



**GROUPE SÉGUIN**

Société d'ingénierie

**SOCIÉTÉ D'HABITATION ET DE  
DÉVELOPPEMENT DE MONTRÉAL**

Réalisation d'un plan de développement  
d'ensemble pour le site Contrecoeur

**ÉTUDE DE GESTION DES IMPACTS  
DE LA VIBRATION ASSOCIÉS  
À LA CARRIÈRE LAFARGE**

**RAPPORT FINAL**

N/Réf. : GM-3058

**SOCIÉTÉ D'HABITATION ET DE  
DÉVELOPPEMENT DE MONTRÉAL**

**Réalisation d'un plan de développement  
d'ensemble pour le site Contrecoeur**

**ÉTUDE DE GESTION DES IMPACTS  
DE LA VIBRATION ASSOCIÉS  
À LA CARRIÈRE LAFARGE**

**RAPPORT FINAL**

**N/Réf. : GM-3058**



# SOCIÉTÉ D'HABITATION ET DE DÉVELOPPEMENT DE MONTRÉAL

Réalisation d'un plan de développement  
d'ensemble pour le site Contrecoeur

Étude de gestion des impacts  
de la vibration associés  
à la Carrière Lafarge

## RAPPORT FINAL

N/Réf. : GM-3058

Préparé par:

  
Isabelle Thibault, ing. jr

Approuvé par:

  
René Séguin, ing.

LE GROUPE SÉGUIN EXPERTS-CONSEILS INC.  
13200, boul. Métropolitain Est  
Montréal (Québec) H1A 5K8  
Tél.: (514) 642-8422

Émis le 22 juin 2005



## TABLE DES MATIÈRES

	<b>Page</b>
<b>1.0 INTRODUCTION .....</b>	<b>1</b>
<b>2.0 MÉTHODOLOGIE.....</b>	<b>1</b>
<b>3.0 IMPACT VIBRATOIRE.....</b>	<b>1</b>
<b>4.0 IMPACTS ACOUSTIQUES .....</b>	<b>3</b>
<b>5.0 INCIDENCES MONÉTAIRES.....</b>	<b>4</b>
<b>6.0 CONCLUSION .....</b>	<b>4</b>
ANNEXE 1 ÉTUDE DÉTAILLÉE DE LA GESTION DES IMPACTS DE LA VIBRATION ASSOCIÉS À LA CARRIÈRE LAFARGE ÉMISE PAR LVM-FONDATEC	



## **1.0 INTRODUCTION**

La Société d'habitation et de développement de Montréal désire développer et mettre en valeur le site Contrecoeur situé à l'est de l'Arrondissement Mercier/Hochelaga-Maisonneuve. Cependant, le projet est situé en bordure de la Carrière Lafarge qui est une source potentielle de bruits et de vibrations.

Compte tenu que les activités de la carrière peuvent être contraignantes pour le futur développement, la Société d'habitation et de développement de Montréal a mandaté le Groupe Séguin experts-conseils inc. pour la réalisation d'une étude de gestion des impacts de la vibration associés à la Carrière Lafarge. Les services de LVM-Fondatec ont été retenus par le Groupe Séguin pour l'analyse des impacts vibratoires et acoustiques et pour établir les mesures de mitigation à apporter aux futurs bâtiments.

## **2.0 MÉTHODOLOGIE**

L'étude de vibration est divisée en deux (2) volets, soit une analyse exhaustive des rapports antérieurs quant à l'impact vibratoire du dynamitage et une analyse des nuisances sonores associées aux activités de la Carrière.

À partir des résultats obtenus, des recommandations sont proposées concernant la construction des bâtiments et l'aménagement du site Contrecoeur.

## **3.0 IMPACT VIBRATOIRE**

Pour fins d'analyse, seules les activités de dynamitage ont été retenues puisque les autres activités d'exploitation de la Carrière sont moins sujettes à produire des dommages physiques aux édifices.

L'impact des vibrations sur les bâtiments est qualifié par la vitesse particulière ( $V_p$ ) qui se définit comme étant la vitesse à laquelle se déplace une particule du sol lors du passage de l'onde vibratoire. Elle est exprimée en millimètre par seconde.



Ainsi, trois (3) valeurs ont été retenues pour établir les seuils dommageables, soit:

- 5 mm/s (seuil des plaintes occasionnelles);
- 20 mm/s (seuil des dommages mineurs ou cosmétiques);
- 50 mm/s (seuil des dommages majeurs ou structuraux).

Actuellement, les activités de la Carrière Lafarge sont éloignées du site Contrecoeur et risquent peu de causer des dommages mineurs ou majeurs. Par contre, à long terme, l'exploitation de la Carrière se trouvera en bordure du projet à l'étude et les risques d'endommagement seront plus élevés. L'estimation des vitesses particulières démontre que, lorsque les activités de la Carrière seront en bordure du site Contrecoeur, la zone commerciale sera probablement sollicitée structurellement ( $V_p \geq 50$  mm/s) et la zone résidentielle risque de subir des dommages mineurs et cosmétiques ( $5$  mm/s  $\geq V_p \geq 20$  mm/s). Le nombre de plaintes pourrait aussi être élevé.

Pour minimiser ces impacts en raison de la vibration causée par le dynamitage, il convient de recourir à des dispositions de constructions pour les futurs bâtiments.

Le Code de construction du Québec exige que tout bâtiment puisse résister aux séismes moyens sans subir de dommages importants à leur ossature. Selon l'étude émise par LVM-Fondatec, les vibrations causées par les opérations de la Carrière sont inférieures aux sollicitations d'un séisme moyen.

Pour minimiser les dommages mineurs et esthétiques, LVM-Fondatec propose des mesures d'atténuations commerciales et résidentielles et des recommandations spécifiques pour les bâtiments commerciaux, pour les bâtiments résidentiels en zone résidentielle et pour les bâtiments résidentiels en zone commerciale. Les recommandations et mesures d'atténuation s'appliquent notamment aux assises de fondation, au type de béton des fondations, au renforcement des cloisons sèches, au contreventement et sur la maçonnerie.

Dans le cas où des bâtiments résidentiels seraient érigés dans le secteur prévu commercial, d'autres mesures de mitigation s'ajoutent, soit l'isolation des fenêtres et l'installation de linteaux dans les murs de fondation.



## 4.0 IMPACTS ACOUSTIQUES

À partir des activités bruyantes de la Carrière, une modélisation informatique de la propagation du bruit a été réalisée par LVM-Fondatec. Cette modélisation a été validée par des relevés terrains.

Pour établir les niveaux de bruit dans le projet du site Contrecoeur, le scénario où les activités de la Carrière seront rapprochées du projet a été retenu. Ainsi, la modélisation a permis d'établir que les niveaux de bruits dans la future zone commerciale seront de 53 dBA et de 48 dBA dans la future zone résidentielle.

Selon le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, les niveaux de bruits acceptables pour la zone commerciale devraient être de 55 dBA et de 45 dBA en zone résidentielle.

Tandis que la Ville de Montréal exige que le niveau sonore normalisé maximal doit être inférieur à 57 dBA le jour et à 47 dBA la nuit, pour la Ville de Montréal, la période diurne débute à 7 h 00. Hors, la Carrière débute ses activités à 6 h 00. Donc, le seuil acceptable retenu pour les exigences de la Ville de Montréal est de 47 dBA.

Sans le cas où le site Contrecoeur est divisé en deux (2) zones (commerciale et résidentielle), LVM-Fondatec précise qu'un écran antibruit ou une butte de 6 mètres de hauteur doit être mis en place entre la Carrière et la zone commerciale afin de ramener le niveau de bruit provenant de la carrière à un seuil acceptable estimé de 45 dBA. Une étude détaillée de la disposition des bâtiments de la zone commerciale pourrait possiblement éviter la construction d'un écran antibruit ou d'une butte.

Dans le cas où le site Contrecoeur est entièrement zoné résidentiel, les mesures d'atténuations du bruit dépendent de la hauteur des bâtiments projetés.

Ainsi, LVM-Fondatec précise qu'un écran de 6 mètres de hauteur serait suffisant pour obtenir les niveaux sonores exigés par la réglementation de la Ville de Montréal pour des bâtiments à un étage construits près de la carrière. Dans le cas où les édifices en bordure de la carrière sont de deux (2) étages, un écran de 7,4 mètres sera requis.



## **5.0 INCIDENCES MONÉTAIRES**

Les mesures de mitigation à inclure aux résidents et aux bâtiments commerciaux ont une incidence sur le coût de construction de ces édifices. Nous évaluons ce coût à plus ou moins 10 % du coût total des bâtiments.

La construction de l'écran acoustique avec un remblai de terre sur une longueur de 950 mètres représente un investissement de l'ordre de 600 000,00 \$.

## **6.0 CONCLUSION**

Ce rapport a présenté les grandes lignes et recommandations de construction pour les impacts vibratoires et acoustiques associés à la carrière Lafarge. L'étude détaillée rédigée par LVM-Fondatec pour le Groupe Séguin experts-conseils est jointe en annexe.





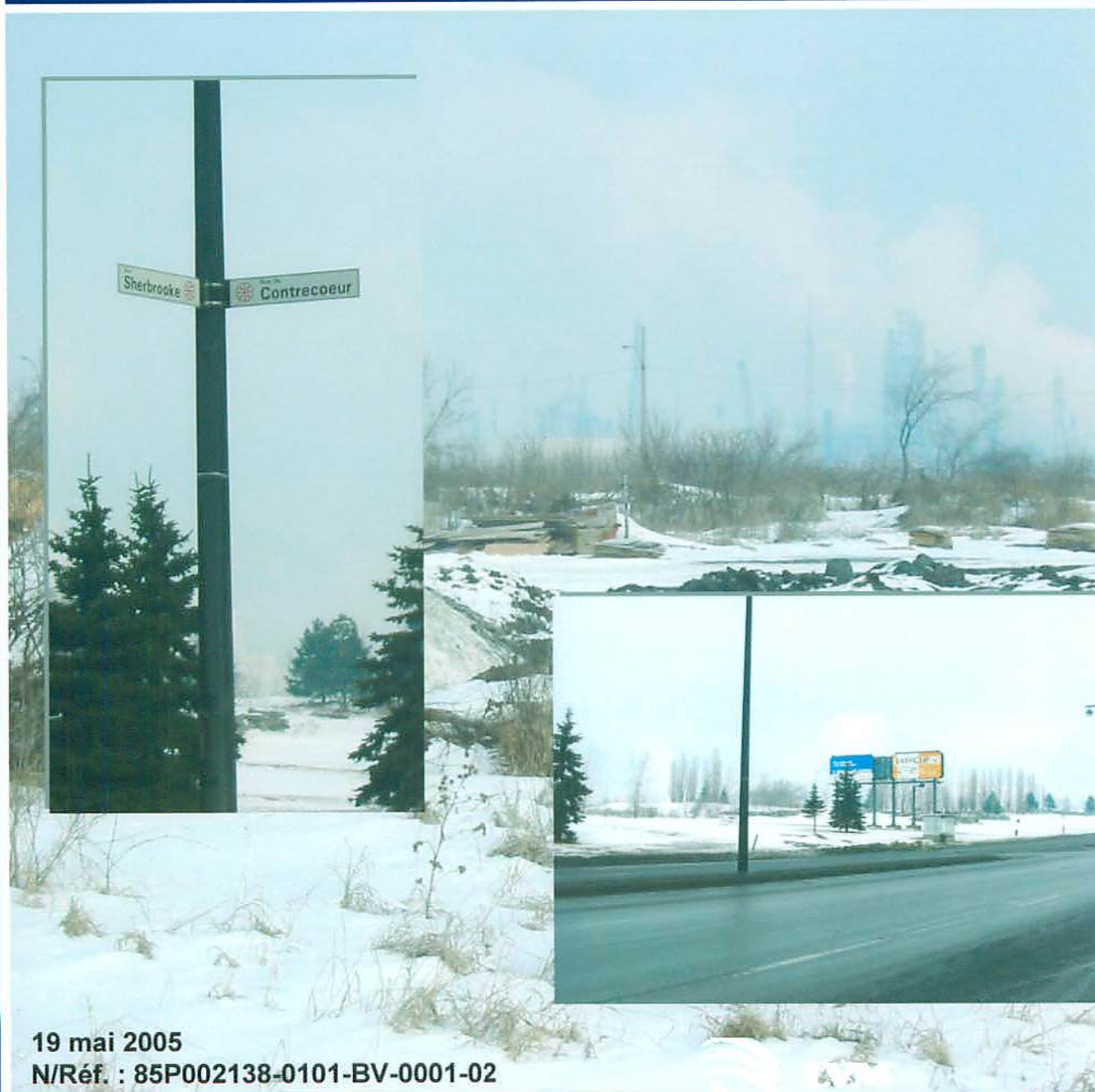
## **ANNEXE 1**

---

# **ÉTUDE DÉTAILLÉE DE LA GESTION DES IMPACTS DE LA VIBRATION ASSOCIÉS À LA CARRIÈRE LAFARGE ÉMISE PAR LVM-FONDATEC**

# Étude de gestion des impacts de la vibration associés à Carrière Lafarge Projet Contrecoeur, Montréal

## Acoustique et Vibration Rapport final



19 mai 2005

N/Réf. : 85P002138-0101-BV-0001-02

**Étude de gestion des impacts  
de la vibration associés à  
Carrière Lafarge – Projet  
Contrecœur, Montréal**

Acoustique et vibration

Rapport final

19 mai 2005  
N/Réf. : 085 P002138-0101-BV-0001-02


# Étude de gestion des impacts de la vibration associés à Carrière Lafarge Projet Contrecœur, Montréal

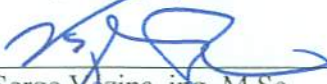
## Acoustique et vibration

### Rapport final

Préparé par :   
Joris Brun-Berthet, Ph. D.  
Acoustique

  
Christian Renault, ing., M. Sc.  
Service Structure - Bâtiments

Approuvé par :   
Dominique Leclerc, ing. sr  
Chargée de projet

  
Serge Vezeina, ing. M.Sc.  
Vice-président Ingénierie - Grands projets  
Service Structure - Bâtiments

LVM-Fondatec inc.  
8320, rue Pauline-Vanier  
Anjou (Québec) H1J 3B5  
Téléphone : 514-355-3512 / 355-2095  
Télécopieur : 514-355-0108  
montreal@lvmfondatec.com

Registre des révisions et émissions		
N° de révision	Date	Description de la modification et/ou de l'émission
00	16/03/2005	Rapport final
01	06/05/2005	Étude vibratoire et acoustique complémentaire en annexe
02	19/05/2005	Intégration des derniers commentaires

*Ce document d'ingénierie est l'œuvre de LVM-Fondatec et est protégé par la loi. Il est destiné exclusivement aux fins qui y sont mentionnées. Toute reproduction ou adaptation, partielle ou totale, est strictement prohibée sans avoir obtenu au préalable l'autorisation écrite de LVM-Fondatec.*

19 mai 2005

N/Réf. : 085 P002138-0101-BV-0001-02

# TABLE DES MATIÈRES

	Page
<b>1. INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
1.1 PROBLÉMATIQUE.....	1
1.2 ZONE D'ÉTUDE .....	1
<b>2. MÉTHODOLOGIE EMPLOYÉE .....</b>	<b>3</b>
<b>3. NUISANCES ASSOCIÉES AUX ACTIVITÉS DE LA CARRIÈRE SUR LE SITE CONTRECŒUR.....</b>	<b>4</b>
3.1 ACTIVITÉS DE DYNAMITAGE .....	4
3.1.1 Hypothèses de travail .....	4
3.1.2 Mesures.....	5
3.1.3 Analyse des données.....	6
3.2 NUISANCES SONORES.....	8
3.2.1 Activités bruyantes de la carrière Lafarge .....	9
3.2.2 Modélisation des niveaux sonores sur le site Contrecœur .....	9
<b>4. MESURES D'ATTÉNUATION.....</b>	<b>13</b>
4.1 VIBRATOIRE .....	13
4.1.1 Type de dommages possibles.....	13
4.1.2 Critère de vibration .....	13
4.1.3 Vibrations probables dans les secteurs commercial et résidentiel du projet Contrecœur.....	14
4.1.4 Types de bâtiments projetés pour le projet Contrecœur.....	14
4.1.5 Mesures de mitigation – dispositions de construction .....	14
4.1.6 Dispositions de construction additionnelles pour les bâtiments commerciaux.....	19
4.1.7 Dispositions de construction additionnelles pour les bâtiments résidentiels .....	20
4.2 ACOUSTIQUE.....	21
4.2.1 Valeurs guides.....	21
4.2.2 Mesures d'atténuation acoustiques .....	23
<b>5. CONCLUSION .....</b>	<b>26</b>

## TABLE DES MATIÈRES

Page

### LISTE DES FIGURES

Figure 1 :	Plan du site Contrecœur .....	2
Figure 2 :	Scénario d'évaluation permettant de calculer le niveau de bruit maximal .....	11
Figure 3 :	Climat sonore en fonction des activités d'exploitation de la carrière autres que le dynamitage .....	12
Figure 4 :	Armature additionnelle autour des ouvertures des fenêtres et des portes .....	16
Figure 5 :	Linteau d'acier au-dessus d'une ouverture dans un mur de fondation .....	17
Figure 6 :	Renforcement des coins des murs .....	17
Figure 7 :	Brique qui se pose sans mortier .....	18
Figure 8 :	Vue en plan d'un côté d'une fenêtre .....	20
Figure 9 :	Coussin antivibratile sur le mur de fondation .....	21
Figure 10 :	Butte antibruit proposée .....	24

### LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 :	Limites prescrites pour l'opérateur de la carrière et acceptées par le producteur, les villes adjacentes à la carrière et la raffinerie Shell .....	5
Tableau 2 :	Mesures de vibration et de surpression lors des dynamitages .....	6
Tableau 3 :	Niveaux de vibration mesurés lors d'un essai effectué par le laboratoire de la ville de Montréal .....	6
Tableau 4 :	Distance estimée en fonction du modèle retenu par Géophysique Sigma inc. ....	7
Tableau 5 :	Niveaux de puissance des sources de bruit utilisés dans le modèle .....	10

### LISTE DES ANNEXES

Annexe 1	Évaluation des mesures de vibration effectuées à la carrière Lafarge - Géophysique Sigma inc.
Annexe 2	Complément vibratoire
Annexe 3	Étude acoustique complémentaire
Annexe 4	Relevés de terrain – Mesure du 21 avril 2005

# **1. INTRODUCTION**

---

## **1.1 PROBLÉMATIQUE**

Les services professionnels de LVM-Fondatec inc. ont été retenus par le Groupe Séguin experts-conseils pour la réalisation d'une étude de gestion des impacts de la vibration associés à la Carrière Lafarge dans le cadre du développement et de la mise en valeur du site Contrecœur situé dans l'est de la Ville de Montréal. Ce site est situé près de la Carrière Lafarge qui est une source potentielle de vibration et de bruit, d'autant plus qu'un agrandissement de la zone d'exploitation de la carrière en direction du site Contrecœur est prévu.

La firme LVM-Fondatec a été mandatée pour réaliser cette étude de gestion des impacts. Les objectifs de l'étude sont de :

- résumer les études déjà réalisées sur les campagnes de mesure concernant les activités de la carrière;
- déterminer les risques vibratoire et acoustique associés dans le secteur du site Contrecœur;
- faire des recommandations pour la construction des bâtiments et l'aménagement du site.

