STAMINA/OPTIMA

Gouvernement du Québec
Ministère des Transports
Service de l'Environnement

MINISTÈRE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
200, RUE DORCHESTER SUD, 7e
QUÉBEC, (QUÉBEC)
G1K 5Z1

REÇU
CENTRE DE DOCUMENTATION
JAN 27 1992
TRANSPORTS QUÉBEC

ÉTUDE DE POLLUTION SONORE POUR DES INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES EXISTANTES

CANQ
TR
GE
CA
125
1989
Avril

MÉTHODOLOGIE

285541

MINISTÈRE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
200, RUE DORCHESTER SUD, 7e
QUÉBEC, (QUÉBEC)
G1K 5Z1

ÉTUDE DE POLLUTION SONORE POUR DES INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES EXISTANTES

Avril 1989

MÉTHODOLOGIE

CANQ
TR
GÉ
CA
125
1989
Avril

MINISTÈRE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
200, RUE DORCHESTER SUD, 7e
QUÉBEC, (QUÉBEC)
G1K 5Z1

Cette étude a été exécutée par le personnel du Service de l'environnement du ministère des Transports du Québec, sous la responsabilité de monsieur Daniel Waltz, écologiste.

EQUIPE DE TRAVAIL (édition de mai 1986)

Julien-Anne Bourret	techn. eau et assainissement
Guy Canuel	ingénieur
Richard Gaudreau	architecte paysagiste
Son Thu Le	ingénieur
Noëlle Lemos	anthropologue
Danielle Lussier	urbaniste
Jean-Pierre Panet	ingénieur
Michel Turcotte	ingénieur

Sous la supervision de:

Claude Girard	économiste-urbaniste, chef de la Division du contrôle de la pollution et recherche

Graphisme et édition:

Hrant Khandjian	technicien en arts appliqués et graphiques

EQUIPE DE TRAVAIL (édition révisée mai 1989)

Guy Canuel	ingénieur (aspect acoustique)
Denis Stonehouse	architecte paysagiste (aspect visuel)

Graphisme et édition:

Hrant Khandjian	technicien en arts appliqués et graphiques

TABLE DES MATIERES

EQUIPE DE TRAVAIL i

LISTE DE TABLEAUX vi

LISTE DES FIGURES vi

1. INTRODUCTION 1

1.1 PROBLÉMATIQUE 1

1.2 ZONE D'ÉTUDE 2

2 INVENTAIRE DES COMPOSANTES DU MILIEU 3

2.1 INFRASTRUCTURE ROUTIÈRE 3

2.2 MILIEU RÉCEPTEUR 3

3. UNITÉS DE MESURE DE BRUIT 5

4 INVENTAIRE DU CLIMAT SONORE ACTUEL 6

4.1 INSTRUMENTATION 6

4.2 ÉCHANTILLONNAGE (RELEVÉS SONORES) 7

4.3 PÉRIODE 8

4.4 CARTE DE LOCALISATION DES ÉCHANTILLONNAGES 9

4.5 FEUILLES DE ROUTE 9

4.6 COMPTAGE DES VÉHICULES 10

4.7 PÉRIODE D'ÉCHANTILLONNAGE 10

4.8 LOCALISATION DU SONOMÈTRE 10

4.9 AUTRES SPÉCIFICATIONS LORS DE L'ÉCHANTILLONNAGE 11

4.10 CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES 11

4.11 DEMANDE D'AUTORISATION 11

4.12 ANALYSE STATISTIQUE 12

5. LE MODÈLE DE PRÉDICTION 13

5.1 ÉLÉMENTS DU MODÈLE 13

5.1.1 ÉQUATIONS DE BASE 13
5.1.2 DONNÉES DE BASE 15
5.1.3 LIMITATIONS DU MODÈLE 15

5.2 LA SIMULATION 16

5.2.1 MÉTHODES DE CALCUL 16
5.2.2 AVANTAGE DE LA MÉTHODE INFORMATIQUE 18
5.2.3 CALIBRATION DU MODÈLE 18
5.2.4 PRÉCISION DES VALEURS OBTENUES PAR SIMULATION 19

5.3 PRÉSENTATION DES RÉSULTATS (CARTOGRAPHIE) 19

6. ANALYSE DES RÉSULTATS 20

6.1 ÉTABLISSEMENT DU DEGRÉ DE PERTURBATION 20

6.2. DÉLIMITATION SPATIALE DES ZONES DE PERTURBATION 20

6.3 CRITÈRE D'INTERVENTION ACOUSTIQUE 21

7 MESURES CORRECTIVES 22

7.1 TYPES D'INTERVENTION 22

7.2 CRITÈRES DE RÉDUCTION MINIMALE DE LA MESURE CORRECTIVE 22

7.3 SIMULATION (OPTIMA) 23

7.4 ANALYSE DES RÉSULTATS 23

7.5 ESTIMATION DES COÛTS 23

7.6 ANALYSE VISUELLE 24

7.7 PRÉSENTATION DES RÉSULTATS 25

LEXIQUE 26

ANNEXES:

Annexe 1: Méthode manuelle: abaque

Annexe 2: Analyse statistique du bruit (courbe de pourcentage de distribution cumulative)

Annexe 3: Données cartographiques

Annexe 4: Méthode de calcul des alpha (α)

Annexe 5: Méthodologie: analyse visuelle

Annexe 6: Méthode pour réflexion

Annexe 7: Présentation et impression des rapports

Annexe 8: Feuilles de route

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Relation entre le niveau sonore et le degré de perturbation 20

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Courbe d'émission de référence 14

Figure 2: Hauteur d'émission des différentes sources de bruit 17

1

INTRODUCTION

1. INTRODUCTION

Le ministère des Transports s'est engagé depuis quelques années à contrôler la pollution acoustique générée par l'utilisation de ses infrastructures routières existantes. Il a d'ailleurs répondu à de nombreuses plaintes provenant des populations riveraines aux infrasturctures routières.

Ce document méthodologique vise à:

- fournir tous les éléments pertinents en vue d'évaluer le climat sonore d'un secteur problématique;
- définir le degré de perturbation d'un secteur;
- et déterminer les éléments de correction pour améliorer la qualité sonore d'un secteur.

Il s'adresse à tous les spécialistes appelés à collaborer à une étude de pollution sonore et comprend les éléments méthodologiques suivants:

- inventaire du climat sonore actuel et du milieu récepteur;
- description du modèle de simulation;
- analyse des résultats;
- proposition de mesures correctives.

1.1 PROBLÉMATIQUE

Dans cette section, le mandataire expliquera les raisons qui ont conduit à la production d'une étude de pollution sonore (plaintes de citoyens, demande municipale, autres raisons), de même que les objectifs visés par cette étude.

1.2 ZONE D'ÉTUDE

Règle générale, pour les études sonores portant sur des infrastructures routières existantes, une distance maximale de 300 mètres de l'infrastructure routière (limite de l'emprise) sera considérée comme zone à l'étude.

Pour les cas présentant une situation complexe, le ministère des Transports établira les limites appropriées.

La zone d'étude sera présentée sur une carte de la région (format 8½ X 11) afin de la situer géographiquement par rapport à des sites de référence connus.

MINISTÈRE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
200, RUE DORCHESTER SUD, 7e
QUÉBEC, (QUÉBEC)
G1K 5Z1

INVENTAIRE DES COMPOSANTES DU MILLIEU

2. INVENTAIRE DES COMPOSANTES DU MILIEU

Cette section vise à dresser le profil des principales composantes du milieu, particulièrement en ce qui a trait à l'infrastructure routière faisant l'objet de l'étude de pollution sonore et au milieu environnant.

2.1 INFRASTRUCTURE ROUTIERE

A l'intérieur de la zone d'étude, les caractéristiques de l'infrastructure routière à étudier, seront définies:

- la profilométrie de la route;
- la vitesse affichée;
- les débits de circulation (débit jour moyen été);
- les structures (viaduc, échangeur, bretelles d'accès ou de sortie);
- le type de revêtement et son état.

2.2 MILIEU RECEPTEUR

A l'intérieur de la zone d'étude, les éléments démographiques et d'aménagement du territoire suivants seront recensés:

- identifier tous les types d'utilisation du sol actuels, en les cartographiant et en spécifiant sur la carte, la densité de la fonction résidentielle: unifamiliale, bifamiliale, multifamiliale et le nombre de logements à l'intérieur de chaque bâtiment résidentiel;

- identifier les générateurs possibles de bruit: industries, autres activités (ex.: chemin de fer);

- inventorier les autres infrastructures routières provinciales et municipales (débits, vitesse, caractéristiques géométriques);

- déterminer le nombre de personnes résidant dans la zone d'étude;

- analyser le plan d'urbanisme et de zonage, en vue de connaître les tendances de développement de ce territoire dans la municipalité;

- analyser la densité du milieu: nombre de bâtiments résidentiels, commerciaux, industriels, institutionnels,etc.

3

UNITÉS DE MESURE DE BRUIT

3. UNITES DE MESURE DE BRUIT

- Unité de mesure: le décibel avec pondération "A" sera utilisé. Cette unité est abrégée dB(A).

- Indicateur du niveau de bruit routier: le ministère des Transports utilise comme indicateur le niveau équivalent sur 24 heures, c'est-à-dire, Leq (24 h).

4

INVENTAIRE DU CLIMAT SONORE ACTUEL

4. INVENTAIRE DU CLIMAT SONORE ACTUEL

Le contenu de cette section a été inspiré d'éléments provenant du rapport "Sound Procedures for measuring Highway noise: Final Report", FHWA-DP-45-1R, Demonstration Projects Program, August 1981[1].

Ce rapport peut être consulté par le mandataire pour obtenir des informations complémentaires.

4.1 INSTRUMENTATION

Les instruments utilisés pour effectuer tous les échantillonnages sonores devront être des sonomètres intégrateurs qui respectent les caractéristiques des sonomètres de classe 1 ou 0 décrites dans la norme 4635-020 (1981-07-02) du Bureau de la normalisation du Québec, intitulée "Sonomètres - Classification et définition des caractéristiques de leurs classes".

La liste complète, des appareils utilisés pour faire des échantillonnages sonores doit être indiquée sur la feuille de route #1 (voir annexe 8), dont en particulier:

- la marque, le modèle et le numéro de série du sonomètre;
- la marque, le modèle et le numéro de série du microphone;

---

(1) En particulier les sections 2.1 à 2.4 et 3.1 à 3.5 inclusivement.

- la marque, le modèle et le numéro de série de l'étalon sonore;

- les câbles d'extension et les dispositifs additionnels nécessaires.

Un écran brise-vent, prévu à cet effet par le fabricant, doit être sur le microphone en tout temps lorsque le sonomètre fonctionne en plein-air.

La vérification de l'étalonnage du sonomètre, dont le moyen est fourni par le fabricant, doit être faite au début et à la fin de chaque période d'échantillonnage avec le même étalon sonore. Les résultats de la vérification doivent être reportés par écrit sur la feuille de route jointe, avec les initiales de l'opérateur. Si l'étalonnage diffère de plus de 0,5 dB(A), ou selon les normes du fabricant, entre le début et la fin de la période de mesure, il est nécessaire de reprendre le relevé sonore.

4.2 ECHANTILLONNAGE (RELEVES SONORES)

Pour déterminer la quantité de relevés sonores à effectuer, le mandataire doit séparer la zone d'étude en sections homogènes. Les critères qui permettent de déterminer ces sections homogènes sont:

- topographie du milieu récepteur relativement semblable;

- densité d'occupation du milieu récepteur (faible, moyenne, forte);

- organisation spatiale de réseau routier municipal (rue parallèle ou perpendiculaire à l'autoroute);

- type d'occupation du sol (résidences, commerces, industries, parc, etc.);

- profilométrie de la route;

- section de route où il existe des structures (viaduc, échangeur), des bretelles d'accès ou de sortie, des zones d'arrêts et de départs;

- section de route ayant un débit de circulation constant.

Ayant déterminé la quantité de sections dans la zone d'étude, un plan de coupe acoustique représentatif de chacune des sections* est défini. Pour chacun des plans de coupe, les étapes suivantes doivent être faites:

1. effectuer un relevé continu de 24 heures à la première rangée de maisons attenantes à l'infrastructure routière pour la section homogène la plus représentative de la zone d'étude, c'est-à-dire la section où les résidences sont les plus rapprochées de la limite de l'emprise;

2. pour toutes les autres sections homogènes, effectuer des relevés d'une heure, à la 1ère rangée de maisons;

3. de plus, effectuer des relevés de 15 minutes sur le plan de coupe acoustique déterminé précédemment, de façon à représenter la propagation du bruit dans la section. La position de ces relevés est déterminée par l'organisation spatiale de chaque section. Il est convenu qu'un relevé de 15 minutes est représentatif de l'heure.

La position des relevés sonores doit faire l'objet d'approbation par le Ministère.

4.3 PERIODE

Pour les relevés d'une heure et de 15 minutes, la période d'échantillonnage doit se situer entre 9:00 heures et 15:00 heures.

---

* Un plan de coupe acoustique est toujours situé au centre d'une section homogène.

4.4 CARTE DE LOCALISATION DES ECHANTILLONNAGES

La localisation des points d'échantillonnage sera montrée sur une carte. A cette fin, on se servira du même fond de carte qui est utilisé pour établir les cartes de climat sonore (voir section 5.3).

Les points d'échantillonnage seront numérotés et la durée du relevé sera indiqué.

Pour la composition de la cartouche, se référer à l'annexe 3.

4.5 FEUILLES DE ROUTE

Des feuilles de route doivent être complétées par l'opérateur du sonomètre lors de chaque relevé sonore. Ces feuilles servent à réunir les données d'inventaire. La première feuille (voir annexe 8) sert à l'identification du site de relevé par ses coordonnées et par un croquis effectué dans le plan vertical et horizontal. Elle sert aussi à noter: le type de sonomètre utilisé, la vérification de l'étalonnage, les types de pondération utilisée, la vérification des piles et les données météorologiques.

La deuxième feuille de route sert à compiler les niveaux sonores statistiques et le niveau équivalent pour chaque heure mesurée. La troisième feuille de route sert à compiler le comptage des véhicules effectué entre 10 et 11 heures et à noter les commentaires sur les bruits inhabituels ou étrangers au bruit de fond.

Une cinquième feuille de route sera nécessaire si le sonomètre n'est pas en mesure de fournir les niveaux sonores statistiques. Cette dernière sert à compiler le nombre d'événements en fonction des classes du Leq mesuré à toutes les 5 secondes pendant 15 minutes (voir section 4.12).

Toutes les feuilles de route dûment remplies par l'opérateur, pour chaque relevé sonore effectué, devront être transmises au Service avec le rapport d'étape.

4.6 COMPTAGE DES VEHICULES

Un comptage avec classification complète d'une heure devra être fait lors de chaque relevé sonore continu de 24 heures. Le comptage devra s'effectuer entre 10 et 11 heures et ne concerne que les véhicules circulant sur l'infrastructure routière faisant l'objet de l'étude.

Les résultats des comptages devront apparaître sur la feuille de route prévue à cette fin (voir annexe 8), et transmise au Service avec le rapport d'étape.

4.7 PERIODE D'ECHANTILLONNAGE

Les relevés seront effectués du lundi au vendredi inclusivement à moins d'indications contraires.

4.8 LOCALISATION DU SONOMETRE

Le sonomètre doit toujours être placé à l'extérieur des limites d'emprise de l'infrastructure routière à l'étude et/ou toujours à plus de 15 mètres du centre linéaire de la chaussée la plus proche du site d'échantillonnage. De façon générale, le sonomètre est placé au milieu de la cour arrière ou avant d'une résidence ne possédant pas d'appareil générant de bruit audible (ex.: filtre pour piscine, pompe à chaleur, climatiseur, etc.).

4.9 AUTRES SPECIFICATIONS LORS DE L'ECHANTILLONNAGE

Lors des relevés sonores, le microphone du sonomètre devra être situé à 1,5 mètres du sol et à au moins 3,5 mètres, lorsque possible, des murs, bâtiments et toute autre surface réfléchissant les sons.

L'opérateur devra être situé à au moins une longueur de bras du microphone. Pas plus d'une personne autre que l'opérateur ne doit être dans un rayon de moins de 7 mètres du microphone et celle-ci devra se tenir derrière l'opérateur du sonomètre.

Occasionnellement les relevés peuvent être effectués à des hauteurs supérieures à 1,5 m et à moins de 3,5 mètres des murs. Si le cas se présente, prendre note de la situation, fournir par écrit les conditions dans lesquelles ces relevés sonores ont été effectués et prendre ces conditions en considération ultérieurement dans l'étude.

4.10 CONDITIONS METEOROLOGIQUES

Les relevés sonores ne doivent pas être effectués par temps de pluie ou de neige accumulée au sol. La chaussée doit être sèche et les vents ne doivent pas dépasser 20 km/h. La température doit être entre -10°C et 50°C, et l'humidité relative doit se situé entre 5% et 90%.

4.11 DEMANDE D'AUTORISATION

Lorsque des relevés sonores sont effectués sur des propriétés privées, le ministère des Transports et ses représentants obtiendront la permission des propriétaires. Une lettre d'introduction est prévue à cet effet.

4.12 ANALYSE STATISTIQUE

Les niveaux statistiques (L_1, L_{10}, L_{50}, L_{90}, L_{99}) pour une période de temps de mesure peuvent être déduits par deux façons, soient:

- par la courbe pourcentage de distribution cumulative des niveaux instantanés*;
- par l'intégration à l'aide d'une loi normale lorsque la circulation est intense et régulière (VD/S > 1050, V en véh./h, D en m et S en km)

$$L_{50} = \frac{\sum_{i=1}^{N} f_i L_i}{N}$$

f_i = fréquence** dans la classe i
L_i = niveau moyen dans la classe i
N = nombre total d'échantillons
$L_1 = L_{50} + 2.33\sigma$
$L_{10} = L_{50} + 1.28\sigma$
$L_{90} = L_{50} - 1.28\sigma$
$L_{99} = L_{50} - 2.33\sigma$

où $$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N} f_i (L_i - L_{50})^2}{N}$$

---

* Les niveaux instantanés doivent être notés à toutes les cinq secondes ou au maximum à toutes les dix secondes. Il est à noter que plus le nombre d'échantillons est grand, plus les niveaux statistiques sont représentatifs. Ces mesures doivent être reportées sur la feuille de route jointe, et doivent être remises au ministère des Transports du Québec (voir annexe 2, pour exemple).

