Représentation graphique du niveau sonore L_{eq}



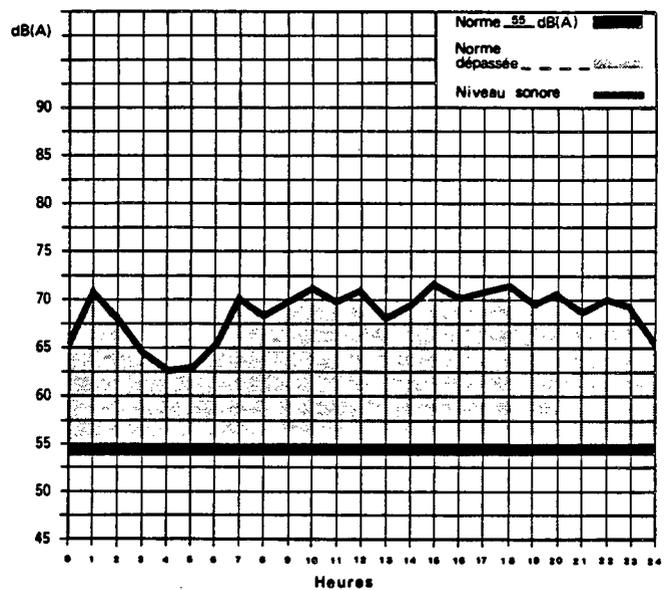
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 12
 Localisation : 40, rue Port Royal (près St-Laurent)
 Date : 6 décembre 1982 Heures : 8 h 00 à 11 h 00
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

Représentation graphique du niveau sonore Leq



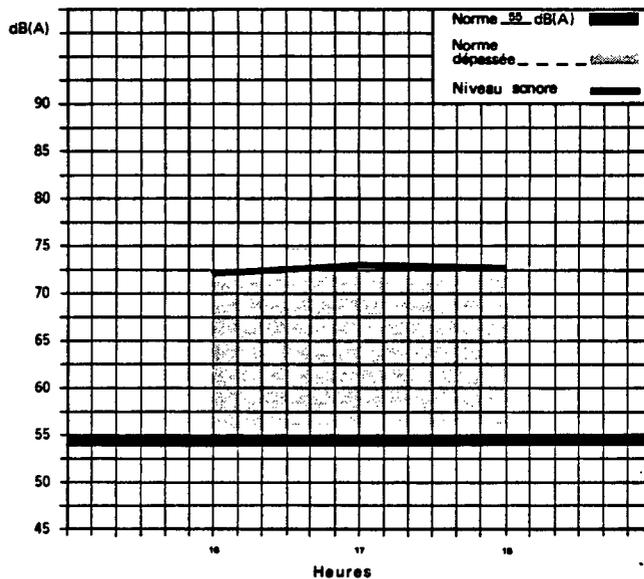
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 13
 Localisation : 9600, rue St-Denis (près de Berr)
 Date : 6 décembre 1982 Heures : 11 h 00 à 14 h 00
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

Représentation graphique du niveau sonore Leq



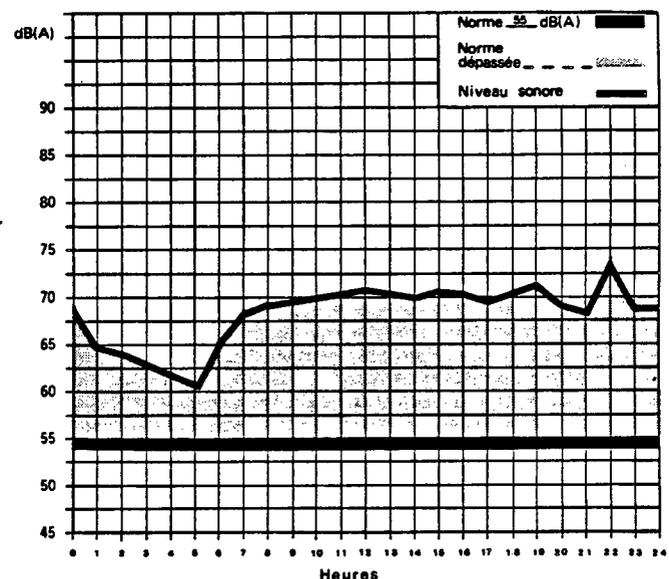
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 14
 Localisation : 9661, rue Berr (près de Sauvé)
 Date : 29 octobre 1982 Heures : 0 h 00 à 24 h 00
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

Représentation graphique du niveau sonore Leq



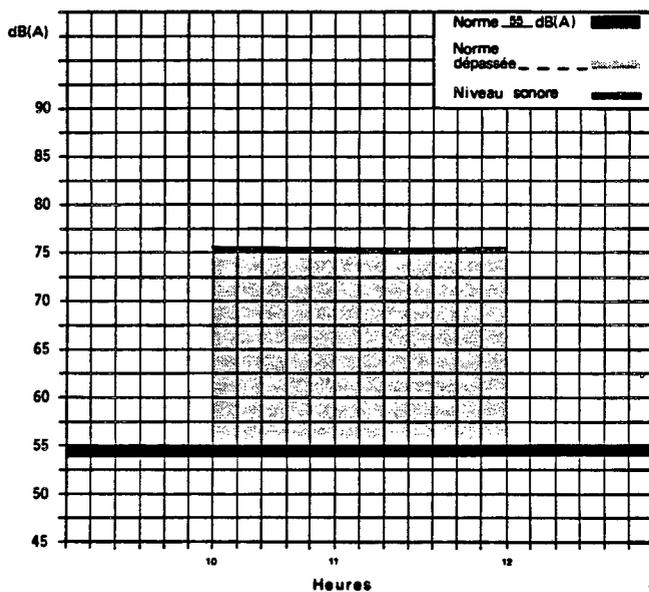
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 15
 Localisation : Intersection des rues Lajeunesse et Frémont
 Date : 8 décembre 1982 Heures : 15 h 00 à 18 h 00
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

Représentation graphique du niveau sonore Leq



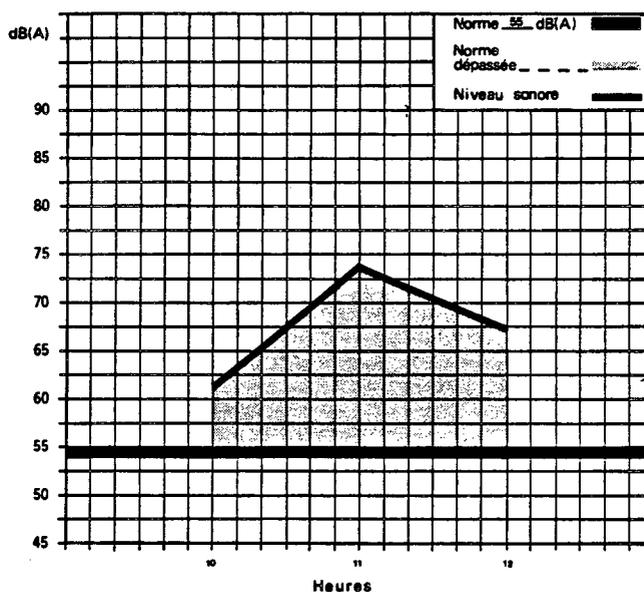
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 16
 Localisation : Intersection des rues Lajeunesse et Port Royal
 Date : 22 octobre 1982 Heures : 0 h 00 à 24 h 00
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

Représentation graphique du niveau sonore L_{eq}



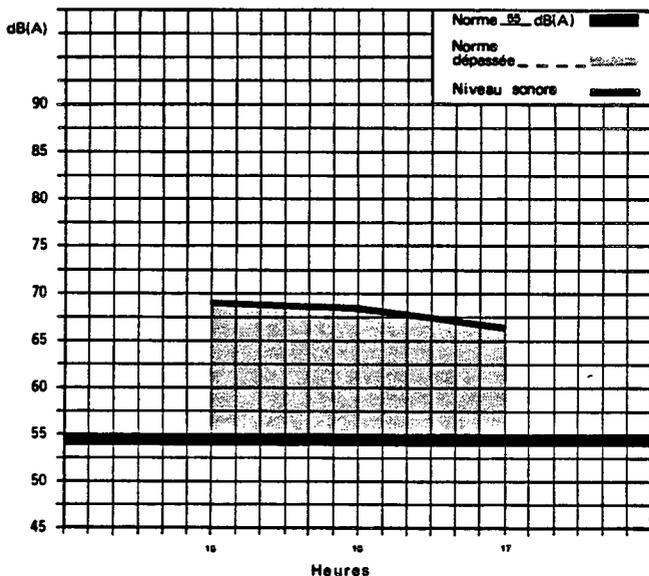
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 17
 Localisation : 9695, rue Lajeunesse (près de Sauvé)
 Date : 19 novembre 1982 Heures : 9 h 00 à 12 h 00
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

Représentation graphique du niveau sonore L_{eq}



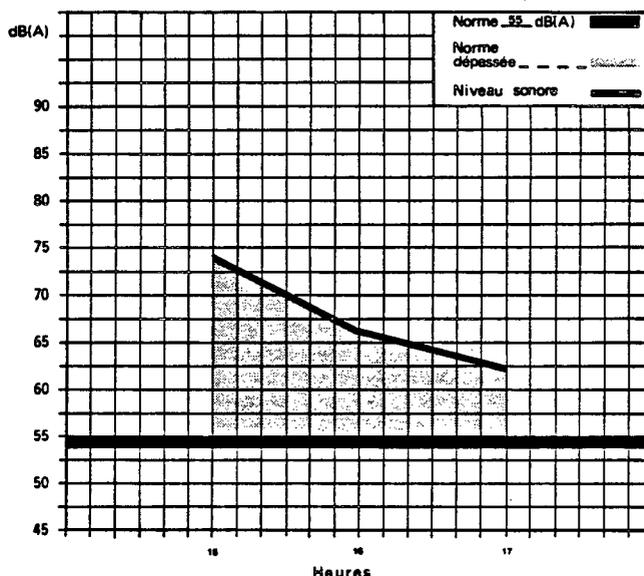
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 18
 Localisation : Extrémité sud de la rue Millen (près de Sauvé)
 Date : 19 novembre 1982 Heures : 9 h 00 à 12 h 00
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

Représentation graphique du niveau sonore L_{eq}



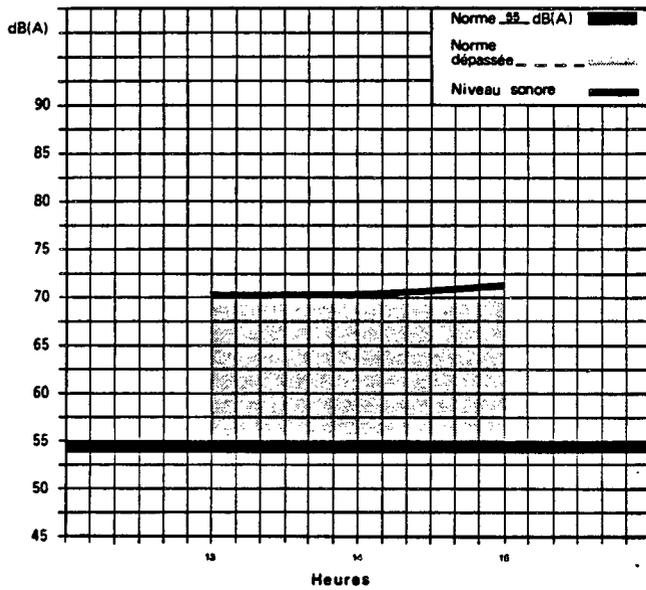
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 19
 Localisation : 9584, rue St-Hubert (près de Port Royal)
 Date : 19 novembre 1982 Heures : 14 h 00 à 17 h 00
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

Représentation graphique du niveau sonore L_{eq}



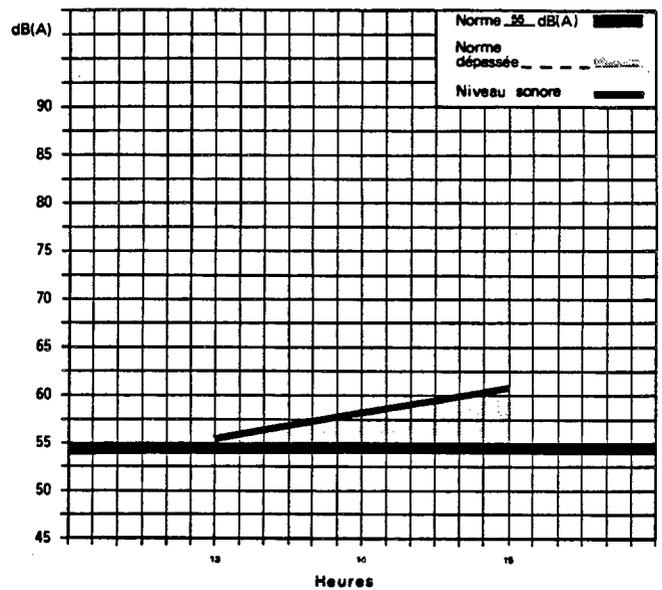
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 20
 Localisation : 1225, rue Port Royal (près de Christophe Colomb)
 Date : 19 novembre 1982 Heures : 14 h 00 à 17 h 00
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

Représentation graphique du niveau sonore L_{eq}



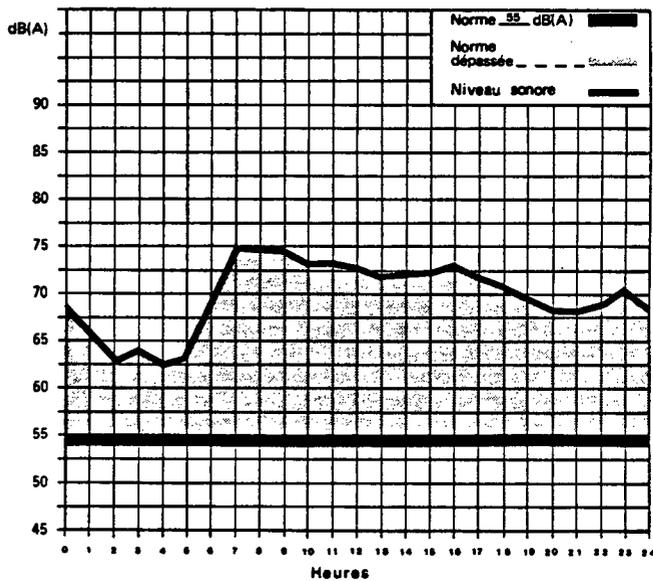
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 21
 Localisation : 9709, rue Christophe Colomb (près de Port Royal)
 Date : 24 novembre 1982 Heures : 12 h 00 à 15 h 00
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

Représentation graphique du niveau sonore L_{eq}



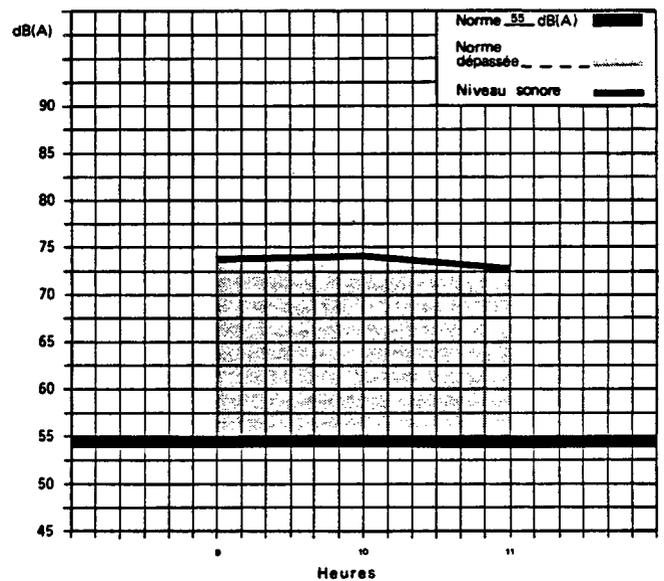
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 22
 Localisation : 9710, Hamel (près de Port Royal)
 Date : 19 octobre 1982 Heures : 12 h 00 à 15 h 00
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

Représentation graphique du niveau sonore L_{eq}



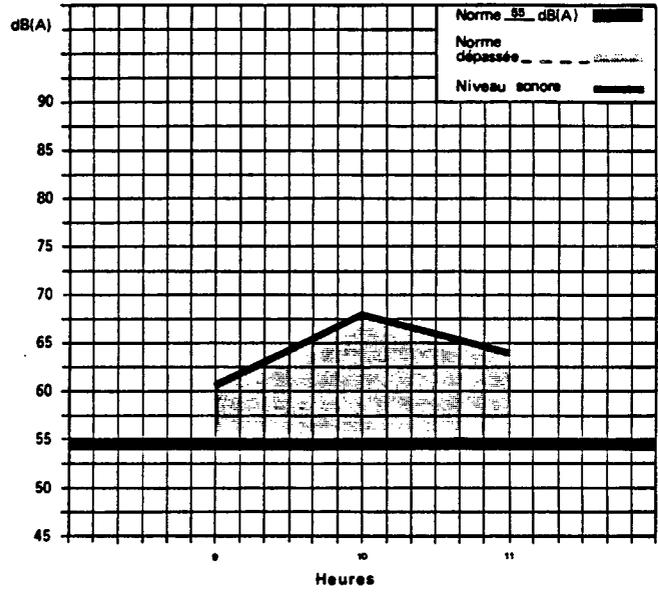
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 23
 Localisation : 9680, Papineau (près de Sauvé)
 Date : 1er novembre 1982 Heures : 0 h 00 à 24 h 00
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

Représentation graphique du niveau sonore L_{eq}



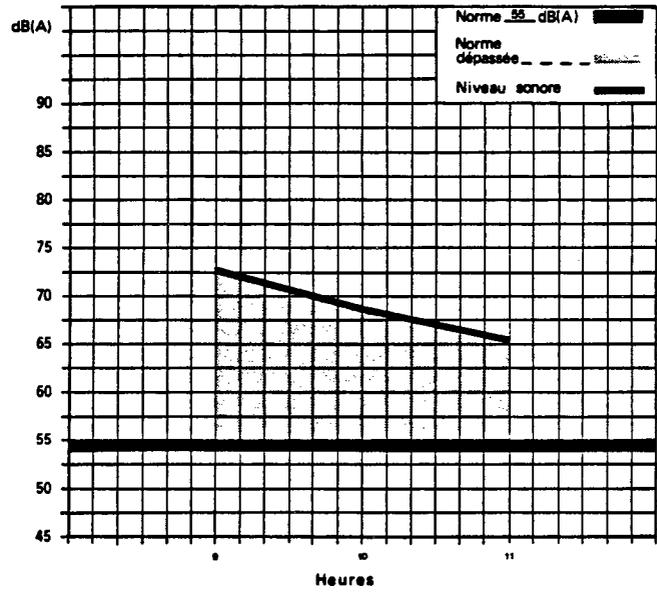
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 24
 Localisation : 9607, rue Papineau (près de Charland)
 Date : 24 novembre 1982 Heures : 8 h 00 à 11 h 00
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

Représentation graphique du niveau sonore Leq



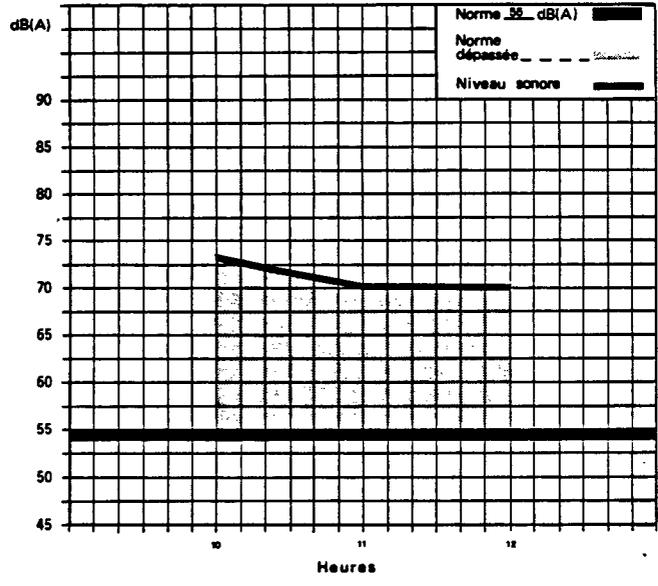
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 25
 Localisation : 9621, rue Hamelin (près de Port Royal)
 Date : 24 novembre 1982 Heures : 8 h 00 à 11 h 00
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

Représentation graphique du niveau sonore Leq



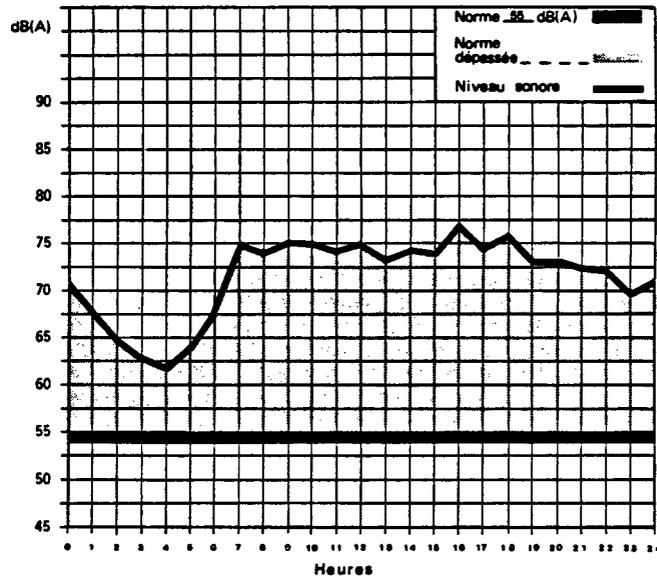
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 26
 Localisation : 2357, Charland (près de L'Île)
 Date : 22 novembre 1982 Heures : 8 h 00 à 11 h 00
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

Représentation graphique du niveau sonore Leq



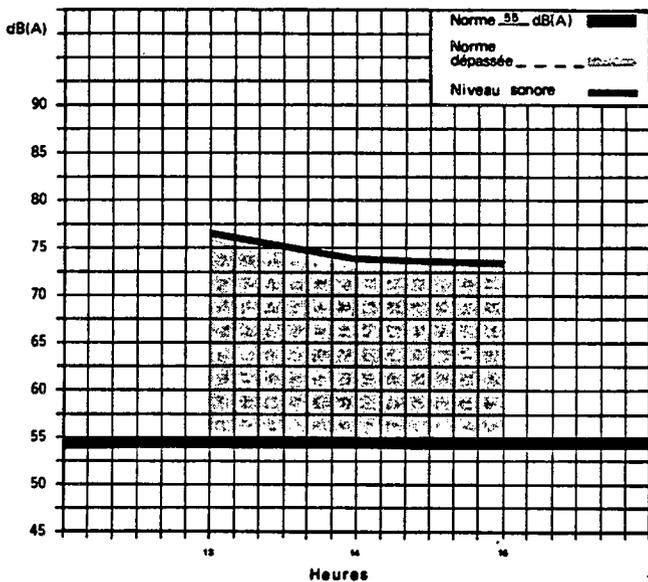
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 27
 Localisation : 9610, rue Sackville (près de Port Royal)
 Date : 22 novembre 1982 Heures : 9 h 00 à 12 h 00
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

Représentation graphique du niveau sonore Leq



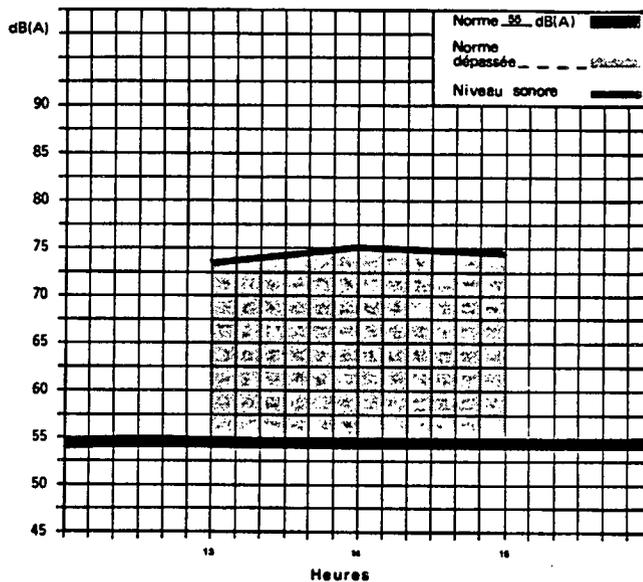
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 28
 Localisation : 9590, boul. St-Michel (près du boul. Industriel)
 Date : 8 novembre 1982 Heures : 0 h 00 à 24 h 00
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