## **1.2 ZONE D'ÉTUDE**

La zone d'étude du site Contrecœur est située dans l'arrondissement Mercier-Hochelaga-Maisonneuve et est délimitée par la rue Sherbrooke au sud, la limite sud de l'arrondissement Anjou au nord, les rues Jacques-Poirier, Paul-Pau et Eugène-Achard à l'ouest, et la carrière Lafarge à l'est. Le site a une superficie approximative de 376 000 mètres carrés, divisée en deux zones. La première, d'une superficie d'environ 226 000 mètres carrés, est vouée à une utilisation résidentielle. La deuxième, d'une superficie d'environ 150 000 mètres carrés, serait affectée au développement commercial. Une vue d'ensemble de la zone d'étude est illustrée à la figure 1.

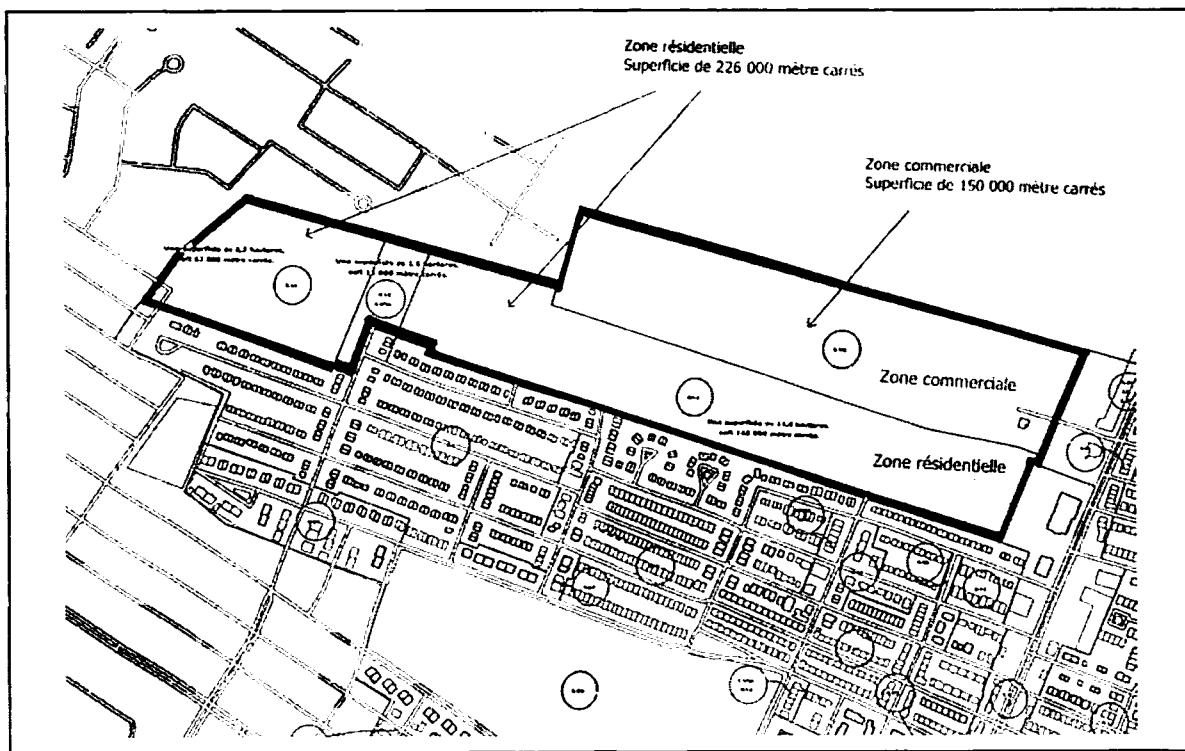


Figure 1 : Plan du site Contrecœur



## **2. MÉTHODOLOGIE EMPLOYÉE**

---

Dans un premier temps, une analyse exhaustive des rapports d'opération de la carrière Lafarge sur les activités de dynamitage entre 2001 et 2003 est présentée. Les rapports techniques de suivi, au niveau des vibrations et surpressions pour les opérations de dynamitage de la carrière en 2001 et 2002, ont été analysés par Géophysique Sigma inc. L'analyse de Géophysique Sigma inc. est un document en trois volets, présenté en février, mars et avril 2004 et reporté à l'annexe 1. Ce document comprend aussi les résultats d'un essai de vibration réalisé en 2000 par le laboratoire de la ville de Montréal ainsi que des recommandations quant à l'extension future de la zone d'exploitation de la carrière. Le rapport technique de suivi de 2003 a été fourni en mars 2004 directement à LVM-Fondatec pour complément d'information. L'analyse de tous ces documents a permis de définir l'exposition du site Contrecœur aux activités de dynamitage.

Dans un deuxième temps, une étude des nuisances sonores provenant des activités d'exploitation de la carrière autres que le dynamitage est présentée. Ces nuisances sont évaluées à l'aide d'un modèle acoustique sommaire.

Par la suite, en fonction des résultats obtenus, des recommandations constructives ont été proposées. Celles-ci permettront de réduire les impacts des activités de la carrière dans les nouveaux développements résidentiel et commercial du site Contrecœur.

### **3. NUISANCES ASSOCIÉES AUX ACTIVITÉS DE LA CARRIÈRE SUR LE SITE CONTRECŒUR**

---

Par sa proximité avec la carrière Lafarge, le site Contrecœur est exposé aux vibrations et aux bruits inhérents aux activités de la carrière. L'étude suivante est présentée en deux parties : premièrement les nuisances reliées aux activités de dynamitage évaluées à partir de la documentation disponible, et deuxièmement les nuisances reliées aux activités autres que le dynamitage évaluées à partir d'un modèle reposant sur des hypothèses les plus défavorables d'exploitation de la carrière pour le site d'intérêt.

#### **3.1 ACTIVITÉS DE DYNAMITAGE**

Cette section présente l'analyse d'une étude provenant de la firme Géophysique Sigma inc. Tel que mentionné auparavant, cette étude est présentée en trois volets émis respectivement en février, mars et avril 2004 et comprenant :

- des analyses de mesures systématiques de vibration et de surpression effectuées pour le compte du propriétaire et exploitant de la carrière Lafarge Canada et correspondant au suivi des activités de dynamitage des années 2001 et 2002;
- un essai de vibration effectué par le laboratoire de la ville de Montréal en novembre 2000;
- des recommandations pour l'agrandissement de la carrière.

##### **3.1.1 Hypothèses de travail**

L'analyse effectuée par Géophysique Sigma inc. repose sur l'hypothèse selon laquelle l'épaisseur des matériaux meubles est faible dans la zone à développer. Cette hypothèse ne provient pas de données géotechniques, mais d'informations verbales échangées.

Les données disponibles sont uniquement des données relatives au dynamitage. Il a été considéré dans l'étude de Géophysique Sigma inc. que les activités d'exploitation de la carrière autres que le dynamitage sont moins sujettes à produire des dommages physiques aux édifices.

Actuellement. Carrière Lafarge s'est engagée à mettre en œuvre les moyens adéquats permettant de réduire les vibrations et surpressions des activités de dynamitage aux limites décrites dans le tableau 1 ci après. Les limites définies dans ce tableau font appel à la vitesse particulière définie comme étant la vitesse de déformation du sol, c'est-à-dire la vitesse à laquelle se déplace une particule du sol lors du passage de l'onde vibratoire. Ces limites ont aussi été acceptées en 2001 par les villes adjacentes à la carrière et par la raffinerie Shell.

**Tableau 1 : Limites prescrites pour l'opérateur de la carrière et acceptées par le producteur, les villes adjacentes à la carrière et la raffinerie Shell**

	Près des résidences	Axe rue Sherbrooke	Dans la raffinerie
Vibration (VPR) <sup>(1)</sup>	5 mm/s	5 mm/s	5 mm/s <sup>(2)</sup>
Surpression	110 dB	115 dB	130 dB

(1) : VPR : Vitesse particulière résultante en mm/s.

(2) : À proximité de l'usine des huiles lubrifiantes située sur le site de la raffinerie Shell.

Toutefois, dans l'étude de Géophysique Sigma inc., la limite de vitesse particulière résultante (VPR) pour les dommages mineurs (cosmétiques) a été établie à 20 mm/s compte tenu des fréquences (entre 11 et 20 Hz) observées sur les mesures de 2001 et 2002. La limite pour les dommages structuraux a été établie à 50 mm/s. Ces critères ont donc été retenus pour les recommandations de construction.

### 3.1.2 Mesures

Des mesures ont été effectuées systématiquement pour chacun des dynamitages réalisés par la carrière. Le tableau 2 présente les valeurs des niveaux de vibration et de surpression moyens et maximaux mesurés entre 2001 et 2003.

**Tableau 2 : Mesures de vibration et de surpression lors des dynamitages**

		Vibration		Surpression	
		Moyenne	Maximale	Moyenne	Maximale
2001	Ensemble des résidences	3,0 mm/s	8,4 mm/s	112 dB	118 dB
	Bordure de la raffinerie	25,6 mm/s	68,0 mm/s	123 dB	135 dB
2002	Ensemble des résidences	3,7 mm/s	5,4 mm/s	110 dB	117 dB
	Bordure de la raffinerie	31,9 mm/s	63,5 mm/s	115 dB	136 dB
2003	Ensemble des résidences	2,7 mm/s	3,6 mm/s	109 dB	121 dB
	Bordure de la raffinerie	23,1 mm/s	49,5 mm/s <sup>(1)</sup>	129 dB	134 dB

(1) Une mesure à 76,3 mm/s a été jugée non valide suite à la mauvaise installation du capteur.

De plus, en complément des données des mesures systématiques effectuées par le propriétaire de la carrière, un essai de vibration a été effectué en 2000 par le laboratoire de la ville de Montréal. Les résultats de cet essai sont reportés au tableau 3.

**Tableau 3 : Niveaux de vibration mesurés lors d'un essai effectué par le laboratoire de la ville de Montréal**

Station de mesure	Propriétaire	Position	Distance (mètre)	VPR (mm/s)
1	Ville de Montréal	Entre la carrière et le boulevard Métropolitain	228	9,5
2			340	5,9
3			610	2,4
4	Lafarge	Shell	221	6,7
5		9190, rue Rousseau	1112	1,4
6		9134, rue Gabrielle-Roy	897	3,3
7		6803, Chemin Goulet	717	1,4
8		7221, rue Desprez (sol)	818	2,4
9		7221, rue Desprez (solage)	818	1,5

### 3.1.3 Analyse des données

Des analyses ont été effectuées à partir des mesures disponibles. Les mesures utilisées sont celles qui ont été jugées les plus représentatives de la zone d'intérêt du site Contrecœur d'après Géophysique Sigma inc., c'est-à-dire :

- la série de mesures effectuées près de la raffinerie (Shell 2001);
- la série de mesures provenant de l'essai du laboratoire de la ville de Montréal (Montréal 2000).

Une analyse statistique par régression linéaire des données expérimentales a été faite afin de définir une loi (équation mathématique) entre le niveau de vibration (VPR) et la distance scalaire entre l'emplacement du dynamitage et le point de mesure. La distance scalaire est la distance divisée par la racine carrée de la charge maximale. Pour chacune des séries de mesures choisies, des équations ont été définies avec plusieurs niveaux de confiance statistique.

Dans l'étude de Géophysique Sigma inc., l'analyse et les recommandations ont été faites en prenant en compte les niveaux de confiance statistique de 50 % et 65 % pour les séries de mesures considérées lesquels, par conséquent, établissent quatre équations : « Shell 2001 - 50% », « Shell 2001 - 65% », « Montréal - 50% » et « Montréal - 65% ». Finalement, comme les recommandations pour l'agrandissement de la zone d'exploitation ont été faites à partir des résultats de « Montréal - 50% », nous prendrons ces valeurs comme référence dans nos recommandations de construction.

Les résultats avec une charge maximale par délai de 90 kg sont reportés dans le tableau 4.

**Tableau 4 : Distance estimée en fonction du modèle retenu par Géophysique Sigma inc.**

VPR (mm/s)	Distance du dynamitage (mètre) Montréal - 50% (2000)
5	397
10	243
15	183
20	149
25	127
30	112
35	100
40	91
50	78

En vérifiant les mesures effectuées en 2003, lesquelles n'ont pas été transmises à Géophysique Sigma inc. pour l'analyse, on constate que le niveau de vibration maximal mesuré en bordure de la raffinerie est de 49,5 mm/s, et que cette mesure a été effectuée à une distance de 80 mètres entre le dynamitage et le récepteur (tableau 2). Cette valeur correspond environ à la valeur estimée dans le tableau 4 par l'équation retenue par Géophysique Sigma inc.

Pour conclure, d'après les valeurs du tableau 4 :

- lorsque la distance entre le récepteur et le lieu du dynamitage est inférieure à 397 mètres, il est probable que le niveau de vibration soit supérieur à 5 mm/s (seuil des plaintes occasionnelles):
- lorsque la distance entre le récepteur et le lieu du dynamitage est inférieure à 149 mètres, il est probable que le niveau de vibration soit supérieur à 20 mm/s (seuil de dommages mineurs ou cosmétiques):
- lorsque la distance entre le récepteur et le lieu du dynamitage est inférieure à 78 mètres, il est probable que le niveau de vibration soit supérieur à 50 mm/s (seuil de dommages sérieux ou structuraux):

En fonction de ces résultats, Géophysique Sigma inc. recommande de restreindre la zone d'exploitation de la carrière. La figure 7 en dernière page de l'annexe I représente la limite d'exploitation proposée permettant de maintenir l'intensité des vibrations à un niveau acceptable (inférieur à 10 mm/s). Toutefois, puisque les distances entre la future zone d'exploitation de la carrière et la zone d'intérêt du site Contrecœur pourront être inférieures à 80 mètres, il est probable que la zone commerciale soit exposée à des niveaux de vibration supérieurs ou égaux à 50 mm/s. Cela est confirmé avec les relevés effectués en bordure de la raffinerie Shell. De plus, il est probable que la zone résidentielle soit exposée à des niveaux supérieurs à 5 mm/s, donc que le nombre de plaintes soit plus important et que le seuil de dommages mineurs soit atteint.

### **3.2 NUISANCES SONORES**

Cette section sert à quantifier les nuisances sonores du site Contrecœur provenant des activités liées à l'exploitation de la carrière autres que le dynamitage. La situation la plus défavorable a été étudiée.

### 3.2.1 Activités bruyantes de la carrière Lafarge

L'évaluation du niveau de bruit généré par la carrière a été réalisée à partir des données fournies par monsieur Ronald Lauzon, directeur des opérations des carrières Lafarge Groupe Matériaux, dans le courrier du 2 mars 2005. Ces données ont été complétées lors d'une rencontre avec LVM-Fondatec le 10 mars 2005.

La carrière est en production de 6 h 00 à 23 h 00 du lundi au vendredi. Le chargement des camions des clients se fait entre 6 h 00 et 18 h 0 du lundi au vendredi, entre 6 h 00 et 12 h 00 (midi) le samedi, et exceptionnellement le samedi après-midi et le dimanche.

Le dynamitage se fait entre 14 h 30 et 15 h 30 à partir du mois d'avril et jusqu'au mois de novembre, à raison d'environ 1.5 dynamitage par semaine. Aucun dynamitage n'est réalisé les samedis et dimanches.

Pour les activités autres que le dynamitage, les équipements suivants sont en opération :

- système de concassage primaire et secondaire avec tamis (un primaire et trois secondaires);
- trois chargeurs Cat 980 pour le chargement;
- un chargeur Cat 988 pour la mise en pile et le chargement;
- un chargeur Cat 990 pour la production au primaire.

### 3.2.2 Modélisation des niveaux sonores sur le site Contrecœur

L'évaluation des niveaux sonores sur le site Contrecœur, inhérents aux activités d'exploitation de la carrière autres que le dynamitage, a été réalisée théoriquement à l'aide du logiciel de modélisation informatique *Cadna A* de Datakustik, version 3.4. Ce logiciel permet de prendre en compte les paramètres suivants :

- la puissance acoustique des sources de bruit;
- la correction de la distance séparant les sources aux points récepteurs;
- la correction atmosphérique suivant la norme ISO 9613;

- l'absorption du sol:
- la correction d'obstacles, tels que bâtiments, écrans, etc.:
- la topographie du site.

Pour le modèle, les données d'entrée sont celles énoncées dans la section 3.2.1. Elles sont complétées par les hypothèses suivantes :

- la zone d'exploitation de la carrière est un trou d'environ 35 mètres de profondeur. Ce trou est composé de deux talus représentés sur la figure 2 ci-après. Ces talus forment des écrans antibruit et ont un effet d'atténuation acoustique à l'extérieur de la zone d'exploitation de la carrière:
- les équipements bruyants sont considérés comme des sources de bruit ponctuelles:
- la hauteur des sources de bruit par rapport au niveau du sol de la zone d'exploitation, est d'environ 1,5 mètre:
- les niveaux de puissance acoustique pour les équipements proviennent de données trouvées dans la littérature. Ils sont reportés dans le tableau 5 ci-après; les mêmes niveaux de bruit ont été utilisés pour les concasseurs primaire et secondaire.

**Tableau 5 : Niveaux de puissance des sources de bruit utilisés dans le modèle**

	Niveau de puissance $L_w$ en dB							
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Caterpillar 980	N/D	106,7	105,5	104,4	104,0	101,2	95,7	N/D
Caterpillar 988	N/D	102,0	101,9	103,0	106,8	104,8	103,1	N/D
Caterpillar 990	N/D	107,1	107,9	109,3	120,2	109,8	107,3	N/D
Concasseur	108,8	110,2	106,6	108,9	107,8	105,2	99,3	92,5

Afin de faire une simulation conservatrice, une disposition des équipements bruyants, correspondant à une configuration d'exploitation et considérée comme le scénario le plus défavorable, est utilisée. Il faut mentionner que les activités de la carrière se déplacent lentement, donc n'importe quel scénario d'exploitation peut être en vigueur plusieurs mois, voire plusieurs années. La figure 2 représente le scénario de calcul utilisé, c'est-à-dire :



- la limite de la zone d'exploitation utilisée n'est pas la limite réelle actuelle mais une hypothèse sur la future zone d'exploitation:
- les activités de la carrière de concassage primaire sont proches de la limite de la zone d'exploitation du côté du site Contrecœur:
- les activités de concassage secondaire sont à environ 350 mètres de la limite d'exploitation. Cette situation correspond environ à la situation actuelle:
- les points de calcul *R1* et *R2* correspondent aux limites de la zone commerciale et de la zone résidentielle du site Contrecœur.