** Nombre d'événements

MINISTÈRE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
200, RUE DORCHESTER SUD, 7e
QUÉBEC, (QUÉBEC)
G1K 5Z1

LE MODÈLE DE PRÉDICTION

5. LE MODELE DE PREDICTION

Le ministère des Transports du Québec recommande fortement l'utilisation du modèle de prédiction Stamina 2.0/Optima dans le cadre d'étude de pollution sonore. Cependant tout autre modèle peut être utilisé s'il respecte les deux conditions suivantes:

1. il doit être consistant (c'est-à-dire qu'il ne présente pas de contradiction) avec la méthode de calcul présentée dans le document "FHWA, Highway Traffic Noise Prediction Model", rapport no FHWA-RD-77-108;

2. il doit utiliser une des deux émissions de référence de bruit, soit:

   - la courbe d'émission de référence illustrée à la figure 1 ou;

   - toute autre courbe déterminée par la méthode présentée dans le manuel "Procedure for Measuring Highway Noise: Final Report", DP-45-1R.

5.1 ELEMENTS DU MODELE

5.1.1 EQUATIONS DE BASE

Les équations de base qui régissent le modèle de prédiction de bruit routier sont tirées du document FHWA-RD-77-108 "FHWA Highway Traffic Noise Prediction Model" du Federal Highway Administration des Etats-Unis.

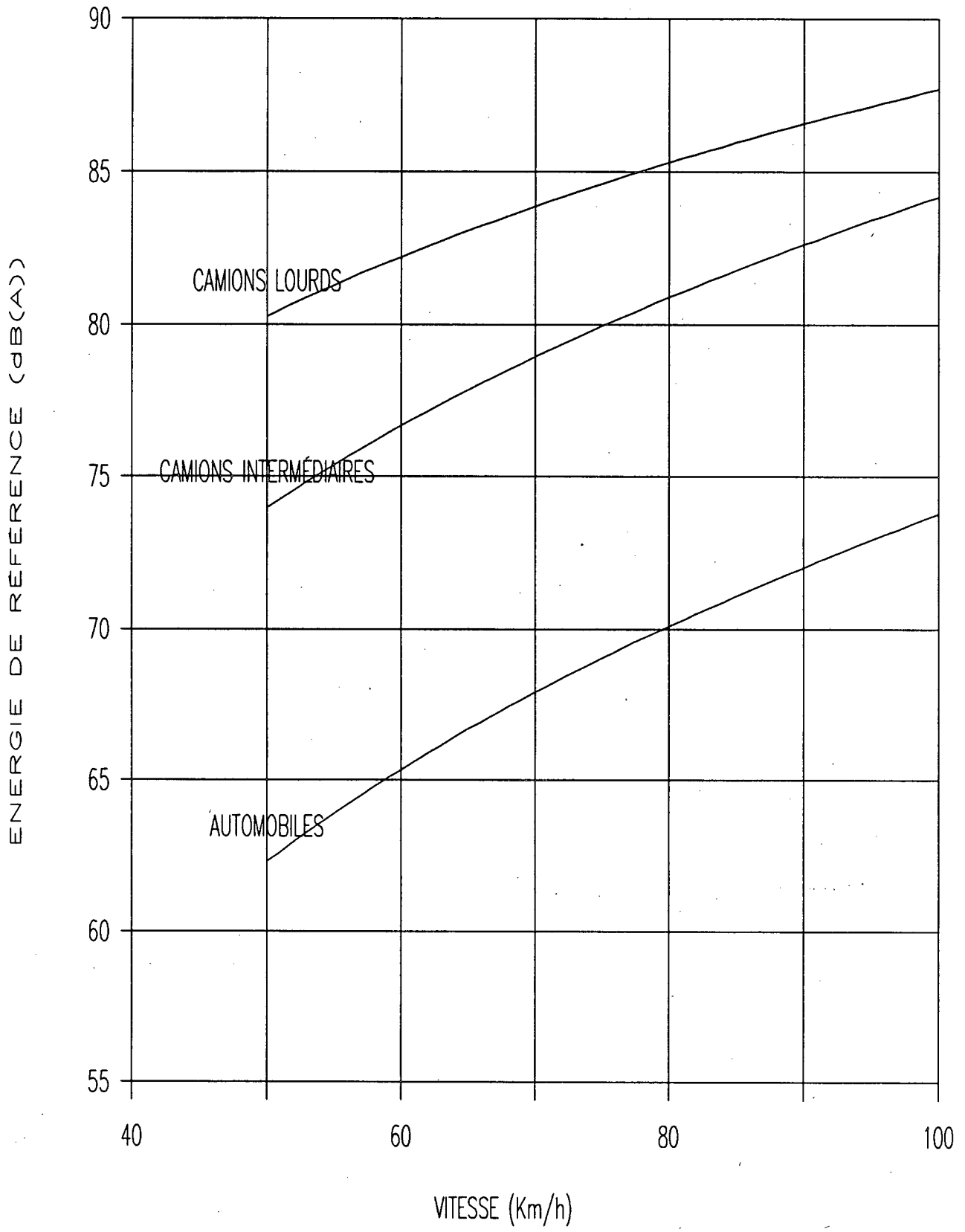


FIGURE 1: COURBE D'ÉMISSION DE RÉFÉRENCE

Ces équations tiennent compte de plusieurs facteurs pouvant influencer la propagation du bruit. Ces facteurs sont:

- niveau énergétique moyen de référence (calculé à partir d'experiences faites dans 4 Etats américains) pour chaque classe de véhicules (automobiles, camions intermédiaires, camions lourds);
- écoulement libre de la circulation;
- propagation du bruit en fonction de la distance "source-récepteur" et du type de sol;
- longueur des segments de routes;
- atténuation par des obstacles (édifices, maisons, boisé dense, etc.).

5.1.2 DONNEES DE BASE

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

- volume de circulation par classe de véhicules (automobiles, camions intermédiaires et camions lourds);
- vitesse affichée;
- localisation de la route, des barrières naturelles ou artificielles et des récepteurs;
- type de sol (absorbant, réfléchissant);
- atténuation supplémentaire due aux rangées de maisons, boisés, etc.

5.1.3 LIMITATIONS DU MODELE

Il faut noter cependant que le modèle a des limites. Ainsi:

- il ne représente que l'écoulement libre de la circulation;

- il ne fonctionne que pour des vitesses de 50 à 100 km/h;
- il n'inclut pas d'effet de sol pour les niveaux énergétiques moyens de référence;
- il ne respecte que les distances de simulation suivantes (récepteur versus émetteur):

  - automobiles et camions intermédiaires D $\geq$ 7,5 m;

  - camions lourds D $\geq$ 15 m;

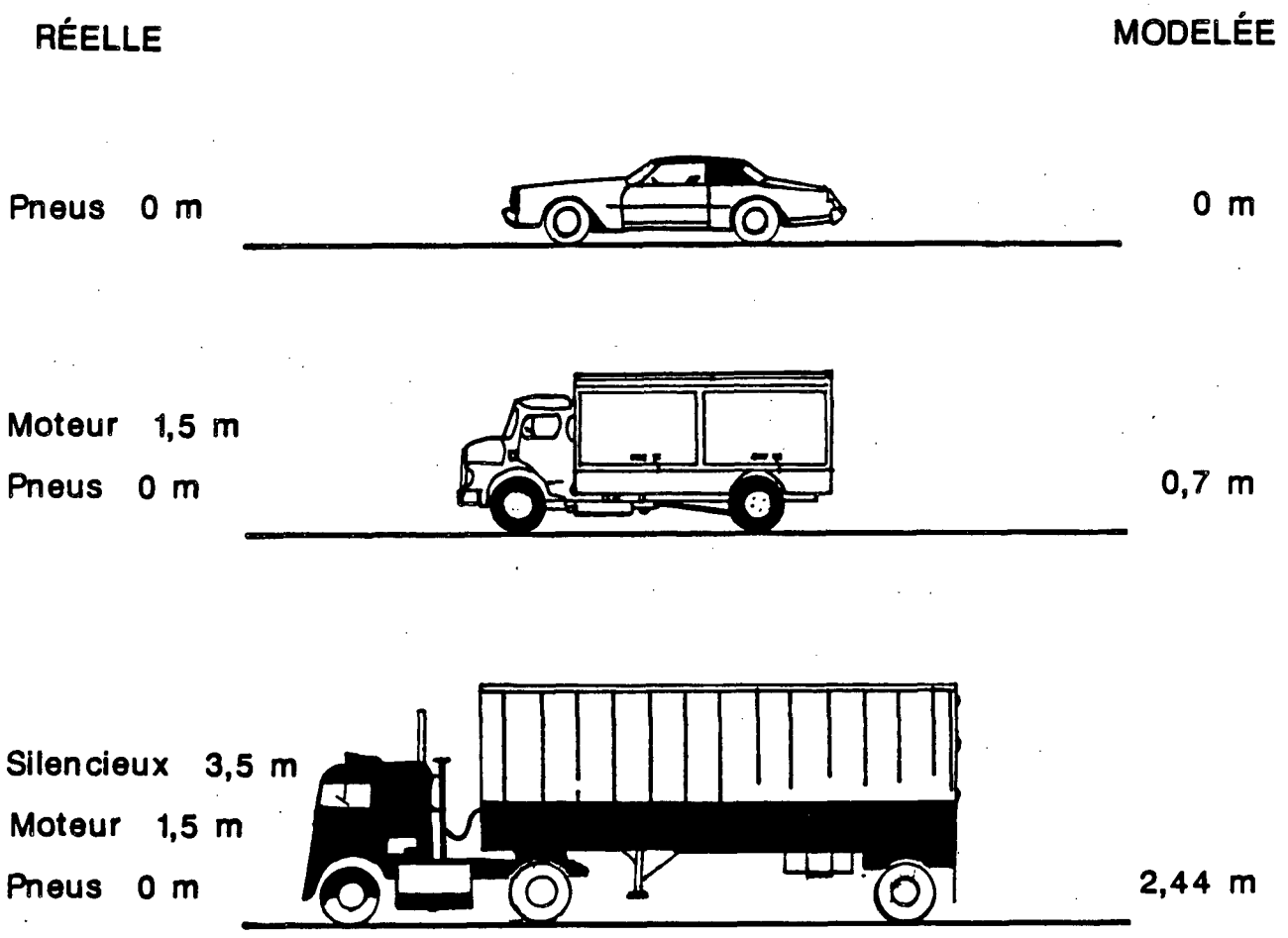
- les hauteurs de sources d'émission pour les trois classes de véhicules représentent une moyenne des différentes sources. La figure 2 représente les hauteurs d'émission réelles et celles utilisées par le modèle;
- il utilise une fréquence de 550 hertz (simulation pour écrans acoustiques), fréquence dominante du spectre d'émission du bruit des camions lourds, et il considère, dans ce cas, les sources d'émission comme des sources points et non comme des sources lignes;
- la prédiction du niveau L_{10} est basée sur l'espacement constant des véhicules.

5.2 LA SIMULATION

5.2.1 METHODES DE CALCUL

Basées sur la section précédente, deux méthodes peuvent être utilisées pour obtenir les niveaux de bruit produits par l'utilisation des infrastructures routières:

- la méthode manuelle fait appel à des abaques tirés du document: FHWA Highway Traffic Noise Prediction Model, numéro FHWA-RD-77-108 (voir annexe 1);



Source: Bowlby, Cohn and Harris. Traffic Noise Analysis: A State of the Art Workshop, 1985, section 3, page 34.

FIGURE 2: HAUTEUR D'ÉMISSION DES DIFFÉRENTES SOURCES DE BRUIT

- la méthode informatique fait appel aux programmes de simulation STAMINA 2.0 / OPTIMA décrits dans le document FHWA-DP-58-1 intitulé Noise Barrier Cost Reduction Procedure STAMINA 2.0 / OPTIMA Users Manual;

Généralement, pour les cas d'infrastructures existantes avec des géométries complexes, (autoroutes, routes à quatre voies ou plus), la méthode informatique doit être utilisée.

5.2.2 AVANTAGES DE LA METHODE INFORMATIQUE

Les avantages reliés à l'utilisation des programmes STAMINA 2.0 / OPTIMA sont:

- possibilités de définir 8 types de véhicules;
- utilisation de 30 routes définies chacune par 15 points topographiques différents;
- utilisation de 20 barrières définies chacune par 10 points topographiques (élévation);
- utilisation de 40 récepteurs par simulation;
- obtention des niveaux de bruit associés à différentes hauteurs d'écran acoustique pour la même simulation.

5.2.3 CALIBRATION DU MODELE

Les paramètres les plus sensibles du modèle sont la vitesse, le taux d'atténuation par la distance (facteur alpha) et l'atténuation produite par des édifices ou rangées d'édifices (effet d'écran).

En se référant à la section 4.2, il est possible d'obtenir l'atténuation produite par des édifices. La méthode de calibration consiste, en premier, à simuler la propagation du bruit en champ libre avec le facteur alpha ajusté (taux d'atténuation par distance), dans la section homogène sans ajouter aucune atténuation par effet d'écran. Avec les

relevés sonores pris sur le plan de coupe de la section homogène, (voir section 4.2) et la simulation en champ libre, nous obtenons par différence l'atténuation produite par effet d'écran.

Cependant, pour la rangée d'édifices attenante à l'infrastructure routière traitée, le taux d'atténuation par la distance est le seul paramètre qui peut être ajusté.

La méthode utilisée afin d'obtenir les facteurs alpha est décrite à l'annexe 4 du présent document.

5.2.4 PRECISION DES VALEURS OBTENUES PAR SIMULATION

La précision des équations de base pour prédire le bruit routier est de $\pm$ 2 dB(A). Les résultats du climat sonore actuel obtenus par simulation pour la première rangée de maisons devront alors être à l'intérieur d'une marge de $\pm$ 2 dB(A) par rapport au climat sonore échantillonné.

5.3 PRESENTATION DES RESULTATS (CARTOGRAPHIE)

Une représentation visuelle du climat sonore est établie sur la carte de la zone à l'étude à partir des résultats de la simulation.

L'échelle de présentation (généralement 1 : 2500 - 1 : 5000) sera telle qu'il puisse être facile de localiser les isophones par rapport à la ligne médiane de la route.

Les lignes isophones 55, 60, 65... dB(A) seront représentées avec comme valeur minimale 55 dB(A). La valeur correspondante en dB(A) sera inscrite à chaque extrémité de l'isophone. Il est à noter:

- qu'il ne faut pas représenter d'isophone à l'intérieur de l'emprise du Ministère;
- qu'il faut se référer à l'annexe 3 pour la composition de la cartouche.

6

ANALYSE DES RÉSULTATS

6. ANALYSE DES RESULTATS

6.1 ETABLISSEMENT DU DEGRE DE PERTURBATION

Pour une section homogène sensible (voir lexique - zone sensible) attenante à une infrastructure routière existante (sans accès ou à accès contrôlés), lorsque le climat sonore est supérieur à 55 dB(A) sur une période de 24 heures le degré de perturbation pour cette section est déterminé par le tableau suivant:

TABLEAU 1: RELATION ENTRE LE NIVEAU SONORE ET LE DEGRE DE PERTURBATION

NIVEAU DE BRUIT LEQ (24 H)	DEGRE DE PERTURBATION
65 dB(A) $\leq$ Leq (24 h)	FORTEMENT PERTURBE
60 dB(A) < Leq (24 h) < 65 dB(A)	MOYENNEMENT PERTURBE
55 dB(A) < Leq (24 h) $\leq$ 60 dB(A)	FAIBLEMENT PERTURBE
Leq (24 h) $\leq$ 55 dB(A)	ACCEPTABLE

6.2 DELIMITATION SPATIALE DES ZONES DE PERTURBATION

A partir de la carte du climat sonore actuel obtenu par simulation et des isophones (voir 5.3), nous pouvons délimiter spatialement les sections ayant le même degré de perturbation sonore. En superposant la carte d'inventaire du milieu récepteur et la carte des isophones, le nombre de logements affectés par des degrés de perturbation identiques est compilé et un tableau résumant la situation est produit.

6.3 CRITERE D'INTERVENTION ACOUSTIQUE

Le Ministère considère qu'un climat sonore égal ou supérieur à 65 dB(A), niveau de bruit équivalent sur une période de 24 heures, à l'extérieur, représente une pollution qu'il faut nécessairement contrôler et amoindrir, lorsque des zones résidentielles, institutionnelles ou récréatives développées en sont affectées. A partir de ce critère, le nombre de logements, d'institutions et de parcs affectés par un niveau de bruit égal ou supérieur à 65 dB(A) Leq (24 h) sont identifiés.

7

MESURES CORRECTIVES

7. MESURES CORRECTIVES

7.1 TYPES D'INTERVENTION

Pour les zones sensibles ayant un climat sonore fortement perturbé, des mesures correctives doivent être envisagées. En fonction du particularisme de chaque zone d'étude, plusieurs types d'intervention peuvent être mis de l'avant comme:

- talus paysagé;
- écran vertical "mince" réfléchissant ou absorbant;
- boisé dense (plus de 70 mètres).

Les principaux facteurs qui influencent le type d'intervention sont: l'espace disponible et la faisabilité technique. Ainsi, lorsque l'espace disponible est suffisant, la solution à privilégier est l'utilisation de talus paysagé. Par contre, dans les zones où il est impossible d'installer un écran vertical aux endroits stratégiques (près des sources génératrices de bruit, ou près des récepteurs), la solution qui consiste à implanter un boisé dense peut être l'idéal.

Toutefois, une combinaison des moyens énumérés précédemment peut être utilisée avantageusement pour corriger un problème de bruit routier.

7.2 CRITERES DE REDUCTION MINIMALE DE LA MESURE CORRECTIVE

Le ministère des Transports reconnaît que la réduction minimale qu'une protection acoustique doit procurer pour améliorer la qualité acoustique et pour procurer une efficacité technique et économique est de 7 dB(A) pour la première rangée de maisons attenantes à l'infrastructure routière. De plus, en complément à ce critère minimum, la protection acoustique recommandée doit ramener le climat sonore à un niveau de bruit inférieur à 65 dB(A) Leq (24 h).

7.3 SIMULATION (OPTIMA)

Le modèle STAMINA 2.0/OPTIMA (décrit au chapitre 5) sera utilisé afin de déterminer les caractéristiques de la protection acoustique qui répondra aux critères de réduction minimale (localisation, hauteur).