Représentation graphique du niveau sonore L_{eq}



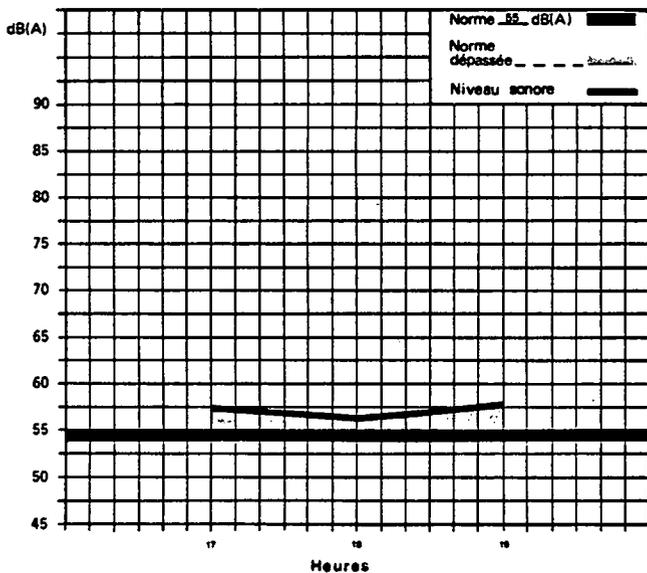
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no. : 29
 Localisation : Intersection du boul. Pie IX et de la 56e rue
 Date : 22 novembre 1982 Heures : 12 h 00 à 15 h 00
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

Représentation graphique du niveau sonore L_{eq}



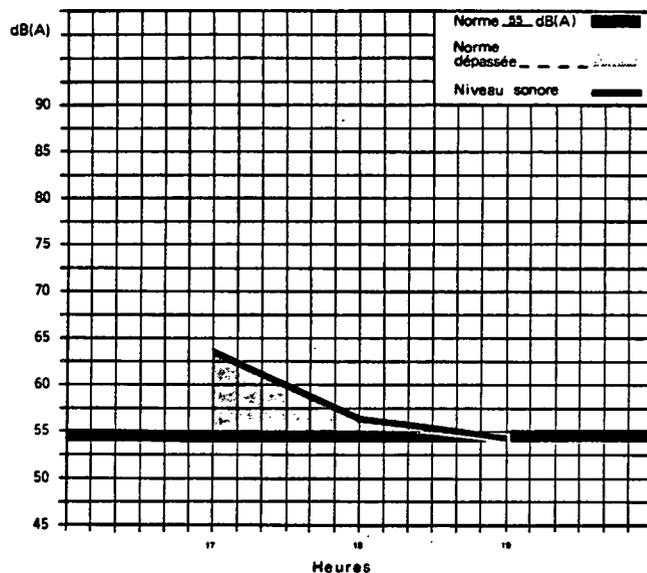
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no. : 30
 Localisation : 10 000, boul. Pie IX (près du boul. Industriel)
 Date : 22 novembre 1982 Heures : 12 h 00 à 15 h 00
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

Représentation graphique du niveau sonore L_{eq}



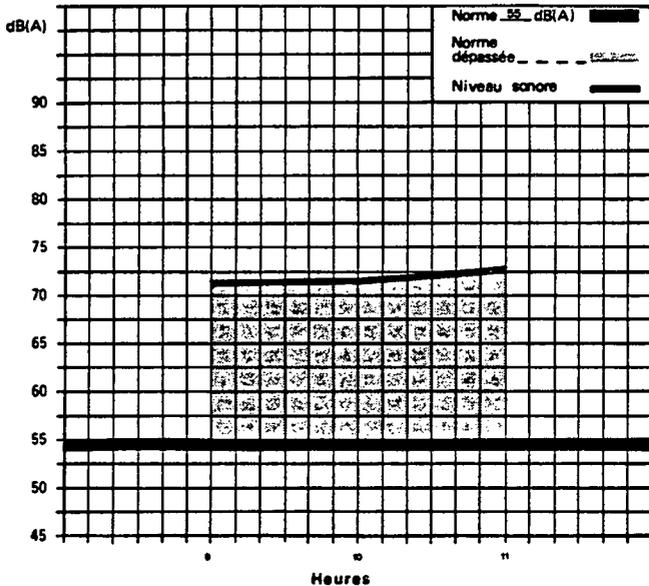
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no. : 31
 Localisation : 9430, boul. Viau (près du boul. des Grandes Prairies)
 Date : 22 novembre 1982 Heures : 16 h 00 à 19 h 00
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

Représentation graphique du niveau sonore L_{eq}



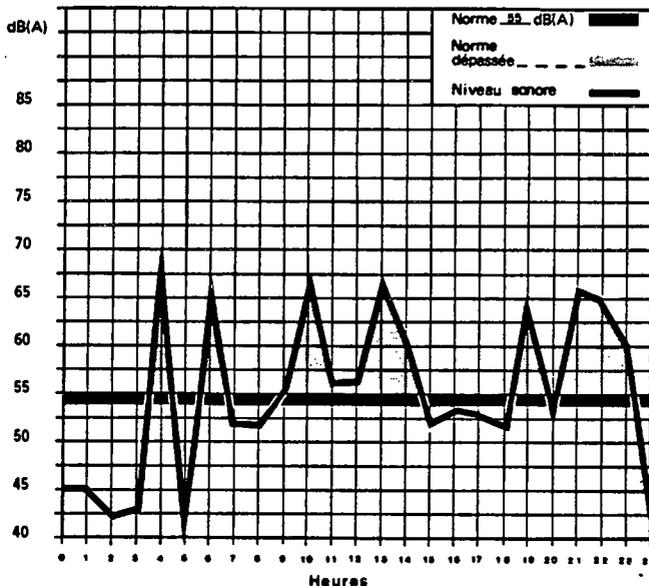
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no. : 32
 Localisation : Extrémité du boul. Viau (près de la voie ferrée)
 Date : 22 novembre 1982 Heures : 16 h 00 à 19 h 00
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

Représentation graphique du niveau sonore Leq



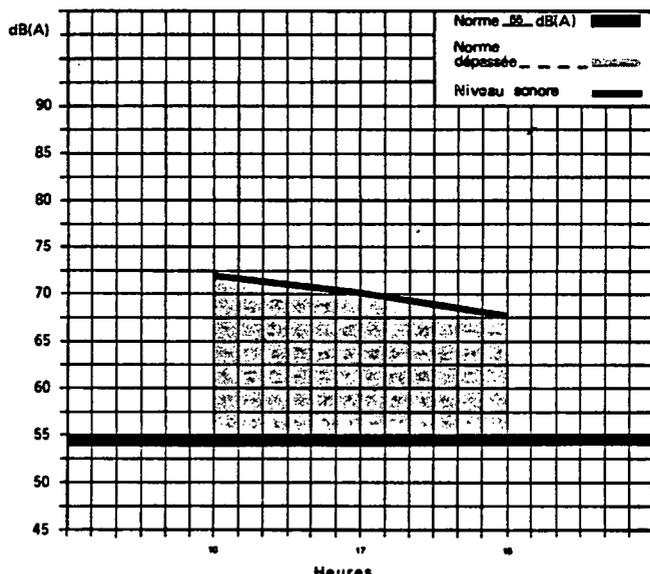
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 33
 Localisation : Intersection du boul. Industriel et de la rue Ste-Gertrude
 Date : 20 octobre 1982 Heures : 8 h 00 à 11 h 00
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

Représentation graphique du niveau sonore Leq



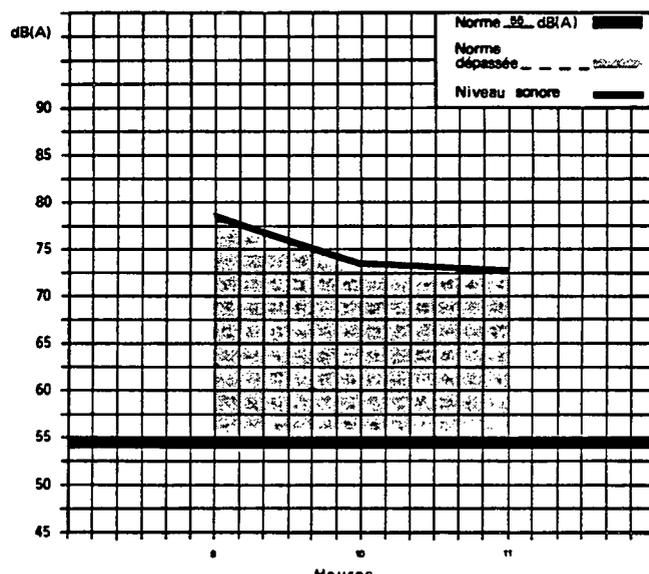
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 34
 Localisation : 10 955, Masse (près du boul. Industriel)
 Date : 9 novembre 1982 Heures : 0 h 00 à 24 h 00
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

Représentation graphique du niveau sonore Leq



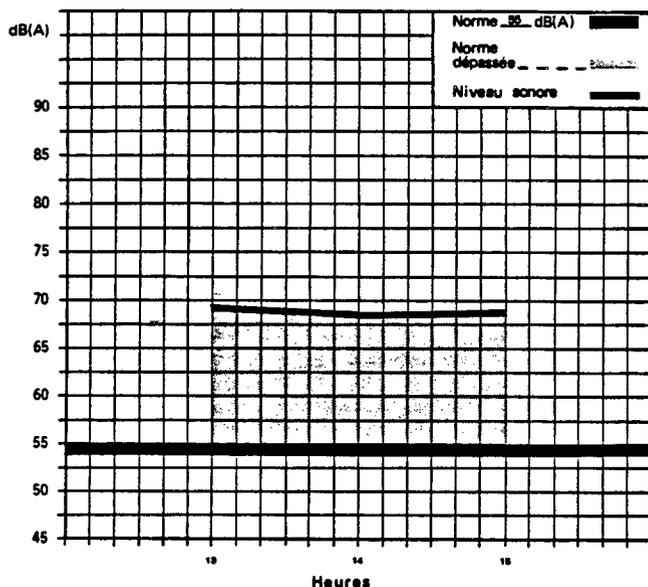
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 35
 Localisation : 6725, boul. Henri-Bourassa (près de Albert Hudon)
 Date : 6 décembre 1982 Heures : 15 h 00 à 18 h 00
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

Représentation graphique du niveau sonore Leq



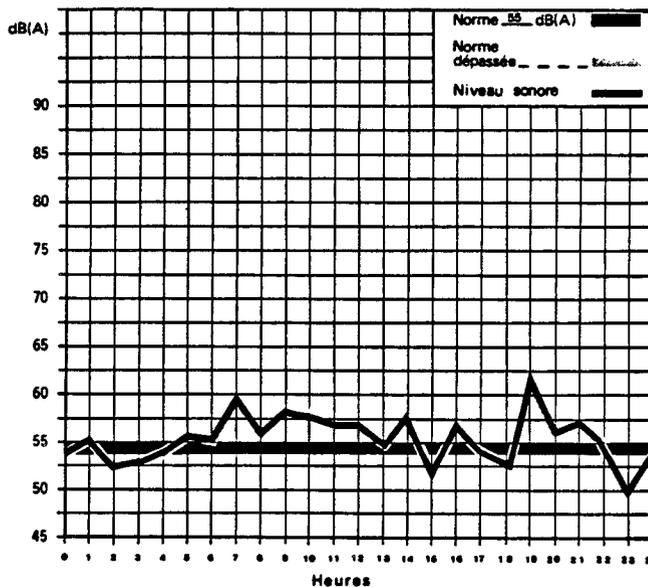
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 36
 Localisation : 11 405, 6e avenue (près de 6e rue)
 Date : 21 octobre 1982 Heures : 8 h 00 à 11 h 00
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

Représentation graphique du niveau sonore L_{eq}



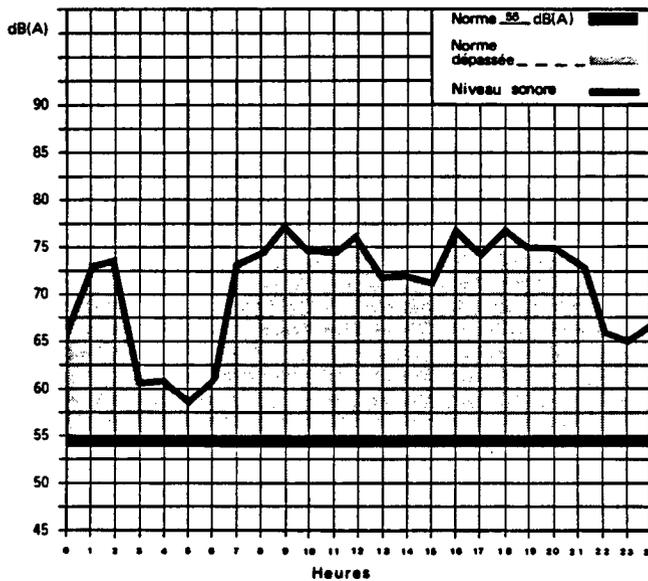
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 37
 Localisation : Intersection des boulevards Armand Bombardier et Henri-Bourassa
 Date : 21 octobre 1982 Heures : 12 h 00 à 15 h 00
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

Représentation graphique du niveau sonore L_{eq}



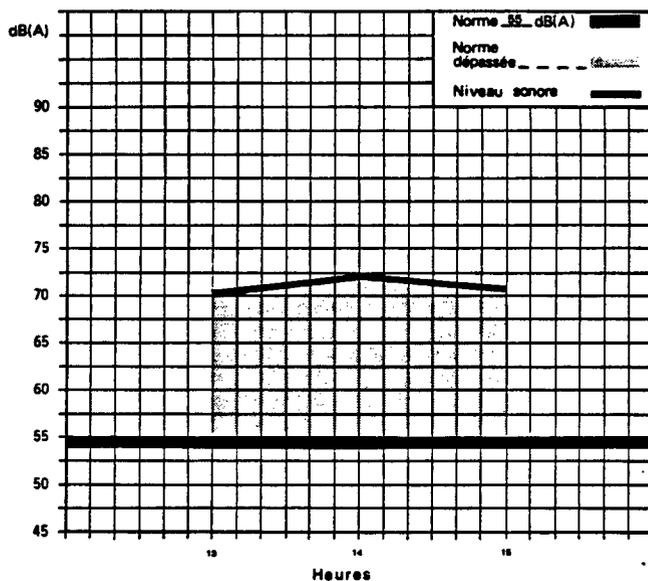
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 38
 Localisation : 11 585, av. Louis-Jobin (près de Pierre-Voyer)
 Date : 15 novembre 1982 Heures : 0 h 00 à 24 h 00
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

Représentation graphique du niveau sonore L_{eq}



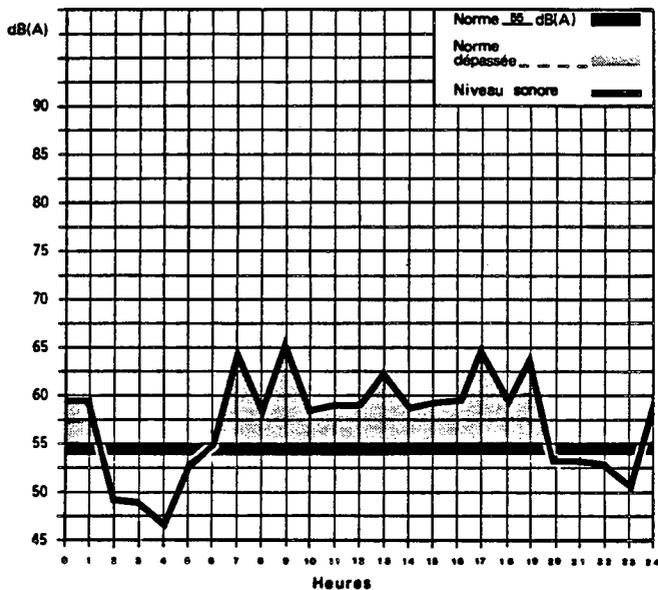
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 39
 Localisation : 11 610, boul. Rivière-des-Prairies (près de la 7e rue)
 Date : 11 novembre 1982 Heures : 0 h 00 à 24 h 00
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

Représentation graphique du niveau sonore L_{eq}



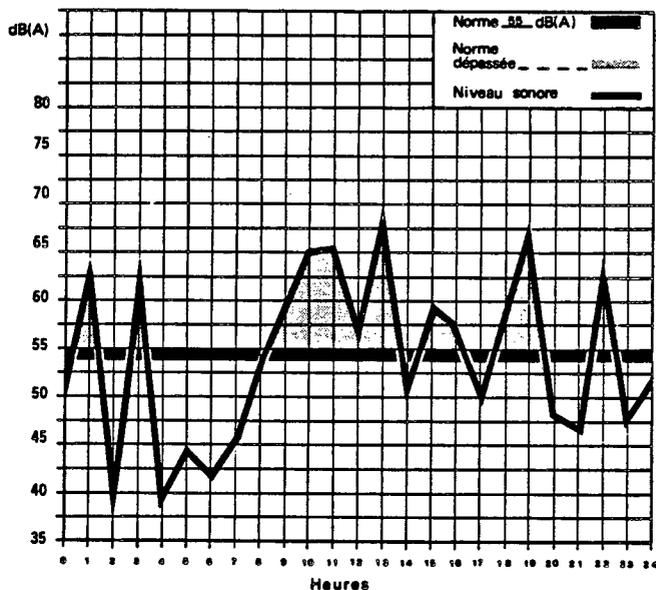
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 40
 Localisation : Intersection des boulevards Rivière-des-Prairies et de la Martinière
 Date : 20 octobre 1982 Heures : 12 h 00 à 15 h 00
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

Représentation graphique du niveau sonore L_{eq}



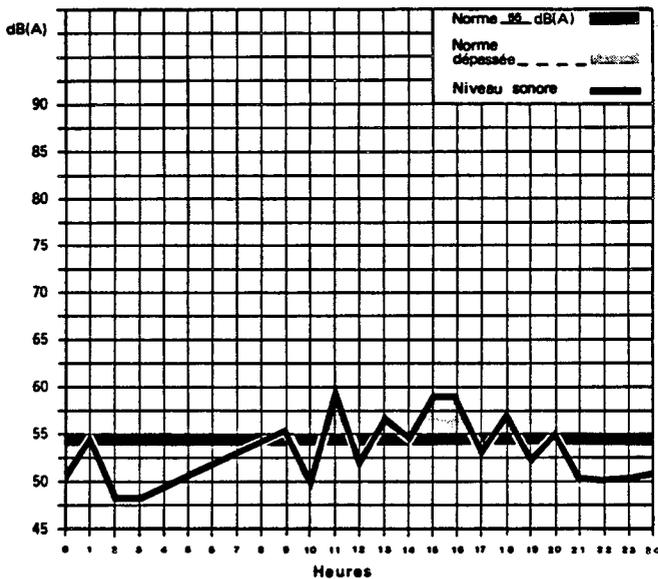
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 41
 Localisation : 14 441, Montmartre (près de la 59e avenue)
 Date : 16 novembre 1982 Heures : 0 h 00 à 24 h 00
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

Représentation graphique du niveau sonore L_{eq}



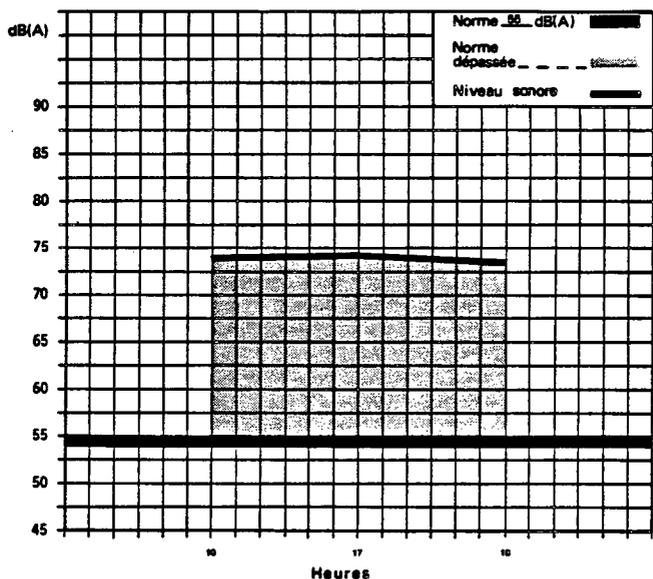
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 42
 Localisation : 1855, 59e avenue (près de Notre-Dame)
 Date : 17 novembre 1982 Heures : 0 h 00 à 24 h 00
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

Représentation graphique du niveau sonore L_{eq}



Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 43
 Localisation : 537, 65e avenue (près de Notre-Dame)
 Date : 18 novembre 1982 Heures : 0 h 00 à 24 h 00
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

Représentation graphique du niveau sonore L_{eq}



Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 44
 Localisation : 502, 64e avenue (près de Notre-Dame)
 Date : 20 octobre 1982 Heures : 15 h 00 à 18 h 00
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

ANNEXE 5

REGLEMENT RELATIF A LA QUALITE
DU MILIEU DE TRAVAIL



Règlement relatif à la qualité du milieu de travail

A.C. 3169-79 de 1979 11 28
(1979) G.O. II, 7841

Ce règlement a été adopté en vertu
de la Loi sur la qualité de
l'environnement, L.R.Q., c. Q-2

Janvier 1980

Section VIII

BRUIT

44. Exploitation et aménagement: Tout établissement dont l'exploitation est susceptible d'entraîner l'émission de bruit au niveau de la zone audible des travailleurs doit être exploité conformément aux exigences de l'article 50 de sorte que le bruit mesuré à tout poste de travail n'excède pas les normes prévues aux articles 45 à 49 pour toute période de temps y indiquée.

Tout établissement doit être conçu, construit ou aménagé de façon à respecter les normes et exigences visées au premier alinéa et de sorte que l'établissement ne soit pas une source de bruit par les plafonds, les murs, les planchers, les corridors ou les gaines d'escalier, de monte-charge ou d'ascenseur vers tout bâtiment ou local contigu audit établissement.

45. Bruit continu: Dans un établissement, aucun travailleur ne doit être exposé aux niveaux de bruit continu prévus ci-dessous pendant une période de temps plus longue que celle qui est indiquée au tableau qui suit:

<i>niveau de bruit (en dBA, dBA corrigés ou dBA équivalents)</i>	<i>temps d'exposition permis* (h/jour)</i>
85	16
86	13,9
87	12,1
88	10,6
89	9,2
90	8
91	7

niveau de bruit en dB linéaire valeur de crête	nombre d'impacts permis (pendant 8 heures)
139	126
140	100
>140	0

49. Bruits d'impact de niveaux différents: Lorsqu'un travailleur est exposé à des bruits d'impact de niveaux différents, l'effet combiné de ces niveaux doit être évalué:

a) en faisant la somme des fractions suivantes:

$$\frac{C_1}{N_1} + \frac{C_2}{N_2} + \dots + \frac{C_m}{N_m}, \text{ où } C \text{ indique le nombre total d'impacts à un niveau donné et } N_m \text{ indique le nombre total d'impacts permis selon l'article 48; ou}$$

b) en calculant le niveau équivalent en dB linéaire valeur de crête à l'aide de la formule suivante:

$$L_{eq} = 10 \log \frac{1}{N} \sum_{n=0}^N 10^{\frac{L_n}{10}}$$

$$SEA = L_{eq} + 10 \log N$$

où: SEA = somme des énergies acoustiques
 L_{eq} = niveau équivalent des bruits d'impact
 L_n = niveau de n^{ème} bruit d'impact en dB linéaire valeur de crête
 N = nombre total de bruit d'impact auquel le travailleur est exposé durant une journée

Dans le cas où on utilise la méthode d'évaluation visée au paragraphe a du premier alinéa, un travailleur ne doit pas être exposé à un niveau de bruit tel que la somme des fractions excède l'unité.

Lorsque les mesures sont effectuées en vertu du paragraphe b du premier alinéa, un travailleur ne doit pas être exposé à des bruits d'impact tels que la SEA dépasse ~~120~~ ou que la valeur de crête en dB linéaire dépasse 140. ~~160~~ → 160

Toute exposition d'un travailleur à un niveau de bruit inférieur à 120 dB linéaire comme valeur de crête doit être écartée des calculs.

