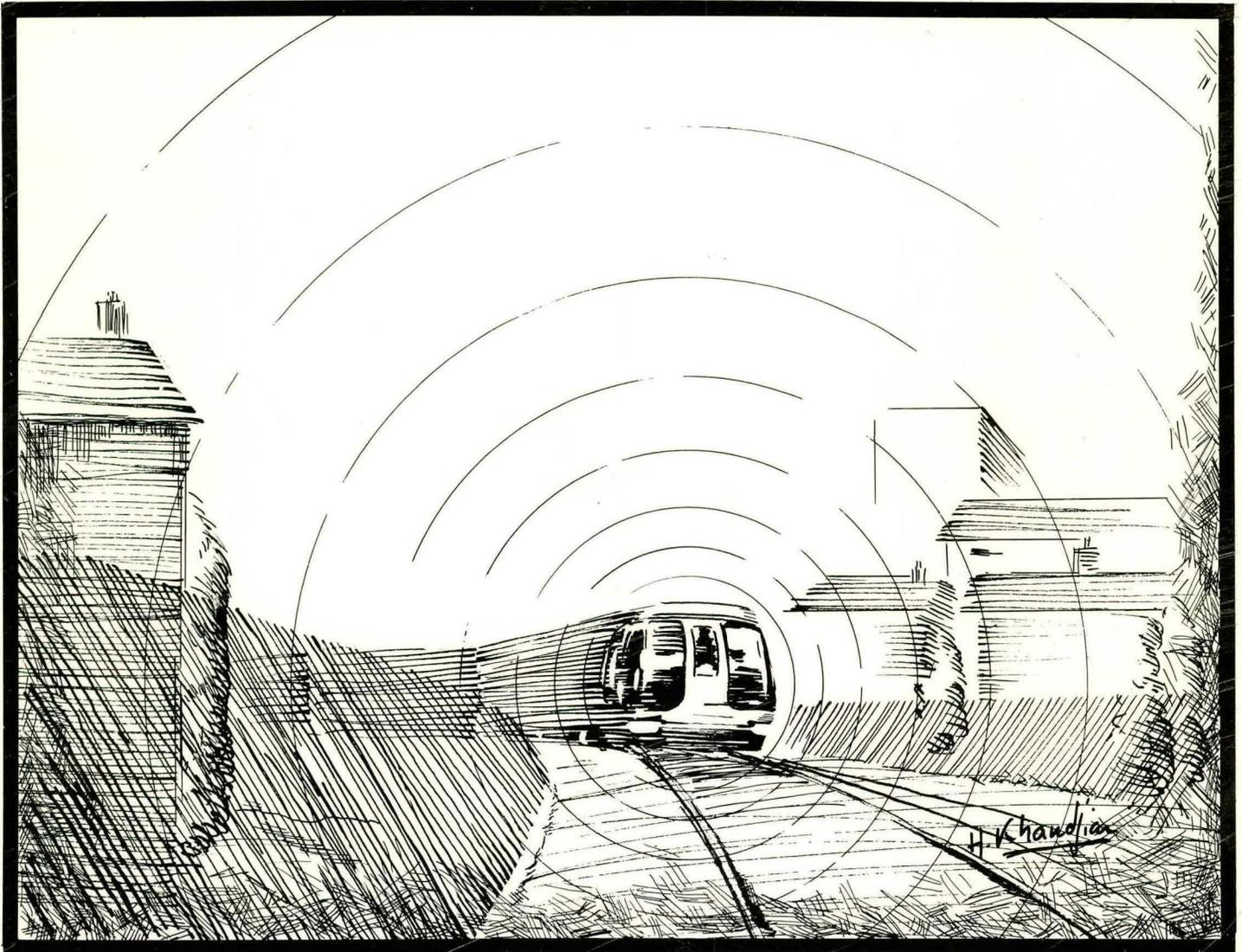




Gouvernement du Québec  
Ministère des Transports

Service de l'Environnement



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

### METRO DE SURFACE LIGNE N° 6

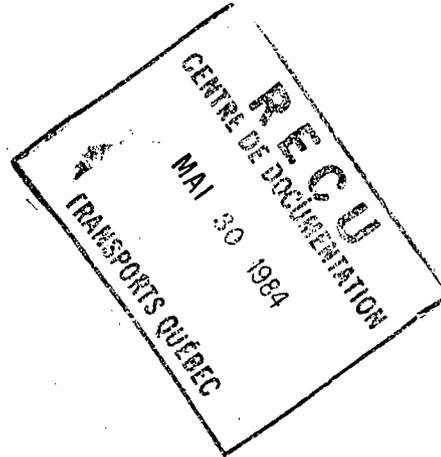
CANQ  
TR  
GE  
EN  
511

439292



Gouvernement du Québec  
Ministère des Transports  
Service de l'Environnement

~~MINISTÈRE DES TRANSPORTS  
CENTRE DE DOCUMENTATION  
PLACE HAUTE-VILLE, 24<sup>e</sup> ÉTAGE  
700 EST, BOUL. ST-CYRILLE  
QUÉBEC, QUÉBEC, G1R 5H1~~



**ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT  
SONORE ET VIBRATOIRE  
PROJET DE RAPPORT FINAL**

**METRO DE SURFACE  
LIGNE NO 6**

MINISTÈRE DES TRANSPORTS  
CENTRE DE DOCUMENTATION  
700, BOUL. RENÉ-LÉVESQUE EST,  
21<sup>e</sup> ÉTAGE  
QUÉBEC (QUÉBEC) - CANADA  
G1R 5H1

1<sup>er</sup> AVRIL 1984

CANQ  
TR  
GE  
EN  
511

## INTRODUCTION ET REMERCIEMENTS

---

Le transport des personnes est de première importance pour le Ministère. C'est cette nouvelle préoccupation qui a amené le Ministère à effectuer des études pour la réalisation de métros de surface dans la région de Montréal. Cette étude est la version complète de l'impact sonore et vibratoire de la ligne numéro 6. Elle a été exécutée au Service de l'environnement du ministère des Transports, sous la responsabilité de Monsieur Daniel Waltz, écologiste.

Nous tenons à mentionner la participation de M. René Landry comme coordonnateur de l'étude et M. Jean-Paul Senay du bureau de Transports métropolitain. Nous remercions toutes les personnes qui ont participé à l'édition et la révision du texte.

### EQUIPE DE TRAVAIL:

Jean-Luc Allard

Ingénieur

Jean-Pierre Panet

M. ingénieur, Chargé de projet  
Division du contrôle de la pollution  
et recherches  
Dirigé par M. Mozher Sorial, ing. chim  
Chef, Division du contrôle de la pollution  
et recherches

Hrant Khandjian

Technicien en arts graphiques et  
appliqués

---

## TABLE DES MATIERES

---

<u>PAGE TITRE</u>	i
<u>INTRODUCTION ET REMERCIEMENTS</u>	ii
<u>TABLE DES MATIERES</u>	iii
<u>LISTE DES FIGURES</u>	vii
<u>LISTE DES TABLEAUX</u>	ix
<u>LISTE DES ANNEXES</u>	x
<u>INTRODUCTION ET SOMMAIRE</u>	1
1. <u>CONNAISSANCE DU MILIEU</u>	6
1.1 <u>IDENTIFICATION DE LA ZONE D'ETUDE</u>	6
2. <u>IMPACT SONORE</u>	8
2.1 <u>PARAMETRES ACOUSTIQUES UTILISES</u>	8
2.2 <u>NORMES ET CRITERES D'ANALYSE</u>	8
2.2.1 Bruits et vibrations communautaires	9
a) Norme de bruit communautaire et critères d'évaluation de l'impact sonore	9
b) Niveaux de vibration admissibles dans les résidences avoisinantes	13
2.2.2 Normes de bruit concernant les employés affectés au métro de surface	14
2.2.3 Normes de confort pour les usagers	16
2.2.3.1 Intérieur des voitures	16
2.2.3.2 Niveau de bruit dans les stations	18

2.3	<u>CLIMAT SONORE ACTUEL</u>	21
2.3.1	Sources de bruits actuelles	21
	a) aéroport de Dorval	21
	b) le transport ferroviaire sur l'emprise du cn	24
	c) circulation routière	24
2.3.2	Analyse du climat sonore actuel	25
2.3.2.1	Relevés sonores	25
2.3.2.2	Modèles de simulation	26
2.3.3	Description du climat sonore actuel	27
2.4	<u>CLIMAT SONORE PROJETÉ</u>	36
2.4.1	Technologies existantes	36
2.4.2	Matériel roulant utilisé pour le métro de surface	39
2.4.3	Sources de bruit et de vibrations - correctif possibles	39
2.4.3.1	Le matériel roulant	39
2.4.3.2	La voie et les viaducs	41
2.4.3.3	Méthodes de réduction du bruit et de vibrations	43
2.4.3.4	Sommaire des méthodes de contrôle des sources de bruit et des vibrations communautaires du matériel roulant	53
2.4.4	Méthode de calcul du bruit généré par le métro de surface dans les zones adjacentes à la voie de roulement	60
2.4.5	Niveaux sonores générés par le métro de surface	64
2.4.6	Évaluation de l'impact sonore causé le long de la ligne n° 6	69
2.4.6.1	Description de l'impact sonore le long de la ligne n° 6	70
2.4.6.2	Influence des lignes de rabattement d'autobus	74
2.4.6.3	Influence de la circulation automobile aux stations	74

2.5	<u>IMPACT CAUSE PAR LES VIBRATIONS GENEREES PAR LE METRO DE SURFACE</u>	75
2.5.1	Vibrations communautaires	75
2.5.1.1	Facteurs déterminant le niveau de vibrations induites au sol	76
2.5.1.2	Evaluation de l'intensité des vibrations induites au sol	76
2.5.1.3	Calcul du niveau de vibrations perçues dans les résidences	76
2.5.1.4	Analyse des résultats	82
2.5.1.5	Evaluation de l'impact vibratoire	83
2.5.2	Vibrations à l'intérieur des véhicules	84
2.6	<u>AUTRES IMPACTS</u>	85
2.6.1	Impact sonore dans les stations et les zones d'accès	85
2.6.1.1	Design acoustique à l'intérieur des stations	85
2.6.1.2	Traitement acoustiques à l'extérieur des stations	87
2.6.2	Impact sonore associé aux garages et ateliers	87
2.6.2.1	Garage du Collège	87
2.6.2.2	Complexe garages-ateliers à Pointe-aux-Trembles Faisceaux de voies et de voie d'essai	89
2.6.3	Impact causé par les travaux d'entretien de la voie	93
2.6.4	Impact sonore causé par le déplacement latéral des voies du canadien national rail vers le sud	93
2.6.5	Bruit des transformateurs	95
2.7	<u>MESURES DE MITIGATION</u>	95
2.7.1	Barrières acoustiques le long du tracé	97
2.7.1.1	Design des barrières acoustiques	97

2.7.1.2	Localisation des barrières acoustiques de la ligne 6 du métro de surface	101
2.7.2	Acquisition d'immeubles résidentiels	102
2.7.3	Mesures de mitigation et répercussions le long de la ligne 6 du métro de surface	102
2.8	<u>BRUIT ET VIBRATIONS A LA PHASE DE LA CONSTRUCTION</u>	107
2.8.1	Critères d'évaluation de l'impact sonore pendant la phase de la construction	107
2.8.2	Niveau de bruit projeté durant les diverses phases de la construction	110
2.8.3	Impact sonore projeté le long de la ligne 6 du métro de surface	110
2.8.4	Mesures de mitigation	110
2.8.4.1	Mesures de mitigation générales	113
2.8.4.2	Mesures de mitigation spécifiques	115
2.9	<u>PLAN DE SURVEILLANCE ET DE SUIVI</u>	118
2.9.1	Surveillance durant la phase de construction	118
2.9.2	Mesures de suivi du matériel roulant	119
2.9.2.1	Essais avec les voitures de première série	119
2.9.2.2	Mise en service du métro de surface	119

---

---

LISTE DES FIGURES

---

FIGURE	1	Zone d'étude d'impact sonore	7
FIGURE	2	Limite supérieure de vibration dans les voitures due aux équipements auxiliaires	17
FIGURE	3	Niveaux de vibrations maximums à respecter à l'intérieur des voitures	19
FIGURE	4	Courbes de projection du bruit perçu	22
FIGURE	5	Bruit généré par différents mètres de surface	38
FIGURE	5A	Niveaux sonores maximums générés par le matériel roulant	62
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 ballastée	40
FIGURE	7	Canalisation du bruit et des vibrations à l'intérieur des voitures	42
FIGURE	8	Phénomène de crissement des roues, en courbes de faible rayon de courbure pour un bogie traditionnel	48
FIGURE	9	Niveau de vibration moyen mesuré au passage d'une rame de métro	77
FIGURE	10	Niveau de vibration à différentes distances de la voie	78
FIGURE	11	Application d'un matériau absorbant aux quais des stations	88
FIGURES	12-13	Courbes d'isoatténuation d'écrans acoustiques	98-98
FIGURE	14	Baisse d'efficacité d'un écran acoustique près de ces extrémités	100

---

FIGURES EN ANNEXE

---

1-1 à 1-26	Cartes du climat sonore actuel	110 à 133
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 à 2-4	Abaque de calcul du niveau sonore généré par la circulation automobile (sols absorbants ou réfléchissants)	146 à 147
2-5	Pourcentage de résidents perturbés par leur milieu sonore	149
6-1	Coupes types de roues résilientes	179
6-2	Roues munies de plaques amortissantes	180
6-3	"Krupp tuned vibration absorbers" ou absorbeur dynamique	181
6-4	Cas types de roues avec matériau amortissant	187
7-1 à 7-24	Lignes isosoniques $L_{eq} 24h = 55$ dB(A) du mètre de surface et localisation des barrières acoustiques proposées (section 2.7.1.2)	185 à 208
11-1	Représentation graphique du niveau sonore équivalent horaire	226

---

## LISTE DES TABLEAUX

---

Tableau	1	Normes concernant les niveaux sonores maximaux en zone résidentielle, pour différentes régions de l'Amérique du Nord	11
Tableau	2	Évaluation de l'impact sonore dans les zones résidentielles en fonction du climat sonore actuel et projeté	12
Tableau	3	Niveau sonore maximum généré par les vibrations induites dans le sol au passage des trains (APTA, 1976).	15
Tableau	4	Facilité de communication verbale en fonction du bruit de fond	20
Tableau	5	Représentation des relevés sonores à l'intérieur des courbes PBP	23
Tableau	6	Climat sonore actuel: niveaux sonores mesurés et calculés	29-31
Tableau	7	Sommaires des méthodes de contrôle des sources de bruit et de vibrations communautaires du matériel roulant	55-59
Tableau	8	Atténuation des vibrations dans un immeuble à plusieurs étages en dB	81
Tableau	9	Mesures de mitigation et répercussions résiduelles	103-106
Tableau	10	Niveaux sonores maximums autorisés durant la construction	109
Tableau	11	Niveau sonore équivalent journalier $Leq(10 h)$ pendant les diverses phases de la construction	111-112
Tableau	12	Bruit généré par divers types d'équipements servant à l'enfoncement de pieux	116

---

---

**INTRODUCTION ET SOMMAIRE**

## 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 existant le long de l'emprise du métro de surface varie continuellement en fonction de la contribution relative des divers modes de transports urbains.

Le centre aéroportuaire de Dorval affecte principalement le secteur "ouest" du tracé. Sa contribution au niveau du bruit ambiant est forte près du boulevard Décarie et diminue à mesure qu'on se déplace vers l'"est". À proximité de la rue Christophe-Colomb, son influence est faible mais observable. Le réseau routier, suivant son importance et la proximité des secteurs résidentiels, crée un bruit de fond couvrant toute la zone d'étude mais devient, dans certains secteurs, la source dominante du bruit urbain.

L'emprise du CN Rail, qui servira également à l'implantation du métro de surface, affecte à des intensités variables les zones qui lui sont contiguës.

On retrouve à l'annexe 1 une représentation visuelle du climat sonore le long de la zone d'étude.

Les surfaces ombragées représentent les secteurs bruyants où le niveau  $L_{eq} 24 h$  est supérieur à 62 dB(A). À l'intérieur de ces zones, les résidents développent certains comportements liés au bruit qui les entoure.

La bande qui lui est adjacente indique un niveau sonore peu perturbant pour les résidants qui peut varier entre 55 et 62 dB(A). La zone claire correspond à un niveau sonore inférieur à 55 dB(A) et le bruit n'y affecte généralement pas les résidants.

#### CLIMAT SONORE PROJETÉ:

Compte tenu du fait que le tracé de la ligne n° 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 de contrôle de glissement (anti-patinage et anti-enrayage) des roues sera essentiel pour accroître l'intervalle de temps entre les périodes d'entretien des éléments roues/rails.

Comme la conception du matériel roulant utilisé pour le métro de surface n'est pas complétée, il s'est avéré impossible de connaître avec exactitude le niveau de bruit et de vibration généré.

L'évaluation des impacts sonores a été effectuée, dans un premier temps, pour des matériels roulants dont les niveaux sonores maximums à une vitesse de pointe commerciale, variant entre 80 et 88 dB(A), (vitesse de passage de 90 km/h à une distance de 15 mètres, rame de 4 voitures), ce qui couvre la majorité des trains de banlieue modernes en opération actuellement.

Par la suite, il a été convenu que le matériel roulant circulant sur les voies du métro de surface devra respecter les critères établis par l'"American Public Transit Association" et décrits dans le rapport intitulé: "1981 Guidelines for Design of Rail Transit Facilities" (Annexe 12).

### ÉTENDUE DE LA ZONE D'IMPACT SONORE:

L'évaluation de la zone d'impact dans les secteurs sensibles au bruit urbain (résidences, écoles, hôpitaux, etc.) est basée sur la norme  $L_{eq} 24 h = 55 \text{ dB(A)}$ , qui correspond à un seuil en-dessous duquel les auditeurs riverains ne sont généralement pas affectés.

Étant donné que le climat sonore actuel, le long de la zone d'étude, est généralement supérieur à cette norme, des critères d'évaluation de l'impact sonore (tableau 2) ont dû être établis en fonction de l'augmentation engendrée par l'implantation du métro de surface.

Dans les zones commerciales et industrielles, où les normes sont plus permissives, aucun impact important n'est anticipé.

En se basant sur le niveau sonore au passage du matériel roulant, du climat sonore actuel et de 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);
- interstations Sauvé - Saint-Michel: résidences situées de part et d'autre du tracé.

Toutefois, l'utilisation d'un matériel roulant respectant les normes de l'APTA et le maintien en bon état des éléments roues-rails permettent de réduire suffisamment 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.

Il est important de noter que le niveau sonore perçu le long du tracé est, de beaucoup, inférieur au bruit que générerait une artère de circulation transportant le même nombre de passagers.

Exemple:

Le métro de surface, en période de pointe, peut transporter jusqu'à 16 000 passagers à l'heure et génère 68 dB(A) à 30 mètres (90 km/h). Par comparaison, une artère routière comme Pie-IX où circulent environ 3 500 véhicules à l'heure de pointe du matin, soit environ 5 000 passagers, génère:

- 68 dB(A) à 80 km/h, 30 mètres;
- ou
- 65 dB(A) à 60 km/h, 30 mètres.

ÉTENDUE 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 acquises.

Si le matériel utilisé génère un niveau de bruit maximum supérieur ou égal à 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.

Dans le cas où le matériel roulant respecte les normes de l'APTA et que l'état des éléments roues-rails est maintenu en bon état (variation permise de 4 dB(A)), les mesures de mitigation requises se limiteront à des réductions de vitesse de passage dans certains secteurs, une modification mineure du tracé (station Du Collège), des réglementations pour les développements futurs le long de la voie, l'acquisition et possiblement l'isolation acoustique de quelques bâtiments.

#### 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 moindre.

- 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. Les niveaux sonores estimés sur cette voie doivent toutefois être vérifiés après la construction des voitures de premières séries.

- 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 assure à l'utilisateur 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.

---

**CHAPITRE 1**

---

**CONNAISSANCE DU MILIEU**

## 1. CONNAISSANCE DU MILIEU

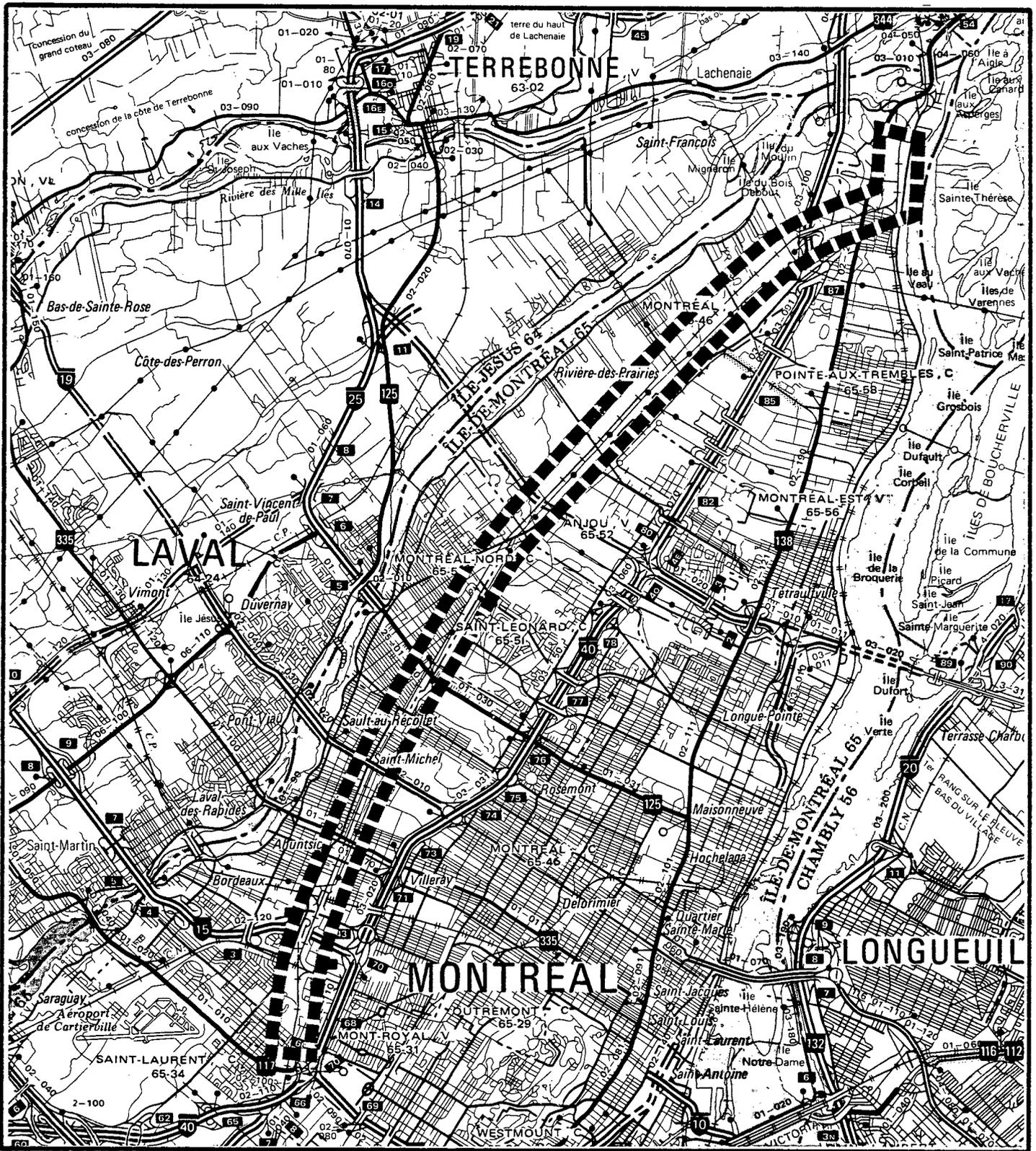
### 1.1 IDENTIFICATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

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 longueur 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

**CHAPITRE 2**

---

**IMPACT SONORE**

## 2. IMPACT SONORE

---

### 2.1 PARAMÈTRES ACOUSTIQUES UTILISÉS (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  $L_{eq}$  24 h 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  $L_{dn}$  ( $L_{eq}$  24 h 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 CRITÈRES 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 préposés 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.

---

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

## 2.2.1 BRUIT ET VIBRATIONS COMMUNAUTAIRES

---

### a) Norme de bruit communautaire et critères 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 aux États-Unis. La norme qui apparaît la plus satisfaisante du point de vue environnemental est le  $L_{eq} 24 h = 55 \text{ dB(A)}$ , en milieu résidentiel. À ce niveau sonore, les dommages causés par le bruit sont très faibles et les activités les plus sensibles au bruit, dans les zones résidentielles, peuvent être effectuées sans problème. Cette valeur est également recommandée par l'Organisation mondiale de la santé (O.M.S., 1980). 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  $L_{eq} 24 h = 55 \text{ dB(A)}$  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. À mesure que le niveau sonore actuel augmente, le 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. À 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.

Dans les zones commerciales ou industrielles, les niveaux équivalents, généralement reconnus comme acceptables, varient comme suit:

ZONAGE	PÉRIODE	JOUR 07:00-17:00	NUIT 22:00-07:00	SOIRÉE 17:00-22:00
COMMERCIAL				
(incluant possiblement des résidences et des industries légères)		65	55	60
INDUSTRIEL		70	60	65

Source: American Petroleum Institute, Guidelines on Noise, Medical Research Report EA7301.

D'autre part, l'"Occupational Safety and Health Act" (OSHA) recommande un niveau maximum de  $L_{eq24h} = 70$  dB(A), quelque soit le zonage. Le niveau sonore protège avec une marge de sécurité adéquate, les individus qui y sont soumis, contre la perte d'acuité auditive.

**TABEAU 1** NORMES CONCERNANT LES NIVEAUX SONORES MAXIMAUX EN ZONE RÉSIDENIELLE (RÉSUMÉ) POUR DIFFÉRENTES RÉGIONS DE L'AMÉRIQUE DU NORD

UTILISATION DU SOL	ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY EPA - E.U.	GOVERNEMENT 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 ÉVALUATION DE L'IMPACT SONORE DANS LES ZONES RÉSIDENTIELLES EN FONCTION DU CLIMAT SONORE ACTUEL ET PROJETÉ

CLIMAT SONORE ACTUEL EN DB(A)		IMPACT SONORE PRODUIT ( $L_{eq}$ 24 h)									
		NÉGLIGEABLE		FAIBLE		MOYEN		FORT			
L actuel	55	L projeté	56	56	L projeté	58	58	L projeté	60	L projeté	61
55	L actuel	60	L projeté	L actuel + 1	L projeté	L actuel + 3	L projeté	L actuel + 4	L projeté	L actuel + 5	
60	L actuel	65	L projeté	L actuel + 1	L projeté	L actuel + 2	L projeté	L actuel + 3	L projeté	L actuel + 4	
65	L actuel	70	L projeté	L actuel	L projeté	L actuel + 1	L projeté	L actuel + 2	L projeté	L actuel + 3	
L actuel	70	aucune		aucune		L projeté	L actuel + 1	L projeté	L actuel + 2		

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 inconfortables de deux façons distinctes suivant que ces vibrations sont perçues comme mouvement ou bien comme bruit:

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. À 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 MÉTRO 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 GÉNÉRÉ PAR LES VIBRATIONS INDUITES  
DANS LE SOL AU PASSAGE DES TRAINS (APTA, 1981)**

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)

Écoles:	40
Bureaux:	35-40
Édifices 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

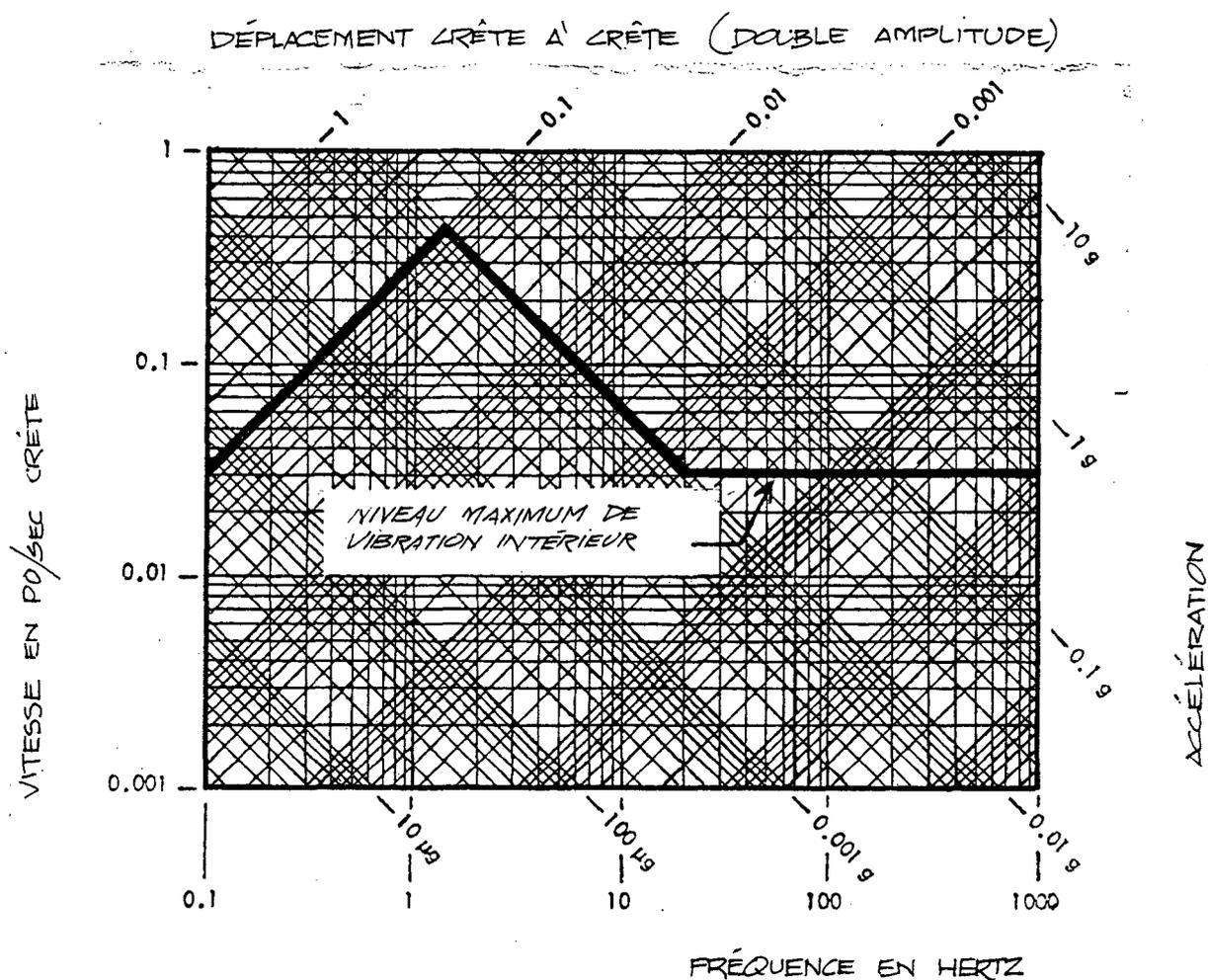
Le niveau de vibration générée par les équipements auxiliaires, lorsque les voitures sont à l'arrêt devra respecter les seuils (1) maximums suivants:

- 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.

---

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



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

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).

Les normes de confort, lorsqu'une voiture roule à une vitesse de 90 km/h sur une voie ballastée munie de longs rails soudés, exigent que la norme iso 2631, pour une durée de 8 heures, soit respectée et considérée 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

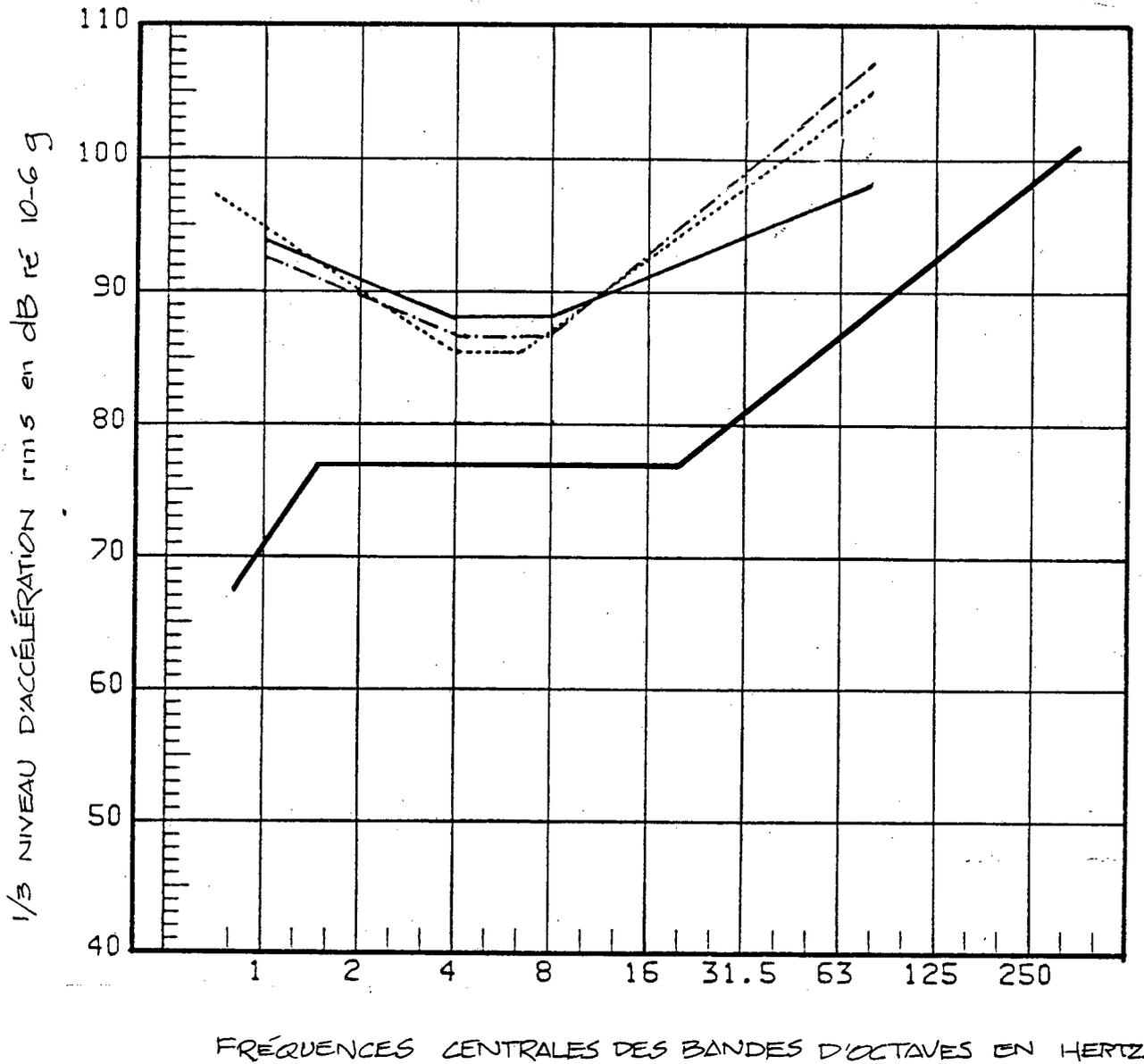
Le design acoustique des stations doit être basé sur la facilité de communication des usagers entre eux et des responsables aux usagers par l'entremise d'un système de communication publique.

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

À 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 mètre 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 "WYATA" CONCERNANT LE CONFORT DES USAGERS

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

**TABLEAU 4** FACILITÉ DE COMMUNICATION VERBALE EN FONCTION DU BRUIT DE FOND

BRUIT DE FOND EN DB(A)	Inférieur à 50 dB(A)	50-70 dB(A)	70-90 dB(A)
TYPE DE COMMUNICATION			
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	Bon	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.

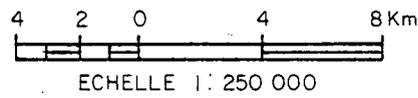
Les sources de bruit locales ou particulières, plus aléatoires et plus imprévisibles, ne sont pas considérées directement dans l'analyse même si elles sont parties intégrantes des  $L_{eq}$  mesurés.

#### 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. À 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 enregistrée pour le centre aéroportuaire de Dorval, depuis 1982.



COURBES DE PROJECTION DU BRUIT PERÇU

FIG. 4

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.

**TABLEAU 5** REPRÉSENTATION DES RELEVÉS SONORES À L'INTÉRIEUR DES COURBES PBP

NIVEAU DE L'INDICE PBP		LOCALISATION	RELEVÉS SONORES N <sup>OS</sup>
PBP	35	Extrémité ouest de la ligne du métro de surface. De la station Du Collège (boulevard 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 30	Du boulevard Acadie au boulevard Saint-Laurent	10, 11
28	PBP 30	De la station Côte Vertu au boulevard Acadie	7, 8, 9
		Du boulevard Saint-Laurent à la rue Lajeunesse	12, 13
25	PBP 28	De la rue Lajeunesse à la rue Christophe-Colomb.	14-15-16-17-18-19
	PBP 25	De 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 et à l'annexe 11, un exemple de calcul du  $L_{eq}$  24 h sans trains (calculé et estimé).

#### 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 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 environnant.

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 de bruit utilisés sont de la marque "Bruël and Kjaer".

Les données ont été recueillies à une hauteur standard de 1,52 mètre 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 MODÈLES 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 leurs contributions relatives.

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  $L_{eq} 24 h = 62 \text{ dB(A)}$ , ce qui constitue une zone bruyante. La bande adjacente correspond au groupe intermédiaire, le niveau sonore est inférieur à  $62 \text{ dB(A)}$  mais dépasse la norme de  $L_{eq} 24 h = 55 \text{ dB(A)}$ . 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 MS, tenant compte du niveau sonore actuel, est basée sur ces planches.

Il faut cependant préciser que l'analyse détaillée des impacts nécessite une évaluation plus précise du niveau de pression sonore actuel. C'est alors que l'information recueillie lors des relevés sonores et à l'aide des modèles de simulation devient essentielle.

## Description détaillée:

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 la contribution des activités ferroviaires au niveau du bruit global y est indiquée.

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

Lorsque la contribution d'une source particulière de bruit est quantifiable, son influence sera qualifiée comme suit:

CONTRIBUTION AU NIVEAU SONORE ACTUEL EN DB(A)		INFLUENCE CORRESPONDANTE
	dB 1 .....	négligeable
1	dB 3 .....	faible
3	dB 6 .....	moyenne
	dB 6 .....	forte

## PLANCHE N° 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 le niveau modéré le jour). Le niveau de bruit est amplifié le jour par le passage des aéronefs en provenance de Dorval (influence moyenne à forte) et par les activités ferroviaires mais à un niveau moindre (influence faible). La nuit, alors que le niveau sonore est à son plus bas, la contribution relative des trains est plus nette et devient un facteur de gêne pour les résidences avoisinantes, leur influence y varie de faible à moyenne.

Les relevés n°s 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 dont l'influence est forte.

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

N <sup>o</sup> RELEVÉ	DIST. C/C mètres	NIVEAUX SONORES MESURÉS dB(A)					% (4) HAUT. PERT.	NIVEAUX SONORES CALCULÉS 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		
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	62,8
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

N° RELEVÉ	DIST. C/C mètres	NIVEAUX SONORES MESURÉS dB(A)				% (4) HAUT. PERT.	NIVEAUX SONORES CALCULÉS 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																					
17	365	75,4	NOTE 1				54,4 (5)	75,4	75,4	26																				
18	15	70,2					NOTE 1				67,6 (5)	66,7	65,2	27																
19	35	68,3									NOTE 1				64,7 (5)	65,8	66,7	27												
20	25	70,4													NOTE 1				67,3 (5)	67,5	65,0	25								
21	70	71,0																	NOTE 1				54,3 (5)	70,9	70,9	25				
22	30	59,0																					NOTE 1				57,3 (5)	54,1	57,0	25
23	90	72,4																									69,2	71,4	76,2	52
24	25	73,8	NOTE 1																								62,3 (5)	73,5	73,6	25
25	25	65,4					NOTE 1																				62,3 (5)	62,5	61,0	25
26	25	70,1									NOTE 1																64,8 (5)	68,6	67,0	25
27	25	71,6													NOTE 1												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	25								
29	45	75	NOTE 1				59,6 (5)	74,9	73,0	25																				
30	75	74,5					NOTE 1				57,7 (5)	74,4	74,0	25																
31	300	57,4									NOTE 1				48,6 (5)	56,8	56,0	25												
32	75	60,1													NOTE 1				53,4 (5)	59,1	56,0	25								
33	30	72,2																	NOTE 1				56,4 (5)	72,1	72,0	25				

TABLEAU 6 - CLIMAT SONORE ACTUEL

NO RELEVÉ	DIST. C/C mètres	NIVEAUX SONORES MESURÉS dB(A)					% (4) HAUT. PERT.	NIVEAUX SONORES CALCULÉS dB(A)			P.B.P. (Dorval)
		Leq jour(1)	Leq soir(2)	Leq 24 hres	Ldn (3)	Leq 24 hres trains		Leq 24 hres sans trains			
								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	56,6	62,1	28	56,7	note 2	50	25	
39	100	71,4	NOTE 1				56,4 (5)	71,3	71	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	150	74,0	NOTE 1				51,2 (5)	74,0	74,0	25	
44	15	56,0	51	54,7	58,6	23	61,5	note 2	53	25	

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

NOTE 2: Le niveau  $L_{eq}$  24 h sans trains ne peut être calculé car le niveau sonore équivalent, obtenu par simulation des activités ferroviaires, est supérieur au niveau sonore mesuré.

- (1) Jour 07h00 à 22h00;
- (2) Soir 22h00 à 07h00;
- (3) Niveau sonore 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)  $L_{eq}$  3 heures.

## PLANCHE N° 2 \_\_\_\_\_

Le relevé n° 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'influence de ces deux sources est forte près de l'école alors que seule l'influence de l'aéroport de Dorval est dominante dans la zone résidentielle plus au sud.

Le relevé n° 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 à cause du passage des aéronefs et des activités ferroviaires.

## PLANCHE N° 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 pour les 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 son influence 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 faible à nul entre les sites où sont effectués les relevés 9 et 10.

## PLANCHE N° 4 \_\_\_\_\_

Considérant que ce secteur est exclusivement industriel, donc moins sensible au bruit, on peut dire que le niveau sonore est élevé mais ne 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 N° 5

À 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 n° 12) est assez basse; ce qui met en évidence le bruit généré par les activités ferroviaires dont l'influence varie de moyenne à élevée.

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

Le climat sonore actuel ( $L_{eq}$  24 h 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 Saint-Denis, ce qui représente un avantage évident.

## PLANCHE N° 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 n°s 14 à 19 indiquent que la circulation automobile est la source de pollution principale et permettent d'estimer la zone limite d'influence due au trafic ferroviaire dans ce secteur à environ 60 mètres, de part et d'autre de la voie ferrée. À proximité de la voie, son influence est moyenne (relevé n° 14 à 30 mètres) tandis qu'au site du relevé n° 16 (45 mètres), il s'avère faible.

Le relevé n° 20 nous confirme que l'impact sonore causé par le transport ferroviaire s'accroît lorsqu'on s'éloigne des rues achalandées. À ce point, le bruit des trains devient un facteur de gêne plus important que celui de la circulation.

## PLANCHE N° 7 \_\_\_\_\_

La zone d'étude située entre l'avenue Christophe-Colomb et la rue Papineau est résidentielle 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'influence des voies ferrées est faible, devenant forte à la médiane des points où on a effectué les relevés n°s 21 et 23.

## PLANCHES N°S 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 n° 7.

## PLANCHES N°S 9 À 13 \_\_\_\_\_

Les sources de bruit dominantes 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 bordent l'emprise du CN Rail sur la majeure partie de la ligne et agissent comme barrière acoustique en réduisant l'impact sonore dû au transport ferroviaire. Son influence près des résidences est faible et devient négligeable lorsque le niveau sonore est suffisamment élevé, environ 65 dB(A).

Le relevé n° 35 (planche n° 13) montre que le bruit généré par le transport ferroviaire peut être dissimulé par une circulation routière intense. 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 N°S 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 "industriel" sépare le triage Rivière-des-Prairies des quartiers assignés au développement résidentiel. Le relevé sonore n° 38 permet d'évaluer l'influence 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  $L_{eq} 24 h = 55$  dB(A), le niveau actuel de 56,6 dB(A) révèle un impact faible au niveau des résidants. Cette valeur est cependant sous-évaluée, car elle ne tient pas compte des sons purs générés par les trains.

#### PLANCHE N° 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 amplifiée, près de la voie ferrée, par le fréquent passage des trains et par les avertisseurs du passage à niveau. Le relevé n° 40 indique qu'à une distance de 25 mètres de la voie, l'influence trafic ferroviaire est moyenne et qu'il faut s'éloigner à 100 mètres de la voie (relevé n° 390) pour que son influence soit négligeable.

#### PLANCHES N°S 19 À 22

---

Comme pour les planches n°s 14 à 17, ce secteur actuellement peu habité est partiellement 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 situés à proximité de l'emprise du CN Rail.

#### Planche n° 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'influence du trafic ferroviaire varie de moyenne à forte pour les habitations les plus rapprochées de la voie et devient faible jusqu'à une distance de 100 mètres et négligeable par la suite.

#### Planche n° 24

---

Ce secteur est en plein développement et on y trouve des habitations construites à environ 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 moyenne.

## 2.4 CLIMAT SONORE PROJETÉ

---

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 du matériel roulant utilisé et de l'élaboration du design appliqué à ce système. Si ce choix ne permet pas de réduire suffisamment l'impact créé au niveau communautaire, des mesures de mitigation 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 maximum généré au passage de matériels roulants, à grands gabarits, en utilisation depuis plusieurs années. Sans avoir dressé une liste exhaustive des métros dont les caractéristiques techniques sont similaires à celles requises pour le métro de surface de Montréal, nous pensons que ceux-ci couvrent l'étendue des niveaux de bruit générés par les trains de banlieue modernes.

#### Matériel d'interconnexion de la SNCF

Le niveau sonore indiqué pour le matériel d'interconnexion MI-79, en opération à Paris entre l'aéroport Charles-de-Gaulle et Roissy, a été estimé à partir des informations fournies par la Société Nationale de Chemin de Fer (SNCF).

Ainsi, les niveaux maximums de 80 dB(A) pour 60 km/h et 90 dB(A) pour 140 km/h à 25 mètres de l'axe de la voie, en champ libre, ont été calculés pour une distance de 15 mètres, puis, extrapolés pour différentes vitesses.

#### "Washington Metropolitan Area Transit Authority" (WMATA)

Les données relatives au matériel roulant WMATA proviennent du volume: "Handbook of Urban Rail Noise and Vibration Control".

### "Bay Area Rapid Transit Systems Trains" (BART)

Les niveaux sonores générés par le "BART" proviennent du document: "Environmental Impacts of Bart Interim Service Findings". À basses vitesses, aucune information n'était disponible concernant les niveaux de bruit produits.

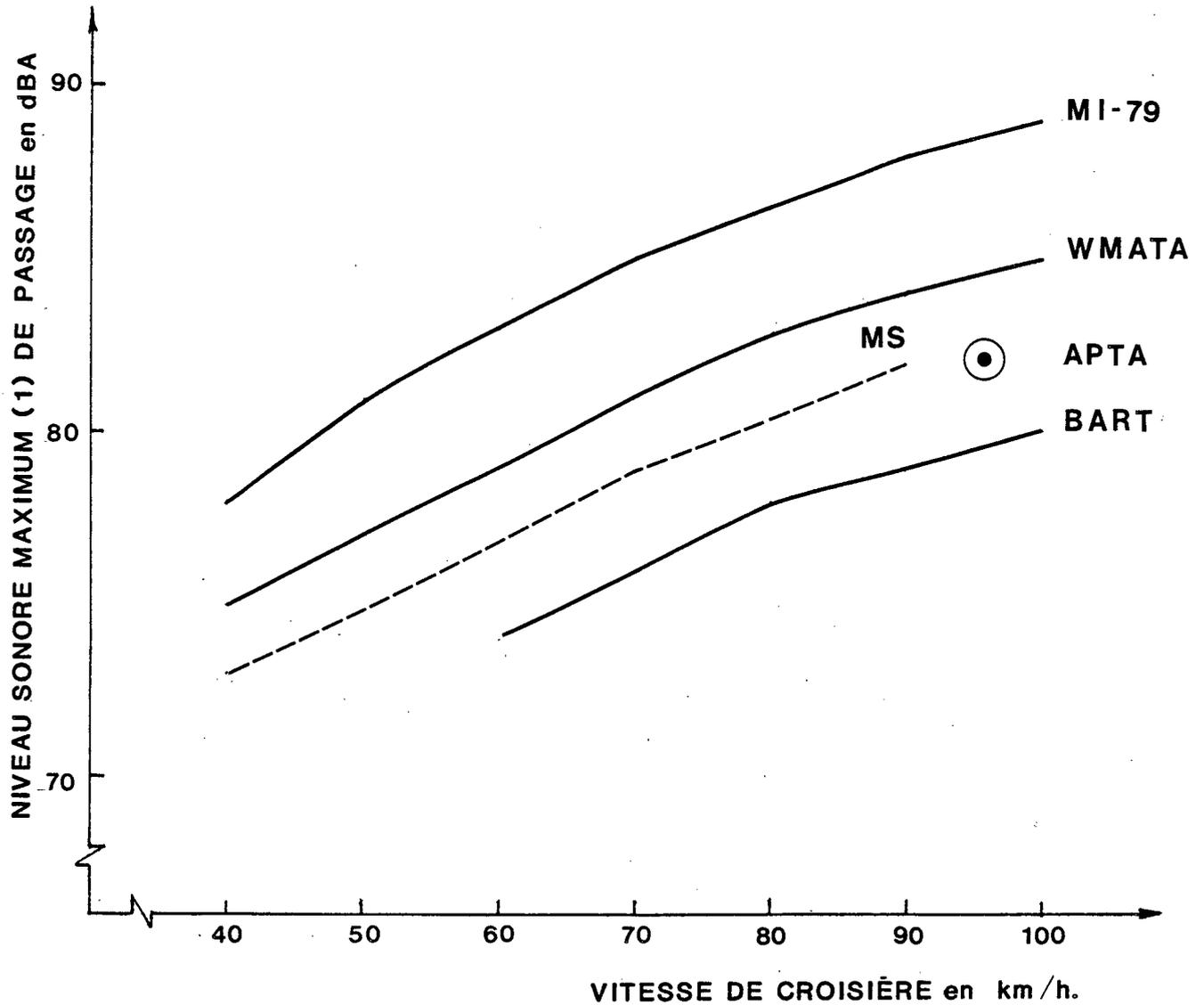
### Métro de surface (MS)

La courbe indiquée "MS" sert de référence à la section 2.4.5 pour le calcul des niveaux sonores générés le long de la voie du métro de surface. Ces valeurs sont approximées pour correspondre à un dB(A) près au niveau de bruit maximum, suggéré par l'American Public Transit Association (APTA), lors du passage d'une rame de métro.

L'APTA a établi des valeurs maximales de bruit et de vibrations qui ne devraient pas être dépassées par les trains de banlieue afin de minimiser les impacts sur les communautés avoisinantes et d'améliorer le confort de ses usagers. Ces normes tiennent compte des technologies de matériel roulant existantes, de l'avancement des recherches dans ce domaine et se veulent un compromis raisonnable entre ce qui est techniquement et économiquement réalisable.