7.4 ANALYSE DES RESULTATS

Après avoir déterminé la (ou les) mesure(s) corrective(s) pour la zone d'étude et à l'aide des critères d'analyse cités à la section 7.1, et de la carte du climat sonore résultant de la simulation (mesure corrective) les isophones des secteurs ayant le même degré de perturbation sont déterminés.

En superposant la carte du milieu récepteur à celle des isophones, nous dénombrons le nombre de logements par catégorie de perturbation. Un tableau est dressé afin de résumer la situation.

7.5 ESTIMATION DES COUTS

Une estimation préliminaire des coûts pour les mesures correctives recommandées sera inclue dans le rapport. Cette estimation tiendra compte de l'utilisation de matériaux différents pour la conception de l'écran.

Cependant, pour des cas spécifiques tel que matériau absorbant, ou autre, un matériau spécifique pourra être recommandé afin de tenir compte du particularisme du problème à résoudre.

A l'intérieur de cette estimé, les items suivants devront être clairement indiqués:

- coût des matériaux au mètre linéaire par type;
- coût de l'aménagement paysager;
- coût total de la construction.

7.6 ANALYSE VISUELLE

Si un écran sonore est recommandé comme mesure corrective, un architecte paysagiste doit analyser l'impact visuel de cet aménagement sur la zone d'étude (la méthodologie d'évaluation pour cette composante apparaît à l'annexe 5).

L'analyse visuelle comprendra un inventaire de la zone d'accès de l'écran sonore, subdivisée en unités de paysage.

L'architecte paysagiste déterminera, pour chacune de ces unités, le degré de visibilité de l'écran, l'intérêt visuel du paysage ainsi que sa valeur culturelle.

Des mesures visant à intégrer l'écran sonore au paysage, seront recommandées afin d'adoucir, d'atténuer ou de compenser un impact visuel moyen ou fort.

Ces mesures seront localisées sur un plan et accompagnées d'une description des impacts résiduels, ainsi que d'une évaluation préliminaire des coûts en terme de pourcentage du coût total de l'écran sonore. Ces coûts peuvent être estimés sur la base des coûts unitaires au mètre linéaire des matériaux majorés de 2,5 afin de tenir compte du coût de la main-d'oeuvre et de l'installation.

L'architecte paysagiste n'a pas à élaborer les plans de construction de ces mesures de mitigation; cependant des croquis et/ou des photographies illustrant les principaux sites avant et après l'application des mesures de mitigation sont nécessaires.

A titre d'exemple, l'analyse visuelle peut mener à des recommandations sur la forme, la couleur et la texture de l'écran sonore ainsi que sur l'aménagement paysager de ses abords en traitant les remblais, les pentes, les structures de soutènement ainsi que le recouvrement des surfaces.

Les mesures doivent être conformes aux normes de sécurité et de construction en vigueur au ministère des Transports du Québec.

Le ministère des Transports souhaite cependant ne pas être lié à ce stade-ci de l'étude, à un type de matériau pour la construction de l'écran. Toute recommandation en ce sens, qui ne correspondrait pas à la solution la plus économique, devra être accompagnée des justifications appropriées.

7.7 PRESENTATION DES RESULTATS

Pour fin de synthèse, des tableaux et des graphiques représentant le profil d'atténuation acoustique de chaque section homogène, pour différentes hauteurs d'écrans seront fournis.

De plus, un tableau indiquant la position, la hauteur et la largeur des écrans recommandés sera fourni.

La carte du climat sonore simulé suite à l'application de l'option recommandée et représenté par des isophones, est établie sur la carte de la zone d'étude.

L'échelle utilisée sera la même que celle ayant servi pour la représentation du climat sonore actuel.

Les différents éléments faisant partie de la carte sont énumérés en annexe 3.

Pour le contenu de la cartographie, voir la section 5.3.

LEXIQUE

LEXIQUE

Camion intermédiaire:	tout véhicule de deux essieux et 6 roues servant au transport de marchandises.
Camion lourd:	tout véhicule de trois essieux et plus servant au transport de marchandises.
Decibel:	niveau d'intensité acoustique d'un bruit (niveau sonore).
Isophone:	courbe unissant des points de même intensité de bruit.
L_X= Y db(A)	C'est une valeur Y en décibel où pendant "X" % du temps d'échantillonnage, l'intensité instantanée du bruit est supérieure à cette valeur Y.
Niveau équivalent (Leq):	niveau d'intensité acoustique (ou sonore) équivalent pour une période donnée. Le Leq représente le niveau de bruit constant qui aurait été produit avec la même énergie que le bruit réellement perçu pendant cette période.

Plan de coupe acoustique:	plan perpendiculaire au tracé de l'infrastructure routière représentant la propagation typique du bruit dans une section homogène.
Pondération A:	Filtre qui simule la réponse acoustique de l'oreille.
Section homogène:	partie d'une zone à l'étude présentant des caractéristiques semblables.
Sonomètre:	appareil pour mesurer les sons. L'instrument complet comprend le microphone, l'amplificateur, les réseaux de pondération, le détecteur et l'appareil indicateur de caractéristiques temporelles déterminées.
Zone sensible:	la zone sensible est définie comme étant une zone à utilisation du sol résidentielle, institutionnelle, ou récréative.

ETUDE VISUELLE

LEXIQUE (version du 89.04.28)

Ce lexique est principalement basé sur le vocabulaire défini dans le document intitulé: "Méthode d'analyse visuelle pour l'intégration des infrastructures de transports" (déc. 1986). Les définitions qui suivent ont été adaptées le plus possible au contexte de l'analyse visuelle propre aux écrans sonores. Elles demeurent conformes dans leur sens général avec le vocabulaire du document de référence.

Accessibilité visuelle: Possibilités concrètes de voir un paysage. Ce terme regroupe les notions de capacité d'absorption, de nombre et de type d'observateur, de temps et de distance de perception. Une forte accessibilité visuelle répond aux critères suivants:

1) une faible capacité d'absorption
2) un nombre élevé d'observateurs
3) une vitesse de déplacement lente (anglais: visibility index)

Attrait: Élément du paysage qui tend à attirer le regard et qui est considéré comme concordant (par opposition à un élément discordant ou perturbateur). Ex.: le mont Royal est un des attraits visuels de Montréal. (anglais: landscape feature).

Capacité d'absorption: Évaluation de la transparence et de la complexité d'une unité de paysage. Elle nous donne un indice de la capacité d'un paysage à intégrer une infrastructure de transport sans perdre son caractère original. La capacité d'absorption est fonction du type de vue ainsi que des caractéristiques de la végétation, de l'utilisation du sol et du relief. (anglais: absorption capacity).

Caractère: Ensemble des traits propres à un paysage permettant de le distinguer d'un autre. Il s'agit de l'arrangement en patrons distinctifs des lignes, des formes, des couleurs, des textures et des contrastes entre les éléments du paysage. Les paramètres propres au caractère d'un paysage sont la mise en scène, la valeur historique et le symbolisme rattaché aux éléments visuels. L'évaluation de ces paramètres permet de construire un indice de la valeur attribuée au paysage par les populations concernées. (anglais: character).

Champ visuel: Espace perceptible dont la profondeur et l'éloignement sont représentés par des surfaces en plans. L'avant-plan est près de l'observateur, le second plan éloigné et l'arrière-plan lointain. L'encadrement du champ visuel est étroit moyen ou large et permet la description des types de vue. (anglais: field of vision).

Distance de perception: Longueur qui sépare l'observateur de l'élément du paysage observé. La texture et la variété des éléments du paysage se perdent avec l'augmentation de la distance de perception. La relation d'échelle et de proportion change donc en fonction de cette distance dont le seuil critique a été évalué par Tunnard et Pushkarev à 425 m pour un maximum suggéré par Neuray de 1 km. Cet effet est accentué lorsque l'observateur est en mouvement. La perception est un des paramètres de l'accessibilité. (anglais: focusing distance).

Dynamisme: Qualité d'une séquence visuelle donnant une impression de force et de mouvement. Se définit en fonction du rythme et de la variété des éléments du paysage. Le dynamisme est un paramètre de l'intérêt du paysage. On parle aussi de l'animation d'une séquence. (anglais: sequence dynamics).

Éléments d'orientation: Objets ou endroits susceptibles d'être reconnus et choisis par l'usager pour se retrouver. Ce sont les points de repère, les voies (ou corridors adjacents), les noeuds visuels, les limites (ou bordures). Ces éléments sont des paramètres d'évaluation de la qualité d'une séquence visuelle.

Élément visuel: Partie constituante du paysage. Objet de l'inventaire des caractéristiques du relief, de l'hydrographie, de la végétation ou de l'utilisation du sol. (anglais: landscape component).

Harmonie: Effet d'ensemble résultant des relations qui existent entre les éléments du paysage. Il s'établit un rapport de concordance lorsque ces éléments tendent à un même effet. L'harmonie de l'infrastructure est en relation avec l'harmonie du paysage environnant qui dépend du nombre et de l'importance des points de vue, de l'intensité et de la concordance de l'ambiance. L'harmonie est un paramètre de l'intérêt du paysage. (anglais: harmony, coherence, concordance).

Impact visuel: Transformation de l'environnement visuel engendrée par l'implantation d'une infrastructure. L'impact après application de mesures d'insertion est appelé impact résiduel. (anglais: visual impact).

Insertion: Coordination et interdépendance étroite entre les éléments existants du paysage et une nouvelle infrastructure de façon à conserver une image harmonieuse. L'insertion est concordante lorsque la nouvelle infrastructure s'intègre bien. (anglais: visual compatibility).

Intensité d'un impact visuel: L'intensité reflète le degré de perturbation d'un paysage. Elle est forte dans le cas de l'obstruction d'une vue particulièrement pittoresque ou spectaculaire, d'une discordance majeure, d'une séquence particulièrement monotone, discontinue ou confuse ainsi que dans le cas de la destructuration complète d'une mise en scène d'un site historique ou symbolique reconnu et dont le caractère est valorisé. L'intensité est un critère d'évaluation des impacts ponctuels anticipés. (anglais: intensity of impact).

Intérêt visuel: Évaluation de ce qui, dans un paysage, retient l'attention et captive l'esprit. L'intérêt est fonction de l'harmonie interne et externe d'un projet qui se traduit en terme de concordance et de discordance. L'intérêt est aussi fonction de la qualité des séquences visuelles évaluée en terme de dynamisme, continuité et orientation. Un fort intérêt répond aux critères suivants:

1. une harmonie interne forte
2. une harmonie externe forte
3. une séquence dynamique
4. une séquence continue
5. une bonne orientation

(anglais: visual interest).

Mise en scène: Organisation des éléments d'une unité de paysage. Elle concerne la disposition et l'agencement des parties extérieures et visibles du relief, de la végétation et de l'utilisation du sol. La mise en scène est un paramètre permettant d'évaluer la valeur attribuée du paysage. (anglais: setting).

Noeud visuel: Point focal stratégiquement situé vers lequel se dirige un observateur. Il s'agit d'un point de jonction, d'un croisement, d'un point de convergence que l'usager traverse. Cela peut aussi être une simple concentration d'éléments de l'utilisation du sol ou de caractéristiques physiques du paysage.

Observateur: Personne qui, à titre d'usager (observateur mobile) ou de riverain (observateur fixe) observe un paysage susceptible d'être modifié par l'implantation d'une infrastructure de transport. Le nombre et le type d'observateurs sont des paramètres de l'accessibilité visuelle. (anglais: viewer).

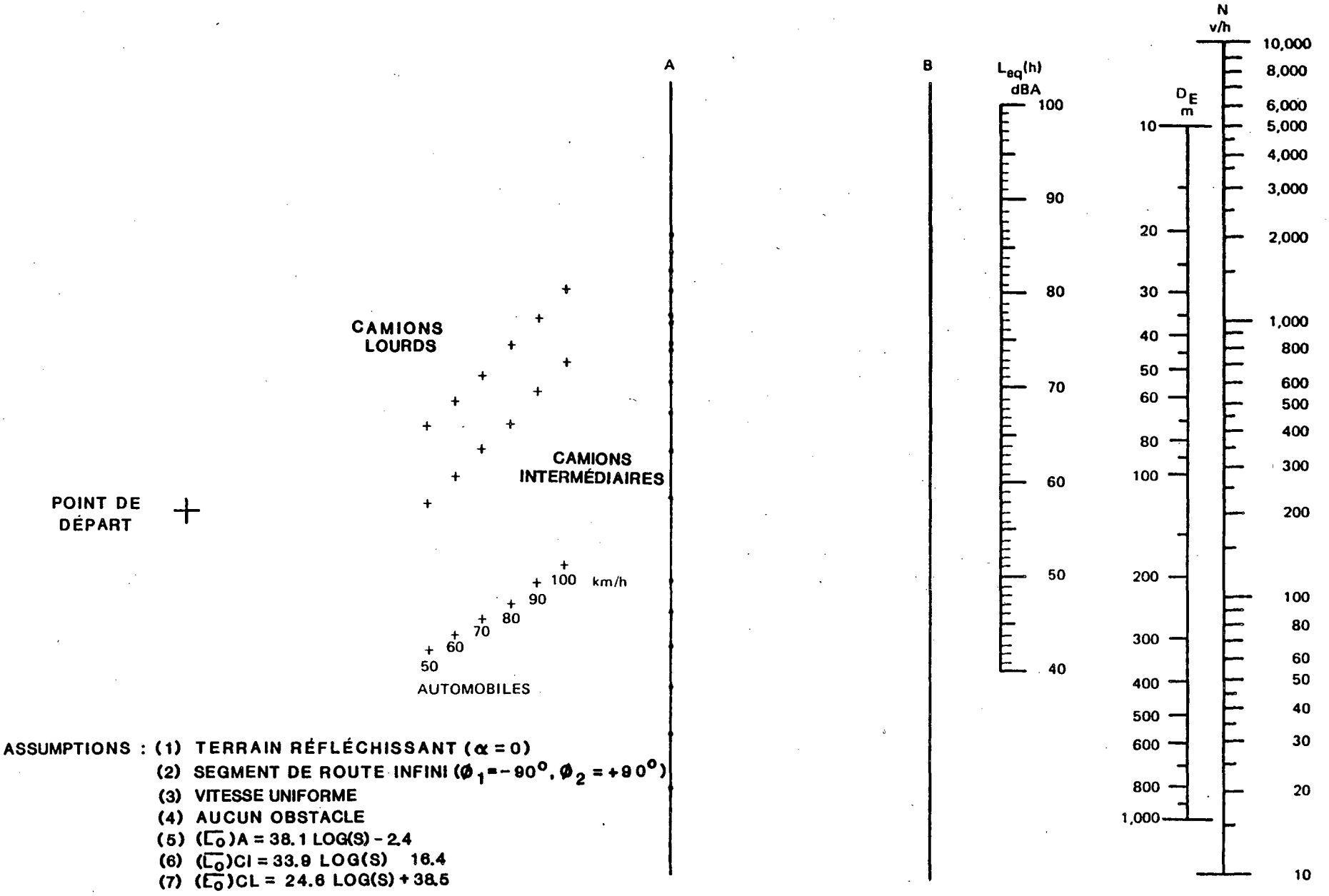
Orientation: Capacité d'une séquence visuelle à informer l'usager de sa situation dans le temps et dans l'espace. L'orientation se définit en terme de lisibilité de l'image du paysage, par la présence d'éléments ponctuels tels que points de repère, corridors adjacents, noeuds visuel, bordures, lignes de force et principaux points de vue ainsi que par un cheminement progressif facilitant la découverte régulière et continue du paysage. L'orientation est un paramètre de l'intérêt du paysage. (anglais: orientation componant).

Point de repère:	Objet ou endroit susceptible d'être reconnu et choisi par l'observateur pour s'orienter. Un des paramètres de l'orientation. (anglais: land-mark).
Séquence visuelle:	Répartition dans l'espace des paysages selon une suite ordonnée d'événements. La séquence se définit en termes de dynamisme, continuité et orientation. La séquence visuelle est un paramètre de l'intérêt du paysage. La séquence anime le cheminement de l'usager. (anglais: visual sequence).
Structure du paysage:	Agencement et dimension des formes observables que présentent les éléments du paysage. (anglais: landscape structure).
Temps de perception:	Période pendant laquelle un élément du paysage est effectivement exposé à la vue d'un observateur. Le temps de perception et fonction de la vitesse de déplacement de l'observateur. Un des paramètres de l'accessibilité visuelle. (anglais: exposure time).
Transition:	Passage brusque ou progressif entre deux unités de paysage. La transition est un paramètre de la qualité des séquences visuelles. (anglais: transition).
Unité de paysage:	Portion distincte de l'espace à l'intérieur d'un bassin visuel se définissant en fonction d'une synthèse du relief, de la végétation, de l'utilisation du sol et des types de vue, dont l'ambiance est distincte. (anglais: landscape unit).

Valeur attribuée:	Qualité d'un paysage en fonction de son utilité matérielle, morale ou psychologique. Indice de la préférence des observateurs qui se traduit par le caractère de la mise en scène des bâtiments et sites historiques, leur rareté, leur vocation ainsi que par le symbolisme rattaché aux éléments du paysage.
Variété:	Qualité d'une séquence visuelle qui donne une impression de changement et de renouvellement. On utilise aussi le mot diversité. La variété est un paramètre du dynamisme. (anglais: diversity).
Vue typique:	Il existe au moins six types de vue caractérisés par la largeur, la profondeur relative du champ visuel et la qulaité de l'avant-plan, du second plan et de l'arrière-plan. Ces types de vues sont les panoramas qui sont souvent considérés comme les plus spectaculaires, les perspectives, les vues ouvertes, filtrées, fermées ainsi que les vues à attrait. Le type de vue est un des paramètres de l'intérêt visuel d'un paysage. (anglais: view-type).
Zone d'accès visuel:	Tout l'espace visible à partir d'un axe ou d'un point donné. (anglais: visual accessibility).