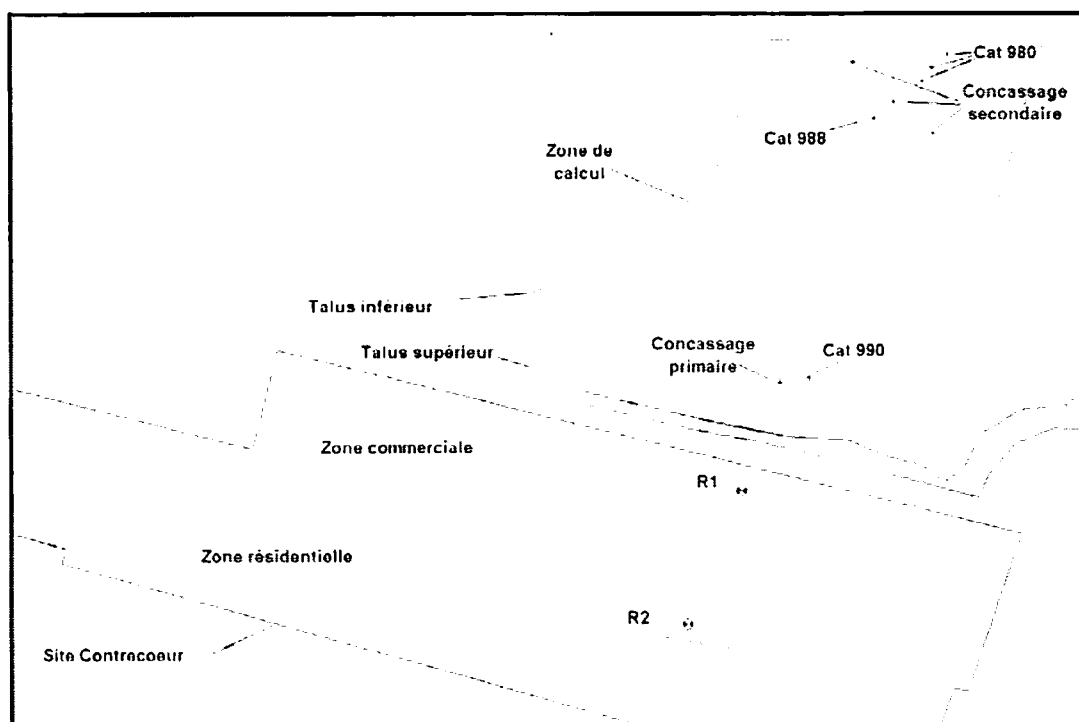


Figure 2 : Scénario d'évaluation permettant de calculer le niveau de bruit maximal

Compte tenu de ce qui précède, le résultat du calcul est présenté à la figure 3.

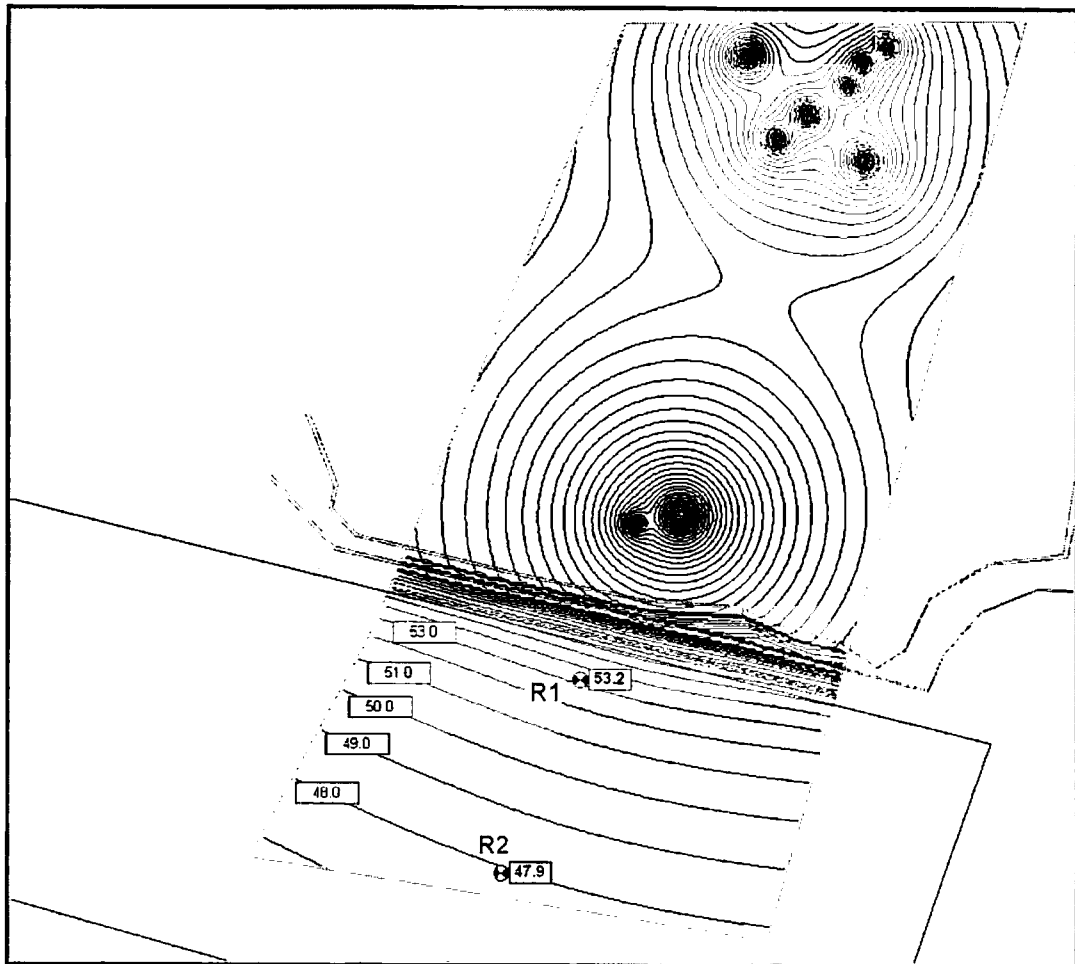


Figure 3 : Climat sonore en fonction des activités d'exploitation de la carrière autres que le dynamitage

Les niveaux sonores calculés aux points *R1* et *R2* lors de l'exploitation de la carrière (sans dynamitage) sont respectivement de l'ordre de 53 dBA et 48 dBA.

## **4. MESURES D'ATTÉNUATION**

---

### **4.1 VIBRATOIRE**

#### **4.1.1 Type de dommages possibles**

D'une façon générale, la littérature définit deux types d'endommagements que peuvent subir les bâtiments soumis à des vibrations du sol causées par le dynamitage. Le premier type, qualifié de mineur, correspond à des dommages visibles à l'œil nu, sans incidence sur l'intégrité structurale des bâtiments, telle la fissuration de la maçonnerie et des panneaux de gypse des cloisons sèches. Les dommages de ce premier type n'affectent que l'esthétique et ne comprennent pas les endommagements affectant la capacité structurale des bâtiments.

Le deuxième type, qualifié de majeur, comprend les dommages affectant la capacité structurale des bâtiments. Ces dommages peuvent mettre en péril l'intégrité structurale des bâtiments. Cependant, les vibrations induites au sol par les opérations de dynamitage ne sont généralement pas suffisantes pour produire ce type de dommages qui est plutôt associé à des séismes naturels.

À noter qu'il existe rarement une distinction nette entre les endommagements causés par les vibrations dues au dynamitage et ceux causés par d'autres phénomènes.

#### **4.1.2 Critère de vibration**

Comme mentionné dans la section 3.1.1, le rapport de la firme Géophysique Sigma inc. précise un critère permettant d'évaluer si les opérations de dynamitage provoqueront des dommages du premier type (mineurs) aux bâtiments. Le rapport fixe ce critère à une vitesse particulière de 20 mm/s pour le site concerné par le projet Contrecoeur. Selon ce critère du seuil des dommages mineurs, toute vibration provoquant une vitesse particulière du sol supérieure à cette valeur est susceptible d'endommager les bâtiments.

À noter que ce critère a été établi à partir des lignes directrices d'une norme américaine et non d'un règlement (ou code, etc.) puisque le Québec ne possède aucune réglementation à ce sujet, tel que mentionné au rapport de la firme Géophysique Sigma inc.

#### **4.1.3 Vibrations probables dans les secteurs commercial et résidentiel du projet Contrecœur**

D'après l'analyse des données effectuée dans la section 3.1.3 de ce document, le secteur commercial, secteur le plus proche de la carrière, sera probablement soumis à des vitesses particulières largement supérieures au seuil de dommages lorsque les opérations de la carrière se déplaceront vers le secteur inexploité de la carrière. D'ailleurs, certains niveaux de vibration mesurés en bordure de la carrière sur le site de la raffinerie Shell ont atteint des valeurs supérieures à 50 mm/s. Le secteur en bordure de la raffinerie est jugé représentatif du site du projet Contrecœur lorsque les opérations de la carrière se déplaceront en bordure du secteur commercial projeté. De plus, le secteur résidentiel étant quant à lui plus éloigné de la carrière, il sera probablement soumis à des vitesses particulières moindres que celles du secteur commercial, mais néanmoins supérieures au seuil de dommages mineurs. Ainsi, les recommandations du présent rapport tiennent compte de ces faits.

#### **4.1.4 Types de bâtiments projetés pour le projet Contrecœur**

Pour les besoins du présent rapport, nous prévoyons que les bâtiments projetés pour le secteur commercial n'auront qu'un seul étage et seront principalement des bâtiments à grande surface dont l'ossature sera en acier. Pour les bâtiments du secteur résidentiel, nous prévoyons qu'ils auront au plus trois étages et seront réalisés à l'aide d'une ossature de bois. De plus, la construction d'un bâtiment de sept étages dont l'ossature sera d'acier ou de béton est prévue dans le secteur résidentiel.

#### **4.1.5 Mesures de mitigation – dispositions de construction**

Dans les paragraphes qui suivent, nous proposons des dispositions de construction pour les bâtiments commerciaux et résidentiels du projet Contrecœur en vue de minimiser les endommagements mineurs à ces bâtiments dus à l'exploitation de la carrière. Les dispositions requises pour minimiser les endommagements majeurs, soient ceux affectant la capacité structurale des bâtiments, sont spécifiées dans le Code de construction du Québec qui exige que tout bâtiment puisse résister aux séismes moyens sans subir de dommages importants à leur ossature. Étant donné qu'un séisme moyen sollicite d'avantage l'ossature d'un bâtiment que les vibrations causées par les opérations de la carrière, les dispositions du Code sont suffisantes.

Dans un premier temps, des dispositions applicables aux bâtiments de tous les secteurs du projet Contrecoeur sont présentées. Par la suite, nous proposons des dispositions qui sont particulières et spécifiques aux bâtiments du secteur commercial ou aux bâtiments du secteur résidentiel et qui s'ajoutent à celles mentionnées précédemment. L'objectif à l'appui de chacune des dispositions proposées est présenté de façon succincte.

Dispositions de construction applicables à tous les bâtiments (commerciaux et résidentiels) :

- Fondations au roc : le roc en tant que surface d'appui des fondations présente plusieurs avantages. En premier lieu, l'amplitude des vibrations du roc est faible, diminuant ainsi l'importance des dommages possibles aux bâtiments. En deuxième lieu, la fréquence de vibration du roc est éloignée de la fréquence naturelle des bâtiments, ce qui élimine les possibilités de résonance. En troisième lieu, les vibrations sont de courte durée, diminuant ainsi les problèmes reliés à la perception humaine. Pour ces raisons, nous recommandons que les fondations des bâtiments prennent appui sur le roc.
- Béton des fondations : la résistance maximale atteinte par le béton des fondations doit être suffisante pour minimiser la fissuration due aux vibrations du sol pendant la durée de vie du bâtiment. Nous recommandons ainsi un béton de résistance minimale en compression de 35 MPa à 28 jours. De plus, il est essentiel de considérer que pendant la période de prise du béton suivant la coulée, celui-ci ne possède qu'une faible résistance. Par conséquent, les vibrations induites au sol par les opérations de dynamitage lors de cette période représentent un risque très élevé de fissuration des murs de fondation. Ainsi, en vue de réduire ce risque à un niveau acceptable, nous recommandons de coordonner la construction des fondations avec les opérations de la carrière, de façon à ce que aucun dynamitage n'ait lieu jusqu'à ce que le béton ait atteint une résistance de 25 MPa. Afin de réduire cette période de temps, qui est de plusieurs jours pour un béton à prise normale, nous recommandons l'utilisation d'un béton contenant un accélérateur de prise et capable d'atteindre cette résistance de 25 MPa en 48 heures.
- Murs de fondation en béton armé : afin de contrôler la fissuration des murs de fondation, ceux-ci doivent contenir au minimum, sur toute leur hauteur, une feuille de treillis métallique à mailles soudées 152x152 MW18.7xMW18.7 placée au centre du mur. De plus, compte tenu que les coins des ouvertures dans les murs de fondation sont souvent les points d'origine des fissures à partir desquels elles se propagent, des barres d'armature additionnelles doivent être ajoutées au pourtour des ouvertures, tel que montré sur la figure 4. Cette figure illustre une élévation d'un mur de fondation. Alternativement à l'armature horizontale additionnelle dans les linteaux de béton au-dessus des ouvertures, ceux-ci pourraient être remplacés par des linteaux d'acier ancrés à leurs extrémités dans le mur de fondation à l'aide d'ancrages à béton tel que montré à la figure 5.

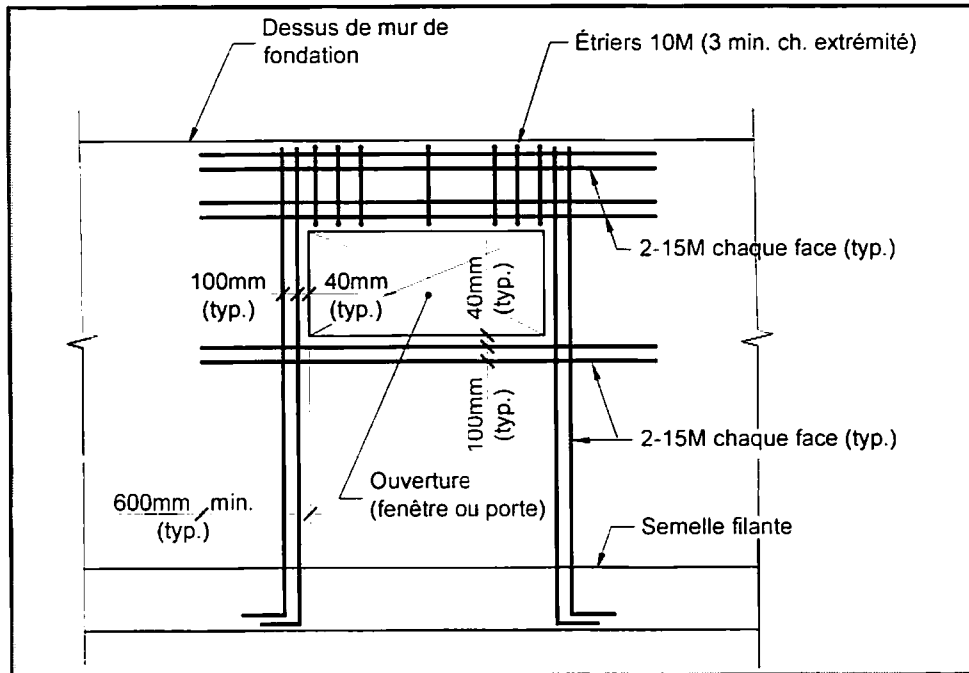
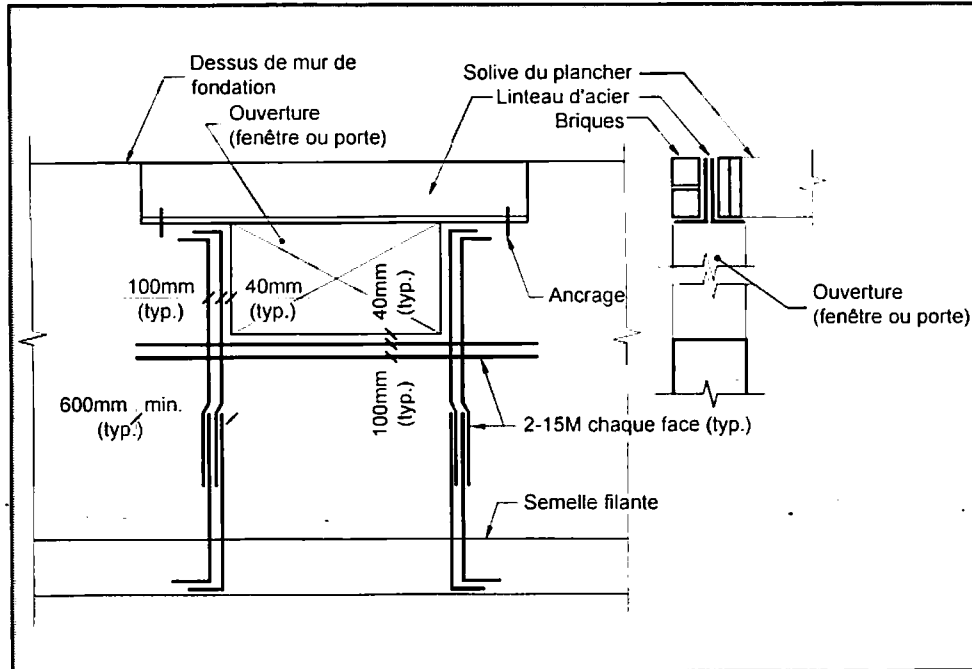
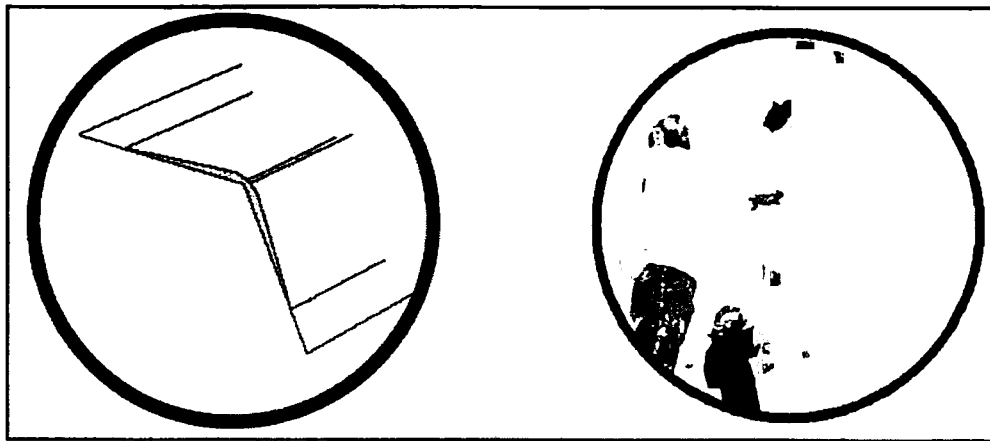


Figure 4 : Armature additionnelle autour des ouvertures des fenêtres et des portes



**Figure 5 : Linteau d'acier au-dessus d'une ouverture dans un mur de fondation**

- Renforcement des coins des cloisons sèches : l'objectif visé par cette disposition est de réduire les fissures dans les cloisons de panneaux de gypse dues au mouvement du bâtiment causé par les vibrations du sol. Ainsi, tous les coins extérieurs et intérieurs des cloisons de panneaux de gypse doivent être renforcés à l'aide de renforts contenant de la fibre de verre ou autres matériaux de résistance équivalente (ex. : No-Coat de BPB Canada). Les coins des ouvertures pour les fenêtres et les portes ainsi que les coins aux intersections des murs et à l'intersection d'un mur et du plafond sont notamment des endroits où ces renforts sont requis. Les images de la figure 6 illustrent ce type de renfort.