### Autre technologie

Des voitures propulsées par un moteur à induction linéaire sont actuellement en développement. Cependant, cette technologie n'a pas été indiquée à la figure 5 car elle ne répond pas aux critères du COTREM concernant l'utilisation d'une technologie éprouvée et de voitures à grand gabarit.



(1) Niveaux sonores mesurés en champ libre à 15 mètres du centre d'une voie ballastée munie de longs rails soudés.

La rame de métro comprend 4 voitures.

(2) La vitesse d'opération maximale est fixée à 90 km/h.

FIG. 5 BRUIT GÉNÉRÉ PAR DIFFÉRENTS MÉTROS DE SURFACE

## 2.4.2 MATÉRIEL ROULANT UTILISÉ POUR LE MÉTRO DE SURFACE

Le matériel roulant qui sera utilisé pour le métro de surface n'a pas encore été construit. Ainsi, on ne peut connaître, de façon précise, les niveaux sonores et vibratoires qu'il produira. Afin de minimiser l'ampleur des impacts sonores engendrés auprès des riverains, la conception du matériel roulant respectera les normes de l'American Public Transit Association (APTA).

Lorsque les voitures de première série seront construites, il faudra réviser cette étude et en changer, s'il y a lieu, les zones subissant des impacts et les mesures de mitigation qui y sont rattachées.

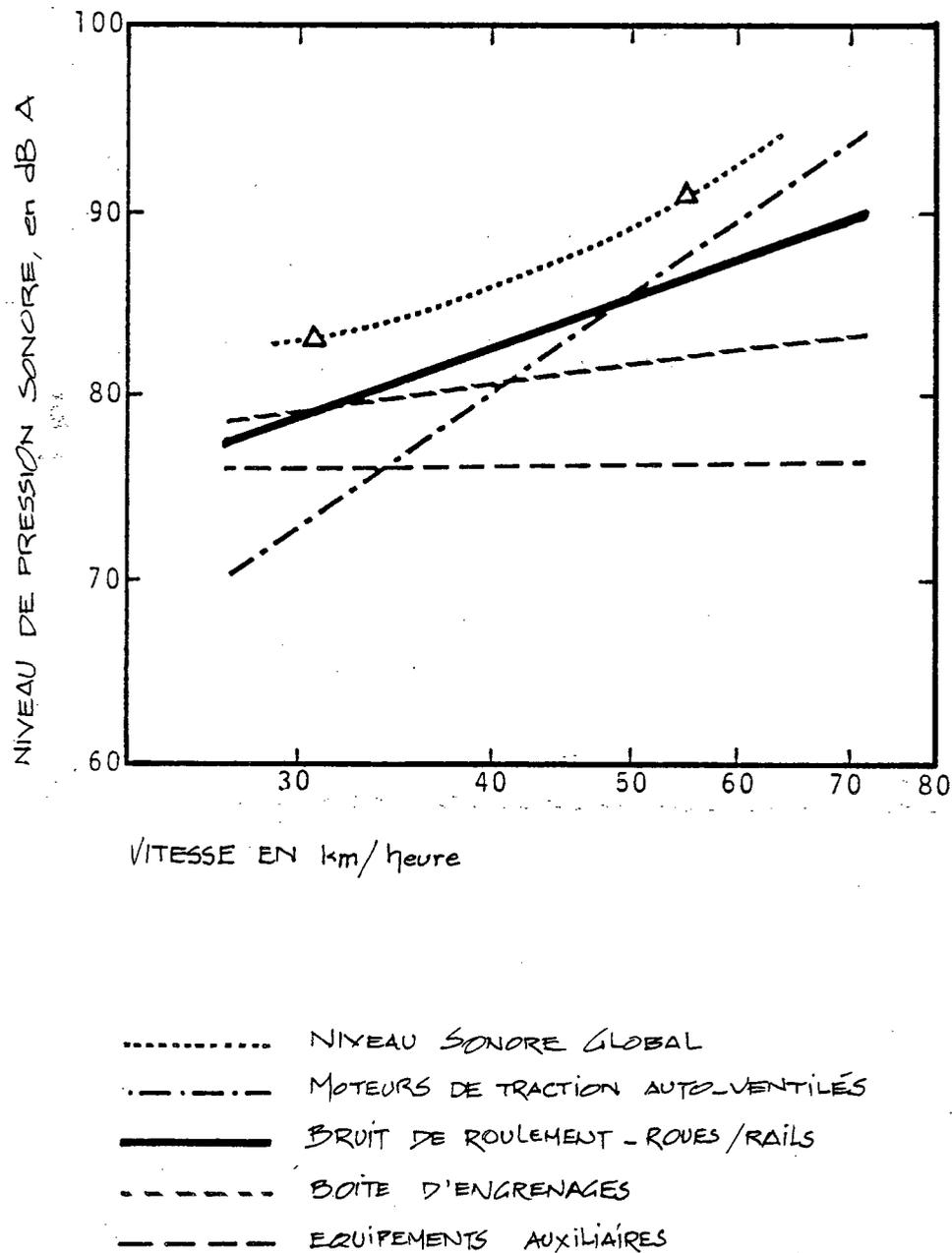
## 2.4.3 SOURCES DE BRUIT ET DE VIBRATIONS - CORRECTIFS POSSIBLES

### 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. À 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.



**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\*  
 Wilson, Ihrig and Ass. Inc.

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.

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:

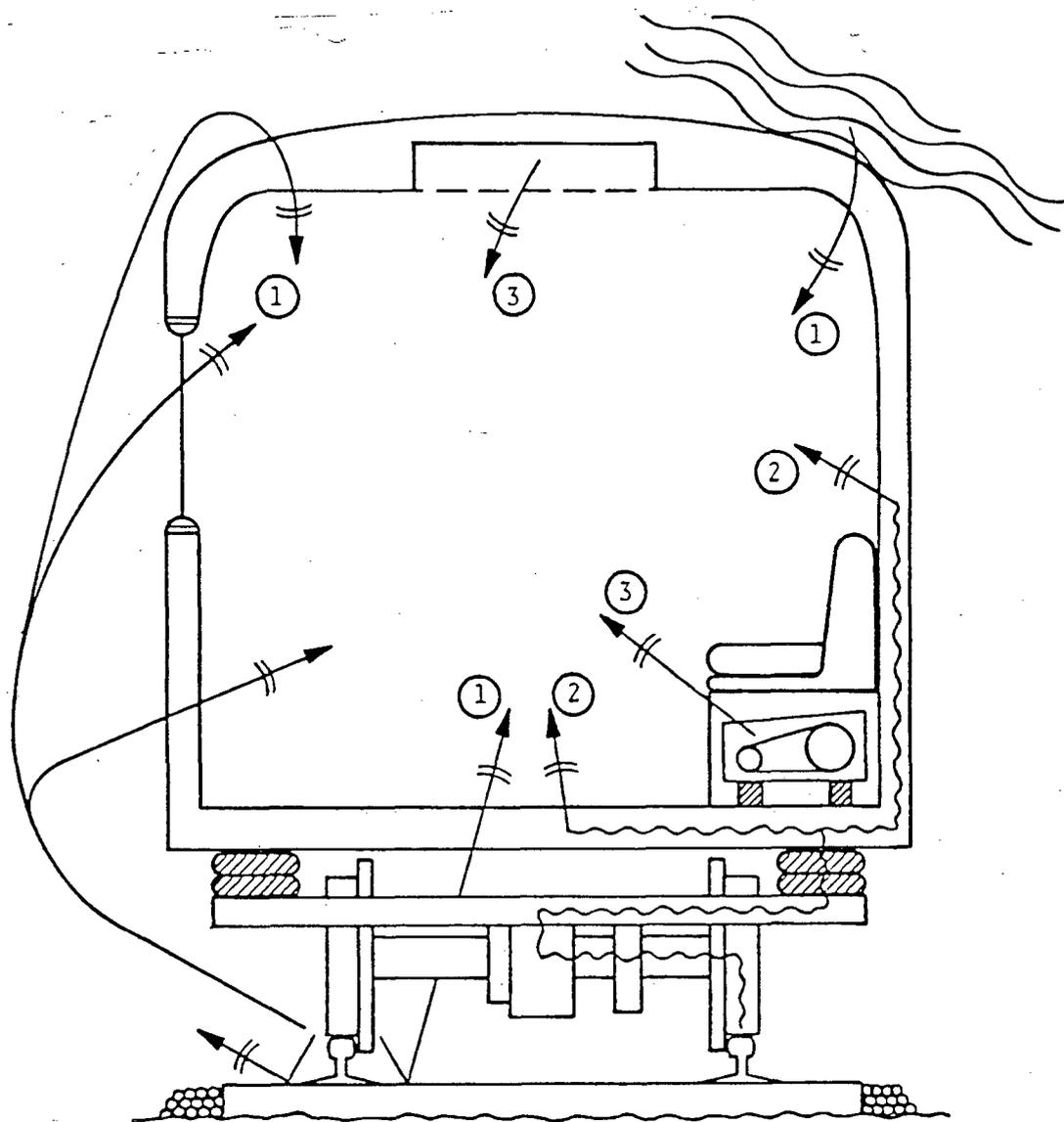
- transmission à travers les parois de la voiture ou par ses ouvertures (joints des portes, conduits de ventilation, etc.);
- les vibrations transmises aux parois intérieures de la cabine génèrent du bruit;
- dans certains cas, les sources sonores à l'intérieur de la voiture peuvent être importantes.

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).



- 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.**

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).

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), comparativement 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'anti-patinage 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 et 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.

D'après le cahier descriptif du matériel roulant (novembre 1982), l'empattement des bogies du matériel roulant sera de 2,3 mètres. Ainsi, sur la ligne n° 6, le seul endroit où le rayon de courbure de la voie soit inférieur à 230 mètres se trouve à la station Du Collège.

Advenant des modifications du tracé ou un prolongement qui rendrait l'utilisation de rayons de courbure de moins de 230 mètres nécessaires, les solutions possibles à ce problème sont de deux types.

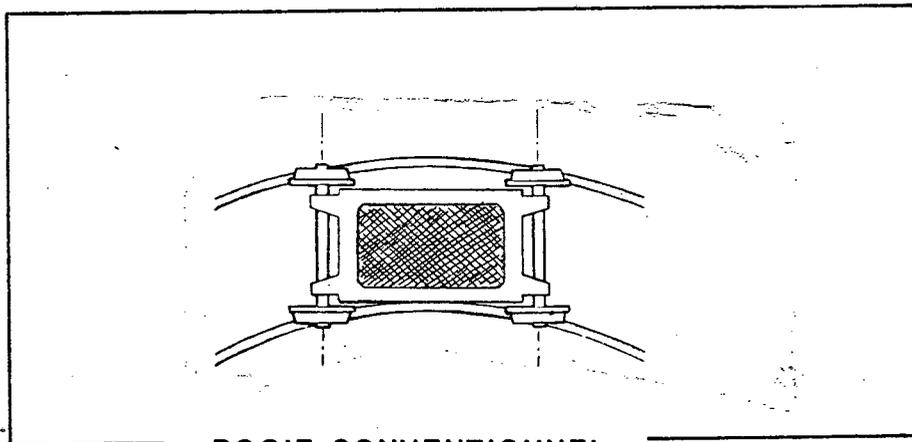
On peut régler le problème à la base en modifiant les bogies, ou le solutionner partiellement en utilisant le type de roues approprié, ce qui réduira le bruit généré. Notons que dans le dernier cas, on n'empêche pas l'usure des roues et des rails.

#### SOLUTIONS:

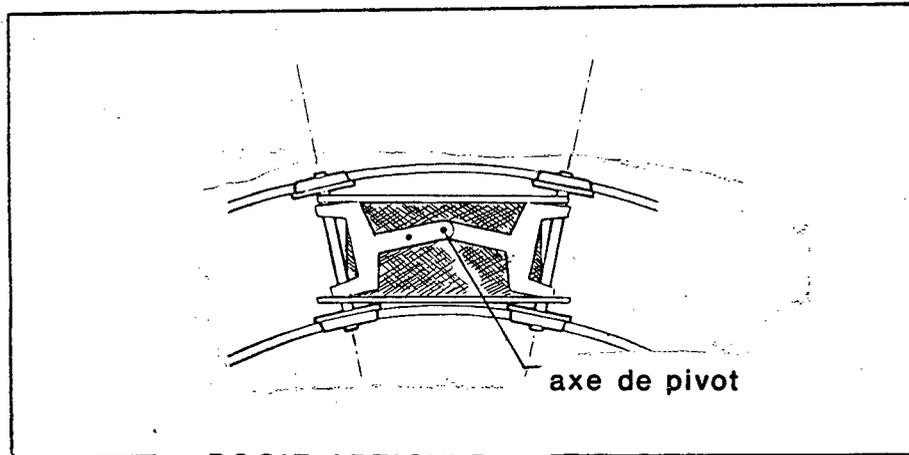
- Éviter les faibles rayons de courbure ( $R_{\min} = 100 \text{ EB}$ );
- Utilisation de bogies articulés (les essieux avant et arrière peuvent pivoter par rapport à un axe vertical);

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.

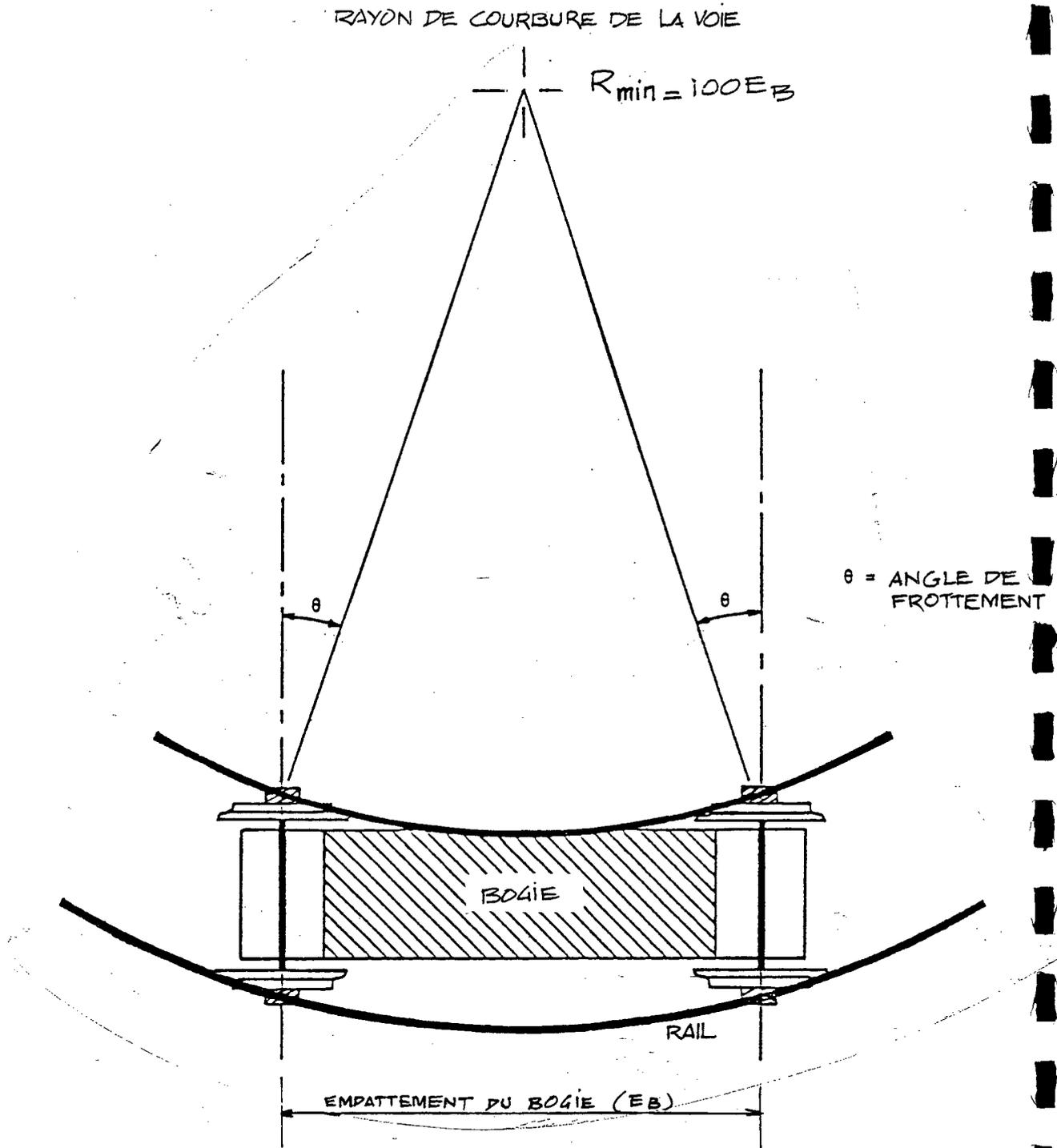
- Dans le cas où les rayons de courbure sont faibles sans toutefois nécessiter l'utilisation des bogies articulés, on peut se limiter à réduire le plus possible l'empattement des bogies;
- Utilisation de roues amortissantes ou résilientes: dans les deux cas, il s'agit d'augmenter le taux d'amortissement 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);
- Emploi de lubrifiants sur les roues et/ou 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.



**BOGIE CONVENTIONNEL**



**BOGIE ARTICULE**



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

## iv) Réduction du bruit de roulement

- le bruit de roulement émis, lors du passage d'une rame de métro "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 (profilage), 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 absorbants, 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) Équipements 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 autoventilés, 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.

- Hacheurs de courant

Le choix d'utiliser des hacheurs de courant munis de semi-conducteurs à haute puissance plutôt que les systèmes plus traditionnels permet d'économiser de l'énergie mais entraîne souvent l'émission de tons purs. Dans ce cas, il faudra réduire le niveau sonore produit par l'emploi d'isolateurs antivibratiles 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/diamètre 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) Équipements auxiliaires

Les équipements auxiliaires constituent la troisième source de bruit en importance à être directement associée 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).

- Échangeur 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.

Système 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 crissement 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:

ÉQUIPEMENTS DE PROPULSION	86 DB(A)
INTERACTION ROUES/RAILS	84 DB(A)
ÉQUIPEMENTS 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  $L_{eq} 24 h = 55$  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  $L_{eq} 24 h = 55$  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 et 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 MÉTHODES DE CONTRÔLE DES SOURCES DE BRUIT ET VIBRATIONS COMMUNAUTAIRES DU MATÉRIEL 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		
	i) usinage des roues	5 à 7	973 000 \$ + 176 000 \$ / voiture pour 30 années	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
	ii) meulage des rails	2 rails neufs 8 rails usés	710 000 \$ par kilomètre de voie pour 30 années	coûts encourus pour l'entre- tien 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 dimi- nution possible des coûts d'entretien des bogies et des équipements connexes
- roues résilientes		2	5 540 \$ / voiture	

TABLEAU 7 SOMMAIRE DES MÉTHODES DE CONTRÔLE DES SOURCES DE BRUIT ET VIBRATIONS COMMUNAUTAIRES DU MATÉRIEL ROULANT (SUITE)

SOURCES DE BRUIT	SOLUTIONS	RÉDUCTION DU BRUIT EN dB	COÛTS (1) (EN DOLLARS 1981)	REMARQUES
A) INTERACTION ROUES/RAILS				
- 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 addi- tionnel de 1 500 \$ par kilo- mètre, 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 MÉTHODES DE CONTRÔLE DES SOURCES DE BRUIT ET VIBRATIONS COMMUNAUTAIRES DU MATÉRIEL ROULANT (SUITE)

SOURCES DE BRUIT	SOLUTIONS	RÉDUCTION DU BRUIT EN dB	COÛTS (1) (EN DOLLARS 1981)	REMARQUES
A) INTERACTION ROUES/RAILS				
- crissements de roues (courbes de faible rayon)	- rayon de courbure supé- rieur à cent fois l'empat- tement des bogies	élimination du bruit à la source		dépend principalement d'un tracé qui est fixe
	- bogies articulés	élimination du bruit à la source	8 000 \$ / voiture	problèmes secondaires reliés à la stabilité de la voiture à haute vitesse
	- roues résilientes ou amortissantes	élimination du bruit à la source	roues résilientes: 5 540 \$ / voiture	
			"ring dampers" 864 \$ / voiture	nécessite encore des dévelop- pements
			"tuned dampers" 4 350 \$ / voiture	encore en développement; le coût indiqué suppose que la durée de vie estimée des amortisseurs est de deux fois celle d'une roue standard
	- bogies à empattement court	permet d'abaisser le rayon de courbure minimal		réduit l'espace disponible pour l'installation des équi- pements

**TABEAU 7** SOMMAIRE DES MÉTHODES DE CONTRÔLE DES SOURCES DE BRUIT ET VIBRATIONS COMMUNAUTAIRES DU MATÉRIEL ROULANT

SOURCES DE BRUIT	SOLUTIONS	RÉDUCTION DU BRUIT EN dB	COÛTS (1) (EN DOLLARS 1981)	REMARQUES
<b>B) SYSTÈME DE PROPULSION</b>				
- moteurs de traction et leur système de refroidissement	ventilateurs de refroidissement montés indépendamment des moteurs de traction; entrées et sorties d'air traitées acoustiquement	(maximum 10)		
- boîte de transmission	design des engrenages et de la boîte de transmission	élimination de la contribution de cette source au niveau global		
<b>C) ÉQUIPEMENTS AUXILIAIRES</b>				
- 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

**TABEAU 7** SOMMAIRE DES MÉTHODES DE CONTRÔLE DES SOURCES DE BRUIT ET VIBRATIONS COMMUNAUTAIRES DU MATÉRIEL 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 méca- niques 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 supé- rieures 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: 745 000 \$ 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 en plaçant cet argent.

#### 2.4.4 MÉTHODE DE CALCUL DU BRUIT GÉNÉRÉ PAR LE MÉTRO DE SURFACE DANS LES ZONES ADJACENTES À LA VOIE DE ROULEMENT

---

##### a) Bruit communautaire

Le bruit communautaire, le long de la voie, est établi à partir du niveau sonore maximal généré lors du passage des voitures du métro de surface.

Il se calcule comme suit:

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

$L_{eq}(T)$  = Niveau sonore équivalent calculé pour une durée T (en heures)

$L_{max}$  = Niveau sonore maximum au passage d'une rame de métro

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 climat sonore projeté a été établi, dans un premier temps, pour des matériels roulants dont les niveaux sonores maximums à une vitesse de pointe commerciale varient entre 80 et 88 dB(A) (vitesse de passage de 90 km/h, à une distance de 15 mètres, rame de 4 voitures).

Dans ce rapport, on ne présentera que deux situations soit:

##### 1) Matériel roulant MI-79:

( $L_{max}$  = 88 dB(A) à 90 km/h, 15 mètres)

Ce matériel roulant représente le seuil au-delà duquel les écrans anti-bruit sont nécessaires.

## 2) Matériel roulant M.S.:

( $L_{\max} = 82$  dB(A) à 90 km/h, 15 mètres)

Ce matériel roulant respecte les critères établis par l'"American Public Transit Association" (1) (APTA), critères qui serviront de guide pour la conception des voitures du métro de surface.

Pour tenir compte de l'usure dans le temps du matériel roulant, le niveau sonore recommandé par l'APTA pourra augmenter d'un maximum de 4 dB(A) à mesure que se dégraderont les éléments roues/rails. Les programmes d'entretien mis en place auront comme objectif de maintenir dans une condition acceptable l'état des équipements (variation maximale de 4 dB(A)).

On retrouve à la figure 5A les niveaux sonores maximums utilisés pour calculer le climat sonore projeté. Ces niveaux sont corrigés 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.

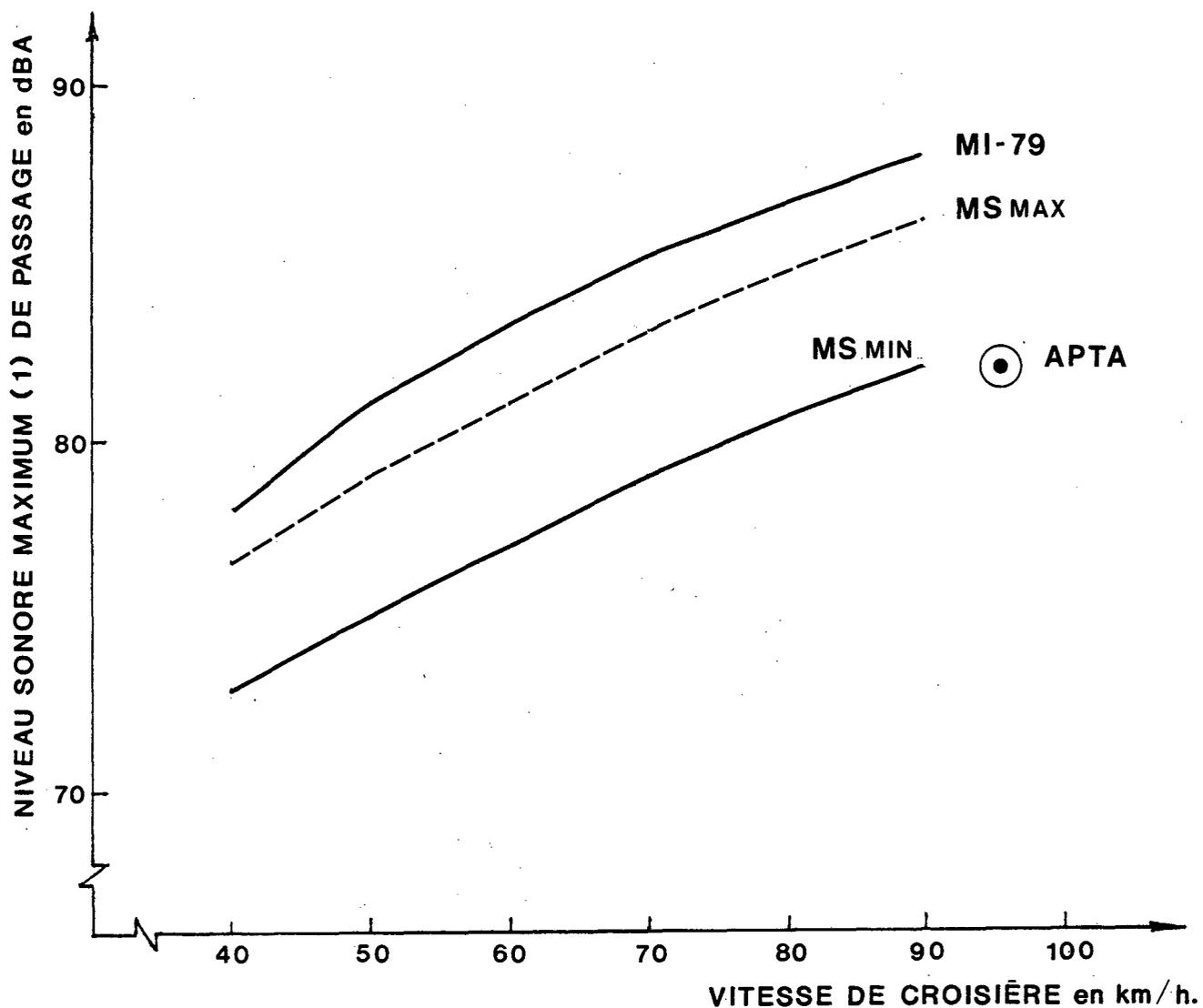
Cette méthode de calcul est détaillée dans le "Handbook of Urban Noise and Vibration Control" et a été préférée aux autres méthodes de calcul pour sa précision (l'erreur due au calcul du  $L_{eq}$  par rapport au niveau  $L_{\max}$  utilisé est d'environ 1 dB). La norme utilisée pour quantifier l'ampleur 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.

(1) Les recommandations de l'APTA sont résumées dans le rapport intitulé: "1981 Guidelines for Design of Rail Transit Facilities", dont la section concernant le bruit et les vibrations est reproduite à l'annexe 12.



(1) Niveaux sonores mesurés en champ libre, à 15 mètres du centre d'une voie ballastée et munie de long rails soudés.

La rame de métro comprend 4 voitures.

— Niveau sonore lorsque les éléments roues sur rails sont à l'état neuf. (MSmin., MI-79)

- - - Niveau sonore maximal permis lorsque les éléments roues rails sont usés (MSmax.)

**FIGURE 5A NIVEAU SONORES MAXIMUMS GENERE PAR LE MATERIEL ROULANT.**

La formule générale permettant de calculer un niveau équivalent sur une durée d'une heure est:

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

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

$L_e$  = 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 (entrée "e", arrêt "a" et sortie "s"), en secondes.

- 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 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.

La piste d'essai, d'une longueur de près d'un kilomètre, sera utilisée en moyenne pendant près de deux heures par jour lorsque le parc aura atteint 132 voitures (lignes 3 et 6).

Les essais comprendront de nombreuses séquences de départ, d'arrêt, d'accélération, de décélération, de freinage, 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 et sur le niveau équivalent journalier.

De plus, des essais auront également lieu sur les voies principales de la ligne n° 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 GÉNÉRÉS PAR LE MÉTRO 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 n° 6 est basé sur l'achalandage suivant:

- HEURES DE SERVICE: 05h00 à 07h00 période creuse
- 07h00 à 10h00 pointe du matin
- 10h00 à 15h00 période creuse
- 15h00 à 18h00 pointe du soir
- 18h00 à 01h00 période creuse

Notons que 4 heures de pointe plutôt que 6 ont été prévues à la mise en service du métro de surface; ce qui procure aux résultats de cette étude une certaine marge de sécurité tout en généralisant leur usage dans l'avenir.

##### - 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

##### - VITESSE LE LONG DU TRACÉ:

La fiche technique 08-02-03 intitulée "marche-type" et rédigée conjointement par le B.T.M. et le COTREM a servi à établir la vitesse commerciale du matériel roulant tout au long du tracé.

La "marche tendue" et une vitesse maximale de 90 km/h ont été utilisées comme référence.

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;
- les niveaux sonores utilisés pour ces calculs, soient ceux du MI-79, doivent être représentatifs du matériel roulant qui desservira la ligne n° 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  $L_{eq} 24 h = 55 \text{ dB(A)}$ , sont les suivants:

VITESSE DE LA RAME DE MÉTRO EN KM/H	DISTANCE C/C EN MÈTRES ENTRE LA VOIE ET UN OBSERVATEUR SOUMIS À UN NIVEAU SONORE $L_{eq} 24 H = 55 \text{ DB(A)}$			
	M.S. MIN.	M.S. MAX.	M.S. MOYEN	M.I.-79
40	39	72	55	75
50	48	85	66	90
60	57	98	77	120
70	65	110	87	135
80	74	124	99	146
90	83	135	109	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), pour le M.I.-79, à une vitesse de 90 km/h (tel que décrit à la section 2.4.3.4), abaisse à 109 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  $L_{eq}$  24 h 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  $L_{eq}$  24 h 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: 74 à 77 dB(A);
- . niveau sonore maximum à la sortie de gare: 72 à 75 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 (temps requis pour mesurer un écart de 10 dB par rapport au  $L_{max}$ ).

Ces données pourront être confirmées par des essais sur les voitures de première série.

La variation du niveau sonore maximum a été évaluée pour tenir compte de l'état du matériel roulant et de la voie.

Tous ces niveaux sonores sont évalués à 15 mètres de distance de l'axe de la voie, à une hauteur de 1,5 mètre et prennent pour acquis que le dessous de la surface intérieure du quai sera recouvert 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 isophône  $L_{eq}$  24 h = 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 varient comme suit:

- de 65 à 68 dB(A) à 15 mètres;
- de 62 à 65 dB(A) à 30 mètres;

de 57 à 60 dB(A) à 60 mètres;  
de 52 à 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 pas une influence importante 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  $L_{eq} 24 h = 55$  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

Le bruit généré par le métro de surface dans les faisceaux de voies du complexe garage-atelier de Pointe-aux-Trembles varie en fonction du taux d'activités qui s'y retrouve.

Actuellement, seules les données relatives à la mise en service et au retrait des rames de métro peuvent être évaluées avec précision.

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  $L_{eq} 24 h = 55$  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 moyen atteint lors du passage d'une rame à vitesse constante de 40 et 80 km/h est respectivement de 72 et 79.5 dB(A), à une distance de 30 mètres (M.S. moyen).

Le niveau sonore équivalent calculé sur une durée d'une heure varie de 61 à 70 dB(A) et le niveau  $L_{eq}$  24 h de 50 à 59 dB(A), pour une utilisation journalière de la voie d'essai d'une durée moyenne de 2 heures.

Ces niveaux estimés devront être confirmés par des mesures effectuées avec un matériel roulant similaire lorsque le projet sera mis de l'avant.

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 n° 6, plusieurs fois par mois.

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;
- . ces essais causeront un impact minimum s'ils sont effectués entre les stations Armand-Bombardier et Pointe-aux-Trembles.

#### 2.4.6 ÉVALUATION DE L'IMPACT SONORE CAUSÉ LE LONG DE LA LIGNE N° 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  $L_{eq}$  24 h 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 N° 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 Saint-Louis, Cartier et Ouimet).

Le bruit produit par les voitures du métro de surface ( $L_{eq24 h} = 60$  dB(A) au niveau des maisons les plus rapprochées) est relativement faible par rapport au niveau sonore existant ( $L_{eq24 h} = 64$  dB(A)). En fait, l'impact sonore engendré par cette station sera principalement dû à une augmentation de la circulation routière (voitures et autobus).

Il est à noter que les voies menant à la station présentent un rayon de courbure inférieur à 230 mètres, rendant possible la génération de crissements de roues dont l'impact serait fort auprès des riverains.

##### Interstation Du Collège - Côte Vertu

Deux zones sont affectées par l'implantation du métro de surface, soit: l'école Manoogian et les condominiums de la 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, les bâtiments situés au 720, rue de Montpellier et au 740, Place Fortier subissent un impact sonore fort, 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'impact sonore dû à l'augmentation du niveau actuel variera de faible à moyen.

### 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 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 très dégradé ( $L_{eq}$  24 h = 67 à 75 dB(A)).

L'impact sonore résultant de l'implantation du métro de surface varie de moyen à fort pour le M.I.-79 et de faible à moyen pour un matériel roulant du type M.S. moyen.

On retrouve ensuite un immeuble résidentiel au 40, rue Port-Royal. L'impact sonore est fort pour le M.I.-79 et varie de moyen à fort pour le M.S.

### 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.

Celles situées au sud-ouest de la station Sauvé sont les plus touchées à cause de la zone d'accès à la station. Le bruit de la station et celui des autobus entraînent une augmentation du niveau de bruit actuel de  $L_{eq}$  24 h 60 dB(A) à 64 dB(A) pour les maisons les plus rapprochées. Dans ces cas restreints, l'impact est moyen et peut 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. Dans certains cas, des industries légères séparent l'emprise du CN des résidences, et réduisent ainsi l'effet de l'implantation de la ligne du métro de surface. L'impact y varie de faible à fort 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 variant de faible à moyen 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.

### Stations Papineau et Saint-Michel

Le passage des rames de métro à ces stations affecte surtout les résidences situées au nord de la voie où l'impact varie de moyen à fort.

Dans les deux cas, l'achalandage routier n'est modifié que légèrement et ne devrait pas avoir aucune incidence notable sur le climat sonore.

### Interstation Papineau - Saint-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 proposées sont détaillées à la section 2.7.

De la station Saint-Michel à la station Armand-Bombardier

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

### 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 bas ( $L_{eq}$  24 h = 57 dB(A) au relevé n° 38) et l'implantation du métro de surface occasionne un impact sonore faible à moyen.

Les résidences en bordure du boulevard Rivière-des-Prairies qui sont à l'intérieur de la zone d'impact  $L_{eq}$  24 h doivent être acquises, 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 83<sup>e</sup> 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 86<sup>e</sup> et 87<sup>e</sup> avenues, où l'impact sonore est faible pour les maisons les plus rapprochées et moyen pour la résidence du 12 000, 87<sup>e</sup> avenue (entre la 6<sup>e</sup> 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.

### Voie d'essai

L'impact causé par la voie d'essai sur les résidences riveraines varie de moyen à fort.

#### 2.4.6.2 INFLUENCE DES LIGNES DE RABATTEMENT D'AUTOBUS

Les dessertes d'autobus sont une source de bruit importante aux stations et le long de leur tracé. Le nombre de lignes requises, la fréquence et leur niveau de bruit de passage servent à estimer l'importance des émissions sonores qu'elles engendrent.

Il semble toutefois, d'après les cahiers descriptifs de l'implantation et du schéma fonctionnel des stations, que le métro de surface s'intègre aux réseaux d'autobus déjà établis plutôt que d'ajouter de nouvelles lignes.

Ainsi, le nombre de lignes supplémentaires de rabattement d'autobus se limite à deux à la station Du Collège (21-101), deux à la station Viau (120-133), une à la station Armand-Bombardier (194) et trois à la station de Pointe-aux-Trembles (11-13-13A).

L'impact sonore associé à ce mode de transport est donc restreint.

#### 2.4.6.3 INFLUENCE DE LA CIRCULATION AUTOMOBILE AUX STATIONS

Le nombre de véhicules circulant à proximité des stations est le principal facteur utilisé pour estimer leur contribution au niveau sonore global.

On remarque cependant que la proportion des usagers qui accèdent ou quittent les stations en utilisant une automobile n'est généralement pas élevée (voir le Rapport technique de planification, troisième partie).

Dans les stations Pie-IX, Lacordaire/Langelier, Armand-Bombardier et Pointe-aux-Trembles, la circulation automobile est plus importante mais n'affecte aucun secteur résidentiel.

## 2.5 IMPACT CAUSÉ PAR LES VIBRATIONS GÉNÉRÉES PAR LE MÉTRO 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 VIBRATIONS INDUITES AU SOL

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

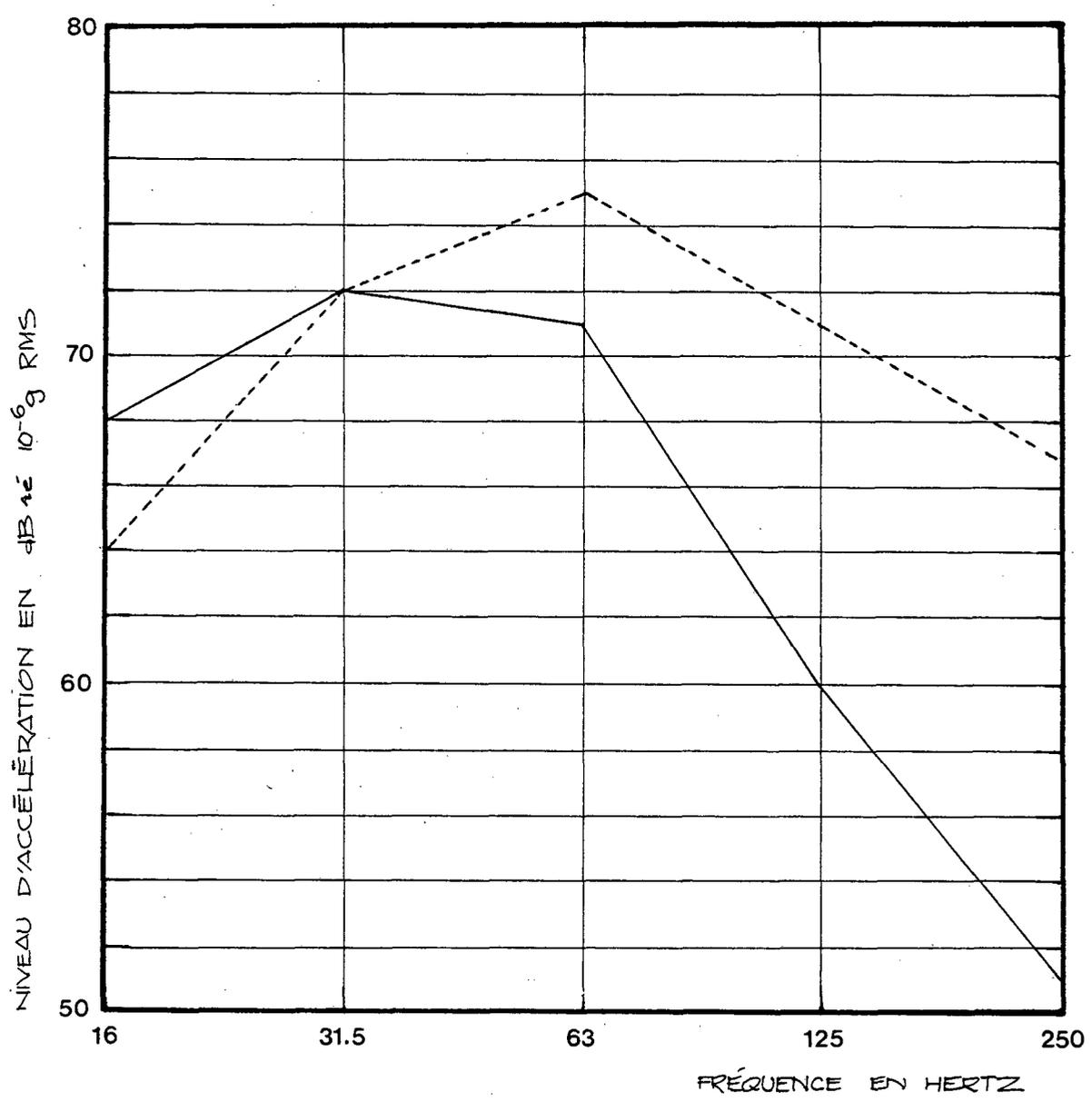
- rapport d'impédance et surtout, fini de surface des roues et des rails;
- poids des bogies non isolés par rapport aux rails (comprend: roues, essieux, possiblement la boîte de transmission et les moteurs de traction) et la rigidité de la suspension primaire;
- poids total des voitures;
- vitesse de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

#### 2.5.1.2 ÉVALUATION 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 VIBRATIONS PERÇUES DANS LES RÉSIDENCES

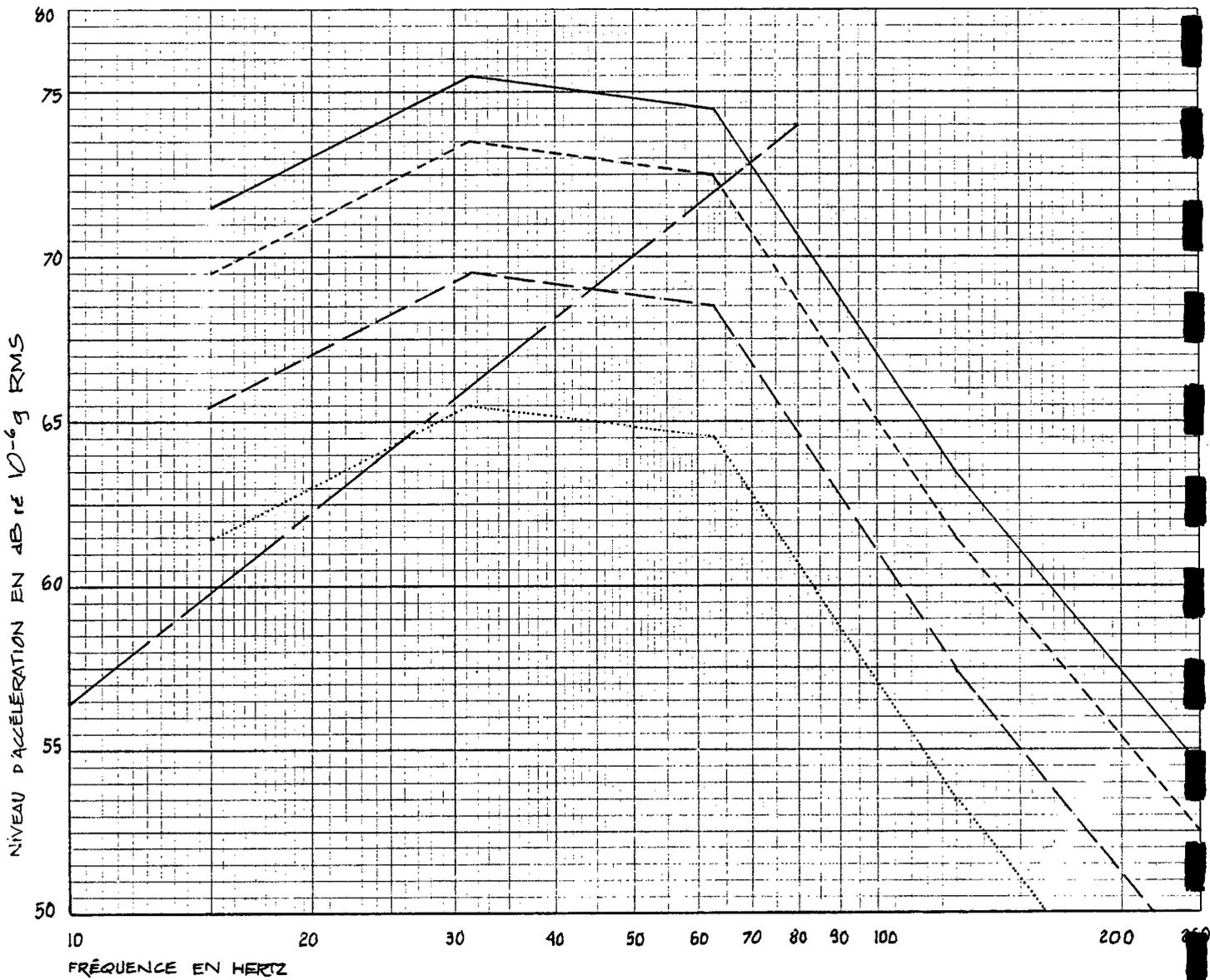
Les étapes suivantes ont servi à évaluer l'intensité des vibrations perçues dans les résidences qui côtoient le tracé du métro de surface. Seules les vibrations mesurées suivant l'axe vertical serviront au calcul de la zone d'impact car elles sont dominantes.



————— 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 NORMALISEE 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 75 m, À UNE VITESSE DE 90 km/h; VOIE SUR BALLAST AU NIVEAU DU SOL.
- ATTÉNUATION DE 2dB DUE À UN REMBLAI DE PLUS DE 5m DE HAUTEUR
- INTENSITÉ DE VIBRATION RÉSULTANTE À 15m DE LA VOIE
- ..... INTENSITÉ DE VIBRATION RÉSULTANTE À 30m DE LA VOIE
- SEUIL DE PERCEPTION DES VIBRATIONS

**FIG. 10 NIVEAU DE VIBRATION À DIFFÉRENTES DISTANCES DE LA VOIE.**

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

Il est convenu que l'augmentation du niveau de vibrations 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 vibrations mesuré dans l'axe vertical à une distance de 7,5 mètres de la voie.

- b) Calcul de l'atténuation du niveau de vibrations 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 vibrations 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 vibrations 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 vibrations est dominée par la dispersion géométrique;
- pour la gamme de fréquences qui nous intéresse (16 à 125 Hertz), l'amortissement dû au 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) Évaluation du niveau de vibrations perçues 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 mais difficile à prédire.

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.

**TABLEAU 8** ATTÉNUATION DES VIBRATIONS DANS UN IMMEUBLE À PLUSIEURS ÉTAGES EN dB

FRÉQUENCE EN HERTZ	ATTÉNUATION PAR ÉTAGE 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

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 vibrations 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. Lorsque les voitures de première série du métro de surface seront construites, la zone d'impact pourra être définie avec plus d'exactitude.

d) Évaluation 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 80 dB(A) pour une même distance.

#### 2.5.1.4 ANALYSE DES RÉSULTATS

On constate à la figure 10 que le niveau de vibrations générées 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 ÉVALUATION 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 vibrations 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 aucun 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 vibrations 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 À L'INTÉRIEUR DES VÉHICULES

---

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'ACCÈS

---

Les onze stations qui jalonnent la ligne n° 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.

À 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: 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 source fixe: 55 dB(A) mesuré à une hauteur de 1,5 mètre 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 mètre, 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 mètre (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 seconde, 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.

À 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

La présence physique des stations n'implique pas d'émetteurs importants de bruit communautaire. Cependant, les sources sonores suivantes doivent être contrôlées à la phase de design:

- . système de ventilation, de climatisation et équipements connexes;
- . transformateurs;
- . génératrice de secours;
- . autres systèmes auxiliaires potentiels.

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.

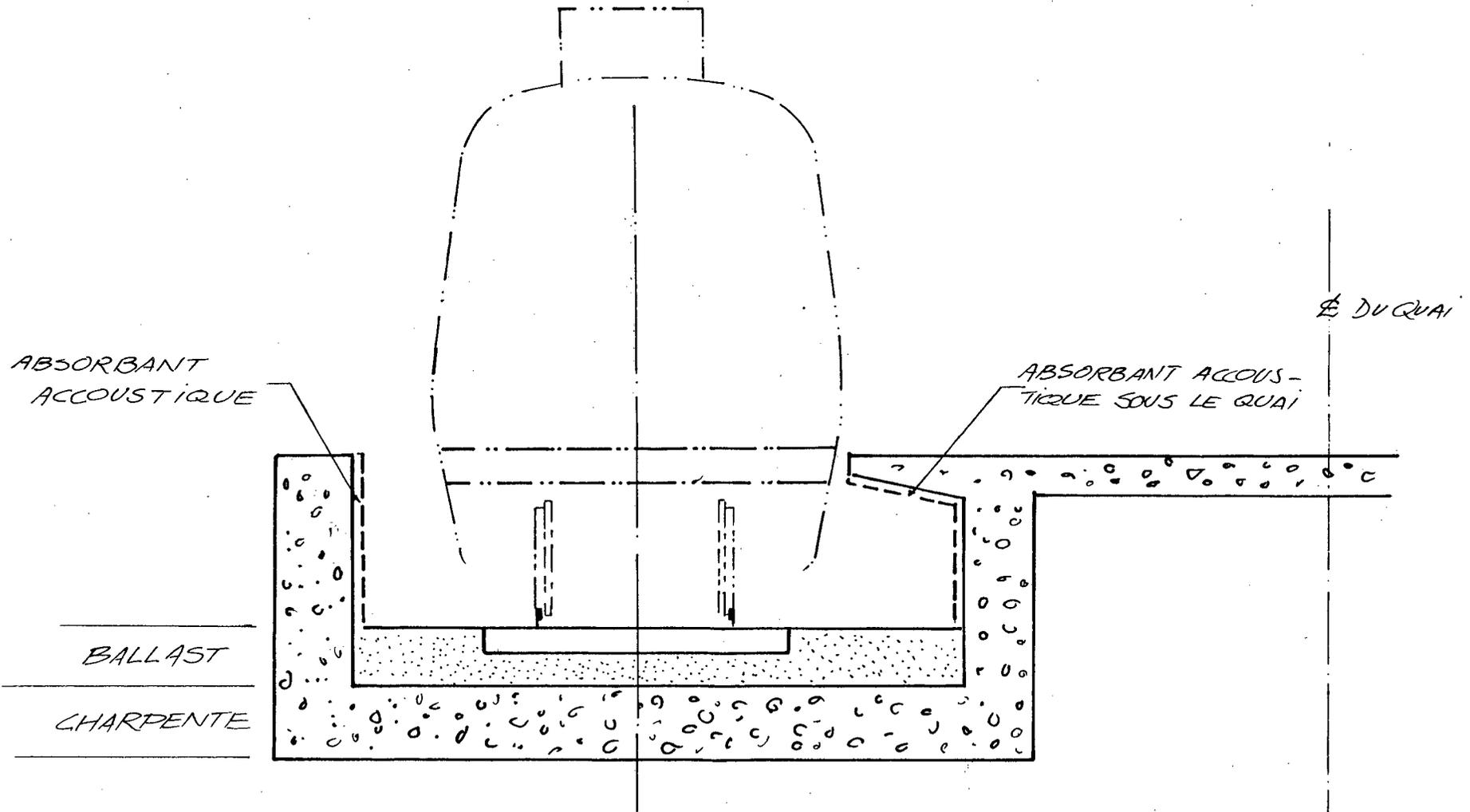
Dans le cas d'une station au sol, on pourra recouvrir la surface sous la plate-forme avec un absorbant de 8 à 10 centimètres d'épaisseur (coefficient d'absorption sonore de 0,4 à 250 Hertz et de 0,65 à 500 Hertz), recouvert d'un film de plastique étanche et protégé d'une tôle perforée. Pour les stations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

Dans le cas des stations susceptibles de créer un impact sonore fort auprès des riverains, une étude acoustique plus détaillée sera requise.