ANNEXE 1

MÉTHODE MANUELLE: ABAQUE



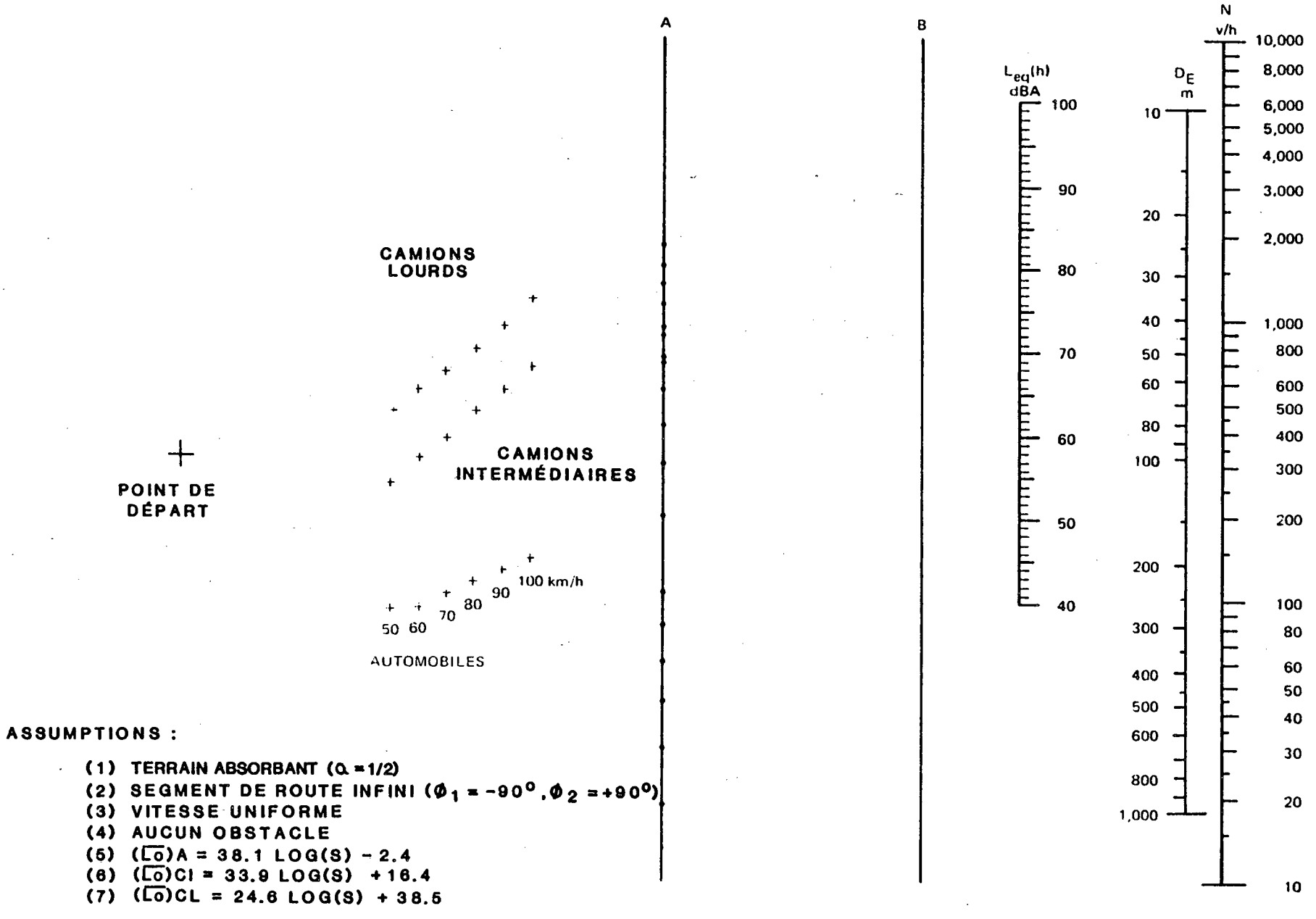
ASSUMPTIONS : (1) TERRAIN RÉFLÉCHISSANT ($\alpha = 0$)
(2) SEGMENT DE ROUTE INFINI ($\phi_1 = -90^o, \phi_2 = +90^o$)
(3) VITESSE UNIFORME
(4) AUCUN OBSTACLE
(5) $(\overline{L_o})A = 38.1 \text{ LOG}(S) - 2.4$
(6) $(\overline{L_o})CI = 33.9 \text{ LOG}(S) \quad 16.4$
(7) $(\overline{L_o})CL = 24.6 \text{ LOG}(S) + 38.5$

ABAQUE DE LA PRÉVISION DU BRUIT ROUTIER (TERRAIN RÉFLÉCHISSANT)

Source : FHWA-RD-77-108

ANNEXE 2

ANALYSE STATISTIQUE DU BRUIT (COURBE DE POURCENTAGE DE DISTRIBUTION CUMULATIVE)



ASSUMPTIONS :

(1) TERRAIN ABSORBANT ($\alpha = 1/2$)
(2) SEGMENT DE ROUTE INFINI ($\phi_1 = -90^\circ, \phi_2 = +90^\circ$)
(3) VITESSE UNIFORME
(4) AUCUN OBSTACLE
(5) $(\overline{Lo})A = 38.1\ LOG(S) - 2.4$
(6) $(\overline{Lo})CI = 33.9\ LOG(S) + 16.4$
(7) $(\overline{Lo})CL = 24.6\ LOG(S) + 38.5$

ABAQUE DE LA PRÉVISION DU BRUIT ROUTIER (TERRAIN ABSORBANT)

Source : FHWA-RD-77-108

MINISTÈRE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
200, RUE DORCHESTER SUD, 7e
QUÉBEC, (QUÉBEC)
G1K 5Z1

TABLEAU 1: ETABLISSEMENT DE COURBE DE FREQUENCE CUMULATIVE

CLASSE	FREQUENCE	FREQ. CU	% DIST. CU
78-80	0	0	0,00
76-78	0	0	0,00
74-76	0	0	0,00
72-76	0	0	0,00
70-72	0	0	0,00
68-70	0	0	0,00
66-68	1	1	0,50
64-66	2	3	1,49
62-64	1	4	1,99
60-62	0	4	1,99
58-60	1	5	2,49
56-58	1	6	2,99
54-56	2	8	3,98
52-54	1	9	4,48
50-52	2	11	5,47
48-50	3	14	6,97
46-48	7	21	10,45
44-46	10	31	15,42
42-44	8	39	19,40
40-42	17	56	27,86
38-40	28	84	41,79
36-38	46	130	64,68
34-36	43	173	86,07
32-34	25	198	98,51
30-32	3	201	100,00

TOTAL DES MESURES: 201

TABLEAU 2: CALCULS DES NIVEAUX STATISTIQUES PAR INTEGRATION SUR UNE LOI NORMALE

CLASSE	NIVEAU MOYEN DB(A)	FREQUENCE
78-80	78	0
76-78	76	0
74-76	74	0
72-74	72	0
70-72	70	0
68-70	68	0
66-68	66	1
64-66	64	2
62-64	62	1
60-62	60	0
58-60	58	1
56-58	56	1
54-56	54	2
52-54	52	1
50-52	50	2
48-50	48	3
46-48	46	7
44-46	44	10
42-44	42	8
40-42	40	17
38-40	38	28
36-38	36	46
34-36	34	43
32-34	32	25
30-32	30	3
TOTAL DES MESURES:	201	

ANNEXE 3

DONNÉES CARTOGRAPHIQUES

L'exemple suivant montre les deux façons d'évaluer les niveaux statistiques à partir des mesures enregistrées à toutes les 5 secondes par classe de 2 dB(A).

1. Evaluation des niveaux statistiques à partir de la courbe de fréquence cumulative des niveaux instantannés

A partir des données enregistrées par classe de niveau de bruit (colonne 1, 2 et 3 du tableau 1), et de la figure jointe, le pourcentage de distribution cumulative a été obtenu en divisant la fréquence cumulative par le nombre total de mesures (colonne 4 du tableau 1). La figure 1 schématise la courbe de fréquence cumulative.

Par la courbe, on obtient:

- L_{10} = 46,2 dB(A)
- L_{50} = 37,0 dB(A)
- L_{90} = 32,5 dB(A)

2. Evaluation des niveaux statistiques par intégration (les niveaux de bruit enregistrés suivent une loi nominale)

Les niveaux L_{10}, L_{50}, L_{90}, correspondant aux niveaux de bruit atteints ou dépassés pendant 10%, 50% et 90% du temps de la période d'analyse, ont été calculés par les formules suivantes:

$$L_{50} = \frac{\sum_{i=1}^{N} f_i \, L_i}{N}$$

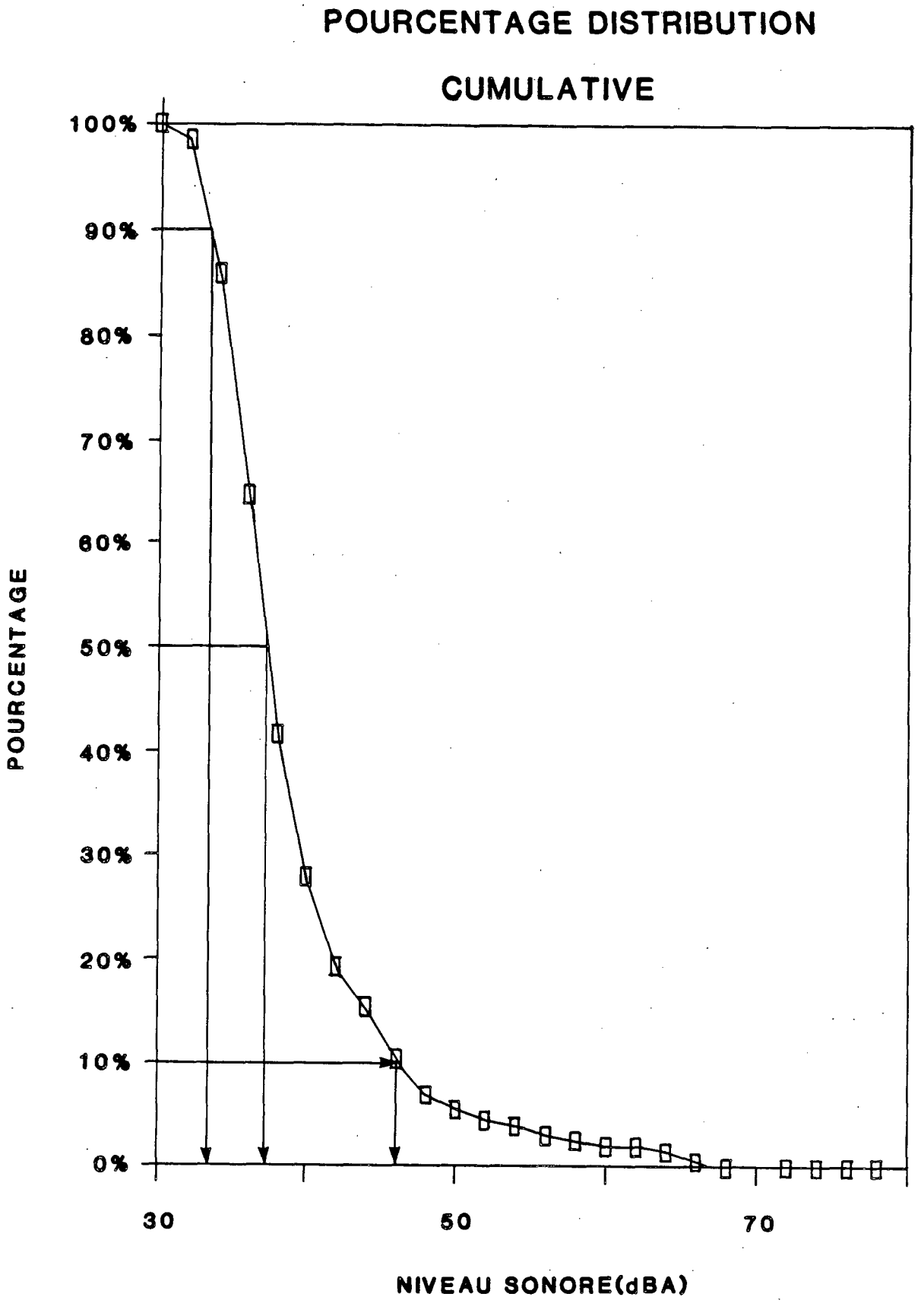


FIGURE 1: COURBE DE FRÉQUENCE CUMULATIVE

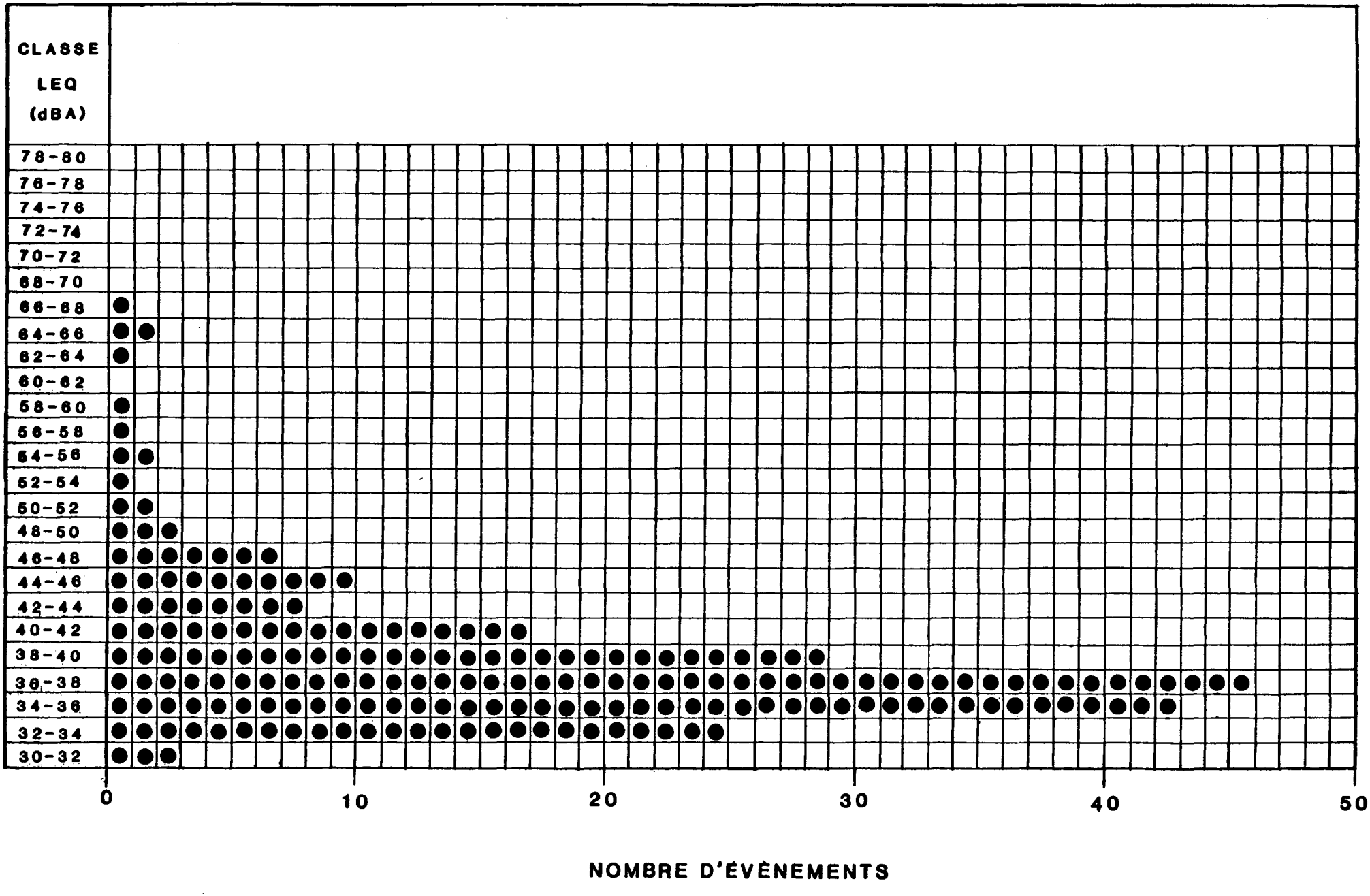


FIGURE 2: RELEVÉ TYPE

f_i = fréquence dans la classe i (colonne 3 du tableau 2)
L_i = niveau moyen dans la classe i (colonne 2 du tableau 2)
N = nombre total d'échantillons
= 201
$L_{10} = L_{50} + 1.28\,\sigma$
$L_{90} = L_{50} - 1.28\,\sigma$

où

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N} f_i \, (L_i - L_{50})^2}{N}$$

A partir des données du tableau 2, on obtient:

L_{50} = 38,9 dB(A)
L_{10} = 46,85 dB(A)
L_{90} = 31,01 dB(A)

ANNEXE 4

MÉTHODE DE CALCUL DES ALPHA (α)

La cartouche située à la droite de la carte, incluera les items suivants:

ELEMENTS GENERAUX:

- le titre: "Etude de pollution sonore" et identification du projet (cet élément revient sur chaque carte de l'étude);
- titre explicatif de la carte (climat sonore actuel, climat sonore résultant, milieu récepteur, ...); et l'année d'évaluation;
- une légende;
- inscrire "observateur situé à 1,5 m au-dessus du sol;
- modèle de simulation utilisé;
- indiquer le nord;
- apposer le logo du Ministère des Transports;
- apposer le logo du Consultant;
- indiquer la date, l'échelle et numéro de la figure.

ELEMENT SPECIFIQUE POUR CLIMAT SONORE ACTUEL:

- Tableau des débits de circulation par classe de véhicule ayant servis pour le calcul de la simulation.

ELEMENT SPECIFIQUE CLIMAT SONORE RESULTANT:

- Tableau des sections d'écrans avec hauteurs et longueurs correspondantes.

Les cartes seront pliées selon le format 8½" X 11" et reliées au rapport d'étude de bruit (ou insérées dans des pochettes reliées au rapport).

Les cartes de travail ayant servies pour l'évaluation des climats sonores seront remises séparément au Ministère pour fin de vérification lors du dépôt du rapport préliminaire.

Chaque carte doit être signée par l'ingénieur-chargé de projet et le sceau de l'Ordre des ingénieurs doit y être apposé.

Exemple pour cartogr.