**Figure 6 : Renforcement des coins des murs**

- Joints des panneaux de gypse : pour la même raison que celle mentionnée à la disposition de construction précédente, c'est-à-dire réduire la probabilité d'apparition de fissures dans les cloisons sèches, un produit ayant une grande résistance doit être utilisé pour réaliser la finition aux joints des panneaux de gypse (ex. de produit : High Density de BPB Canada).
- Panneaux de gypse : en vue de donner aux panneaux de gypse des cloisons sèches une résistance minimale aux vibrations du sol, leur épaisseur minimale doit être de 16 mm (5/8 pouce).
- Murs de maçonnerie : les joints de mortier d'un mur de maçonnerie ont une résistance inférieure à celle de la brique. Ainsi, les fissures causées par des vibrations se produisent généralement dans les joints de mortier qui constituent le « maillon faible ». Par conséquent, dans le but de réduire la fissuration des murs de maçonnerie, nous recommandons que les revêtements extérieurs et cloisons en maçonnerie soient

construits avec une maçonnerie qui se pose sans mortier (ex. : briques « Novabrik »). Le mortier étant éliminé de ce type de maçonnerie, la probabilité d'apparition de fissures est considérablement réduite. La Figure 7 illustre une brique qui se pose sans mortier.

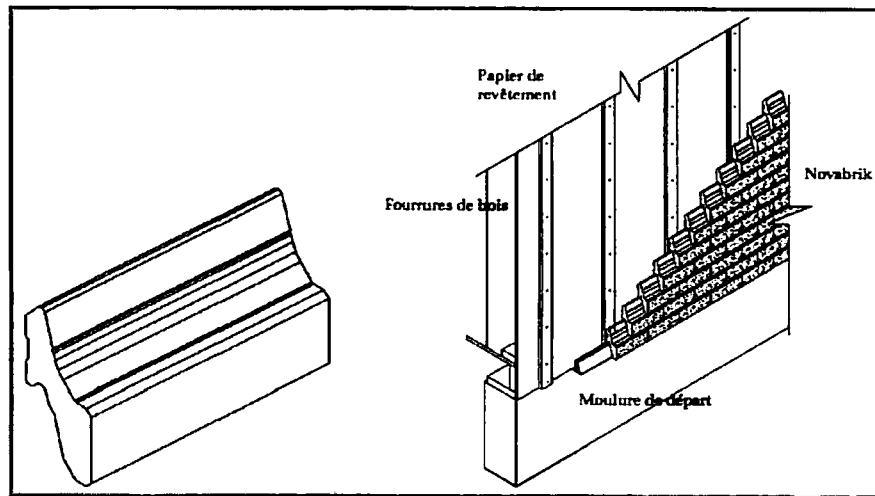


Figure 7 : Brique qui se pose sans mortier

- Cheminées : les cheminées en maçonnerie sont susceptibles d'être endommagées par les vibrations causées par les opérations de la carrière et ces endommagements, telles les fissures, peuvent favoriser à long terme leur instabilité. Compte tenu du danger que représente un poids instable au sommet d'un bâtiment, les cheminées en maçonnerie étant en effet un poids important, nous recommandons l'interdiction de la maçonnerie pour les cheminées. Nous recommandons plutôt l'utilisation de matériaux légers, tels les revêtements métalliques et en polymère, ainsi que l'ancrage de l'ossature des cheminées à la charpente de la toiture des bâtiments.
- Ancrage de la charpente des bâtiments aux fondations : afin d'éviter le déplacement relatif de la charpente des bâtiments sur leur fondation causé par les vibrations du sol, nous recommandons l'ancrage de la charpente à l'aide de pièces d'acier noyées dans les infrastructures de béton (boulons d'ancrage).
- Escaliers en béton : afin de minimiser les risques de fissuration des escaliers en béton lors des vibrations du sol, nous recommandons que l'armature de ces escaliers soit ancrée dans les fondations. De plus, tel que recommandé pour les fondations des bâtiments, le béton utilisé doit posséder une résistance minimale en compression de 35 MPa à 28 jours. De plus, nous recommandons de coordonner la construction des escaliers en béton avec les opérations de la carrière de façon à ce que aucun dynamitage



n'ait lieu jusqu'à ce que le béton ait atteint une résistance de 25 MPa. Nous recommandons aussi l'utilisation d'un béton contenant un accélérateur de prise et capable d'atteindre cette résistance de 25 MPa en 48 heures.

#### 4.1.6 Dispositions de construction additionnelles pour les bâtiments commerciaux

Les dispositions suivantes s'ajoutent à celles énumérées ci-haut et sont applicables aux bâtiments commerciaux seulement :

- Isolation des fenêtres : puisque les vitres des fenêtres sont sensibles aux vibrations du sol, il est nécessaire de réduire au minimum les vibrations transmises aux fenêtres. Pour y parvenir, nous recommandons de fixer seulement la base des fenêtres aux murs et de les déposer sur des coussins anti-vibratiles (ex. : néoprènes duro20), en prenant soin de laisser un espace entre les murs et les côtés des fenêtres de façon à ce qu'aucune vibration ne leur soit transmise par leurs côtés. De plus, la partie supérieure des fenêtres doit être retenue à l'aide d'un dispositif télescopique laissant libre les mouvements verticaux des fenêtres. Bien entendu, les espaces entre les côtés des fenêtres et les murs doivent être comblés par un scellant et/ou un isolant selon les recommandations du fabricant de fenêtres. Une vue en plan d'un côté d'une fenêtre installée suivant cette recommandation de construction est présentée à la figure 8. Alternativement, compte tenu de la grande diversité de fenêtres disponibles sur le marché, les recommandations d'un fabricant de fenêtres pourraient être obtenues.

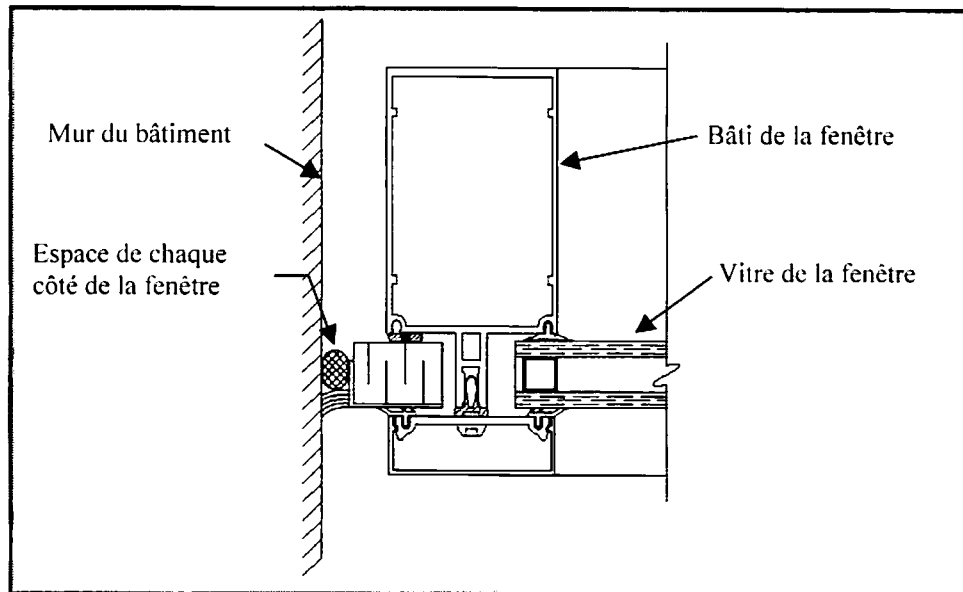


Figure 8 : Vue en plan d'un côté d'une fenêtre

#### 4.1.7 Dispositions de construction additionnelles pour les bâtiments résidentiels

Les dispositions suivantes sont applicables aux bâtiments résidentiels seulement et s'ajoutent à celles applicables à tous les bâtiments énumérés précédemment :

- Contreventement additionnel : une augmentation de la rigidité des bâtiments permet de réduire leurs mouvements lors des vibrations du sol et, du même coup, de réduire les dommages causés par ces vibrations. Nous recommandons par conséquent de renforcer tous les coins des murs extérieurs et intérieurs de l'ossature de bois à l'aide de panneaux de contreplaqué de Douglas (DFP) ou de résineux canadiens (CSP) d'une épaisseur minimale de 20 mm. Ces contreventements additionnels augmenteront la rigidité des bâtiments et aideront à réduire leur endommagement. Les panneaux de Douglas et de résineux canadiens doivent être conformes aux normes CSA-O121 et CSA-O151 respectivement.
- Coussin antivibratile sur les murs de fondation : afin de réduire les vibrations transmises par le mur de fondation à la charpente de bois et, par le fait même, l'endommagement des bâtiments, nous recommandons d'installer un coussin antivibratile (ex. : néoprène) directement sur le dessus du mur de fondation, sous la lisse fixée dans ce mur. Le coussin doit être posé en continu sur toute la longueur de la lisse et être de même largeur que celle-ci. La figure 8 ci-après illustre cette recommandation de construction.

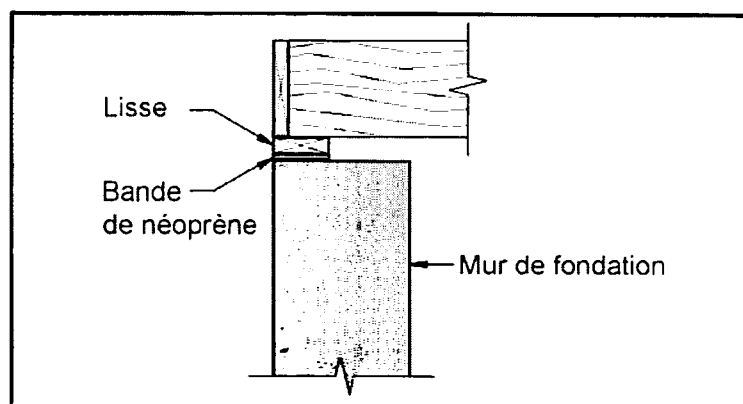


Figure 9 : Coussin antivibratile sur le mur de fondation

- Conception du bâtiment prévu de sept étages : la signature dynamique du sol produite par les opérations de la carrière devra être prise en considération par les ingénieurs lors de la conception du bâtiment.

L'application des recommandations précédentes touchant les dispositions de construction additionnelles ne peut garantir que les bâtiments du projet Contrecœur ne subiront aucun dommage dû aux opérations de la carrière. Il est en effet très difficile de prévoir les dommages que produiront les vibrations causées par le dynamitage de même que de déterminer les recommandations de construction à adopter. Même si les recommandations formulées dans le présent rapport ne sont pas exhaustives, nous croyons qu'elles permettront de réduire à un minimum l'endommagement des bâtiments.

## 4.2 ACOUSTIQUE

### 4.2.1 Valeurs guides

Afin de déterminer les niveaux de bruit acceptables sur le site de Contrecœur en fonction du zonage, les recommandations du ministère de l'Environnement ont été utilisées. Celles-ci s'énoncent comme suit :

**VALEURS GUIDES SUR LE BRUIT**  
**MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC**

Le niveau sonore maximal des sources fixes doit être inférieur, en tout temps et en tout point de réception du bruit, à la plus élevée des deux valeurs suivantes :

1. *Un niveau sonore correspondant à celui mentionné dans le tableau suivant en fonction de la catégorie des zonages voisins*

Zonage	$L_{eq}$ - Nuit dBA	$L_{eq}$ - Jour dBA
I	40	45
II	45	50
III	50	55
IV	70	70

Catégories de zonage

*Zones sensibles*

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

*Zones non sensibles*

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

Le jour s'étend de 7 h 00 à 19 h 00, tandis que la nuit s'étend de 19 h 00 à 7 h 00. Ces critères ne s'appliquent pas à une source de bruit en mouvement sur un chemin public.

2. *Un niveau sonore égal au niveau ambiant mesuré au même endroit lors de l'arrêt complet du bruit généré par lesdites activités.*

Compte tenu du zonage dans le site Contrecœur :

- dans la zone commerciale (type III), le niveau de bruit recommandé doit être inférieur à 55 dBA:
- dans la zone résidentielle, le niveau de bruit recommandé doit être inférieur à :
- 45 dBA le jour et 40 dBA la nuit si le zonage est de type I:
- 50 dBA le jour et 45 dBA la nuit si le zonage est de type II.

#### 4.2.2 Mesures d'atténuation acoustiques

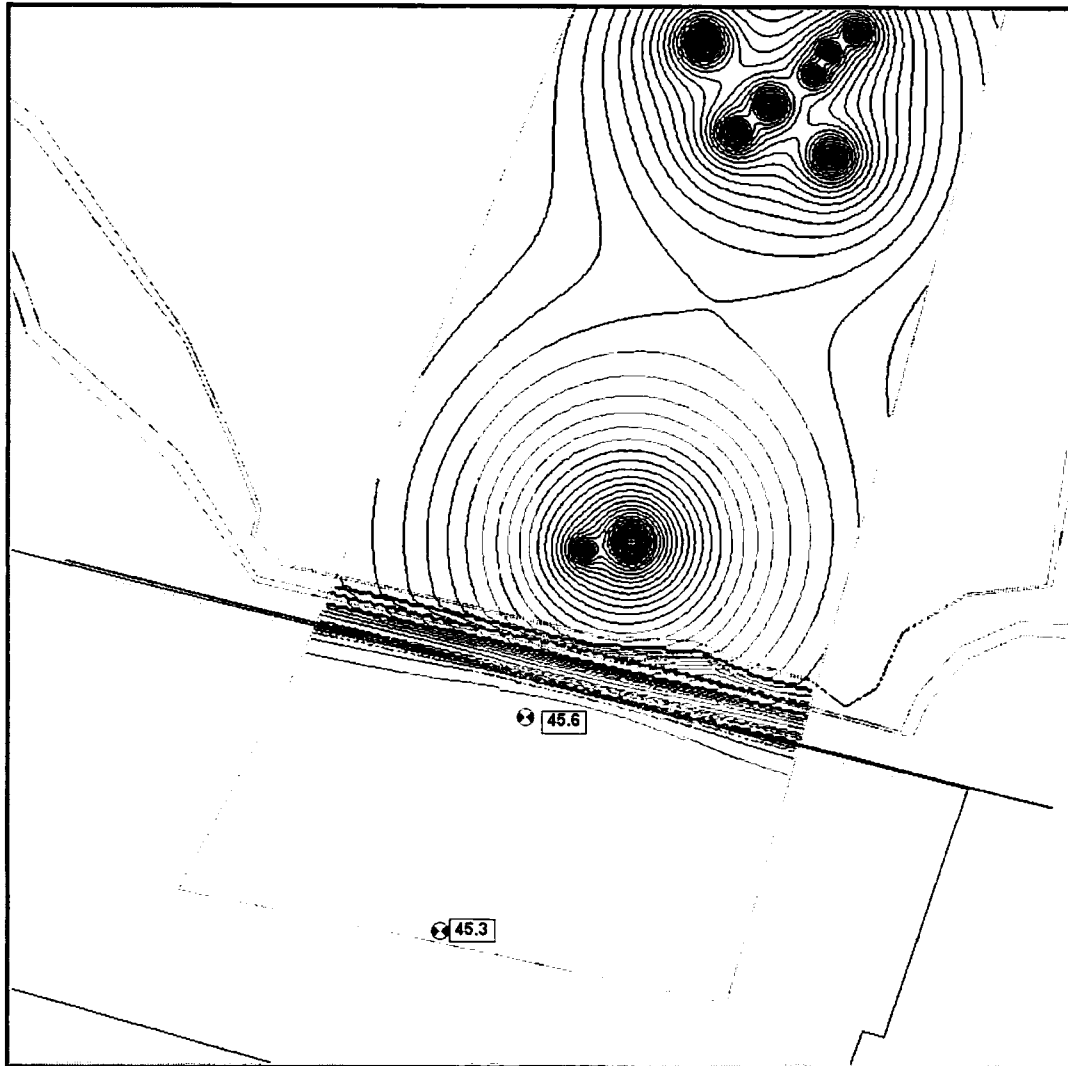
Dans cette section, et à cause de leur durée et de leur fréquence (2,5 secondes environ, 1,5 fois par semaine en moyenne entre 14 h 30 et 15 h 30, voir section 3.2.1), les nuisances sonores correspondant au dynamitage ne sont pas considérées. Néanmoins, les dispositions de construction relatives aux vibrations, recommandées dans la section 4.1 devraient permettre de minimiser les impacts des surpressions sur les bâtiments.

Cette section est donc dédiée aux mesures d'atténuation permettant de réduire l'impact sonore des autres activités d'exploitation de la carrière. Pour ces activités, les niveaux de bruit maximaux ont été calculés dans la section 3.2.2 pour les zones commerciale et résidentielle du site Contrecœur. D'après ce calcul, la zone commerciale pourrait être exposée à un niveau de bruit provenant des activités de la carrière d'environ 53 dBA et la zone résidentielle à un niveau d'environ 48 dBA.

Étant donné le type de résidence actuellement construite en bordure du site Contrecœur, et afin d'assurer la continuité du zonage, des mesures d'atténuation sont proposées pour un zonage destiné à des logements multiples. D'après les descriptions des activités de la carrière (section 3.2.1), la production dans la carrière est aussi effectuée de nuit (entre 19 h 00 et 23 h 00). Le niveau de bruit doit donc être inférieur ou égal à 55 dBA en bordure de la zone commerciale (point de calcul *R1*), et à 45 dBA en bordure de la zone résidentielle (point de calcul *R2*).

Un nouveau calcul a donc été fait à partir du modèle développé dans la section 3.2.2, dans lequel un écran antibruit a été positionné entre la carrière et la zone commerciale du site

Contrecœur. Dans ce calcul, la hauteur de l'écran a été optimisée afin de répondre aux limites de bruit recommandées par le MENV. Le résultat de ce calcul est présenté à la figure 10 ci-après.



**Figure 10 : Butte antibruit proposée**

L'écran proposé a une hauteur minimale de six mètres et permet de ramener les niveaux de bruit estimés aux limites des zones commerciale et résidentielle à environ 45 dBA.

Cette hauteur d'écran devrait donc permettre, suivant les hypothèses énoncées dans ce document, d'obtenir des niveaux de bruit acceptables selon les recommandations du MENV.

L'utilisation d'une butte de même hauteur permettrait d'obtenir des résultats similaires. Un écran a été utilisé car l'aménagement d'une telle hauteur de butte impose des contraintes non évaluées dans cette étude.

Néanmoins, d'autres solutions sont envisageables. En effet, sans l'écran antibruit, les niveaux de bruit à la limite de la zone commerciale devraient être conformes aux recommandations citées. Un aménagement adéquat des édifices de la zone commerciale devrait permettre de produire un effet d'atténuation suffisant pour réduire le niveau de bruit en limite de la zone résidentielle.

## **5. CONCLUSION**

---

Ce document a présenté une étude des nuisances vibratoire et acoustique provenant des activités de la carrière Lafarge sur le site du projet Contrecœur. dans le but d'élaborer des recommandations concernant la construction des bâtiments et l'aménagement de ce site.

Pour cette étude, et en fonction des données disponibles, les nuisances de la carrière ont été séparées en deux catégories. soit celles reliées aux activités de dynamitage et celles reliées aux autres activités d'exploitation.