#### 2.6.2 IMPACT SONORE ASSOCIÉ AUX GARAGES ET ATELIERS

##### 2.6.2.1 GARAGE DU COLLÈGE

Ce garage situé à l'extrémité ouest de la ligne n° 6 sert à remiser des voitures pendant l'arrêt du service ainsi qu'en période creuse. On peut y faire des inspections mineures sur fosse et le lavage des voitures.



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

La localisation de ce garage ne présente pas de problème 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 Cegep Saint-Laurent. L'impact résultant est donc positif.

#### 2.6.2.2 COMPLEXE GARAGES-ATELIERS À POINTE-AUX-TREMBLES FAISCEAUX DE VOIES ET DE 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.

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 révisions (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 révisions;
- 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 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);
- 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 voie 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.

#### Système de communication extérieur

L'utilisation de tableaux d'affichage électroniques aux entrées des garages et de l'atelier, conjointement à des procédures d'opération 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, l'utilisation de souffleries pour le nettoyage en continu des aiguillages des voies engendrera un impact faible auprès des riverains des faisceaux de voies.

- Aiguillages spéciaux requis le long de la ligne n° 6:

Dans les zones sensibles au bruit, il s'avère intéressant d'utiliser des aiguillages à coeur mobile plutôt que ceux à aiguilles mobiles. Cette modification permet d'éliminer les bruits d'impacts supplémentaires qu'ils causent. Les endroits suivants devraient être munis de ces aiguillages spéciaux:

- . aiguillages des voies de garage près de la station Sauvé;
- . aiguillages près des stations Papineau et Pointe-aux-Trembles;
- . aiguillages servant à accéder aux voies principales des garages et ateliers à partir des voies d'accès à la ligne n° 6 (valable si les écrans anti-bruit ne sont pas installés le long de la voie d'essai).

### 2.6.3 IMPACT CAUSÉ 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 (faisceaux de voies) 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. À 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 CAUSÉ PAR LE DÉPLACEMENT LATÉRAL 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 n° 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 Saint-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 des wagons.

Résidences situées au nord de la voie:

- éloignement de la voie du Canadien National et réduction de moins de 2 dB(A) lors du passage des wagons.

L'impact sonore négatif pour 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 n° 6, un coût total d'environ 35 000 \$.

L'impact cumulé de ces deux modifications est positif. Compte tenu de l'achalandage ferroviaire qui prévalait lors des relevés sonores effectués à la fin de l'année 1982, la réduction du niveau sonore  $L_{eq}$  24 h 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 Saint-Laurent et la station Saint-Michel. Dans les autres tronçons, l'absence de zones résidentielles situées à proximité de la voie, sur le côté sud, rend plus acceptable, 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'inconfort 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'enceintes 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.

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 dépend du nombre de résidents affectés, du coût relatif des diverses solutions et de leur efficacité acoustique.

Voici les mesures de mitigation possibles:

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

Cette solution est efficace du point de vue acoustique mais s'avère dispendieuse, tant pour l'installation que pour 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) Acquisition des bâtiments ou dédommagement des résidents

Lorsque l'impact sonore touche un nombre restreint de résidents 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, d'acquiescer ces propriétés. 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.

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

## 2.7.1 BARRIÈRES ACOUSTIQUES LE LONG DU TRACÉ

---

### 2.7.1.1 DESIGN DES BARRIÈRES ACOUSTIQUES

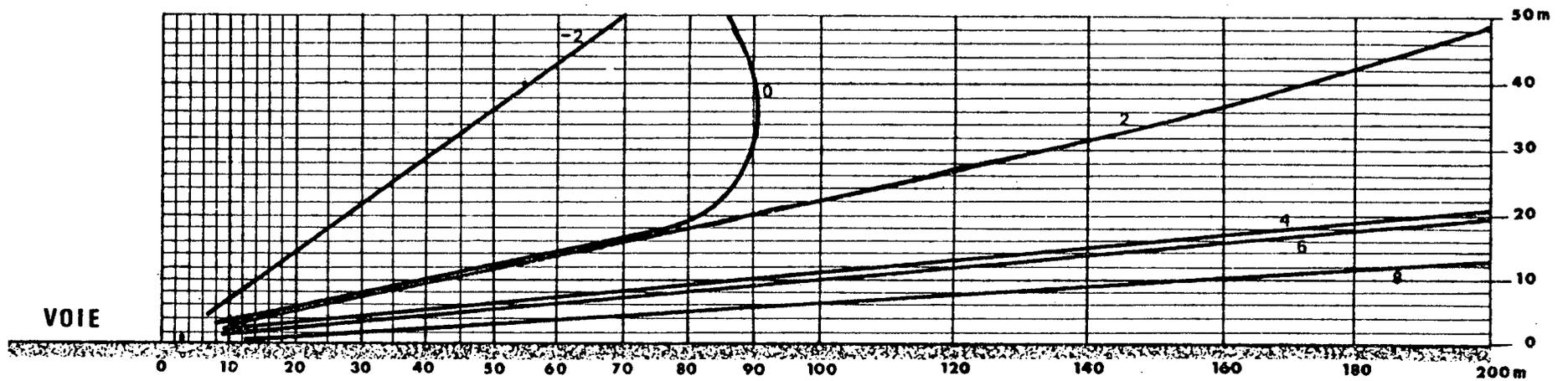
L'installation des barrières acoustiques vise à diffracter les ondes acoustiques produites lors du passage d'une voiture vers les zones qui affecteront à un degré moindre les résidents d'un secteur donné.

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

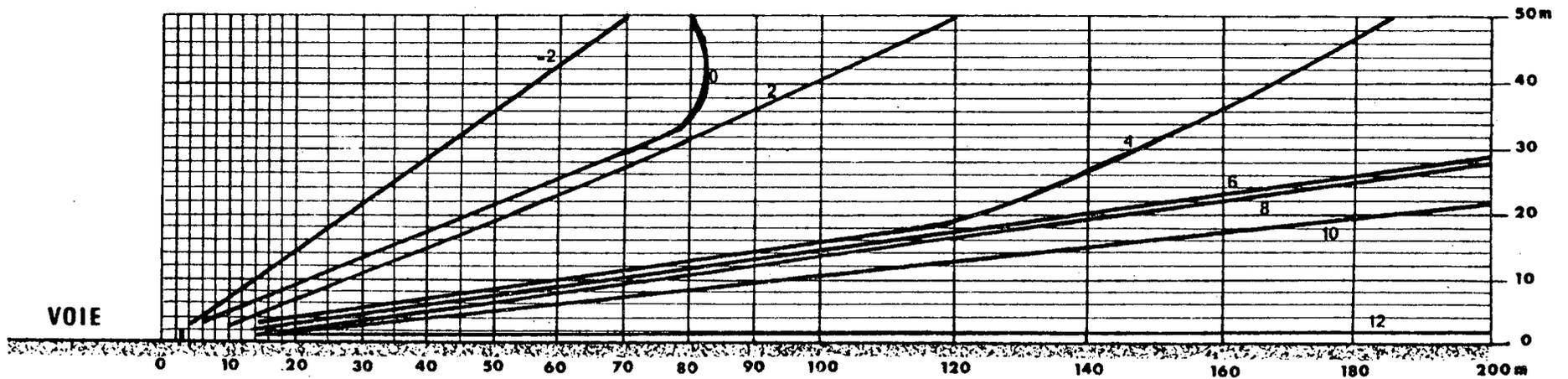
- Le calcul de l'efficacité de l'écran ne doit pas être basé sur les abaques ou sur les méthodes de calcul du bruit en provenance d'une route car les hypothèses de calcul et les conditions aux limites ne sont pas les mêmes (distance écran-source, présence possible de réflexions secondaires entre l'écran et la caisse des voitures, directivité de la source et contenu fréquentiel du bruit généré).
- Les courbes d'iso-atténuation indiquées aux figures 12-13 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  $30 \text{ kg/m}^2$ , 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.

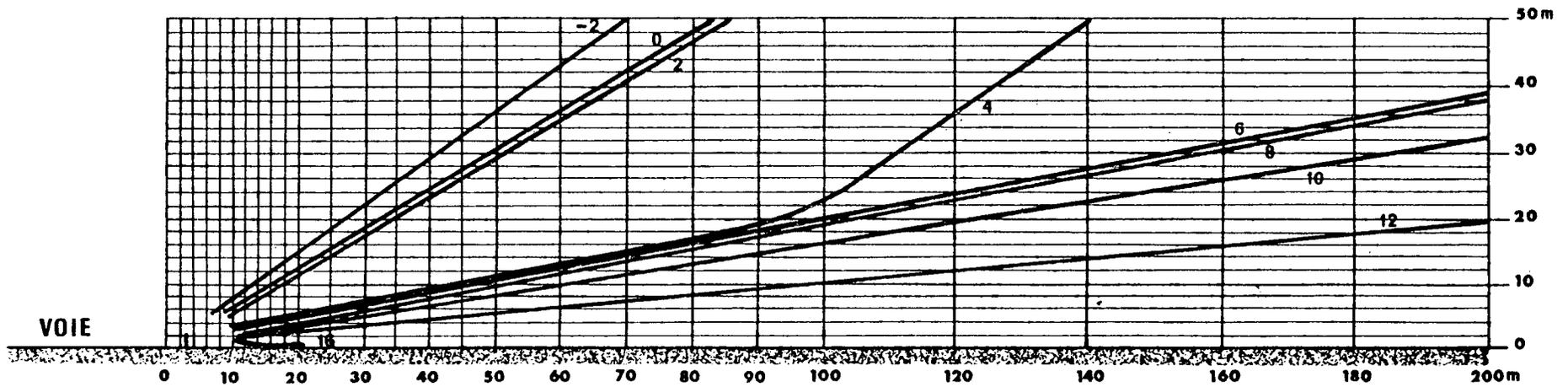


*A* : Ecran de hauteur 1,50 m, implanté à 3 m du rail le plus proche.

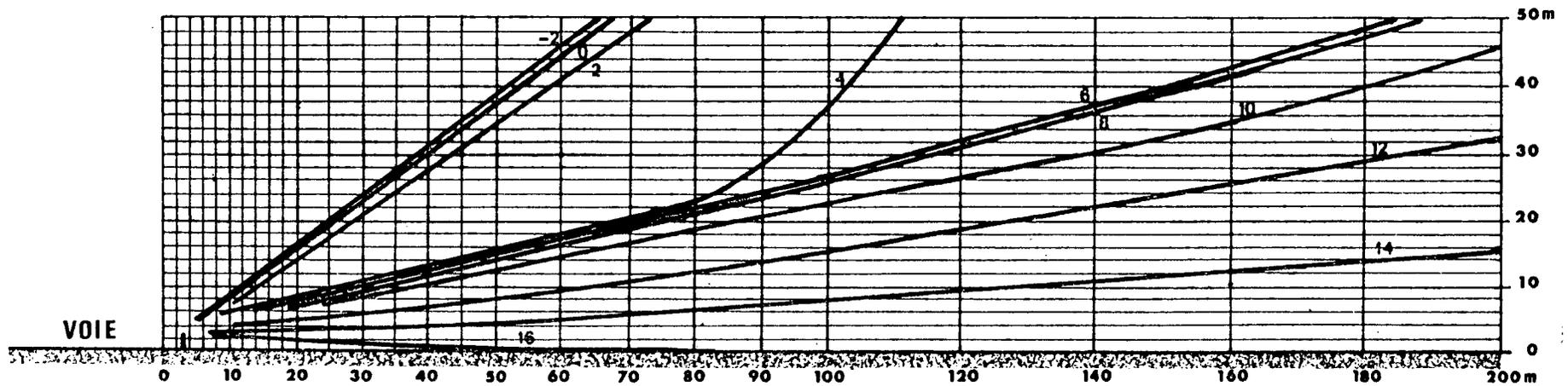


*B* : Ecran de hauteur 2 m, implanté à 3 m du rail le plus proche.

**FIG.12 COURBES D'ISOATTENUATION D'ECRANS ACOUSTIQUES.**  
(HAUTEUR DE 1.5 & 2.0m.)

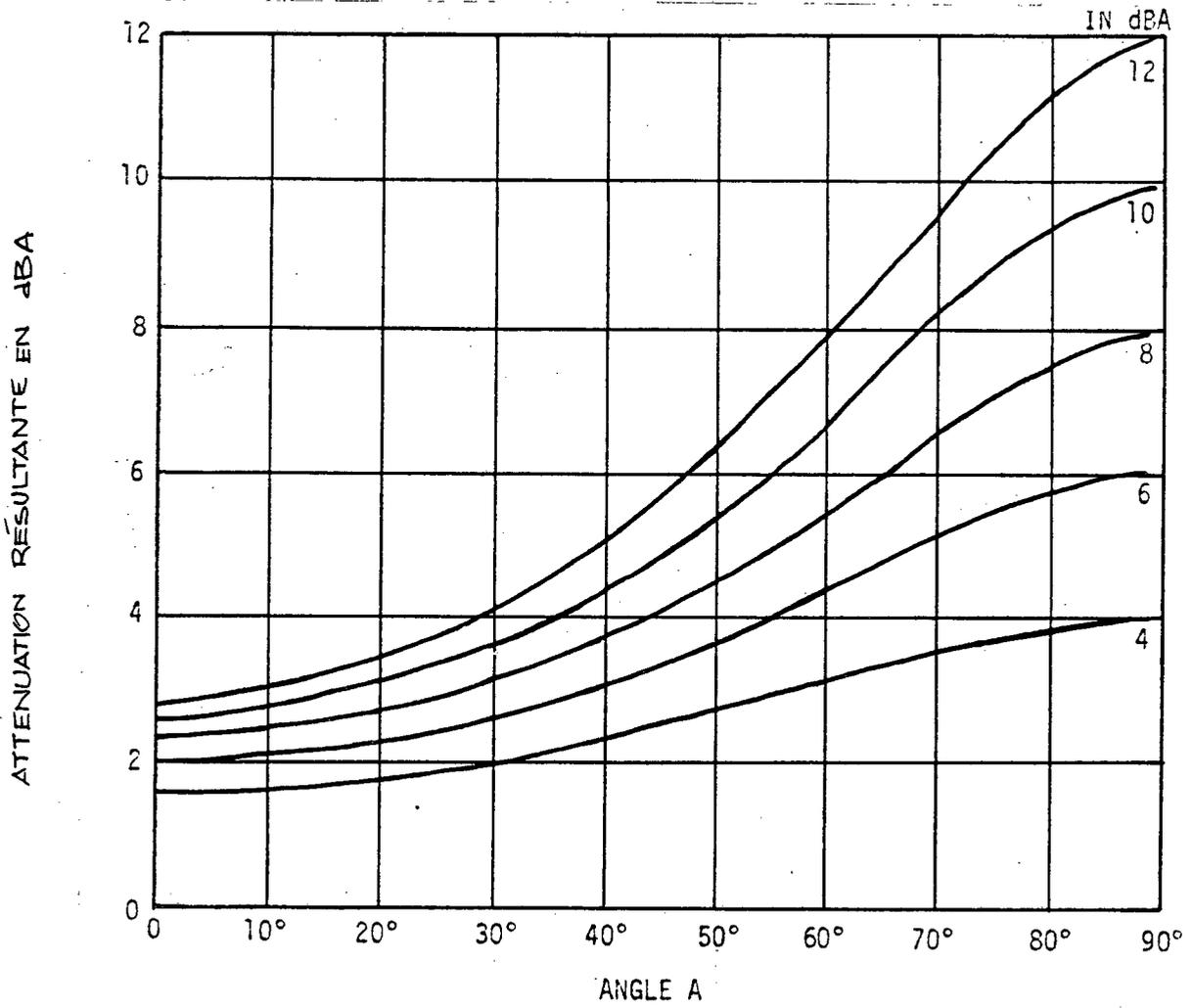
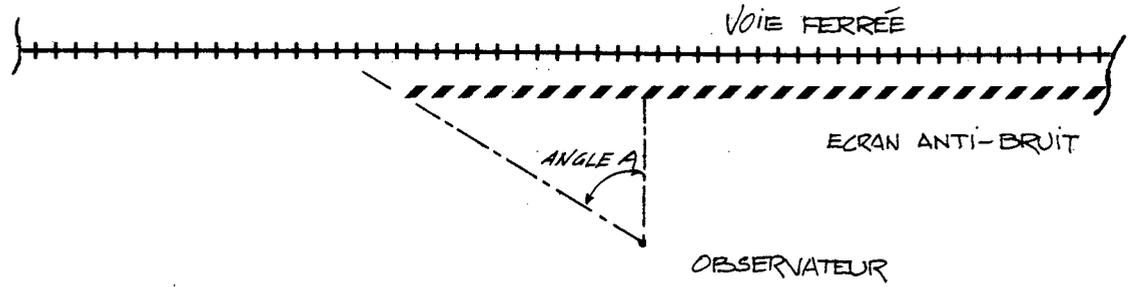


*A* : Ecran de hauteur 2,50 m, implanté à 3 m du rail le plus proche.



*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 & 3.0m.)



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

### 2.7.1.2 LOCALISATION DES BARRIÈRES ACOUSTIQUES LE LONG DE LIGNE 6 DU MÉTRO DE SURFACE

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 est la suivante:

- 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 kilomètre;
- interstation Papineau et Saint-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. Les relevés sonores des essais effectués avec les voitures de première série ou sur un matériel roulant similaire permettront de confirmer l'utilité d'un écran sonore le long de la voie d'essai.

Ces barrières acoustiques totalisent une longueur d'environ 4,4 kilomètres.

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 du M.I.-79 ou encore, si d'autres mesures de mitigation sont utilisées conjointement (expropriation des résidences à moins de 15 mètres, réduction de la vitesse maximale de passage, etc.).

### 2.7.2 ACQUISITION D'IMMEUBLES RÉSIDENTIELS

---

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 subiraient. Cette mesure de mitigation réduirait, dans certains cas, la hauteur des écrans acoustiques indiquée à la section 2.7.1.2.

L'acquisition de ces immeubles est également souhaitable du point de vue des vibrations. En effet, à cette distance, il peut s'avérer difficile de suffisamment réduire le niveau de vibrations produit lors du passage des voitures pour que l'impact créé soit acceptable.

### 2.7.3 MESURES DE MITIGATION ET RÉPERCUSSIONS RÉSIDUELLES LE LONG DE LA LIGNE 6 DU MÉTRO DE SURFACE

---

On retrouve au tableau 9, un sommaire des mesures de mitigation proposées pour réduire, à un niveau acceptable pour les riverains, l'impact sonore produit par l'implantation d'une ligne de métro de surface, et les répercussions résiduelles qu'il s'avère impraticable d'éliminer (techniquement et/ou économiquement).

Le tableau décrit deux alternatives quant au niveau sonore maximum généré par le matériel roulant. On considère d'abord un niveau sonore de 88 dB(A) (4 voitures, 90 km/h, 15 m, éléments roues/rails en bonne condition); puis un niveau de 82 dB(A) (mêmes conditions de mesure), lequel augmentera graduellement de 4 dB(A) à mesure que la condition des éléments roues/rails se détériorera. Les impacts indiqués sont valides seulement pour les résidences les plus rapprochées de la voie.

TABLEAU 9 MESURES DE MITIGATION ET RÉPÉCUSSIONS RÉSIDUELLES LE LONG DE LA LIGNE N° 6

NOTE 1

Les impacts sonores aux stations devront être révisés après que des mesures auront été effectuées sur des voitures de première série. Actuellement, les impacts calculés semblent élevés par rapport aux études effectuées pour d'autres métros de surface.

NOTE 2

L'utilisation d'autres mesures de mitigation peut réduire la hauteur des écrans sonores requis.

LOCALISATION DES IMPACTS SONORES	IMPACT SONORE PROJETÉ		MESURES DE MITIGATION		IMPACT SONORE RÉSIDUEL	
	$L_{max} = 88 \text{ dB(A)}$	$L_{max} = 82 \text{ à } 86 \text{ dB(A)}$	$L_{max} = 88 \text{ dB(A)}$	$L_{max} = 82 \text{ à } 86 \text{ dB(A)}$	$L_{max} = 88 \text{ dB(A)}$	$L_{max} = 82 \text{ à } 86 \text{ dB(A)}$
- Station du Collège (Note 1)	faible à moyen	faible à moyen	- Déplacer la station plus au sud; - Contrôle strict de la circulation sur la rue Saint-Louis (vitesse maximale: 30 km/h, automobiles seulement)		faible	faible
- Condominiums Place Fortier et Montpellier	fort	fort	- Réduction à la source; matériel roulant avec $L_{max} = 82 \text{ à } 86 \text{ dB(A)}$ et vitesse maximum: 50 km/h	- Vitesse maximum: 50 km/h ou distance minimale résidences-voies: 30 mètres	faible à moyen	faible à moyen
- Station Côte Vertu (Projet de développement résidentiel possible au nord-ouest de la station)	moyen à fort	moyen à fort	- Réglementer ou modifier le zonage pour contrôler les développements futurs			
- Résidences au nord de la voie entre le boulevard Lebeau et l'autoroute des Laurentides	moyen à fort	faible à moyen	- Réduction à la source; matériel roulant avec $L_{max} = 82 \text{ à } 86 \text{ dB(A)}$ ou réduction de la vitesse de passage	Aucune	faible à moyen	faible à moyen

**TABEAU 9** MESURES DE MITIGATION ET RÉPERCUSSIONS RÉSIDUELLES LE LONG DE LA LIGNE N° 6

LOCALISATION DES IMPACTS SONORES	IMPACT SONORE PROJETÉ		MESURES DE MITIGATION		IMPACT SONORE RÉSIDUEL	
	$L_{max} = 88 \text{ dB(A)}$	$L_{max} = 82 \text{ à } 86 \text{ dB(A)}$	$L_{max} = 88 \text{ dB(A)}$	$L_{max} = 82 \text{ à } 86 \text{ dB(A)}$	$L_{max} = 88 \text{ dB(A)}$	$L_{max} = 82 \text{ à } 86 \text{ dB(A)}$
- Interstation Côte Vertu - Sauvé Immeuble au 740, rue Clark	fort	fort	- Réduction à la source; matériel roulant avec $L_{max} = 82 \text{ à } 86 \text{ dB(A)}$ et vitesse max. 60 km/h	- Vitesse max.: 60 km/h ou	faible à moyen	faible à moyen
			ou			
			- Isolation acoustique du bâtiment en indiquant aux locataires les problèmes dus au bruit			
			ou			
			- Acquisition du bâtiment par le maître d'oeuvre du métro de surface			
- Station Sauvé (Note 1) Foyer Alma et résidences au sud de la voie	moyen à fort	moyen à fort	- Traitements acoustiques à l'extérieur de la station		faible	faible
			- Relocalisation de la desserte d'autobus			

TABLEAU 9 MESURES DE MITIGATION ET RÉPERCUSSIONS RÉSIDUELLES LE LONG DE LA LIGNE N° 6

LOCALISATION DES IMPACTS SONORES	IMPACT SONORE PROJETÉ		MESURES DE MITIGATION		IMPACT SONORE RÉSIDUEL	
	$L_{max} = 88 \text{ dB(A)}$	$L_{max} = 82 \text{ à } 86 \text{ dB(A)}$	$L_{max} = 88 \text{ dB(A)}$	$L_{max} = 82 \text{ à } 86 \text{ dB(A)}$	$L_{max} = 88 \text{ dB(A)}$	$L_{max} = 82 \text{ à } 86 \text{ dB(A)}$
- Interstation Sauvé - Papineau						
• résidences au nord de la voie	fort	faible à fort	écrans-sonores (Note 2)	- Vitesse max. = 60 km/h et - Acquisition des résidences à moins de 15 mètres de la voie	faible à moyen	faible à moyen
• résidences au sud de la voie	moyen	faible à moyen				
- Station Papineau (Note 1)	fort	fort	- Traitement acoustique à l'extérieur de la station			
- Interstation Papineau - Saint-Michel						
• côté nord de la voie	fort	faible à fort	écrans sonores (Note 3)	- Vitesse max. = 60 km/h	faible à moyen	faible à moyen
• côté sud de la voie	fort	moyen à fort				
- École Letendre près de la station Papineau	fort	moyen	- Écran anti-bruit et/ou - Isolation acoustique du bâtiment ou - Fermeture anticipée de l'école	- Vitesse max. = 40 km/h ou - Isolation acoustique du bâtiment ou - Fermeture anticipée de l'école	faible	faible
- Station Saint-Michel (Note 1)	faible à moyen	faible à moyen	- Traitement acoustique à l'extérieur de la station		faible	faible

**TABEAU 9** MESURES DE MITIGATION ET RÉPERCUSSIONS RÉSIDUELLES LE LONG DE LA LIGNE N° 6

LOCALISATION DES IMPACTS SONORES	IMPACT SONORE PROJETÉ		MESURES DE MITIGATION		IMPACT SONORE RÉSIDUEL	
	$L_{max} = 88 \text{ dB(A)}$	$L_{max} = 82 \text{ à } 86 \text{ dB(A)}$	$L_{max} = 88 \text{ dB(A)}$	$L_{max} = 82 \text{ à } 86 \text{ dB(A)}$	$L_{max} = 88 \text{ dB(A)}$	$L_{max} = 82 \text{ à } 86 \text{ dB(A)}$
- Interstation Viau - Lacordaire • résidences à l'est du boulevard Lacordaire au nord de la voie		faible				
- Interstation Lacordaire - Armand-Bombardier		négligeable positif				
- Interstation Armand-Bombardier à Rivière-des-Prairies rue Louis Jobin		faible à moyen				
- Boulevard Rivière-des-Prairies		négligeable faible				
- Interstation Rivière-des-Prairies • résidences au nord de la voie		faible à moyen				
- Résidences à l'est de la station Pointe-aux-Trembles	faible	faible	- Si aiguillage à coeur mobile et vitesse maximum = 15 km/h			

## 2.8 BRUIT ET VIBRATIONS À 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 sonore 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 CRITÈRES D'ÉVALUATION 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 le 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 respecter concernant les vibrations générées, 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.) n'occasionne généralement pas de problèmes majeurs.

En pratique, un niveau de vibrations 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.

**TABLEAU 10** NIVEAUX SONORES MAXIMUMS DURANT LA CONSTRUCTION

PHASE DE LA CONSTRUCTION	NIVEAU SONORE ÉQUIVALENT MAXIMUM $L_{eq}$ 10 HEURES, EN DB(A) (1)
DÉMOLITION DES VIADUCS	83
EXCAVATION ET DÉCAPAGE	78
FONDATIONS DES STATIONS ET DES VIADUCS INCLUANT LE PLANTAGE DE PIEUX	82
FONDATIONS DES STATIONS ET DES VIADUCS EXCLUANT LE PLANTAGE DE PIEUX	78
PRÉPARATIFS EN VUE DE DYNAMITER (FORAGE)	83
DYNAMITAGE	85
MURS DE SOUTÈNEMENT TEMPORAIRES	82
REMBLAYAGE	82
AUTRES ACTIVITÉS	75

(1) Mesuré aux résidences les plus rapprochées ou à 30 mètres de part et d'autre du centre de l'emprise du C.N. Rail dans les zones résidentielles.

### 2.8.2 NIVEAU DE BRUIT PROJETÉ 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".

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 2.8.2 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 du surface.

**TABLEAU 11** NIVEAU SONORE ÉQUIVALENT JOURNALIER PENDANT LES DIVERSES PHASES DE LA CONSTRUCTION

PHASE DE LA CONSTRUCTION	NIVEAU DE PRESSION SONORE EN dB(A), À 15 MÈTRES		REMARQUES
	Équipements standard en bonne condition	Équipements 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 2.8.4) - utilisation de wagons (remblayage)
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.

**TABEAU 11 NIVEAU SONORE ÉQUIVALENT JOURNALIER PENDANT LES DIVERSES PHASES DE LA CONSTRUCTION**

PHASE DE LA CONSTRUCTION	NIVEAU DE PRESSION SONORE EN dB(A), À 15 MÈTRES		REMARQUES
	Équipements standard en bonne condition	Équipements 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.

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.

#### 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 composantes entraînant une augmentation du bruit, etc.) afin de garder leur niveau de bruit à un certain minimum.

##### b) Établissement 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 cédulant certains travaux pendant la période de l'année où les résidents sont le moins sensibles au bruit.

Dans le cas des écoles (collège Saint-Laurent, Alex Manoogian, Letendre et Montmartre), il faudra restreindre les travaux à la période estivale. Pour les secteurs résidentiels, et particulièrement, au niveau des interstations comprises entre Sauvé et Saint-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.

#### 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.

TABLEAU 12 (1) - NIVEAUX SONORES GÉNÉRÉS PAR DIVERS TYPES D'ÉQUIPEMENTS SERVANT À 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 Siddely Canada Ltd., Vancouver, B.C.

## 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.

## 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, niveleuses, compacteurs, 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)).

## 6. Transport par wagons des matériaux de remblai

Le transport des matériaux de remblayage à l'aide de wagons, comparativement aux méthodes conventionnelles (camions, chargeurs, etc.), génère légèrement moins de bruit dans l'ensemble et réduit l'étendue de la zone d'impact en éliminant les activités de camionnage.

## 2.9 PLAN DE SURVEILLANCE ET DE SUIVI

---

### 2.9.1 SURVEILLANCE DURANT LA PHASE DE CONSTRUCTION

---

Le maître d'oeuvre 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 résidents 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 MATÉRIEL ROULANT

---

### 2.9.2.1 ESSAIS AVEC LES VOITURES DE PREMIÈRE SÉRIE

Lorsque les voitures de première série seront opérationnelles, des relevés acoustiques (bruit et vibrations) devront être effectués. Ils permettront possiblement de détecter 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

À 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:

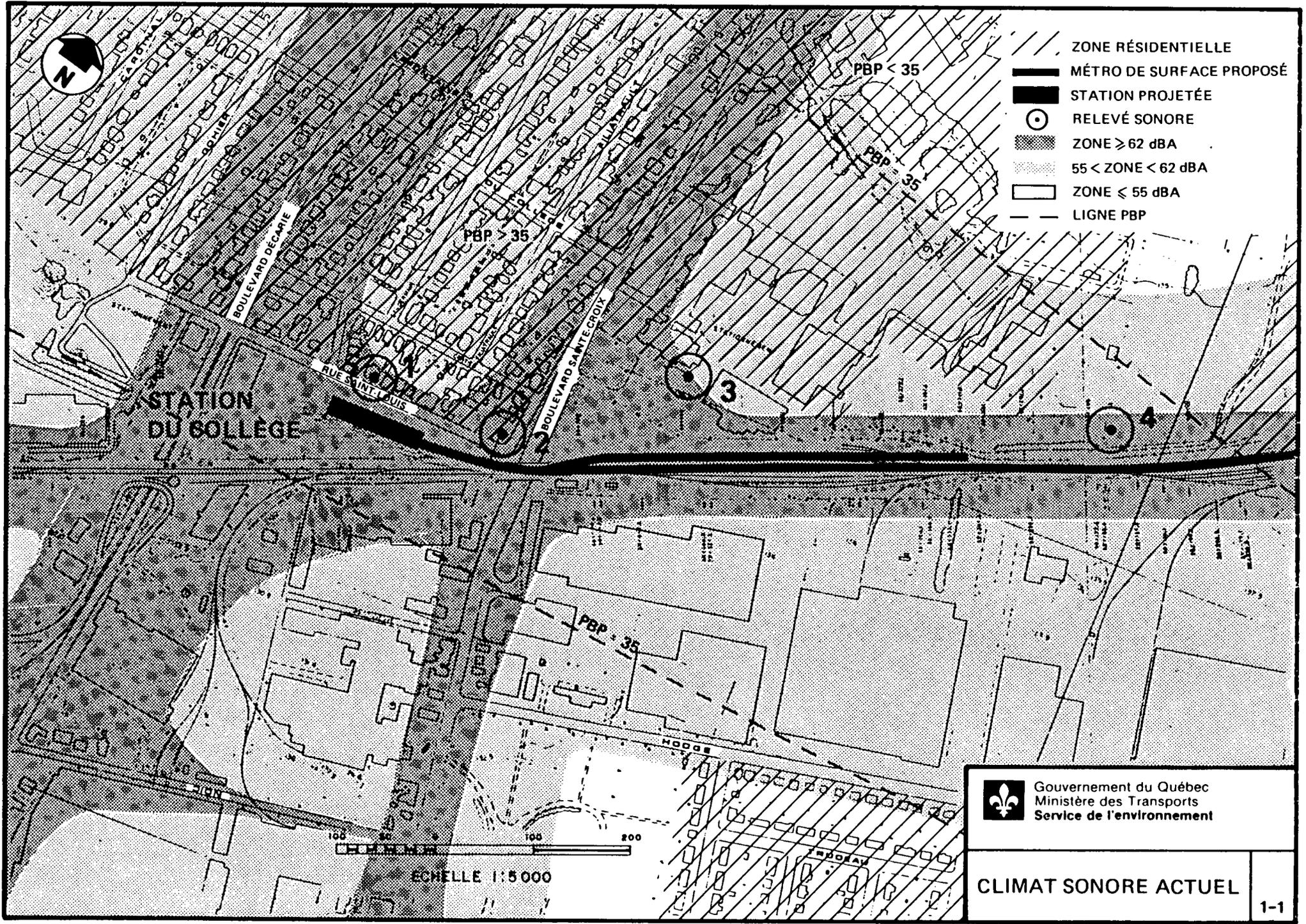
1. Vérification de la concordance du système de transport (1) avec les spécifications.
2. Analyse des décisions (1) prises au point de vue de l'acoustique (niveau sonore et vibrations) et de leur influence sur l'impact environnemental.
3. Simulation des niveaux sonores équivalents produits à une station et sur la voie d'essai.
4. Révision des mesures de mitigation prévues.
5. Établissement des programmes d'entretien; suivi de la voie et du matériel roulant.
6. Recommandation 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 I

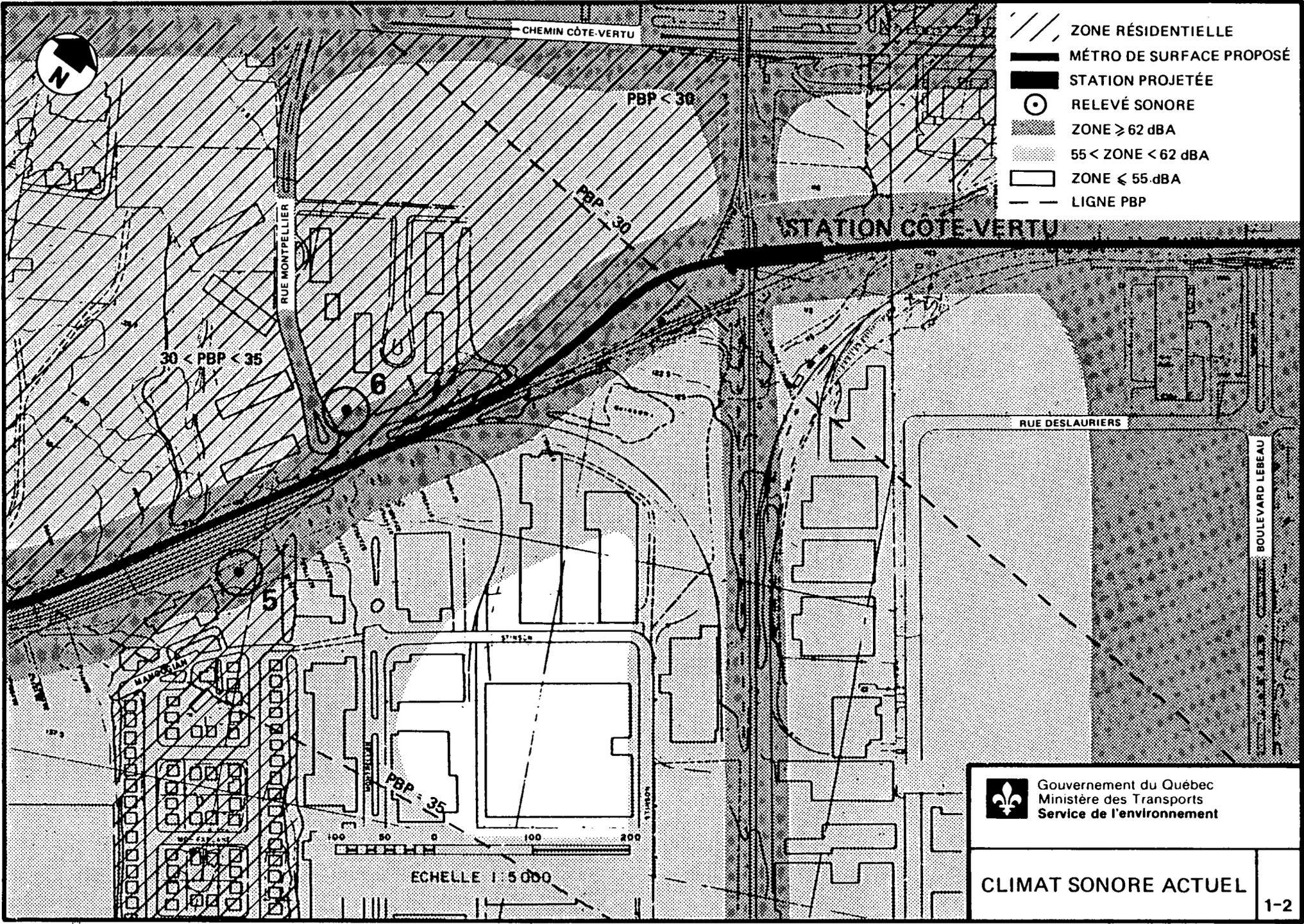
---

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,&LES COURBES  
DE PROJECTION DU BRUIT PERCU (PBP) POUR L'AEROPORT DE DORVAL



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

 Gouvernement du Québec Ministère des Transports Service de l'environnement	
<b>CLIMAT SONORE ACTUEL</b>	
1-1	

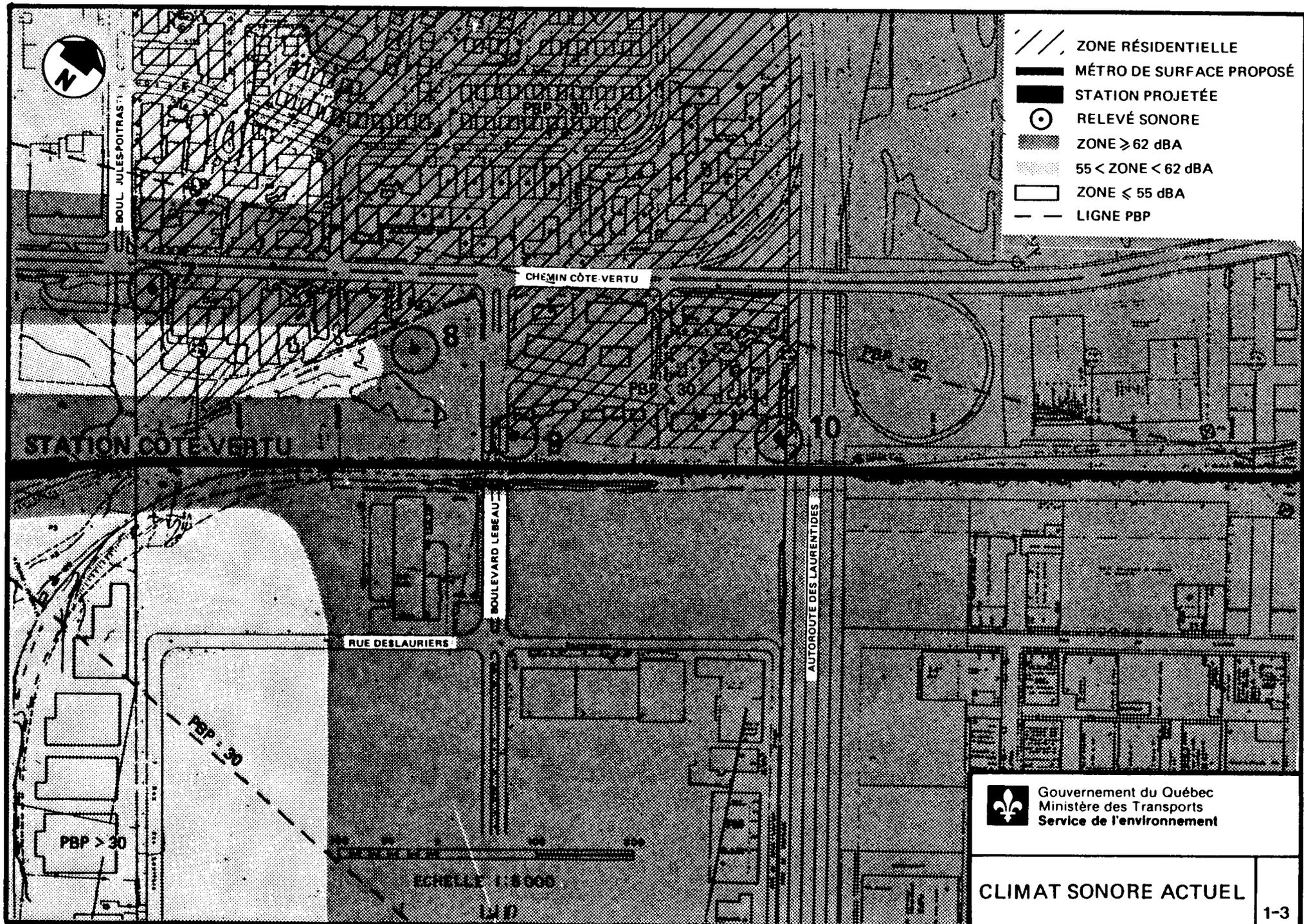


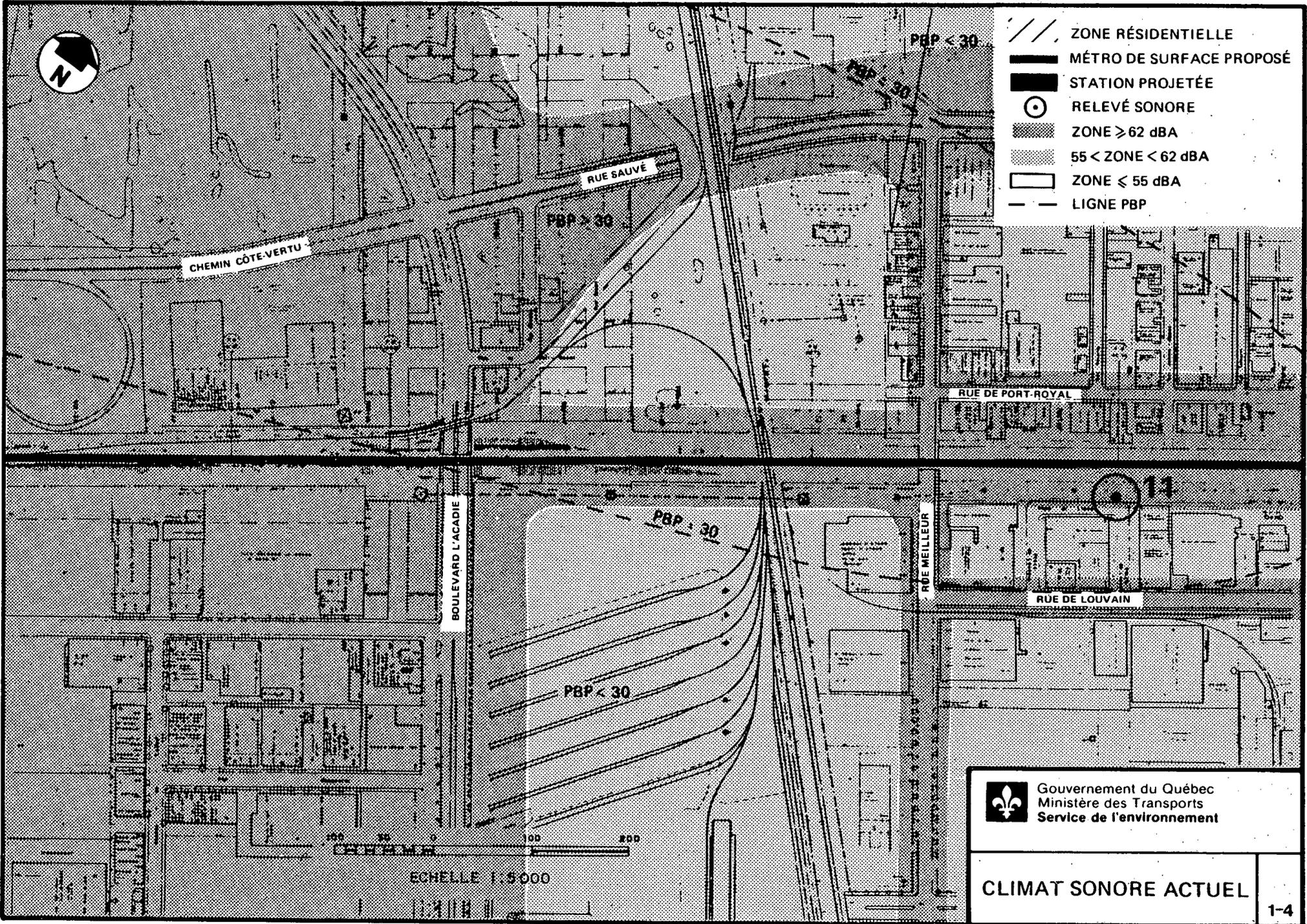
-  ZONE RÉSIDENTIELLE
-  MÉTRO DE SURFACE PROPOSÉ
-  STATION PROJÉTÉE
-  RELEVÉ SONORE
-  ZONE ≥ 62 dBA
-  55 < ZONE < 62 dBA
-  ZONE ≤ 55 dBA
-  LIGNE PBP

 **Gouvernement du Québec**  
**Ministère des Transports**  
**Service de l'environnement**

**CLIMAT SONORE ACTUEL**

**1-2**

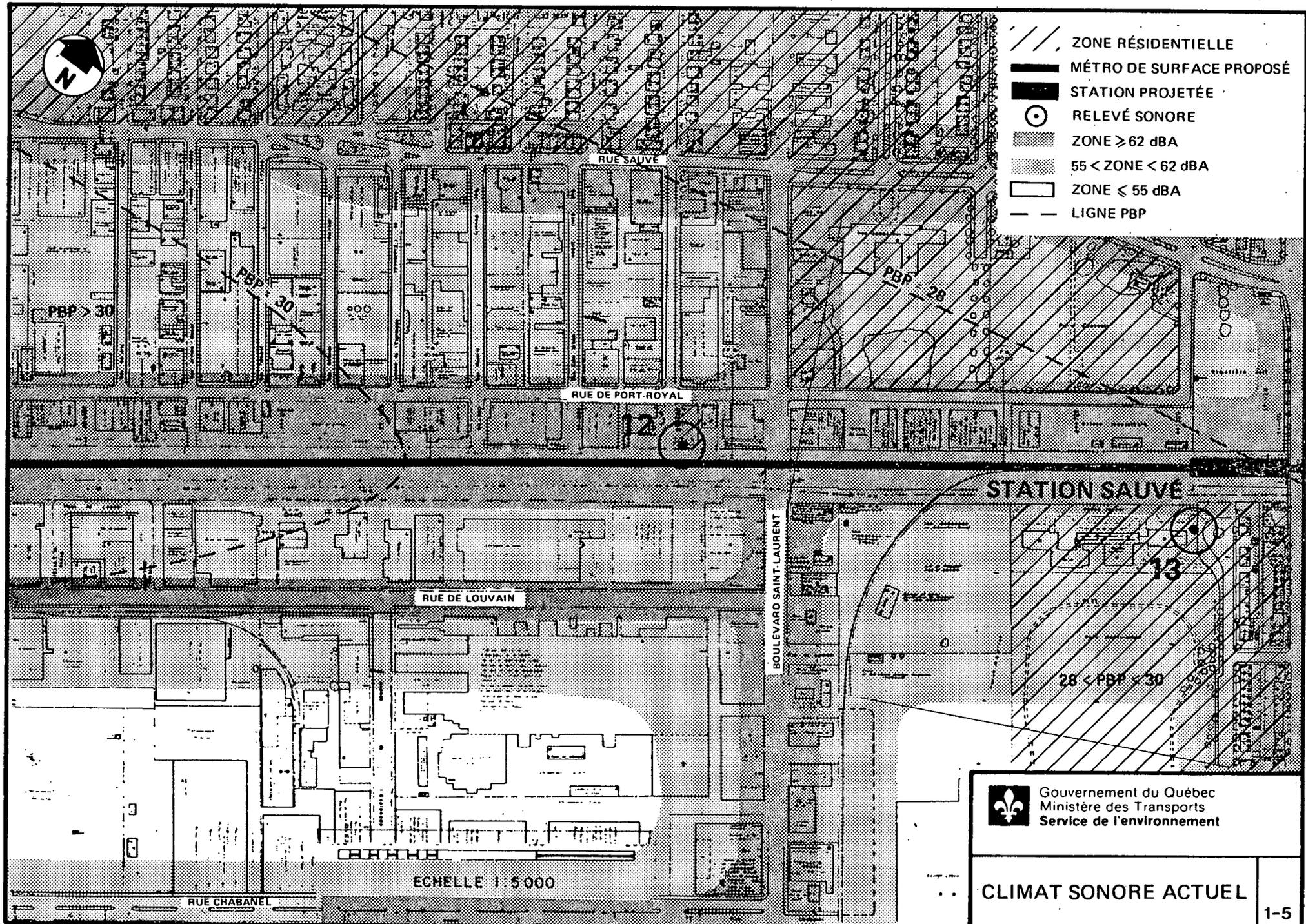




-  ZONE RÉSIDENTIELLE
-  MÉTRO DE SURFACE PROPOSÉ
-  STATION PROJETÉE
-  RELEVÉ SONORE
-  ZONE ≥ 62 dBA
-  55 < ZONE < 62 dBA
-  ZONE ≤ 55 dBA
-  LIGNE PBP