A: TITRE DU RAPPORT

B: No & TITRE DE LA CARTE

C: LÉGENDE

D: SOURCES

E: IDENTIFICATION DU GOUVERNEMENT

Non pertinent pour les rapports des consultants

F: IDENTIFICATION DU CONSULTANT

ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

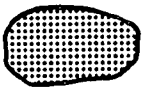
ROUTE 117

DE LA LIMITE SUD DU COMTÉ DE GATINEAU AU LAC PARADIS

No. 1 — MILIEU BIO-PHYSIQUE

1. PESSIÈRE ET COURS D'EAU
2. MARÉCAGE (typhaie)
3. ERABLIERE
4. RAVAGE DE CERF DE VIRGINIE

1 GRAND BROCHET
2 OMBLE DE FONTAINE



EMPLACEMENT & IDENTIFICATION DES SOURCES DE MATERIAUX

PREDÉCOUPAGE DU ROC

ROUTE ACTUELLE

TRACÉ PROJETÉ (1ere PHASE)

TRACÉ PROJETÉ (2ieme PHASE)

Gouvernement du Québec
Ministère des Transports

Service de l'Environnement

Technicien : H. KHANDJIAN

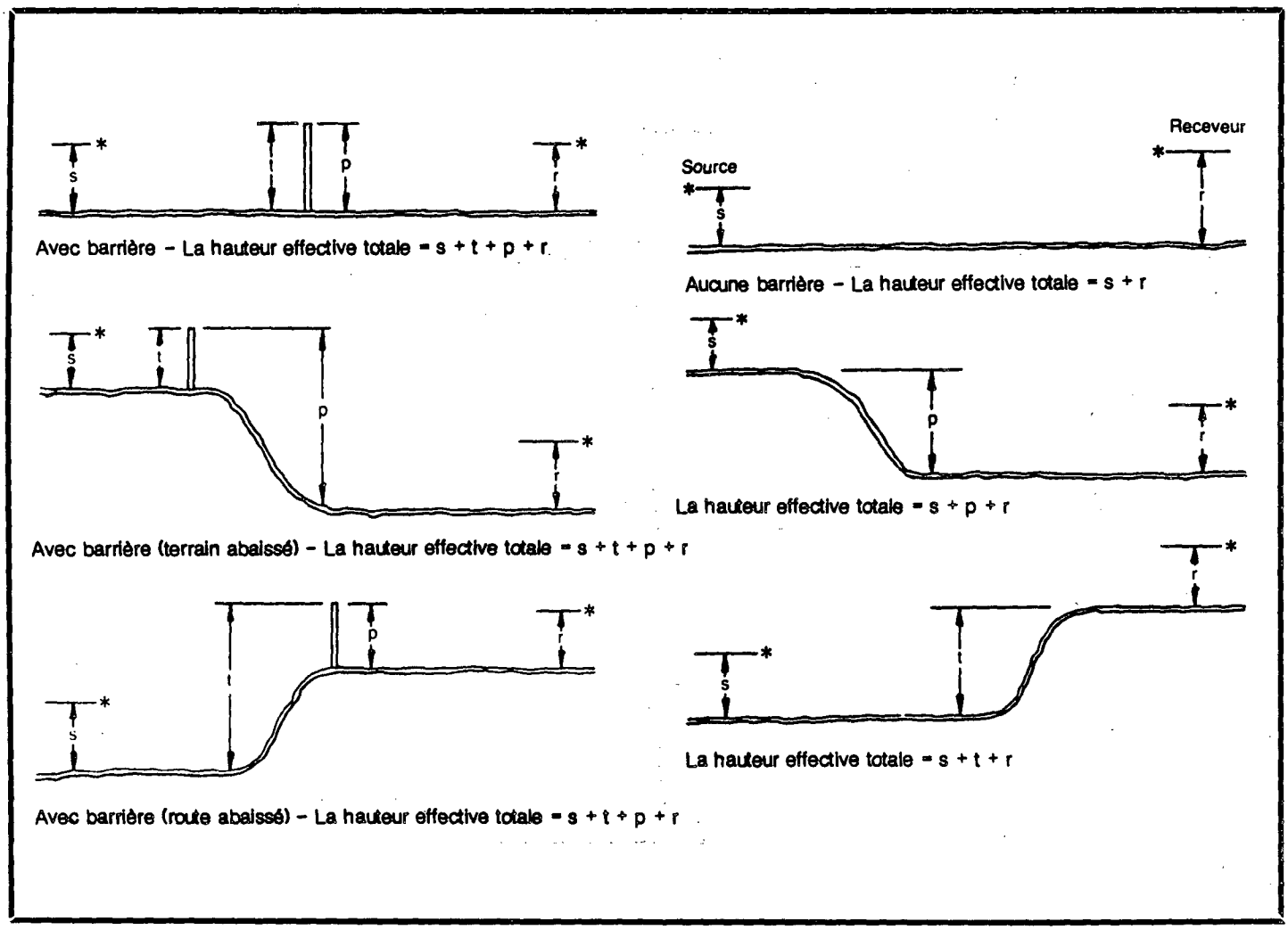
Chargé de projet :

Approuvé par le chef de service :

Échelle : 1:20 000 Date : No :

Dans le modèle de simulation, le seul paramètre, pouvant être ajusté pour la première rangée de maisons attenantes à la route, est le coefficient d'atténuation alpha. La méthode qui suit est inspirée du document AE-83-01 du Ministry of Transportation and Communication de la province de l'Ontario, intitulé: "Guidelines for Noise Barrier Cost Reduction Procedure, STAMINA 2.0 and OPTIMA".

Le coefficient d'atténuation alpha dépend de deux facteurs soit: la hauteur effective totale et le coefficient d'absorption du sol. La hauteur effective totale est déterminée par la hauteur de la source d'émission (camions lourds), de la hauteur du récepteur et de la hauteur des obstacles entre la source et le récepteur. Les figures suivantes illustrent les situations pouvant être rencontrées.



Source: Société centrale d'hypothèque et de logement. Le bruit du trafic routier et ferroviaire - Ses effets sur l'habitation, 1977, page 15, figure 3a

Pour chacun des couples routes-récepteurs les étapes suivantes doivent être exécutées:

1. Déterminer la hauteur effective de la source S selon le tableau 1;

2. choisir à partir des croquis précédents la configuration qui correspond le mieux à la section homogène étudiée;

3. calculer la hauteur effective totale;

4. déterminer le coefficient d'absorption du sol avec le tableau 2;

5. en fonction de la hauteur effective totale, calculer le coefficient d'atténuation alpha à l'aide du tableau 3;

TABLEAU 1: HAUTEUR EFFECTIVE VERSUS LE POURCENTAGE DE CAMIONS LOURDS

POURCENTAGE DE CAMIONS LOURDS, R	HAUTEUR EFFECTIVE DE LA SOURCE $S=\sqrt[4]{R}$
1% (ou moins)	1,0 m
2%	1,2 m
3%	1,3 m
5%	1,5 m
7%	1,6 m
10%	1,8 m
15%	2,0 m
20%	2,1 m
30% (ou plus)	2,4 m

TABLEAU 2: COEFFICIENT D'ABSORPTION DU SOL EN FONCTION DU COUVERT VEGETAL

TYPE PREPONDERANT DE SOL ENTRE LA ROUTE ET LE RECEPTEUR	α_M
PAVAGE	0
CHAMP LABOURE: GAZON COURT SUR SOL DUR OU GAZON CLAIRSEME	0,33
GAZON(NORMAL, 100 à 400 mm)	0,50
HAUTES HERBES, PETITS ARBUSTES, GAZON LONG SUR SOL MOU	0,90

TABLEAU 3: COEFFICIENT D'ATTENUATION ALPHA

HAUTEUR EFFECTIVE TOTALE, EN METRES	α
$H \leq 3$ m	α_M
$H > 3$ m $H < 10$ m	$1{,}43\ \alpha_M\ (1 - \frac{H}{10})$
$H \geq 10$ m	0

ANNEXE 5

MÉTHODE D'ÉTUDE VISUELLE

Cette méthode a été préparée par le personnel du Service de l'environnement du ministère des Transports du Québec, sous la responsabilité de monsieur Daniel Waltz, écologiste.

La présente version est le résultat de la revision d'une première version produite en mai 1987 par monsieur Richard Gaudreau, architecte paysagiste, avec l'assistance de madame Marie-Nathalie Genest, étudiante en architecture de paysage.

EQUIPE DE TRAVAIL

Denis Stonehouse	architecte paysagiste, rédacteur chargé de projet
Sous la supervision de: Claude Girard	économiste-urbaniste, chef de la Division du contrôle de la pollution et recherche

Graphisme et édition:
Atelier graphique du Service de l'environnement

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX iv

LISTE DES FIGURES v

1. CONTEXTE 1

2. CHEMINEMENT DE L'ÉTUDE 2

3. ZONE D'ACCÈS VISUEL 4

4. INVENTAIRE DES CARACTÉRISTIQUES VISUELLES 5

4.1 Relief 5

4.2 Hydrographie 5

4.3 Végétation 5

4.4 Age et utilisation du sol 6

4.5 Types de vue 6

4.6 Éléments d'orientation 6

4.7 Préférences des observateurs 7

5. UNITÉS DE PAYSAGE 8

6. ÉVALUATION DE L'INTENSITÉ DES IMPACTS 9

6.1 Mode de calcul 13

6.2 Visibilité de l'écran 14

6.3 Intérêt visuel du paysage 14

6.4 Valeur attribuée au paysage 16

6.5 Intensité de l'impact visuel 16

7. MESURES D'INSERTION 21

8. CONTENU DU RAPPORT 24

LEXIQUE 28

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1:	Cheminement de l'analyse visuelle	3
Tableau 2:	Synthèse de l'inventaire visuel par séquence pour les riverains	11
Tableau 3:	Synthèse de l'inventaire visuel par séquence pour les usagers	12
Tableau 4:	Ecran sonore - visibilité de l'écran	17
Tableau 5:	Ecran sonore - intérêt visuel du paysage	18
Tableau 6:	Ecran sonore - valeur attribuée au paysage	19
Tableau 7:	Ecran sonore - intensité de l'impact visuel global	20

LISTE DES FIGURES

Figure 1:	Zone d'accès visuel de l'écran projeté et unités de paysage	10
Figure 2:	Écran sonore et subdivision en sections significatives	10
Figure 3:	Visibilité de l'écran, distance des riverains	15
Figure 4:	Intérêt visuel du paysage, intensité des transitions	15
Figure 5:	Caractéristiques de l'unité A, impact anticipé et atténuation proposée	22
Figure 6:	Caractéristiques de l'unité B, impact anticipé et atténuation proposée	23
Figure 7:	Exemple d'un montage simple de photographies montrant le paysage initial et le paysage avec simulation de présence de l'écran projeté	26
Figure 8:	Exemple d'un montage élargi de photographies montrant le paysage initial et le paysage avec simulation de présence de l'écran projeté	27

1. CONTEXTE

La construction d'un écran sonore modifie le paysage dans lequel il s'insère ce qui entraîne un changement de la perception que les gens ont de leur environnement visuel que ce soit comme observateurs fixes (riverains) ou comme observateurs mobiles (usagers de l'autoroute principalement).

Ainsi, la mise en place d'un écran affecte les vues accessibles aux riverains vers la route et vers les paysages au-delà de l'écran, alors que la présence d'un écran limite et encadre sérieusement le champ visuel des usagers de l'autoroute, ce qui conséquemment diminue en nombre et en qualité les vues accessibles de la route.

L'analyse visuelle consiste à décomposer le paysage accessible à partir de la localisation prévue de l'écran sonore afin d'identifier les répercussions du projet sur la perception visuelle des riverains et des usagers. Elle conduit également à l'élaboration de mesures visant à insérer l'écran sonore dans le paysage existant afin d'atténuer les impacts visuels anticipés.

2. CHEMINEMENT DE L'ÉTUDE

L'analyse visuelle débute à partir du moment où l'étude d'impact propose un ou plusieurs écrans sonores dont la localisation et les dimensions minimales (hauteur et longueur) sont spécifiées.

La méthode employée comprend cinq étapes spécifiques:

1. définir la zone d'accès visuelle de l'écran projeté;

2. inventorier les caractéristiques visuelles de cette zone;

3. délimiter les différentes unités de paysage;

4. subdiviser l'écran sonore proposé en sections significatives selon les unités de paysage attenantes et évaluer pour chacune de ces sections, l'intensité des impacts visuels anticipés en considérant trois facteurs principaux:

   - la visibilité de l'écran,
   - l'intérêt visuel du paysage,
   - la valeur attribuée au paysage.

5. déterminer les mesures d'insertion appropriées.

Le tableau 1, illustre ce cheminement et montre, plus en détail, le processus d'analyse des unités de paysage permettant l'évaluation de l'intensité des impacts visuels.

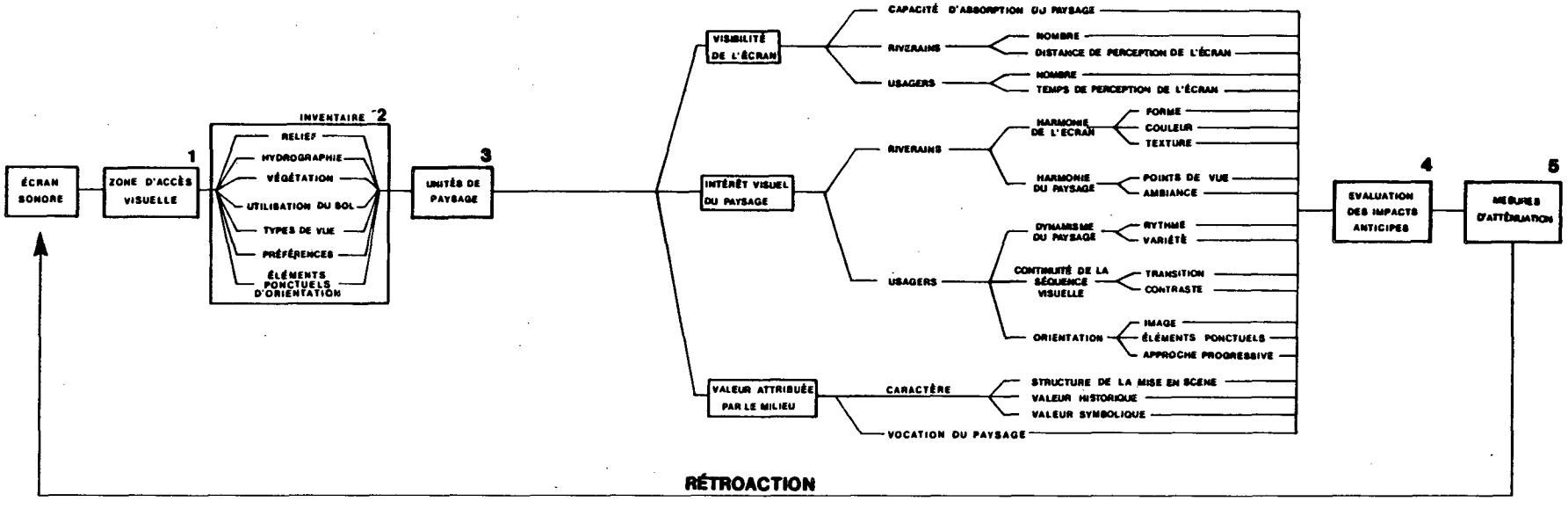


TABLEAU I

CHEMINEMENT D'UNE ANALYSE VISUELLE
ÉTUDE D'IMPACTS – ÉCRANS SONORES

Dessiné par: H Khandjian — Janvier 1987

3. ZONE D'ACCÈS VISUEL

La zone d'accès visuel couvre tout l'espace visuellement accessible à partir de la localisation de l'écran visuel projeté tel que déterminé par l'étendue des champs visuels (voir la figure 1).

Les champs visuels sont limités par la disposition et le volume des éléments de l'utilisation du sol.

4. INVENTAIRE DES CARACTÉRISTIQUES VISUELLES

L'inventaire s'appuie sur des caractéristiques générales et facilement observables. Sept caractéristiques entrent en ligne de compte: le relief, l'hydrograhie, la végétation, l'utilisation du sol, les types de vue, les éléments d'orientation ainsi que les préférences des observateurs.

4.1 LE RELIEF

Plat, ondulé et montagneux sont, à titre d'exemple, des catégories simples et facilement observables, capables de décrire le relief. En milieu urbain, les formes du relief artificiel, composé d'habitations et d'autres édifices, masquent le relief naturel. Le volume des bâtiments vient alors compléter et même remplacer les formes du relief naturel.

4.2 L'HYDROGRAPHIE

Il s'agit ici de localiser les bassins, cours d'eau et autres éléments hydrographiques (telle une chute) qui entrent dans la composition du paysage et qui participent à l'ambiance qui s'en dégage.

4.3 LA VÉGÉTATION

L'inventaire de la végétation concerne surtout sa répartition, sa hauteur, sa forme et sa densité, qui permettent d'en déduire la capacité d'absorption visuelle et le rôle joué comme créatrice d'ambiance. De plus, les couleurs et textures de la végétation interviennent dans l'appréciation de son intérêt visuel.

4.4 UTILISATION DU SOL

Par l'utilisation du sol, on entend l'usage des éléments du paysage occupant la zone d'accès visuel. Ceci comprend toutes les catégories habituelles d'usage (résidentielle, commerciale, industrielle, institutionnelle, récréative, touristique, utilitaire, agricole et, s'il y a lieu, mixte). Cette caractéristique joue un rôle majeur à l'étape de la définition des unités de paysage.

4.5 TYPES DE VUE

Cette caractéristique est examinée de façon à en déterminer le type le plus courant à l'intérieur de la zone d'accès visuelle et à localiser les points de vue marquants.

On reconnaît généralement six types de vue caractérisés par la profondeur du champ visuel et la qualité de leurs différents plans (avant-plan, second plan et arrière-plan). De prime abord, les types de vue se subdivisent en vues ouvertes, filtrées et fermées. Mais il existe aussi d'autres types de vue plus spécifiques qui s'apparentent en partie aux trois types précédents, ce sont les panoramas, les perspectives et les vues orientées sur des attraits.

4.6 ÉLÉMENTS D'ORIENTATION

Cette caractéristique du milieu visuel concerne les éléments du paysage susceptibles d'être reconnus et choisis par tout observateur pour se retrouver. Ces éléments sont les principaux points de vue, les points de repère, les noeuds visuels et les lignes de force du paysage. Cette caractéristique s'inspire du travail de Kevin Lynch qui a déjà identifié dans son ouvrage "Image de la cité" (1960) les principaux éléments d'orientation de la "carte mentale" de l'observateur.

Lynch mentionne aussi les "corridors adjacents" et les "bordures" comme éléments d'orientation. Les principaux points de vue et les lignes de force du paysage sont rajoutés ici afin d'adapter s'il y a lieu l'inventaire à une échelle plus régionale.

4.7 PRÉFÉRENCES DES OBSERVATEURS

Les paysages dans lesquels vivent les observateurs ou que ceux-ci traversent, possèdent parfois dans leur ensemble ou en partie une signification particulière. Il en résulte des préférences dont l'origine peut être soit esthétique, historique, symbolique ou vocationnelle. La présence d'un attrait particulier varie aussi parfois selon les saisons.