50. Mesures correctives: L'exploitant d'un établissement doit se conformer aux normes établies aux articles 45 à 49 en mettant en oeuvre les mesures indiquées ci-dessous, dans l'ordre suivant:

- en réduisant le bruit à la source;
- en isolant tout poste de travail exposé audit bruit;
- en insonorisant les locaux de travail.

Dans le cas où il s'avère impossible, en appliquant les mesures prévues au premier alinéa, de respecter les normes prévues aux articles 45 à 49 ou en attendant que les transformations requises par ledit alinéa soient réalisées, l'exploitant d'un établissement doit mettre des protecteurs auditifs à la disposition des travailleurs ou doit limiter le temps d'exposition desdits travailleurs conjointement avec un programme audiométrique.

L'exploitant d'un établissement doit mettre en oeuvre les mesures prévues au premier alinéa, même s'il ne réussit pas ainsi à respecter les normes prévues aux articles 45 à 49.

51. Protecteurs auditifs: Tout protecteur auditif fourni à un travailleur par l'exploitant d'un établissement conformément au deuxième alinéa de l'article 50 doit atténuer le bruit de telle sorte que le travailleur ne soit plus exposé à des bruits qui excèdent les normes établies aux articles 45 à 49.

Ces protecteurs auditifs doivent être conformes à la norme ACNOR Z.94.2-1974 intitulée « Protecteurs auditifs ».

Le paragraphe d du premier alinéa de l'article 9 s'applique, en l'adaptant, à ces protecteurs auditifs.

52. Affichage: Lorsqu'un travailleur est exposé à des bruits qui excèdent les normes établies aux articles 45 à 49, l'exploitant de l'établissement doit placer près du poste de travail ou dans la salle où celui-ci se trouve, une affiche indiquant que le port de protecteurs auditifs est obligatoire. Si cette affiche comporte des caractères, ceux-ci doivent avoir au moins 30 millimètres de hauteur.

53. Mesure du bruit: L'exploitant de tout établissement qui emploie 50 travailleurs ou plus et qui est susceptible d'émettre du bruit capable de dépasser, à un poste de travail donné, les normes prévues aux articles 45 à 49, doit mesurer au moins une fois l'an le bruit émis à ce poste de travail.

Ces mesures doivent également être effectuées dans un délai de 30 jours à la suite d'une modification des procédés ou des équipements industriels ou à la suite de la mise en place de moyens destinés à diminuer les niveaux de bruit émis à un poste de travail. Les mesures de bruit effectuées selon le présent article doivent être consignées dans un registre conservé en la manière décrite au troisième alinéa de l'article 11.

54. Appareils de mesure: Pour l'application de la présente section, le niveau du bruit doit être mesuré à l'aide d'un sonomètre de type 2 pour utilisation générale ou de type 1 pour fins de précision tel que prévu dans la norme ACNOR Z.107.1-1973 intitulée « Sonomètres ».

Les appareils utilisés pour déterminer les bandes de fréquence prédominante doivent être conformes à la norme ACNOR Z.107.5-1975 intitulée « Octave, Half-Octave and Third Octave Band Filter Sets ».

55. Méthodes de mesure: Pour l'application de la présente section sauf dans le cas prévu à l'article 47, le bruit doit être mesuré conformément à la norme ACNOR Z.107.2-1973 intitulée « Méthodes de mesure de niveaux de pression acoustique ».

* Erreur dans le texte de loi

niveau de bruit (en dBA, dBA corrigés ou dBA équivalents)	temps d'exposition permis* (h/jour)
92	6
93	5,3
94	4,6
95	4
96	3,5
97	3
98	2,6
99	2,3
100	2
101	1,75
102	1,50
103	1,3
104	1,2
105	1
106	0,9
107	0,8
108	0,7

109	0,6
110	0,5
111	0,45
112	0,4
113	0,35
114	0,30
115	0,25
> 115	0

* ceci comprend toute exposition continue ou toute série de courtes expositions sur une période de travail d'un travailleur.

Le temps d'exposition permis pour tout travailleur à chaque niveau de bruit indiqué au tableau précédent, est diminué de moitié, à compter d'une date qui sera déterminée par règlement du gouvernement adopté conformément à l'article 124 de la loi.

46. Bruits continus de niveaux différents: Lorsqu'un travailleur est exposé à des bruits continus de niveaux différents, l'effet combiné de ces niveaux doit être évalué:

a) en faisant la somme des fractions suivantes:

$$\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \dots + \frac{C_m}{T_m}, \text{ où } C \text{ indique le temps total en heures d'exposition à un niveau donné et } T \text{ indique le temps total en heures d'exposition permis selon l'article 45; ou}$$

b) en calculant le niveau équivalent de bruit en dBA équivalents à l'aide de la formule suivante:

$$L_{eq} = 10 \log_{10} \frac{1}{T} \int_0^T \frac{L}{10^{0,1L}} dt$$

où: L_{eq} = niveau équivalent de bruit
 L = niveau instantané de bruit en dBA
 T = temps total d'exposition du travailleur, exprimé en heures

et en utilisant le niveau de bruit ainsi obtenu pour appliquer le tableau de l'article 45.

Dans le cas où on utilise la méthode d'évaluation visée au paragraphe a du premier alinéa, un travailleur ne doit pas être exposé à un niveau de bruit tel que la somme des fractions excède l'unité.

Toute exposition du travailleur à un niveau de bruit inférieur à 85 dBA doit être écartée des calculs visés au présent article.

47. Bande de fréquence prédominante: Lorsqu'un bruit continu comporte des bandes de fréquence prédominante, le niveau continu doit être calculé en dBA corrigés selon la méthode indiquée à l'annexe "F".

48. Bruits d'impact: Dans un établissement, aucun travailleur ne doit être exposé à un bruit d'impact qui excède dans une journée le nombre indiqué au tableau qui suit:

niveau de bruit en dB linéaire valeur de crête	nombre d'impacts permis (pendant 8 heures)
120	10 000
121	7 943
122	6 310

niveau de bruit en dB linéaire valeur de crête	nombre d'impacts permis (pendant 8 heures)
123	5 012
124	3 981
125	3 162
126	2 512
127	1 995
128	1 585
129	1 259
130	1 000
131	794
132	631
133	501
134	398
135	316
136	251
137	200
138	158

* *Erreur dans le texte de loi*

Règlement relatif à la qualité du milieu de travail

Loi sur la qualité de l'environnement (L.R.Q., c. Q-2, par. m non refondu (1978, c. 64, a. 9) de l'article 31, par. a, b et h de l'article 46, a. 72, par. a, de l'article 87, par. a, b, c, d, e, f, g, h et i de l'article 88, par. a et c de l'article 95 et a. 124a non refondu (1978, c. 10, a. 111))

Section I

INTERPRÉTATION

1. Définitions: Dans le présent règlement, à moins que le contexte n'indique un sens différent, on entend par:

- a) « bande de fréquence prédominante »: une bande de fréquence dont le niveau passe par un maximum qui excède de 4 dB ou plus la moyenne arithmétique des niveaux de l'octave inférieure et de l'octave supérieure et, pour les bandes extrêmes du spectre sonore, dont le niveau dépasse de 5 dB celui de l'octave contiguë;
- b) « bruit continu »: bruit qui se prolonge dans le temps, y compris un bruit formé par les chocs mécaniques de corps solides ou par des impulsions répétées à une fréquence supérieure à une par seconde;

Note: Le texte des « Lois refondues du Québec », actuellement, ne contient pas le texte des modifications apportées aux lois après le 31 décembre 1977, mais dans le règlement ci-dessus, les références aux lois sont faites comme si le texte de ces modifications y était contenu.

Par contre, lorsque l'expression « non refondu » est utilisée, elle indique que la référence est alors faite en tenant compte de la numérotation utilisée dans la loi modificatrice postérieure au 31 décembre 1977 identifiée dans la parenthèse.

- c) « bruit d'impact »: tout bruit formé par des chocs mécaniques de corps solides ou par des impulsions répétées ou non à une fréquence inférieure ou égale à une par seconde;

- d) « chantier de construction »: tout lieu où l'on effectue des travaux de fondation, de construction, d'érection, d'entretien, de rénovation, de réparation, de modification ou de démolition d'un bâtiment ou d'un ouvrage de génie civil exécutés sur les lieux mêmes et à pied d'oeuvre, y compris les travaux préalables d'aménagement du sol;
- e) « contrainte thermique »: déséquilibre thermique chez le travailleur causé par un travail en ambiance chaude;
- f) « dB »: unité sans dimension utilisée pour exprimer sous forme logarithmique le rapport existant entre une quantité mesurée et une valeur de référence dont l'application à la pression sonore est établie conformément aux dispositions de l'article 3 de la publication numéro 179 (deuxième édition, 1973) du Bureau central de la Commission électrotechnique internationale;
- g) « dBA »: valeur de niveau de bruit global sur réseau pondéré A établie selon les normes et les méthodes prévues dans la publication numéro 179 (deuxième édition, 1973) du Bureau central de la Commission électrotechnique internationale;
- h) « dBA corrigé »: niveau de bruit exprimé en dBA après majoration du niveau mesuré de la bande de fréquence prédominante;
- i) « dB linéaire »: niveau de bruit global mesuré de telle sorte qu'aucune atténuation n'est apportée dans les différentes fréquences du spectre sonore;
- j) « établissement »: tout immeuble ou partie d'immeuble où des personnes sont susceptibles de séjourner pour y exercer un travail ou un art et utilisé à des fins industrielles, énergétiques, commerciales, de bureau ou servant d'atelier, de laboratoire ou de salle de tir, à l'exception d'une exploitation agricole de type familial n'employant aucun travailleur autre que des membres de cette famille;
- k) « loi »: la Loi sur la qualité de l'environnement (L.R.Q., chapitre Q-2);
- l) « poste de travail »: un endroit, y compris un véhicule utilisé à des fins autres qu'agricoles, occupé par un travailleur pour accomplir son travail;
- m) « poste de travail fixe »: tout poste de travail qui requiert que le travailleur exerce ses fonctions pendant au moins 4 heures de sa journée de travail sur une surface habituelle de travail de 30 mètres carrés ou moins;

- n) « recirculation de l'air »: ventilation locale par extraction, filtration de l'air et redistribution de l'air filtré dans le milieu de travail;
- o) « salle de toilette »: toute salle où se trouve un ou plusieurs cabinets d'aisance, urinoirs, lavabos ou douche destinés aux besoins sanitaires des travailleurs d'un établissement;
- p) « valeur de crête »: niveau maximal atteint par une onde sonore.

ANNEXE « F »

MÉTHODE DE MESURE DES BANDES DE FRÉQUENCE PRÉDOMINANTE (en dBA corrigés)

- a) En utilisant l'analyse par octave de 31,5 Hz à 16 KHz, déterminer si l'une des bandes correspond à la notion de bande de fréquence prédominante;
- b) Ajouter 5 dB au niveau mesuré de chaque bande correspondant à la notion de bande de fréquence prédominante;
- c) Modifier le spectre sonore résultant comme suit:
 - au niveau de 31,5 Hz, retrancher 39,4 dB
 - au niveau de 63 Hz, retrancher 26,2 dB
 - au niveau de 125 Hz, retrancher 16,1 dB
 - au niveau de 250 Hz, retrancher 8,6 dB
 - au niveau de 500 Hz, retrancher 3,2 dB
 - au niveau de 1 000 Hz, n'effectuer aucune modification
 - au niveau de 2 000 Hz, additionner 1,2 dB
 - au niveau de 4 000 Hz, additionner 1,0 dB
 - au niveau de 8 000 Hz, retrancher 1,1 dB
 - au niveau de 16 000 Hz, retrancher 6,6 dB
- d) Faire ensuite l'addition des niveaux de chaque octave du spectre ainsi modifié en suivant la méthode d'addition des décibels;
- e) Le résultat ainsi obtenu est exprimé en dBA corrigés.

ANNEXE 6

SOLUTIONS TECHNIQUES VISANT A REDUIRE LE NIVEAU
SONORE GENERE PAR LES VOITURES DU METRO DE SURFACE

ANNEXE 6 - Solutions techniques visant à réduire le niveau sonore généré par les voitures du métro de surface

Voitures munies de «jupes»

Les jupes installées dans la partie inférieure des voitures sont, en quelque sorte, des barrières acoustiques dont la seule fonction est de limiter la propagation du bruit en provenance des sources sonores multiples des voitures vers les zones adjacentes à la voie.

L'efficacité de ces jupes est complexe à déterminer et peut varier, en pratique, de 0 à 10 dB(A), selon les cas. Elle dépend de: la hauteur minimale qui doit être conservée entre la voie et la jupe (de l'ordre de 12 à 15 centimètres), de l'importance relative des sources (ces jupes réduiront davantage le bruit des équipements auxiliaires et de propulsion que ceux provenant du contact roues-rails) et des ouvertures minimales qui devront être conservées.

Les problèmes engendrés par l'installation de jupes sont: la difficulté d'accès pour les inspections, l'accroissement des manipulations requises lors de réparation et la possibilité de surchauffe de certains équipements, si leur design n'est pas correctement effectué.

Dispositif d'antipatinage des roues

Ce système vise à éliminer tout glissement entre les roues et les rails, lors des freinages ou des accélérations. Cela permet une réduction importante de la formation de plats sur les roues et de l'usure des roues et des rails. On évite ainsi de devoir réusinier les roues et éventuellement de meuler les rails pour maintenir à un niveau acceptable le bruit et les vibrations que le phénomène de roulement crée. La durée de vie des roues est également accrue puisque l'on réduit la fréquence d'usinage des roues.

Surfaces absorbantes sous la cage des voitures

La plupart des auteurs qui ont étudié le sujet mentionnent que l'augmentation des surfaces absorbantes n'a aucune influence notable sur le bruit communautaire lorsque la voie est munie de ballast.

Dans le cas où des jupes sont utilisées, l'addition de matériaux absorbants sous la cage sera nécessaire, pour éviter que le niveau sonore à l'intérieur des voitures n'augmente.

Notons que la présence de jupes et/ou le design de la caisse a une influence sur la hauteur des barrières acoustiques, là où elles sont requises.

Rigidité de la suspension primaire des voitures

Une réduction de la rigidité entraîne un accroissement du taux d'amortissement dans la suspension et réduit les vibrations transmises des roues et des essieux jusqu'aux bogies et à la voiture même, diminuant le bruit que ces éléments produisent.

Une suspension primaire moins rigide abaisse également la force des impacts qui se produisent à l'interface roues-rails, atténuant le bruit radié par les roues et les rails de même que les vibrations transmises au sol. La diminution potentielle du niveau de vibration dans le sol est de l'ordre de 10-15 dB.

Des essais ont été effectués sur les voitures CTA série 2000, dont la rigidité de la suspension première a été abaissée par un facteur de 30:1.

La réduction du bruit, obtenue en dB(A), est la suivante:

	Rails joints	Rails soudés avec défauts de surface	Rails soudés en bon état
Bruit communautaire (lit de ballast)	0	2	3
Bruit à l'inté- rieur des voitures (lit de ballast)	3	6	6-8

Mentionnons qu'un assouplissement de la rigidité dans la suspension primaire entraîne une réduction non négligeable des charges dynamiques auxquelles sont soumises les composantes des bogies et de la voie, diminuant proportionnellement les coûts d'entretien et de réparation des voitures.

La fréquence de résonnance de la suspension primaire des bogies a une influence importante sur les vibrations transmises à travers le sol. Idéalement, il faudrait abaisser cette fréquence entre 7 et 10 Hz.

Type de roues utilisées

Il y a principalement trois types de roues: la roue standard en acier, la roue résiliente et la roue dite absorbante.

Roues résilientes

La roue résiliente illustrée à la figure 6-1, diffère de la roue standard car sa semelle est isolée de l'essieu à l'aide d'un matériau résilient dont le rôle est double: il augmente le taux d'amortissement des vibrations qui se propagent dans la roue (principalement aux fréquences de résonnance, d'où son efficacité à atténuer les crissements de roues) et sert d'isolateur de vibrations entre le point de contact roue-rail et le point de fixation de la roue, diminuant les forces dynamiques en présence et les vibrations transmises dans le sol et vers les bogies. Ce type de roue possède aussi les avantages suivants:

- augmentation de la durée de vie des roues;
- diminution du niveau de bruit émis par les roues (2 à 4 dB(A)), mais observable seulement à vitesse élevée si le bruit des équipements de propulsion n'est pas dominant. Pour des systèmes de transport actuellement en service, la réduction du bruit communautaire varie de 0 à 2 dB(A).

Les roues résilientes ont comme désavantage principal qu'elles ne peuvent pas être utilisées sur des voitures munies de freins à sabots, à cause de la possibilité de surchauffe et de dégradation rapide du matériau résilient dans la roue.

Il existe deux modèles de roues résilientes commercialisées sur le marché: la roue «PENN CUSHION», disponible chez Penn Machine Company, Johnstown, PA. et la roue «SAB», manufacturée en Suède par Svenska Aktiebolaget Bromsregulator of Malö et vendue aux Etats-Unis par Sab Company Inc., Chigaco, IL.

Actuellement, plus de 90 000 roues résilientes «BOCHUM» et 40 000 «SAB» sont en service dans le monde sur des trains de marchandises et sur des métros légers et lourds. La roue «BOCHUM» semble être la plus efficace pour réduire les bruits de crissements mais le choix d'un type de roue résiliente en particulier doit faire l'objet d'études plus approfondies.

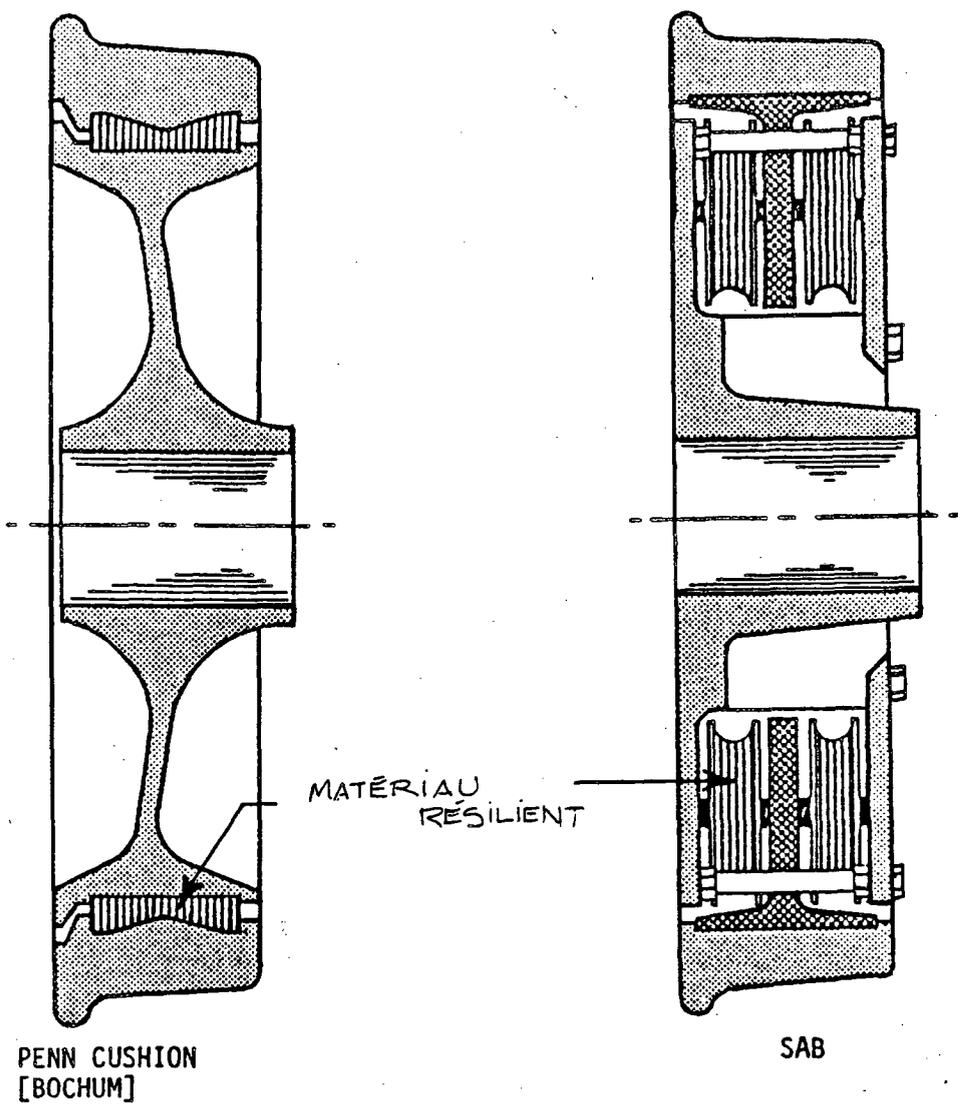


FIG. 6-1 COUPES TYPES DE ROUES RESILIENTES.

Notons que l'emploi de roues résilientes réduit les vibrations transmises au sol d'environ 5 à 10 dB, à des fréquences supérieures à 90 Hertz.

Roues dites absorbantes

La grande efficacité à réduire les bruits de crissement des roues amortissantes vient de leur taux élevé d'amortissement des vibrations. L'interaction entre les roues et les rails est la même que pour une roue standard mais la réponse de la roue à l'excitation vibratoire est réduite suffisamment pour que les tons purs soient éliminés.

Le taux d'amortissement d'une roue standard peut être augmenté des façons suivantes:

- 1) «RING DAMPERS» ou plaque amortissante: il s'agit d'usiner dans la roue des fentes semi-cylindriques afin d'y insérer une plaque non fixe en acier tel qu'illustré à la figure 6-2. L'amortissement vient de la friction qui existe entre la plaque et la fente dans la roue.
- 2) «KRUPP TUNED VIBRATION ABSORBERS» ou roues munies d'absorbants dynamiques: cette solution consiste à fixer sur la roue un ensemble de masses-ressorts qui sont conçues pour absorber puis amortir, à une ou plusieurs fréquences données, les vibrations axiales et/ou radiales présentes. Chaque cas doit être étudié en particulier afin d'optimiser l'efficacité du système d'amortisseurs. La figure 6-3 illustre ce système dont le développement est encore en cours. Ce type de roue a également la capacité de réduire le bruit émis dans les zones adjacentes à la voie.
- 3) Application de matériau amortissant sur la roue («CONSTRAINED LAYER DAMPING»)
Tel qu'illustré à la figure 6-4, le taux d'amortissement des vibrations est augmenté par l'application, sur certaines surfaces précises de la roue, d'un matériau amortissant qui dissipe thermiquement les énergies vibratoires en présence. On peut utiliser un matériau amortissant seul ou le jumeler à une seconde couche mince mais rigide, qui sert alors de protection tout en augmentant proportionnellement son taux d'amortissement.

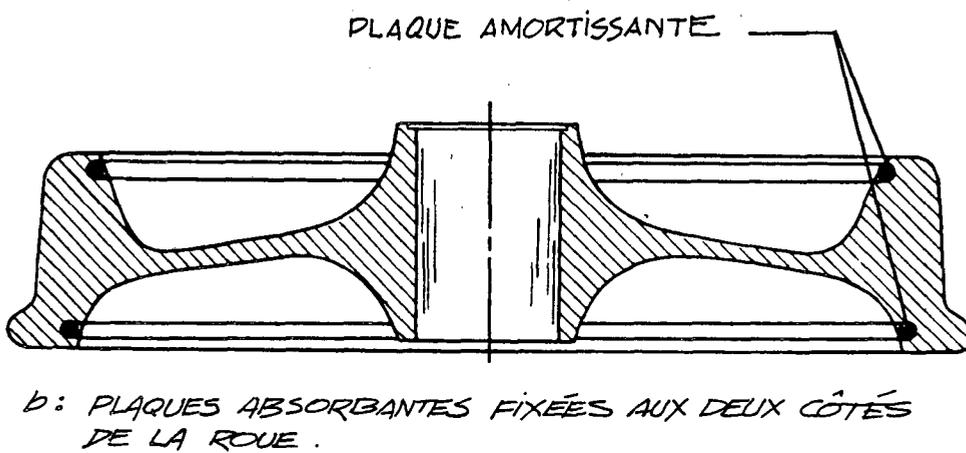
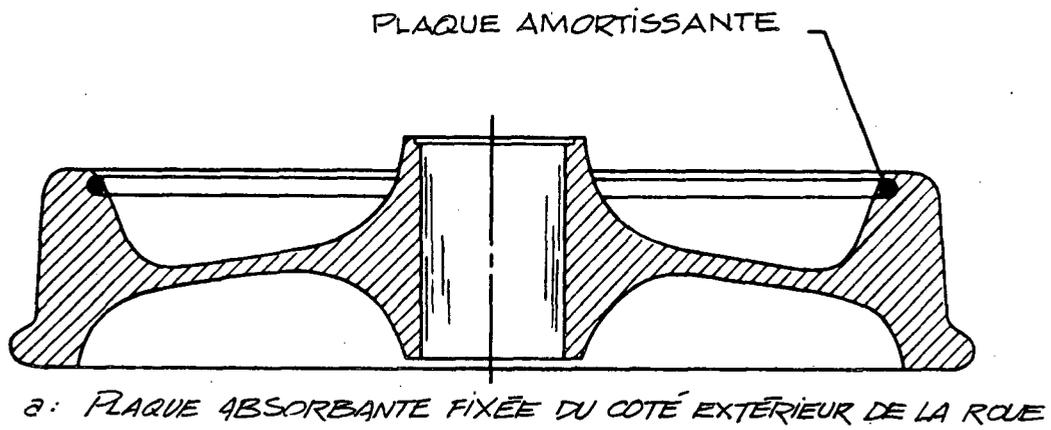


FIG. 6-2 ROUES MUNIES DE PLAQUES AMORTISSANTES.