 Gouvernement du Québec  
 Ministère des Transports  
 Service de l'environnement

CLIMAT SONORE ACTUEL



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


 Gouvernement du Québec  
 Ministère des Transports  
 Service de l'environnement

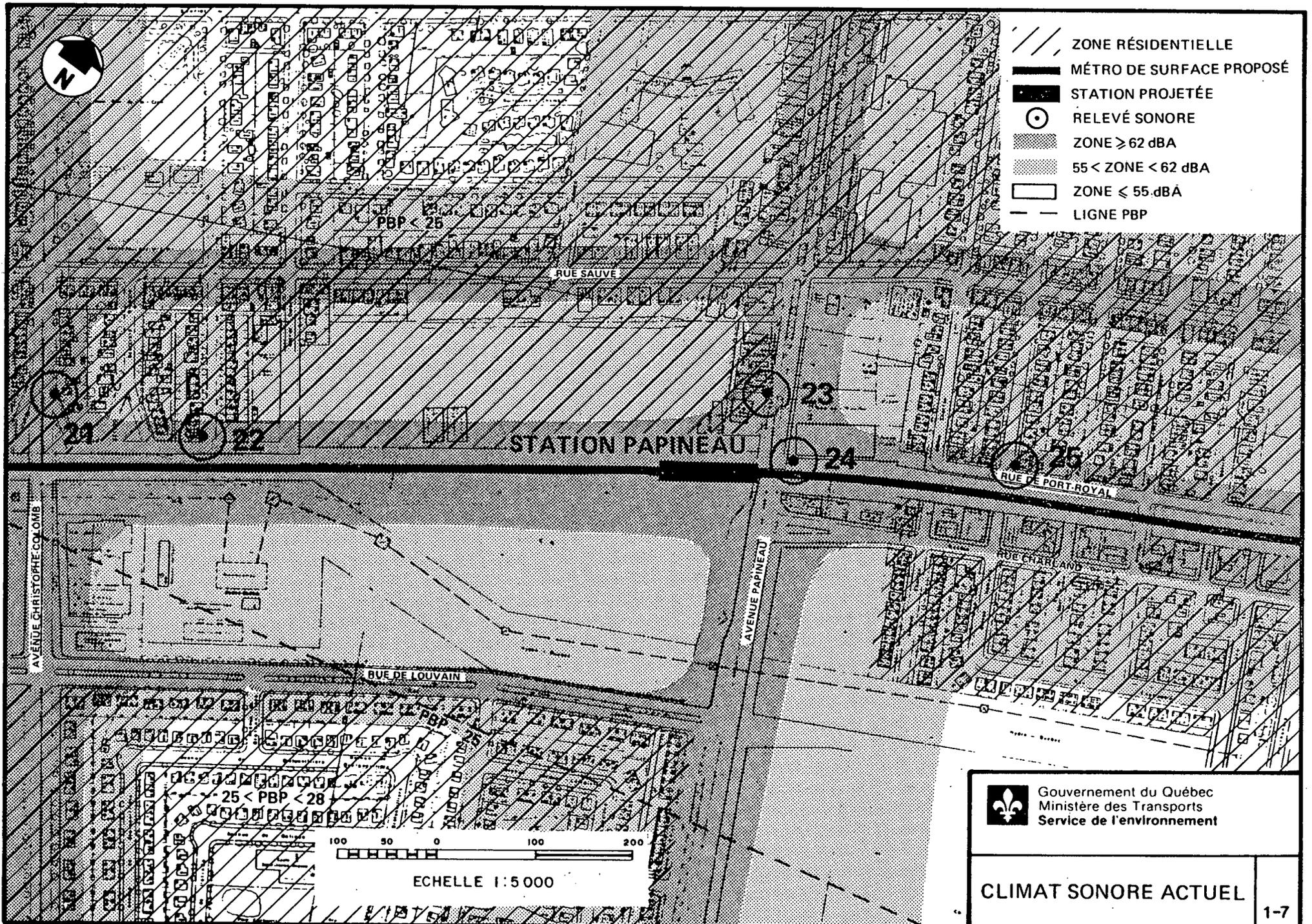
CLIMAT SONORE ACTUEL



- 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

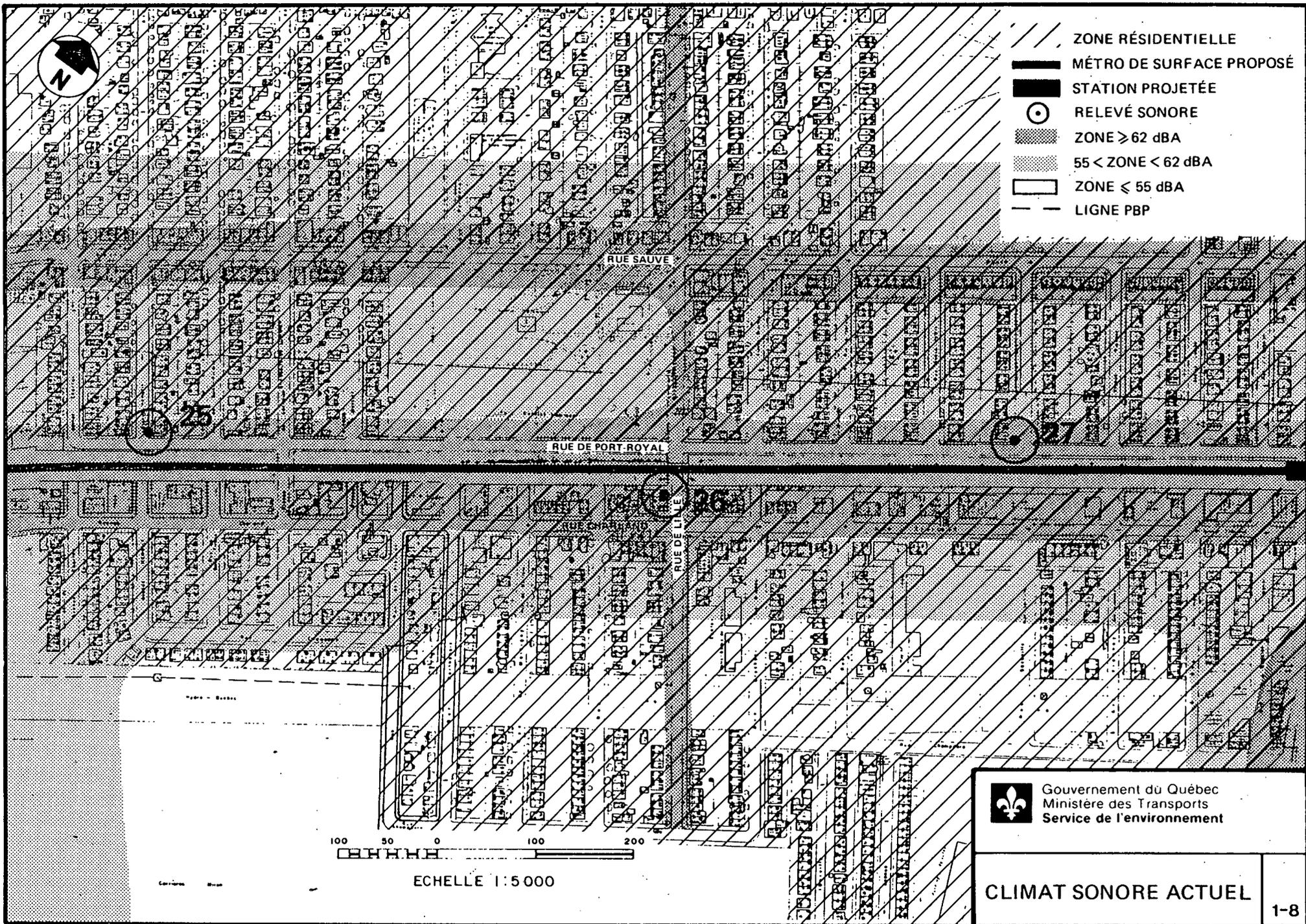
**CLIMAT SONORE ACTUEL**  
 1-6



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


 Gouvernement du Québec  
 Ministère des Transports  
 Service de l'environnement

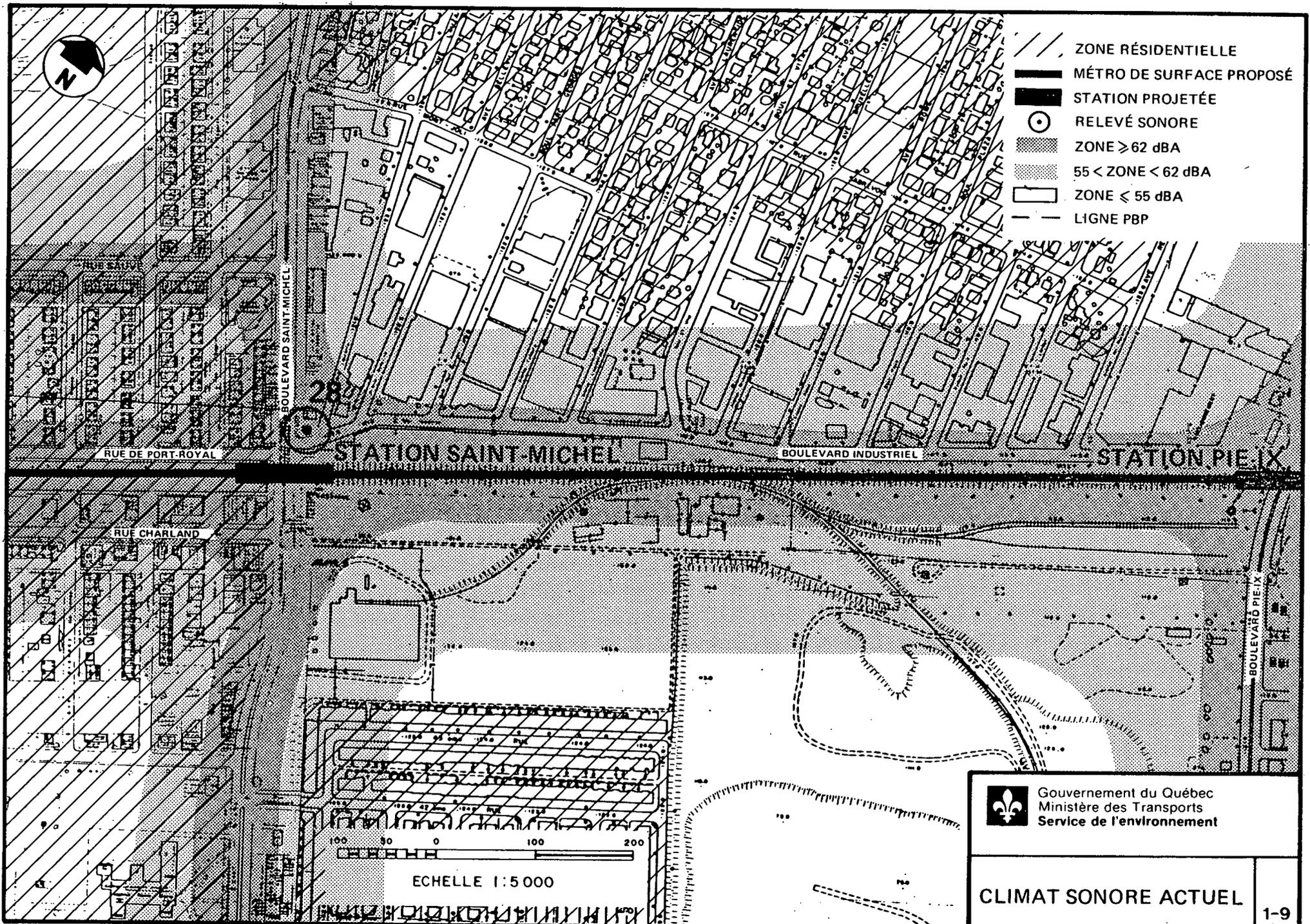
CLIMAT SONORE ACTUEL



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


 Gouvernement du Québec  
 Ministère des Transports  
 Service de l'environnement

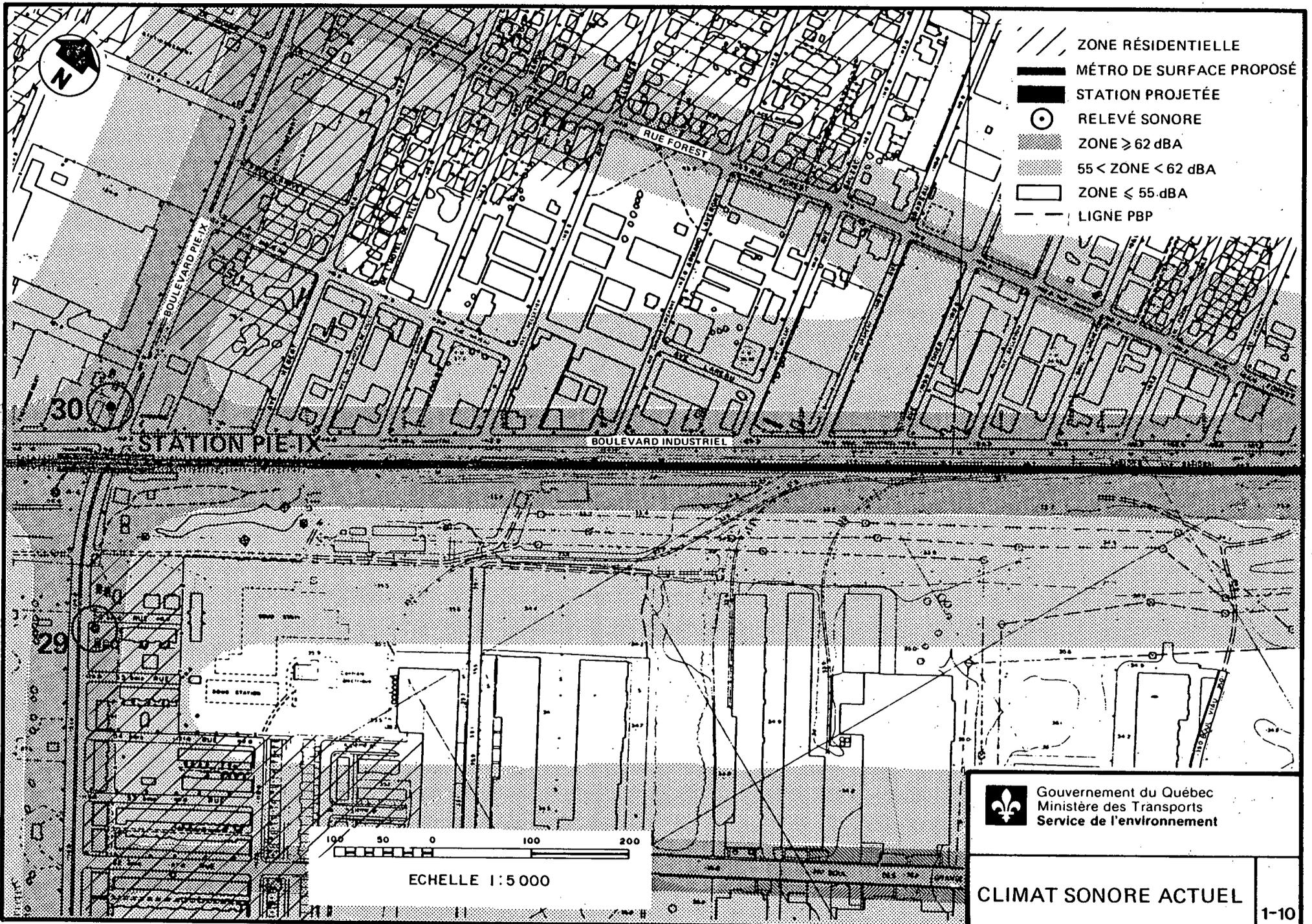
CLIMAT SONORE ACTUEL



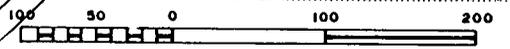
-  ZONE RÉSIDENTIELLE
-  MÉTRO DE SURFACE PROPOSÉ
-  STATION PROJÉTÉE
-  RELEVÉ SONORE
-  ZONE  $> 62$  dBA
-   $55 < \text{ZONE} < 62$  dBA
-  ZONE  $\leq 55$  dBA
-  LIGNE PBP

 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 < ZONE < 62 dBA
-  ZONE ≤ 55 dBA
-  LIGNE PBP



ECHELLE 1:5 000

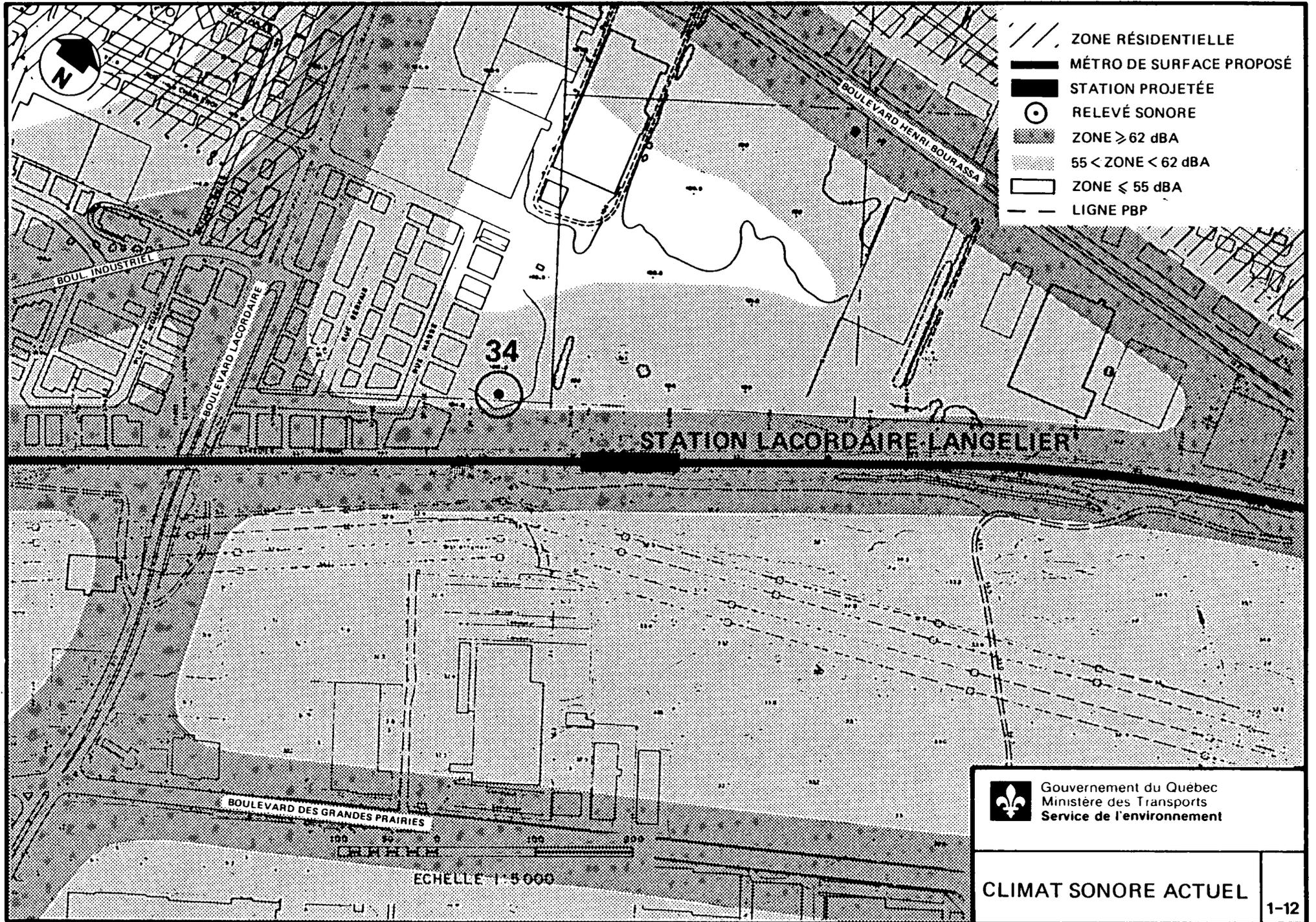
 Gouvernement du Québec  
Ministère des Transports  
Service de l'environnement

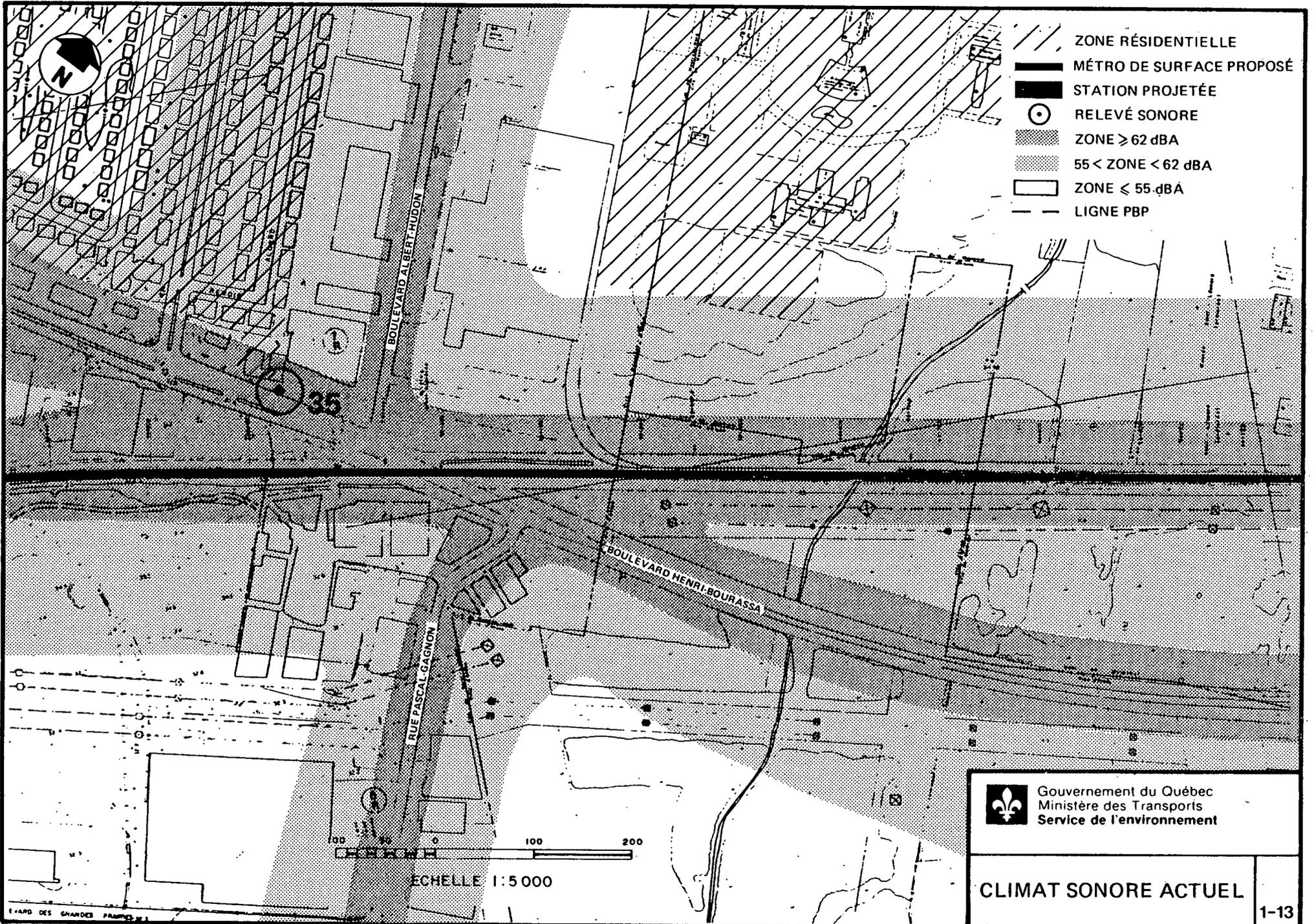
CLIMAT SONORE ACTUEL



Gouvernement du Québec  
 Ministère des Transports  
 Service de l'environnement

CLIMAT SONORE ACTUEL





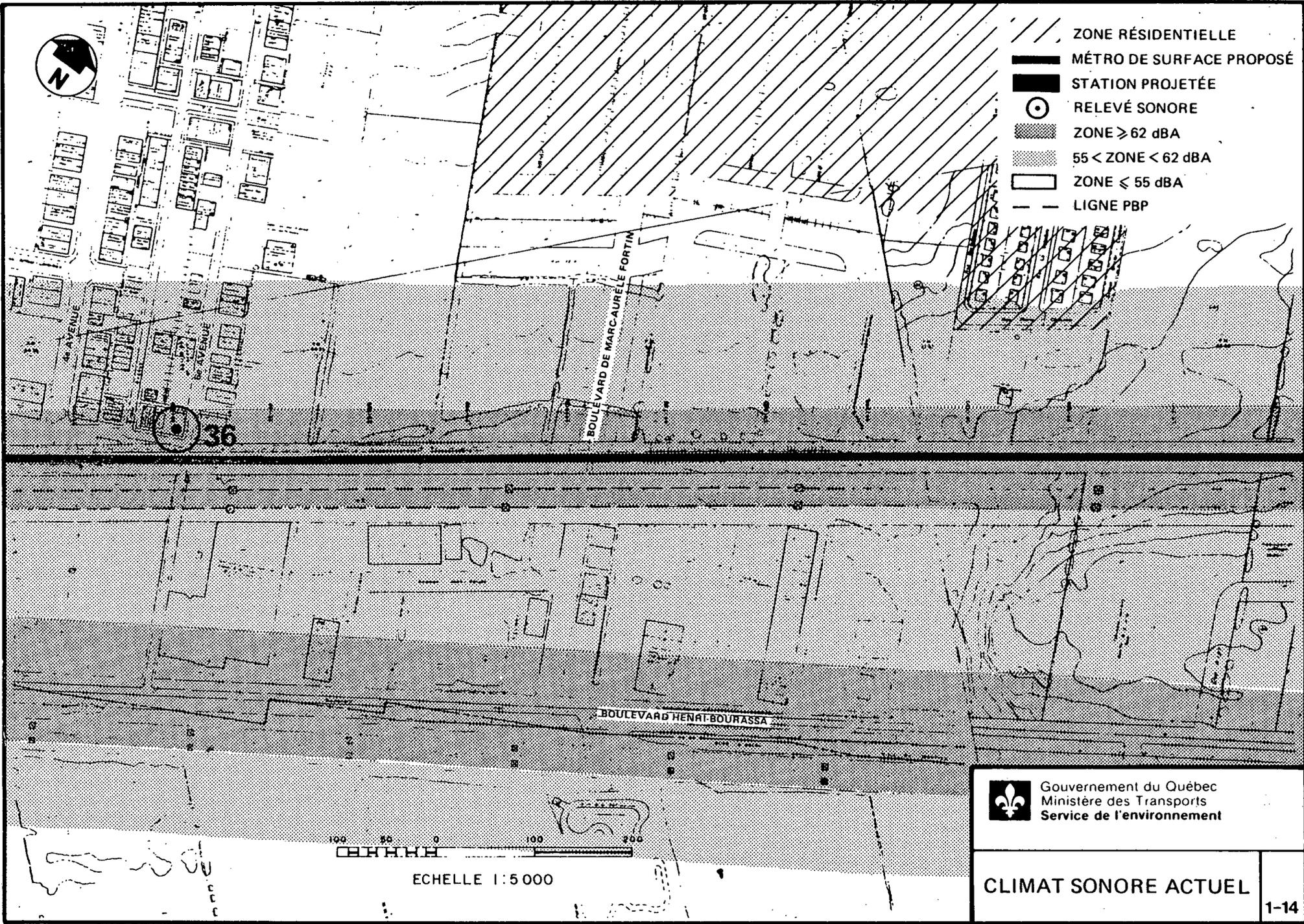
-  ZONE RÉSIDENTIELLE
-  MÉTRO DE SURFACE PROPOSÉ
-  STATION PROJETÉE
-  RELEVÉ SONORE
-  ZONE  $\geq 62$  dBA
-   $55 < \text{ZONE} < 62$  dBA
-  ZONE  $\leq 55$  dBA
-  LIGNE PBP

 Gouvernement du Québec  
Ministère des Transports  
Service de l'environnement

CLIMAT SONORE ACTUEL



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



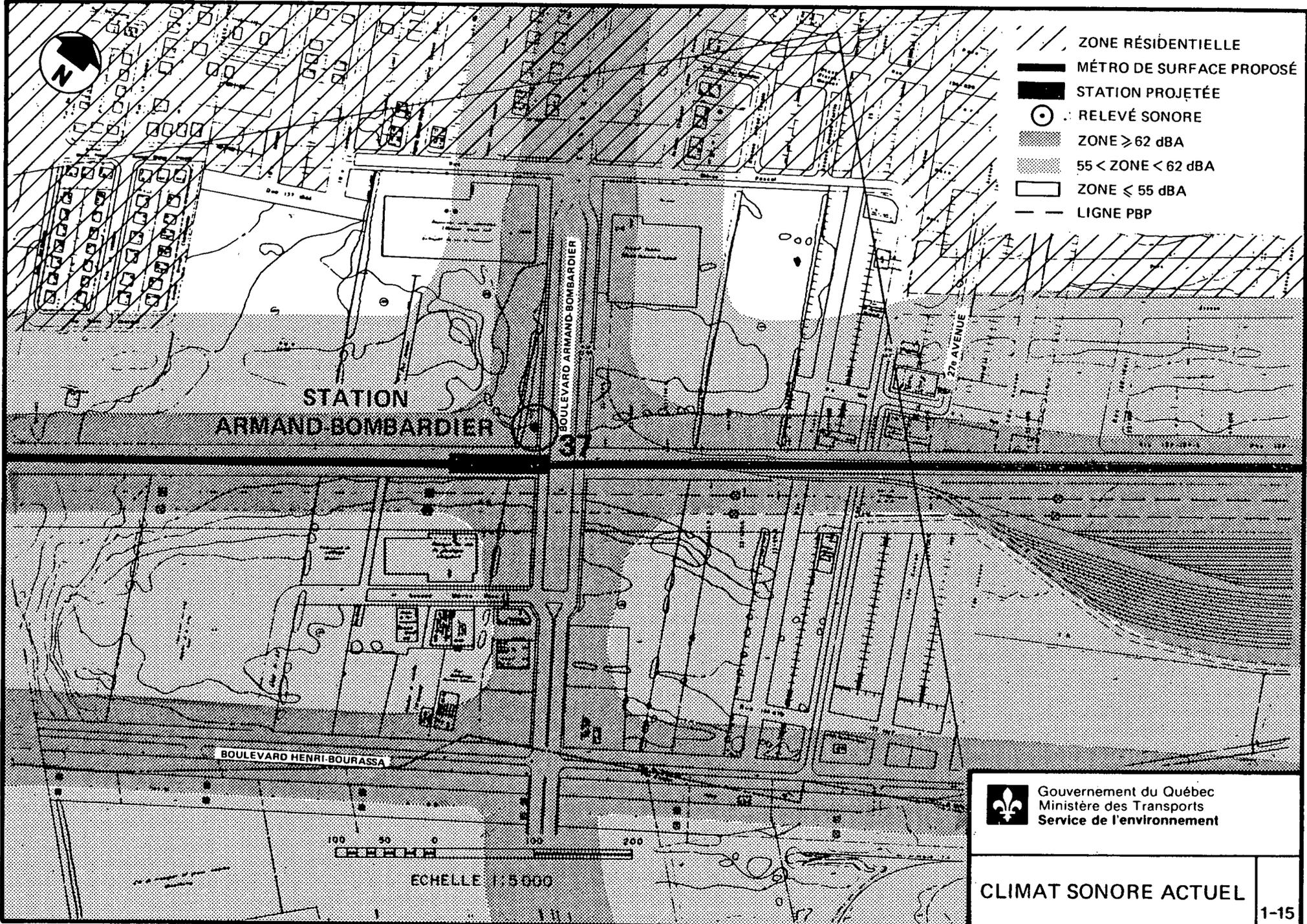
ECHELLE 1:5 000



Gouvernement du Québec  
Ministère des Transports  
Service de l'environnement

CLIMAT SONORE ACTUEL

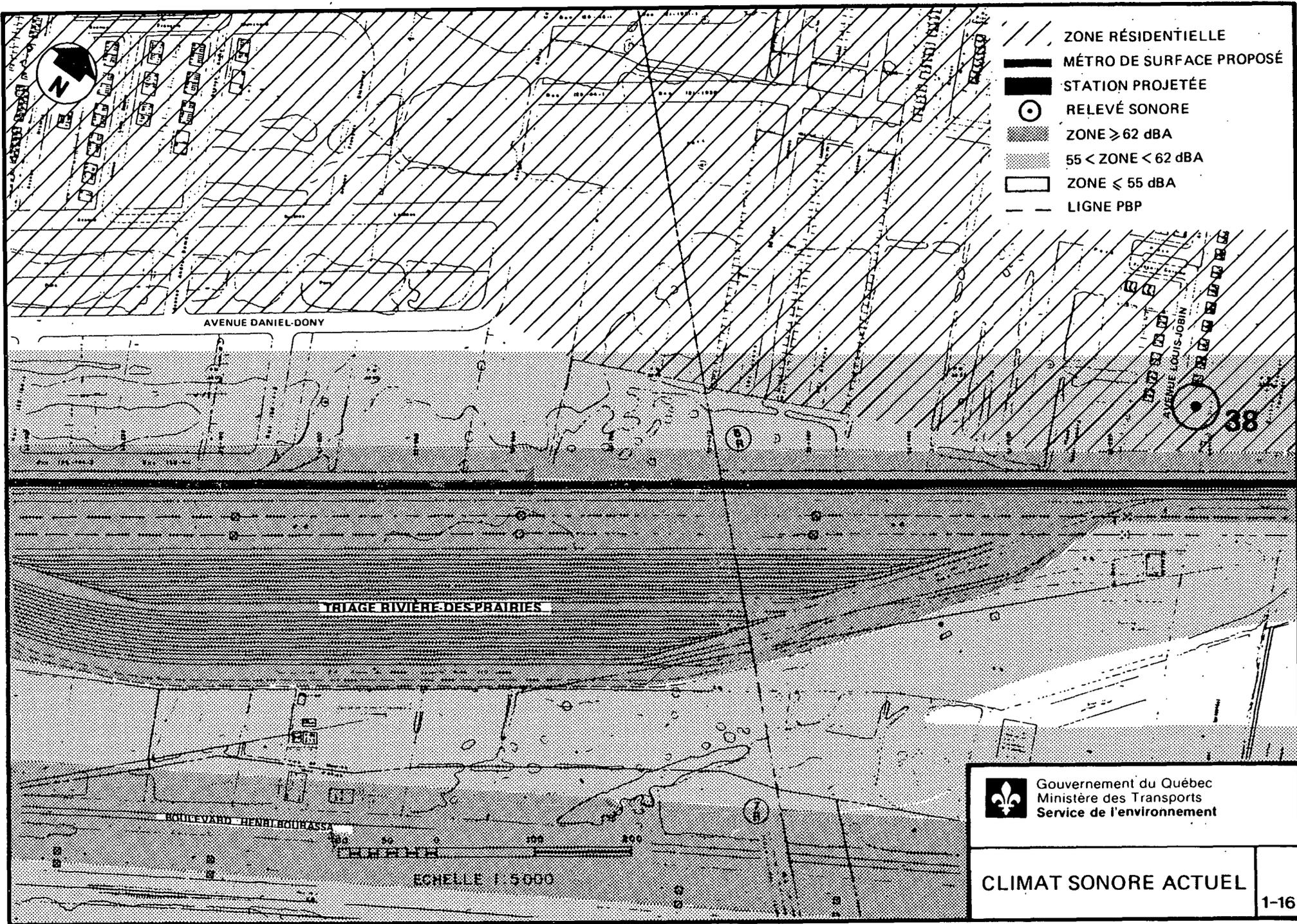
1-14



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


 Gouvernement du Québec  
 Ministère des Transports  
 Service de l'environnement

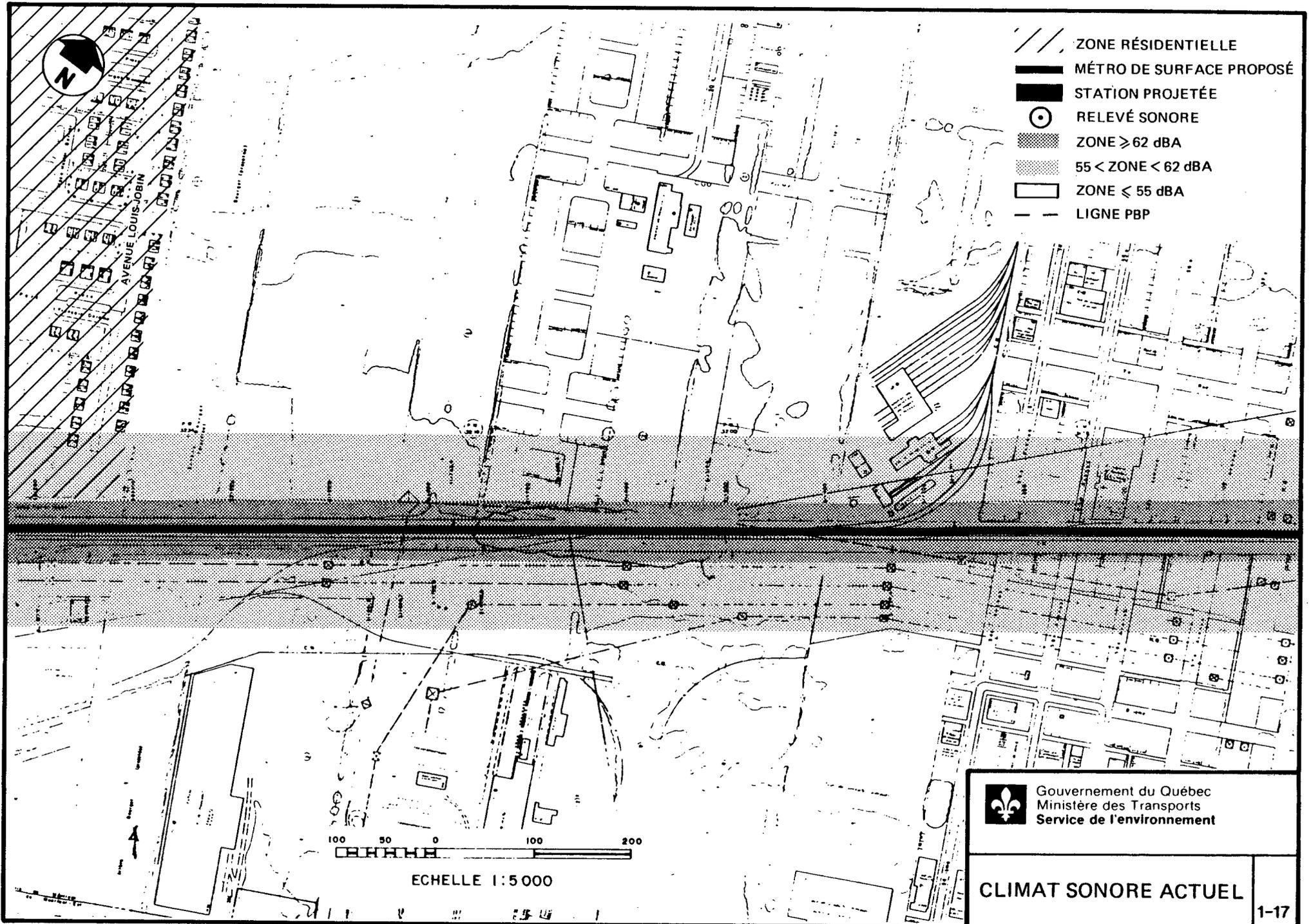
CLIMAT SONORE ACTUEL




 Gouvernement du Québec  
 Ministère des Transports  
 Service de l'environnement

CLIMAT SONORE ACTUEL

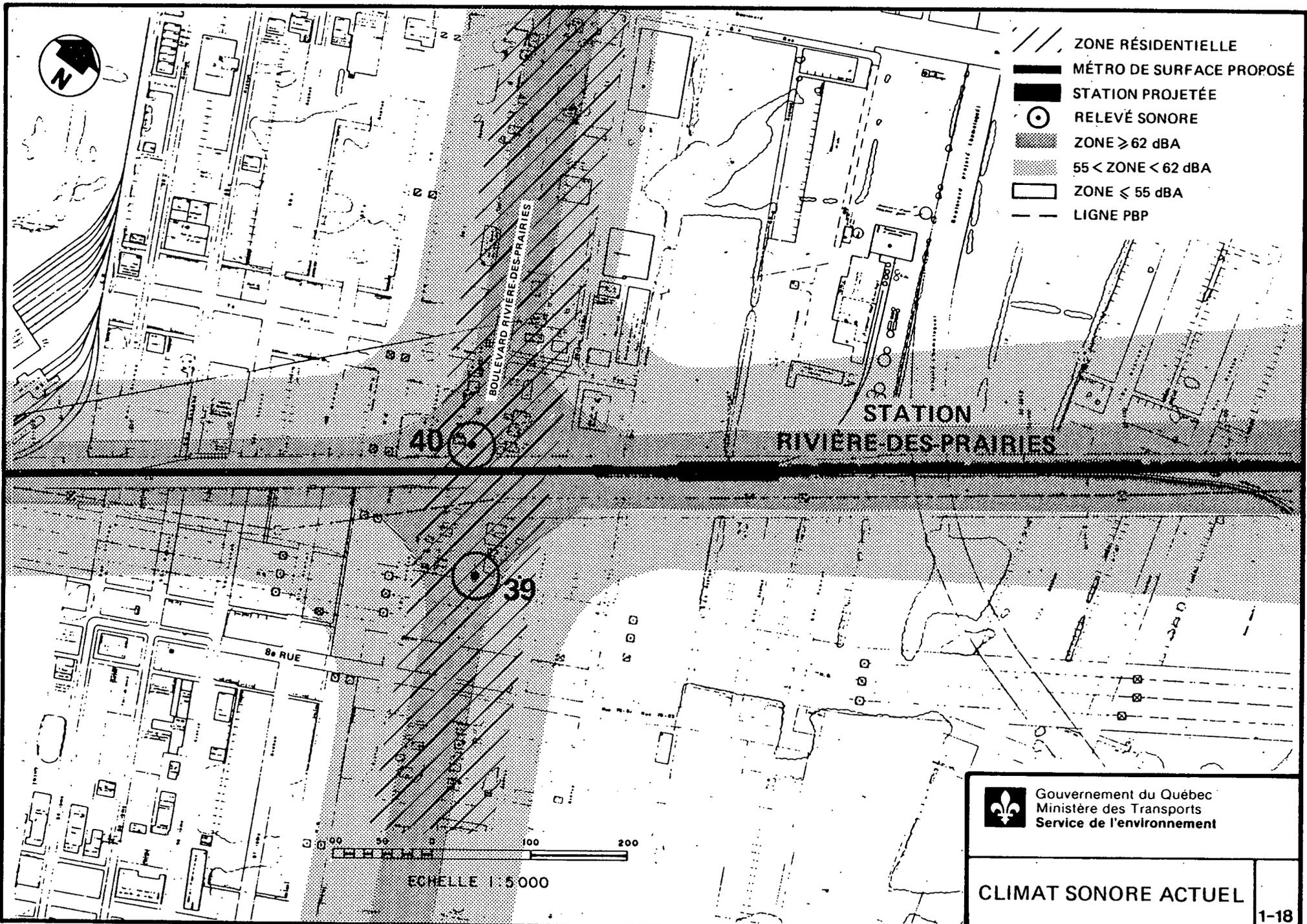
1-16



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


 Gouvernement du Québec  
 Ministère des Transports  
 Service de l'environnement

CLIMAT SONORE ACTUEL

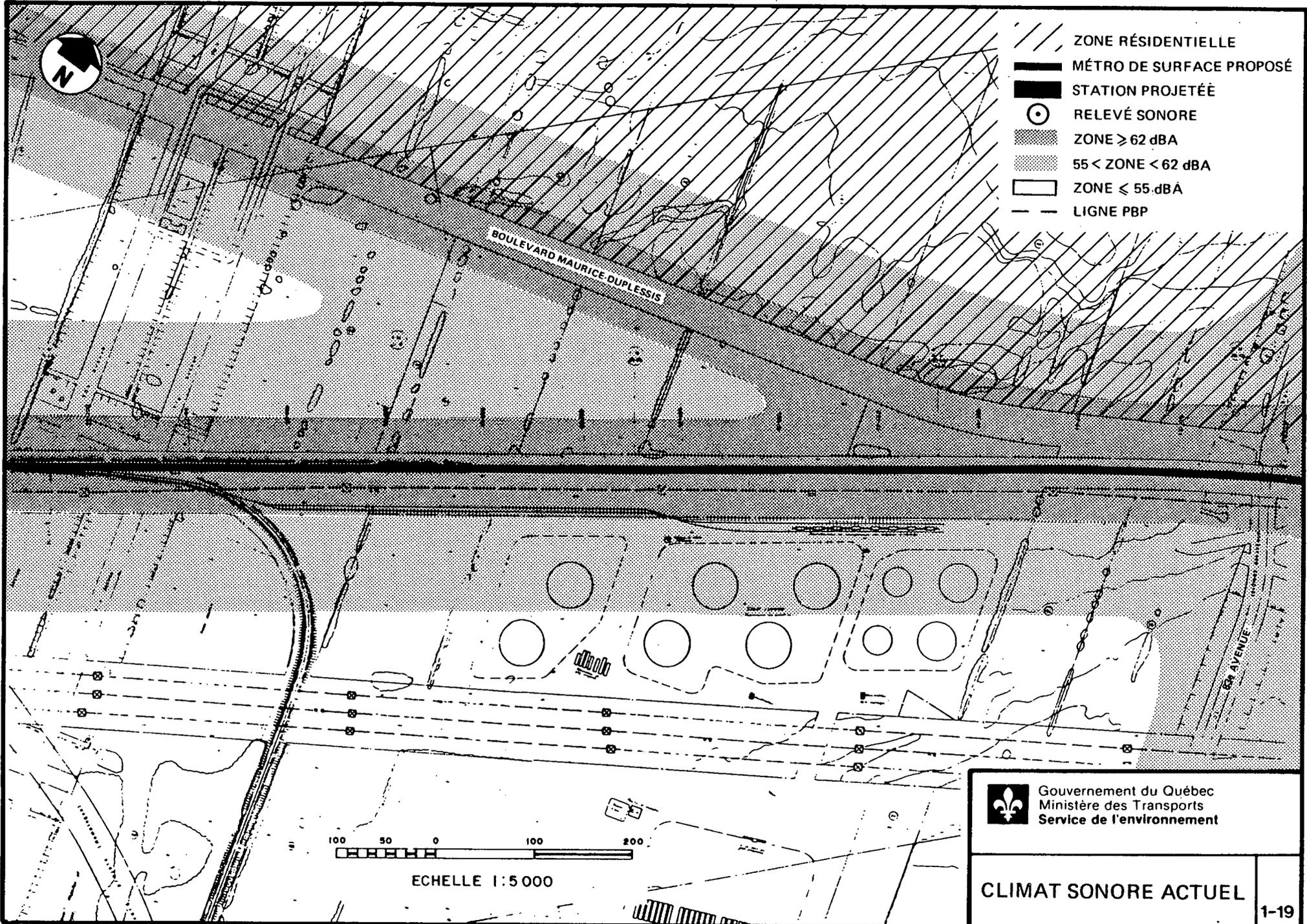


-  ZONE RÉSIDENTIELLE
-  MÉTRO DE SURFACE PROPOSÉ
-  STATION PROJÉTÉE
-  RELEVÉ SONORE
-  ZONE  $\geq 62$  dBA
-   $55 < \text{ZONE} < 62$  dBA
-  ZONE  $\leq 55$  dBA
-  LIGNE PBP


 Gouvernement du Québec  
 Ministère des Transports  
 Service de l'environnement

CLIMAT SONORE ACTUEL

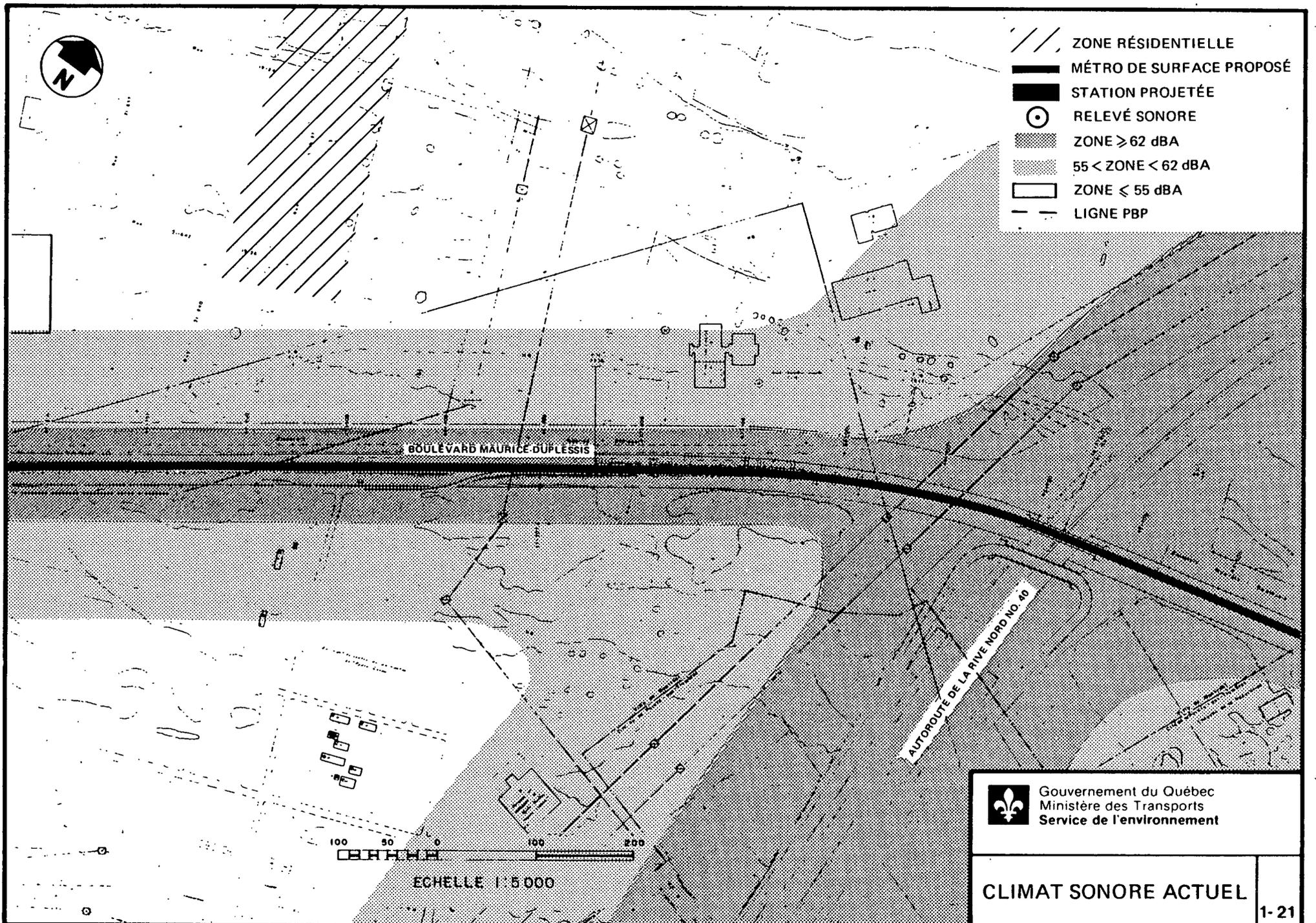
1-18

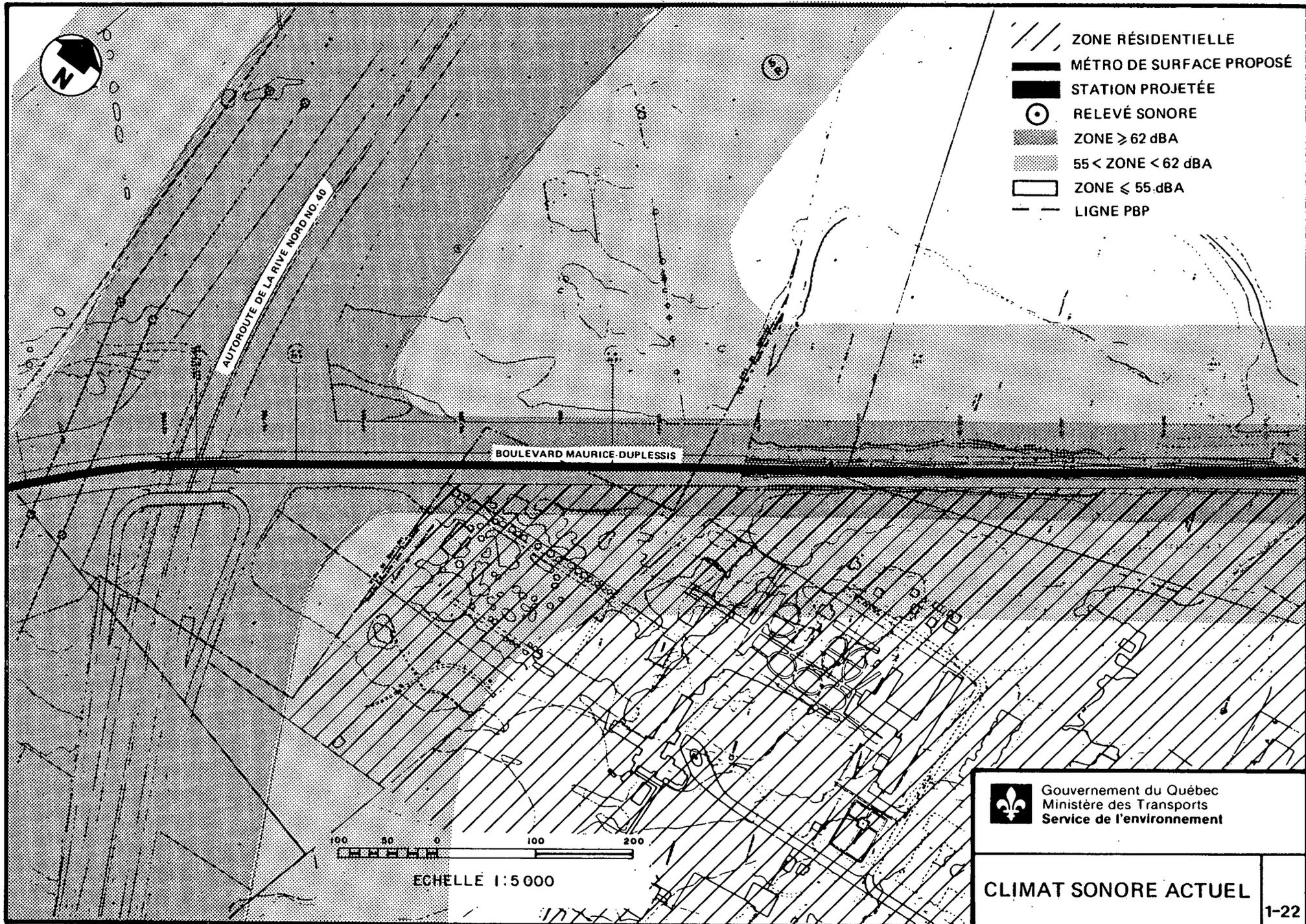



 Gouvernement du Québec  
 Ministère des Transports  
 Service de l'environnement

CLIMAT SONORE ACTUEL









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

STATION  
POINTE-AUX-TREMBLES

RUE SHELBROOKE

extension future  
ATELIERS  
extension future  
GARAGE

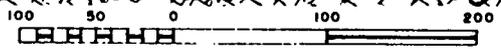
44

43

41

42

RUE NOTRE-DAME



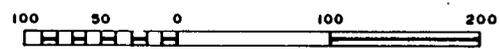
ECHELLE 1:5 000

 Gouvernement du Québec  
Ministère des Transports  
Service de l'environnement

CLIMAT SONORE ACTUEL



-  ZONE RÉSIDENIELLE
-  MÉTRO DE SURFACE PROPOSÉ
-  STATION PROJETÉE
-  RELEVÉ SONORE
-  ZONE  $\geq 62$  dBA
-   $55 < \text{ZONE} < 62$  dBA
-  ZONE  $\leq 55$  dBA
-  LIGNE PBP