Il est intéressant que l'analyse visuelle tiennent compte de la perception des populations qui ont contribué à façonner ces paysages. L'existence d'éléments patrimoniaux reconnus, l'étude de l'organisation spatiale des aménagements existants et leur âge, l'architecture des bâtiments, la vocation d'un site sont autant d'indicateurs de ces préférences. Les municipalités et autres organismes locaux sont de bonnes sources d'information sur la valeur attribuée au paysage. A la limite, l'évaluation repose sur le jugement professionnel à cet égard de (ou des) analyste(s) impliqué(s).

5. UNITÉS DE PAYSAGE

L'étape qui succède à l'inventaire consiste à délimiter les unités de paysage appropriées à l'intérieur de la zone d'accès visuel de l'écran sonore projeté.

L'unité de paysage est une portion distincte de l'espace à l'intérieur d'un bassin visuel, dont l'ambiance lui est propre. Cette unité est définie en fonction du relief, de l'hydrographie, de la végétation, de l'utilisation du sol et des types de vue (voir la figure 1).

La zone d'accès visuel d'un écran sonore peut contenir une ou plusieurs unités de paysage. Ces unités seront prises en considération à l'étape suivante soit à l'évaluation de l'intensité des impacts visuels anticipés générés par l'introduction de l'écran sonore.

6. ÉVALUATION DE L'INTENSITÉ DES IMPACTS

Les évaluations à faire doivent prendre en considération à la fois la présence de l'écran comme objet au sein du paysage et les changements de perception du paysage actuel entraînés par cette introduction pour les observateurs concernés qu'ils soient riverains ou usagers.

D'ailleurs, les impacts devront être évalués distinctement selon le groupe d'observateurs en cause: pour les riverains, pour les usagers (ceux circulant un sens d'abord, puis ceux circulant en sens inverse). En effet, les riverains et les usagers n'étant pas placés du même côté de l'écran, les impacts ressentis par chacun de ces groupes d'observateurs seront différents. Cela s'explique principalement, d'une part, par le fait que normalement le paysage observé change lorsque l'on regarde en direction opposé à partir d'une même zone et, d'autre part, parce que le type de perception n'est pas le même. Les riverains perçoivent le paysage de façon statique en général alors que les usagers, étant en déplacement, le perçoivent de façon dynamique. Ainsi lors de l'évaluation, l'analyste devra bien garder en tête les questions fondamentales suivantes: Qui regarde quoi? De quelle façon? Quelle portion des champs visuels l'écran occupe-t-il?

Les tableaux 2 et 3 apportent une aide pour répondre à ces questions au moment de l'analyse.

Pour l'application du processus d'évaluation indiqué, l'écran est subdivisé en sections significatives qui correspondent aux séquences visuelles observables. Les limites de ces sections sont liées aux caractéristiques physiques de l'écran (hauteur et longueur) et aux unités de paysage dans lesquelles ou près desquelles ces sections sont situées (voir la figure 2).

La détermination proprement dite de l'intensité des impacts visuels anticipés pour chacune des sections est basé sur les trois facteurs suivants:

a. l'accessibilité visuelle de l'écran,
b. l'intérêt visuel du paysage,
c. la valeur attribuée au paysage.

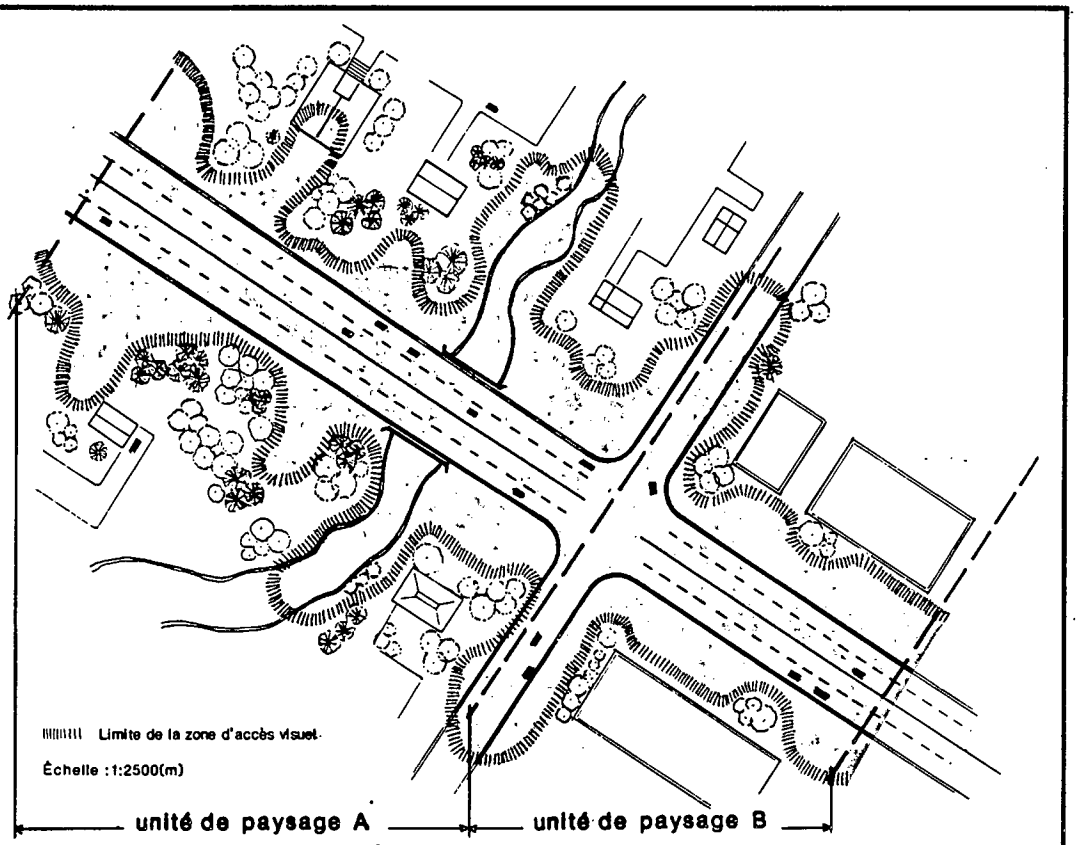


FIGURE 1 : ZONE D'ACCÈS VISUEL DE L'ÉCRAN SONORE ET UNITÉS DE PAYSAGE

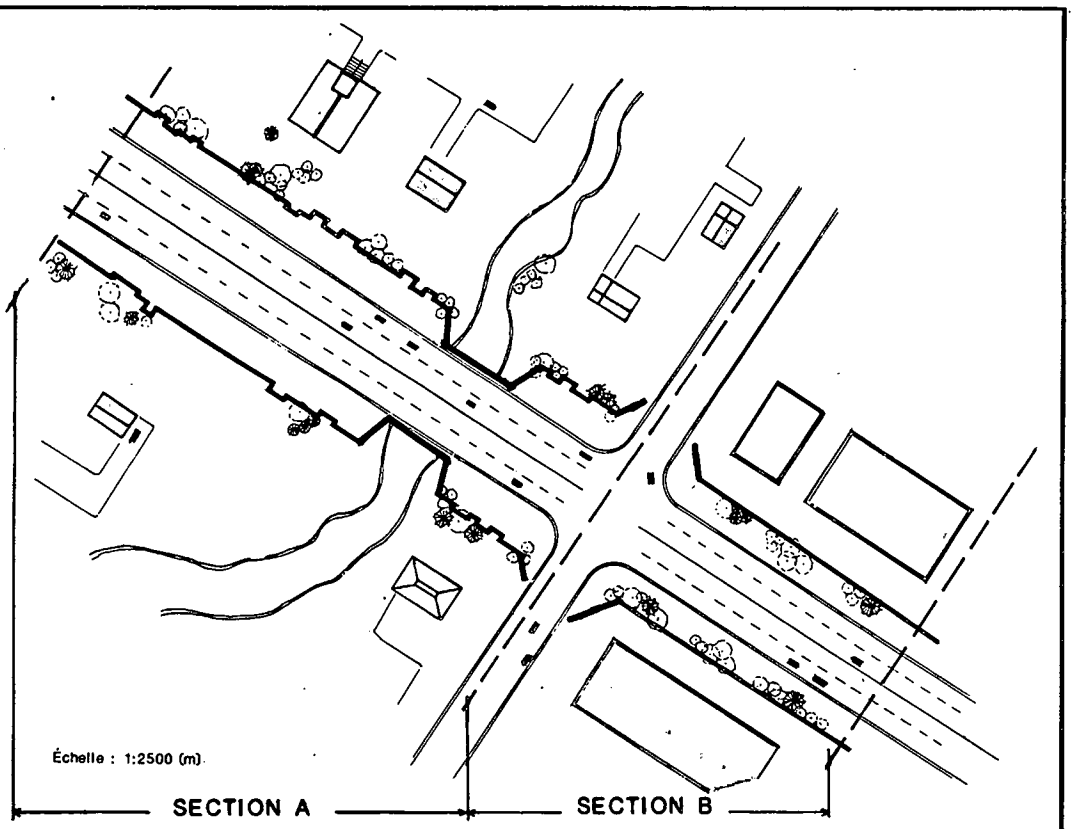


FIGURE 2 : ÉCRAN SONORE ET SUBDIVISION ET SECTIONS SIGNIFICATIVES

TABLEAU 2: SYNTHÈSE DE L'INVENTAIRE VISUEL PAR SÉQUENCE POUR LES RIVERAINS

COMPOSANTES DE L'INVENTAIRE	SÉQUENCES		
	A	B	C
. Champ visuel			
. Composition			
- Avant-plan			
- Second plan			
- Arrière-plan			
. Unités de paysage			
. Position de l'observateur[1]			
. Type général de vue			
. Éléments d'orientation			
. Éléments perturbants			

1: Par rapport à la base de l'écran projeté

TABLEAU 3: SYNTHÈSE DE L'INVENTAIRE VISUEL PAR SÉQUENCE POUR LES USAGERS

COMPOSANTES DE L'INVENTAIRE	SÉQUENCES		
	A	B	C
. Champ visuel			
. Composition			
- Avant-plan			
- Second plan			
- Arrière-plan			
. Unités de paysage			
. Position de l'observateur[1]			
. Type général de vue			
. Éléments d'orientation			
. Éléments perturbants			
. Profil de la route			
. Tracé			

1: Par rapport à la base de l'écran projeté

Chacun de ces facteurs est examiné en détail au moyen d'un certain nombre de paramètres indicatifs de phénomènes visuels qui interviennent et, pour chacun de ces facteurs, un indice est calculé. Par la suite, un indice composite issu des trois indices précédents détermine l'intensité de l'impact visuel de l'écran. Les tableaux 4, 5, 6 et 7 renferment l'ensemble des paramètres considérés.

6.1 MODE DE CALCUL

Il est suggéré de calculer les différents indices en attribuant une valeur à chacun des paramètres telle que: faible = 0, moyenne = 1 et forte = 2*. Il devient alors possible de calculer un indice dont la valeur maximale ne peut dépasser le nombre de paramètres multipliés par deux. En subdivisant en trois l'éventail des résultats possibles pour chacun des indices, on peut alors obtenir une appréciation qualitative systématique de ceux-ci.

Auparavant, il faudra déterminer ce que représente les qualificatifs "faible, moyen ou fort" pour chacun des paramètres.

L'addition de ces valeurs est la plus simple expression du lien qui existe entre les paramètres dans l'appréciation d'un facteur les englobant. Ce n'est cependant pas le seul lien possible mais en l'absence de précision sur sa nature exacte, nous considèrerons l'addition comme généralement capable d'exprimer de façon satisfaisante l'effet résultant de la combinaison de plusieurs paramètres. Il est évident que ce calcul ne remplace pas le jugement de l'analyste et, dans cet esprit, l'emploi de cette méthode et des tableaux qui en découlent, n'est recommandé qu'afin de servir de référence à son évaluation et pour lui permettre d'identifier les paramètres qui agissent le plus.

---

*: Il s'agit en fait de la plus simple transposition mathématique possible des signes conventionnels suivants:
. négatif = moins (-) = faible = 0
. indifférent = neutre (0) = moyen = 1
. positif = plus (+) = fort = 2

Ce calcul n'est utile que pour comparer des qualités visuelles avec d'autres qualités visuelles.

6.2 VISIBILITÉ DE L'ÉCRAN (voir le tableau 4)

La visibilité de l'écran dépend de paramètres qui varient légèrement en fonction du groupe d'observateurs concerné. Les paramètres communs sont la capacité d'absorption du paysage, le nombre d'observateurs et leur type. A cela s'ajoute pour les riverains leur distance par rapport à l'écran et pour les usagers leur vitesse de déplacement.

La figure 3 montre comment interpréter le paramètre "Distance des riverains".

6.3 INTÉRET VISUEL DU PAYSAGE EXISTANT (voir le tableau 5)

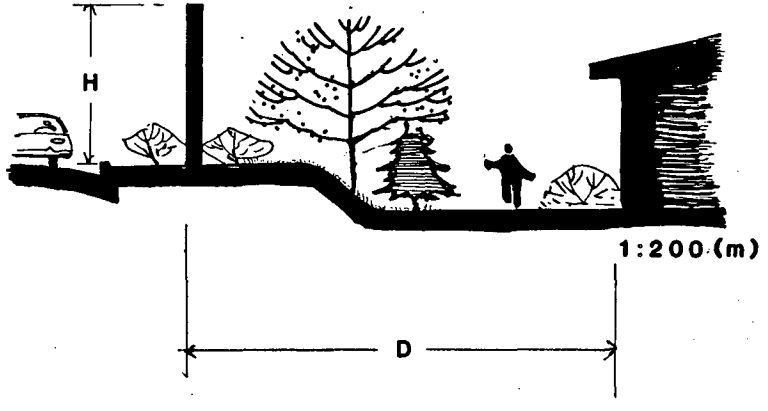
L'intérêt visuelle est le résultat de la composition du paysage et, plus exactement, il reflète le voisinage plus ou moins réussi des éléments qui le compose.

Pour le riverain, l'intérêt est fonction de l'harmonie du paysage existant, celle-ci est déterminée par l'importance et la concordance des points de vues existants ainsi que par l'intensité et la concordance de l'ambiance du paysage.

Pour l'usager, l'intérêt dépend d'abord du dynamisme de la route qui se traduit par la variation du profil et la variété du paysage existant.

Il dépend ensuite de la continuité des séquences visuelles qui se traduit par l'intensité des transitions et des contrastes entre les paysages. Il dépend finalement d'une bonne orientation de la route qui se traduit par la lisibilité de l'image du paysage, par l'importance des éléments ponctuels d'orientation (points de repère, noeuds visuels, bordures, corridors adjacents) ainsi que par la répartition plus ou moins progressive de ces éléments tout au long de son trajet.

La figure 4 illustre la façon d'interpréter le paramètre "Intensité de transition entre les unités".



H: Hauteur de l'écran (en mètres)
D: Distance des riverains de l'écran (en mètres)

si D ⩾ à 60 mètres ou,
si D > à 4 × H
l'impact causé par l'écran est faible

FIGURE 3 : VISIBILITÉ DE L'ÉCRAN
Distance des riverains

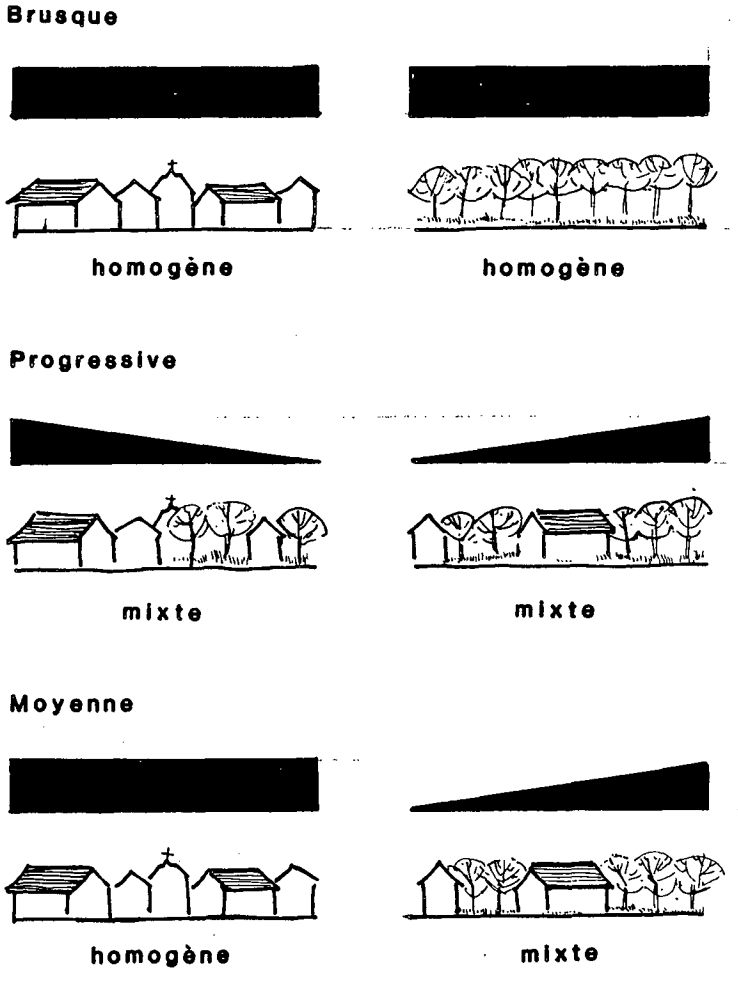


FIGURE 4 : INTÉRÊT VISUEL DU PAYSAGE
Intensite des transitions selon l'utilisation du sol

6.4 VALEUR ATTRIBUÉE AU PAYSAGE EXISTANT (voir le tableau 6)

La valeur attribuée coïncide avec le caractère du paysage en cause. Ce caractère résulte de la qualité de l'organisation du paysage ainsi que de la qualité et de la signification des éléments qui le composent. Ce sont les préférences des observateurs qui servent de base à l'évaluation de l'indice de la valeur attribuée.

6.5 L'INTENSITÉ DE L'IMPACT VISUEL (voir le tableau 7)

L'intensité de l'impact correspond au degré de perturbation des paysages observés avec l'introduction d'un écran sonore. Cette évaluation constitue la synthèse des trois facteurs de base évalués précédemment.

Il faut mentionner ici que la méthode d'évaluation ne tient pas compte de la diminution de l'ensoleillement pour les riverains. Ce facteur peut constituer un impact notable particulièrement en début et fin de journée, et en hiver. Une mention simple à ce sujet devrait être faite dans le rapport.