L'impact des activités de dynamitage a été évalué à l'aide d'une étude réalisée par la firme Géophysique Sigma inc. à partir des rapports de suivi effectués pour le compte du propriétaire et exploitant de la carrière Lafarge. D'après ces informations, les vibrations ou surpressions relatives aux activités d'exploitation autres que le dynamitage sont peu susceptibles de causer des dommages physiques aux bâtiments. Par contre, lors des activités de dynamitage, les secteurs commercial et résidentiel du site risquent d'être exposés à des niveaux de vibration pouvant endommager les bâtiments. De plus, le site est aussi exposé aux surpressions reliées au dynamitage. Pour tous ces impacts, Géophysiques Sigma inc propose dans son étude de restreindre la zone d'exploitation de la carrière afin de maintenir l'intensité des vibrations à un niveau acceptable. Néanmoins, des recommandations de construction ont été énoncées. Ces recommandations comprennent de façon générale des recommandations sur l'assise des fondations, le type de béton des fondations, le renforcement des cloisons sèches et sur la maçonnerie. Des recommandations plus spécifiques ont aussi été émises pour les édifices de la zone commerciale et ceux de la zone résidentielle. Toutes ces recommandations ne peuvent garantir l'absence de dommages aux bâtiments dus aux activités de la carrière mais elles permettront néanmoins de les réduire.

Pour l'impact relié aux autres activités de la carrière, un modèle informatique permettant d'estimer les niveaux de bruit correspondant au scénario d'exploitation de la carrière le plus nuisible pour le site Contrecœur a été effectué. Étant donné la fréquence et la durée (2,5 secondes environ 1,5 fois par semaine en moyenne entre 14 h 30 et 15 h 30) les nuisances sonores relatives aux activités de dynamitage n'ont pas été considérées. Le scénario retenu ne correspond pas aux conditions d'exploitation actuelles, mais est un scénario probable lorsque les activités de la carrière se seront rapprochées du site Contrecœur. De plus, étant



donné la vitesse de déplacement des activités de la carrière, ce scénario d'exploitation peut être en vigueur plusieurs mois, voire plusieurs années. Dans le calcul, les niveaux de bruit ont été comparés aux limites recommandées par le MENV. Ces niveaux ont été jugés acceptables dans la zone commerciale, et supérieurs dans la zone résidentielle. Un aménagement avec un écran antibruit d'une hauteur minimale de six mètres entre la carrière et la zone commerciale permettrait de satisfaire aux exigences du MENV. Néanmoins, une étude détaillée de la disposition des bâtiments de la zone commerciale pourrait permettre possiblement d'éviter la construction d'un écran antibruit, tout en rendant les niveaux sonores à l'intérieur de la zone résidentielle conformes aux recommandations du MENV.

---

**Annexe 1 Évaluation des mesures de  
vibration effectuées à la carrière  
Lafarge - Géophysique Sigma inc.**

---



# SHDM

SOCIÉTÉ D'HABITATION  
ET DE DÉVELOPPEMENT  
DE MONTRÉAL

## PROJET CONTRECŒUR

Évaluation des mesures de vibration  
effectuées à la carrière Lafarge

présenté à

CLAULAC INC.

5900, boul. Léger, Bureau 404

Montréal, QC H1G 1K9

FÉVRIER 2004

C03744-1

N° de projet : 85P002138

	*1- Apprôné au projet 2- Version adéquate 3- Examen sommaire 4- Vérification détaillée.	Réception		
		Type de vérif.	Paraphé	Classement
Reçu le :	11 MARS 2005			
Destinataire :	JBB	4	JBB	
Distribution :				

Préparé par :

Jean-Jacques Sincennes, ing.



## GÉOPHYSIQUE SIGMA INC.

1400, rue Marie-Victorin, bureau 200  
Saint-Bruno, QC J3V 6B9  
Téléphone : (450) 441-4600  
Télécopieur : (450) 441-3703

<b>1. INTRODUCTION</b>	<b>1</b>
<b>2. DESCRIPTION DES LIEUX</b>	<b>2</b>
2.1. LOCALISATION	2
2.2. GÉOLOGIE SOMMAIRE DU SITE – NATURE ET ÉPAISSEUR DES MATÉRIAUX	3
2.3. SOURCES DE VIBRATION ET DE SURPRESSION	3
<b>3. PHYSIQUE DU PHÉNOMÈNE</b>	<b>4</b>
3.1. REVUE DE LA TERMINOLOGIE	4
3.2. EFFETS DES DYNAMITAGES	6
3.2.1. Effets mineurs ou cosmétiques	7
3.2.2. Effets majeurs	10
3.2.3. Perception humaine des vibrations et surpressions	10
<b>4. ÉVALUATION DES RAPPORTS ÉMIS EN 2001 ET 2002</b>	<b>12</b>
4.1. CONTENU DES RAPPORTS - FAITS SAILLANTS	12
4.1.1. Limites prescrites	12
4.1.2. Non-conformités	13
4.1.3. Plaintes	13
4.1.4. Intensités maximales mesurées	14
4.1.5. Transmission des vibrations aux résidences	14
4.2. AUTRES MESURES	15
<b>5. DISTANCE MINIMALE À L'EXCAVATION POUR ÉVITER LES DOMMAGES</b>	<b>16</b>
<b>6. CONCLUSION</b>	<b>18</b>

## LISTE DES FIGURES

---

FIGURE 1 - VUE AÉRIENNE DU SITE	2
FIGURE 2 – MODE DE PROPAGATION	4
FIGURE 3 - CRITÈRES DE DOMMAGES – USBM ET OSMRE	8
FIGURE 4 - NORME ALLEMANDE DIN4150	9
FIGURE 5 - NORME SUISSE - SN640312A	9
FIGURE 6 - VITESSE PARTICULAIRE VS DISTANCE SCALAIRE (SHELL 2001)	16

# 1. INTRODUCTION

---

Le projet d'aménagement immobilier CONTRECŒUR fait présentement l'objet d'une étude par la SOCIÉTÉ D'HABITATION ET DE DÉVELOPPEMENT DE MONTRÉAL (SHDM). Le site à développer se situe dans l'est de l'île de Montréal à proximité d'une carrière en opération.

Dans le cadre de cette étude, la firme d'experts-conseils CLAULAC INC. a demandé à la firme GÉOPHYSIQUE SIGMA INC de procéder à un examen technique des rapports sur les mesures de vibration effectuées pour le compte du propriétaire et exploitant de la carrière LAFARGE CANADA en 2001 et 2002<sup>1,2</sup>.

Le présent rapport, préparé par Jean-Jacques Sincennes, ing., ingénieur géologue et géophysicien, fait suite à l'analyse des rapports et reprend essentiellement les faits qui ont été exposés verbalement lors de deux réunions de travail tenues les 10 et 13 février 2004.

Le rapport établit d'abord la localisation du site et les sources de vibration et de surpression en présence. Par la suite, une revue sommaire de la physique du phénomène est présentée. Après un bref exposé des faits saillants qui émergent des rapports existants, on procède à un calcul simple de la distance minimale à l'excavation qui pourrait être envisagée afin d'écartier les risques de dommages physiques aux édifices.

La composante de la perception humaine est aussi abordée.

---

<sup>1</sup> Géophysique GPR International Inc., «Contrôle de la qualité des opérations de dynamitage 2001 à la carrière Lafarge Canada de Montréal-Est», Mai 2002, Rapport M-01446

<sup>2</sup> Dyfotech inc., «Rapport des opérations de dynamitage 2002 à la carrière Montréal-Est», Mars 2003

6

## 2. DESCRIPTION DES LIEUX

### 2.1. LOCALISATION

La Figure 1 fournit une vue d'ensemble du site et permet de mettre en évidence les éléments suivants:

1. **PROJET CONTRECŒUR** – secteur que la SHDM désire mettre en valeur (zone délimitée par un trait rouge);
2. **CARRIÈRE LAFARGE** comprenant deux secteurs;
  - a. **SECTEUR EN EXPLOITATION** – représente le secteur de la carrière présentement exploité par Lafarge. Les rapports de vibration de 2001 et 2002 sont représentatifs de ce secteur;
  - b. **SECTEUR INEXPLOITÉ** – représente le secteur que Lafarge prévoit exploiter dans le futur. On notera que ce secteur est situé beaucoup plus près de la zone d'intérêt.
3. **RAFFINERIE** – secteur situé à droite de la photo. Les mesures de vibrations effectuées en 2001 et 2002 dans ce secteur sont probablement plus représentatives de l'intensité des vibrations qui affecteraient le secteur du projet lors de la mise en production de la zone inexploitée;

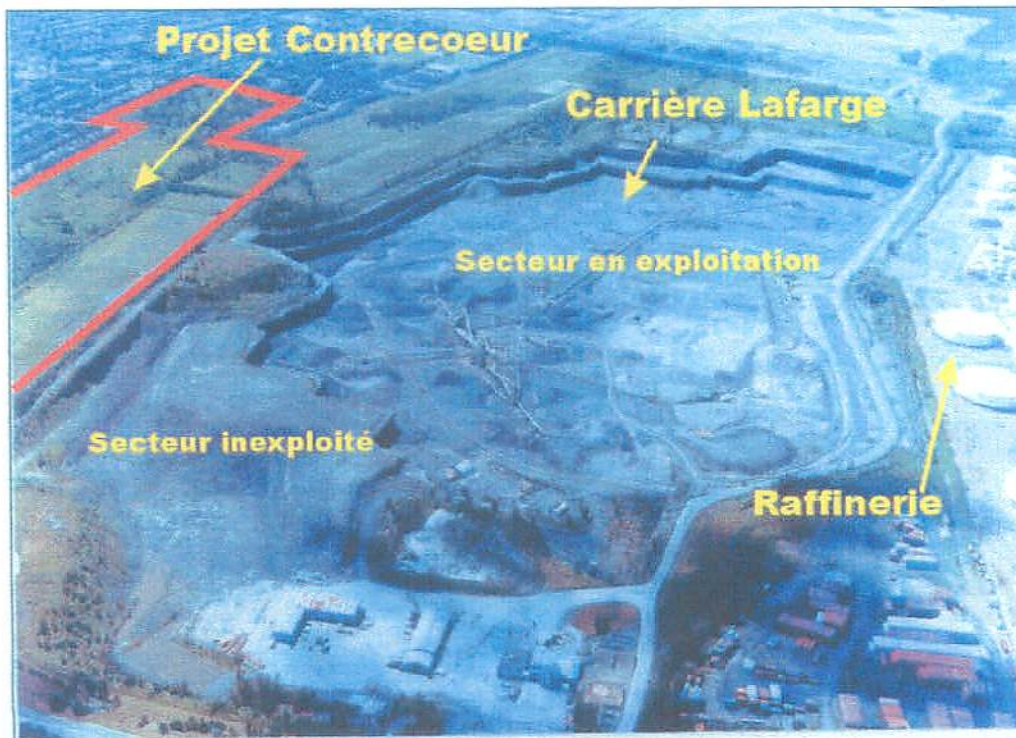


Figure 1 - Vue aérienne du site

## 2.2. GÉOLOGIE SOMMAIRE DU SITE – NATURE ET ÉPAISSEUR DES MATÉRIAUX

Afin d'évaluer la sévérité des vibrations transmises aux édifices riverains de la carrière, il est essentiel de connaître les propriétés élastiques et l'épaisseur des matériaux sur lesquels reposent les fondations de ces édifices.

L'information géotechnique dont nous disposons en ce moment n'est pas suffisante pour prédire avec précision le comportement des structures riveraines. Toutefois, à la lumière des informations qui nous ont été transmises verbalement lors des discussions, il semble raisonnable de penser l'épaisseur des matériaux meubles est en général très faible dans la zone à développer. Cette situation pourrait être avantageuse puisque les fondations des édifices à construire reposeraient directement sur le roc. Il est donc probable que:

1. les déplacements des fondations seraient très faibles et permettraient d'éviter de causer des dommages aux édifices;
2. la fréquence des vibrations transmises serait beaucoup plus élevée que la fréquence naturelle des édifices. Par conséquent, le phénomène de résonance qui se produit lorsque la fréquence d'excitation est égale à la fréquence naturelle serait improbable;
3. le temps d'amortissement des vibrations seraient très court ce qui diminue en général les problèmes attribuables à la perception humaine;

## 2.3. SOURCES DE VIBRATION ET DE SURPRESSION

Plusieurs sources de vibration et de surpression existent du fait de l'exploitation d'une carrière. Intuitivement, le dynamitage nécessaire à l'exploitation de la carrière constitue la source de vibration et de surpression la plus intense.

Bien que moins intenses et donc moins sujettes à produire des dommages physiques, les vibrations et les surpressions acoustiques produites lors des opérations de broyage, de transport et de forage ne doivent cependant pas être négligées puisque leur durée et leur fréquence sont beaucoup plus importantes que dans le cas du dynamitage.

Ce dernier élément ne semble pas avoir été évalué dans les rapports que nous avons consultés.



### 3. Physique du phénomène

#### 3.1. REVUE DE LA TERMINOLOGIE

Lorsque des impacts se produisent sur un matériau (e. g. *enfouissement de pieux, action d'un marteau piqueur ou d'une foreuse à percussion, opération de machines industrielles, dynamitage*), des contraintes sont produites dans les matériaux. Bien que la majeure partie de ces contraintes se dissipent sous forme de chaleur et de déformations inélastiques des matériaux, une partie de ces contraintes se propage dans le matériau, dans le roc sous-jacent et dans l'air sous forme de déformations élastiques.

Ces ondes élastiques se divisent en trois catégories principales ("P", "S", Rayleigh) en fonction de leurs modes de propagation tels qu'illustrés à la ci-contre.

Les ondes "S" ou de cisaillement et les ondes de Rayleigh sont les deux types d'ondes qui sont principalement responsables des problèmes de vibration parce qu'elles ont une forte amplitude et que leur fréquence est souvent très voisine de la fréquence naturelle de vibration des édifices et structures résidentielles ce qui peut produire un phénomène de résonance et entraîner un phénomène de vibration très gênant pour les résidents et possiblement dommageable pour les structures. Notons que les ondes S n'existent que dans les solides.

Les ondes P sont des ondes de compression qui contrairement aux ondes S peuvent se propager dans tous les milieux. La surpression acoustique est en fait l'onde P qui se propage dans l'air. À son passage, l'air est comprimé puis se dilate. Cette variation de pression peut être suffisamment

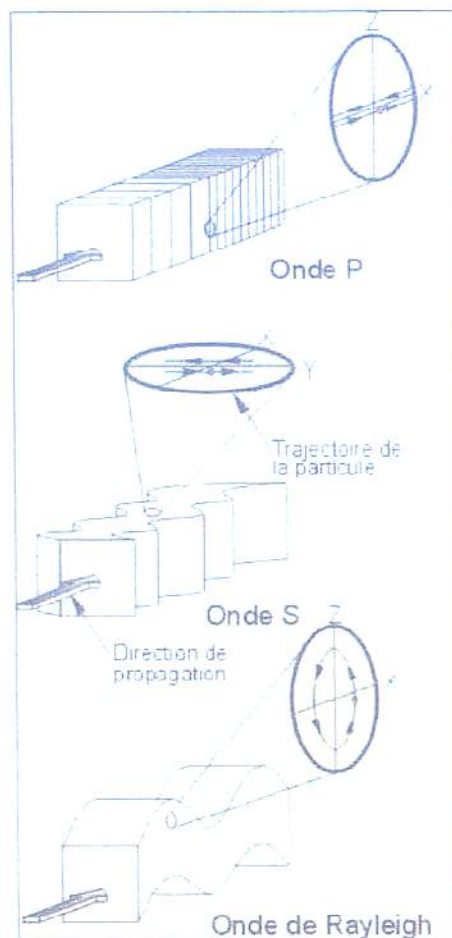


Figure 2 – Mode de propagation

importante pour produire des dommages aux structures. De plus, les variations de pression peuvent induire des vibrations dans les structures.

Les paramètres qui permettent de définir la nature, l'amplitude, le mode de propagation, l'atténuation des ondes de vibration sont nombreux et complexes.

Au nombre de ceux-ci, nous retiendrons cependant certains des paramètres fréquemment mentionnés lors de l'évaluation de la sévérité des problèmes de vibration. Ces paramètres sont:

$V_m$  la vitesse de propagation de l'onde dans le matériau

$\lambda$  la longueur de l'onde (distance entre deux crêtes)

$f_n$  la fréquence d'oscillation de l'onde

$V_p$  la vitesse particulaire résultante (la vitesse maximale à laquelle se déplace un point du matériau lors du passage de l'onde)

$a_p$  l'accélération particulaire résultante

$d_p$  le déplacement particulaire résultant (le déplacement maximal auquel est soumis un point du matériau lors du passage de l'onde).

Les trois premiers paramètres sont reliés entre eux par l'équation suivante :

$$f_n = \frac{V_m}{\lambda}$$

Il est important de ne pas confondre *vitesse de propagation de l'onde* qui représente la vitesse à laquelle la déformation se déplace dans le matériau et *vitesse particulaire* qui représente plutôt la vitesse de déformation. La vitesse particulaire s'exprime en *mm/s* et sert à caractériser l'intensité de la déformation alors que la vitesse de propagation, qui dépend essentiellement de la nature du matériau dans lequel l'onde se propage, s'exprime en *m/s* et peut atteindre plusieurs kilomètres par seconde dans le cas des ondes de compression.

L'accélération s'exprime en fonction de la vitesse des particules et de la fréquence au moyen de l'équation suivante :

$$a_p = 2 \cdot \pi \cdot f_n \cdot V_p$$

Le déplacement s'exprime en fonction de la vitesse particulaire et de la fréquence de la façon suivante :

$$d_p = \frac{V_p}{2 \cdot \pi \cdot f_n}$$

### Unités de mesure

La *longueur d'onde* est généralement exprimée en mètre (*m*) et peut varier de quelques dixièmes de mètres si l'onde se propage dans une couche mince à plusieurs dizaines de mètres si l'épaisseur des matériaux meubles est importante.

La *fréquence* s'exprime généralement en **hertz (Hz)** ou cycle/seconde

La *vitesse particulaire* s'exprime en **mm/s (millimètre/seconde)**, l'*accélération particulaire* en pourcentage de l'accélération terrestre (**% de g**) et le *déplacement particulaire* en **millimètre (mm)**.

La *vitesse de propagation* est généralement exprimée en **mètre par seconde (m/s)** et varie de **75 m/s** pour une onde de Rayleigh qui se propage dans une tourbière épaisse à plus de **6500 m/s** dans le cas de l'onde P se propageant dans un gabbro sain.

## 3.2. EFFETS DES DYNAMITAGES

Selon les caractéristiques des vibrations et surpressions générées par le dynamitage, ces effets seront plus ou moins sévères. S'il est difficile d'établir un lien direct de cause à effet entre les vibrations et les dommages qui peuvent apparaître, il est encore plus ardu de prévoir la sévérité des dommages induits par les vibrations.

Il convient toutefois de distinguer entre les différents niveaux de dommages physiques généralement décrits dans la littérature, sans oublier les effets sur l'être humain.

### 3.2.1. Effets mineurs ou cosmétiques

Par effets mineurs ou cosmétiques, on réfère à l'apparition de fissures visibles à l'œil nu. Ces fissures ont une incidence sur l'esthétique d'une résidence, sans affecter l'intégrité structurale de l'édifice. Les critères de dommage généralement utilisés par les agences environnementales visent à éliminer ce type de dommages. La plupart de ces critères ont été obtenus à partir d'étude statistique des dommages qui apparaissent dans des résidences situées à proximité de site d'opération minière.