ECHELLE 1:5 000



Gouvernement du Québec  
Ministère des Transports  
Service de l'environnement

CLIMAT SONORE ACTUEL

1-24

ANNEXE 2

NOTIONS D'ACOUSTIQUE ET DEFINITION  
DES PARAMETRES UTILISES

ANNEXE II

---

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  $2 \times 10^{-5}$  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'incommodation 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:

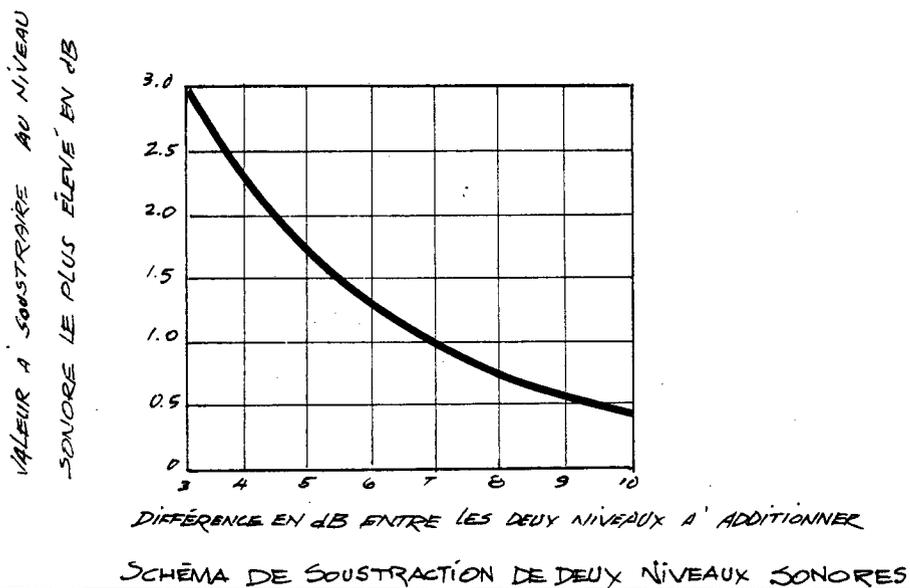
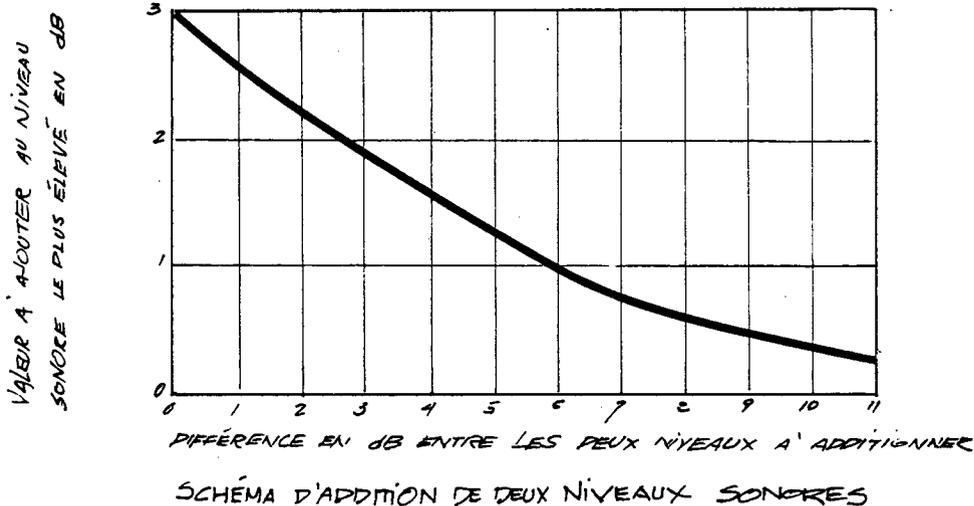
i) Cumul de niveaux sonores générés simultanément

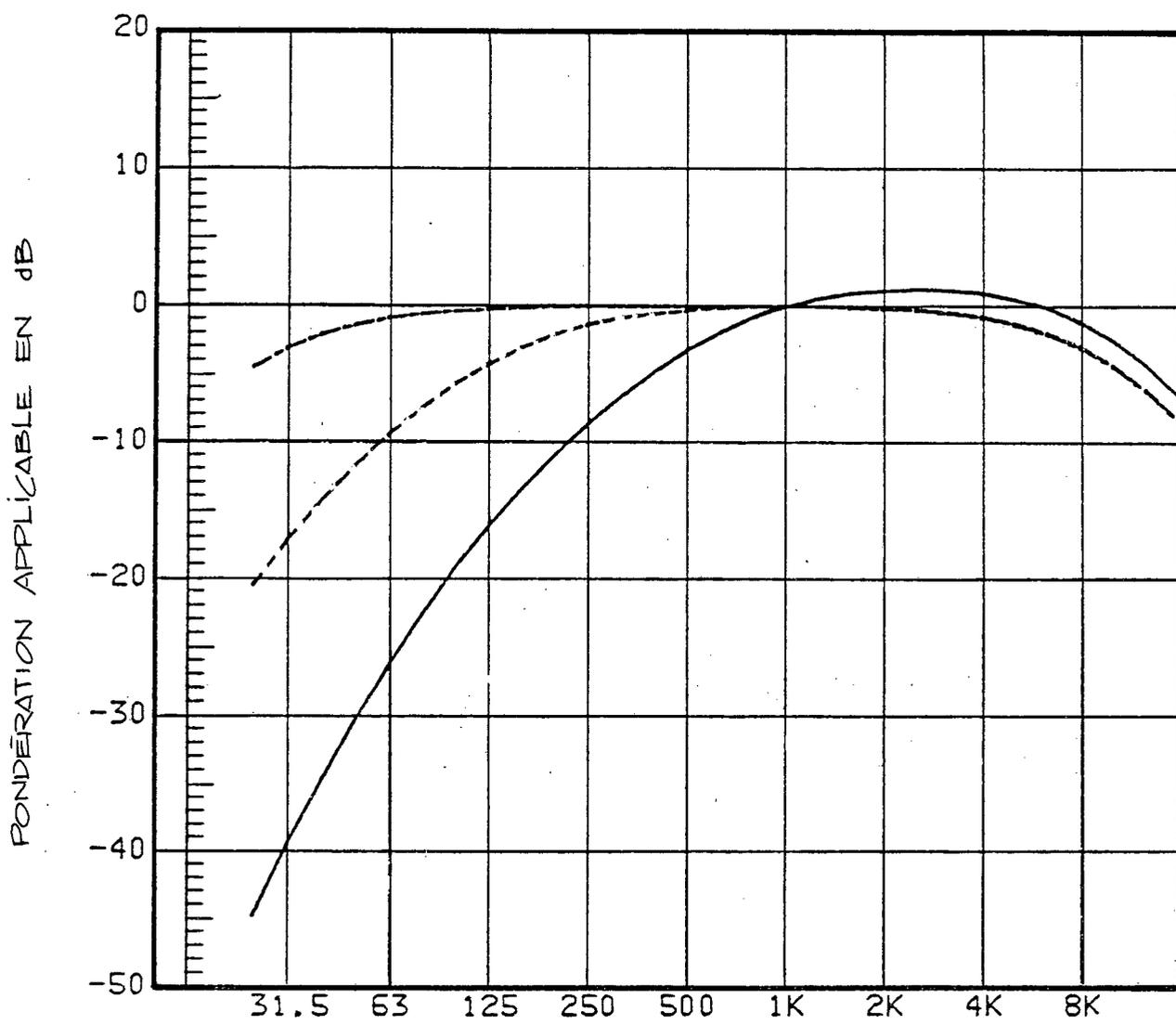
Lorsque deux ou plusieurs sources de bruit contribuent simultanément au niveau sonore global, on peut additionner (ou soustraire) de façon arithmétique leurs niveaux de pression efficace, mais leurs niveaux sonores doivent être cumulés suivant leur fonction logarithmique.

Niveau de pression sonore résultant:

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

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.

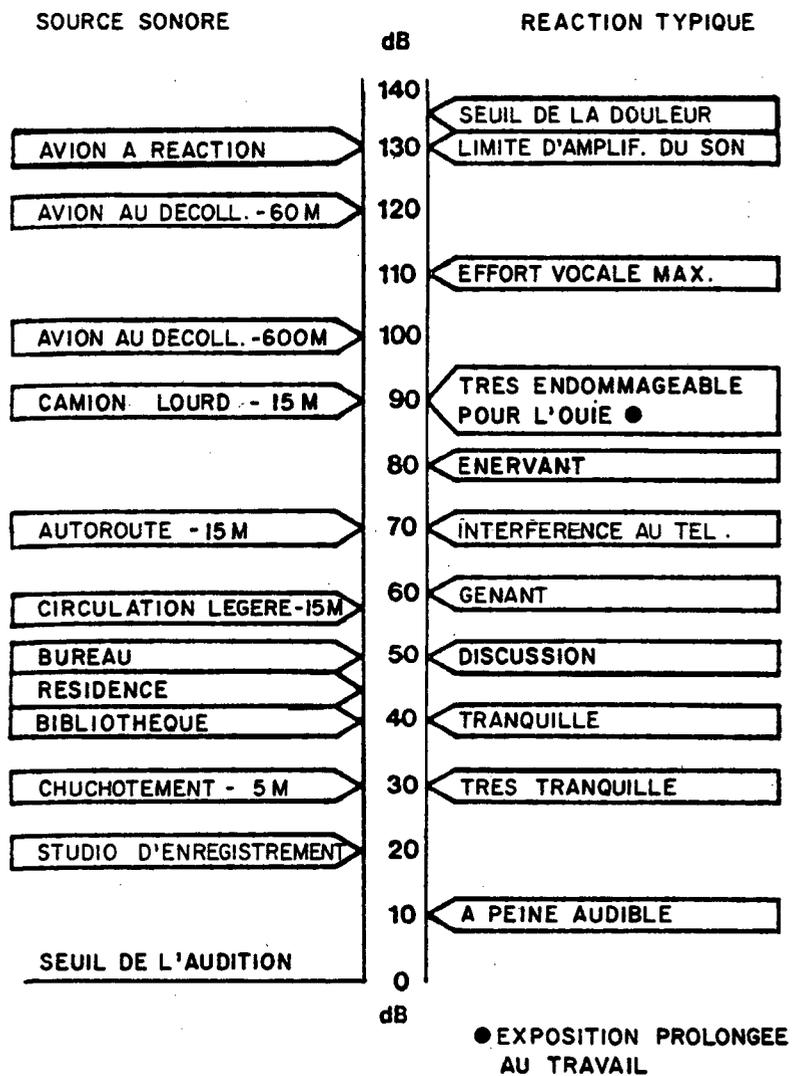


FIG.2-2 COMPARAISON ENTRE LES SOURCES SONORES ET LA REACTION QU'ELLES ENTRAINENT CHEZ L'HUMAIN.

- 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, s'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 de Transports Canada.

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  $d$

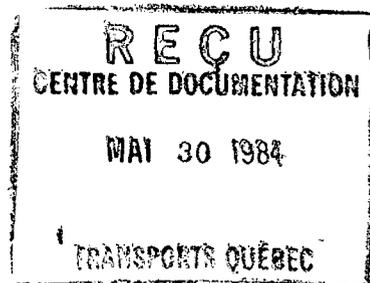
$$L_{eq L} = L_{L,d} + 10 \log \left( \frac{d}{16,76} \right) + 3 \text{ dB(A)}$$

- 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

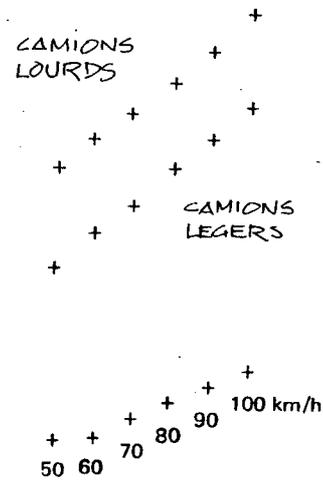
d = distance du centre de la voie à l'observateur

#### 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.

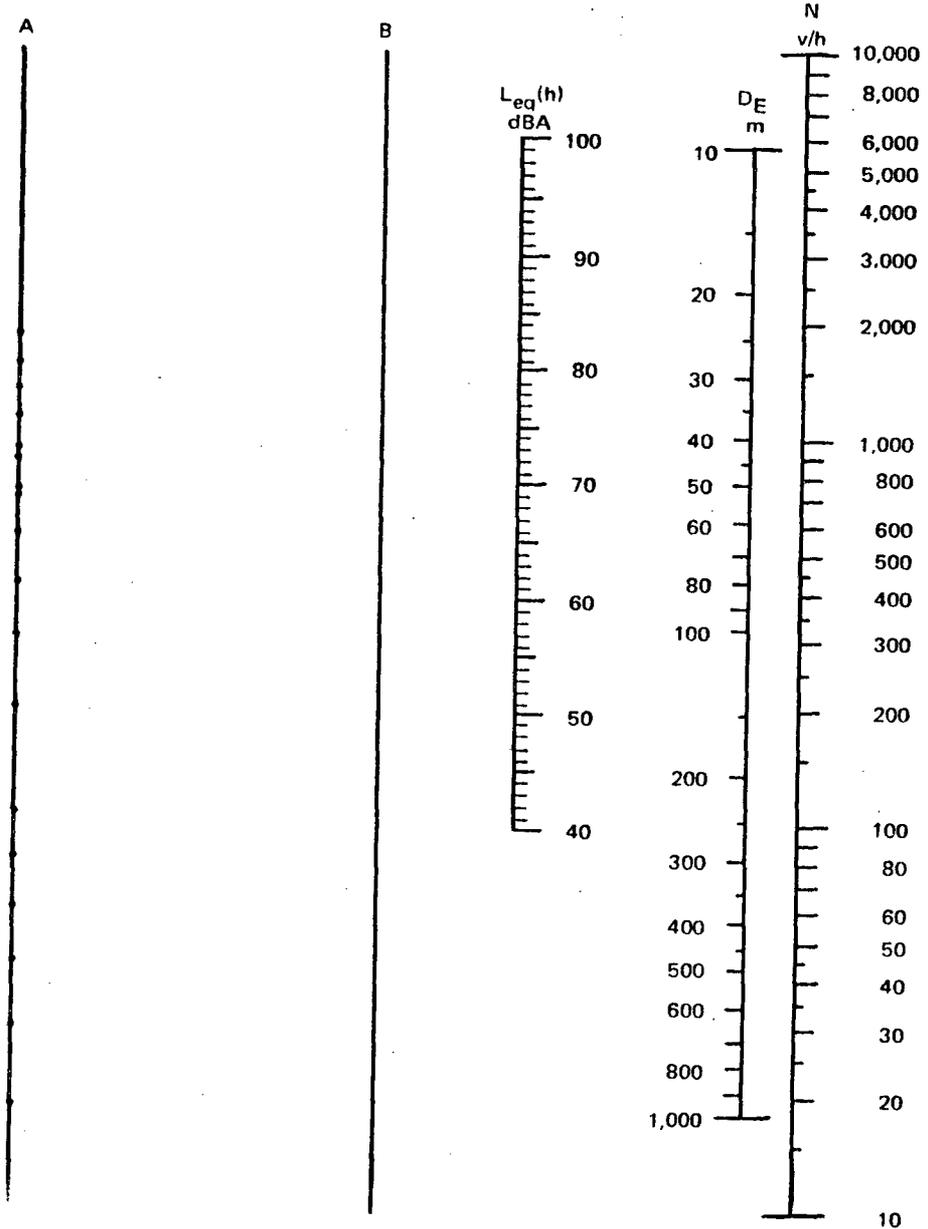
Les densités de circulation automobile utilisées proviennent des cahiers descriptifs des diverses stations du métro de surface, publiés par le COTREM. Les résultats obtenus à l'aide des abaques ont été corrigés afin de tenir compte de barrières acoustiques naturelles et de la présence des bâtiments.

+  
 Point de départ



HYPOTHÈSES :

- (1) SOL ABSORBANT
- (2) ROUTE DE LONGUEUR INFINIE
- (3) VITESSE CONSTANTE
- (4) OBSERVATEUR EN CHAMP LIBRE



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

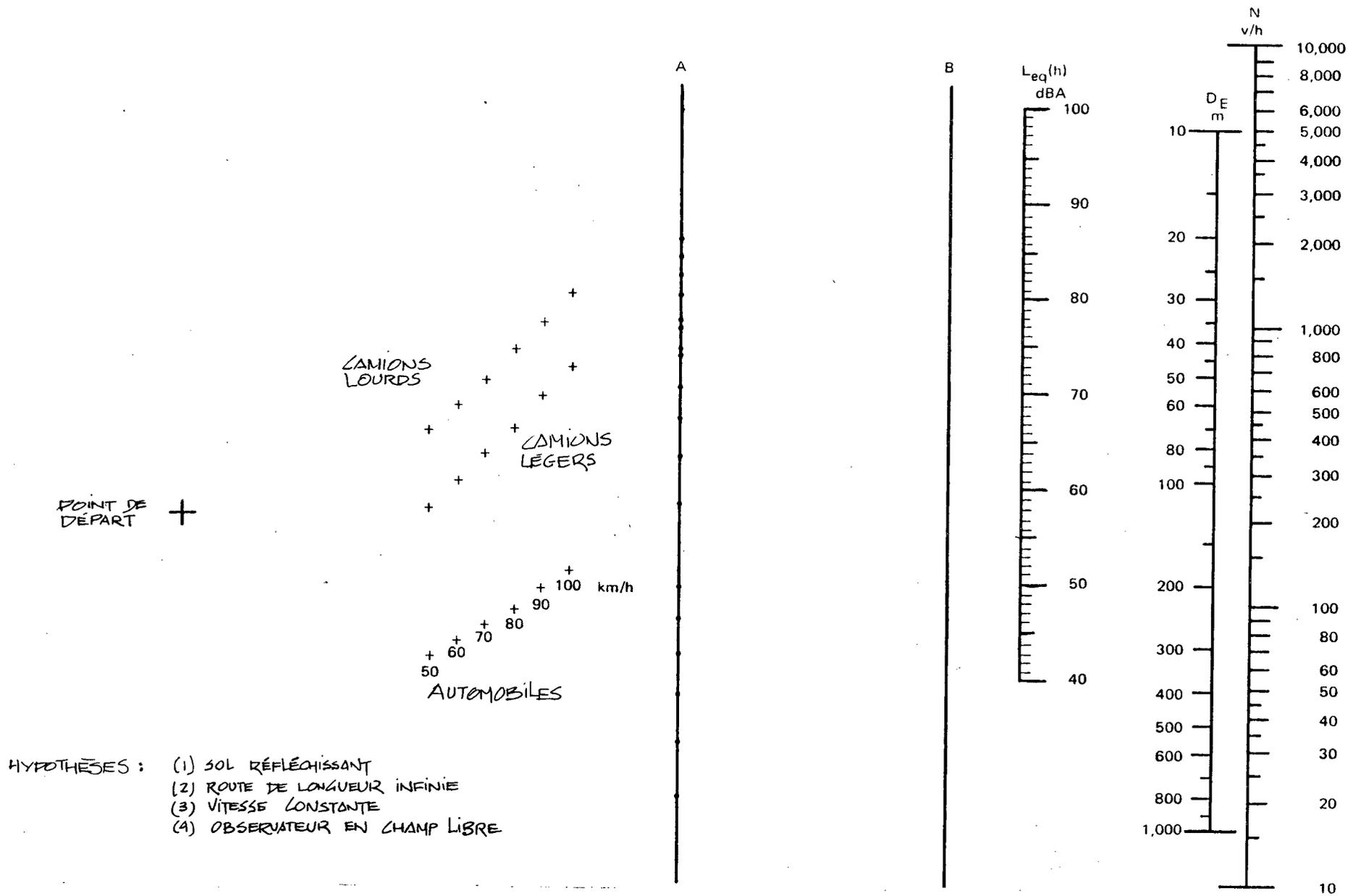


FIG. 2- 4 ABAQUE DE CALCUL DU NIVEAU SONORE GENERE PAR LA CIRCULATION  
 AUTOMOBILE ( Sol reflechissant )

### 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 ( $De = \sum Di^2$ , 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:

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

#### 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) L'indice  $L_{dn}$  et l'établissement du pourcentage de la population affectée par le bruit.

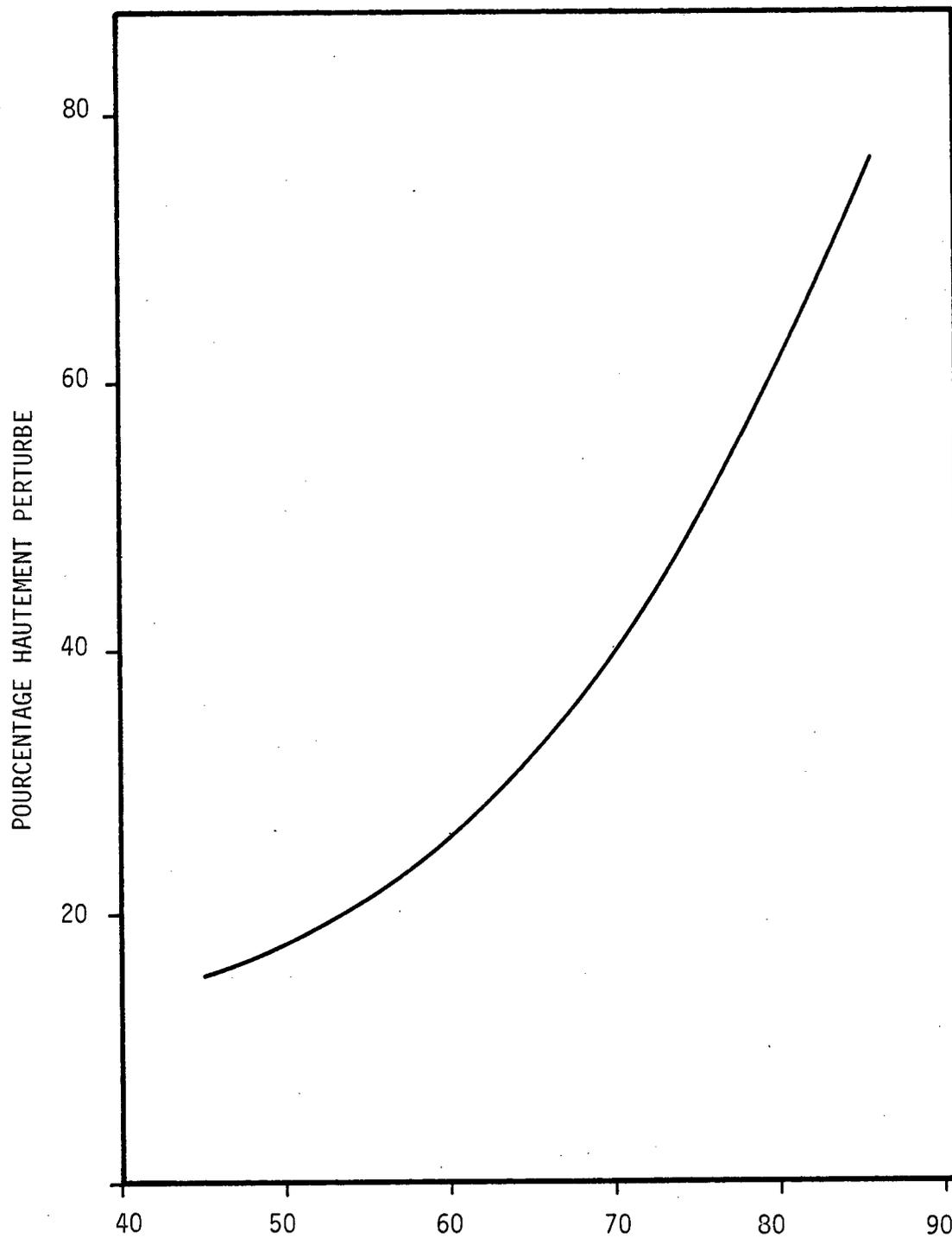
Cet indice est l'abréviation "day night" et il est utilisé lorsqu'on désire prendre en considération la sensibilité accrue des riverains face au bruit généré pendant la nuit. L'indice  $L_{dn}$  n'est qu'en fait l'indice  $L_{eq}$  où on a ajouté une pondération de 10 dB(A) pour la nuit. Le calcul de ce paramètre s'effectue comme suit:

$$L_{dn} = 10 \log \frac{1}{24} (15 \times 10^{L_d/10} + 9 \times 10^{(L_n + 10)/10})$$

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 hautement perturbée par le bruit. Afin de bien percevoir le sens du terme "hautement perturbé" les études démontrent qu'avec un  $L_{dn}$  de 55 dB(A), 17% des gens seraient en moyenne hautement perturbés mais seulement 1% porteraient plainte. 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 ( $L_{eq 24} > 70$  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 et  
Environmental Protection  
Agency, 1974)

ANNEXE III

---

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 DETECTOR» en position - Fast  
Placer le bouton «SAMPLE PERIOD» à 2 - Instant level
- 1.6 Placer le bouton «CHANNEL 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 «CHANNEL IDENTIFICATION» et «EXT READ OUT»  
doivent être en position neutre.
- 1.10 Appliquer l'étalon de calibration no 4230 sur le micro-  
phone 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 IV

---

LISTE DES RELEVES SONORES ET REPRESENTATION GRAPHIQUE  
DES NIVEAUX SONORES EQUIVALENTS MESURES

## 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

RELEVE 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

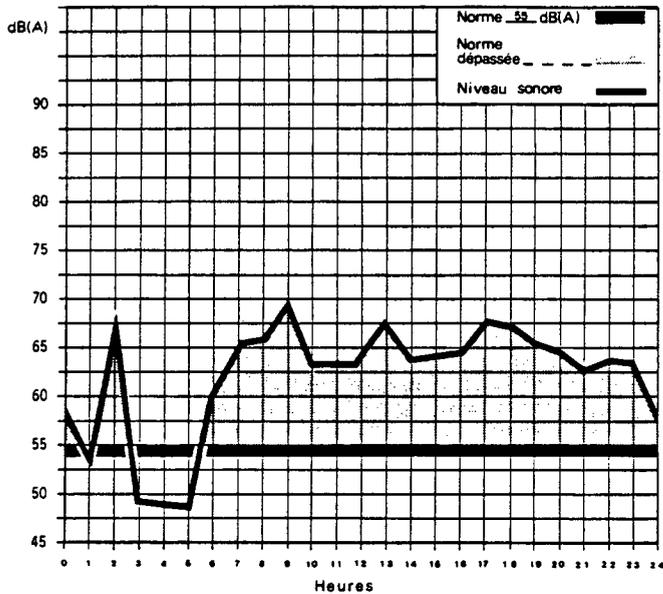
\* I: industriel  
R: résidentiel

## LISTE DES RELEVES SONORES

RELEVÉ 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

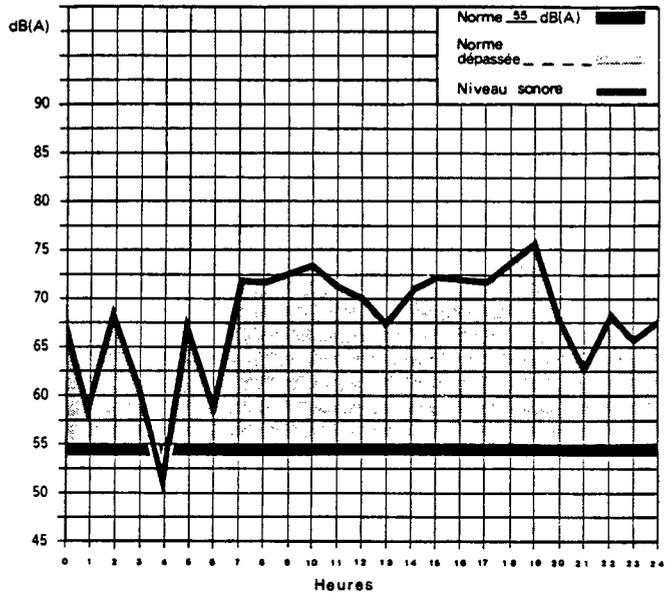
\* R: résidentiel

### Représentation graphique du niveau sonore $L_{eq}$



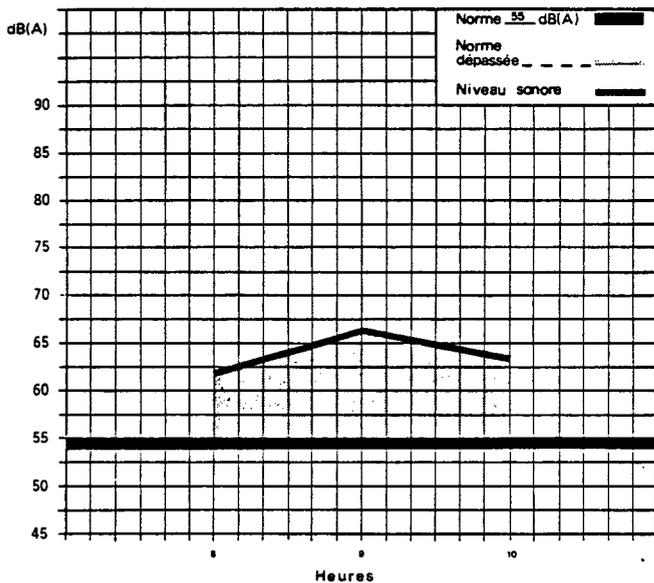
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 1  
 Localisation : 1385, St-Louis (près de Quimet)  
 Date : 25 octobre 1982 Heures : 0 h 00 à 24 h 00  
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

### Représentation graphique du niveau sonore $L_{eq}$



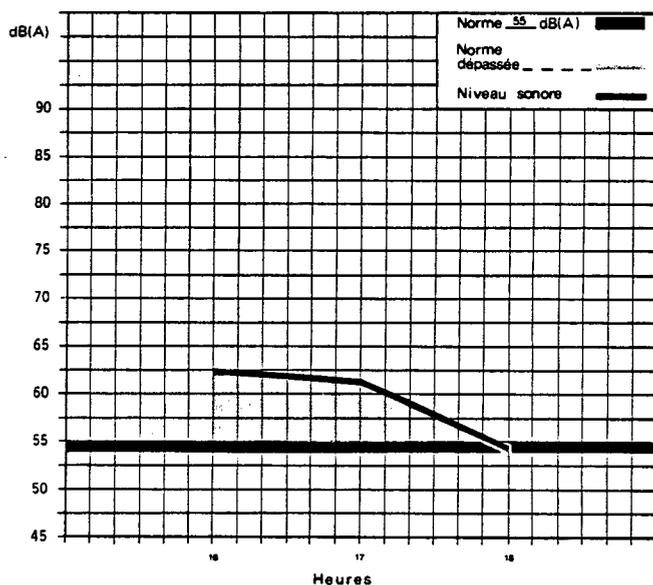
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 2  
 Localisation : Intersection des boulevards St-Louis et Ste-Croix  
 Date : 26 octobre 1982 Heures : 0 h 00 à 24 h 00  
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

### Représentation graphique du niveau sonore $L_{eq}$



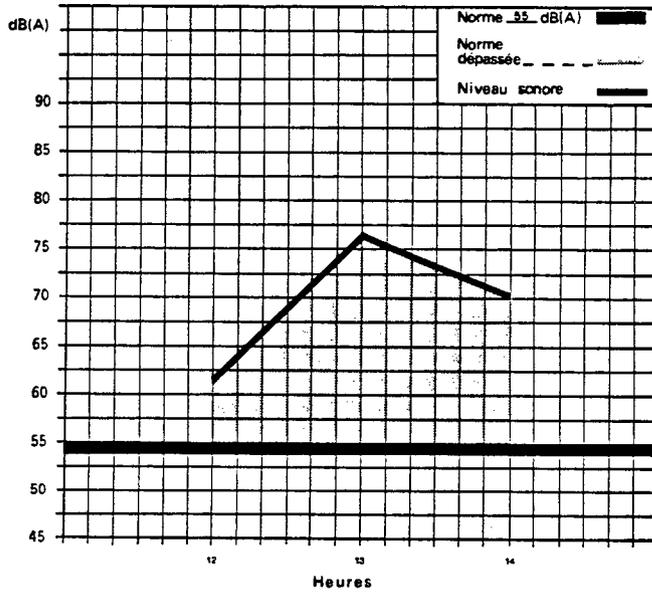
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 3  
 Localisation : 613, boul. Ste-Croix (arrière salle Emile Legault)  
 Date : 25 novembre 1982 Heures : 7 h 00 à 10 h 00  
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

### Représentation graphique du niveau sonore $L_{eq}$



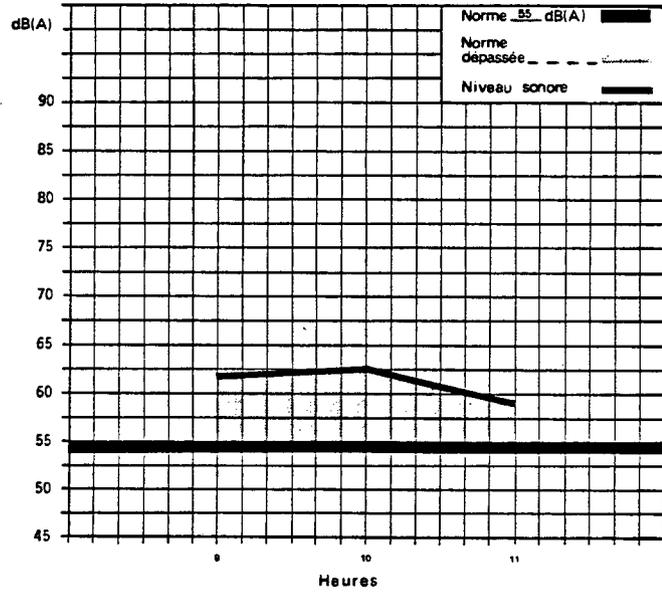
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 4  
 Localisation : 635, du Collège (près du boul. Ste-Croix)  
 Date : 7 décembre 1982 Heures : 15 h 00 à 18 h 00  
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

### Représentation graphique du niveau sonore Leq



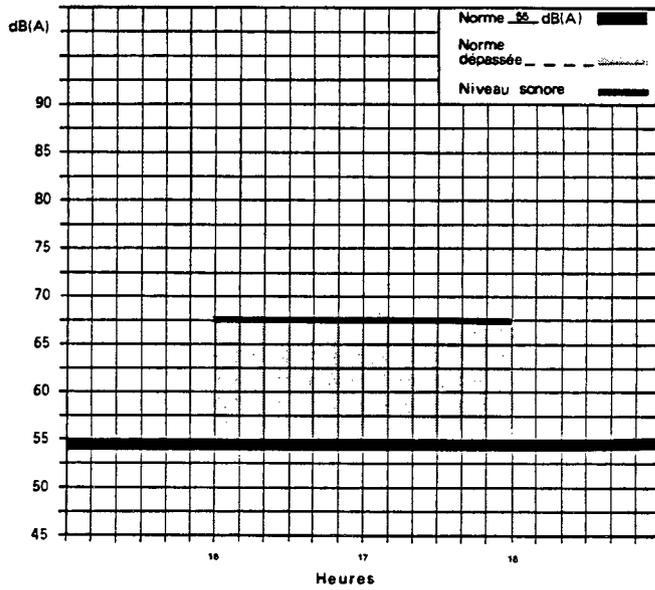
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 5  
 Localisation : 755, Manooqian (école Alex Manooqian)  
 Date : 7 décembre 1982 Heures : 11 h 00 à 14 h 00  
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

### Représentation graphique du niveau sonore Leq



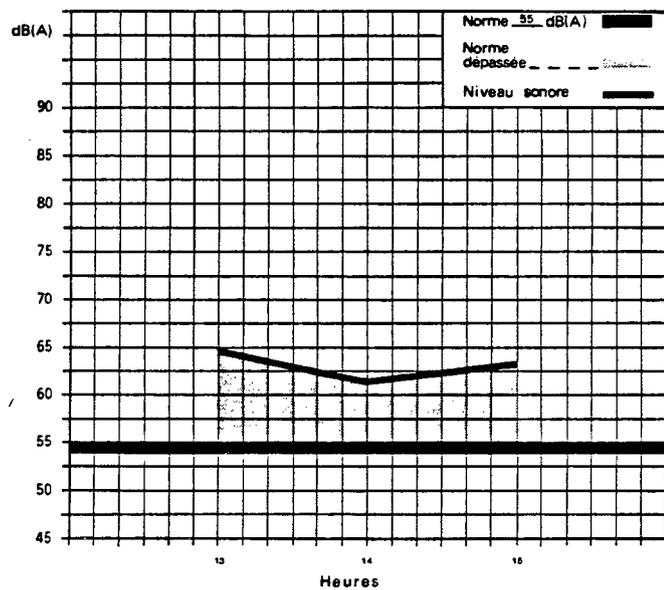
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 6  
 Localisation : 740, Montpellier (près du stationnement)  
 Date : 25 novembre 1982 Heures : 8 h 00 à 11 h 00  
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

### Représentation graphique du niveau sonore Leq



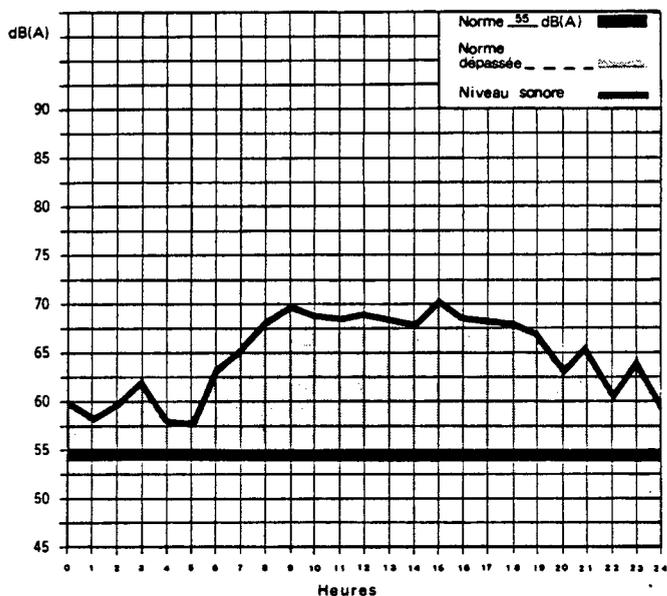
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 7  
 Localisation : 390, ch. Côte Vertu (près de Poitras)  
 Date : 25 novembre 1982 Heures : 15 h 00 à 18 h 00  
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

### Représentation graphique du niveau sonore Leq



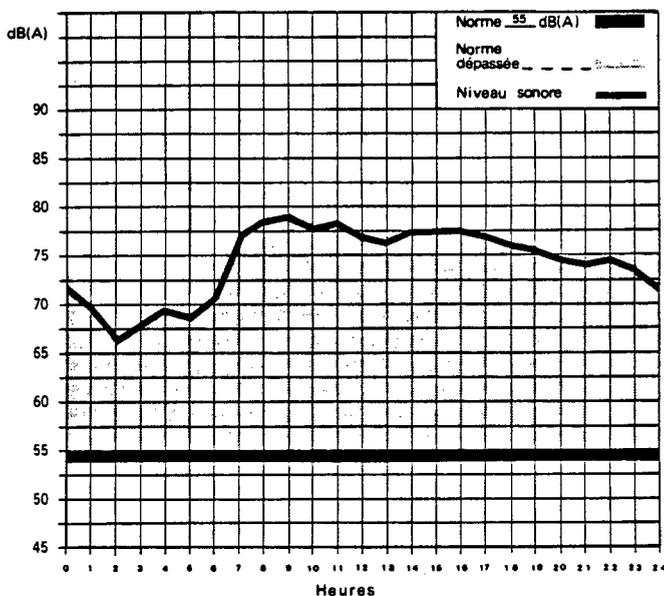
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 8  
 Localisation : 200, ch. Côte Vertu (près boul. Lebeau)  
 Date : 25 novembre 1982 Heures : 12 h 00 à 15 h 00  
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

### Représentation graphique du niveau sonore $L_{eq}$



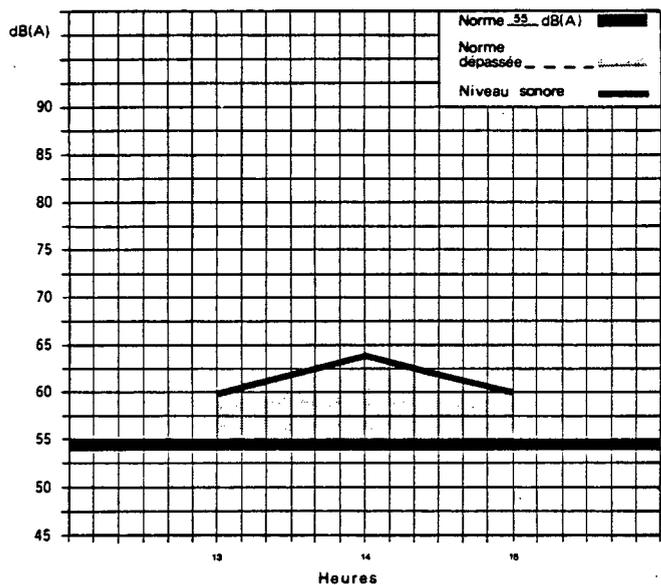
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 9  
 Localisation : Intersection du boulevard Lebeau et de la place Côte Vertu  
 Date : 27 octobre 1982 Heures : 0 h 00 à 24 h 00  
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

### Représentation graphique du niveau sonore $L_{eq}$



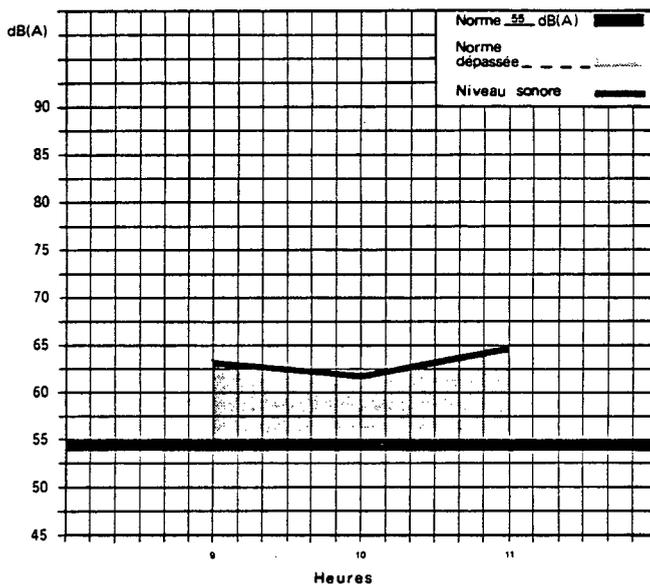
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 10  
 Localisation : 40, place Côte Vertu (près de l'autoroute des Laurentides)  
 Date : 28 octobre 1982 Heures : 0 h 00 à 24 h 00  
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

### Représentation graphique du niveau sonore $L_{eq}$



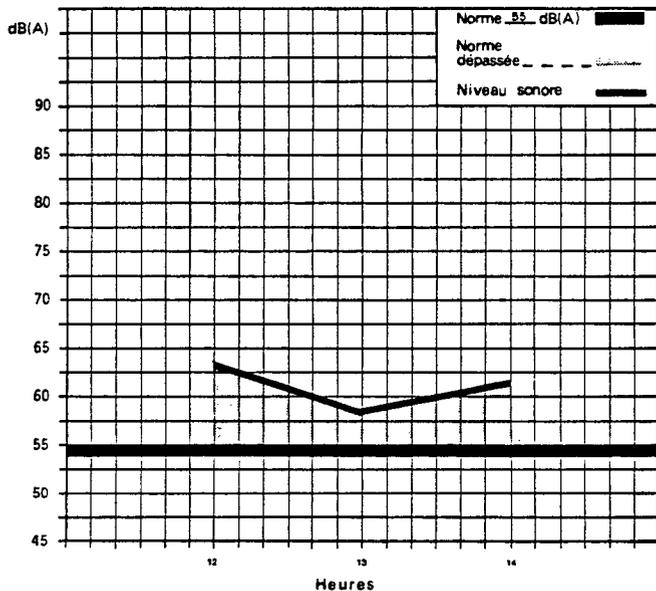
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 11  
 Localisation : 357, Place de Louvin (près de Meilleur)  
 Date : 24 novembre 1982 Heures : 12 h 00 à 15 h 00  
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

### Représentation graphique du niveau sonore $L_{eq}$



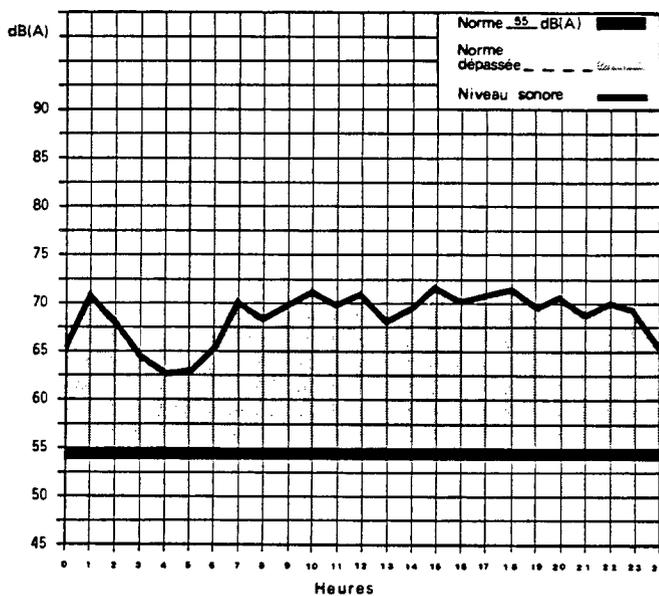
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 12  
 Localisation : 40, rue Port Royal (près St-Laurent)  
 Date : 6 décembre 1982 Heures : 8 h 00 à 11 h 00  
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

### Représentation graphique du niveau sonore $L_{eq}$



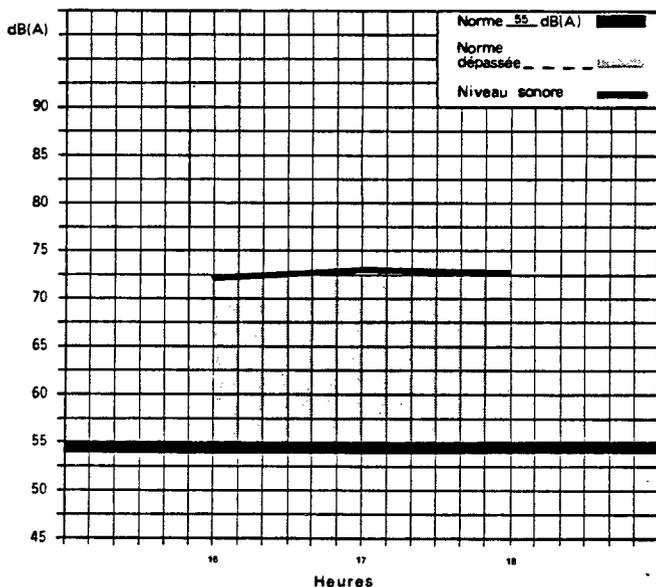
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 13  
 Localisation : 9600, rue St-Denis (près de Berri)  
 Date : 6 décembre 1982 Heures : 11 h 00 à 14 h 00  
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