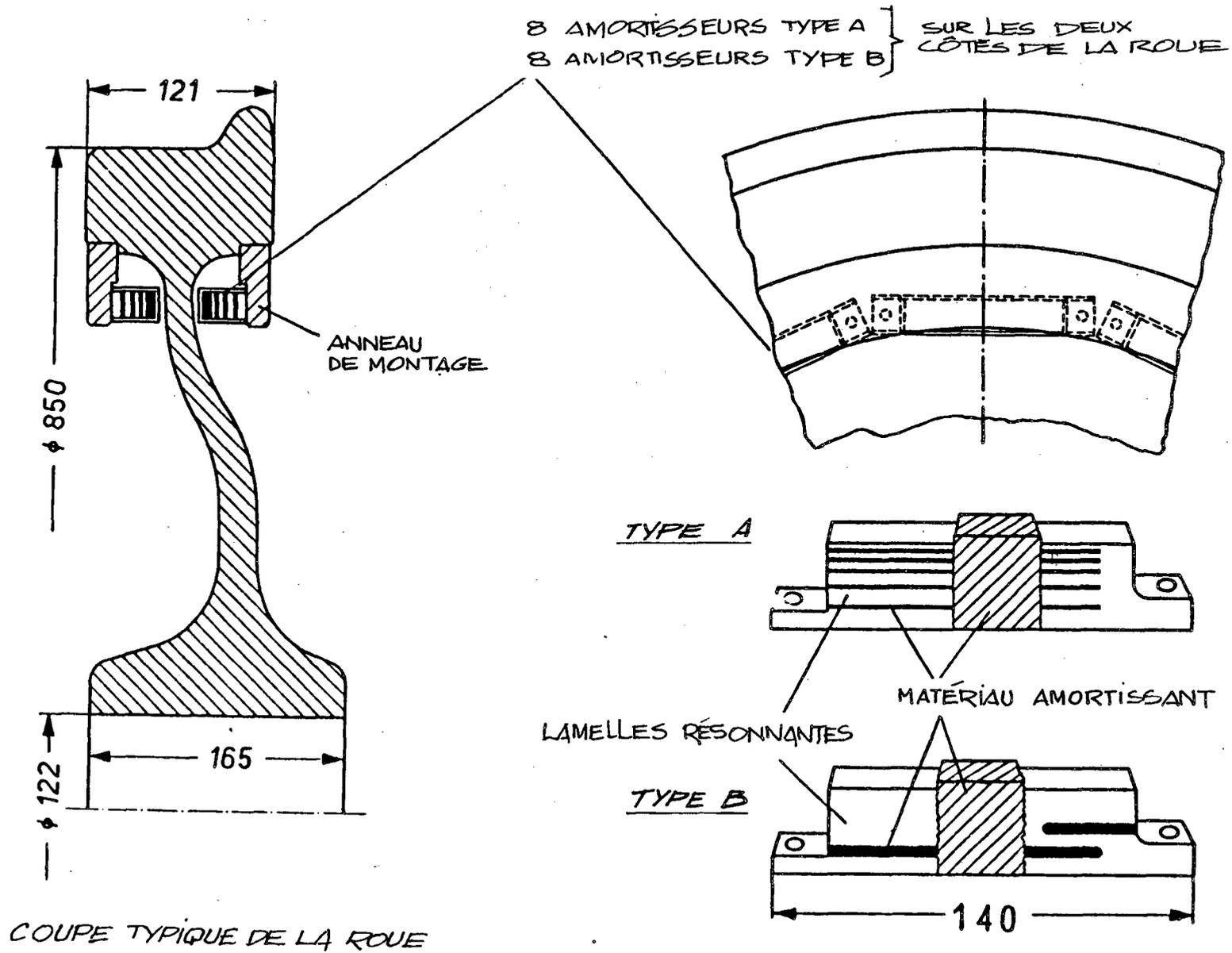
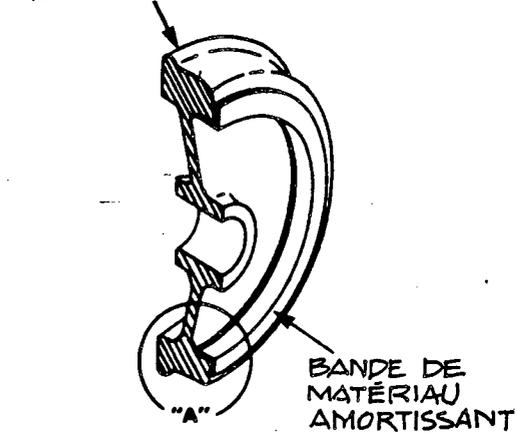
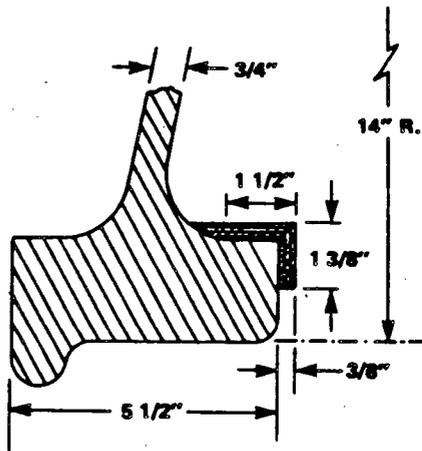


FIG. 6-3 "KRUPP TUNED VIBRATION ABSORBERS" OU ABSORBEUR DYNAMIQUE.

ROUE AVEC AMORTISSANT

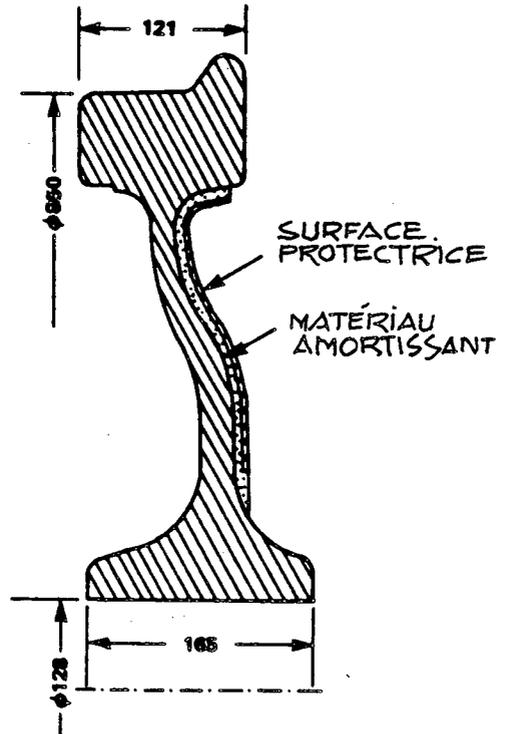


BANDE DE
MATÉRIAU
AMORTISSANT



DÉTAIL "A"

A) MATÉRIAU AMORTISSANT, APPLIQUÉ
SUR LA SEMELLE DE LA ROUE



B) MATÉRIAU AMORTISSANT
COMPOSITE APPLIQUÉ SUR
L'ÂME DE LA ROUE

FIG. 6-4 CAS TYPES DE ROUES AVEC MATERIAU AMORTISSANT.

- 4) La roue résiliente décrite précédemment est également amortissante.

Les avantages d'une roue absorbante sont:

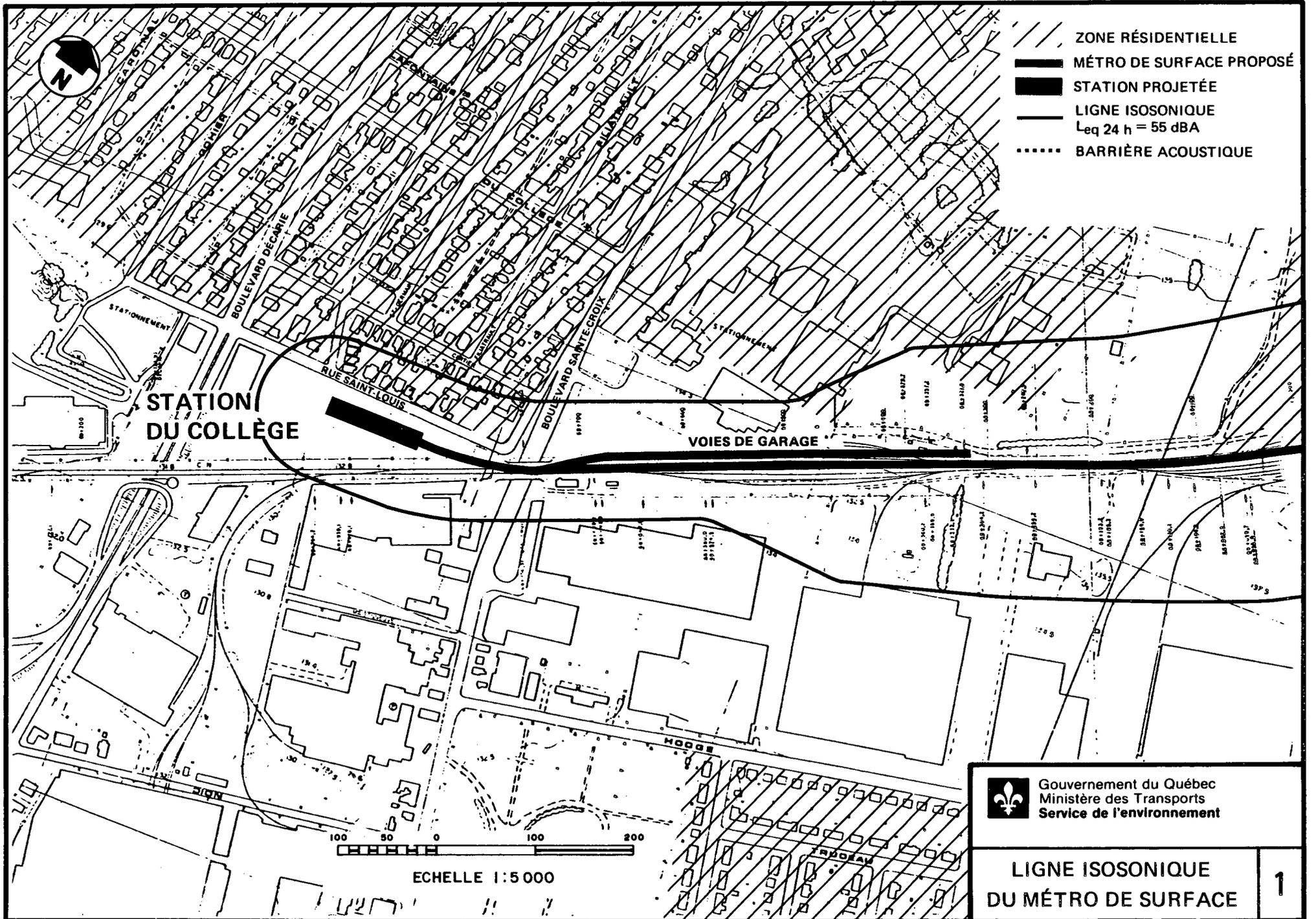
- taux d'amortissement suffisamment élevé pour éliminer dans la presque totalité des cas, ces bruits de crissements des roues;
- le coût d'une roue amortissante est inférieur à celui d'une roue résiliente et s'avère une solution intéressante si l'on désire contrôler uniquement ces bruits de crissements des roues;

Les désavantages de la roue amortissante sont les suivantes:

- ce type de roue ne contrôle que les bruits de crissement (à l'exception de la roue munie d'amortisseurs dynamiques de vibration);
- la roue munie de plaques amortissantes est efficace que chaque plaque demeure libre par rapport à la roue. Des essais prolongés sur les voitures du SOAC munies de freins à sabots ont montré que la plaque avait tendance à se souder à la roue, à cause d'une accumulation de poussière et, possiblement, de la température plus élevée de la roue. Notons que les voitures du CTA munies de freins à disques n'ont pas montré ce problème, même après plusieurs années d'utilisation de ce type de roue;
- les roues munies de matériau amortissant présentent les inconvénients suivants: inspection visuelle des roues difficile, interférence possible avec les équipements d'usinage des roues et possibilité de hausse de température des roues, occasionnant un décollement du matériau amortissant ou la baisse de ces propriétés amortissantes.

ANNEXE 7

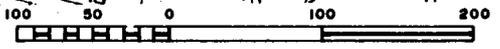
LIGNES ISOSONIQUES $L_{eq24h} = 55$ dB(A)
DU METRO DE SURFACE ET LOCALISATION
DES BARRIERES ACOUSTIQUES PROPOSEES (SECTION 2.7.1.2)



-  ZONE RÉSIDENNELLE
-  MÉTRO DE SURFACE PROPOSÉ
-  STATION PROJETÉE
-  LIGNE ISOSONIQUE
Leq 24 h = 55 dBA
-  BARRIÈRE ACOUSTIQUE

**STATION
DU COLLÈGE**

VOIES DE GARAGE

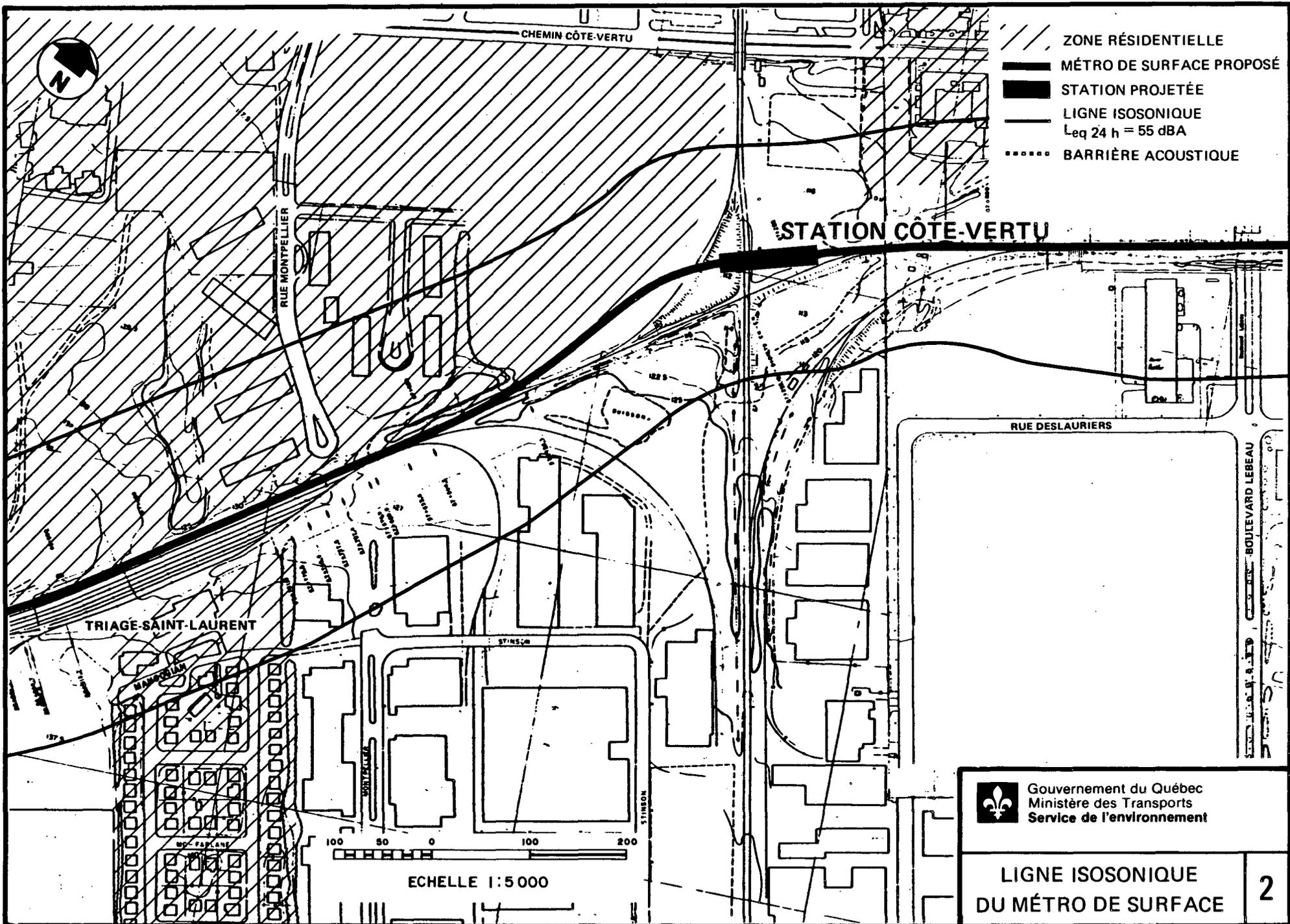


ECHELLE 1:5000

 Gouvernement du Québec
Ministère des Transports
Service de l'environnement

**LIGNE ISOSONIQUE
DU MÉTRO DE SURFACE**

1



-  ZONE RÉSIDENTIELLE
-  MÉTRO DE SURFACE PROPOSÉ
-  STATION PROJÉTÉE
-  LIGNE ISOSONIQUE
Leq 24 h = 55 dBA
-  BARRIÈRE ACOUSTIQUE