TABLEAU 4: ÉCRAN SONORE - VISIBILITÉ DE L'ÉCRAN
SÉQUENCE ____

	PARAMÈTRES D'ÉVALUATION		VISIBILITÉ	INDICE	Riv. Sud-est*	Usa. Nord*	Usa. Ouest*	**
					Observateurs			
					Champ visuel			
					Unités de paysage observées			
RIVERAINS	Type (selon durée)	Résidence	Forte	2				
		Travail	Moyenne	1				
		Loisir	Faible	0				
	Type (selon intérêt)	Résidence et loisir	Forte	2				
		Travail	Moyenne	1				
		Travail	Faible	0				
	Densité des riverains	Forte	Forte	2				
		Moyenne	Moyenne	1				
		Faible	Faible	0				
	Distance des riverains mètres (ou hauteur de l'écran X 4)	20	Forte	2				
		20 - 60	Moyenne	1				
		60	Faible	0				
			Maximum	8				
USAGERS	Type (selon fréquence)	Navette	Forte	2				
		Affaire occasionnelle	Moyenne	1				
		Touriste	Faible	0				
	Type (selon intérêt)	Touriste	Forte	2				
		Navette	Moyenne	1				
		Affaire	Faible	0				
	Nombre d'usagers	80 000	Forte	2				
		40 000 - 80 000	Moyenne	1				
		40 000	Faible	0				
	Temps de perception (secondes)	30	Forte	2				
		15 - 30	Moyenne	1				
		15	Faible	0				
			Maximum	8				
	Capacité d'absorption du paysage	Faible	Forte	2				
		Moyenne	Moyenne	1				
		Forte	Faible	0				
Visibilité de l'écran	Forte : > 6							
	moyenne : 4 - 6							
	faible : < 4		Maximum	10				

*: Données inscrites à titre d'exemple
**: Addition possible de colonne pour tout autre groupe pertinent d'observateurs

TABLEAU 5: ÉCRAN SONORE - INTÉRET VISUEL DU PAYSAGE
SÉQUENCE ____

					Observateurs	Riv.	Usa.	Usa.	**
					Champ visuel	Sud-est*	Nord*	Ouest*	
					Unités de paysage observées				
	PARAMÈTRES D'ÉVALUATION			INTÉRET	INDICE				
RIVERAINS	Harmonie du paysage existant	Principaux points de vues	Importance	Forte	2				
				Moyenne	1				
				Faible	0				
			Concordance	Forte	2				
				Moyenne	1				
				Faible	0				
		Ambiance	Intensité	Forte	2				
				Moyenne	1				
				Faible	0				
			Concordance	Forte	2				
				Moyenne	1				
				Faible	0				
USAGERS	Dynamisme	Variation du profil horizontal et vertical		Forte	2				
				Moyenne	1				
				Faible	0				
		Variété du paysage existant		Forte	2				
				Moyenne	1				
				Faible	0				
	Orientation	Lisibilité de l'image traditionnelle locale		Forte	2				
				Moyenne	1				
				Faible	0				
		Importance des éléments d'orientation		Forte	2				
				Moyenne	1				
				Faible	0				
		Approche progressive		Forte	2				
				Moyenne	1				
				Faible	0				
	Continuité	L'intensité des transitions entre les unités	Progressive	Forte	2				
			Moyenne	Moyenne	1				
			Brusque	Faible	0				
		L'intensité des contrastes existants	Faible	Forte	2				
			Moyenne	Moyenne	1				
			Forte	Faible	0				
Intérêt visuel du paysage		RIVERAINS fort : > 5 moyen : 3 - 5 faible : < 3 Maximum: 8		USAGERS fort : > 16 moyen : 8 - 16 faible : < 8 Maximum: 22					

*: Données inscrites à titre d'exemple
**: Addition possible de colonne pour tout autre groupe pertinent d'observateurs

TABLEAU 6: ÉCRAN SONORE - VALEUR ATTRIBUÉE AU PAYSAGE PAR LE MILIEU
SÉQUENCE ___

				Observateurs	Riv.	Usa.	Usa.	**
				Champ visuel	Sud-est*	Nord*	Ouest*	
				Unités de paysage observées				
	PARAMÈTRES D'ÉVALUATION		VALEUR ATTRIBUÉE	INDICE				
Mise en scène	Proportion de sites d'allure convenable		Forte	2				
			Moyenne	1				
			Faible	0				
	Structure		Forte	2				
			Moyenne	1				
			Faible	0				
Éléments patrimoniaux	Superficie concernée		Forte	2				
			Moyenne	1				
			Faible	0				
	Importance de leur reconnaissance		Forte	2				
			Moyenne	1				
			Faible	0				
Éléments symboliques	Superficie concernée		Forte	2				
			Moyenne	1				
			Faible	0				
	Importance de leur reconnaissance		Forte	2				
			Moyenne	1				
			Faible	0				
Unicité			Forte	4				
			Moyenne	2				
			Faible	0				
Vocation	Douce		Forte	4				
	Moyenne		Moyenne	2				
	Dure		Faible	0				
Valeur attribuée au paysage par le milieu	Forte	: > 13						
	Moyenne	: 6 - 13						
	Faible	: < 6	Maximum:	20				

*: Données inscrites à titre d'exemple
**: Addition possible de colonne pour tout autre groupe pertinent d'observateurs

TABLEAU 7: ÉCRAN SONORE - INTENSITÉ DE L'IMPACT VISUEL ENGENDRÉ PAR L'ÉCRAN SONORE

			Observateurs	Riv.	Usa.	Usa.	**
			Champ visuel	Sud-est*	Nord-O*	Ouest*	
			Unités de paysage observées				
PARAMÈTRES D'ÉVALUATION		INTENSITE DE L'IMPACT	INDICE				
Visibilité de l'écran		Forte	2				
		Moyenne	1				
		Faible	0				
Intérêt du paysage		Forte	2				
		Moyenne	1				
		Faible	0				
Valeur attribuée par le milieu visuel		Forte	2				
		Moyenne	1				
		Faible	0				
Intensité de l'impact visuel	fort : > 4						
	moyen : 3 - 4						
	faible : < 3						
		Maximum:	6				

*: Données inscrites à titre d'exemple

**: Addition possible de colonne pour tout autre groupe pertinent d'observateurs

MINISTÈRE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
200, RUE DORCHESTER SUD, 7e
QUÉBEC, (QUÉBEC)
G1K 5Z1

7. MESURE D'INSERTION

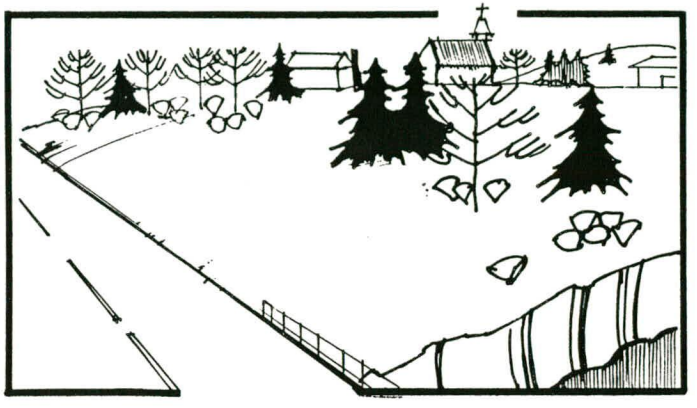
Des mesures visant à insérer l'écran sonore dans le paysage seront recommandées afin d'adoucir, d'atténuer ou de compenser un impact visuel moyen ou fort.

Ces mesures sont localisées sur un plan et accompagnées d'une description des impacts résiduels ainsi que d'une estimation de leur coûts (en terme de pourcentage du coût de l'écran sonore). Ces coûts peuvent être estimés sur la base des coûts unitaires au mètre carré des matériaux majorés de 2,5 afin de tenir compte du coût de la main-d'oeuvre et de l'installation.

A titre d'exemple, l'analyse visuelle peut mener à des recommandations sur la forme, la couleur et la texture de l'écran sonore ainsi que sur l'aménagement paysager de ses abords. L'aménagement paysager englobe le traitement extérieur des remblais, des pentes, des structures de soutènement, le recouvrement des surfaces et les plantations. Les mesures d'insertion sont généralement rédigées de façon sommaire. Les figures 5 et 6 illustrent l'approche empruntée pour établir les mesures d'insertion.

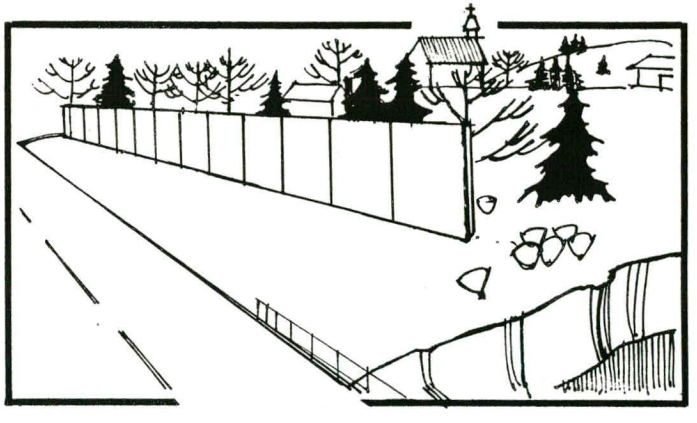
Elles doivent être conformes aux normes de sécurité et de construction en vigueur au ministère des Transports du Québec.

Le ministère des Transports souhaite cependant ne pas être lié, à ce stade-ci de l'étude, à un type de matériau pour la construction de l'écran. Toute recommandation en ce sens, qui ne correspondrait pas à la solution la plus économique devra être accompagnée des justifications appropriées.



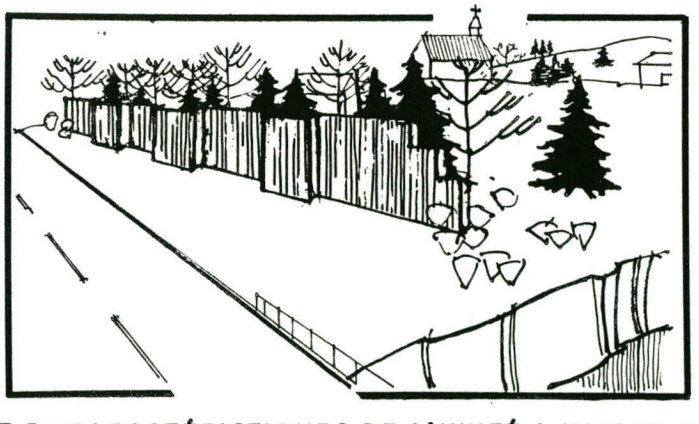
CARACTÉRISTIQUES DE L'UNITÉ A
(pour plan, voir les figures 1 et 2)

- Utilisation du sol résidentielle de densité moyenne
- Végétation de densité moyenne et variée
- Présence d'une rivière
- Relief plat à ondulé
- Vue à attrait et présence d'un élément ponctuel d'orientation



IMPACT ANTICIPÉ

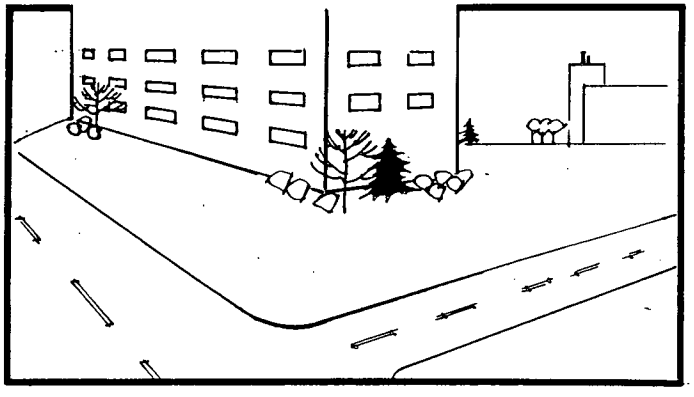
Impact fort dû principalement à la perception amoindrie d'un paysage de grand intérêt visuel et de forte valeur attribuée, causé aux usagers et riverains



MESURES D'ATTÉNUATION

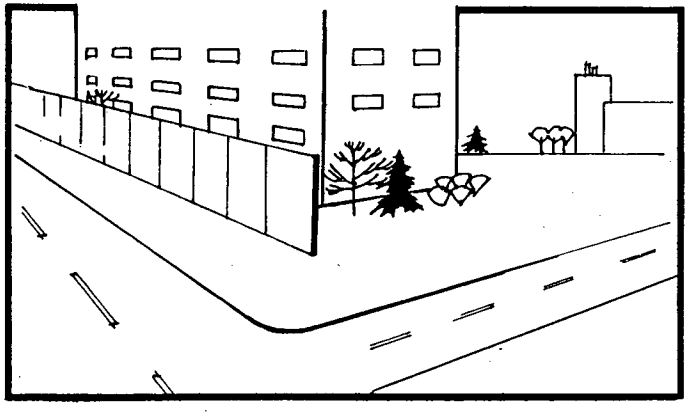
- Écran fortement texturé et non-linéaire
- Ajout de plantations de formes, hauteurs et couleurs variées, surtout du côté des riverains
- Extrémités du mur adoucies grâce à des panneaux de hauteurs décroissantes et à des plantations basses

FIGURE 5 : CARACTÉRISTIQUES DE L'UNITÉ A, IMPACT ANTICIPÉ DE L'ÉCRAN SONORE ET ATTÉNUATION PROPOSÉE



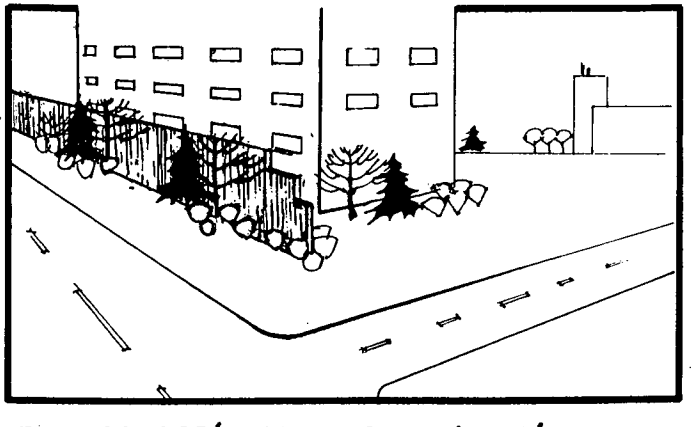
CARACTÉRISTIQUES DE L'UNITÉ B
(pour plan, voir les figures 1 et 2)

- .Utilisation du sol industrielle de densité faible
- .Végétation peu dense
- .Absence de composante hydrographique
- .Vues fermées et sans attraits ni éléments d'orientation



IMPACT ANTICIPÉ

Impact moyen , surtout causé aux usagers , dû principalement à la forte visibilité de l'écran



MESURES D'ATTÉNUATION

- .Écran fortement texturé
- . Ajout de plantations de formes, hauteurs et couleurs variées du côté de la route
- .Extrémités du mur adoucies grâce à des panneaux de hauteurs décroissantes et des plantations basses

FIGURE 6 : CARACTÉRISTIQUES DE L'UNITÉ B,IMPACT ANTICIPÉ DE L'ÉCRAN SONORE ET ATTÉNUATION PROPOSÉE

8. CONTENU DU RAPPORT

Le rapport vise à transmettre un compte rendu à la fois efficace et suffisamment complet de la situation. Pour atteindre cet objectif, le contenu devrait comprendre les éléments suivants:

- une brève description de la méthode (moins d'une page);
- une brève description de la zone d'accès visuel et de ses caractéristiques, à laquelle se rattache une carte;
- un paragraphe indiquant qu'une délimitation d'unités de paysage a été faite, référant à une carte et à quelques photographies et/ou croquis;
- les résultats de l'évaluation des impacts visuels prévus, cette partie contenant pour abréger le texte deux tableaux, l'un faisant la synthèse de l'inventaire visuel par séquence (voir les tableaux 2 et 3) et un second renfermant les résultats eux-mêmes (voir le tableau 7);
- les mesures d'insertion voulues, cette partie étant accompagnée d'une carte localisant les endroits d'application de ces mesures;
- le coût des mesures d'insertion, cette information figurant au chapitre de l'estimation totale du projet;
- un lexique des termes employés pour l'analyse visuelle comme celui joint à la présente méthode (il n'est pas nécessaire cependant de mentionner la traduction anglaise des termes car ici elle ne figure aux définitions qu'à titre d'information complémentaire théorique).

Il est suggéré également d'ajouter au rapport une série de photographies sur lesquelles auront été dessiné une simulation de la présence de l'écran ou, autrement dit, un dessin permettant d'en constater l'envergure et les modifications du paysage qui en découlent. Ces simulations pourraient être effectuées sur des photographies prises de différents points d'observation réparties sur l'ensemble de la zone d'accès visuel et, en particulier, à partir des points d'observation les plus stratégiques; ceci principalement en fonction des riverains. Ces illustrations peuvent être réalisées en respectant les principales règles du dessin de perspective et en repérant sur les photographies originales des points ou des objets aux coordonnées connues (localisation, hauteur, longueur, largeur) qui serviront de référence pour transposer sur les photographies concernées, la forme brute de l'écran telle que spécifiée par l'expertise sonore.

Chacune des simulations produites peut être avantageusement placées avec la photographie originale sur une même page (voir les figures 7 et 8). A défaut de photographies, des croquis peuvent aussi servir à illustrer les principaux sites avant et après l'application des mesures d'insertion.

Il n'est pas nécessaire d'inclure au rapport les tableaux 4, 5 et 6 qui concernent l'accessibilité visuelle, l'intérêt visuelle et la valeur attribuée. Cependant, une copie de ceux-ci contenant les évaluations effectuées doit être transmise à l'architecte paysagiste de la Division du contrôle de la pollution et recherche du Service de l'environnement. Il n'est pas nécessaire de les produire au propre car ils peuvent être transmis tel que complétés au moment de l'analyse.