Il n'existe pas de réglementation pan-québécoise quant à l'intensité des vibrations tolérables. Toutefois, le graphique montré à la Figure 3 de la page 8, montre deux courbes qui constituent les critères de dommage établis lors d'études réalisées par l'USBM<sup>3</sup> et OSMRE<sup>4</sup>. Ces critères sont ceux qui sont généralement acceptés aux États-Unis et au Canada pour une maison en bon état posé sur un sol et des fondations de bonne qualité soumise à des vibrations générées par des dynamitages. Ces courbes représentent les critères suivants:

#### NORME USBM RI 8507

- **Courbe en trait plein**

Cette courbe, montrée en trait plein, constitue le critère suggéré pour éviter des fissures dans des murs de placoplâtre (Gyproc).

- **Courbe en pointillé**

Cette courbe, qui est montrée en trait pointillé entre pour la portion comprise entre 3 et 40 Hz et qui se confond avec la courbe USBM décrite précédemment pour le reste du spectre, constitue le critère suggéré pour éviter des fissures dans des murs de plâtre sans joints posés sur un lattis de bois.

---

<sup>3</sup> USBM – United States Bureau Of Mines, U.S.A.

<sup>4</sup> OSMRE – Office of Surface Mining Research Establishment, U.S.A.

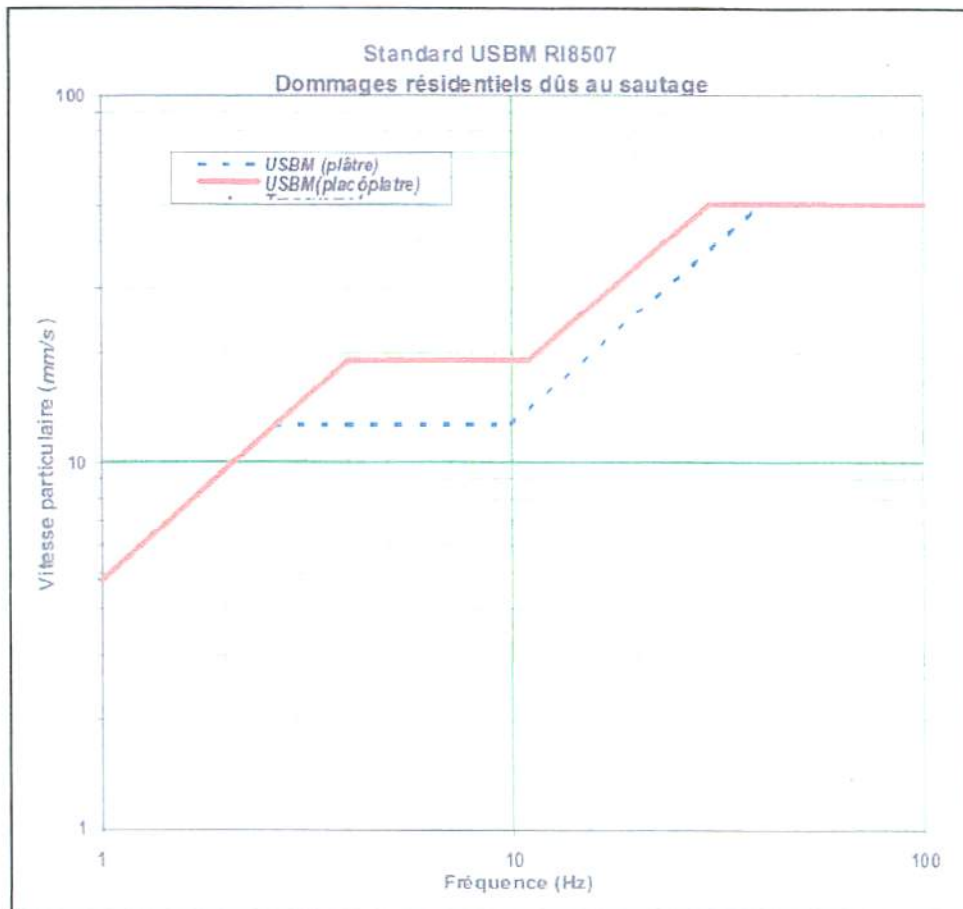
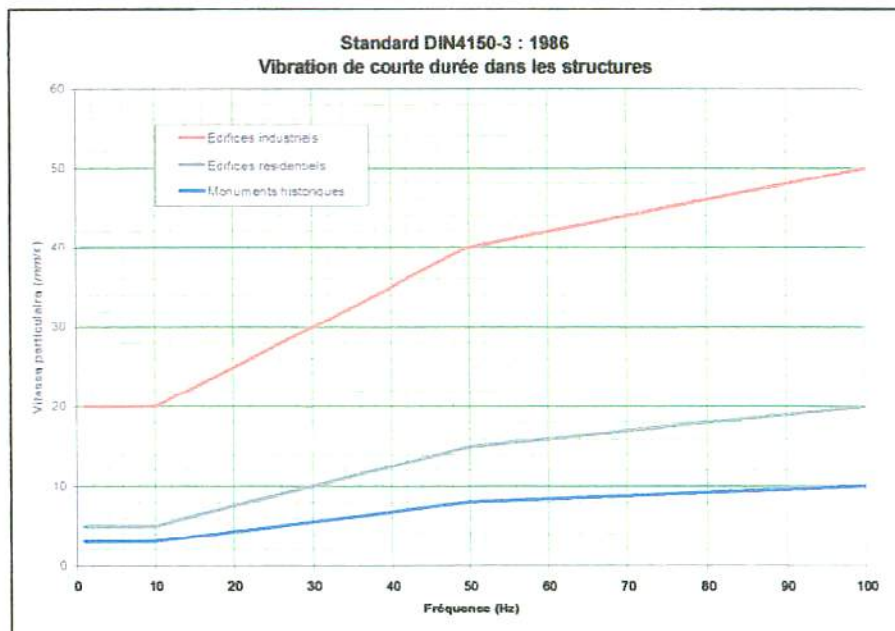


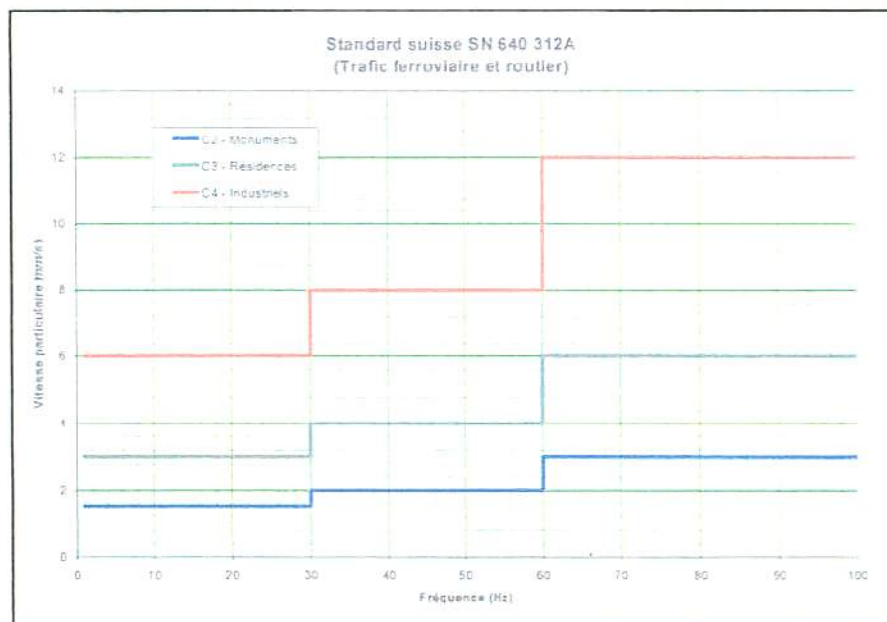
Figure 3 - Critères de dommages – USBM et OSMRE

### AUTRES NORMES

D'autres normes existent (Figure 4- Allemagne DIN 4150, Figure 5- Suisse SN640 312A) Ces normes souvent jugées trop restrictives en Amérique du Nord sont beaucoup plus élaborées et permettent de moduler les restrictions imposées selon le type de vibration incidente (continue, transitoire ou impulsive) et selon le type d'édifice affecté (résidentiel, commercial, institutionnel, patrimonial)



**Figure 4 - Norme allemande DIN4150**



**Figure 5 - Norme suisse - SN640312A**

### 3.2.2. Effets majeurs

Par effets majeurs, on entend que l'intégrité structurale de l'édifice est compromise suite à des dommages à la structure ou aux fondations de l'édifice.

À moins d'être en présence d'un phénomène de résonance associé particulier, le niveau de contrainte générée par un dynamitage et la durée d'exposition à ce niveau de contrainte ne sont pas suffisants pour produire des dommages aussi importants. Ce type de dommage est plutôt associé à des séismes naturels.

À titre d'exemple, un critère développé par Oriard<sup>5</sup> porte sur la vitesse particulière nécessaire pour provoquer la fissuration du béton. Selon ce critère conservateur de l'avis même de l'auteur, la vitesse particulière nécessaire pour créer des dommages à une fondation de béton 10 jours ou plus après la coulée serait supérieure à 300 mm/s à 75 m ou plus d'un sautage. À plus faible distance (15 m ou moins) la vitesse particulière acceptable serait supérieure à 500 mm/s.

### 3.2.3. Perception humaine des vibrations et surpressions

Le seuil de perception et le seuil de tolérance de l'être humain par rapport aux vibrations a bien peu à voir avec les critères développés pour éviter les dommages. D'une part, la réponse de l'être humain pris comme capteurs de vibrations et surpressions est très limitée et n'est absolument pas linéaire.

Dans le cas des surpressions acoustiques, il est nécessaire de pondérer l'intensité réelle (dB) de la surpression en fonction de la fréquence pour établir les intensités (en dBA) telles que perçues par l'oreille humaine. Par exemple, une personne normale n'entend pas les sons dont la fréquence est inférieure à 20 Hz alors que les sons qui se trouvent dans la gamme de fréquence

---

<sup>5</sup> Oriard, Lewis, Explosives Engineering, Construction Vibrations and Geotechnology, International Society of Explosive Engineers, 2002

de la voix humaine (1000 à 2000 Hz) sont (évidemment) très bien perçus. Ce type de pondération n'existe pas pour les vibrations du sol.

En conséquence, il n'est pas possible de prévoir la réaction d'un individu donné à un niveau de vibration ou de surpression. Une étude menée entre 1980 et 1990 par le USBM montre que l'intensité des vibrations perçue par une population donnée est disproportionnée par rapport à la réalité. Cette étude fournit aussi des statistiques (tableau 1) qui relient l'intensité réelle des vibrations produites par un dynamitage au nombre de plaintes reçues.

**Tableau 1 – % de plaignants vs la vitesse particulière induite par un sautage**

<b>Vitesse particulière (mm/s)</b>	<b>Occurrence des plaintes (%)</b>
<2.5	1
2.5	1.5
5	5
10	10
15	15
25	20
50	50
100	70



## 4. Évaluation des rapports émis en 2001 et 2002

---

Plusieurs rapports techniques ont été émis depuis 1987 au sujet des vibrations générées par cette carrière. Nous avons consulté les rapports les plus récents: le premier produit par la firme Géophysique GPR International Inc. couvre les opérations de la carrière pour l'année 2001, le second rédigé par la firme Dyfotech Inc. fournit le suivi des vibrations pour l'année 2002. Le rapport pour l'année 2003 n'est pas encore disponible.

### 4.1. CONTENU DES RAPPORTS - FAITS SAILLANTS

#### 4.1.1. Limites prescrites

Les deux rapports présentent essentiellement une compilation des mesures de vibration et de surpression qui ont été systématiquement effectuées pour chacun des dynamitages afin de se conformer aux limites prescrites dans le manuel d'assurance qualité rédigé à l'intention de l'opérateur de la carrière. Selon le rapport de 2001, ces limites ont été acceptées tant par le producteur que par les autorités des villes qui jouxtent la carrière et par la raffinerie Shell adjacente au site.

Selon le rapport, les limites de vibration et de surpression prescrites par le manuel s'énoncent comme suit:

#### 1. VIBRATION

La **vitesse particulière résultante** mesurée près des résidences ainsi qu'à proximité de l'usine des huiles lubrifiantes située sur le site de la raffinerie Shell ne doit pas dépasser **5 mm/s.**<sup>Note 1</sup>

---

Note 1 Il n'est pas fait mention de durée d'exposition, ni de fréquence vibratoire. La position que doit occuper le capteur et son mode d'installation n'est pas mentionnée.

## 2. SUPPRESSION

La suppression acoustique doit être inférieure à:<sup>Note 2</sup>

- **110 dB** près des résidences
- **115 dB** dans l'axe de la rue Sherbrooke
- **130 dB** dans à la raffinerie

### 4.1.2. Non-conformités

Les deux rapports présentent ensuite une liste des non-conformités aux limites prescrites:

- **2001 – 3 sautages**
- **2002 – 2 sautages**

### 4.1.3. Plaintes

Dans chacun des rapports on fournit une liste des plaintes reçues au cours de l'année:

- **2001 – 8 plaintes reçues - 3 sautages impliqués**
- **2002 – 3 plaintes reçues - 2 sautages impliqués**

Dans tous les cas, les plaintes ont été reçues suite à des sautages conformes aux limites prescrites. Selon les rapports, les plaintes seraient attribuables à un problème de perception. Aucun des rapports ne mentionne toutefois de quelle type de perception il s'agit. Il aurait été intéressant de connaître ce fait pour mieux circonscrire le problème. S'il s'agissait d'une perception auditive, un tintement de vaisselle par exemple, les vibrations transmises dans le sol n'étaient peut-être pas en cause et les vibrations seraient plutôt apparues suite à une excitation

---

Note 2 Ni la pondération appliquée, ni le mode d'installation ne sont mentionnés

de la structure par la surpression acoustique. Dans ce cas, les conditions météorologiques présentes lors du sautage avaient probablement une influence directe sur le phénomène.

#### 4.1.4. Intensités maximales mesurées

Les intensités maximales et moyennes des vibrations et de la surpression relevées à chacune des stations de mesure sont clairement indiquées dans chaque rapport. Les valeurs à retenir sont fournies au tableau 2 qui suit:

**Tableau 2 - Sommaire des mesures de vibration et de surpression**

Année	Endroit	Vibration		Surpression	
		Moyenne	Maximum	Moyenne	Maximum
2001	Ensemble des résidences	3.0 mm/s	8.4 mm/s	112 dB	118 dB
	Bordure de la raffinerie	25.6 mm/s	68.0 mm/s	123 dB	135 dB
2002	Ensemble des résidences	3.7 mm/s	5.4 mm/s	110 dB	117 dB
	Bordure de la raffinerie	31.9 mm/s	63.5 mm/s	115 dB	136 dB

#### 4.1.5. Transmission des vibrations aux résidences

Une analyse des mesures par régression linéaire est effectuée dans chacun des rapports. Cette technique vise à établir des équations qui permettent de calculer la vitesse particulière et la surpression pour une charge explosive donnée à une distance donnée.

Cette démarche statistique est utilisée lors qu'il n'est pas possible de faire des mesures directes d'atténuation (plus coûteuse à réaliser mais plus fiable).

Certaines lacunes apparaissent à l'examen des graphiques fournies dans les rapports.

1. On note par exemple l'absence du coefficient de détermination  $R^2$  qui quantifie la capacité de l'équation de régression à prédire des valeurs précises fiables. La dispersion assez importante des valeurs de part et d'autres des droites de régression calculées suggère que

$R^2$  est plutôt faible, en conséquence, les valeurs prédites par ces équations ne sont pas très fiables.

2. Normalement, on établit la droite de régression pour un intervalle de confiance de 95 % or les droites montrées ont été calculées pour un intervalle de confiance de 50% (i.e. il y a une chance sur deux pour que les valeurs réelles soient supérieures aux valeurs prévues au moyen des équations fournies).

En conséquence, il serait préférable de ne pas utiliser ces équations pour calculer une distance minimale entre les sautages et les résidences.

## 4.2. AUTRES MESURES

Des mesures ont été effectuées par le laboratoire de géotechnique de la Ville de Montréal. Ces mesures semblent avoir été faites de manière à obtenir une courbe de l'atténuation des vibrations à l'arrière d'un dynamitage. Ces mesures sont beaucoup plus utiles pour prévoir l'intensité maximale en fonction de la distance puisque les ondes sismiques se propagent directement dans un milieu non remanié entre le sautage et le point de mesure. L'équation d'atténuation obtenue par cette technique serait beaucoup plus utile.

## 5. Distance minimale à l'excavation pour éviter les dommages

À défaut de pouvoir utiliser les valeurs obtenues à partir de l'expérience menée par le laboratoire de géotechnique de la Ville de Montréal, nous utiliserons les valeurs de vitesses particulières obtenues près de la raffinerie pour évaluer le potentiel de dommages des vibrations générées par les sautages puisque les mesures obtenues à cet endroit sont plus représentatives des intensités qui seront mesurées dans la zone d'intérêt lorsque les opérations de la carrière se déplaceront vers le secteur inexploité.

À la figure on fournit le graphe de la vitesse particulière en fonction de la distance scalaire<sup>Note 3</sup> qui a été obtenu en reportant toutes les valeurs obtenues à la raffinerie Shell en 2001.

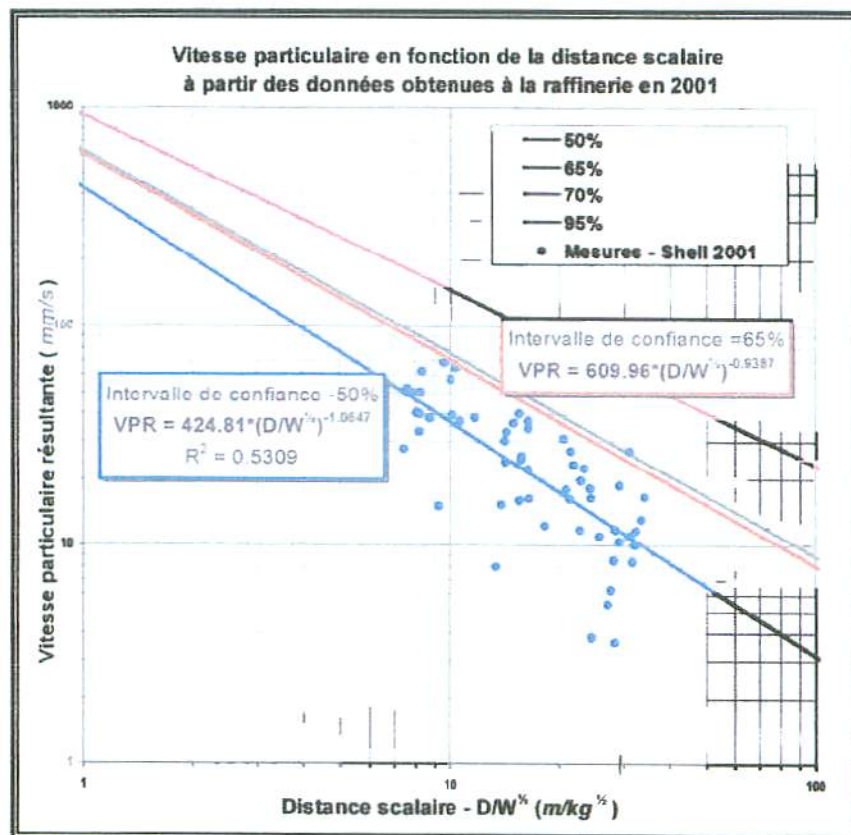


Figure 6 - Vitesse particulière vs Distance scalaire (Shell 2001)

Note 3 La distance scalaire est égale au quotient de la distance entre le dynamitage et le point de mesure sur la racine carré de la charge maximale par délai. La charge maximale par délai est la charge maximale d'explosif qui détonera à un instant donné.