STATION CÔTE-VERTU

TRIAGE-SAINT-LAURENT

RUE DESLAURIERS

BOULEVARD LEBEAU

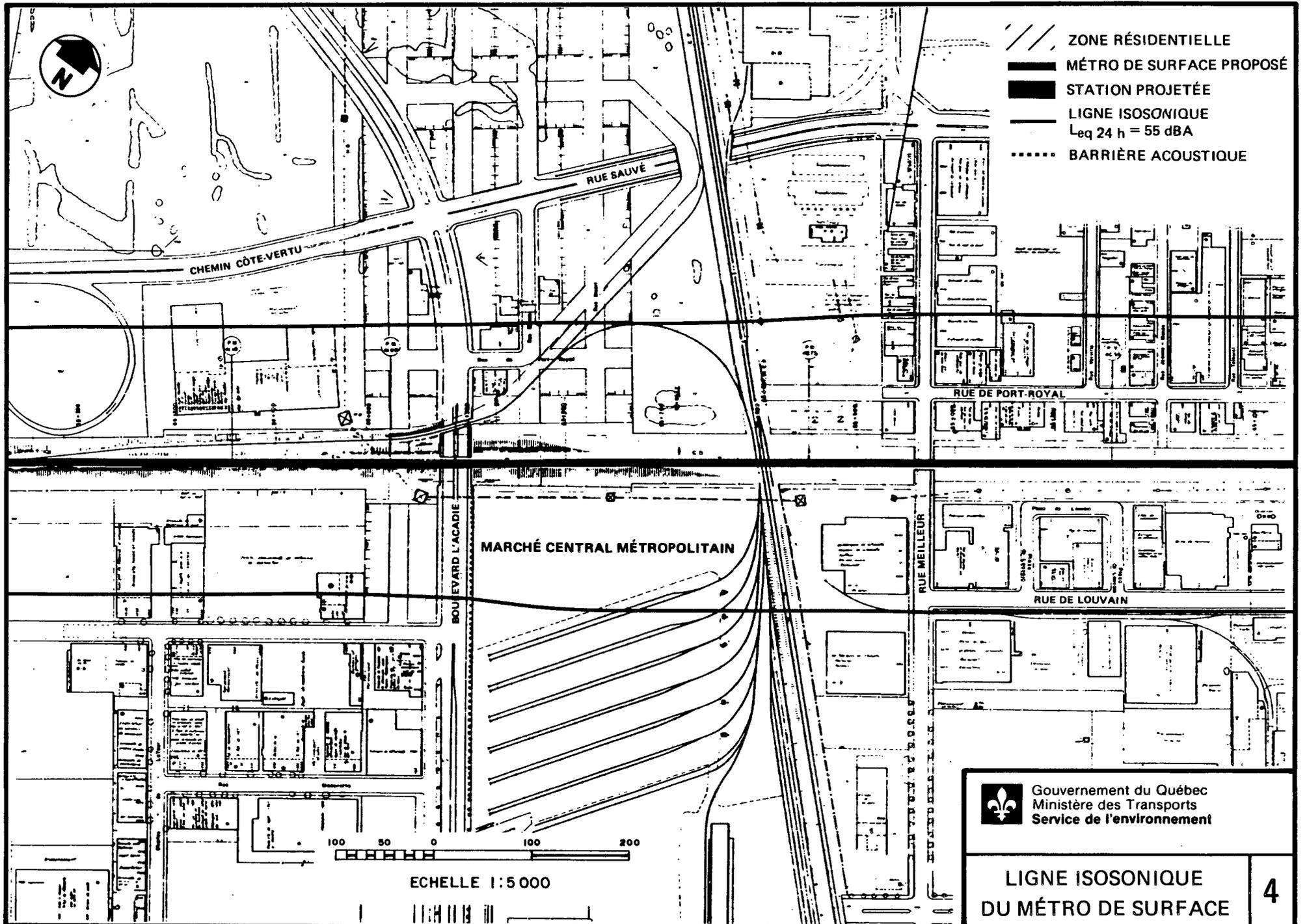
100 50 0 100 200

ECHELLE 1:5 000

 Gouvernement du Québec
Ministère des Transports
Service de l'environnement

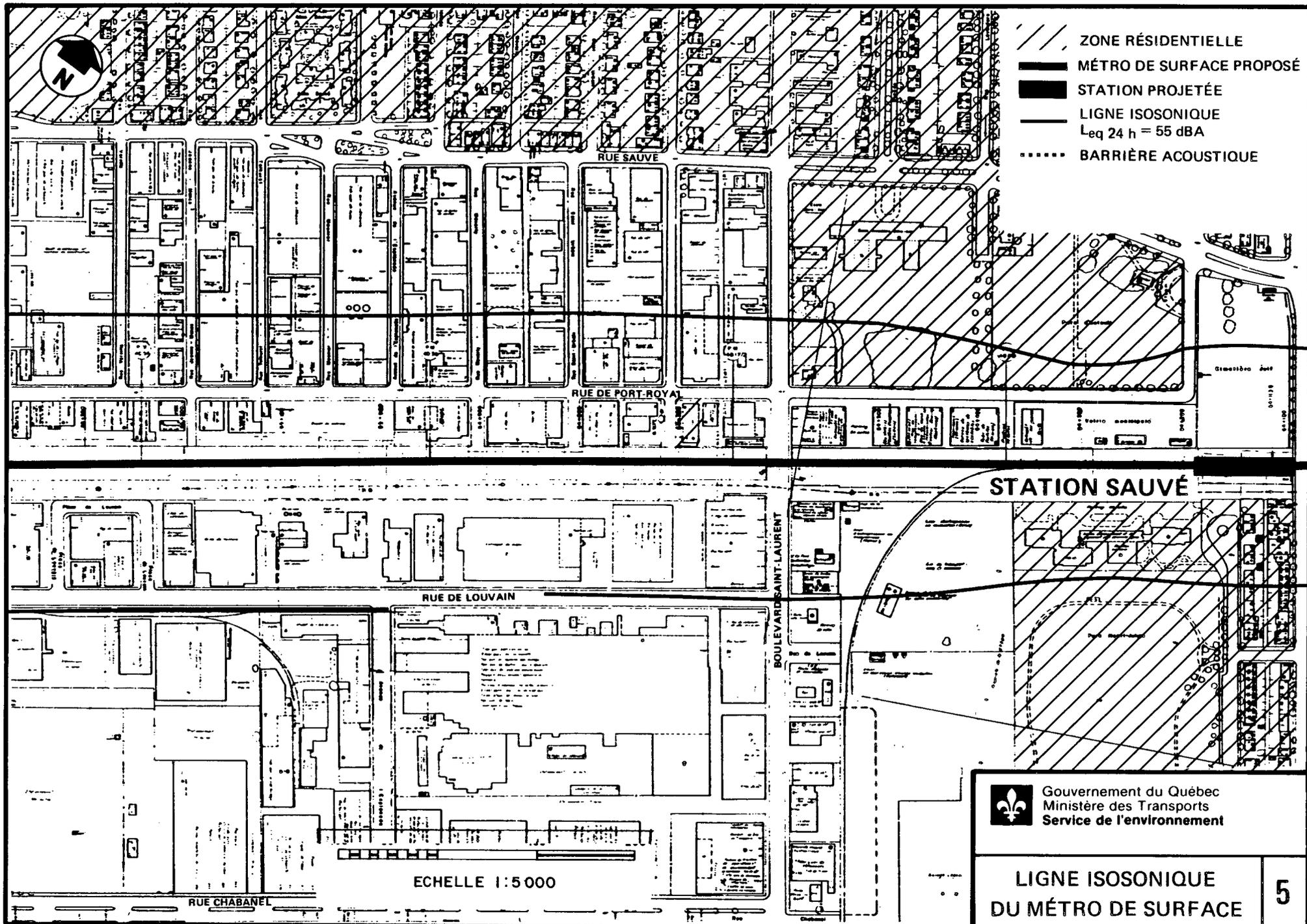
LIGNE ISOSONIQUE
DU MÉTRO DE SURFACE

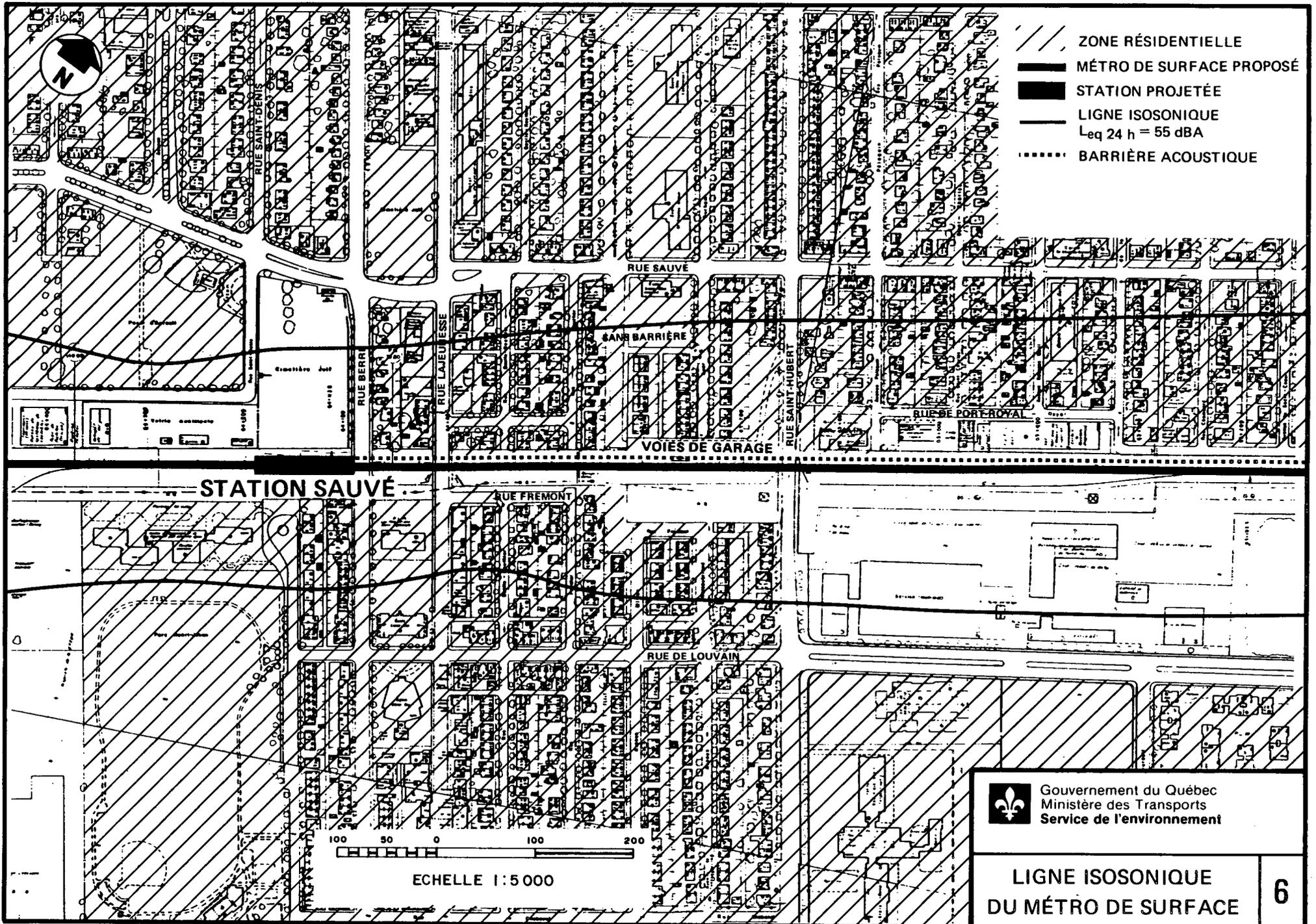
2



-  ZONE RÉSIDUELLE
-  MÉTRO DE SURFACE PROPOSÉ
-  STATION PROJETÉE
-  LIGNE ISOSONIQUE
Leq 24 h = 55 dBA
-  BARRIÈRE ACOUSTIQUE

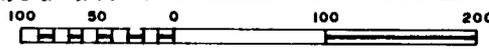
 Gouvernement du Québec Ministère des Transports Service de l'environnement	
LIGNE ISOSONIQUE DU MÉTRO DE SURFACE	4





-  ZONE RÉSIDENTIELLE
-  MÉTRO DE SURFACE PROPOSÉ
-  STATION PROJÉTÉE
-  LIGNE ISOSONIQUE
Leq 24 h = 55 dBA
-  BARRIÈRE ACOUSTIQUE

STATION SAUVÉ

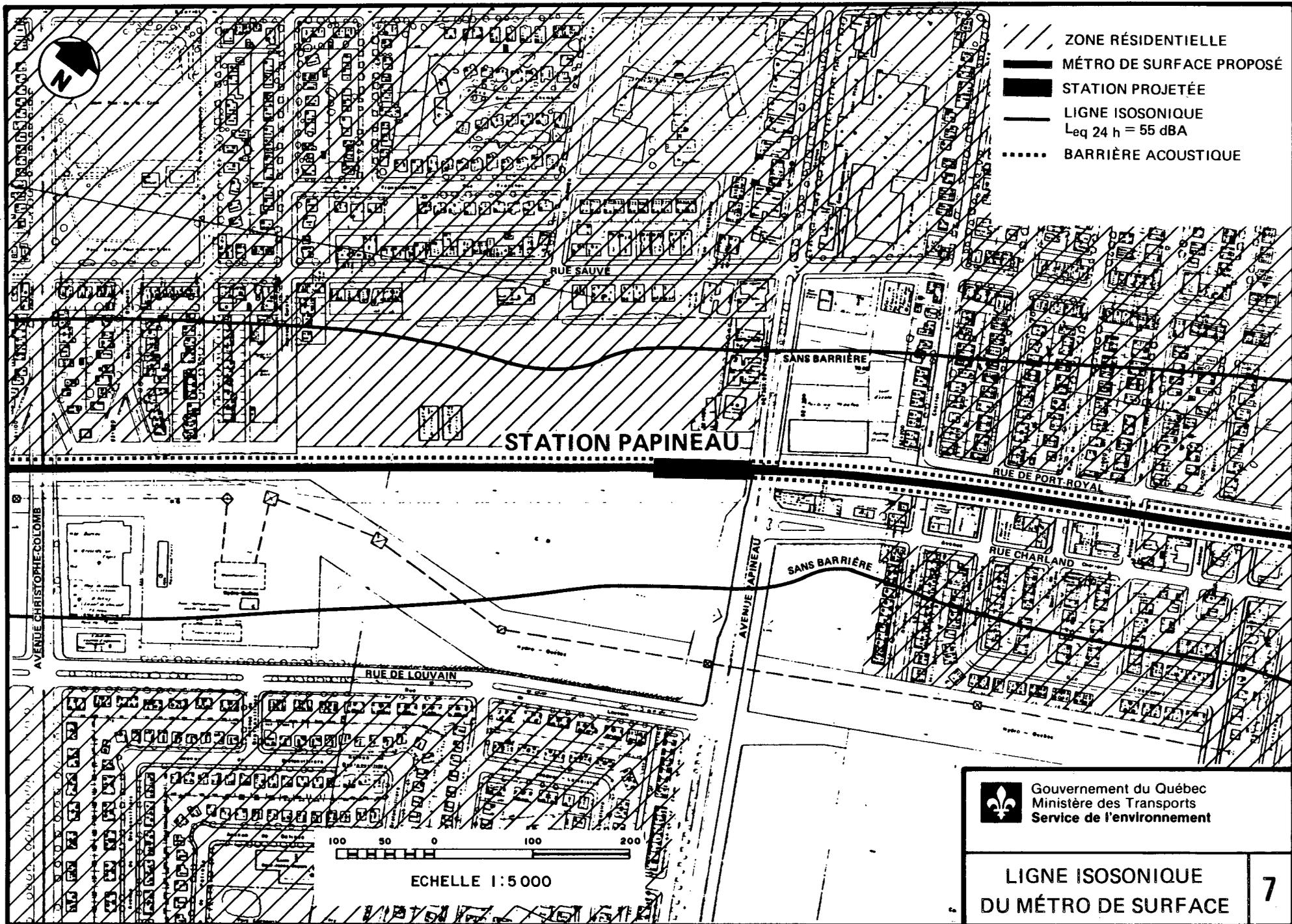


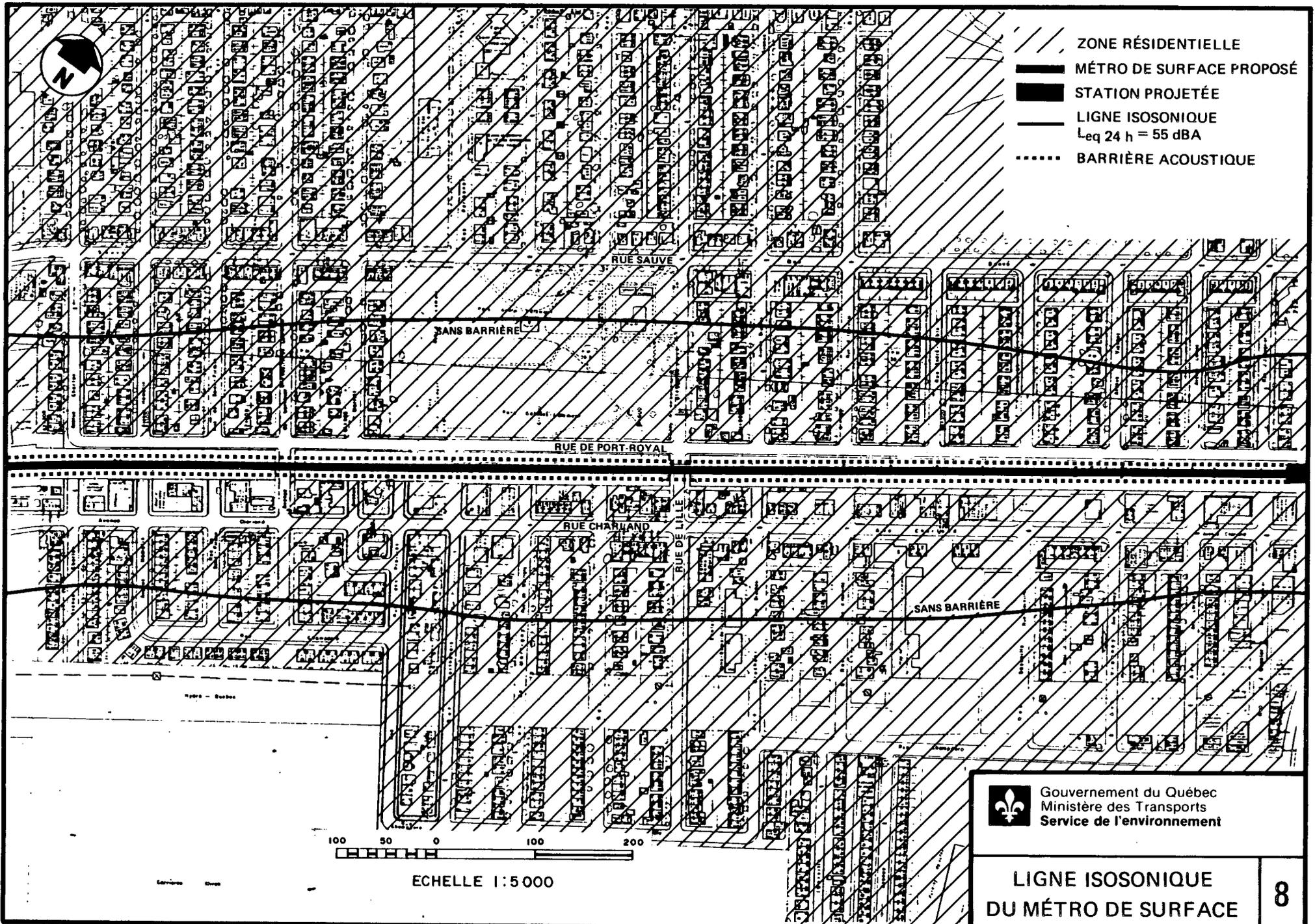
ECHELLE 1:5 000

 Gouvernement du Québec
Ministère des Transports
Service de l'environnement

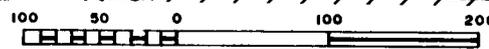
LIGNE ISOSONIQUE
DU MÉTRO DE SURFACE

6





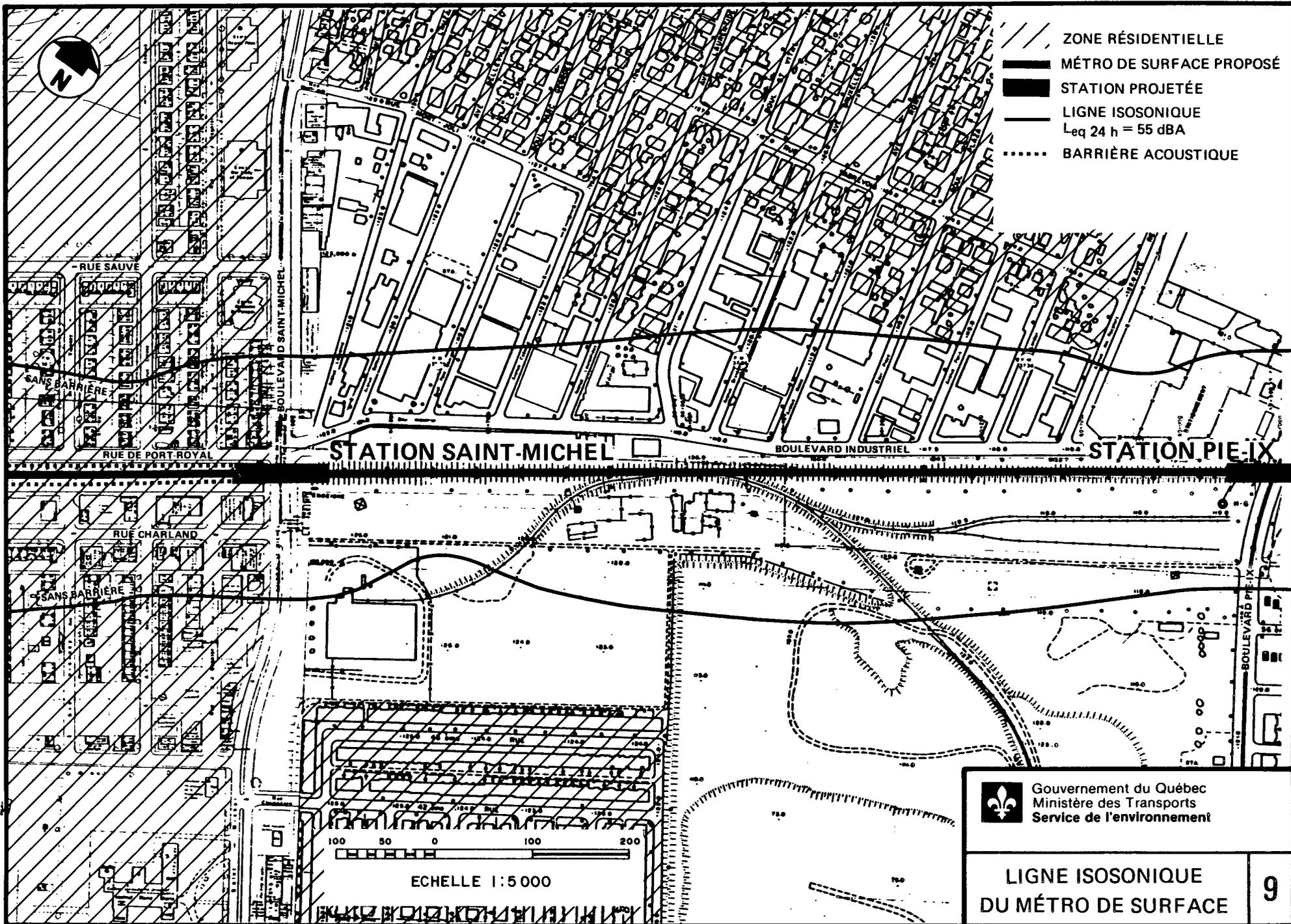
-  ZONE RÉSIDENTIELLE
-  MÉTRO DE SURFACE PROPOSÉ
-  STATION PROJETÉE
-  LIGNE ISOSONIQUE
Leq 24 h = 55 dBA
-  BARRIÈRE ACOUSTIQUE



ECHELLE 1:5 000

 Gouvernement du Québec
Ministère des Transports
Service de l'environnement

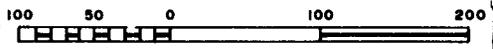
LIGNE ISOSONIQUE
DU MÉTRO DE SURFACE



-  ZONE RÉSIDENTIELLE
-  MÉTRO DE SURFACE PROPOSÉ
-  STATION PROJÉTÉE
-  LIGNE ISOSONIQUE
L_{eq} 24 h = 55 dBA
-  BARRIÈRE ACOUSTIQUE

STATION SAINT-MICHEL

STATION PIE-IX

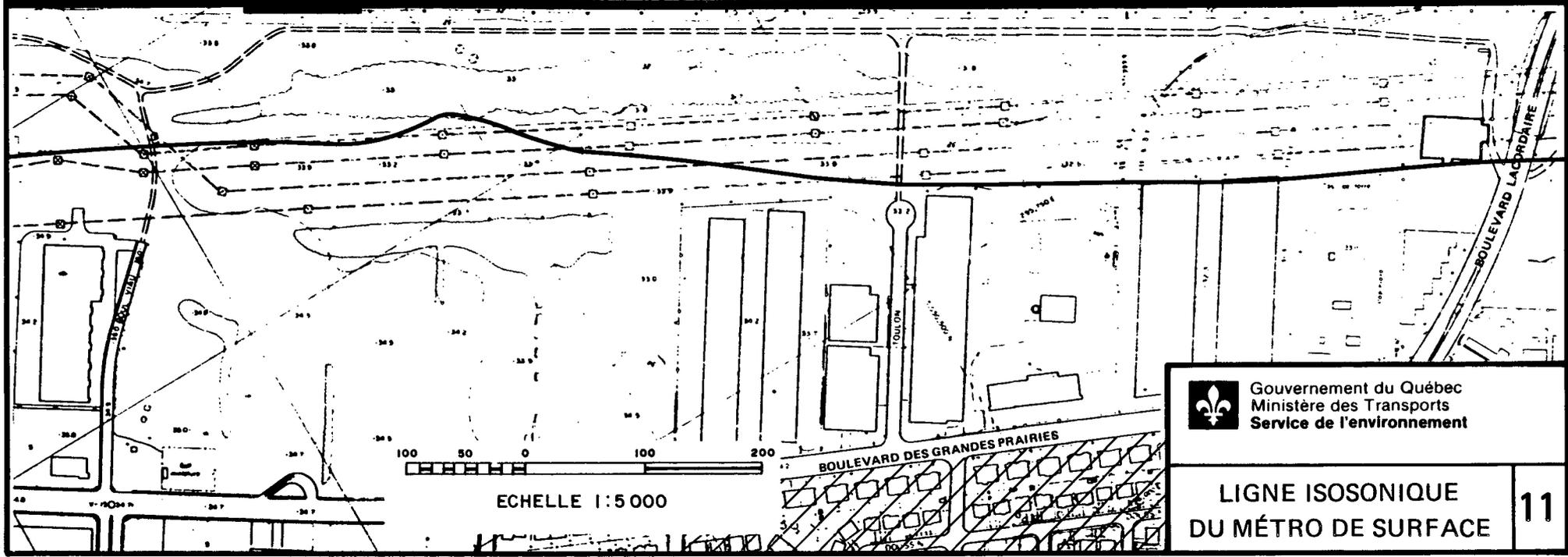
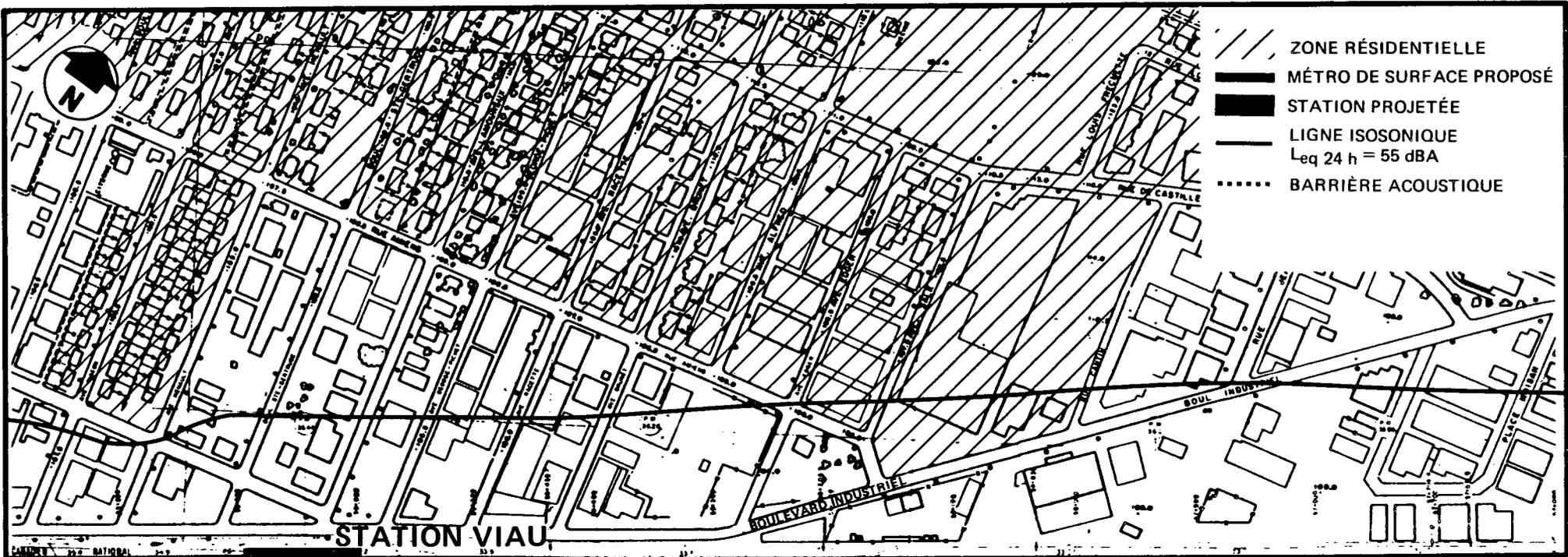