### Représentation graphique du niveau sonore $L_{eq}$



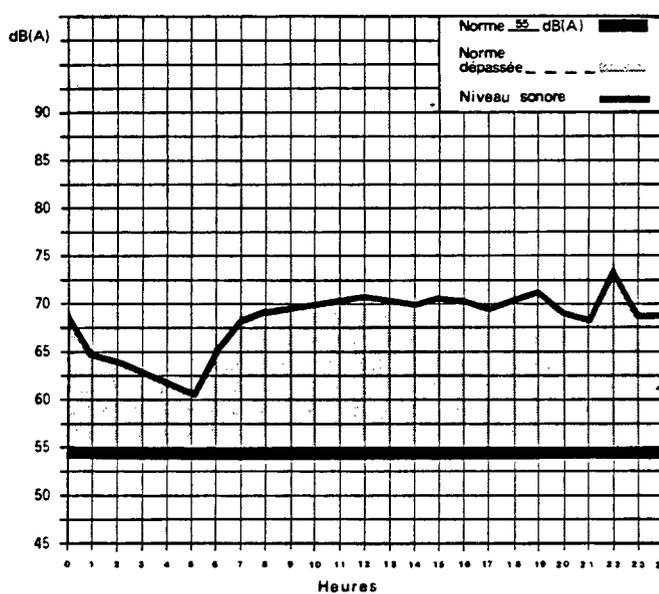
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 14  
 Localisation : 9661, rue Berri (près de Sauvé)  
 Date : 29 octobre 1982 Heures : 0 h 00 à 24 h 00  
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

### Représentation graphique du niveau sonore $L_{eq}$



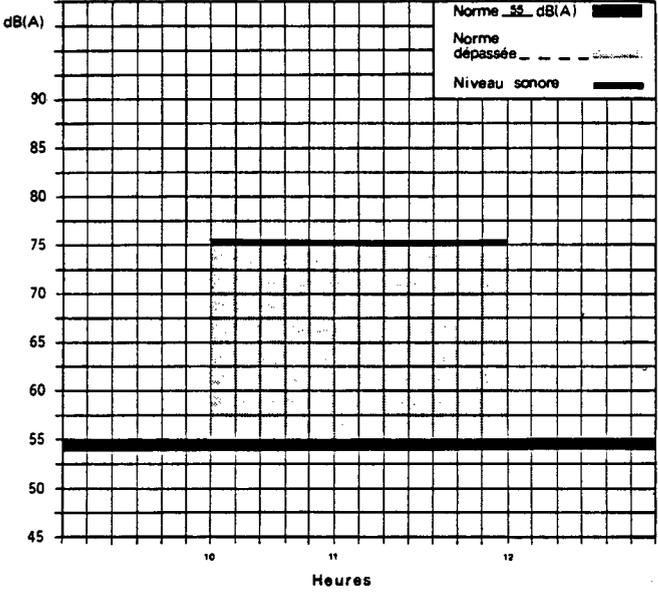
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 15  
 Localisation : Intersection des rues Lajeunesse et Frémont  
 Date : 8 décembre 1982 Heures : 15 h 00 à 18 h 00  
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

### Représentation graphique du niveau sonore $L_{eq}$



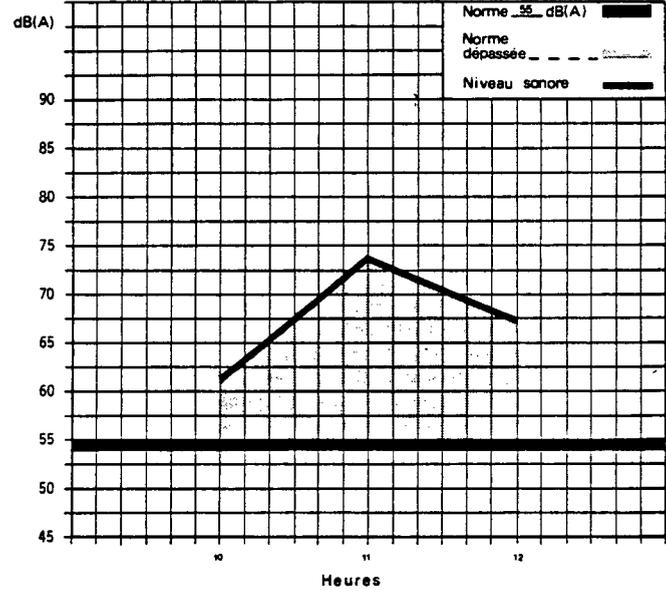
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 16  
 Localisation : Intersection des rues Lajeunesse et Port Royal  
 Date : 22 octobre 1982 Heures : 0 h 00 à 24 h 00  
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

### Représentation graphique du niveau sonore $L_{eq}$



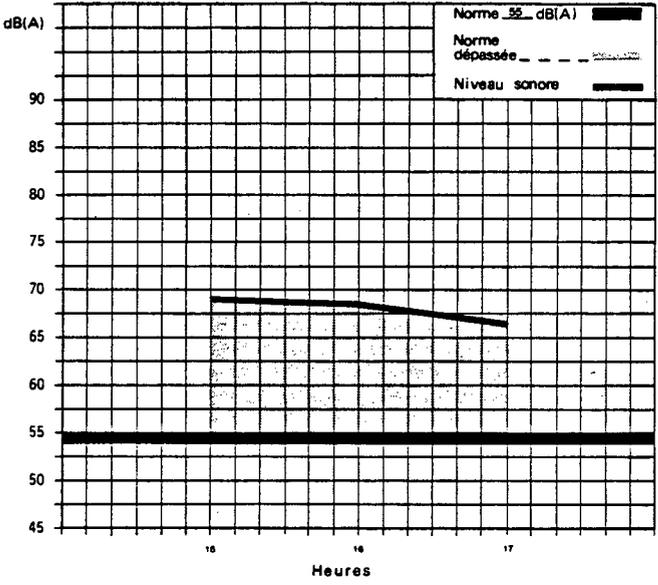
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 17  
 Localisation : 9695, rue Lajeunesse (près de Sauvé)  
 Date : 19 novembre 1982 Heures : 9 h 00 à 12 h 00  
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

### Représentation graphique du niveau sonore $L_{eq}$



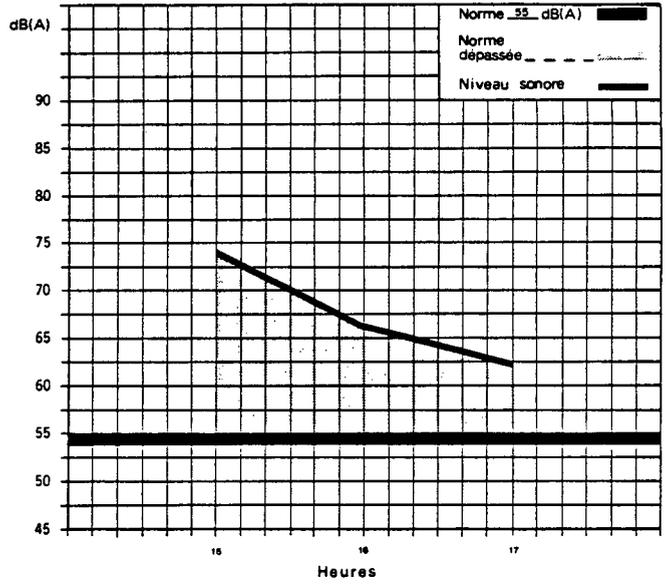
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 18  
 Localisation : Extrémité sud de la rue Millen (près de Sauvé)  
 Date : 19 novembre 1982 Heures : 9 h 00 à 12 h 00  
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

### Représentation graphique du niveau sonore $L_{eq}$



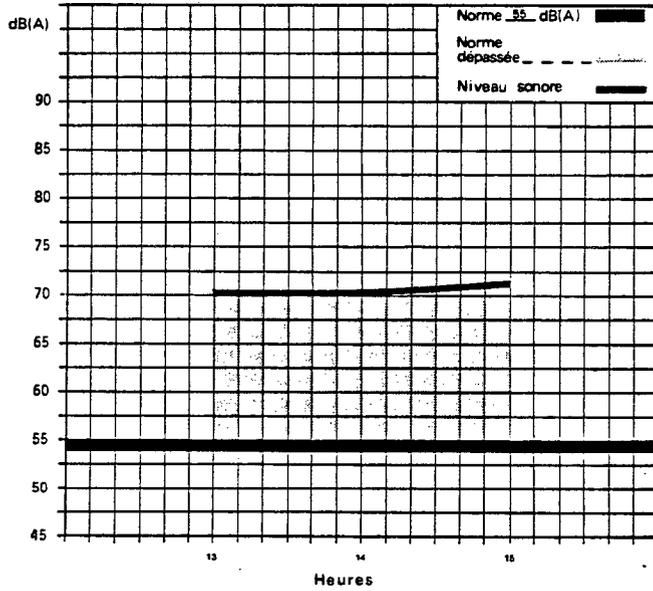
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 19  
 Localisation : 9584, rue St-Hubert (près de Port Royal)  
 Date : 19 novembre 1982 Heures : 14 h 00 à 17 h 00  
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

### Représentation graphique du niveau sonore $L_{eq}$



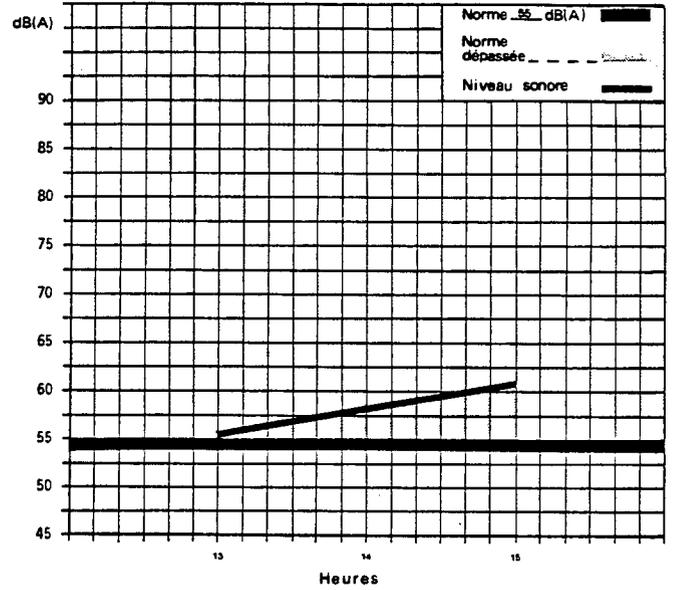
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 20  
 Localisation : 1225, rue Port Royal (près de Christophe Colomb)  
 Date : 19 novembre 1982 Heures : 14 h 00 à 17 h 00  
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

### Représentation graphique du niveau sonore $L_{eq}$



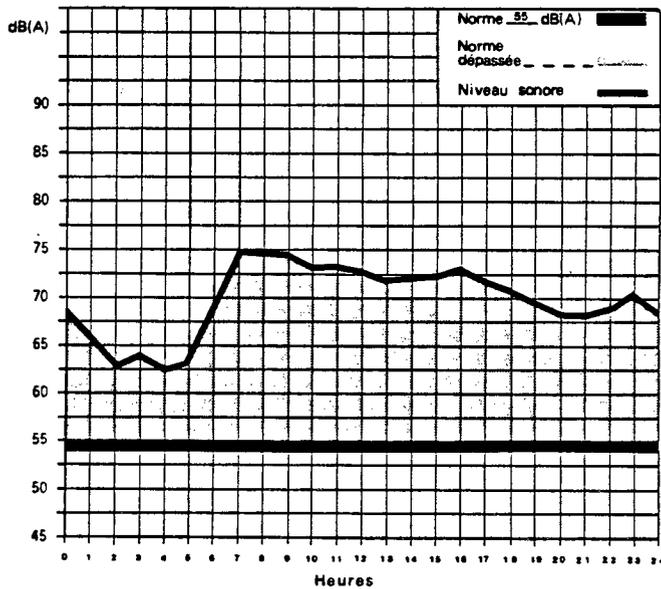
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 21  
 Localisation : 9709, rue Christophe Colomb (près de Port Royal)  
 Date : 24 novembre 1982 Heures : 12 h 00 à 15 h 00  
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

### Représentation graphique du niveau sonore $L_{eq}$



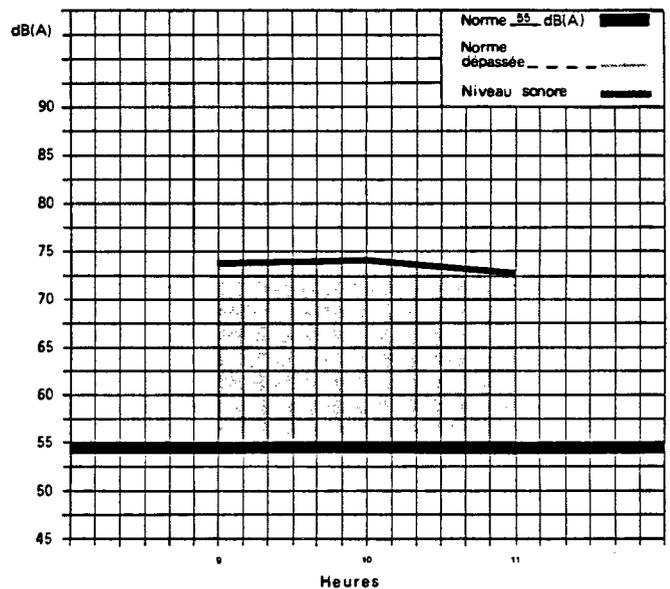
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 22  
 Localisation : 9710, Hame1 (près de Port Royal)  
 Date : 19 octobre 1982 Heures : 12 h 00 à 15 h 00  
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

### Représentation graphique du niveau sonore $L_{eq}$



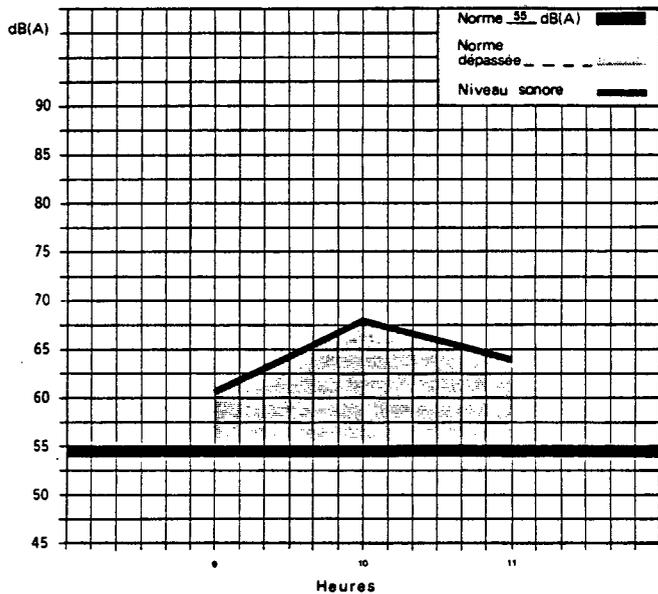
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 23  
 Localisation : 9680, Papineau (près de Sauvé)  
 Date : 1er novembre 1982 Heures : 0 h 00 à 24 h 00  
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

### 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 $L_{eq}$



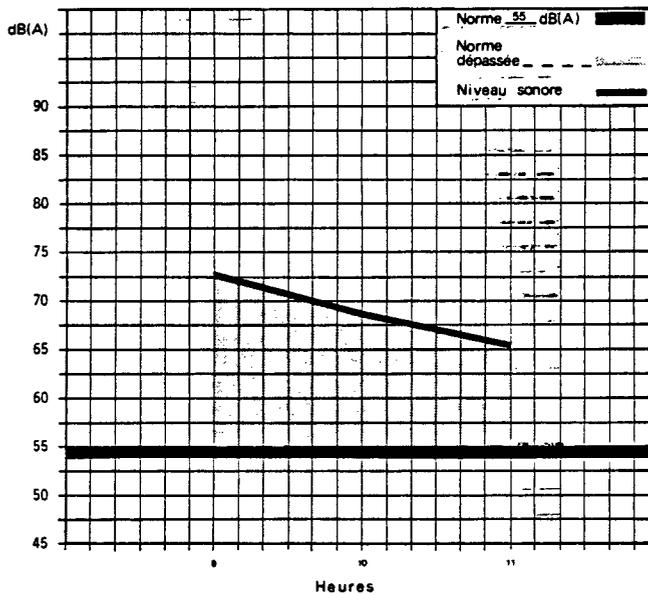
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 25

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 $L_{eq}$



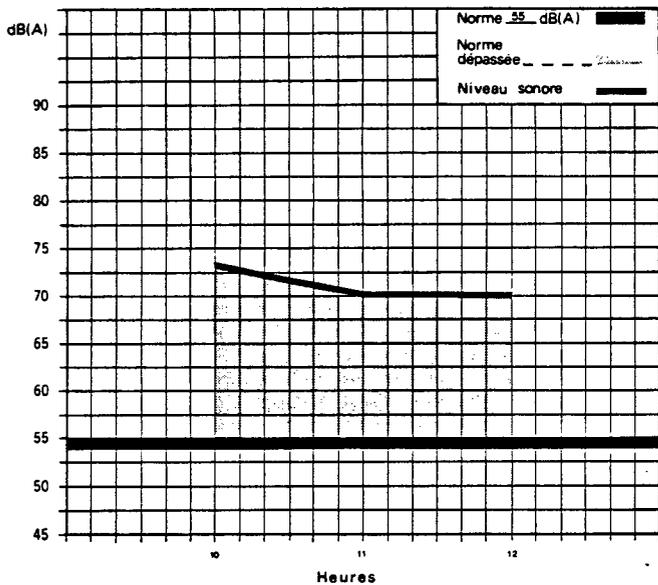
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 26

Localisation : 2357, Charland (près de Lille)

Date : 22 novembre 1982 Heures : 8 h 00 à 11 h 00

Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

### Représentation graphique du niveau sonore $L_{eq}$



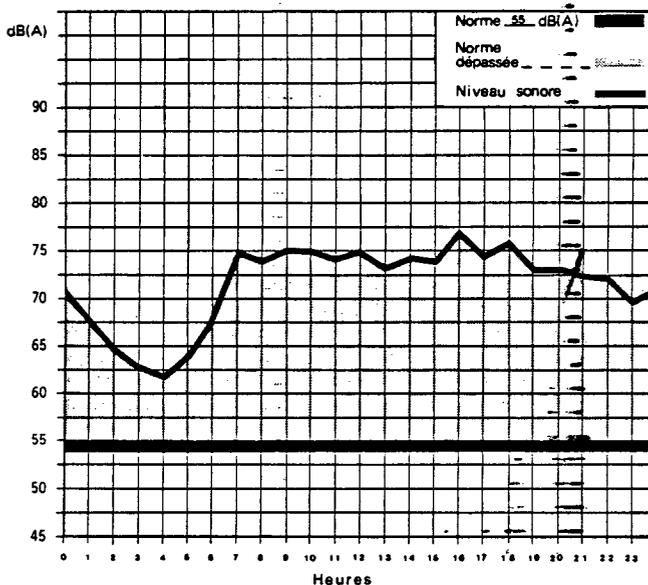
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 27

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 $L_{eq}$



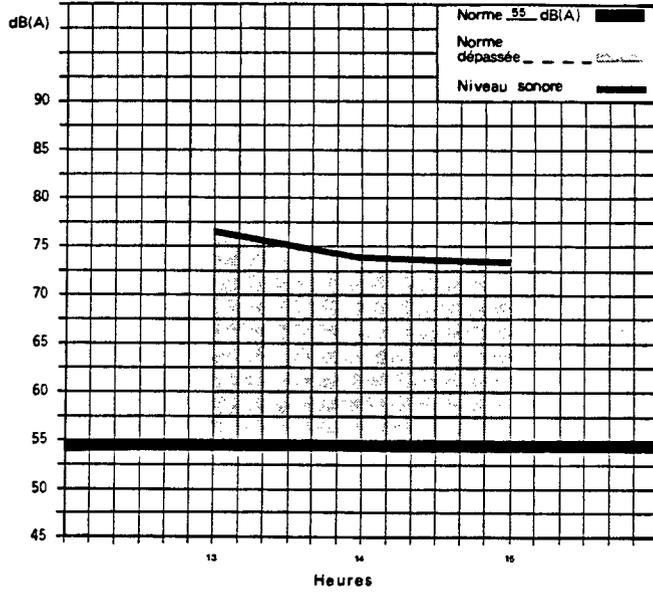
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 28

Localisation : 9590, boul. St-Michel (près du boul. Industriel)

Date : 8 novembre 1982 Heures : 0 h 00 à 24 h 00

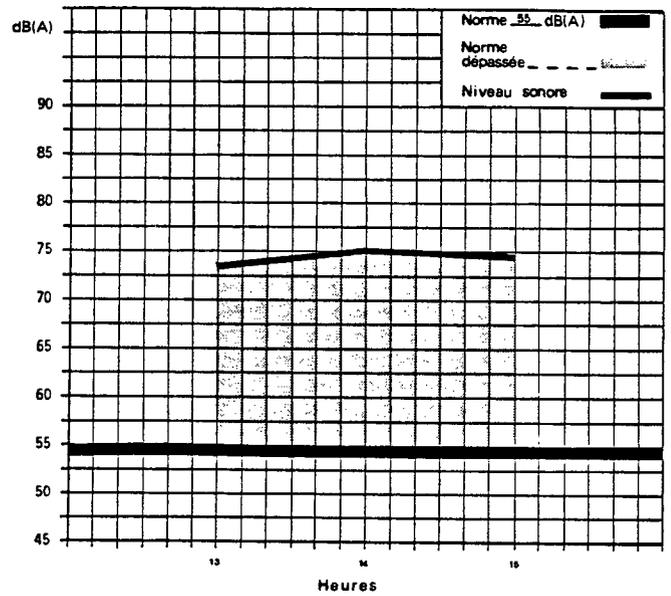
Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

### Représentation graphique du niveau sonore $L_{eq}$



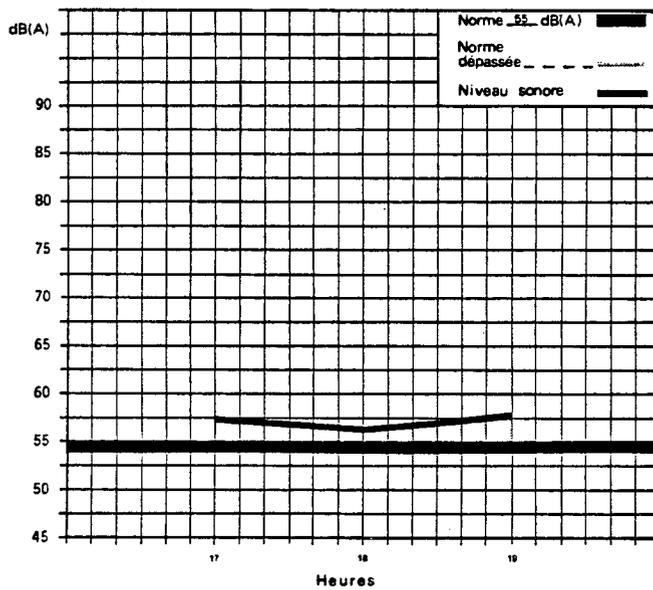
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 29  
 Localisation : Intersection du boul. Pie IX et de la 56e rue  
 Date : 22 novembre 1982 Heures : 12 h 00 à 15 h 00  
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

### Représentation graphique du niveau sonore $L_{eq}$



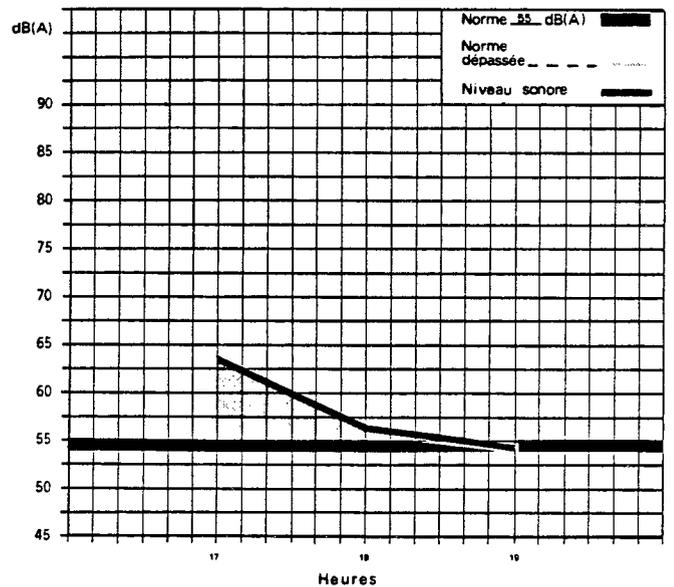
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 30  
 Localisation : 10 000, boul. Pie IX (près du boul. Industriel)  
 Date : 22 novembre 1982 Heures : 12 h 00 à 15 h 00  
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

### Représentation graphique du niveau sonore $L_{eq}$



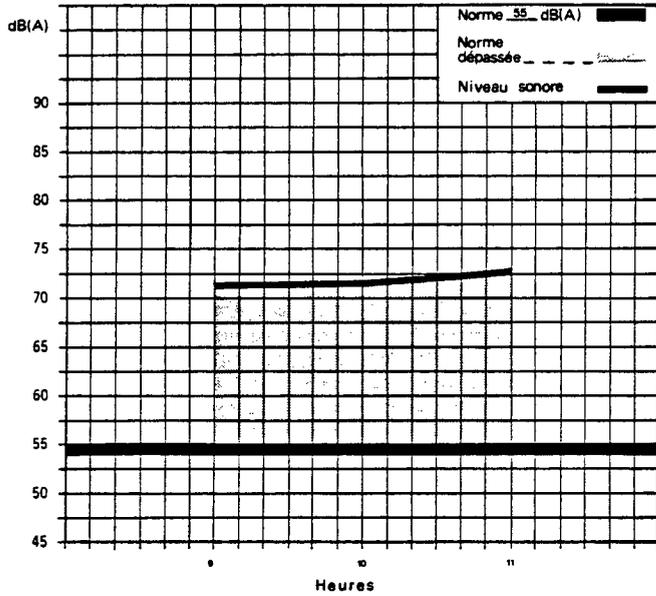
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 31  
 Localisation : 9430, boul. Viau (près du boul. des Grandes Prairies)  
 Date : 22 novembre 1982 Heures : 16 h 00 à 19 h 00  
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

### Représentation graphique du niveau sonore $L_{eq}$



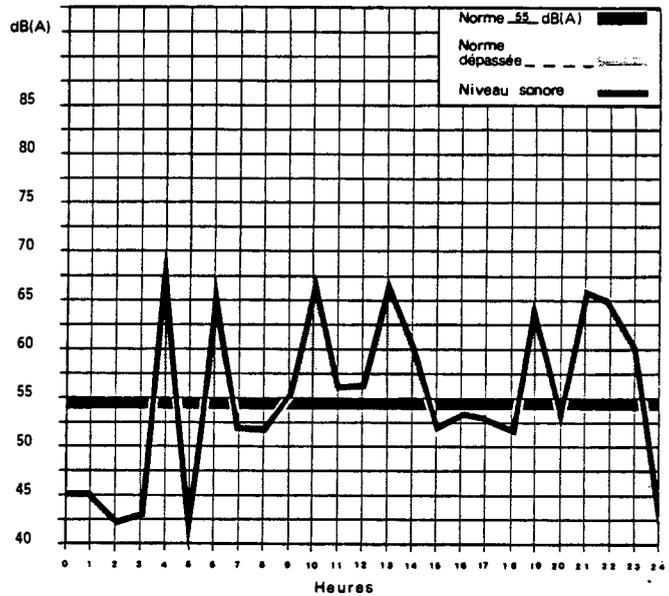
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 32  
 Localisation : Extrémité du boul. Viau (près de la voie ferrée)  
 Date : 22 novembre 1982 Heures : 16 h 00 à 19 h 00  
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

### Représentation graphique du niveau sonore $L_{eq}$



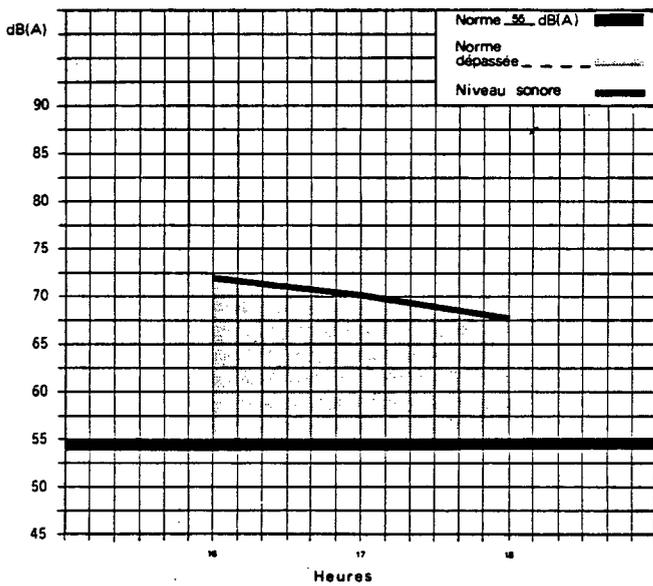
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 33  
 Localisation : Intersection du boul. Industriel et de la rue Ste-Gertrude  
 Date : 20 octobre 1982 Heures : 8 h 00 à 11 h 00  
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

### Représentation graphique du niveau sonore $L_{eq}$



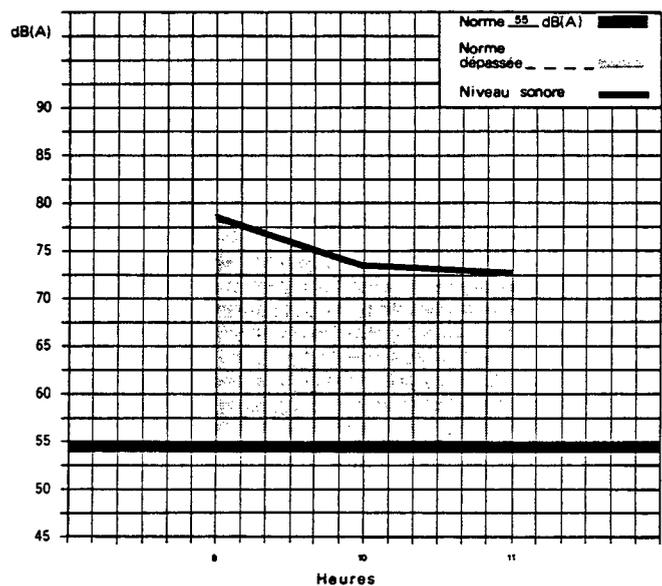
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 34  
 Localisation : 10 955, Masse (près du boul. Industriel)  
 Date : 9 novembre 1982 Heures : 0 h 00 à 24 h 00  
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

### Représentation graphique du niveau sonore $L_{eq}$



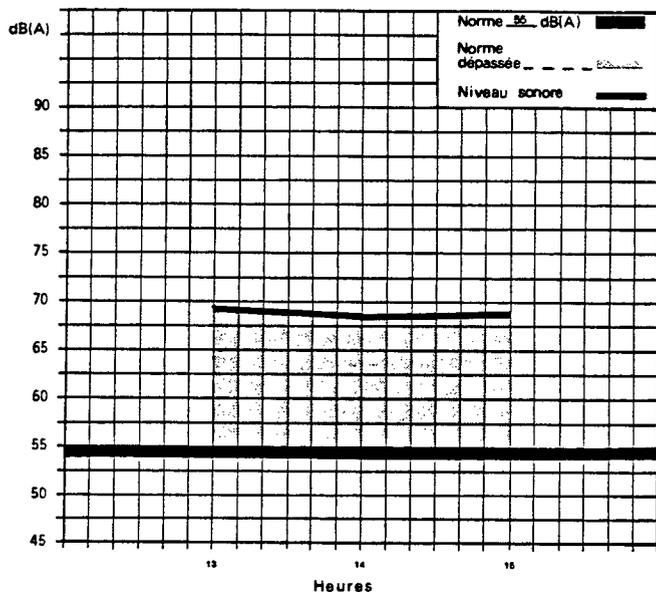
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 35  
 Localisation : 6725, boul. Henri-Bouressa (près de Albert Hudon)  
 Date : 6 décembre 1982 Heures : 15 h 00 à 18 h 00  
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

### Représentation graphique du niveau sonore $L_{eq}$



Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 36  
 Localisation : 11 405, 6e avenue (près de 8e 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 Leq



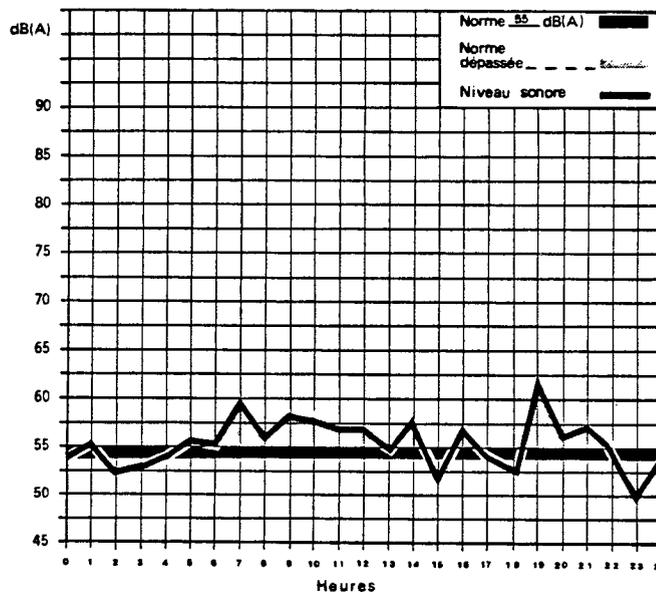
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 37

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 Leq



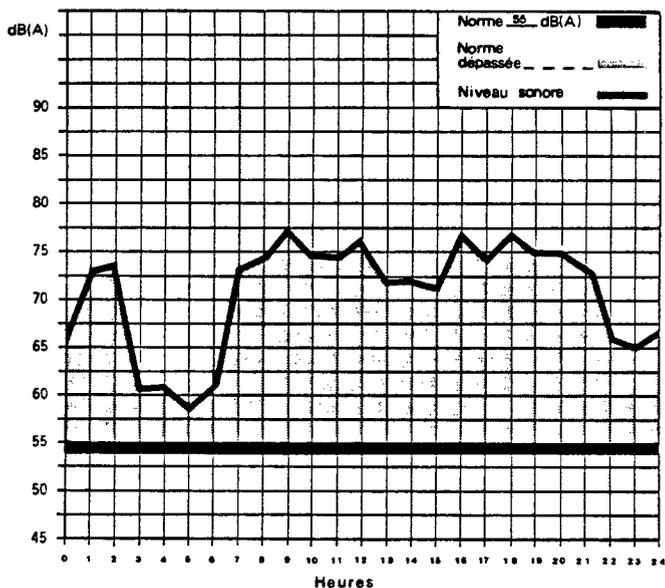
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 38

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 Leq



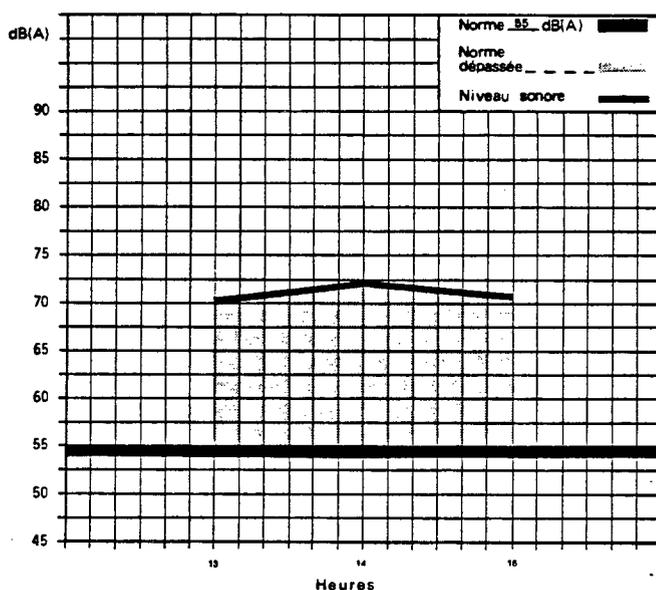
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 39

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 Leq



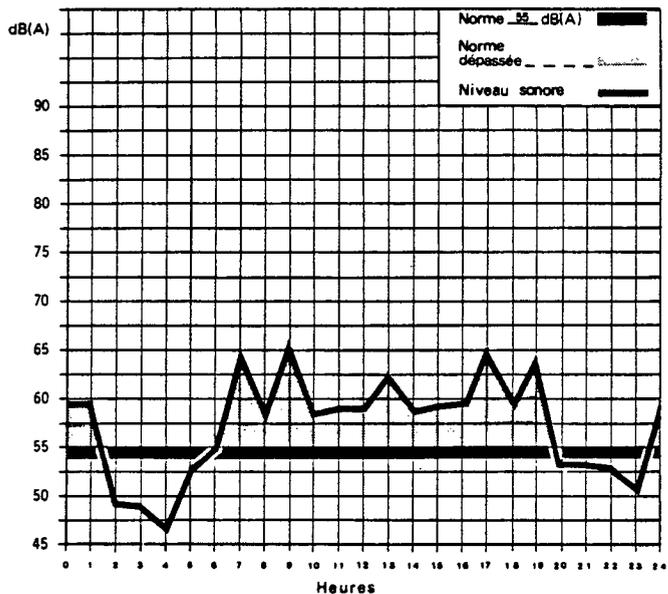
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 40

Localisation : Intersection des boulevards Rivière-des-Prairies et de la Martinière

Date : 20 octobre 1982 Heures : 12 h 00 à 15 h 00

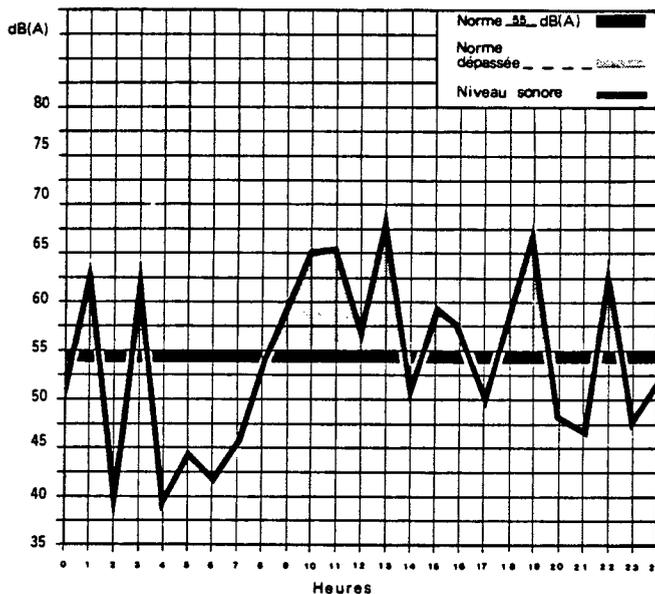
Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

### Représentation graphique du niveau sonore $L_{eq}$



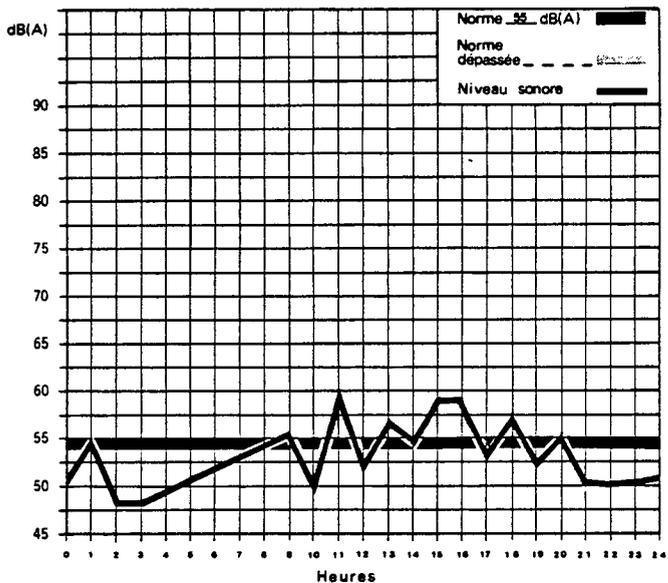
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 41  
 Localisation : 14 441, Montmartre (près de la 59e avenue)  
 Date : 16 novembre 1982 Heures : 0 h 00 à 24 h 00  
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

### Représentation graphique du niveau sonore $L_{eq}$



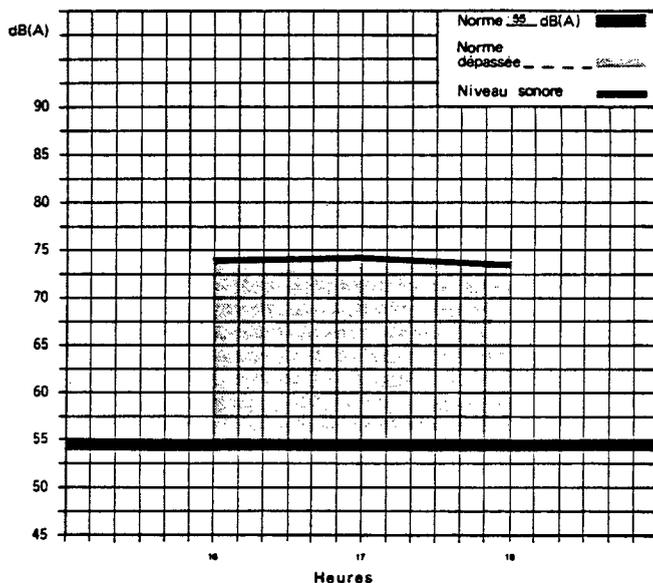
Lieu : METRO DE SURFACE LIGNE # 6 Relevé no : 42  
 Localisation : 1855, 59e avenue (près de Notre-Dame)  
 Date : 17 novembre 1982 Heures : 0 h 00 à 24 h 00  
 Appareil : BRUEL & KJAER nos 4426 et 2312

### 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 V

---

REGLEMENT RELATIF A LA QUANTITE 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  $n^{\text{ième}}$  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.  $\rightarrow 160$

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:

$$\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \dots + \frac{C_m}{T_m}$$

où C indique le temps total en heures d'exposition à un niveau donné et T 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:

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

*16.61*

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

\* Répéter 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

**I. 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 VI

---

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 résonance 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 résonance, 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., Chicago, 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.

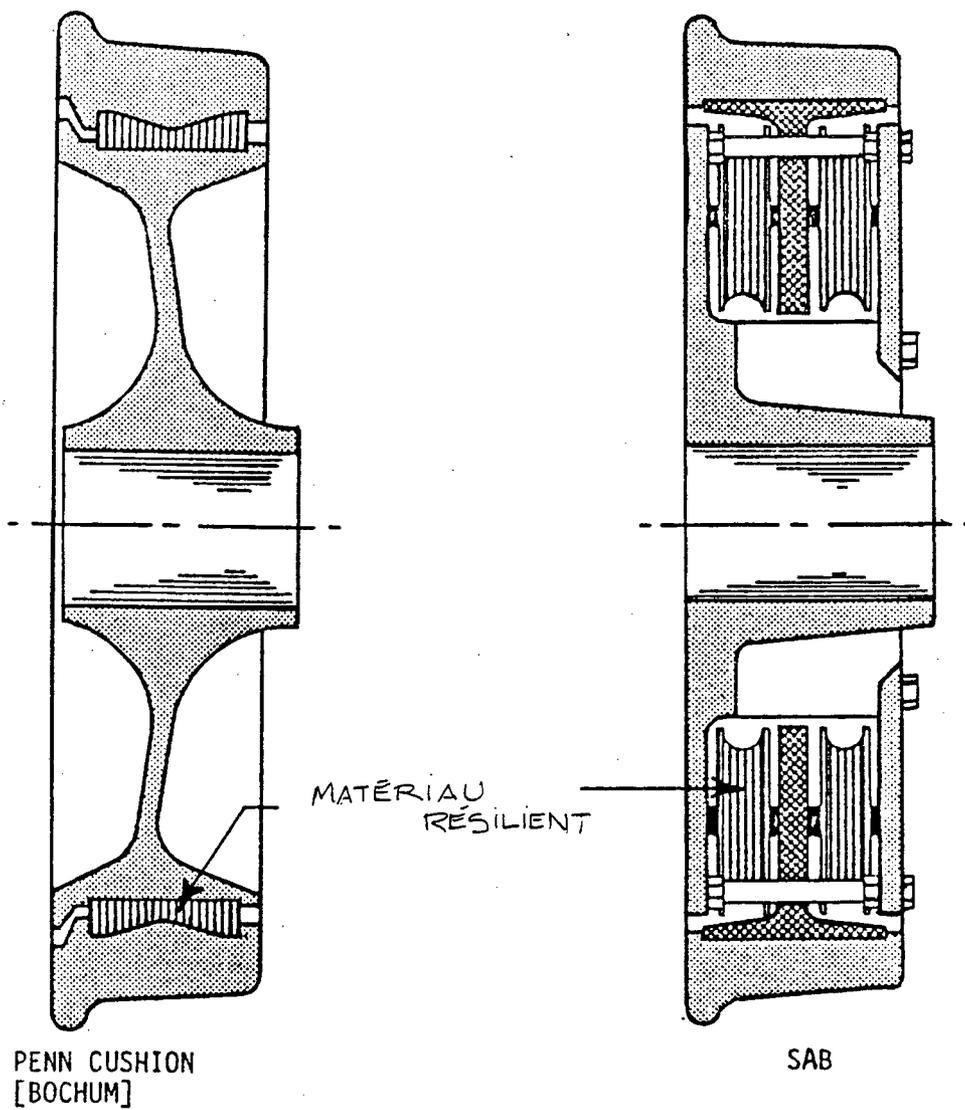


FIG. 6-1 COUPES TYPES DE ROUES RESILIENTES.

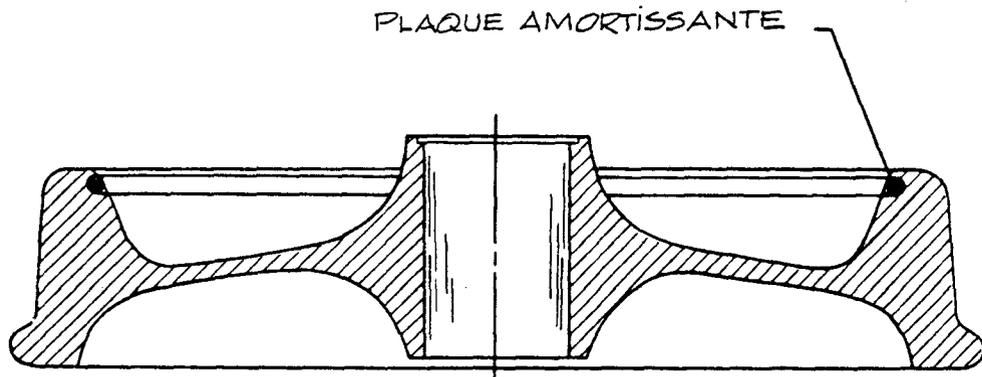
Notons que l'emploi de roues résilientes réduit les vibrations transmises au sol d'environ 5 à 10 dB, à des fréquences supérieures à 40 Hertz.

### Roues dites absorbantes

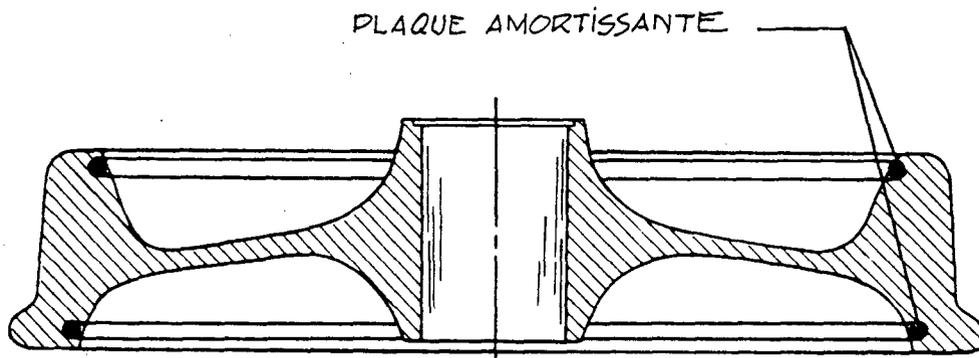
La grande efficacité à réduire les bruits de crissement des roues amortissantes vient de leur taux élevé d'amortissement des vibrations. L'interaction entre les roues et les rails est la même que pour une roue standard mais la réponse de la roue à l'excitation vibratoire est réduite suffisamment pour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



a: PLAQUE ABSORBANTE FIXÉE DU CÔTÉ EXTÉRIEUR DE LA ROUE



b: PLAQUES ABSORBANTES FIXÉES AUX DEUX CÔTÉS DE LA ROUE.

**FIG. 6-2 ROUES MUNIES DE PLAQUES AMORTISSANTES.**

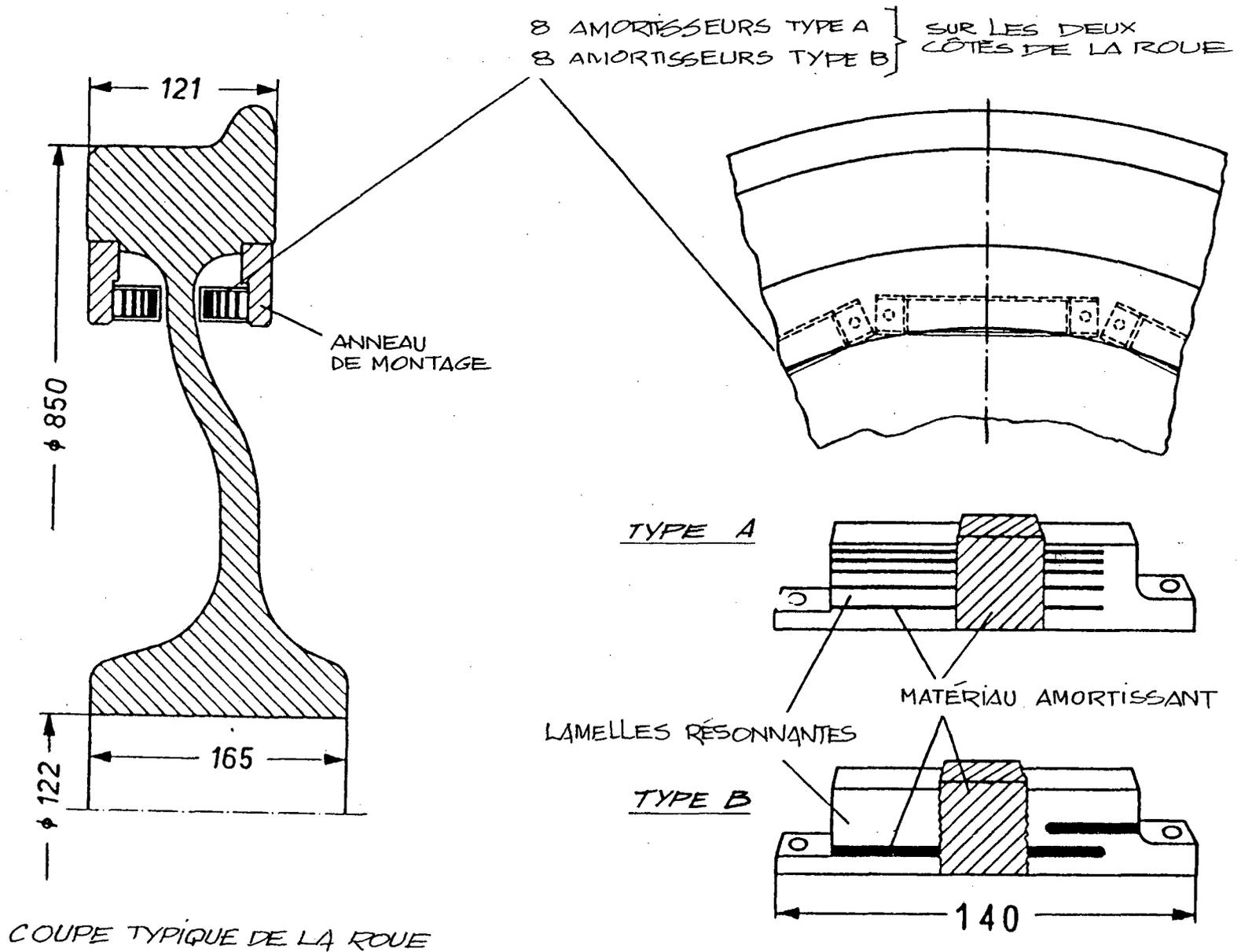
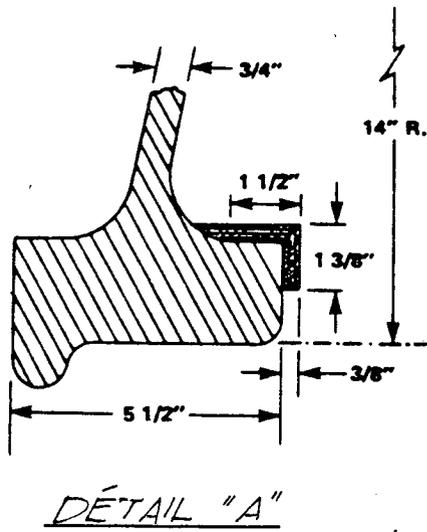
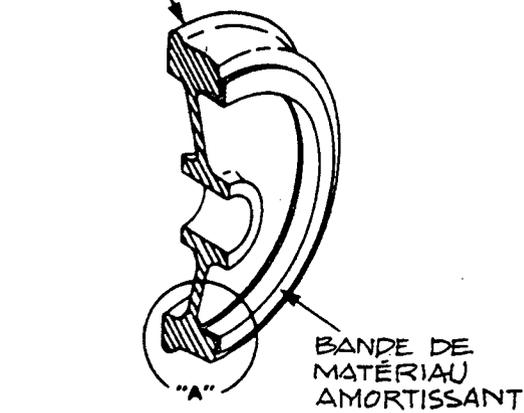
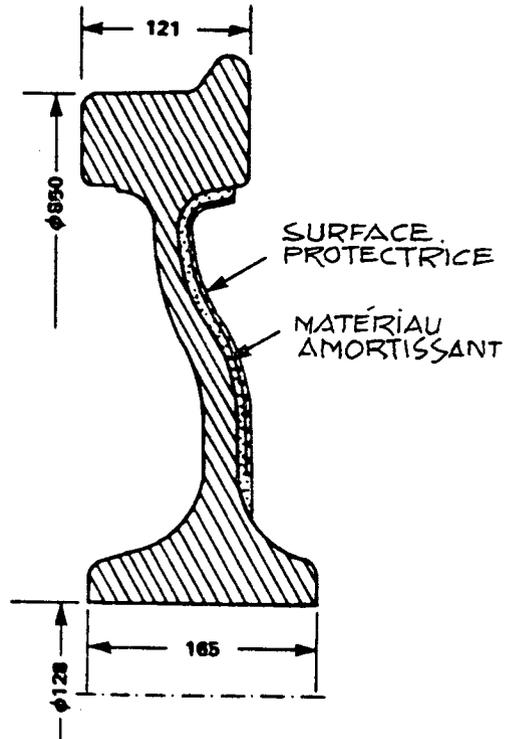


FIG. 6-3 "KRUPP TUNED VIBRATION ABSORBERS" OU ABSORBEUR DYNAMIQUE.