Tel que mentionné précédemment, on note une dispersion importante des mesures. Le coefficient de détermination  $R^2$ , idéalement égal à 1, est égal à 0.5309 ; en conséquence, il n'est pas souhaitable d'utiliser la courbe de régression dont le coefficient de confiance est de 50 % (courbe montrée en bleu).

Nous avons donc établi les équations de droites pour des intervalles de confiance de 95%, 80%, 70 % et 65%. Pour cette dernière droite (montrée en rouge), on observe que toutes les vitesses particulières mesurées en 2001 sont inférieures à la vitesse particulière calculée à partir de l'équation de cette droite. En conséquence, il est raisonnable d'utiliser l'équation qui définit cette droite pour prédire l'intensité des vibrations avec une marge de sécurité acceptable.

Connaissant la charge maximale par délai  $W$ , il est possible de calculer la distance minimale  $D$  qui sera nécessaire pour atteindre la vitesse particulière résultante maximale  $VPR_{MAX}$  que l'on accepte de tolérer.

En réarrangeant termes de l'équation définie plus haut, on obtient l'équation suivante compte tenu d'une charge maximale par délai de 90 kg :

$$D = \sqrt{W} \cdot 10^{\frac{\log(VPR) - \log(K)}{\beta}} = \sqrt{90} \cdot 10^{\frac{\log(VPR) - 2.78530399}{-0.9387001}}$$

À partir du critère USBM R18507 montré à la Figure 3 de la page 8 et compte tenu de la plage de fréquence observée lors des mesures de 2001 et 2002 (11 à 20 Hz), on obtient une vitesse particulière tolérable de l'ordre de 20 mm/s.

Cette vitesse pourrait donc être atteinte à une distance de 356 m du sautage.

Si l'on considère la limite prescrite de 5 mm/s présentement utilisée, l'équation développée montre que la cette vitesse peut être atteinte à partir de 1550 m d'un sautage.

Cette dernière valeur peut sembler erronée; toutefois si on examine les résultats de 2001 et 2002, on observe des vitesses particulières qui s'approchent de cette valeur (e.g. le 30 novembre 2001, avec une charge maximale par délai de 75 kg une vitesse particulière résultante de 8.4 mm/s a été observée au 7221 Desprez situé à plus de 800 m du sautage). En utilisant l'équation développée, une charge maximale de 75 kg et une vitesse particulière de 8.4 mm/s, on obtient une distance de 831 m.

## 6. CONCLUSION

---

En supposant qu'il n'y ait pas de modifications apportées au devis de sautage actuel (i.e. charge maximale par délai, hauteur des bancs, durée des sautages, disposition des trous, etc.), la revue que nous avons faite des différents documents mis à notre disposition nous amène à conclure que:

### A. Si les opérations de la carrière demeurent confinées à la zone actuelle d'exploitation:

1. Les conditions actuelles d'opération permettraient l'établissement d'édifices dans la zone d'intérêt sans risque de dommages physiques aux édifices.
2. Les conditions actuelles d'opération pourraient générer des vibrations dans la zone d'intérêt qui dépasseraient fréquemment la limite de 5 mm/s que l'exploitant s'est engagé à respecter<sup>6</sup>. En conséquence, il est probable que le nombre de plaintes seraient substantiellement plus élevé dans le futur.

### B. Si les opérations de la carrière se déplacent dans la zone présentement inexploitée:

1. il est possible que l'intensité des vibrations atteigne le seuil de dommages mineurs dans la zone d'intérêt puisque la vitesse particulaire résultante pourrait excéder 20 mm/s pour une distance aux dynamitages inférieure à environ 350 m.
2. la vitesse particulaire résultante des vibrations, mesurée à l'intérieur de la zone d'intérêt, dépassera la limite de 5 mm/s pour la majorité des sautages.
3. il est probable que, dans les secteurs déjà construits, l'intensité des vibrations excédera fréquemment la limite de 5 mm/s. Cette situation amènera un accroissement significatif des plaintes, même s'il est peu probable que des dommages physiques apparaissent.

---

<sup>6</sup> GPR, Rapport des opérations 2001, page 5, paragraphe 1, «...proviennent d'un protocole d'opérations pour le respect de l'environnement que les opérateurs de la carrière s'étaient imposés d'un commun accord avec les autorités municipales concernées...»

## Recommandations

Les conclusions que nous soumettons sont fondées sur l'analyse de seulement deux études dont l'objectif principal était de montrer que, lors des années d'opération en cause, l'exploitant avait réussi à atteindre l'objectif qu'il s'était fixé.

Afin de confirmer les conclusions que nous avons exposées, nous estimons toutefois qu'il serait nécessaire d'analyser les données acquises par le laboratoire de géotechnique de la ville de Montréal<sup>7</sup>. En effet, ils sembleraient que les conditions de transmission des vibrations qui existaient lors de ces essais étaient très semblables à celles qui prévaudront lors du déplacement des opérations vers le secteur inexploité.

---

<sup>7</sup> Sous réserves que ces données soient de bonne qualité, qu'elles soient en nombre suffisant pour avoir une validité statistique et que la dispersion spatiale des stations soient adéquates.





**SHDM**  
 SOCIÉTÉ D'HABITATION  
 ET DE DÉVELOPPEMENT  
 DE MONTRÉAL

## PROJET CONTRECŒUR


Évaluation de l'essai de vibration  
 effectué à la carrière Lafarge  
 par la Ville de Montréal


présenté à  
**CLAULAC INC.**  
 5900, boul. Léger, Bureau 404  
 Montréal, QC H1G 1K9

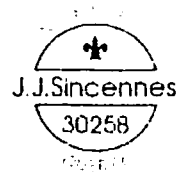
MARS 2004

C03744-1A

**N° de projet :** 85 P002138

 <ul style="list-style-type: none"> <li>*1- Approprié au projet</li> <li>2- Version adéquate</li> <li>3- Examen sommaire</li> <li>4- Vérification détaillée</li> </ul>	<b>Réception</b>		
	* Types de vérif.	Paraphe	Classement
Reçu le : 11 MARS 2005			
Destinataire : JBB	4	JBB	
Distribution :			

Préparé par :   
 Jean-Jacques Sincennes, ing.



## GÉOPHYSIQUE SIGMA INC.

1400, rue Marie-Victorin, bureau 200  
 Saint-Bruno, QC J3V 6B9  
 Téléphone : (450) 441-4600  
 Télécopieur : (450) 441-3703

## TABLE DES MATIÈRES

---

1. INTRODUCTION	1
2. DESCRIPTION DE L'ESSAI	2
2.1. PARAMÈTRES DE L'ESSAI	2
2.2. LOCALISATION	2
2.3. COMPARAISON DES RÉSULTATS DE L'ESSAI 00-29 ET DES RÉSULTATS DE 2001	3
3. CONCLUSION	7

## LISTE DES FIGURES

---

FIGURE 1 - POSITION DES TROIS STATIONS UTILISÉES PAR LA VILLE DE MONTRÉAL	3
FIGURE 2 - VITESSE PARTICULAIRE VS DISTANCE SCALAIRE (SHELL 2001 ET ESSAI 00-29)	4
FIGURE 3 - CARTE DES DISTANCES LIMITES DE 5 ET 20 MM/S	6

## LISTE DES TABLEAUX

---

TABLEAU 1 - PARAMÈTRES DE L'ESSAI	2
-----------------------------------	---

# 1. INTRODUCTION

---

Le projet d'aménagement immobilier CONTRECŒUR fait présentement l'objet d'une étude par la SOCIÉTÉ D'HABITATION ET DE DÉVELOPPEMENT DE MONTRÉAL (SHDM). Le site à développer se situe dans l'est de l'île de Montréal à proximité d'une carrière en opération.

Dans le cadre de cette étude, la firme d'experts-conseils CLAULAC INC. a demandé à la firme GÉOPHYSIQUE SIGMA INC de procéder à un examen technique des rapports sur les mesures de vibration effectuées pour le compte du propriétaire et exploitant de la carrière LAFARGE CANADA en 2001 et 2002<sup>1,2</sup>. Les faits, conclusions et recommandations provenant de cet examen ont été présentés dans un rapport que nous avons soumis en février 2004.

Dans ce rapport<sup>3</sup>, nous recommandons d'examiner les résultats d'un essai de vibration effectué en 2000 par le laboratoire de la Ville de Montréal à l'extrémité nord-ouest de la carrière. Le laboratoire nous a transmis les données de cet essai dans une note<sup>4</sup> reçue le 19 mars 2004

Dans le présent addenda, préparé par Jean-Jacques Sincennes, ing., ingénieur géologue et géophysicien, on présente l'analyse de cet essai de vibration, on compare ces résultats à ceux présentés dans le rapport précédent et on reformule les conclusions pour inclure les nouvelles données.

---

<sup>1</sup> Géophysique GPR International Inc., «Contrôle de la qualité des opérations de dynamitage 2001 à la carrière Lafarge Canada de Montréal-Est», Mai 2002, Rapport M-01446

<sup>2</sup> Dyfotech inc., «Rapport des opérations de dynamitage 2002 à la carrière Montréal-Est», Mars 2003

<sup>3</sup> Géophysique Sigma Inc., «Évaluation des mesures de vibration effectuées à la carrière Lafarge», Février 2004

<sup>4</sup> Ville de Montréal, Services des infrastructures et de l'environnement, Division de laboratoires, «Site Contrecoeur, étude des vibrations causées par la carrière», n° de référence 00F161A.

## 2. DESCRIPTION DE L'ESSAI

### 2.1. PARAMÈTRES DE L'ESSAI

Les données qui nous ont été transmises concernant un essai réalisé lors d'un sautage dans la partie nord-ouest de la carrière. Le tableau 1 fournit la liste des paramètres pertinents:

Tableau 1 - Paramètres de l'essai

Sautage n°:		00-29	Date: 2000-11-09	
Charge maximale par délai (W):		77 kg	Heure: 13h45	
Station de mesure	Propriétaire	Position	Distance	VPR (mm/s)
1	Ville de Montréal	Entre la carrière et le boulevard Métropolitain	228	9.5
2			340	5.9
3			610	2.4
4	Lafarge	Shell	221	6.7
5		9190, Rousseau	1112	1.4
6		9134, Gabrielle-Roy	897	3.3
7		6803, Chemin Goulet	717	1.4
8		7221, Desprez (sol)	818	2.4
9		7221, Desprez (solage)	818	1.5

Les stations 1, 2 et 3 sont celles installées par la ville de Montréal, les stations 4 à 9 sont celles installées par Lafarge, ces dernières ont par la suite été utilisées lors des campagnes de mesure subséquentes (2001 et 2002).

### 2.2. LOCALISATION

On retrouvera à la figure 1 de la page suivante une carte de localisation montrant la position occupée par les stations installées par la ville de Montréal.

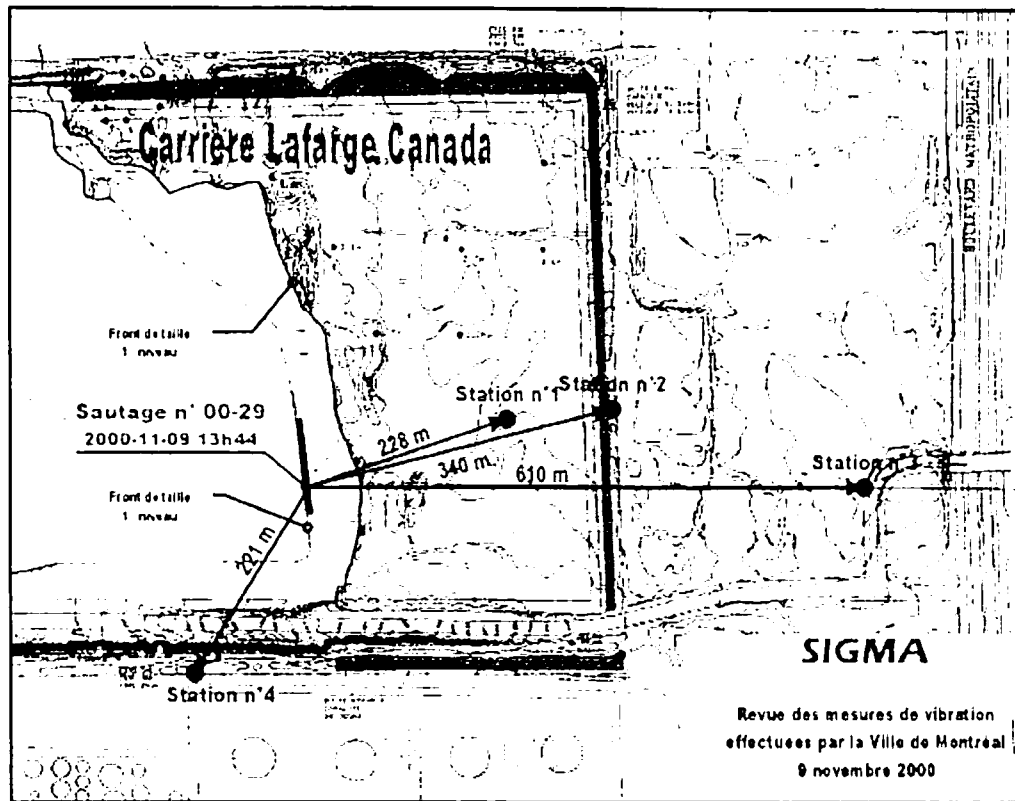


Figure 1 - Position des trois stations utilisées par la ville de Montréal

### 2.3. COMPARAISON DES RÉSULTATS DE L'ESSAI 00-29 ET DES RÉSULTATS DE 2001

Dans le rapport initial nous avons produit un graphe des valeurs de vitesse particulière obtenues près de la raffinerie en fonction de la distance scalaire.<sup>5</sup>

À la figure 2 de la page suivante, nous reprenons ce graphe en y ajoutant les valeurs de vitesse particulière enregistrées par le laboratoire de la ville de Montréal (*Stations 1 à 3* – illustrées par un triangle rouge) et les valeurs obtenues par Lafarge (*Stations 4 à 9* – illustrées par un triangle jaune).

<sup>5</sup> La distance scalaire est égale au quotient de la distance entre le dynamitage et le point de mesure sur la racine carré de la charge maximale par délai. La charge maximale par délai est la charge maximale d'explosif qui détonera à un instant donné.

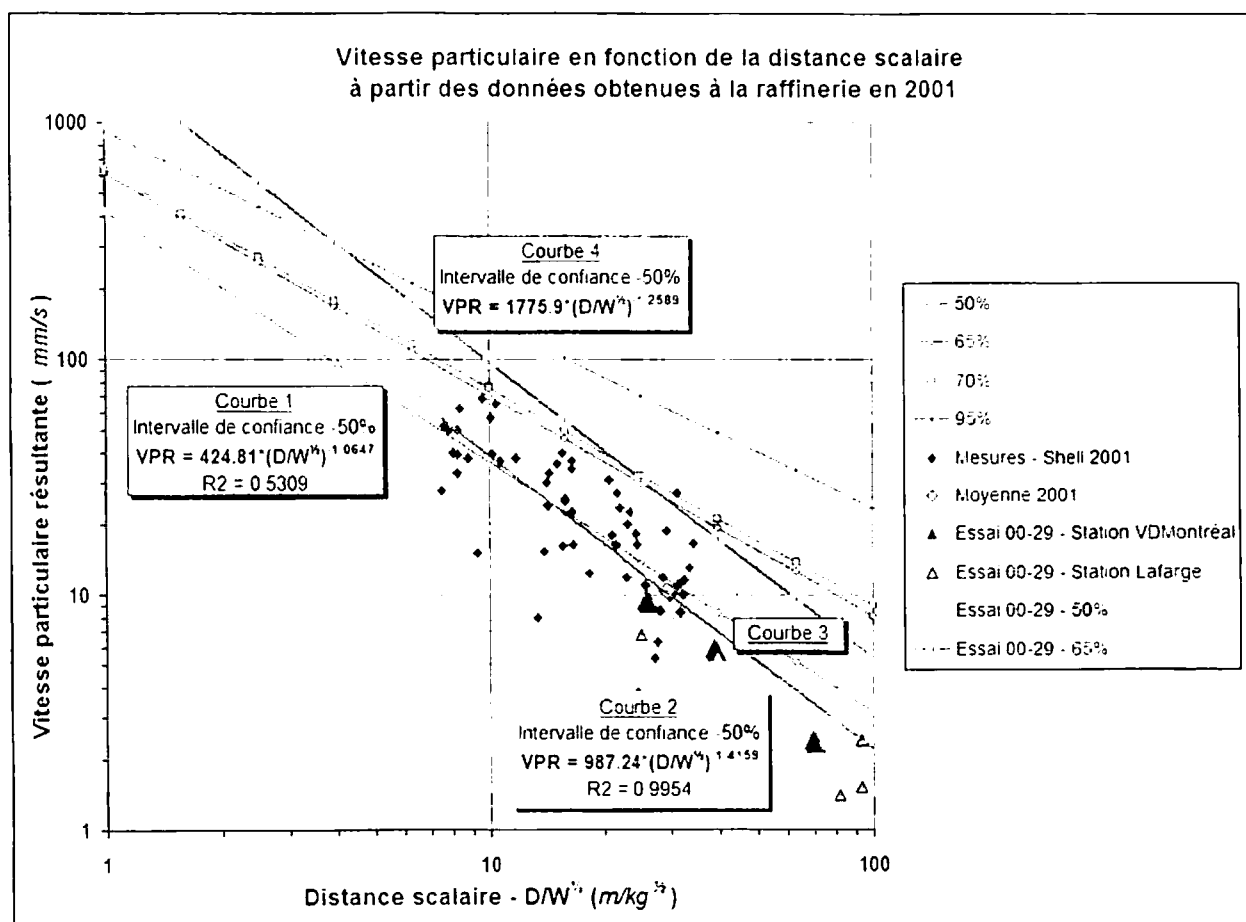


Figure 2 - Vitesse particulaire vs Distance scalaire (Shell 2001 et Essai 00-29)

L'examen du graphique montre que les mesures effectuées lors de l'essai 00-29 s'inscrivent dans le prolongement du nuage des points de mesure de 2001.

Une courbe de régression (*Courbe 2*) a été calculée à partir des mesures réalisées par le laboratoire de la ville de Montréal. Cette droite de régression diffère de la droite qui avait été obtenue à partir des données de 2001 (*Courbe 1*).

Toutefois, comme les stations sont installées dans un étroit corridor, du même côté et derrière le front de taille, nous estimons que cette nouvelle courbe reflète mieux les conditions qui prévaudront dans le secteur du projet Contrecoeur lorsque les opérations de la carrière se déplaceront dans la partie ouest.

Nous devons toutefois mentionner que la droite n'a été établie qu'à partir de trois points, ce qui explique en partie l'excellent coefficient de détermination  $R^2$  de 0.9954 qui est obtenu. Il n'en demeure pas moins que cette nouvelle droite traverse le nuage de points de mesure de 2001 en son centre. En outre, la droite de régression obtenue à partir de toutes les données montrées sur le graphique (*Courbe 3*) a un coefficient de détermination meilleur que celui de la courbe 1 (0,75 vs 0,51) alors que sa pente tend vers la pente de la courbe 2.