ECHELLE 1:5000

 Gouvernement du Québec
Ministère des Transports
Service de l'environnement

LIGNE ISOSONIQUE
DU MÉTRO DE SURFACE

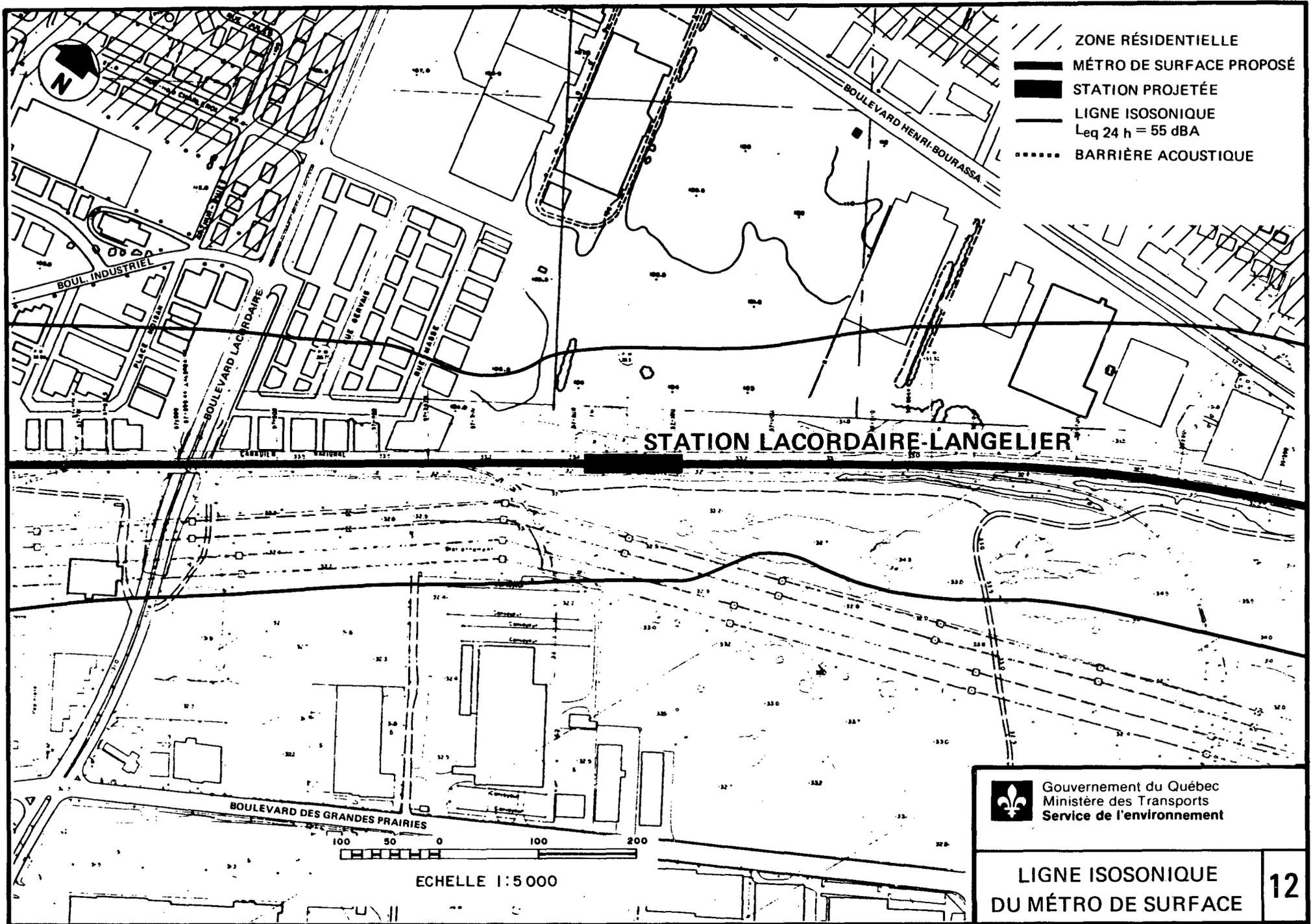
9

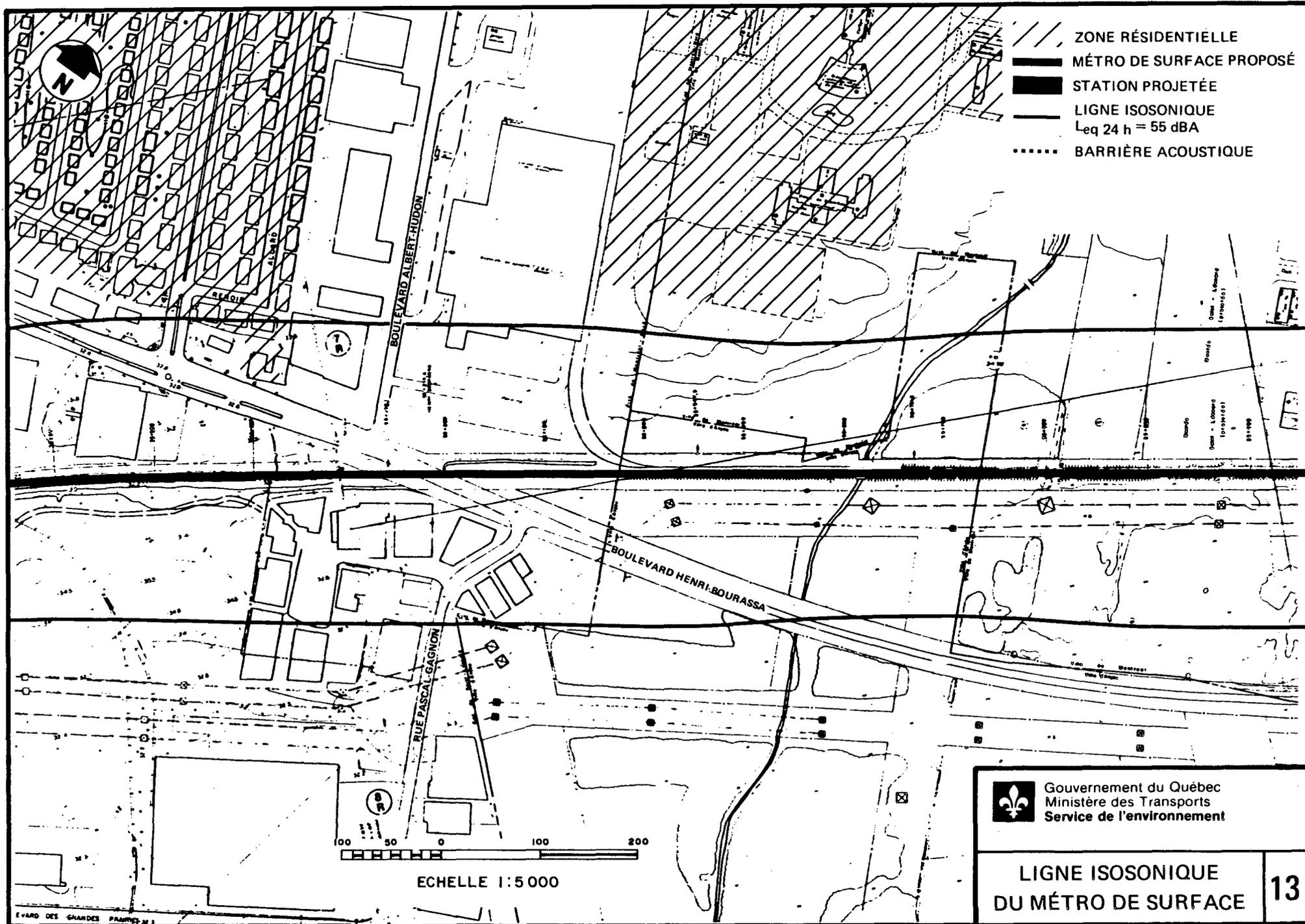


Gouvernement du Québec
Ministère des Transports
Service de l'environnement

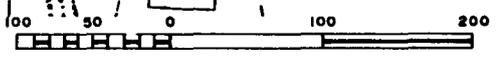
**LIGNE ISOSONIQUE
DU MÉTRO DE SURFACE**

11





-  ZONE RÉSIDENTIELLE
-  MÉTRO DE SURFACE PROPOSÉ
-  STATION PROJÉTÉE
-  LIGNE ISOSONIQUE
Leq 24 h = 55 dBA
-  BARRIÈRE ACOUSTIQUE



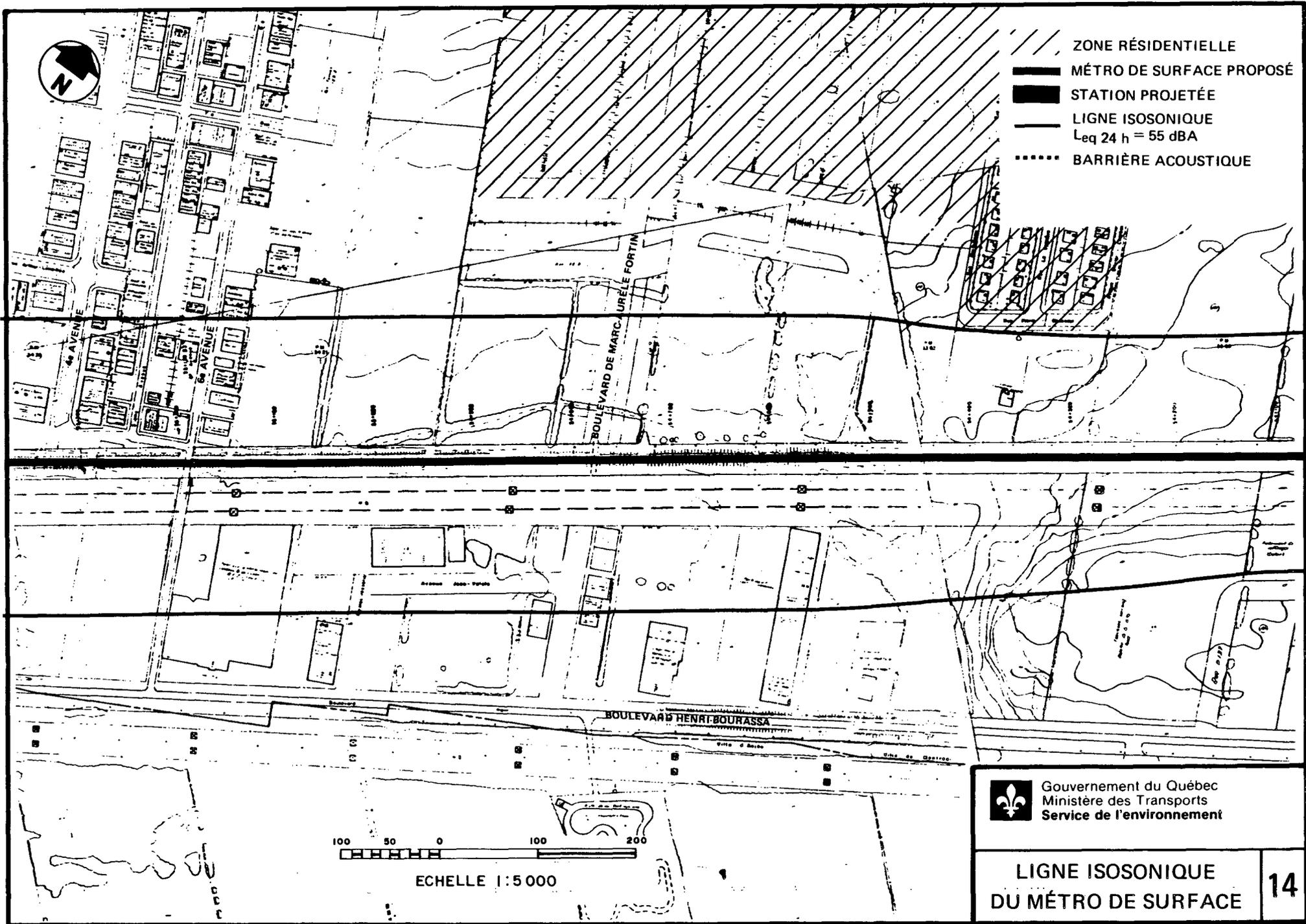
ECHELLE 1:5 000

 Gouvernement du Québec
Ministère des Transports
Service de l'environnement

LIGNE ISOSONIQUE
DU MÉTRO DE SURFACE

13

AVENUE DES GRANDES PRAIRIES

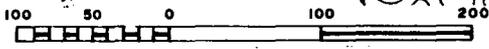


-  ZONE RÉSIDENTIELLE
-  MÉTRO DE SURFACE PROPOSÉ
-  STATION PROJETÉE
-  LIGNE ISOSONIQUE
Leq 24 h = 55 dBA
-  BARRIÈRE ACOUSTIQUE

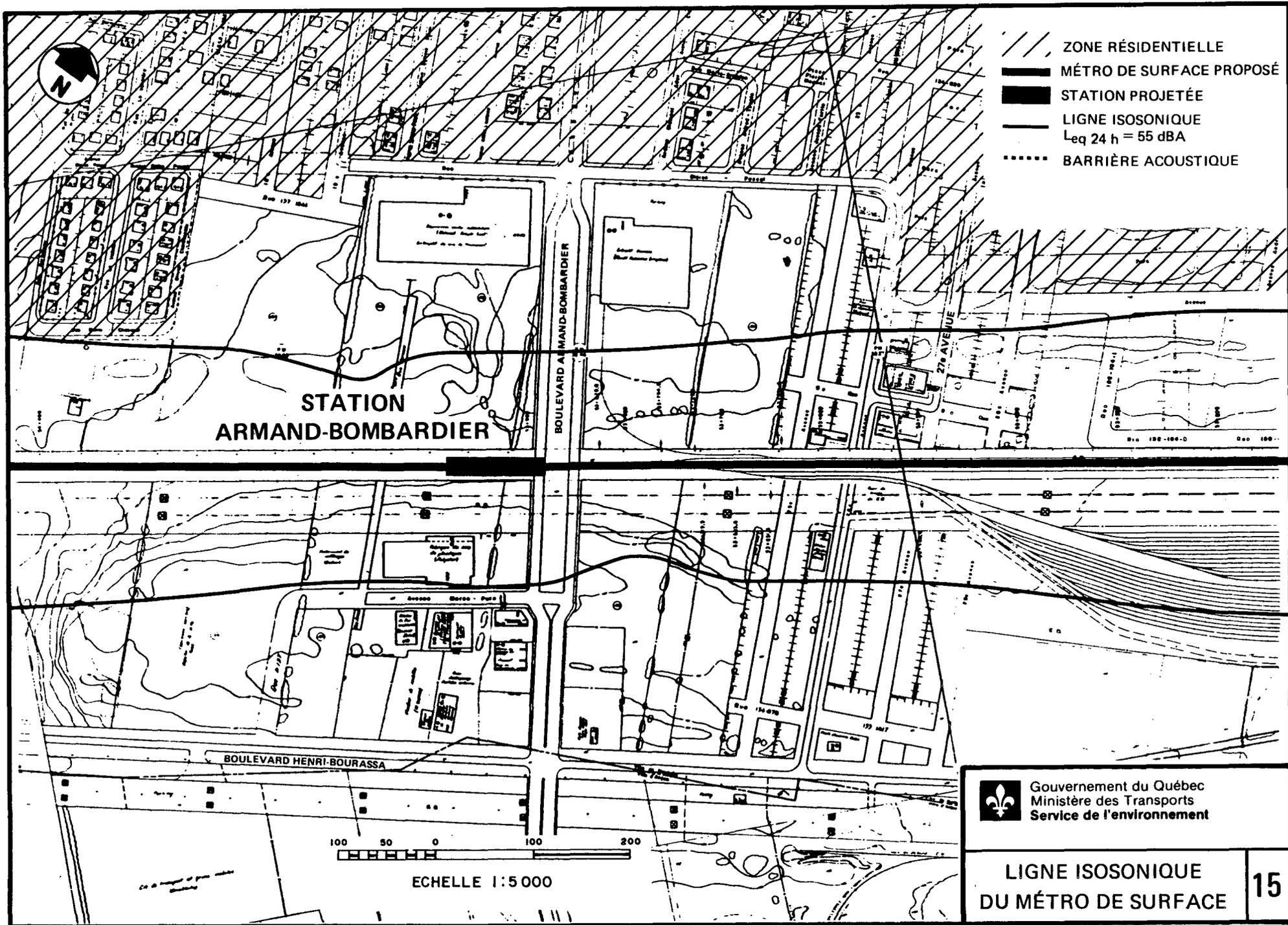
 Gouvernement du Québec
Ministère des Transports
Service de l'environnement

LIGNE ISOSONIQUE
DU MÉTRO DE SURFACE

14



ECHELLE 1:5 000

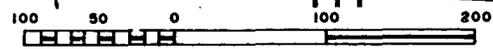


-  ZONE RÉSIDENTIELLE
-  MÉTRO DE SURFACE PROPOSÉ
-  STATION PROJÉTÉE
-  LIGNE ISOSONIQUE
Leq 24 h = 55 dBA
-  BARRIÈRE ACOUSTIQUE

**STATION
ARMAND-BOMBARDIER**

BOULEVARD ARMAND-BOMBARDIER

BOULEVARD HENRI-BOURASSA

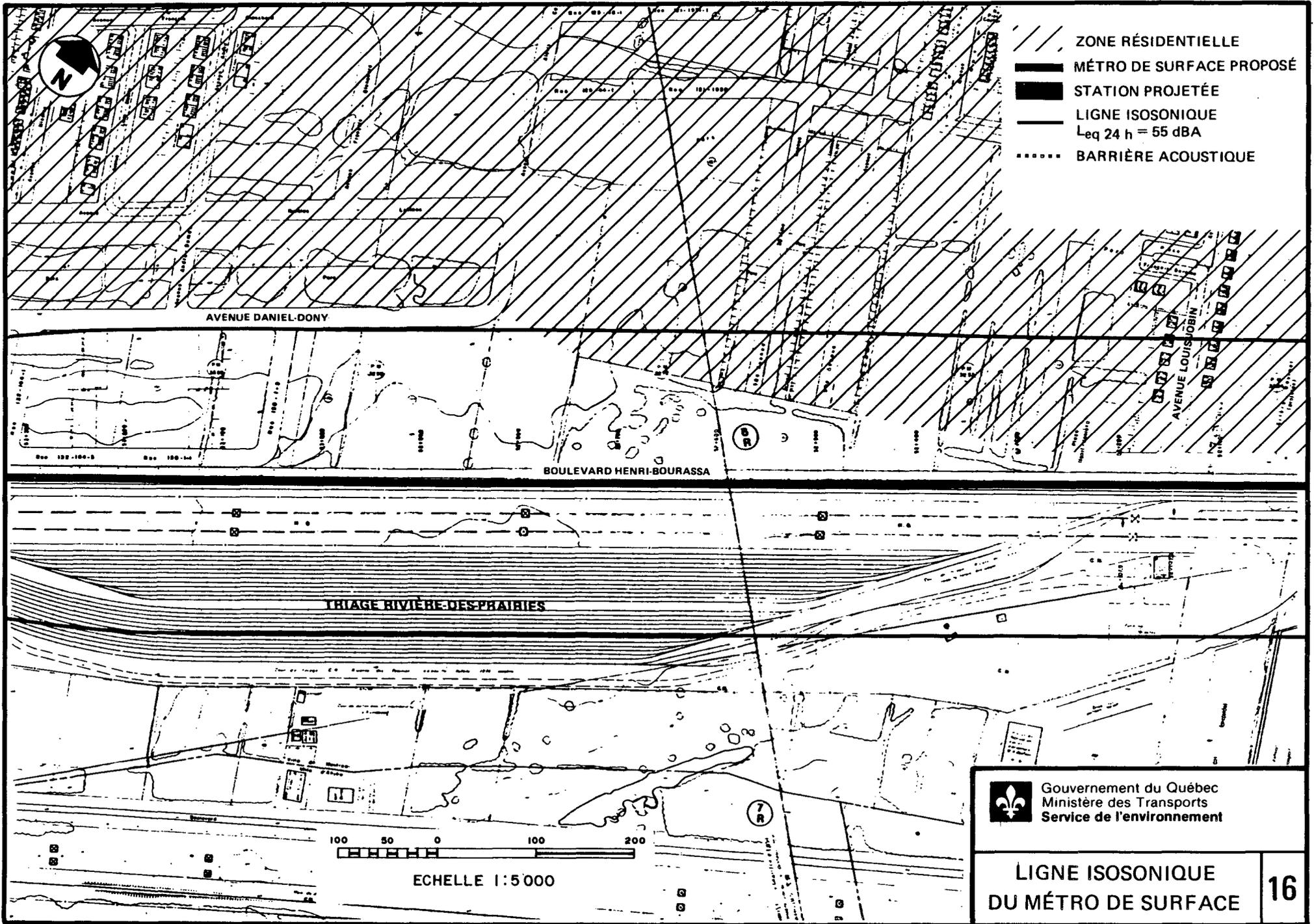


ECHELLE 1:5 000

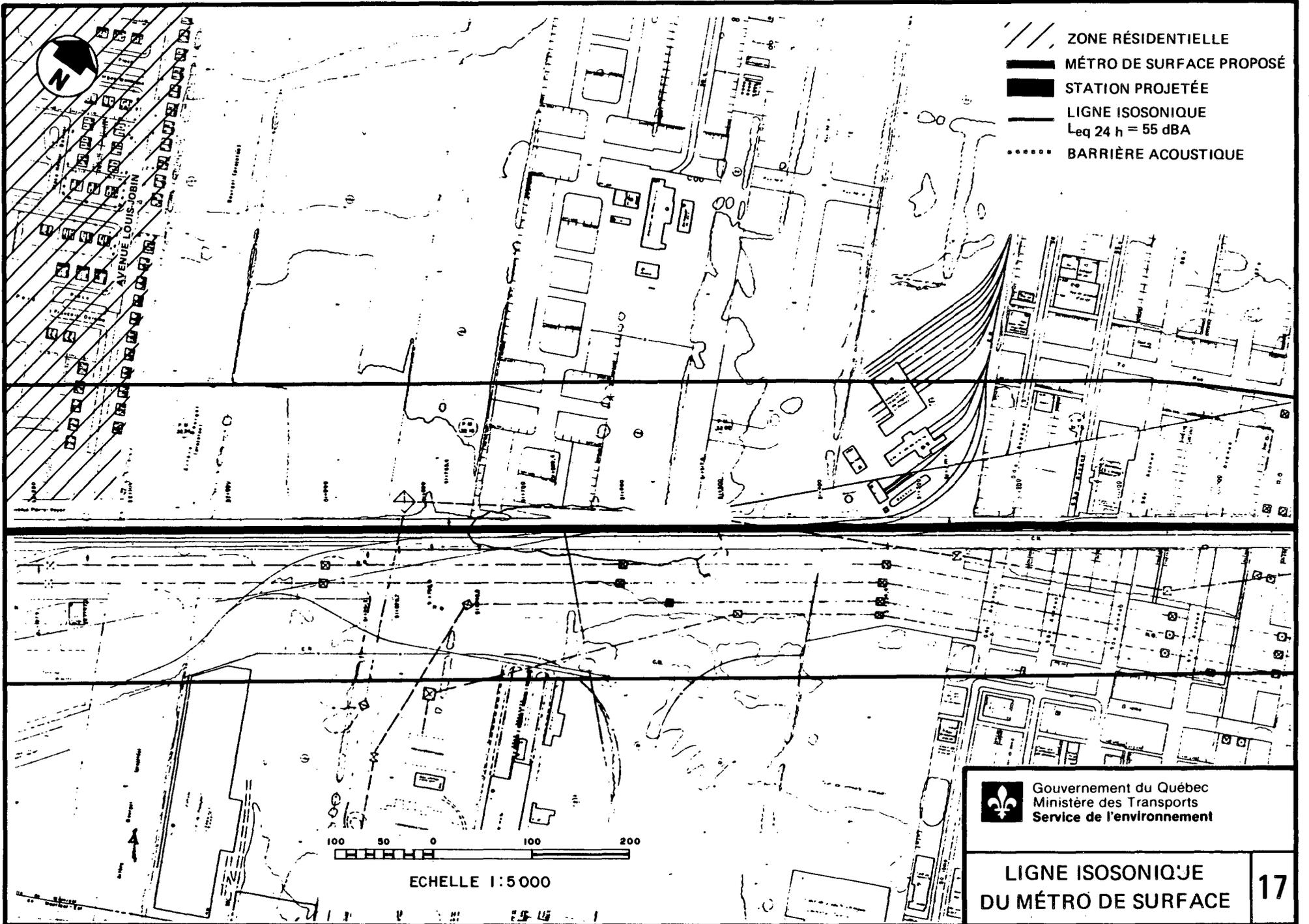
 Gouvernement du Québec
Ministère des Transports
Service de l'environnement