ROUE AVEC AMORTISSANT



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;

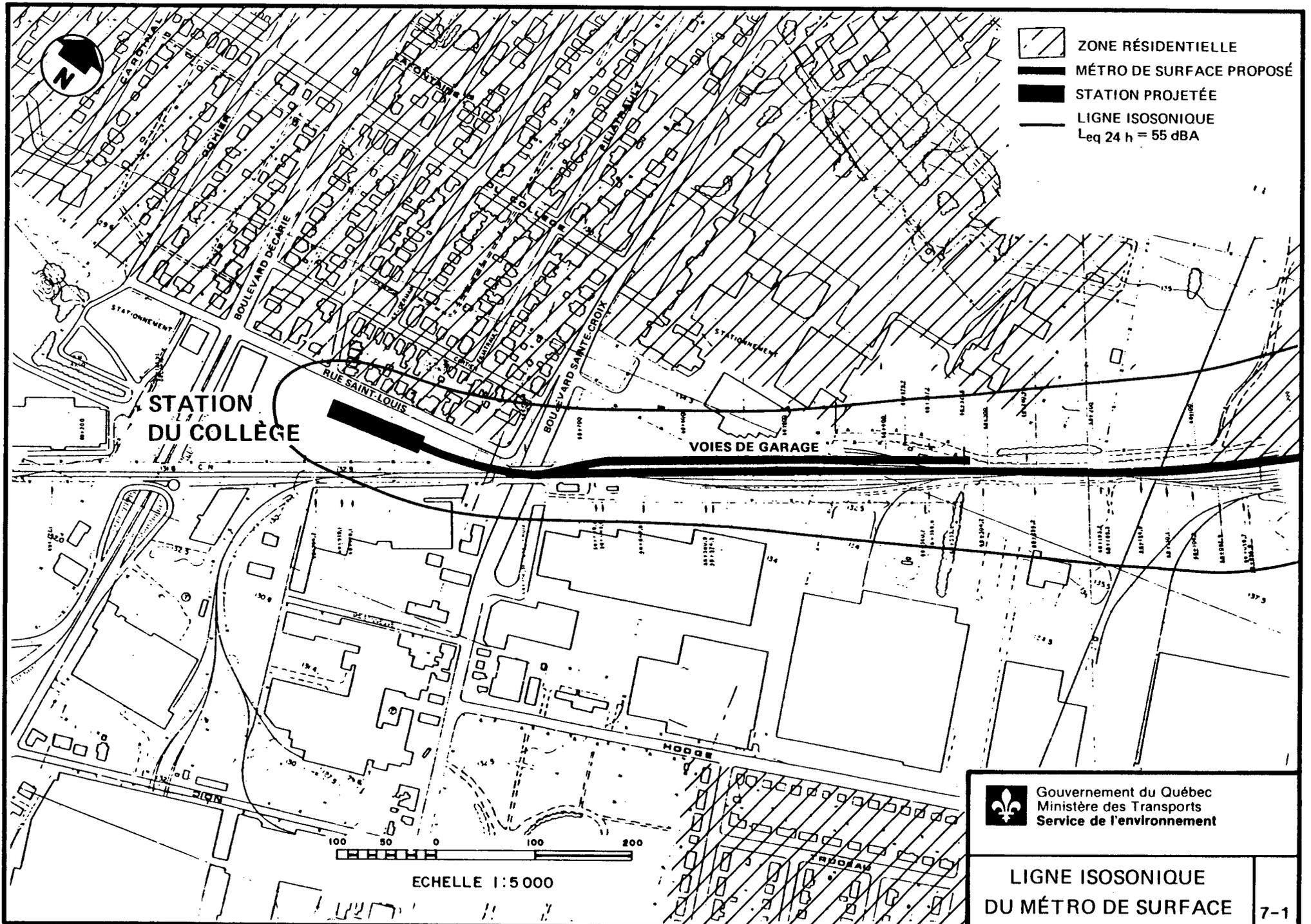
Les désavantages de la roue amortissante sont les suivantes:

- 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 en autant 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 VII

---

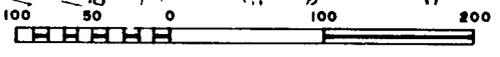
LIGNES ISOSONIQUE  $L_{eq24h} = 55 \text{ dB(A)}$   
DU METRO DE SURFACE ET LOCALISATION  
DES BARRIERES ACOUSTIQUES PROPOSEES(SECTION 2.7.1.2)



-  ZONE RÉSIDENTIELLE
-  MÉTRO DE SURFACE PROPOSÉ
-  STATION PROJETÉE
-  LIGNE ISOSONIQUE
- Leq 24 h = 55 dBA

**STATION  
DU COLLÈGE**

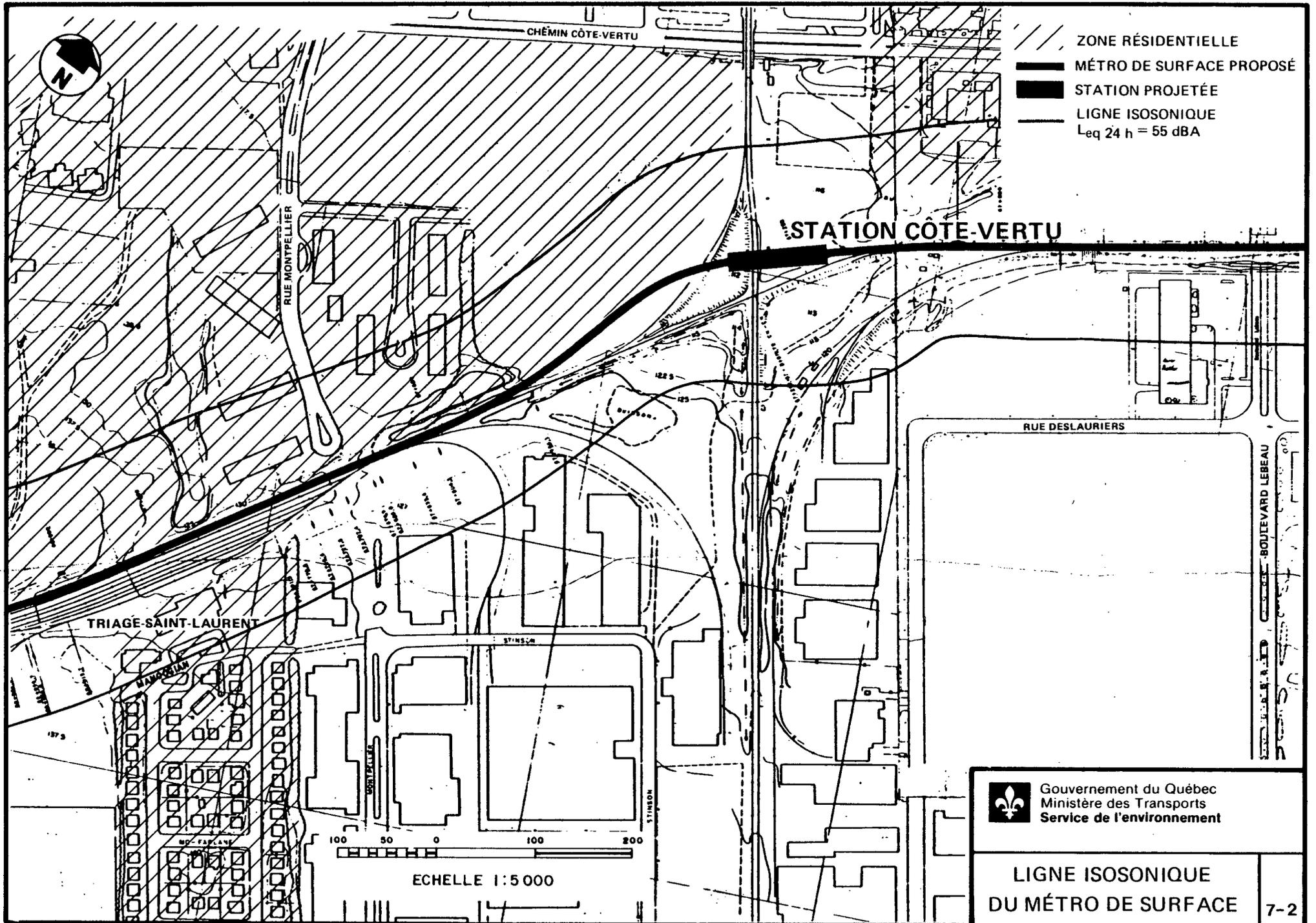
**VOIES DE GARAGE**

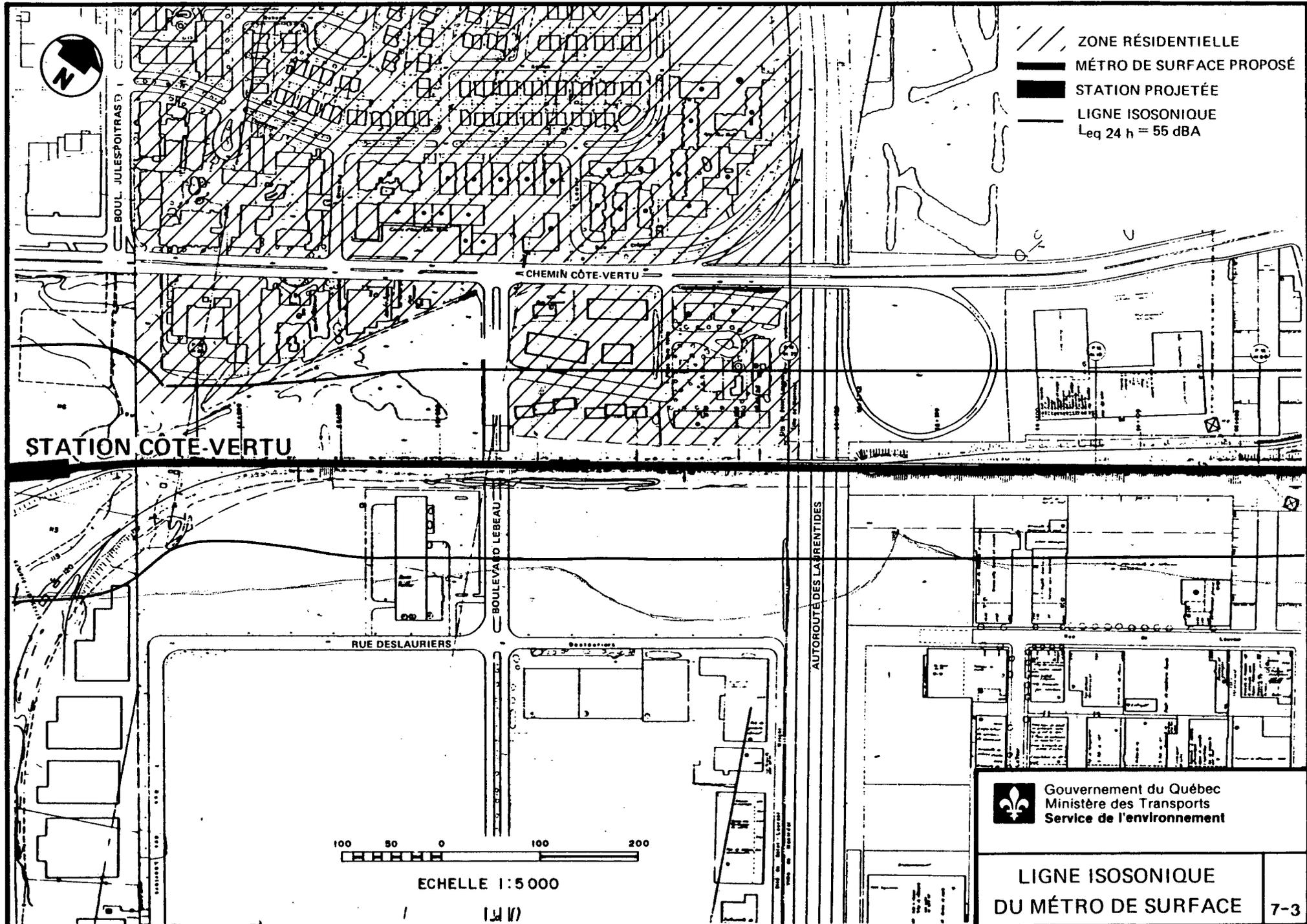


ECHELLE 1:5000

 Gouvernement du Québec  
Ministère des Transports  
Service de l'environnement

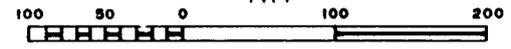
**LIGNE ISOSONIQUE  
DU MÉTRO DE SURFACE**





-  ZONE RÉSIDENTIELLE
-  MÉTRO DE SURFACE PROPOSÉ
-  STATION PROJETÉE
-  LIGNE ISOSONIQUE
- $L_{eq} 24 h = 55 \text{ dBA}$

STATION CÔTE-VERTU

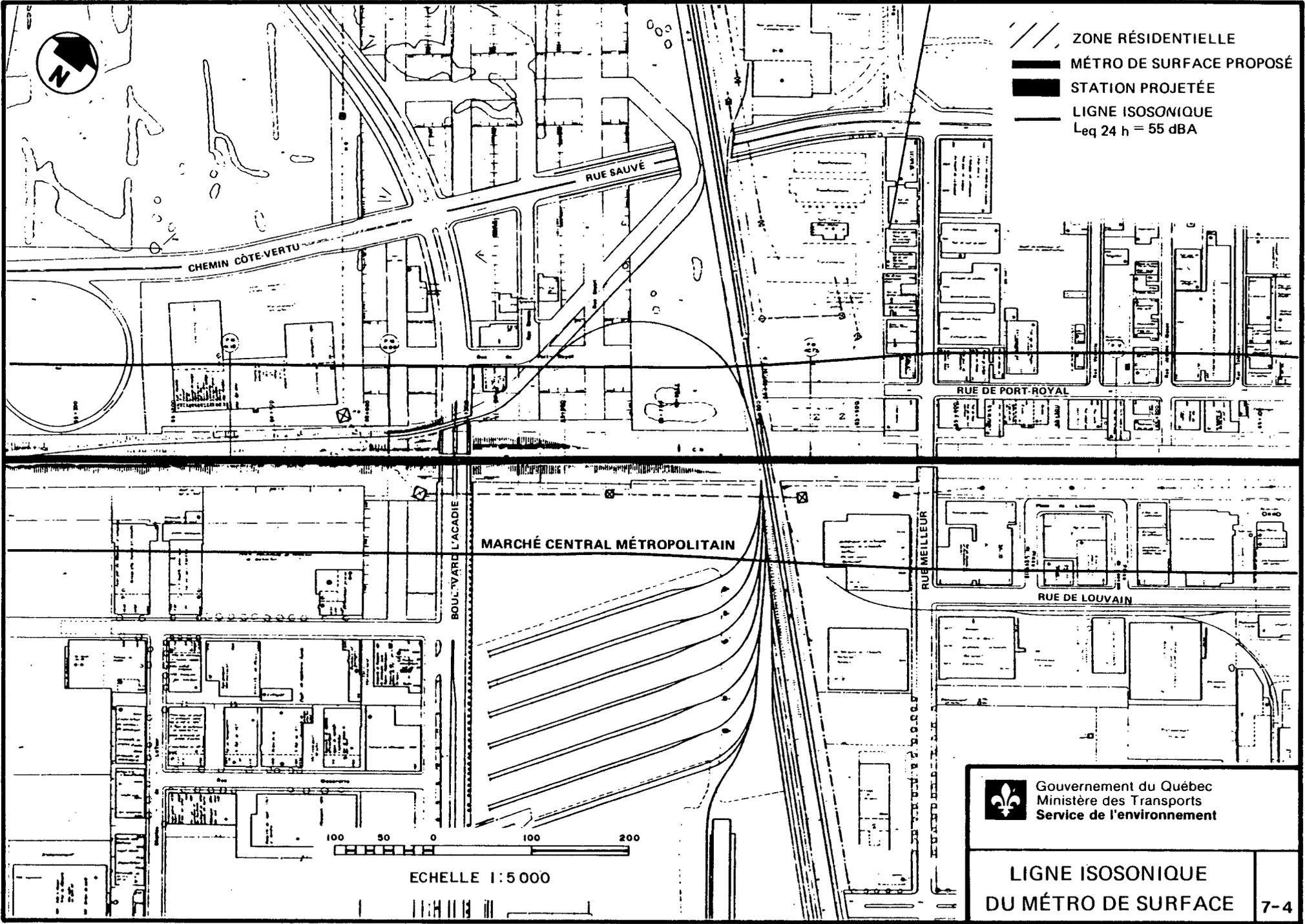


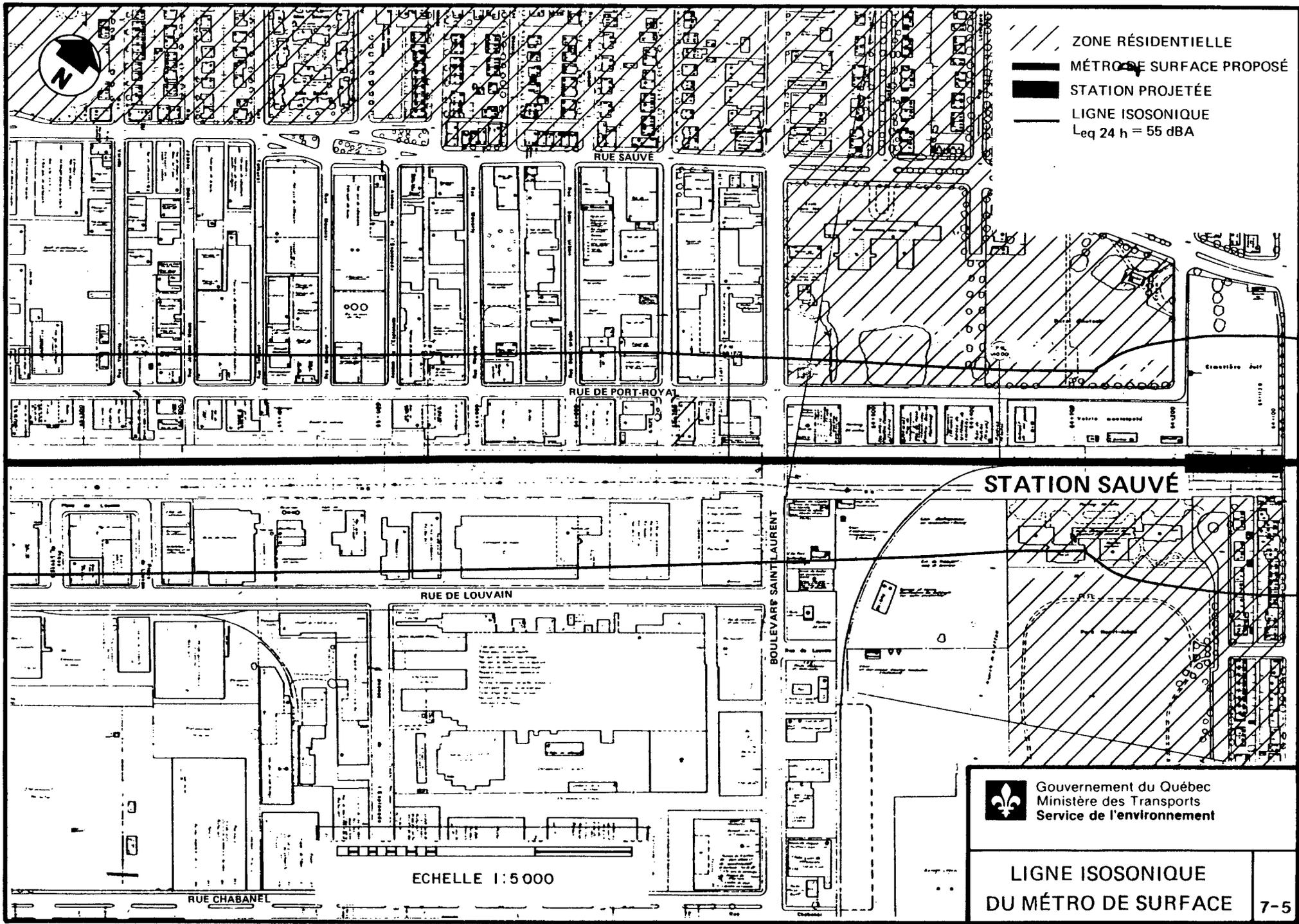
ECHELLE 1:5 000

 Gouvernement du Québec  
Ministère des Transports  
Service de l'environnement

LIGNE ISOSONIQUE  
DU MÉTRO DE SURFACE

7-3





-  ZONE RÉSIDENTIELLE
-  MÉTRO DE SURFACE PROPOSÉ
-  STATION PROJETÉE
-  LIGNE ISOSONIQUE
- $L_{eq\ 24\ h} = 55\ \text{dBA}$

**STATION SAUVÉ**

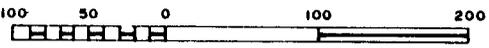
ECHELLE 1:5000

	Gouvernement du Québec Ministère des Transports Service de l'environnement	
	<b>LIGNE ISOSONIQUE DU MÉTRO DE SURFACE</b>	
		7-5



-  ZONE RÉSIDENTIELLE
-  MÉTRO DE SURFACE PROPOSÉ
-  STATION PROJÉTÉE
-  LIGNE ISOSONIQUE  
Leq 24 h = 55 dBA

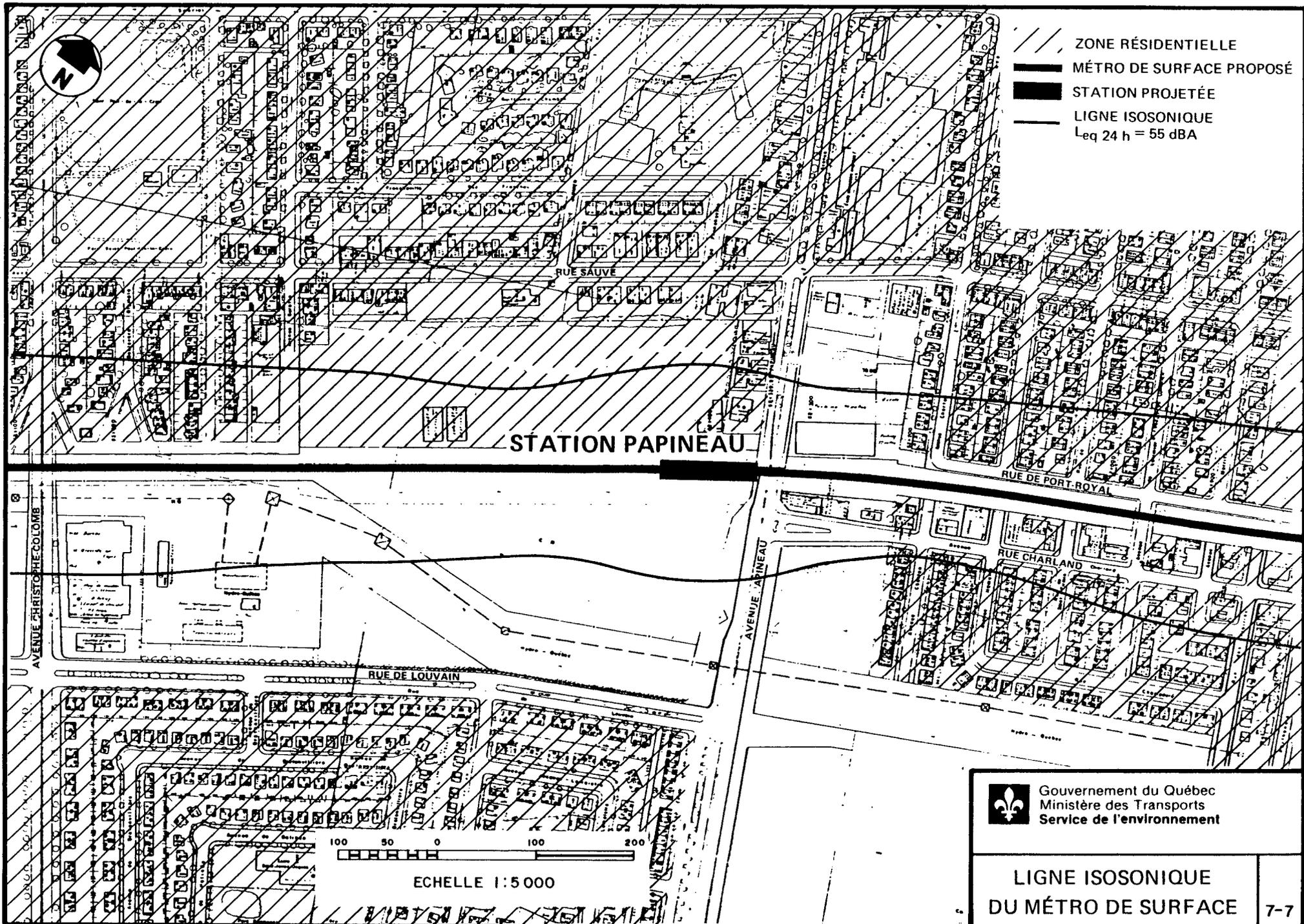
STATION SAUVÉ



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

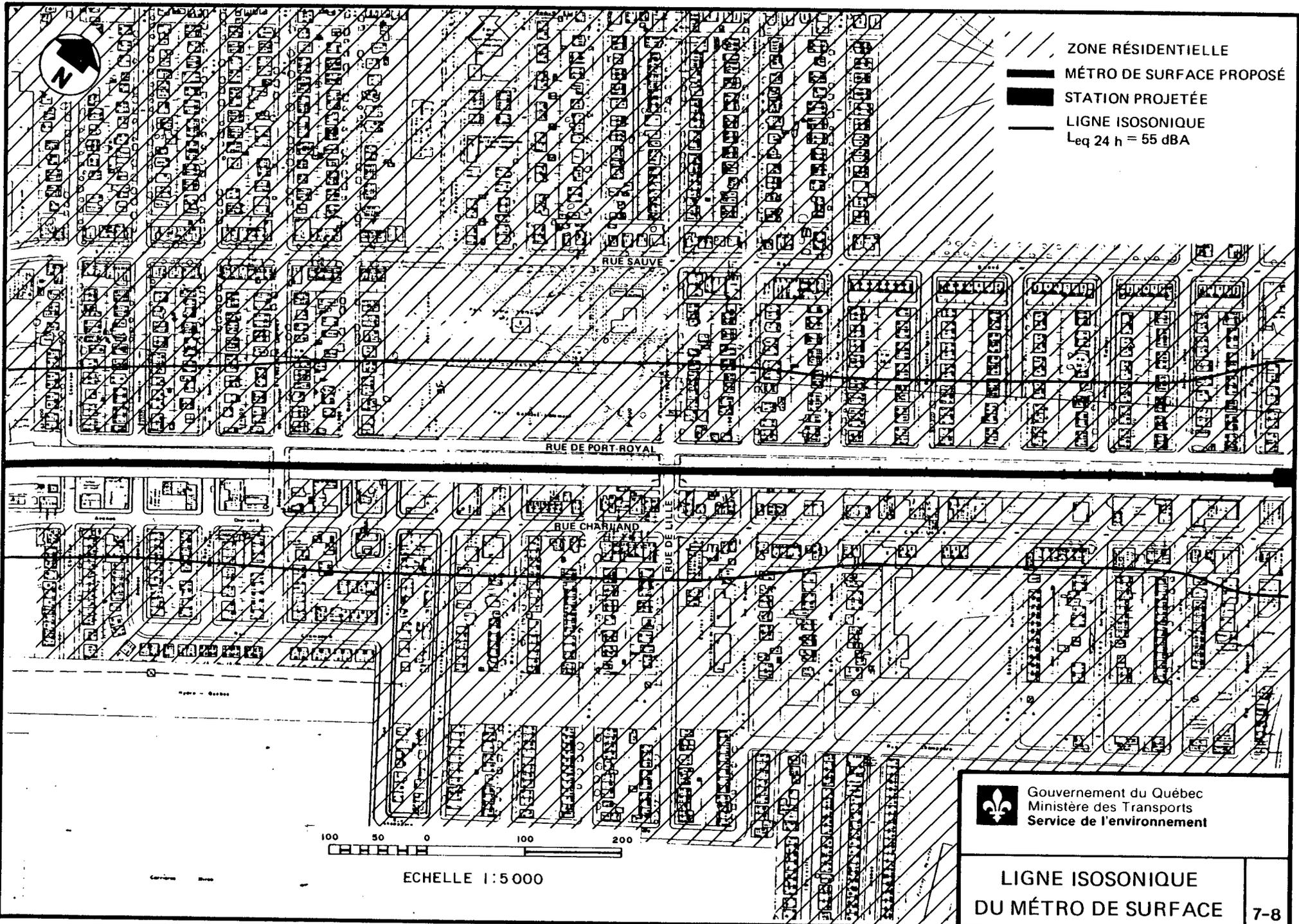
STATION PAPINEAU



ECHELLE 1:5 000

 Gouvernement du Québec  
Ministère des Transports  
Service de l'environnement

LIGNE ISOSONIQUE  
DU MÉTRO DE SURFACE



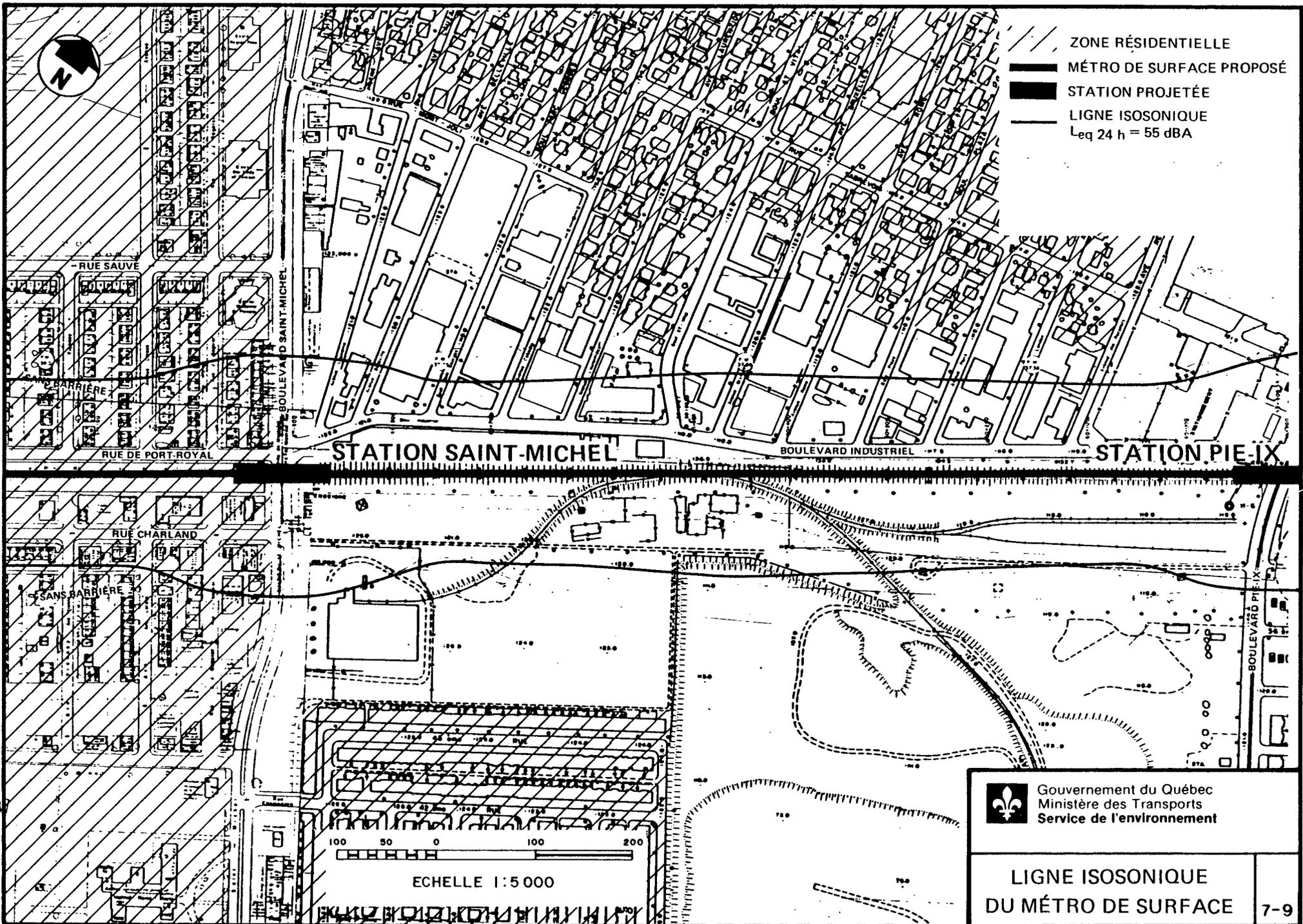
-  ZONE RÉSIDENTIELLE
-  MÉTRO DE SURFACE PROPOSÉ
-  STATION PROJETÉE
-  LIGNE ISOSONIQUE  
Leq 24 h = 55 dBA



ECHELLE 1:5000

 Gouvernement du Québec  
Ministère des Transports  
Service de l'environnement

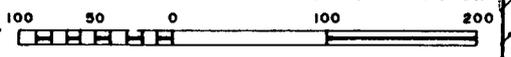
LIGNE ISOSONIQUE  
DU MÉTRO DE SURFACE



-  ZONE RÉSIDENTIELLE
-  MÉTRO DE SURFACE PROPOSÉ
-  STATION PROJÉTÉE
-  LIGNE ISOSONIQUE  
Leq 24 h = 55 dBA

STATION SAINT-MICHEL

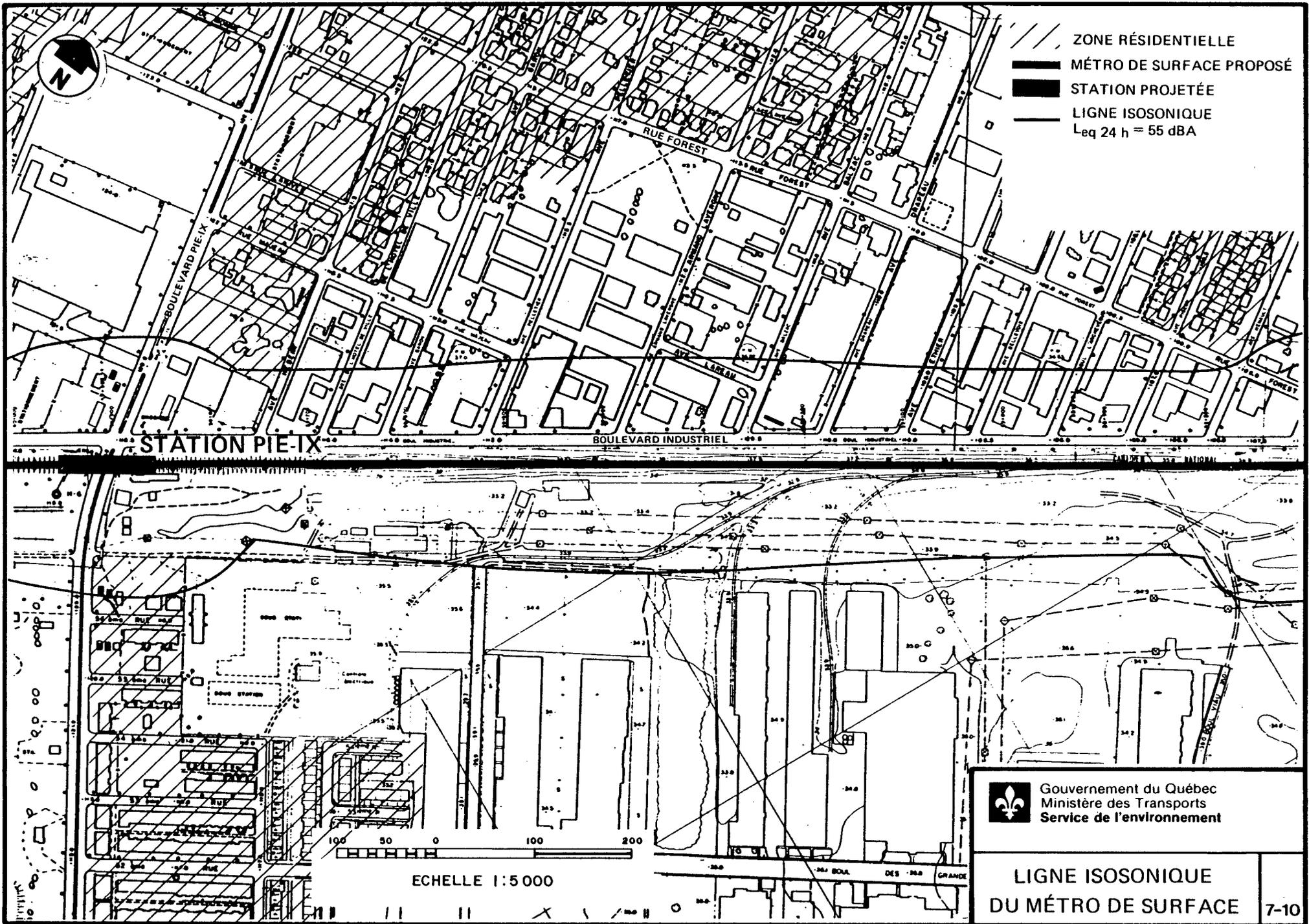
STATION PIE-IX

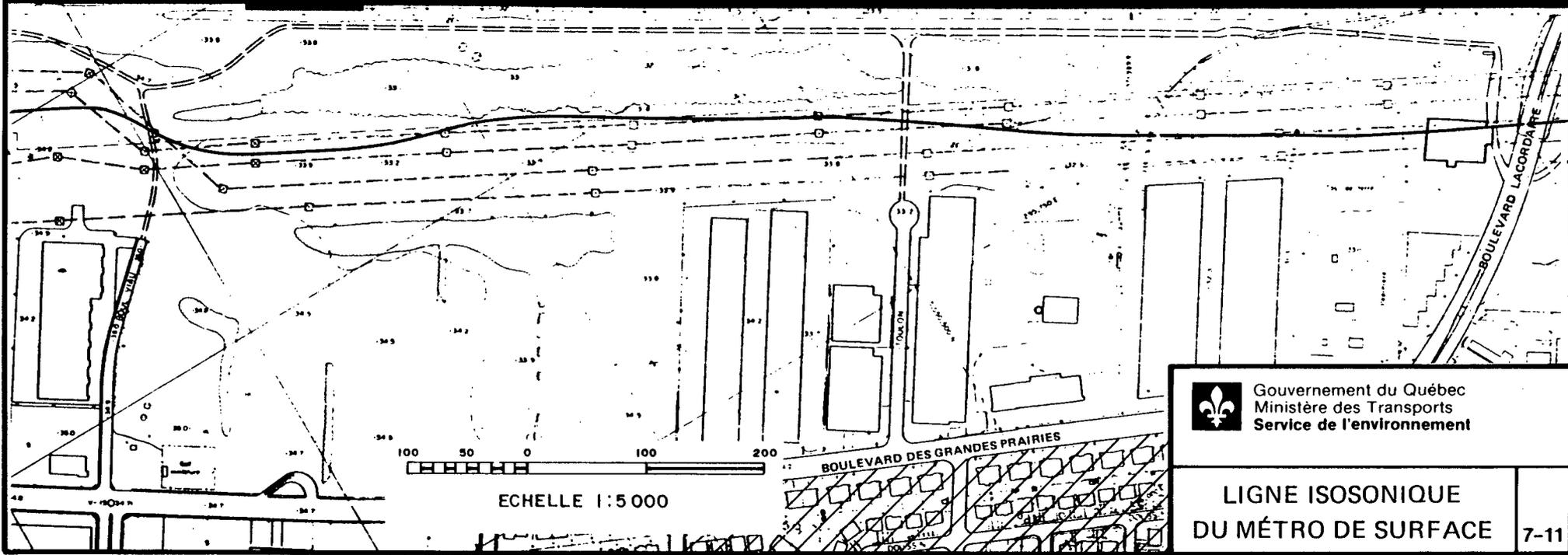
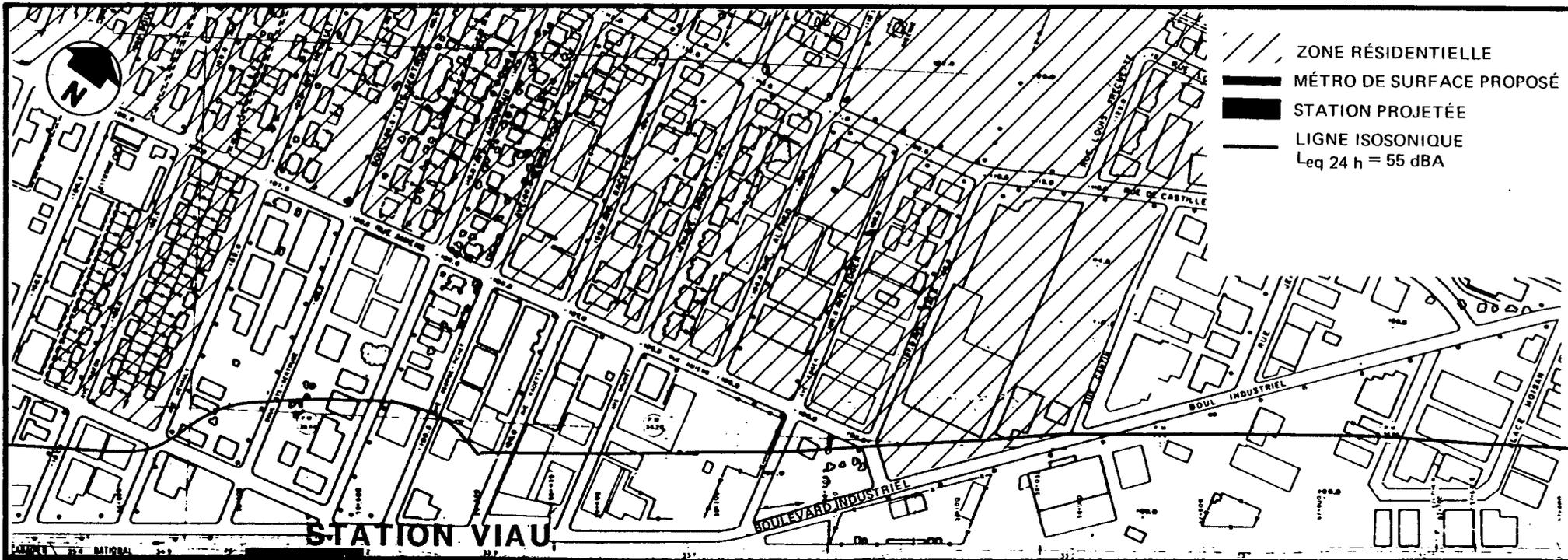