FIGURE 7: EXEMPLE D'UN MONTAGE SIMPLE DE PHOTOGRAPHIES MONTRANT LE PAYSAGE INITIAL ET LE PAYSAGE AVEC SIMULATION DE PRÉSENCE DE L'ÉCRAN PROJETÉ

Photographie 18: Corridor visuel de l'avenue Argyle vers l'ouest

Photographie 19: Corridor visuel de l'avenue Argyle vers l'ouest avec simulation de présence de l'écran

FIGURE 8: EXEMPLE D'UN MONTAGE ÉLARGI DE PHOTOGRAPHIES MONTRANT LE PAYSAGE INITIAL ET LE PAYSAGE AVEC SIMULATION DE PRÉSENCE DE L'ÉCRAN PROJETÉ

Photographie 4: Paysage sud-ouest vu à partir de la bordure est de l'unité Ta2

Photographie 5: Paysage sud-ouest avec simulation de présence de l'écran vu à partir de la bordure est de l'unité Ta2

ANNEXE 6

MÉTHODE POUR RÉFLEXION

METHODE POUR REFLEXIONS

L'analyse des réflexions se fait en deux étapes.

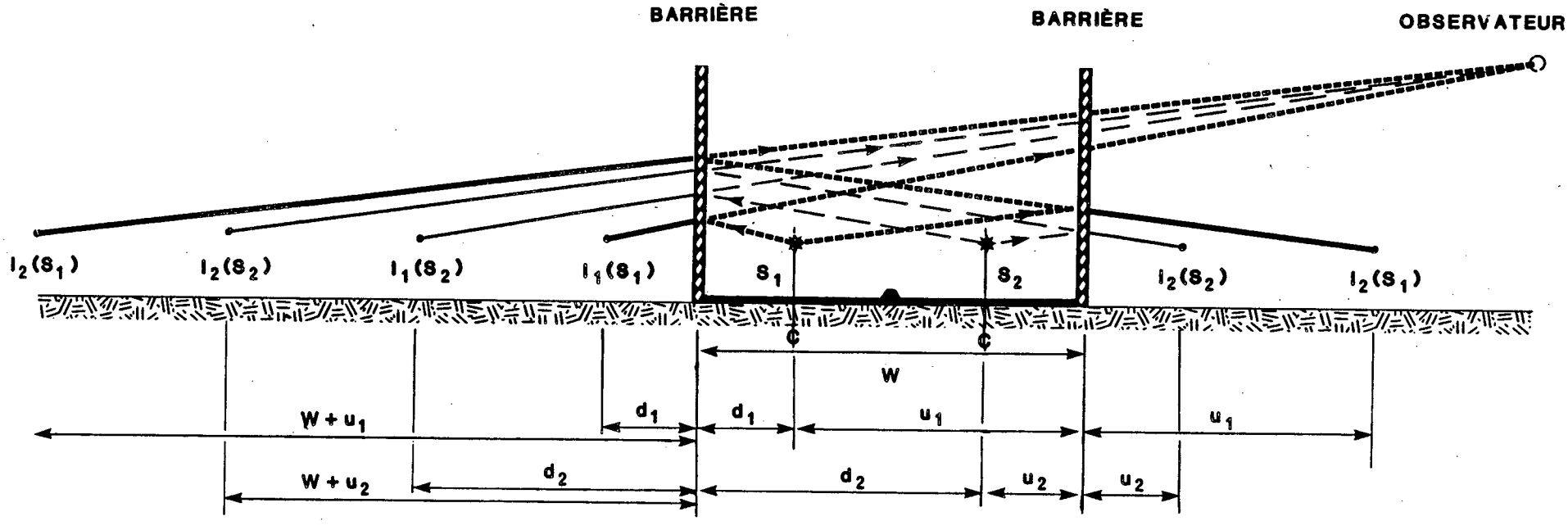
ETAPE 1: LOCALISATION DES SOURCES VIRTUELLES (IMAGES DES SOURCES REELLES)

En présence des écrans acoustiques aménagés de part et d'autre de l'autoroute, la source du bruit routier génère des réflexions multiples; ces dernières créeront ainsi un grand nombre de sources virtuelles. La théorie de l'optique nous a permis de localiser ces images (sources virtuelles) successives d'une source réelle. La construction des deux premières images de chacune des sources réelles (voie est et ouest de l'autoroute) est montrée à la figure 1. La même procédure a été répétée successivement pour les autres images.

La distance entre l'observateur et la source virtuelle j (réflexion d'ordre j) de la source réelle "i" s'exprime par la formule suivante:

$$Dij(Si) = Dn + j(Ui + Di) + Uk \qquad (1)$$

où
- j : ordre de réflexion (j = 0 pour la source réelle et 1 pour la première réflexion)
- Si : source réelle i
- Dn : distance du récepteur à l'écran la plus proche
- Ui : distance de la source réelle (Si) à l'écran le plus éloigné
- Di : distance de la source réelle (Si) à l'écran le plus proche
- Uk : = Ui si j est un nombre impair
  = Di si j est un nombre pair



où | S_i SOURCE RELLE i

$I_i(S_i)$ $i^{ème}$ IMAGE DE LA SOURCE RELLE i

FIGURE 1 LOCALISATION DES SOURCES VIRTUELLES

Pour le cas de deux sources réelles schématisées à la figure 1, les distances entre leurs images et l'observateur se calculent comme suit:

- Voie ouest

$$Dij(S1) = Dn + j(U1 + D1) + Uk \qquad (2)$$

- Voie est

$$Dij(S2) = Dn + j(U2 + D2) + Uk \qquad (3)$$

où J = 1 , n (ordre des réflexions)
ou n = nombre de réflexions

ETAPE 2: CALCUL DE L'ENERGIE DIFFRACTEE A UN RECEPTEUR

L'intensité du niveau sonore à un récepteur est la somme de l'énergie diffractée par les deux sources réelles (voies est et ouest de la route) et leurs réflexions respectives. Elle s'exprime comme suit:

$$Leq = 10 \ Log \ (E(S1, S2) + E(S1j, S2j)) \qquad (4)$$

où E(S1,S2) : Energie diffractée par les deux sources réelles S1 et S2
E(S1j, S2j): Energie diffractée par les réflexions (sources virtuelles) crées par les sources réelles S1 et S2
j : ordre de réflexion (j = 1,n)
n : nombre de réflexions

1. ENERGIE DIFFRACTEE PAR LES SOURCES REELLES

Cette énergie, premier terme à droite de l'équation 4 sera évaluée par le modèle de prévision de bruit Stamina.

2. ENERGIE DIFFRACTEE PAR LES REFLEXIONS (SOURCES VIRTUELLES)

L'intensité de ces sources virtuelles résultantes des réflexions multiples diminue proportionnellement avec la capacité d'absorption des écrans caractérisée par le coefficient de réduction de bruit (NRC). Ce coefficient est la moyenne arithmétique des coefficients d'absorption pour l'ensemble des fréquences du bruit routier soit:

$$NRC = \tfrac{1}{4} \quad ((250Hz) + (500Hz) + (1000Hz) + (2000Hz)) \quad (5)$$

où (250Hz) : coefficent d'absorption pour un bruit de fréquence de 250Hz

En effet, l'énergie de la première réflexion schématisée à la figure 2 s'exprime comme suit:

Energie (réflexion 1) = Energie (onde incidence 1) (1-NRC) ou
Energie (réflexion 1) = Energie (source virtuelle 1) (1-NRC) (6)

En général,
Energie (réflexion d'ordre j) = Energie (source virtuelle d'ordre j) (1-NRC)

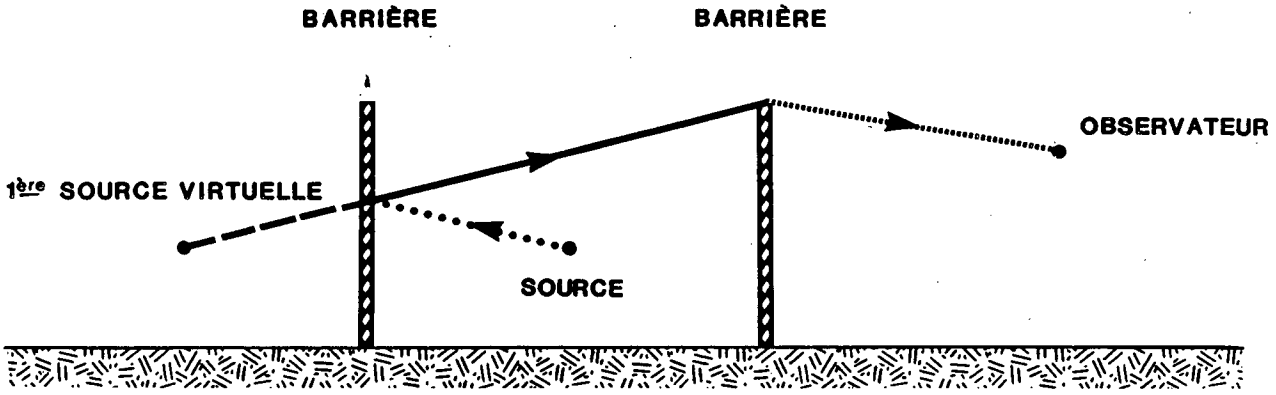
Leqj (diffractée) = 10 Log (Energie (réflexion d'ordre j) - DBj (7)

où DBj est l'atténuation de la réflexion d'ordre j due à la barrière, fonction de la hauteur de l'écran, de la localisation de la source et du récepteur par rapport à l'écran.

L'intensité cumulative des réflexions (sources virtuelles) s'exprime comme suit:

$$\text{Energie diffractée} = 10^{**}(Leq1j/10) + 10^{**}(Leq2j/10) \quad (8)$$

où Leq1j : intensité diffractée de la réflexion d'ordre j provenant de la source S1
Leq2j : intensité diffractée de la réflexion d'ordre j provenant de la source S2



ONDE RÉFLÉCHIE

ONDE INCIDENCE

ONDE DIFFRACTÉE À PARTIR DE L'ONDE RÉFLÉCHIE

FIGURE 2 DESCRIPTION DES ONDES

Afin d'évaluer l'énergie émise et diffractée par les réflexions multiples (sources virtuelles), nous avons construit et inséré dans le modèle de prévision de bruit Stamina 2.0 du FHWA, les routes additionnelles parallèles aux sources réelles (voies de circulation). Ces voies additionnelles représentent ainsi les sources virtuelles. Leur distance par rapport au centre-ligne des voies de l'autoroute est calculée respectivement par les formules (2) et (3).

Ceci nous a permis de réduire le problème de deux écrans parallèles avec réflexions multiples à un problème d'un seul écran.

Les résultats de simulation nous permettent d'évaluer l'énergie émise de chacune des sources virtuelles ainsi que leur énergie cumulative diffractée (DBj). Il est à noter que Stamina ne tient pas compte de l'atténuation des réflexions due à l'absorption de l'écran.

Les équations (6), (7) et (8) nous ont permis enfin d'évaluer pour différents coefficients de réduction de bruit l'atténuation totale d'un système d'écrans parallèles.

ANNEXE 7

PRÉSENTATION ET IMPRESSION DES RAPPORTS

Gouvernement du Québec
Ministère des Transports
Service de l'environnement

PROJET:			DATE:
ADRESSE OU LOCALISATION:			RELEVÉ NO:
DURÉE DE L'ÉCHANTILLONNAGE	DÉBUT: HEURE	FIN: HEURE	
APPAREIL:		ÉTALON NO:	
PRÉ-CALIBRATION: dB(A)		POST-CALIBRATION: dB(A)	
PONDÉRATION	TEMPORELLE: F [ ] S [ ]	FRÉQUENTIELLE: A [ ] L [ ]	

DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES	0 - 6h	6 - 12h	12 - 18h	18 - 24h
HUMIDITÉ RELATIVE (%)				
TEMPÉRATURE (°C)				
VITESSE DES VENT (Km/h)				

CROQUIS:

NOMS DES OPÉRATEURS	SIGNATURES

FEUILLE DE ROUTE #1

Gouvernement du Québec
Ministère des Transports
Service de l'environnement

PROJET:	DATE:
ADRESSE OU LOCALISATION:	RELEVÉ NO:
PÉRIODE: DÉBUT: HEURE FIN: HEURE	

PÉRIODE	Leq(h) dB(A)	L1 (h) dB(A)	L10(h) dB(A)	L50(h) dB(A)	L90(h) dB(A)	L99(h) dB(A)
00:00-01:00						
01:00-02:00						
02:00-03:00						
03:00-04:00						
04:00-05:00						
05:00-06:00						
06:00-07:00						
07:00-08:00						
08:00-09:00						
09:00-10:00						
10:00-11:00						
11:00-12:00						
12:00-13:00						
13:00-14:00						
14:00-15:00						
15:00-16:00						
16:00-17:00						
17:00-18:00						
18:00-19:00						
19:00-20:00						
20:00-21:00						
21:00-22:00						
22:00-23:00						
23:00-24:00						

NOMS DES OPÉRATEURS	SIGNATURES

FEUILLE DE ROUTE #2

Gouvernement du Québec
Ministère des Transports
Service de l'environnement

PROJET:	DATE:
ADRESSE OU LOCALISATION:	RELEVÉ NO:

COMPTAGE DE 10:00 A 11:00 HEURES

ROUTE				
AUTOMOBILES				
CAMIONS INTERMÉDIAIRES				
CAMIONS LOURDS				

ÉVENEMENTS SONORES

HEURE	DURÉE	COMMENTAIRES

NOMS DES OPÉRATEURS	SIGNATURES

FEUILLE DE ROUTE #3

Gouvernement du Québec
Ministère des Transports
Service de l'environnement

ÉVENEMENTS SONORES

HEURE	DURÉE	COMMENTAIRES

NOMS DES OPÉRATEURS	SIGNATURES

FEUILLE DE ROUTE #3a

Gouvernement du Québec
Ministère des Transports
Service de l'environnement

PROJET:	DATE:

ADRESSE OU LOCALISATION:			RELEVÉ NO:
RÉSULTATS:			
Leq : _____ dB(A)	L1 : _____ dB(A)	L10 : _____ dB(A)	
L50 : _____ dB(A)	L90 : _____ dB(A)	L99 : _____ dB(A)	

HEURE	DURÉE	COMMENTAIRES

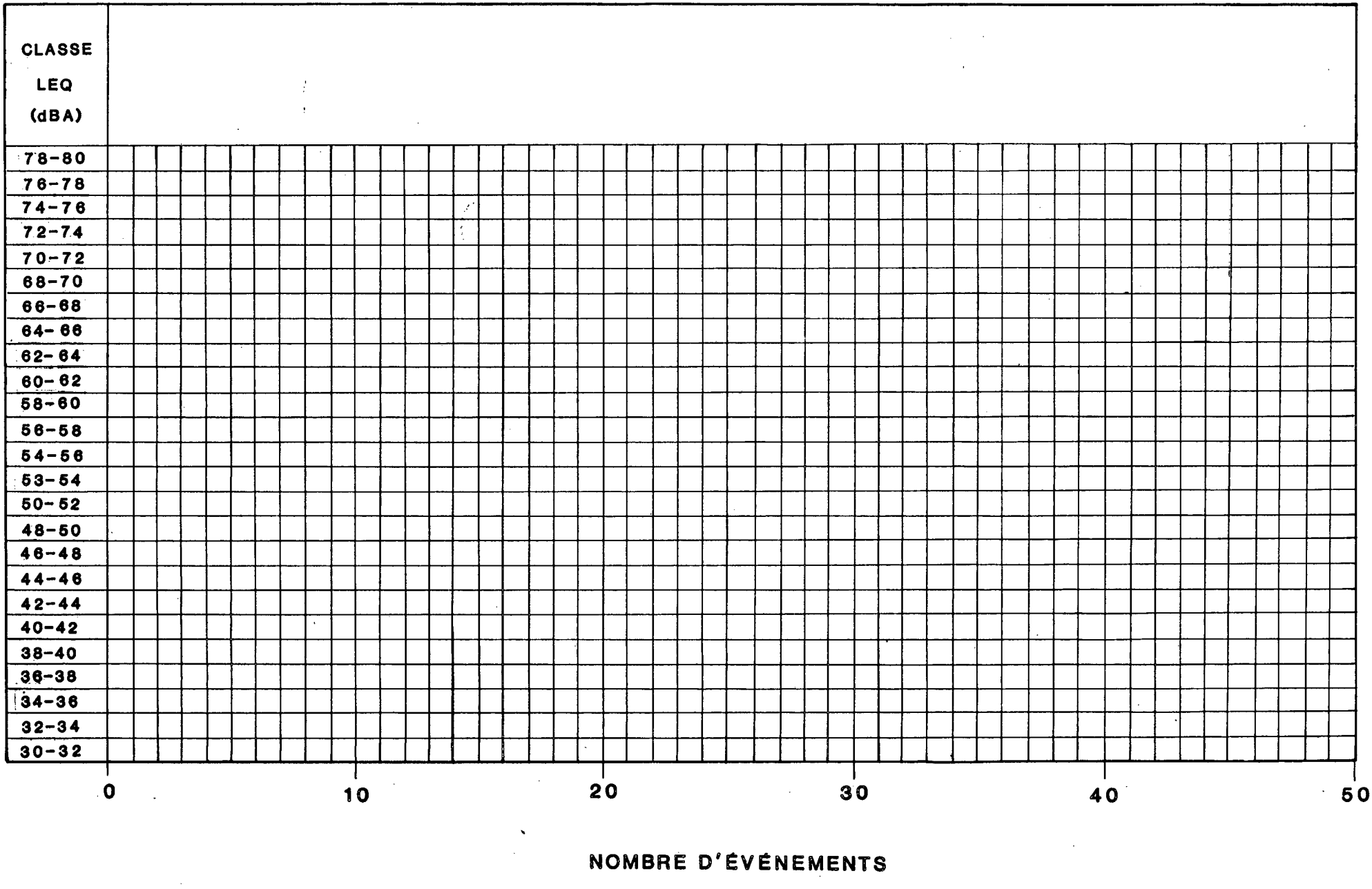
ADRESSE OU LOCALISATION:			RELEVÉ NO:
RÉSULTATS:			
Leq : _____ dB(A)	L1 : _____ dB(A)	L10 : _____ dB(A)	
L50 : _____ dB(A)	L90 : _____ dB(A)	L99 : _____ dB(A)	

HEURE	DURÉE	COMMENTAIRES

ADRESSE OU LOCALISATION:			RELEVÉ NO:
RÉSULTATS:			
Leq : _____ dB(A)	L1 : _____ dB(A)	L10 : _____ dB(A)	
L50 : _____ dB(A)	L90 : _____ dB(A)	L99 : _____ dB(A)	

HEURE	DURÉE	COMMENTAIRES

FEUILLE DE ROUTE #4



FEUILLE DE ROUTE #5

LEXIQUE

Bibliothèque du Ministère des Transports
QTR A 028 280