LIGNE ISOSONIQUE
DU MÉTRO DE SURFACE

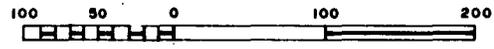
15



 Gouvernement du Québec Ministère des Transports Service de l'environnement	
LIGNE ISOSONIQUE DU MÉTRO DE SURFACE	16



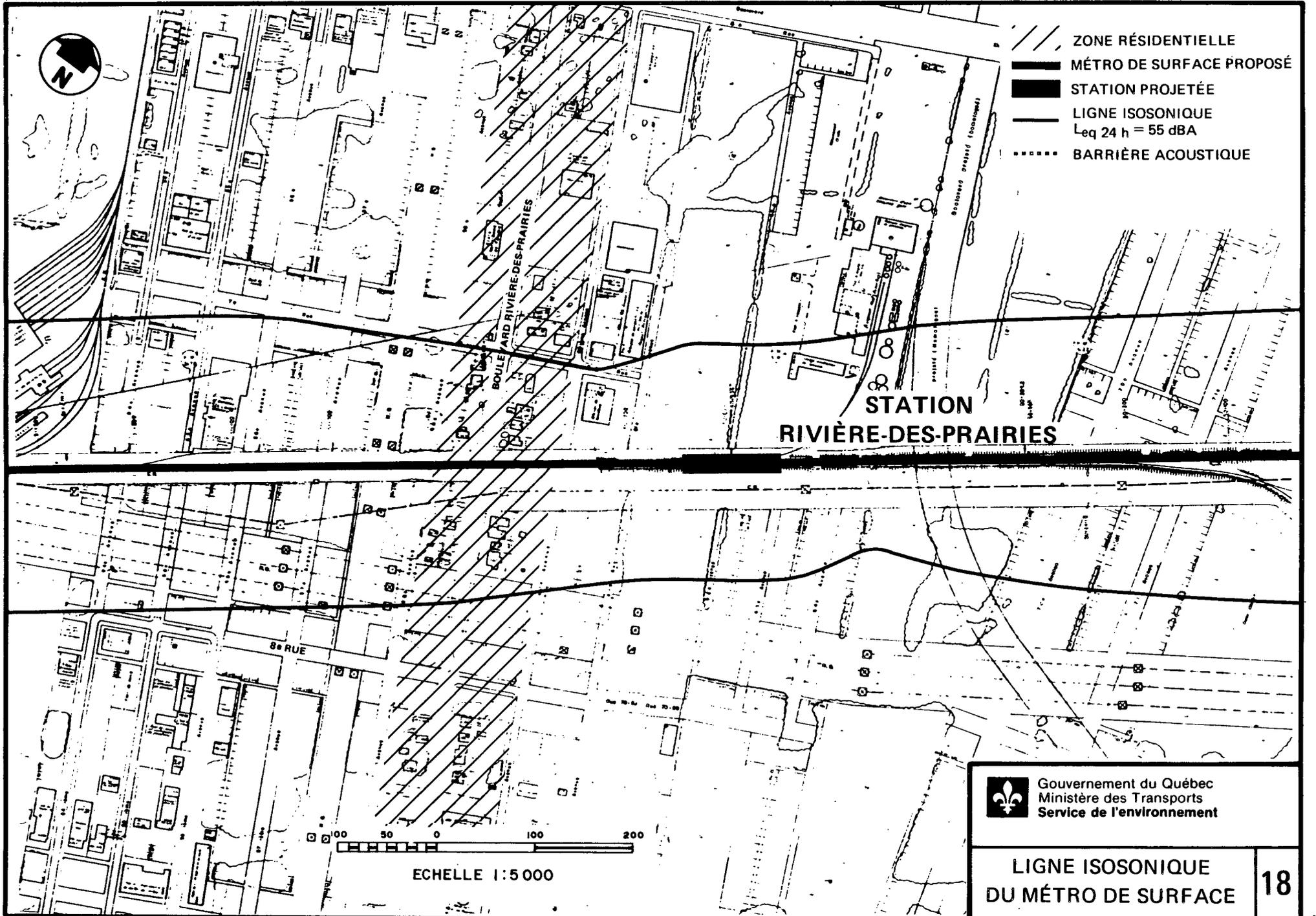
-  ZONE RÉSIDENTIELLE
-  MÉTRO DE SURFACE PROPOSÉ
-  STATION PROJETÉE
-  LIGNE ISOSONIQUE
L_{eq} 24 h = 55 dBA
-  BARRIÈRE ACOUSTIQUE



ECHELLE 1:5 000

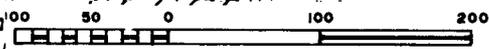
 Gouvernement du Québec
Ministère des Transports
Service de l'environnement

LIGNE ISOSONIQUE
DU MÉTRO DE SURFACE



-  ZONE RÉSIDENTIELLE
-  MÉTRO DE SURFACE PROPOSÉ
-  STATION PROJETÉE
-  LIGNE ISOSONIQUE
Leq 24 h = 55 dBA
-  BARRIÈRE ACOUSTIQUE

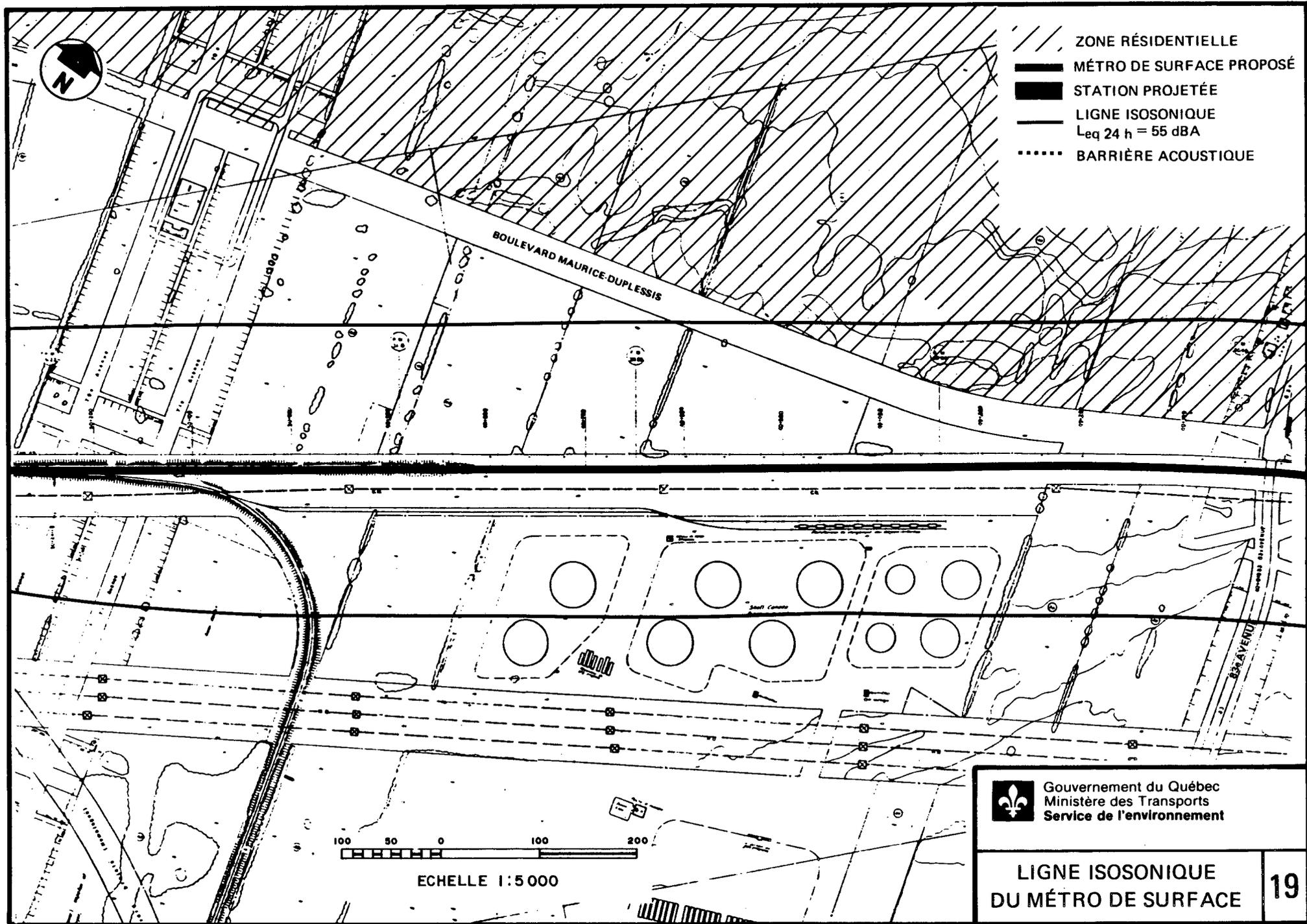
**STATION
RIVIÈRE-DES-PRAIRIES**

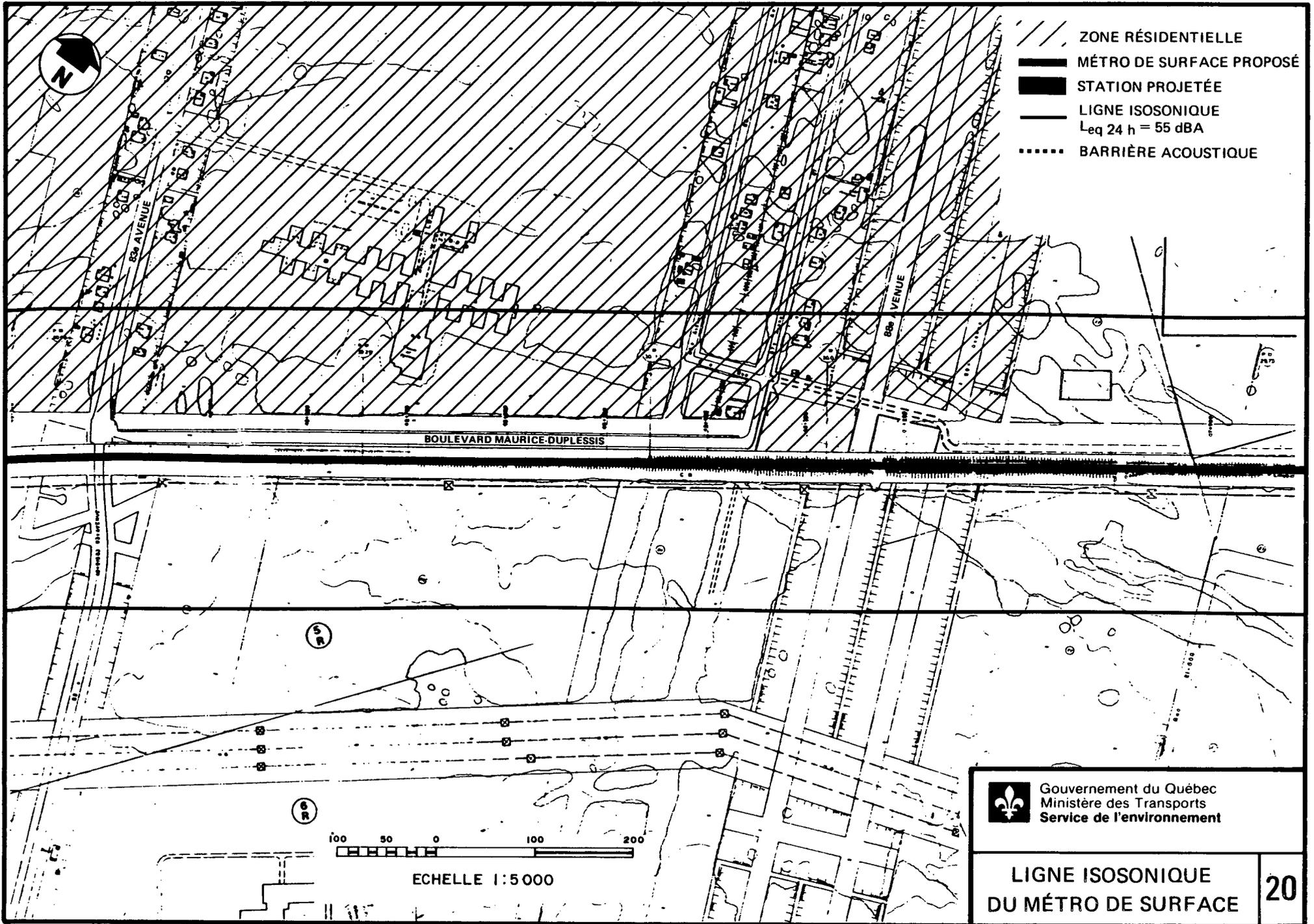


ECHELLE 1:5000

 Gouvernement du Québec
Ministère des Transports
Service de l'environnement

LIGNE ISOSONIQUE
DU MÉTRO DE SURFACE



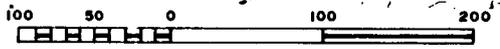


-  ZONE RÉSIDENTIELLE
-  MÉTRO DE SURFACE PROPOSÉ
-  STATION PROJETÉE
-  LIGNE ISOSONIQUE
Leq 24 h = 55 dBA
-  BARRIÈRE ACOUSTIQUE

BOULEVARD MAURICE-DUPLESSIS

5

6

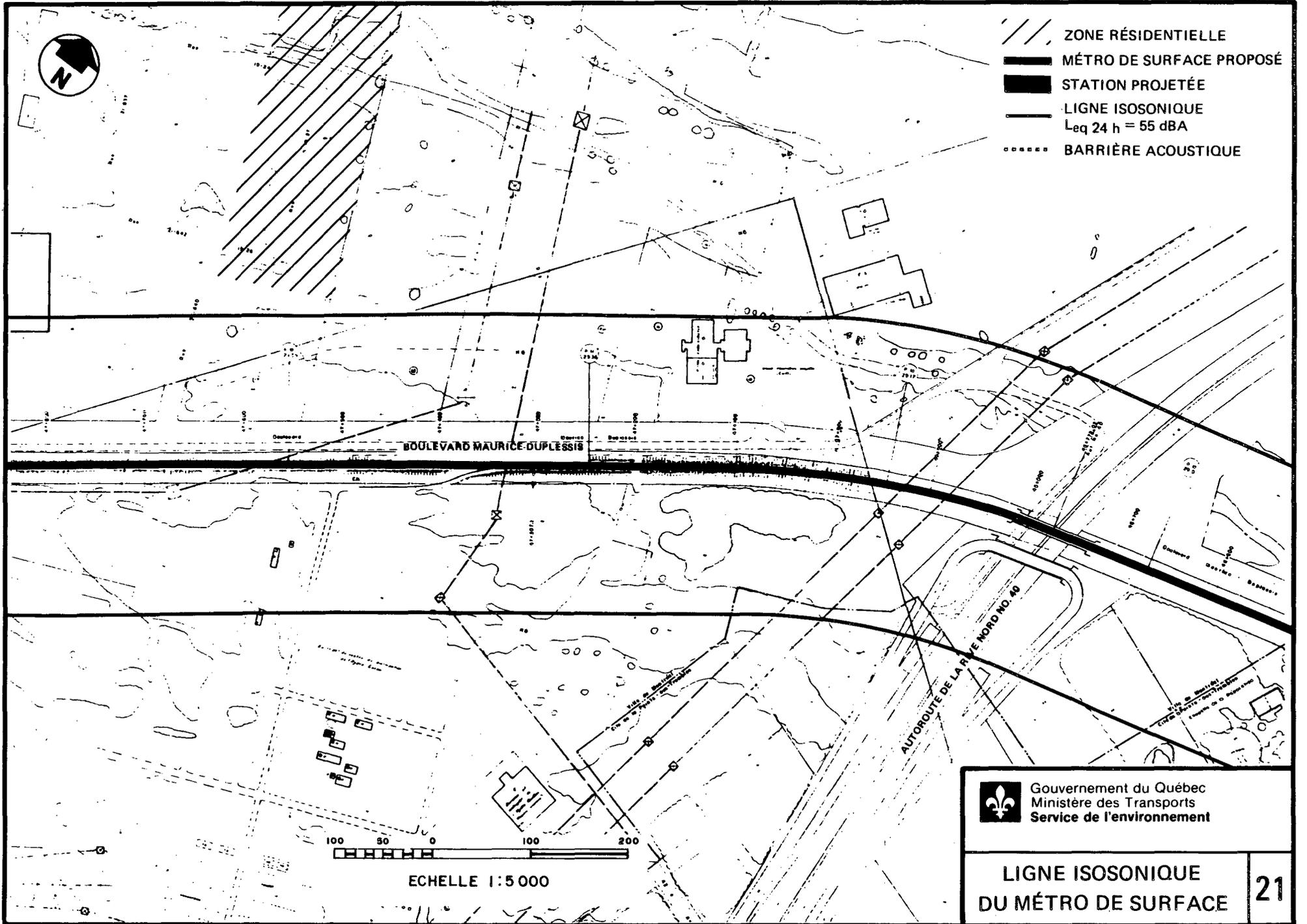


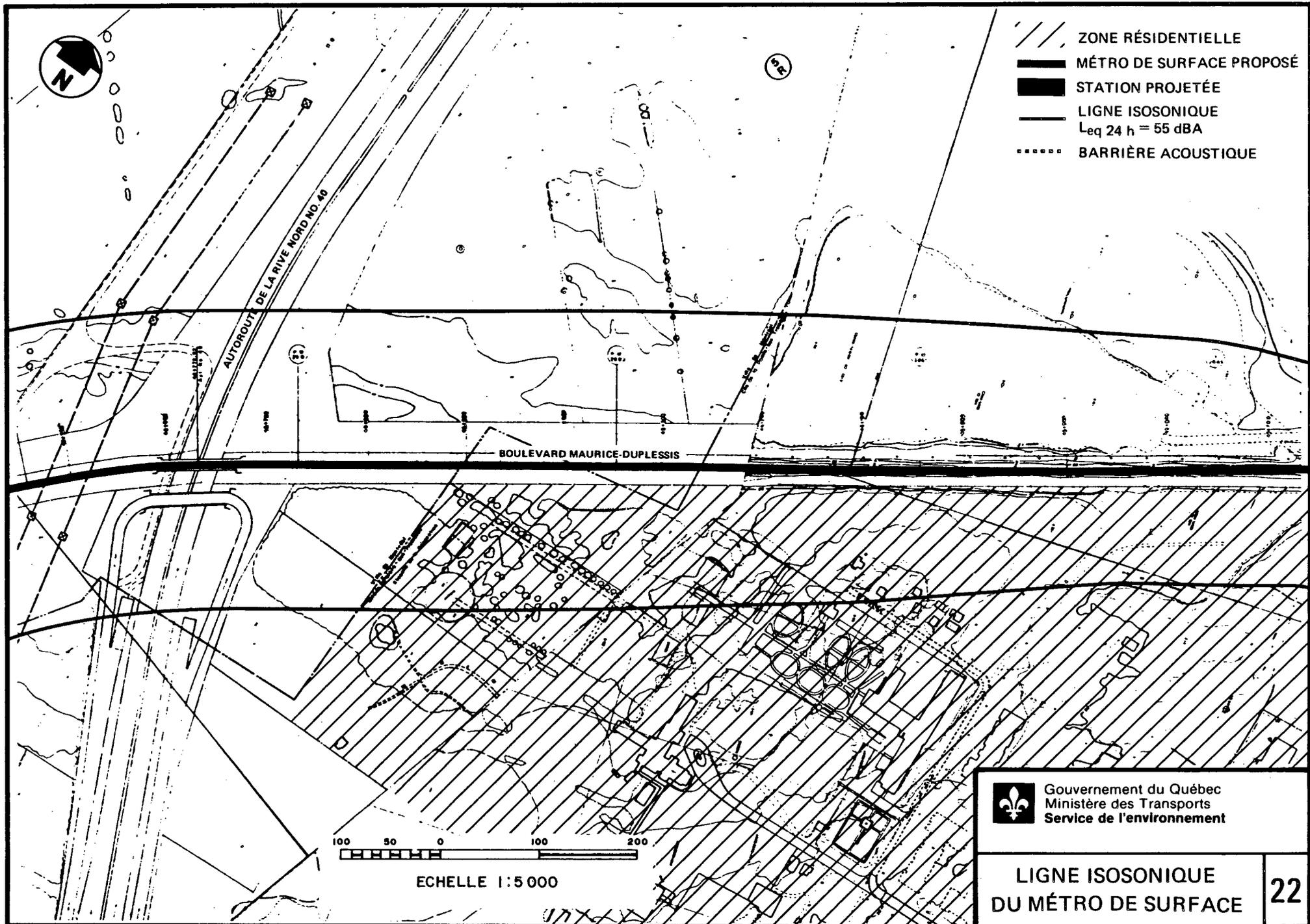
ECHELLE 1:5 000

 Gouvernement du Québec
Ministère des Transports
Service de l'environnement

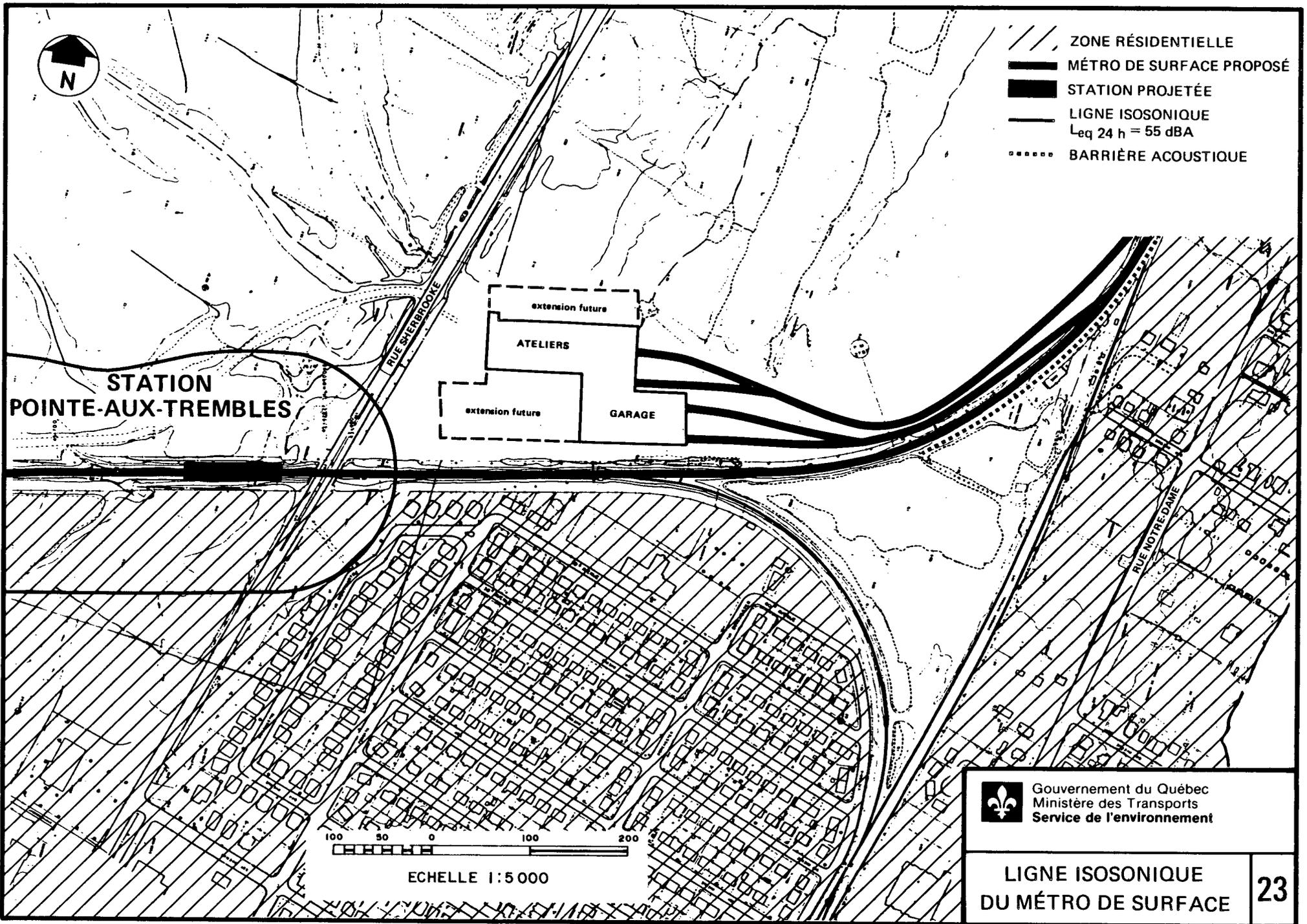
LIGNE ISOSONIQUE
DU MÉTRO DE SURFACE

20





 Gouvernement du Québec Ministère des Transports Service de l'environnement	
LIGNE ISOSONIQUE DU MÉTRO DE SURFACE	22