ECHELLE 1:5000

 Gouvernement du Québec  
Ministère des Transports  
Service de l'environnement

LIGNE ISOSONIQUE  
DU MÉTRO DE SURFACE 7-9

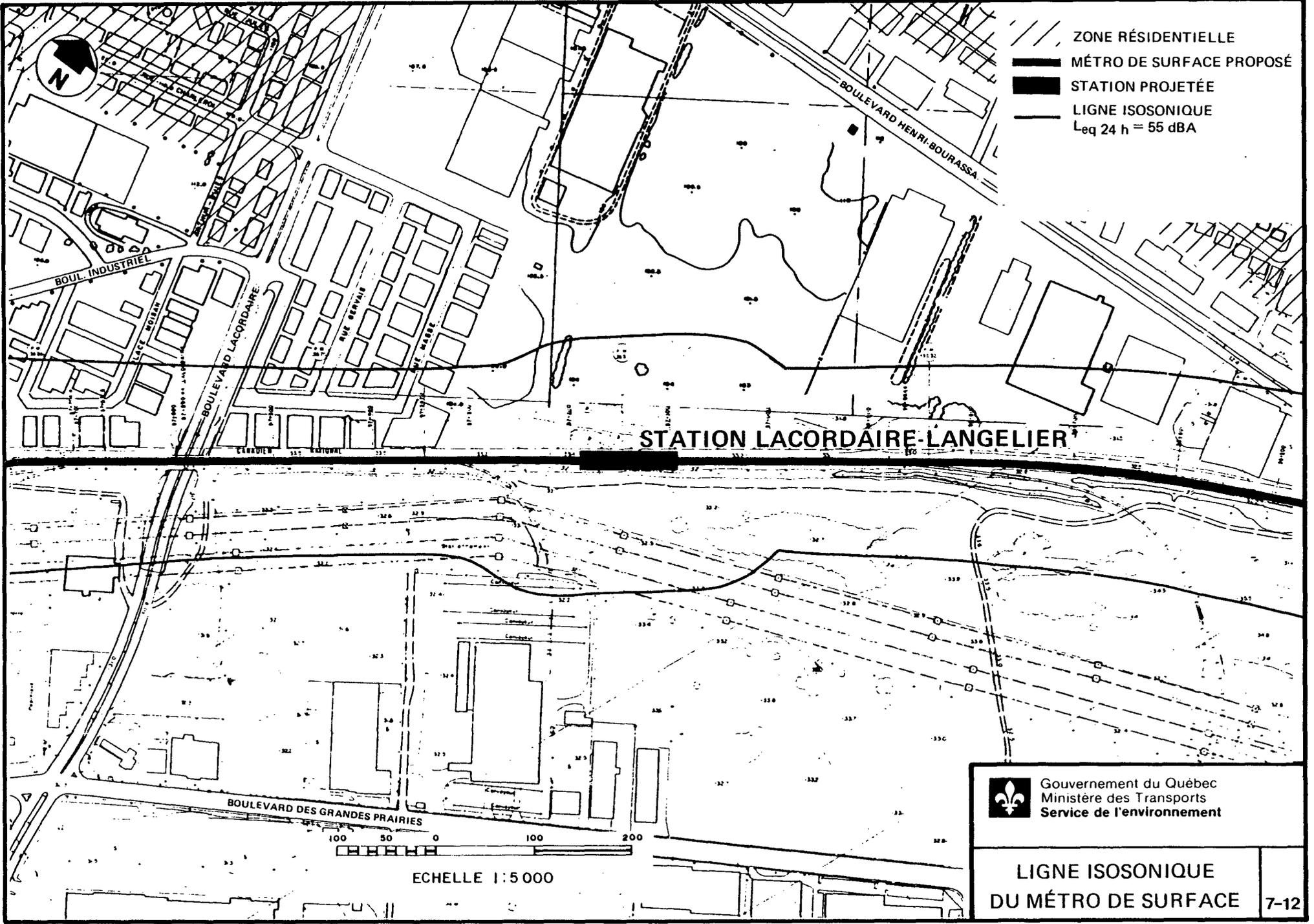





 Gouvernement du Québec  
 Ministère des Transports  
 Service de l'environnement

**LIGNE ISOSONIQUE  
 DU MÉTRO DE SURFACE**

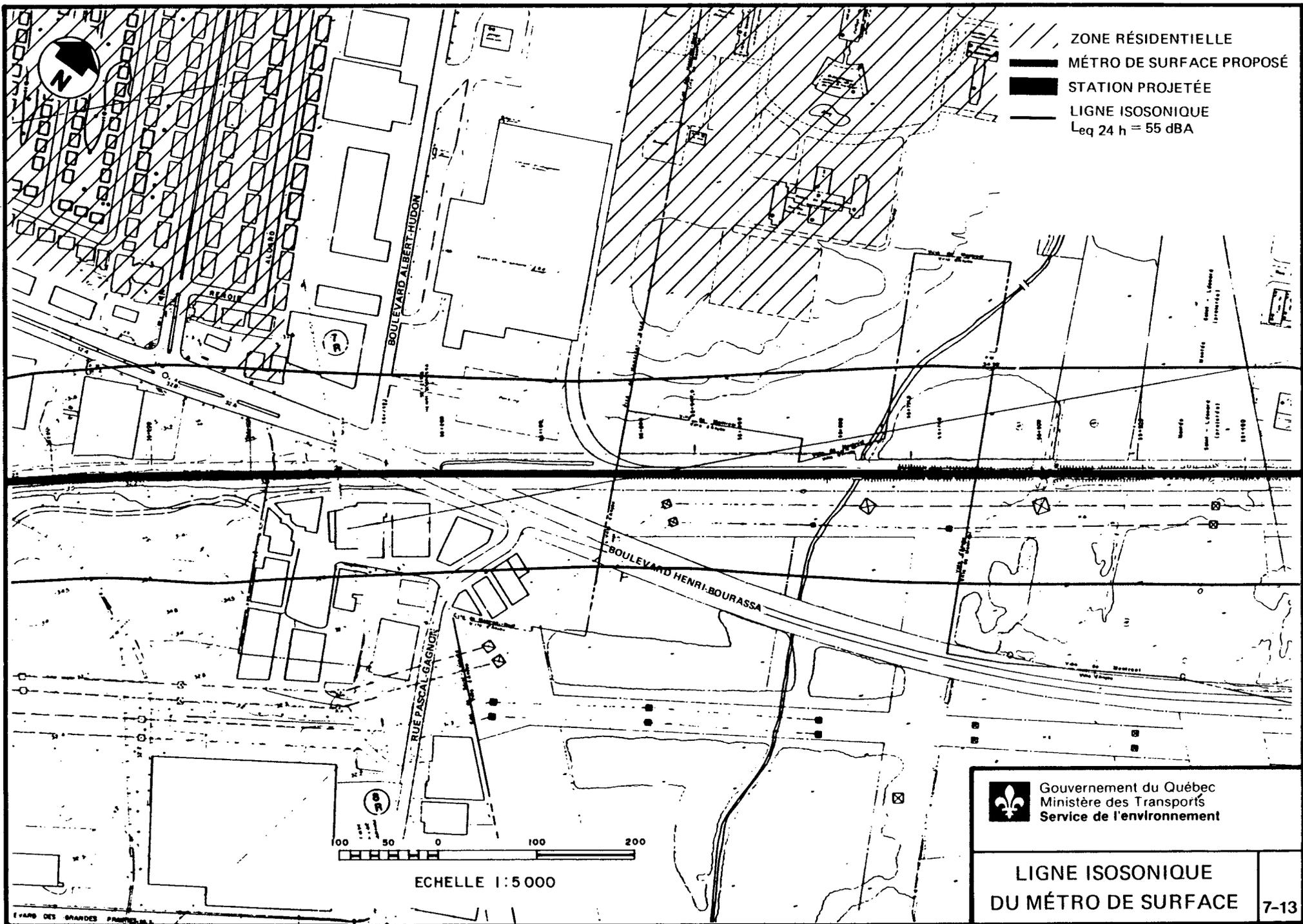
7-11



 Gouvernement du Québec  
Ministère des Transports  
Service de l'environnement

LIGNE ISOSONIQUE  
DU MÉTRO DE SURFACE

7-12

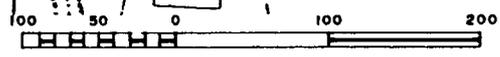


-  ZONE RÉSIDENTIELLE
-  MÉTRO DE SURFACE PROPOSÉ
-  STATION PROJETÉE
-  LIGNE ISOSONIQUE  
Leq 24 h = 55 dBA

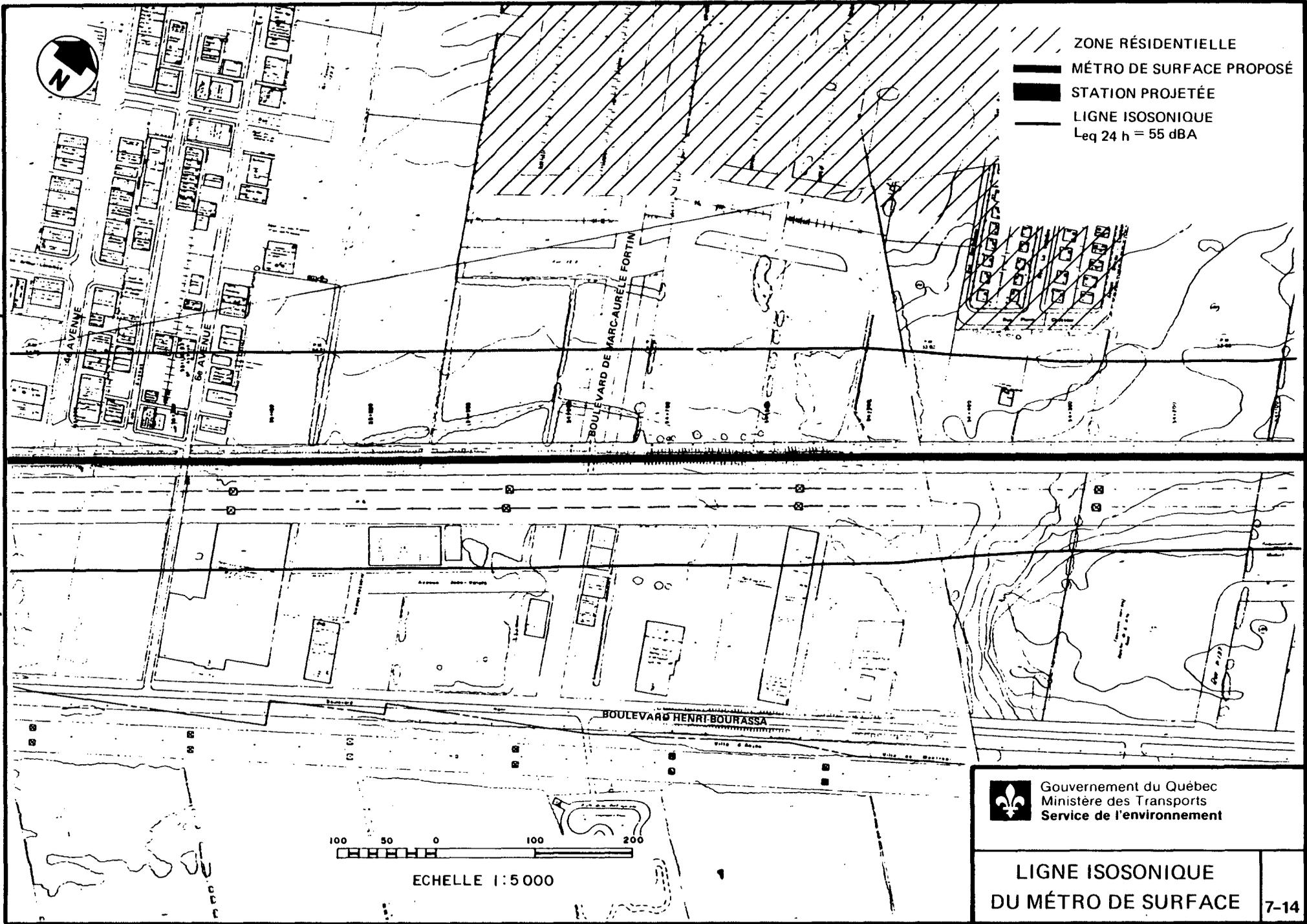

 Gouvernement du Québec  
 Ministère des Transports  
 Service de l'environnement

**LIGNE ISOSONIQUE**  
**DU MÉTRO DE SURFACE**

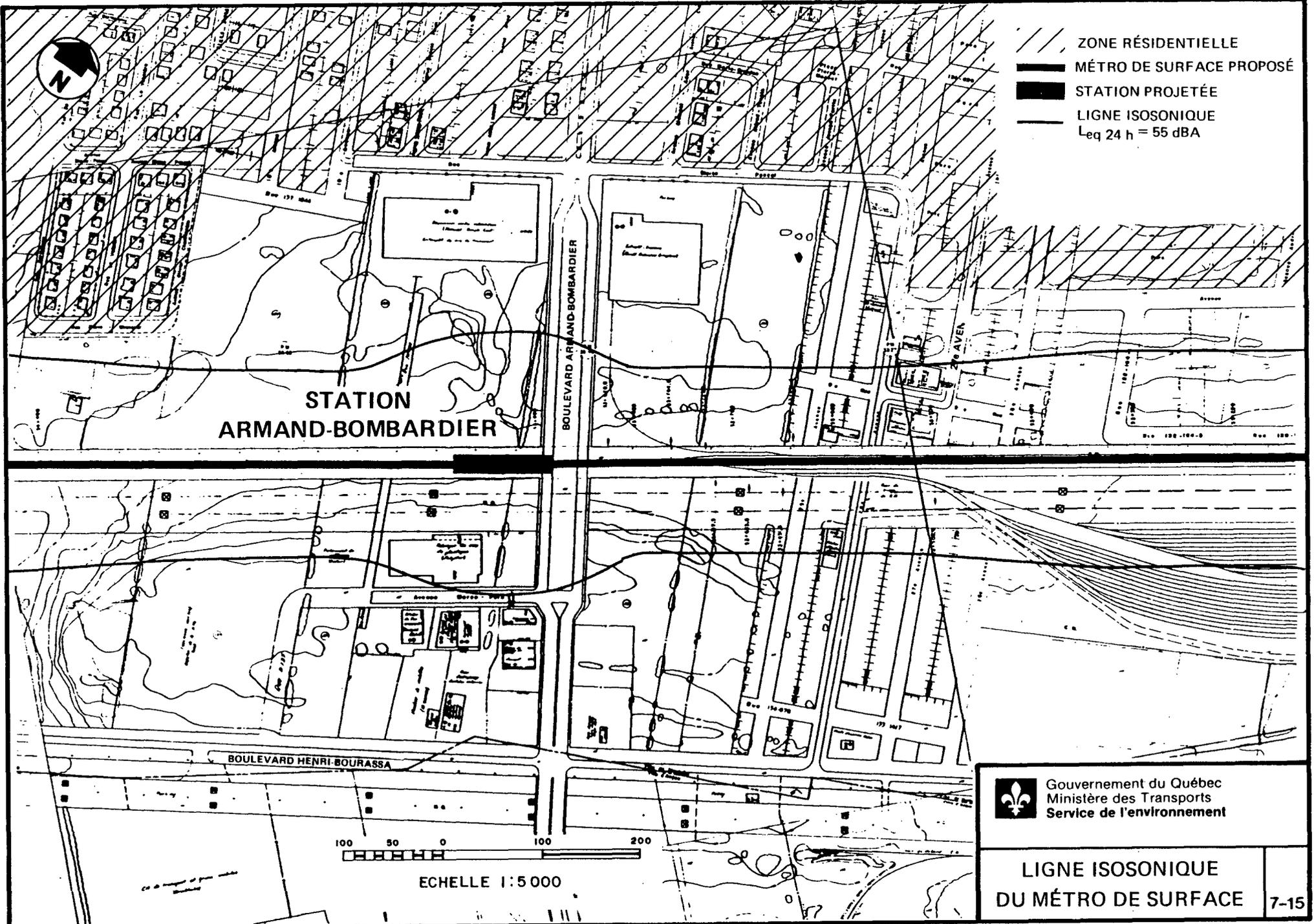
7-13



ECHELLE 1:5 000



 Gouvernement du Québec Ministère des Transports Service de l'environnement	
<b>LIGNE ISOSONIQUE DU MÉTRO DE SURFACE</b>	
7-14	

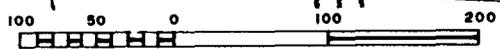


-  ZONE RÉSIDENNELLE
-  MÉTRO DE SURFACE PROPOSÉ
-  STATION PROJETÉE
-  LIGNE ISOSONIQUE
- $L_{eq} 24 h = 55 \text{ dBA}$

**STATION  
ARMAND-BOMBARDIER**

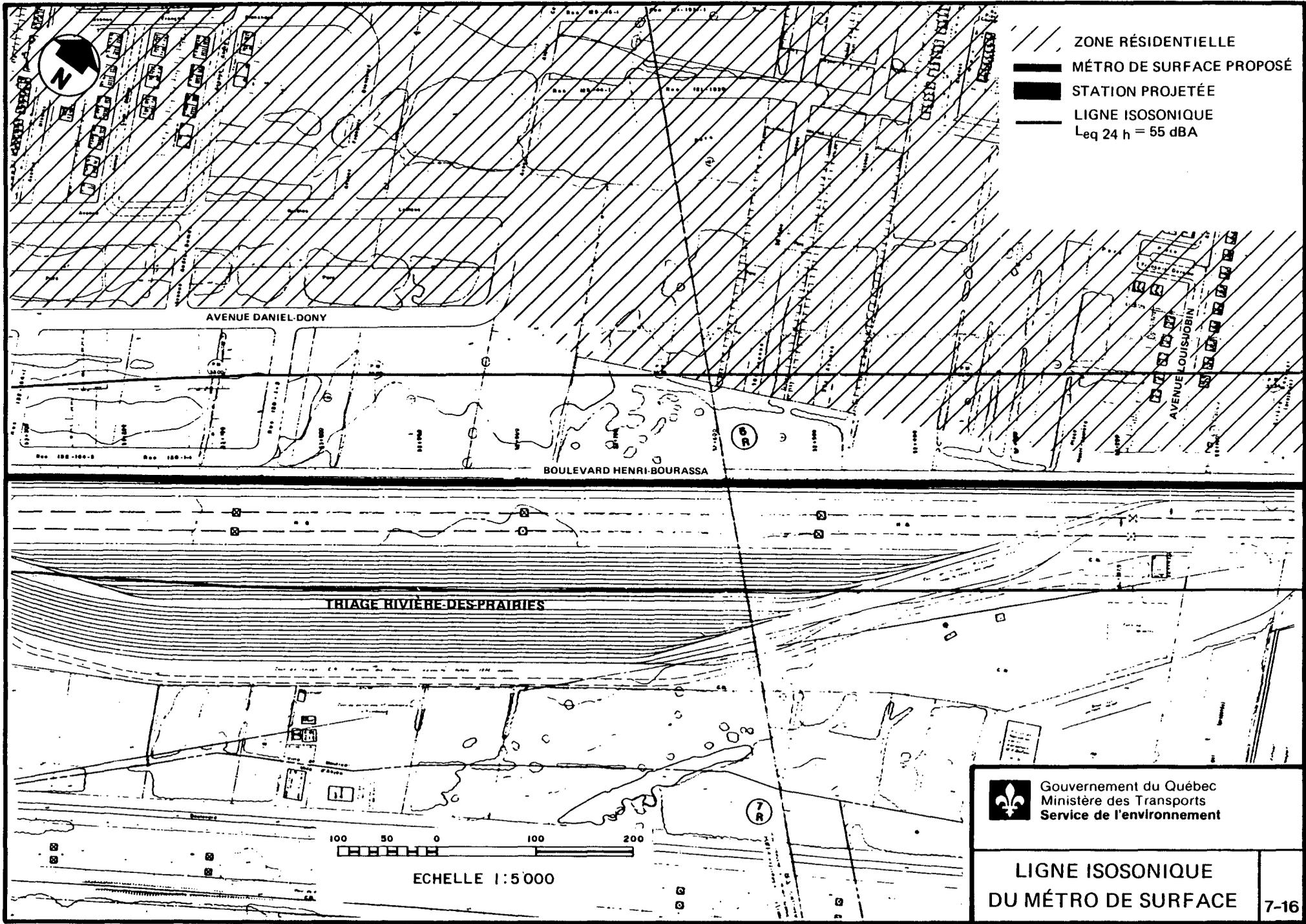
BOULEVARD ARMAND-BOMBARDIER

BOULEVARD HENRI-BOURASSA



ECHELLE 1:5 000

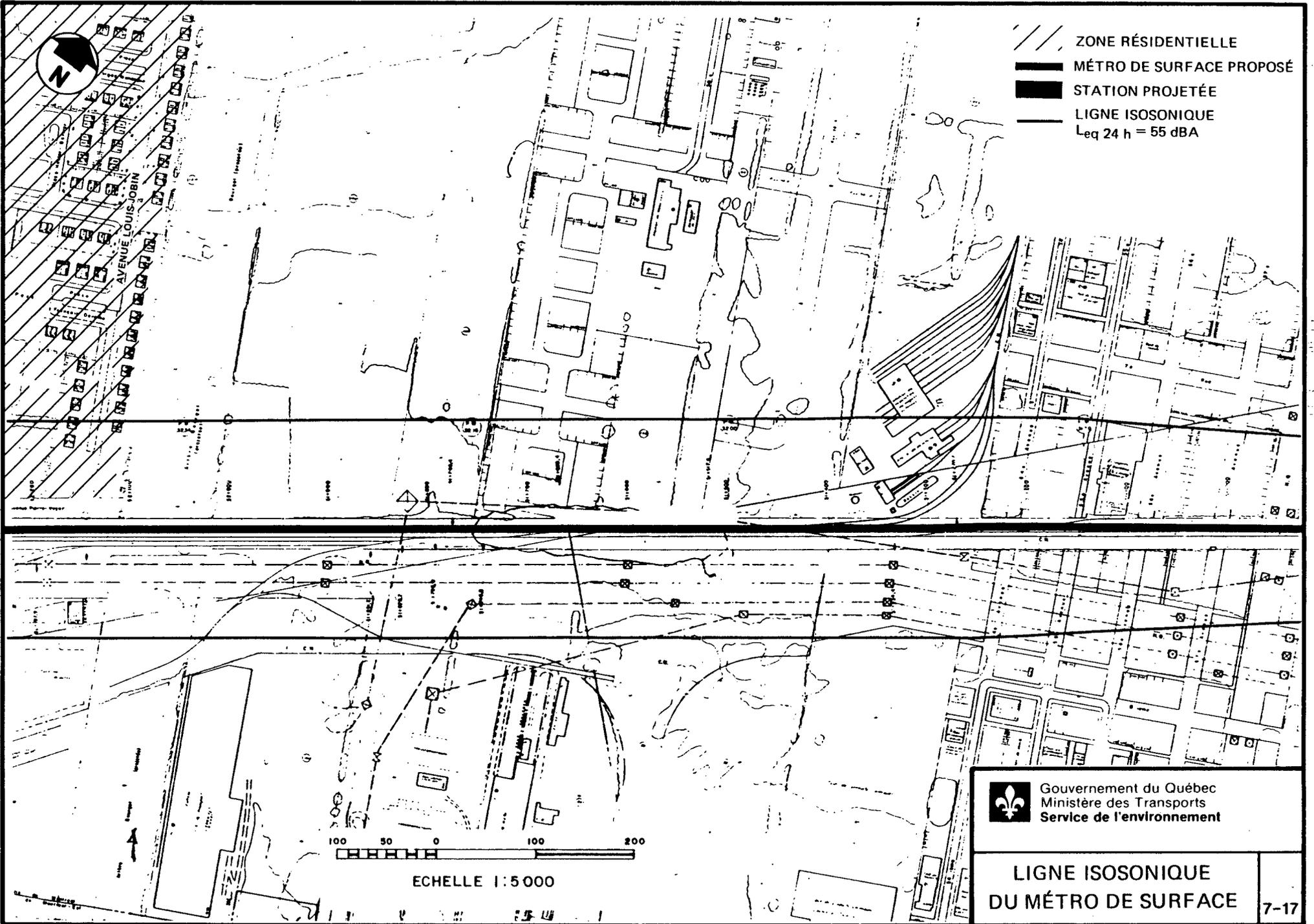
 Gouvernement du Québec Ministère des Transports Service de l'environnement	
<b>LIGNE ISOSONIQUE DU MÉTRO DE SURFACE</b>	<b>7-15</b>




 Gouvernement du Québec  
 Ministère des Transports  
 Service de l'environnement

**LIGNE ISOSONIQUE  
 DU MÉTRO DE SURFACE**

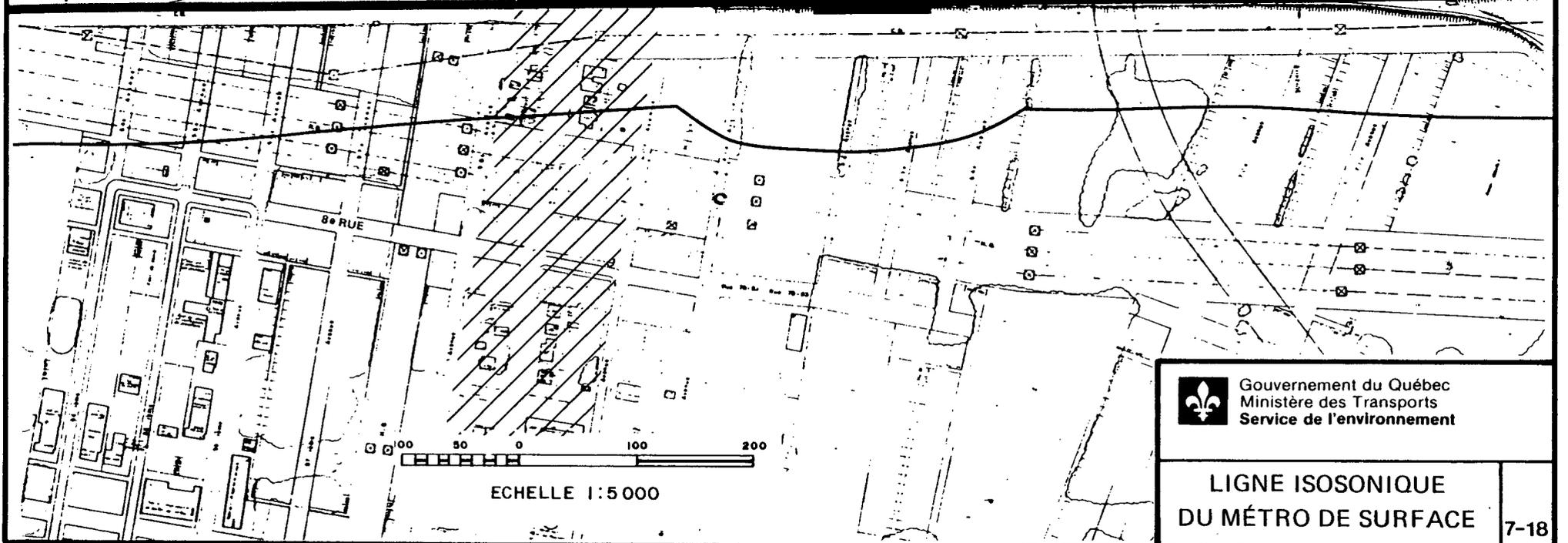
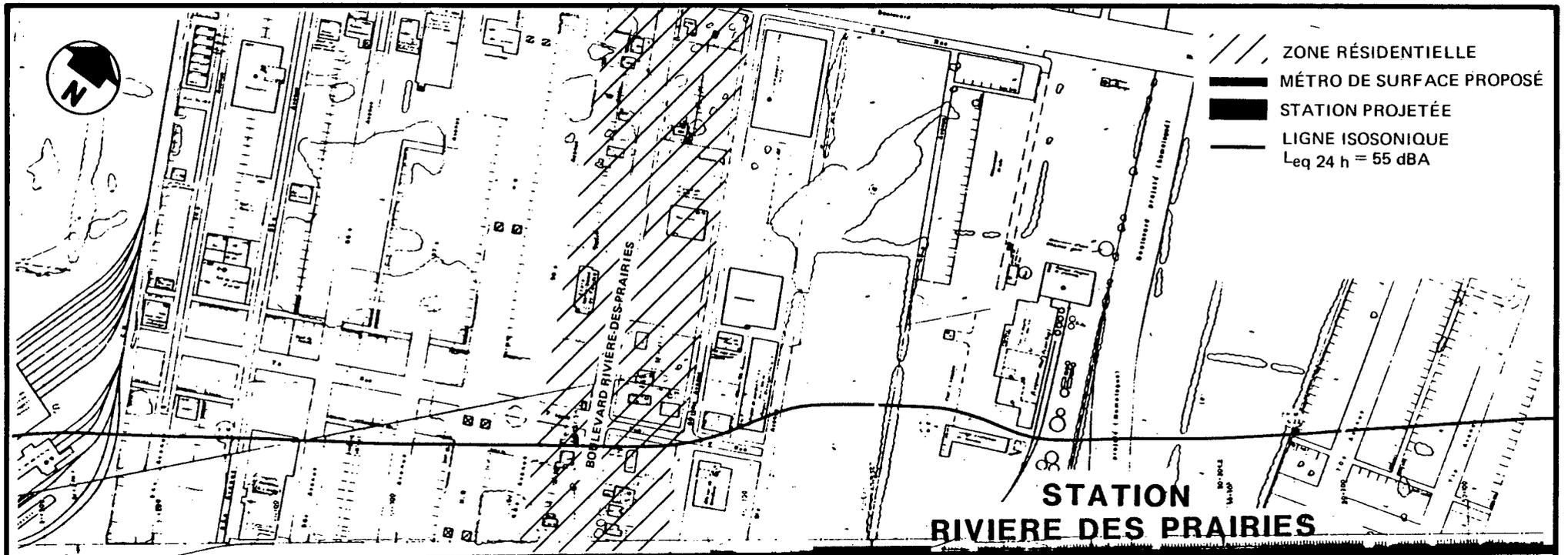
7-16

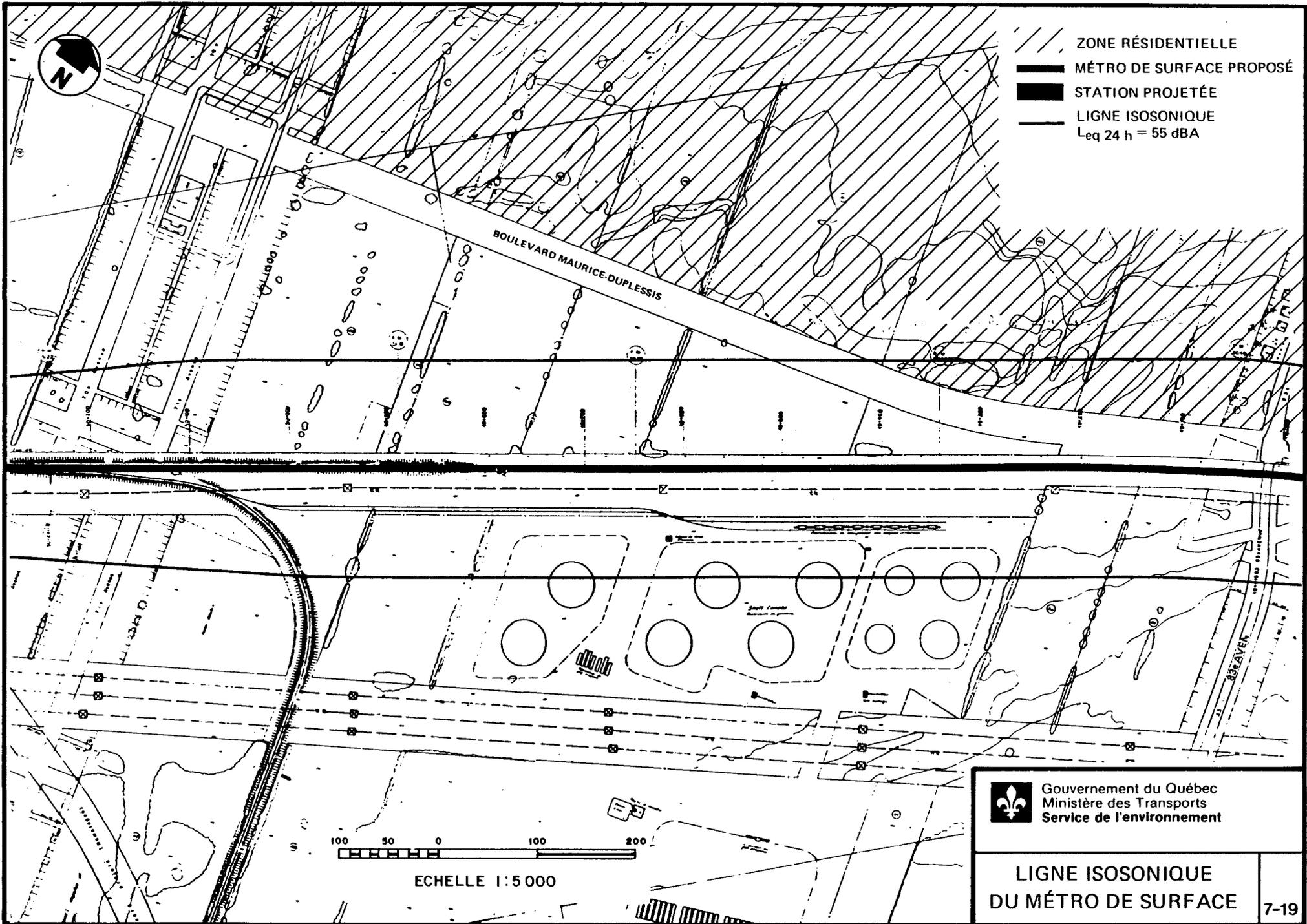


-  ZONE RÉSIDENTIELLE
-  MÉTRO DE SURFACE PROPOSÉ
-  STATION PROJETÉE
-  LIGNE ISOPHONIQUE  
Leq 24 h = 55 dBA


 Gouvernement du Québec  
 Ministère des Transports  
 Service de l'environnement

**LIGNE ISOPHONIQUE  
 DU MÉTRO DE SURFACE**





-  ZONE RÉSIDENTIELLE
-  MÉTRO DE SURFACE PROPOSÉ
-  STATION PROJETÉE
-  LIGNE ISOSONIQUE
- Leq 24 h = 55 dBA

BOULEVARD MAURICE-DUPLESSIS

BOULEVARD

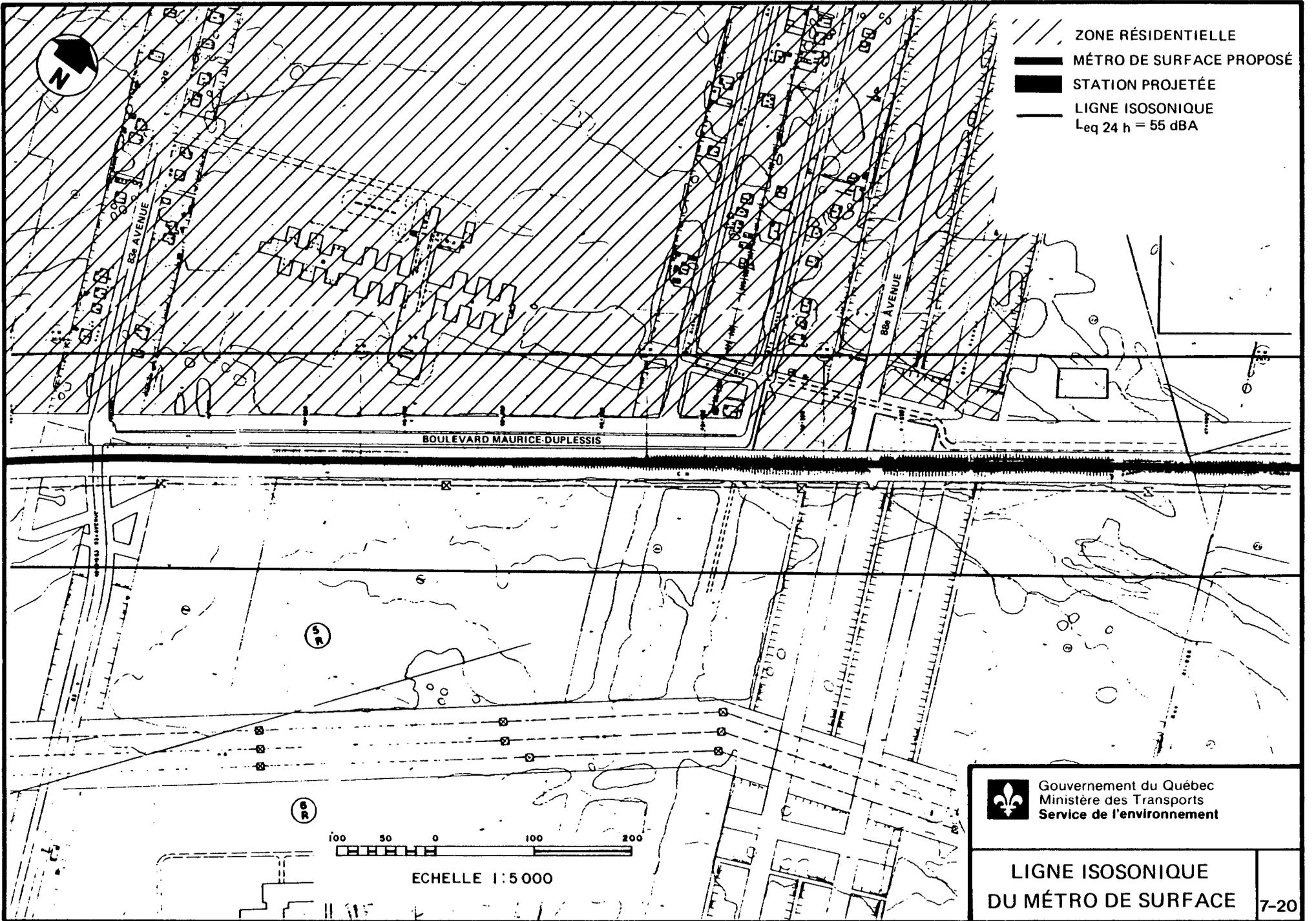


ECHELLE 1:5 000

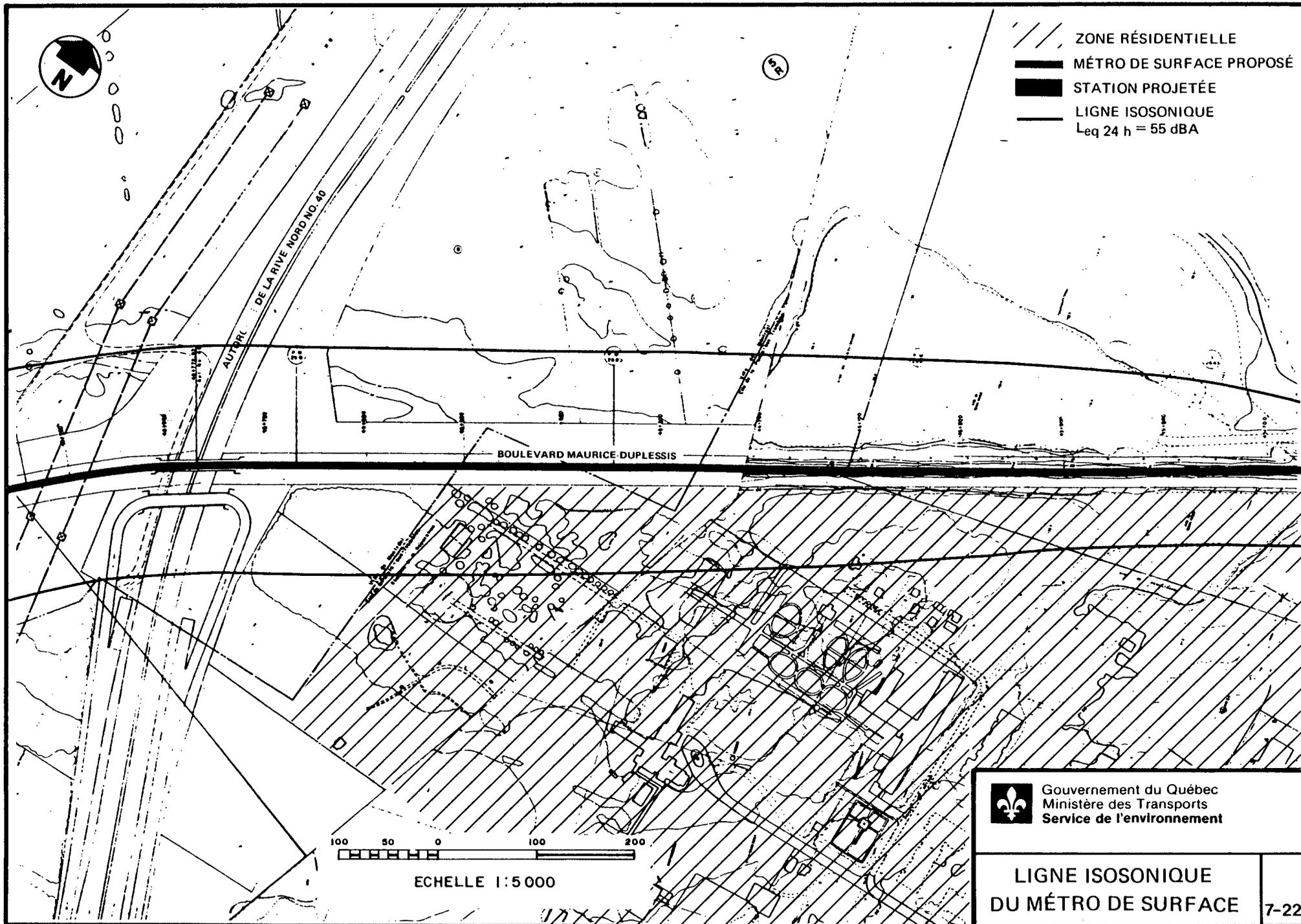
 Gouvernement du Québec  
Ministère des Transports  
Service de l'environnement

LIGNE ISOSONIQUE  
DU MÉTRO DE SURFACE

7-19





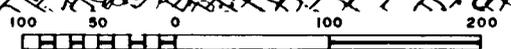
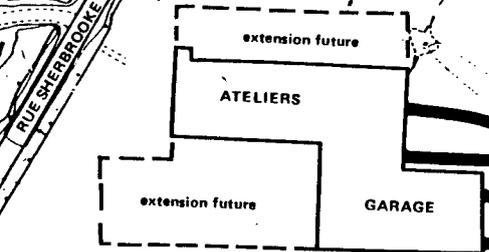


 Gouvernement du Québec Ministère des Transports Service de l'environnement	
<b>LIGNE ISOSONIQUE DU MÉTRO DE SURFACE</b>	
7-22	



-  ZONE RÉSIDENTIELLE
-  MÉTRO DE SURFACE PROPOSÉ
-  STATION PROJETÉE
-  LIGNE ISOSONIQUE  
Leq 24 h = 55 dBA

**STATION  
POINTE AUX TREMBLES**



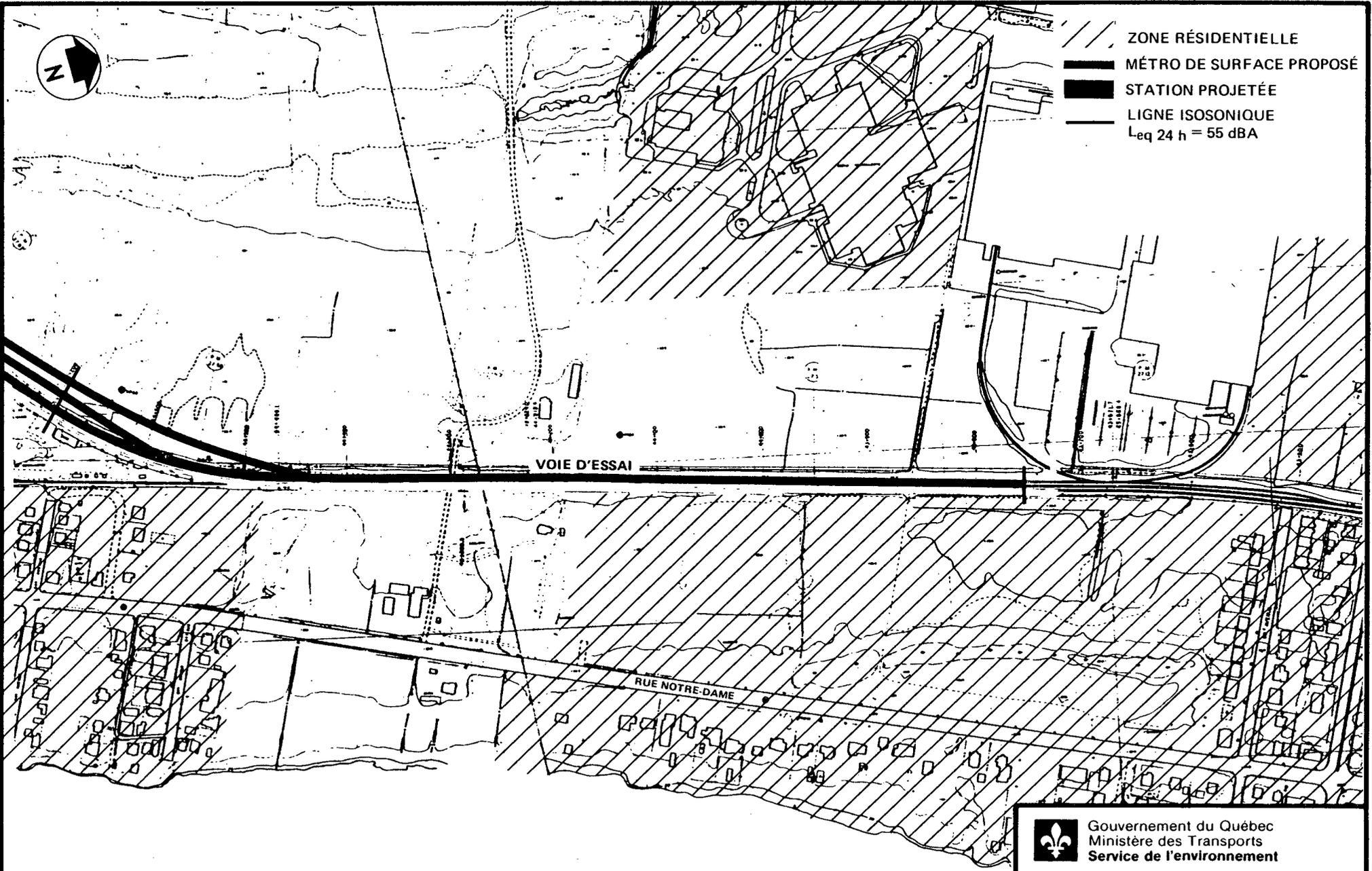
ECHELLE 1:5 000

 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



ECHELLE 1:5 000

 Gouvernement du Québec  
Ministère des Transports  
Service de l'environnement

LIGNE ISOSONIQUE  
DU MÉTRO DE SURFACE

7-24

ANNEXE VIII

---

PROGRAMME D'ENTRETIEN DES ROUES ET DES RAILS

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 IX

---

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

*Jean-Luc Allard, ing.*  
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: «Préliminaires - 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	Un nombre plus élevé de machinerie lourde est possible (à confirmer).
	a) jusqu'au niveau du gel avec plantage de pieux	1 chargeur (3 à 5 v <sup>3</sup> )	
	b) jusqu'au roc	5 à 10 camions à l'heure dont 2 à 3 sur le chantier	
	- 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 <sup>3</sup> 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)

tape 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 <sup>3</sup> ) 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 X

---

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

ANNEXE XI

---

CALCUL DU  $L_{eq24h}$  SANS TRAINS (CALCULE ET ESTIME)

## Annexe 11

11.1 : Calcul théorique du niveau sonore Leq 24 h sans trains

On utilise la méthode de simulation présentée à l'annexe 2 et les caractéristiques des trains, notées au cours des relevés sonores, pour calculer le niveau théorique Leq 24 h sans trains.

Ainsi, on a noté lors du relevé no 1, entre 01:00 et 02:00, les passages suivants:

Type de train	Heure	Nombre de voitures		Vitesse en km/h	Distance c/c observateur et voie
		Locomotive	Wagons		
Marchandise	01:15	1	14	25	80
Marchandise	01:50	3	110	50	80

Le passage de ces deux trains représente un niveau sonore équivalent (durée de 1 heure) de 62,0 dB(A) (soit 50,5 + 61,7).

De façon analogue, on évalue le niveau sonore équivalent horaire, puis journalier pour l'ensemble des passages ferroviaires, et on en déduit le niveau sonore théorique Leq 24 h sans trains.

Dans le cas du relevé sonore no 1, on a:

$$\begin{aligned}
 \text{Leq 24 h sans trains} &= \text{Leq 24 h mesuré} - \text{Leq 24 h trains} \\
 (\text{calculé}) & & & (\text{obtenu par simulation}) \\
 &= 64,5 - 54,9 \\
 &= 64,0 \text{ dB(A)}
 \end{aligned}$$

11.2 : Estimation graphique du niveau sonore Leq 24 h sans trains

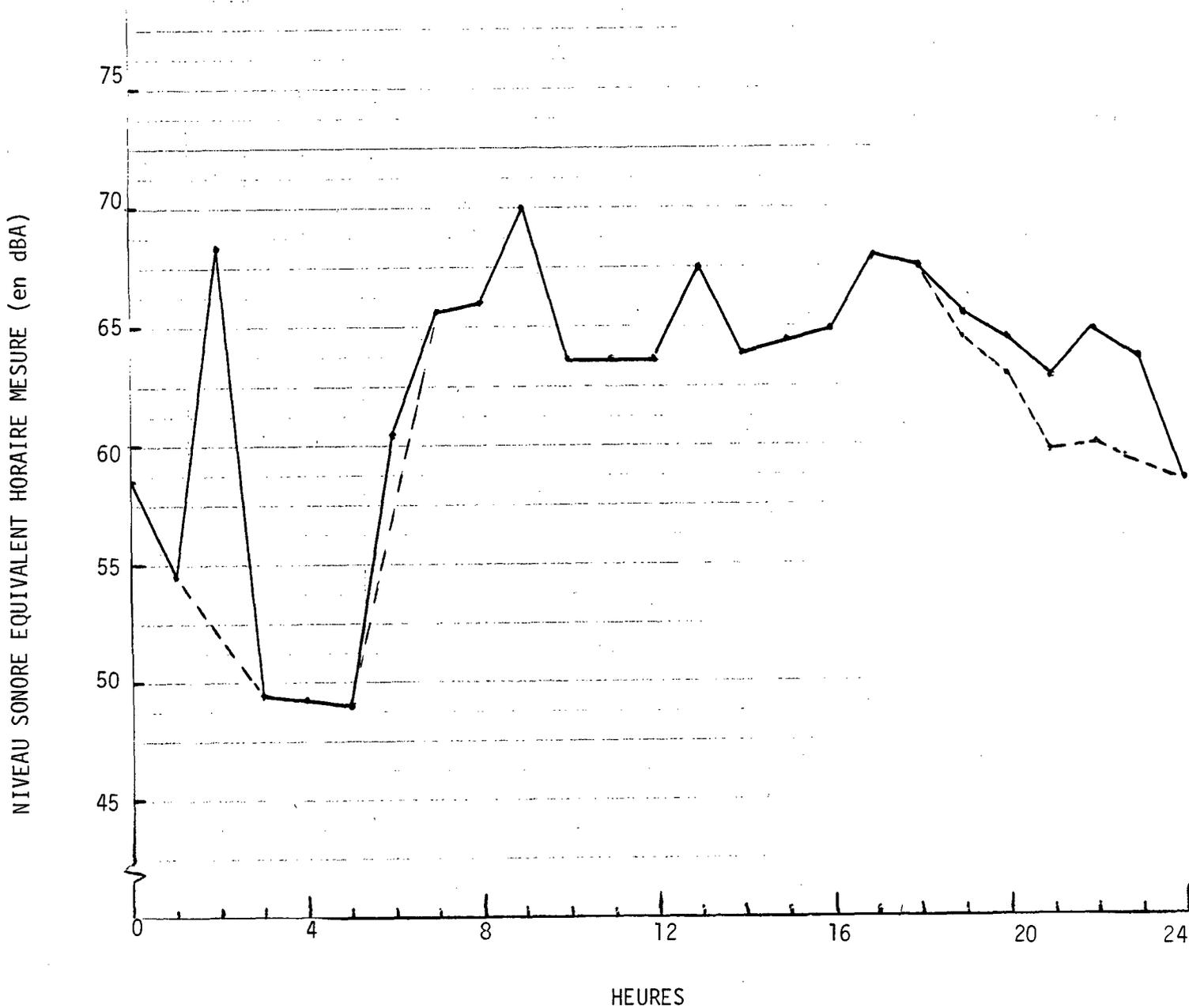
A partir de la représentation graphique des niveaux sonores équivalents mesurés et de l'identification des sources de bruit principales, on peut mettre en évidence la contribution du trafic ferroviaire sur l'ensemble des sources de bruit.

## Annexe 11

Par exemple, la seule source de bruit importante notée entre 01:00 et 03:00 lors du relevé sonore no 1 provenait du passage des trains de marchandises (01:15 et 01:50 h) dont le niveau est élevé, mais de courte durée. De plus, ces observations sont confirmées par la description détaillée des niveaux sonores mesurés. On remarquera au tableau 11.1 que les niveaux  $L_{10}(h)$ ,  $L_{50}(h)$  et  $L_{95}(h)$  baissent graduellement entre 00:00 et 03:00 ce qui indique une atténuation du niveau de bruit mesuré pendant la quasi-totalité de l'échantillonnage; alors que les paramètres  $L_1(h)$  et  $L_{eq}(h)$  augmentent dans l'intervalle où l'on a observé le passage des trains de marchandises (01:00 à 02:00 heures).

Ces facteurs nous permettent de supposer qu'en l'absence du réseau ferroviaire, la pointe de bruit de 02:00 heures serait inexistante.

On retrouve à la figure 11-1 la représentation graphique des niveaux sonores mesurés lors du relevé no 1 et une estimation de ces niveaux sans la contribution des trains de marchandises.



Métro de surface - ligne no 6  
Relevé sonore no 1  
Localisation : 1385, rue St-Louis (près de Ouimet)  
Date : 25 octobre 1982

—— Leq (h) mesuré  
----- Leq (h) sans trains estimé

FIGURE 11.1 : REPRESENTATION GRAPHIQUE DU NIVEAU SONORE EQUIVALENT HORAIRE

TABLEAU 11.1 : DESCRIPTION DETAILLEE DES NIVEAUX SONORES MESURES

Relevé sonore no 1  
 Localisation : 1385, rue St-Louis (près de Ouimet)  
 Date : 25 octobre 1982

PÉRIODE	$L_{eq}$ (h)	$L_1$ (h)	$L_{10}$ (h)	$L_{50}$ (h)	$L_{95}$ (h)
	db (A)	db (A)	db (A)	db (A)	db (A)
0:00 à 1:00	54,5	63,3	55,8	53,0	50,0
1:00 à 2:00	68,4	73,5	54,3	50,3	47,5
2:00 à 3:00	49,5	55,0	51,0	47,0	45,3
3:00 à 4:00	49,3	54,0	50,3	48,3	46,3
4:00 à 5:00	49,0	55,0	52,0	49,0	44,0
5:00 à 6:00	60,7	73,3	61,5	51,0	47,0
6:00 à 7:00	65,7	80,3	68,3	60,5	53,0
7:00 à 8:00	66,0	80,0	66,0	58,0	55,0
8:00 à 9:00	70,0	83,0	68,0	58,3	54,3
9:00 à 10:00	63,7	75,8	64,5	56,0	52,0
10:00 à 11:00	63,7	76,0	64,5	56,8	52,3
11:00 à 12:00	63,7	75,8	64,5	58,0	52,0
12:00 à 13:00	67,5	77,5	65,3	58,3	51,5
13:00 à 14:00	63,9	76,0	68,5	55,5	52,0
14:00 à 15:00	64,4	78,3	64,3	55,5	53,0
15:00 à 16:00	64,8	77,3	65,3	57,5	52,8
16:00 à 17:00	67,9	80,3	69,5	58,0	52,8
17:00 à 18:00	67,5	78,5	64,8	55,0	52,5
18:00 à 19:00	65,5	79,8	63,5	53,5	48,8
19:00 à 20:00	64,7	76,5	66,5	53,3	48,5
20:00 à 21:00	62,8	77,3	63,8	50,0	46,8
21:00 à 22:00	63,9	77,0	65,8	51,8	47,0
22:00 à 23:00	63,7	77,3	63,0	49,0	47,0
23:00 à 24:00	58,4	67,5	62,3	49,0	47,3

**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 Margin 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 aérodrômes. Dec. 8837, Noise (1969), Montréal, OACI, 1967.
- New York, New York city Transit Authority, New York city Transit Authority design Guidelines: New car Engenering, 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 Vehicules.» 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 Vehicule 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 Transportations, 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.

Schultz, T.J. Community Noise Rating, 385 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.

World Health Organization. Environmental Health Criteria #12 Noise.  
Genève 1980, 103 pages.

MINISTÈRE DES TRANSPORTS



QTR A 104 329