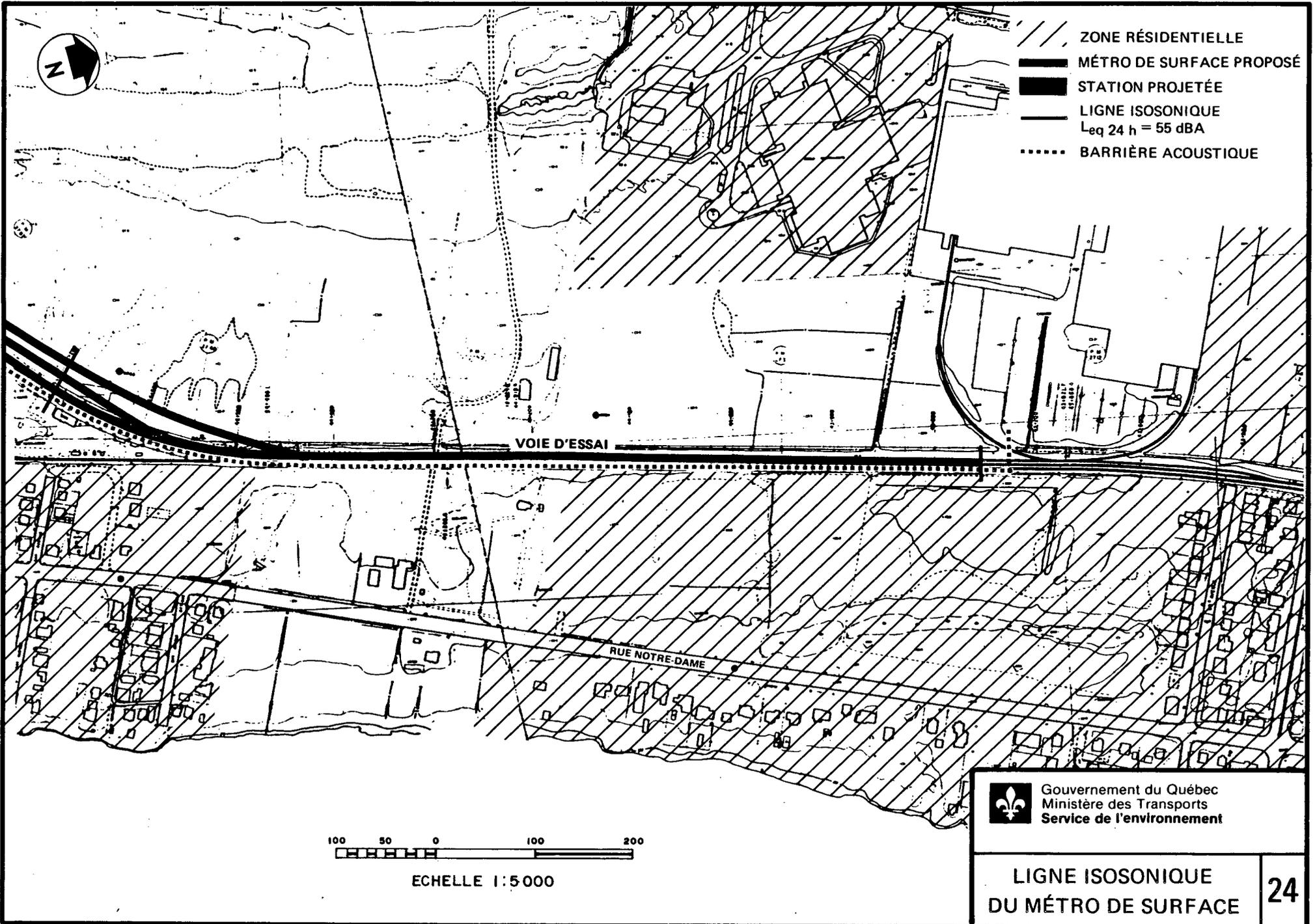


-  ZONE RÉSIDENNELLE
-  MÉTRO DE SURFACE PROPOSÉ
-  STATION PROJETÉE
-  LIGNE ISOSONIQUE
 $L_{eq} 24 h = 55 \text{ dBA}$
-  BARRIÈRE ACOUSTIQUE

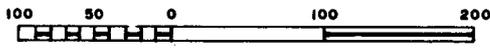
 Gouvernement du Québec
Ministère des Transports
Service de l'environnement

LIGNE ISOSONIQUE
DU MÉTRO DE SURFACE

23



-  ZONE RÉSIDENTIELLE
-  MÉTRO DE SURFACE PROPOSÉ
-  STATION PROJETÉE
-  LIGNE ISOSONIQUE
Leq 24 h = 55 dBA
-  BARRIÈRE ACOUSTIQUE



ECHELLE 1:5 000

 Gouvernement du Québec
Ministère des Transports
Service de l'environnement

LIGNE ISOSONIQUE
DU MÉTRO DE SURFACE

24

ANNEXE 8

PROGRAMME D'ENTRETIEN DES ROUES ET DES RAILS

ANNEXE 8 - Programme d'entretien des roues et des rails

A cause de la forte augmentation du bruit urbain et du niveau de vibration lorsque l'état des roues et des rails se détériore (section 2.4.3.3, a), un suivi de la condition de ces éléments est essentiel pour limiter l'impact sonore et vibratoire occasionné par l'implantation du métro de surface.

Les programmes d'entretien du matériel roulant et de la voie doivent inclure un suivi du fini de surface de ces éléments (roues, rails), qui différenciera les défauts mineurs (rugosité de surface) des défauts majeurs (plats, usure localisée, etc.).

Méthodes de suivi du fini de surface

a) Contrôle des plats sur les roues

Il existe actuellement des systèmes automatisés permettant d'identifier les roues qui ont des plats. Le système développé par «the Office for Research and Experiments (ORE) of the International Union of Railways (UIC)» permet même de déterminer la longueur du ou des plat(s) sur les roues d'une rame de métro.

Un tel système doit éventuellement être considéré, afin de minimiser les coûts d'entretien et de pouvoir effectuer un suivi de l'état des roues sur toutes les rames. Si un tel système n'est pas utilisé, une inspection visuelle de la surface de roulement des roues sera nécessaire.

Un système automatisé de détection des plats offre aussi l'avantage d'indiquer la méthode optimale de rectification pour un type donné de défauts.

b) Contrôle du fini de surface

Il n'existe actuellement que des appareils expérimentaux de mesure de la rugosité de la surface de roulement des rails. Le concept de mesure du fini de surface est toutefois semblable à celui utilisé pour mesurer l'état général des voies (alignement, ondulation, etc.) à l'aide d'un train expérimental. La différence principale entre ces deux systèmes de mesure est la gamme des fréquences opérationnelle.

Un autre système de détection de l'état des éléments roues-rails et de l'ensemble des équipements mécaniques des voitures est possible. Son efficacité reste cependant à évaluer car à notre connaissance, ce système n'est pas utilisé en mode automatique. Il s'agit d'installer à un point donné du tracé (possiblement la voie d'essai) où la vitesse du matériel roulant est contrôlée, un microphone qui identifierait une voiture anormalement bruyante. Utilisé conjointement avec un accéléromètre, on peut connaître l'état des éléments roues-rails et estimer par déduction si des éléments mécaniques sont défectueux ou requièrent un certain entretien.

Critères d'évaluation du fini de surface

a) Présence de plats sur les roues

Le système NYCTA a adopté la mesure suivante afin de limiter la zone d'impact tout en ne réduisant pas de façon significative la durée de vie des roues:

- 1) Lorsqu'un plat («flat spots») d'une longueur supérieure ou égale à 2,5 centimètres est observée sur une roue, celle-ci doit immédiatement être envoyée à l'atelier des petites revisions pour y être meulée.
- 2) Lorsqu'une série de plats d'une longueur variant entre 1,9 et 2,5 centimètres totalisent une longueur de plus de 10,2 centimètres (4 pouces) dans un même quadrant (le quart de la circonférence de la roue), elle doit être envoyée à l'atelier des petites revisions aussi tôt que possible pour y être meulée.

Ces mesures d'entretien pourraient être adaptées au matériel roulant du métro de surface et servir de directive de base à la mise en service. Par la suite, les résultats obtenus (niveau de bruit et de vibration avant et après rectification des défauts) serviront à optimiser les mesures correctives à prendre.

b) Fini de surface des roues et des rails

Aucune relation exacte (avec chiffres à l'appui) entre l'état des éléments roues-rails et les niveaux bruit-vibration n'a été définie jusqu'à maintenant. On sait toutefois que la zone d'impact s'accroît à mesure que le fini de surface des roues et des rails se détériore. En pratique, on observe qu'après une année d'utilisation (SEPTA) les niveaux de bruit dus à la dégradation des rails et des roues augmentent respectivement de 0 à 4 dB et de 2 à 3 dB.

On constate également que seuls les défauts et la rugosité de surface visibles à l'oeil nu contribuent de façon significative à l'augmentation du bruit et des vibrations.

Un suivi du fini de surface des roues et des rails sera nécessaire pour permettre d'évaluer les critères de rugosité de surface au-delà desquels il faudra procéder à l'entretien de ces éléments. Du point de vue de l'impact sonore et vibratoire l'augmentation maximale permise dépendra du matériel roulant utilisé et des mesures de mitigation qui vont y correspondre. Il est plus que probable que seule une analyse coûts/bénéfices permettra d'établir le compromis souhaitable.

c) Utilisation de longs rails soudés

L'utilisation de longs rails soudés nécessite leur meulage après installation, afin que la réduction attendue soit réalisable. Si la surface de roulement est recouverte de rouille et présente des imperfections dues au procédé de fabrication des rails, on peut s'attendre à une baisse du niveau sonore d'environ 6 dB(A) avec le meulage des rails. Cette opération est également essentielle pour corriger les défauts de surface causés par les soudures aux joints des rails.

ANNEXE 9

COMPTE RENDU DE REUNION
IMPACT SONORE LORS DE LA CONSTRUCTION



Date	3 juin 1983	
Endroit	255, Crémazie est, 9e étage	Montréal
Rédigé par	Jean-Luc Allard	
	 Signature	

Objet	Métro de surface, ligne no 6 Impact sonore lors de la construction
But	Elaborer un cheminement de construction typique et en faire ressortir les sources principales de bruit.

Etaient présents	MM. Jean-Luc Allard, M.T.Q. Roméo Bureau, COTREM André Jean, COTREM E. René Landry, COTREM Jean-Pierre Panet, M.T.Q.
------------------	--

Copie à	aux personnes présentes
---------	-------------------------

Objet Métro de surface, ligne no 6

Détails	Action à prendre par	Délai
<p>1. Rappel sur l'ensemble du projet et particulièrement sur l'emplacement de la ligne no 6 du métro de surface.</p>		
<p>2. Rappel des étapes typiques reliées à la construction de la ligne no 6 telles que décrites dans les rapports finaux: «Preliminaires - Gros Oeuvres» rédigés par Canatrans Inc.</p>		
<p>3. Les sources de bruit majeures pour la construction de la ligne no 6 se limitent aux travaux de Gros-Oeuvres qui requièrent de la machinerie lourde et/ou des équipements bruyants (includ: viaducs, infrastructures et voie).</p> <p>Les travaux d'installation des rails et des appareils de voies sont d'une durée très limitée et ne requièrent pas d'étude élaborée en ce qui concerne l'impact sonore.</p>		
<p>4. La construction des garages, des ateliers et des stations requiert davantage de main-d'oeuvre que d'équipements bruyants et l'impact causé par ces travaux devrait être moindres que ceux des gros-oeuvres.</p>		
<p>5. Énumération (au tableau 1 de la page suivante) des étapes de construction et de machinerie utilisée qui peuvent causer un impact sonore important.</p>		
<p>6. La durée d'une journée standard de travail pour la construction de la ligne no 6 devrait être de 10 heures.</p>		

TABLEAU 1: ETAPES DE CONSTRUCTION ET MACHINERIE UTILISEE

Etape de construction	Opération à effectuer	Machinerie utilisée	Remarques
- Infrastructure des stations et murs de soutènement	- Excavation:	1 bulldozer 1 chargeur (3 à 5 v ³)	Un nombre plus élevé de machinerie lourde est possible (à confirmer).
	a) jusqu'au niveau du gel avec plantage de pieux	5 à 10 camions à l'heure dont 2 à 3 sur le chantier	
	b) jusqu'au roc		
	- Plantage de pieux ou soutènement temporaire	1 grue 1 camion (boom truck)	
	- Fondations:		
	a) formes	1 grue	
	b) bétonnage	1 grue 5 à 10 bétonnières (variable) dont 2 à 3 sur le chantier (à confirmer) 1 pompe à béton	
	- Remblayage	Même qu'excavation et en plus: 1 compacteuse 1 niveleuse 1 camion-citerne	Pour le tronçon #2, l'apport de matériel sera fait par wagons, sur la voie du CN Rail plutôt que par camions.
- Viaducs	- Excavation	Voir: infrastructure des stations	
	- Démolition	2 pépines avec pics 1 compresseur 600 HP camions chargeuse	- durée approximative: 1 semaine/viaduc - aucun dynamitage n'est prévu jusqu'à maintenant
	- Dynamitage (nécessaire pour les assises)	1 compresseur 600 HP 2 foreuses à air comprimé sur chenille 1 chargeuse (pour déblayage)	- typiquement, on doit excaver 40 000 v ³ de roc par viaduc. - durée: environ 1 semaine - requis pour viaducs: Lacordaire, Henri-Bourassa, 83e avenue et possiblement pour l'autoroute 40.

TABLEAU 1 (SUITE)

type de construction	Opération à effectuer	Machinerie utilisée	Remarques
Viaducs (suite)	- Enfouissement de pieux	Voir: infrastructure des stations	*
	- Formes et bétonnage	Voir: infrastructure des stations	
	- Remblayage	Voir: infrastructure des stations	
Voie	- Décapage	1 bulldozer 1 chargeur (3 à 5 v ³) 5 à 10 camions à l'heure dont 2 à 3 sur le chantier	- cette machinerie occupera la voie sur une longueur d'environ 100 mètres
	- Remblayage	Même qu'excavation et en plus: 1 compacteuse 1 niveleuse 1 camion-citerne	- valable pour une longueur de voie de 100 mètres.

ANNEXE 10

NORME ONTARIENNE (NPC-115) CONCERNANT
LE BRUIT DE LA CONSTRUCTION

MODEL
MUNICIPAL
NOISE CONTROL
BY-LAW

Final Report

August, 1978



Ontario

Ministry
of the
Environment

Hon. Harry C. Parrott, D.D.S.,
Minister

K. H. Sharpe,
Deputy Minister

Publication NPC-115

Construction Equipment

1. Scope

This Publication sets sound emission standards for various items of new construction equipment according to the date of manufacture of the equipment.

2. Technical Definitions

The technical terms used in this Publication are defined in Publication NPC-101 - Technical Definitions.

3. Sound Emission Standards

Tables 115-1 to 115-4 inclusive list Residential Area sound emission standards and Quiet Zone sound emission standards for specific items of new construction equipment measured in accordance with the procedures indicated.

TABLE 115-1

Quiet Zone and Residential Area Sound Emission Standards for
Excavation Equipment, Dozers, Loaders, Backhoes or
Other Equipment Capable of Being Used for
Similar Application

Maximum Sound Level as determined using Publication NPC-103 - Procedures, section 6		
	dBA	
	Power Rating	Power Rating
Date of Manufacture	Less than 75 kW	75 kW and larger
January 1, 1979 to December 31, 1980	85	88
January 1, 1981 and after	83	85

TABLE 115-2

Sound Emission Standards for Pneumatic Pavement Breakers

Standard	Date of Manufacture	Maximum Sound Level as measured using Publication NPC-103 - Procedures, section 7 dBA
Quiet Zone Sound Emission and after Standard	Jan. 1, 1979	85
Residential Area Sound Emission Standard	Jan. 1, 1979 to Dec. 31 1980	90
	Jan. 1, 1981 and after	85

TABLE 115-3

Sound Emission Standards for Portable Air Compressors

Standard	Date of Manufacture	Maximum Sound Level as measured using Publication NPC-103 - Procedures, section 7 dBA
Quiet Zone Sound Emission to Dec. 31, 1980 Standard	Jan. 1, 1979	76
	Jan. 1, 1981 and after	70
Residential Area Sound Emission Standard	Jan. 1, 1979 and after	76

TABLE 115-4

Sound Emission Standard for Tracked Drills

Standard	Date of Manufacture	Maximum Sound Level as measured using Publication NPC-103 - Procedures, section 6.
Quiet Zone and Residential Area Sound Emission Standard	Jan. 1, 1981 and after	dBA 100

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

- Alberta, Research Council of Alberta, Industrial and Engineering Services, Noise and Vibration Control on Edmonton's North-East LRT Line, Edmonton, Alta, 98 pages.
- Canada, Transports Canada, Administration canadienne des transports aériens, Division de la planification et des recherches aéronautiques. A Description of the CNR and NEF Systems for Estimating Aircraft Noise Annoyance. Rapport no R-71-20, Ottawa: Administration canadienne des transports aériens, octobre 1971.
- Canada, Transports Canada, Région du Québec, Réseau des Aéroports de Montréal. Etude de la répartition du trafic, l'impact de l'agression sonore, aéroport de Dorval, Ottawa, juillet 1980.
- Conseil des transports de la région de Montréal. Le métro de surface, rapport préliminaire, Montréal, mars 1982, 19 p.
- Etats-Unis, Department of Housing and Urban Development. Noise in Urban and Suburban Areas. Préparé pour la Federal Housing Administration par Bolt, Beranck and Newman Inc., Washington, D.C. Government Printing House, janvier 1967.
- Etats-Unis, U.S. Environmental Protection Agency, Information on Levels of Environmental Noise Requisite to Protect Public Health and Welfare with an Adequate Marque of Safety, rapport final, 550/9-74-004, Washington D.C., mars 1974.
- International Organization for Standardization, Guide to the Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration, ISO 236-1978 (E), 2e édition Guisse, janvier 1978.

- Nations Unies, Organisation de l'aviation civile internationale. Rapport de la réunion spéciale sur le bruit des aéronefs au voisinage des aéroports. Dec. 8837, Noise (1969), Montréal, OACI, 1967.
- New York, New York city Transit Authority, New York city Transit Authority design Guidelines: New car Engineering, Rapport technique, New York, mars 1975, 252 pages.
- Ontario, Ministry of the Environment. Model Municipal Noise Control By-Law. Rapport final, Toronto, août 1978, 131 pages.
- Ontario, Ministry of Housing, Land Use Planning for Noise Control in Residential Communities, août 1980, 63 p.
- Québec, Ministère des Transports, Ligne Mirabel, réseau express de Montréal, fascicule 7; Les impacts, Québec, août 1978, 77 pages.
- Société canadienne d'hypothèques et de logements, Nouveaux secteurs résidentiels à proximité des aéroports, édition révisée de 1981, 37 pages.
- Société canadienne d'hypothèques et de logements, Road and Rail Noise: Effects on Housing, édition révisée de 1981, 118 pages.
- Bryan, M.E., «A tentative Criterion for acceptable Noise Levels in Passenger Vehicles.» Journal of Sound and Vibration, 48 (4), Academic Press Inc., London, England, 1976, pp. 525-535.
- Davis, Edward W., Comparison of Noise and Vibration Levels in Rapid Transit Vehicle Systems, Rapport technique, National Capital Transportation Agency, Washington D.C., avril 1964, 170 pages.
- Dunton, W.H. et P.R. Norton. Guideline Specification for Urban Rail Cars, Rapport final, U.S. Dept. of Transportation, Washington D.C., mars 1973, 170 pages.

- Hamel, Jean-Claude. Les trains de banlieue, l'étude de la situation, Conseil des transports de la région de Montréal, Montréal, Québec, décembre 1978, 63 pages.
- Harris, Cyril M. Handbook of Noise Control, 2e édition, Mc Graw-Hill co. N.T., 1979.
- Irwin, J.D. et E.R. Craf. Industrial Noise and Vibration Control, Prentice-Hall, Engliwood Cliffs, N.J., E.U., 1979, 436 pages.
- Jones, H.W. (ed.), Noise on the Human Environment, vol. 1, Environmental Council of Alberta, Edmonton, Alta, 1979, 119 pages.
- Kessler, Schomer, Chanaud et Rosendahl, Construction site noise control, Cost benefit estimating procedures, Construction Engineering Research Laboratory, Interim N-36, Janvier 1978, 32 pages.
- Kurzweil, Leonard G. et Robert Lotz. Prediction and Control of Noise and Vibration in Rail Transit Systems, rapport final, U.S. Department of transportation, Urban Mass transportation administration, Washington D.C., 1978, 120 pages.
- Manning, J.E. R.G. Cann et J.J. Fredberg. Prediction and Control of Noise and Vibration - A State-of-the-Art Assessment, Rapport intérimaire, U.S. Department of Transportation, Urban mass transportation administration, Washington D.C., Avril 1974, 240 pages.
- Manuel, J. (ed) Acoustics technology in Land Use Planning, vol. 1, Analysis of Noise Impact Ministry of the Environment, Govt of Ontario, Toronto, 1978, 250 pages.
- Morin, Bernard et Yves Ste-Marie, Bruits de la circulation, document 4.2.9, Comité des transports de la région de Montréal, Montréal, juin 1977, 90 pages.
- Peters, S. «The Prediction of Railway Noise Profiles». Journal of Sound and Vibration, 32 (1), (Academic Press Inc., London, England, 1974), pp. 87-99.

- Reagan Jerry et Charles Garant, Construction noise: Measurement, Prediction and mitigation, FHWA-HEV-2-77, 52 pages.
- Remington, Paul J. Michael J. Rudd et Istvan L. Vér. Wheel/Rail Noise and Vibration, vol. 1, Mechanics of wheel/rail noise generation, Rapport final, U.S. Department of Transportation, Washington D.C., mai 1975, 212 pages.
- Remington, Paul J. Michael J. Rudd et Istvan L. Vér. Wheel/Rail Noise and Vibration, vol. 2, Application to Control of wheel/rail noise, Rapport final, U.S. Department of Transportation, Washington D.C., mai 1975, 170 pages.
- Rickley, Edward, J. et Norman E. Rice. Vibration Level Data Brighton - New York City transit authority, rapport final, U.S. Department of Transportation, Washington D.C., février 1981, 46 pages.
- Saurenman, Hugh J. James T. Nelson et George P. Wilson. Handbook of Urban Rail Noise and Vibration Control, Urban Mass transportation administration, U.S. Department of Transportation, Washington D.C., 1982, 794 pages.
- Schultz, T.J. Development of an acoustic rating scale for assessing annoyance caused by wheel/rail noise in urban transit, Rapport intérimaire, U.S. Department of Transportation, Washington D.C., février 1974, 62 pages.
- Unger, Eric E. et Larry E. Witting. Wayside noise of elevated transit structures: Analysis of published data and supplementary measurements, rapport intérimaire, U.S. Department of Transportation, Washington D.C., décembre 1980, 126 pages.
- Wilson, George P. Aerial Structure Noise, Wilson, Ihrig and associates, Inc., Oakland, CA, Prepared for de Leuw Cather and Company and the Washington Metropolitan Area Transit Authority, juin 1972.
- Wilson, George P. Noise Levels from Operations of CTA Rail Transit Trains. Wilson, Ihrig and associates, Inc., Oakland, CA, Préparé pour Chicago Transit Authority, mai 1977.
-

MINISTÈRE DES TRANSPORTS



QTR A 090 301