Une droite de régression pour un intervalle de confiance de 65% a aussi été calculée à partir des trois points de l'essai du laboratoire de la ville de Montréal. Cette droite (*Courbe 4*) est montrée en trait gras vert sur le graphique. Il est raisonnable d'utiliser l'équation qui définit cette droite pour prédire l'intensité des vibrations avec une marge de sécurité acceptable.

Connaissant la charge maximale par délai  $W$ , il est possible de calculer la distance minimale  $D$  qui sera nécessaire pour atteindre la vitesse particulière résultante maximale  $VPR_{MAX}$  que l'on accepte de tolérer.

En réarrangeant les termes de l'équation de la droite définie par les trois points de l'essai du laboratoire, on obtient l'équation suivante pour une charge maximale par délai de 90 kg :

$$D = \sqrt{W} \cdot 10^{\frac{\log(VPR) - \log(K)}{\beta}} = \sqrt{90} \cdot 10^{\frac{\log(VPR) - 2.99442}{-1.4159011}} \text{ - Intervalle de confiance 50\%}$$

De la même façon, on obtient l'équation suivante en réarrangeant les termes de l'équation de la droite obtenue pour un intervalle de confiance de 65%:

$$D = \sqrt{W} \cdot 10^{\frac{\log(VPR) - \log(K)}{\beta}} = \sqrt{90} \cdot 10^{\frac{\log(VPR) - 3.249414}{-1.2589}} \text{ - Intervalle de confiance 65\%}$$

En utilisant ces équations, on calcule que la vitesse particulière tolérable de l'ordre de 20 mm/s qui pourrait générer des dommages cosmétiques serait atteinte à partir d'une distance de 149 m du sautage dans pour un intervalle de confiance de 50% et de 334 m du sautage pour un intervalle de confiance de 65%.

Si l'on considère la limite prescrite de 5 mm/s présentement utilisée, les équations développées montrent que cette vitesse peut être atteinte à partir de 397 m et de 1006 m respectivement.

À la figure 3 qui suit, on illustre la position de ces limites au début de l'exploitation et à la fin de l'exploitation de la zone d'exploitation future.

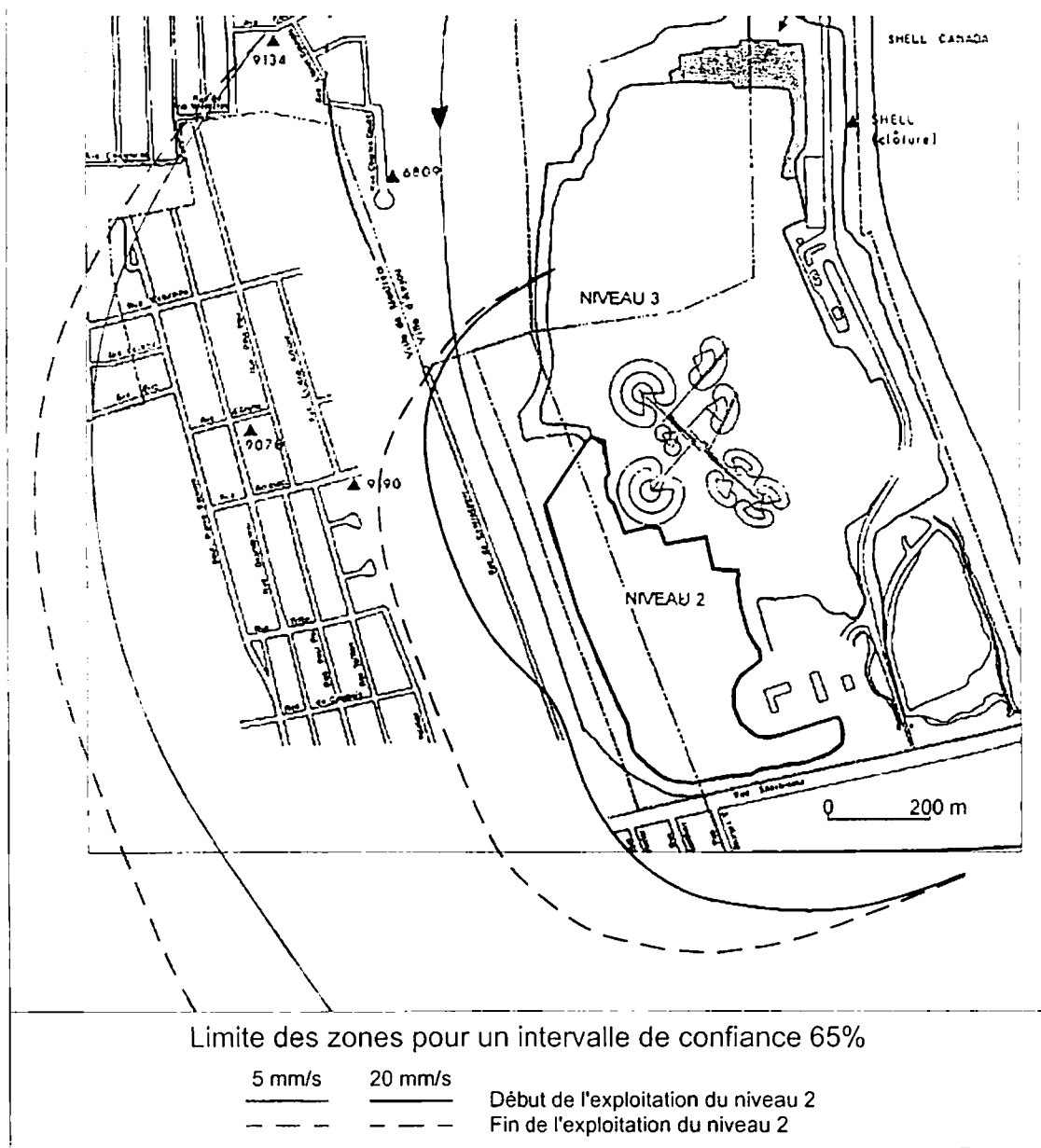


Figure 3 - Carte des distances limites de 5 et 20 mm/s



### 3. CONCLUSION

---

En supposant qu'il n'y ait pas de modification apportée au devis de sautage actuel les calculs que nous avons effectués à partir de l'essai de vibration mené par le laboratoire de la Ville de Montréal lors du sautage 00-29 nous amène à conclure que:

**A. Si les opérations de la carrière demeurent confinées à la zone actuelle d'exploitation:**

1. Les conditions actuelles d'opération permettraient l'établissement d'édifices dans la zone d'intérêt sans risque de dommages physiques aux édifices.
2. Les conditions actuelles d'opération pourraient générer des vibrations dans la zone d'intérêt qui dépasseraient fréquemment la limite de 5 mm/s que l'exploitant s'est engagé à respecter<sup>6</sup>. En conséquence, il est probable que le nombre de plaintes seraient substantiellement plus élevé dans le futur.

**B. Si les opérations de la carrière se déplacent dans la zone présentement inexploitée:**

1. il est possible que l'intensité des vibrations atteigne le seuil de dommages mineurs dans la zone d'intérêt puisque la vitesse particulière résultante pourrait excéder 20 mm/s pour une distance aux dynamitages inférieure à environ 334 m.
2. la vitesse particulière résultante des vibrations, mesurée à l'intérieur de la zone d'intérêt, dépassera la limite de 5 mm/s pour la majorité des sautages.
3. il est probable que, dans les secteurs déjà construits, l'intensité des vibrations excédera fréquemment la limite de 5 mm/s. Cette situation amènera un accroissement significatif des plaintes, même s'il est peu probable que des dommages physiques apparaissent.

Ces conclusions sont à toutes fins pratiques identiques à celles que nous avons soumises précédemment. En fait, l'analyse de l'essai montre que l'on pourrait s'approcher d'une vingtaine de mètres de plus avant d'entrer dans la zone des dommages cosmétiques. D'autre part la zone de dépassement probable de la limite de 5 mm/s s'étendrait jusqu'à 1000 m du sautage au lieu de 1100 m calculé précédemment.

---

<sup>6</sup> GPR, Rapport des opérations 2001, page 5, paragraphe 1, «...proviennent d'un protocole d'opérations pour le respect de l'environnement que les opérateurs de la carrière s'étaient imposés d'un commun accord avec les autorités municipales concernées...»



**SHDM**  
 SOCIÉTÉ D'HABITATION  
 ET DE DÉVELOPPEMENT  
 DE MONTRÉAL

**PROJET CONTRECŒUR**

Évaluation de l'essai de vibration  
 effectué à la carrière Lafarge  
 par la Ville de Montréal


présenté à

CLAULAC INC.  
 5900, boul. Léger, Bureau 404  
 Montréal, QC H1G 1K9

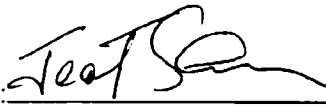
AVRIL 2004

C03744-1B

N° de projet : 85P002138

 <ul style="list-style-type: none"> <li>*1- Apprôné au projet</li> <li>2- Version adéquate</li> <li>3- Examen sommaire</li> <li>4- Vérification détaillée</li> </ul>	<b>Réception</b>		
	° Types de vérif.	Paraphe	Classement
Reçu le : 11 MARS 2005			
Destinataire : JBB	4	JBB	
Distribution :			

Préparé par :



Jean-Jacques Sincennes, ing.



**GÉOPHYSIQUE SIGMA INC.**

1400, rue Marie-Victorin, bureau 200  
 Saint-Bruno, QC J3V 6B9  
 Téléphone : (450) 441-4600  
 Télécopieur : (450) 441-3703

## TABLE DES MATIÈRES

---

1. INTRODUCTION	1
2. DESCRIPTION DES SIMULATIONS	2
2.1. COURBES D'ATTÉNUATION	2
2.2. CARTE DES VIBRATIONS	4
3. CONCLUSION	6

## LISTE DES FIGURES

---

FIGURE 1 - VITESSE PARTICULAIRE VS DISTANCE SCALAIRE (SHELL 2001 ET ESSAI 00-29)	2
--	---

## LISTE DES TABLEAUX

---

TABLEAU 1 - COTES DES CONTOURS DE VIBRATION.	3
TABLEAU 2 - LISTE DES SIMULATIONS PRÉSENTÉES EN ANNEXE	4
TABLEAU 3 - DÉFINITIONS DES PLAGES DE COULEURS UTILISÉES POUR LES FIGURES MONTRÉES EN ANNEXE	5

## LISTE DES ANNEXES

---

ANNEXE 1 – CARRIÈRE LAFARGE – Simulations de l'intensité des vibrations en fonction de la distance	
ANNEXE 2 – CARRIÈRE LAFARGE – Restriction de la zone d'exploitation.	

# 1. INTRODUCTION

---

Le projet d'aménagement immobilier CONTRECŒUR fait présentement l'objet d'une étude par la SOCIÉTÉ D'HABITATION ET DE DÉVELOPPEMENT DE MONTRÉAL (SHDM). Le site à développer se situe dans l'Est de l'île de Montréal à proximité d'une carrière en opération.

Dans le cadre de cette étude, la firme d'experts-conseils CLAULAC INC. a demandé à la firme GÉOPHYSIQUE SIGMA INC de procéder à un examen technique des rapports sur les mesures de vibration effectuées pour le compte du propriétaire et exploitant de la carrière LAFARGE CANADA en 2001 et 2002<sup>1,2</sup>. Les faits, conclusions et recommandations provenant de cet examen ont été présentés dans un rapport<sup>3</sup>, que nous avons soumis en février 2004. Par la suite un addenda<sup>4</sup>, a été rédigé pour présenter l'analyse d'un essai de vibration effectué par le laboratoire de la ville de Montréal en novembre 2000.

Le présent addenda (C03744-1B), préparé par Jean-Jacques Sincennes, ing., ingénieur géologue et géophysicien, fournit le résultat de simulations qui ont été faites à la demande de la SHDM suite à la discussion du rapport C03744-1 et de l'addenda C03744-1A lors d'une réunion tenu aux bureaux du Conseil d'arrondissement Anjou vers le 15 avril 2004.

---

<sup>1</sup> Géophysique GPR International Inc., «Contrôle de la qualité des opérations de dynamitage 2001 à la carrière Lafarge Canada de Montréal-Est», Mai 2002, Rapport M-01446

<sup>2</sup> Dyfotech inc., «Rapport des opérations de dynamitage 2002 à la carrière Montréal-Est», Mars 2003

<sup>3</sup> Géophysique Sigma Inc, «Évaluation des mesures de vibration effectuées à la carrière Lafarge», Février 2004

<sup>4</sup> Géophysique Sigma Inc, «Évaluation Évaluation de l'essai de vibration effectué à la carrière Lafarge par la Ville de Montréal», Février 2004

## 2. DESCRIPTION DES SIMULATIONS

### 2.1. COURBES D'ATTÉNUATION

La méthode employée pour développer les courbes d'atténuation des vibrations pour ce site a déjà été présentée dans les rapports précédents<sup>3,4</sup>. Les équations utilisées sont indiquées sur le graphique de la Figure 1 qui suit :

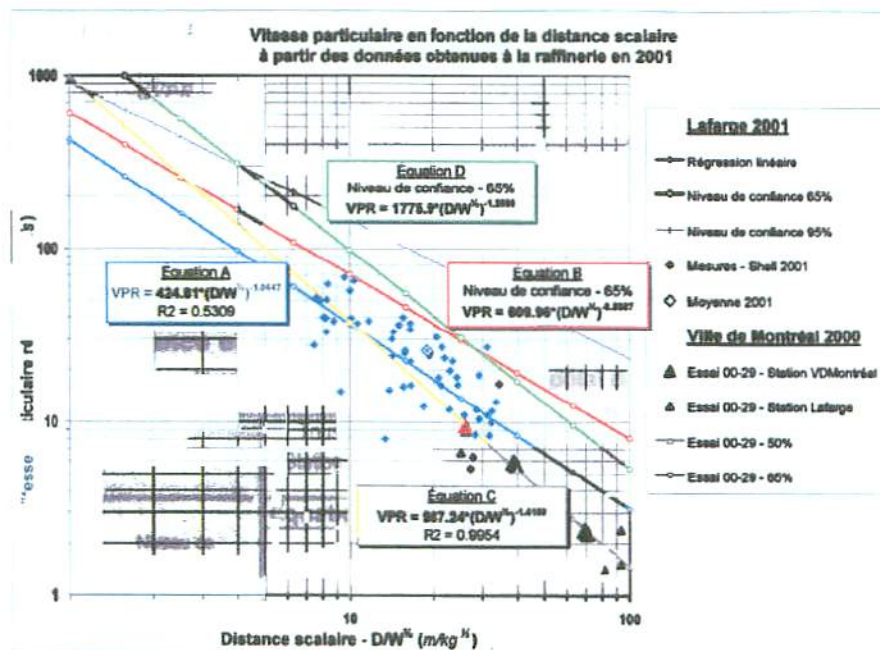


Figure 1 - Vitesse particulière vs Distance scalaire (Shell 2001 et Essai 00-29)

Nous avons développé deux relations (Éq.1 et 2) qui permettaient de calculer la distance **D** sautage-captur à partir de laquelle une intensité donnée des vibrations étaient atteinte. Ces distances avaient servi à produire une carte de contour de vibration.

Les conclusions que nous avons dégagées à partir de la carte de contours de vibration comportaient un certain facteur de sécurité puisque :

1. la charge maximale d'explosifs par délai **W** a été fixée à **90 kg** alors que la charge maximale par délai est en moyenne de **77kg**.

2. De plus, les contours ont été établis en considérant un niveau de confiance de 65%. (Éq.2)

Puisque l'on désire s'assurer du maintien des conditions de vibration actuelles, l'équation développée pour un niveau de confiance de 50% est probablement plus près de la réalité. En conséquence, nous avons refait les simulations en utilisant les équations suivantes :

$$D = \sqrt{W} \cdot 10^{\frac{\log(VPR) - \log(K)}{\beta}} = \sqrt{90} \cdot 10^{\frac{\log(VPR) - 2.6282}{-1.0647}} \quad \text{-Éq.A - Niveau de confiance 50\%}$$

$$D = \sqrt{W} \cdot 10^{\frac{\log(VPR) - \log(K)}{\beta}} = \sqrt{90} \cdot 10^{\frac{\log(VPR) - 2.99442}{-1.4159011}} \quad \text{-Éq.C - Niveau de confiance 50\%}$$

$$D = \sqrt{W} \cdot 10^{\frac{\log(VPR) - \log(K)}{\beta}} = \sqrt{90} \cdot 10^{\frac{\log(VPR) - 3.249414}{-1.2589}} \quad \text{-Éq.D - Niveau de confiance 65\%}$$

Ces équations ont servi à préparer le tableau de données qui suit :

Tableau 1 - Cotes des contours de vibration.

<b>Distance estimée pour une vitesse particulière donnée</b> (avec une charge maximale par délai de 90 kg)				
Sources des données	Tous les sautages 2001 Station à la clôture de Shell		Sautage 00-29 Stations du lab. de la ville	
Niveau de confiance	Équation A	Équation B	Équation C	Équation D
	-	65%	-	65%
n >>	56			
R <sup>2</sup> >>	0.5309		0.9954	
K >>	424.81	609.06	987.24	1775.88
β >>	-1.0647	-0.9387	-1.4159	-1.2589
VPR (mm/s)	Distance entre le sautage et le capteur (m)			
5	615	1584	397	1007
10	321	757	243	581
15	219	491	183	421
20	167	362	149	335
25	136	285	127	280
30	114	235	112	243
35	99	199	100	215
40	87	173	91	193
45	78	152	84	176
50	71	136	78	162

## 2.2. CARTE DES VIBRATIONS

Deux cartes de contours de vibration ont été préparées pour chacune des équations d'atténuation (A, C et D). En supposant une dispersion radiale autour des sautages qui seront effectués le long d'un front de taille, chacun des contours illustrés représente l'enveloppe du front d'onde pour une vitesse particulière résultante donnée.

La première des deux simulations fournit les contours de la vitesse particulière qui serait générée si des sautages étaient effectués le long du front de taille actuel en considérant le niveau d'exploitation qui s'approche le plus de la zone résidentielle actuelle et future. (Trait gras bleu).

La seconde simulation fournit la même information mais pour le front de taille qui prévaudra à la fin de l'exploitation de la carrière. (Trait en tiret gras bleu).

La liste des cartes de contours de vibration est présentée au tableau 2.

Tableau 2 - Liste des simulations présentées en annexe

Droite de régression			N° de figure	Position du front de taille	
Équation	Source des données	Niveau de confiance		Exploitation actuelle	Fin de l'exploitation
<b>A</b>	<i>Shell 2001</i>	50 %	1	✓	
			2		✓
<b>C</b>	<i>Ville de Montréal 2000</i>	50 %	3	✓	
			4		✓
<b>D</b>	<i>Shell 2001</i>	65 %	5	✓	
			6		✓

Les figures 5 et 6 correspondent aux contours déjà présentés dans le rapport C03744-1A mais pour des fronts de taille actuel et final étendus à l'ensemble de la carrière. Ces courbes ont un niveau de confiance de 65% (i.e. toutes les valeurs mesurées se situent sous la droite définie par l'équation D)

Les figures 1 à 4 correspondent quant à elles aux contours développés à partir des équations C et D pour un niveau de confiance de 50%. (i.e. les valeurs mesurées sont réparties également de part et d'autre de la droite de régression)

Les contours représentés par un trait continu noir sont équidistants de 5 mm/s. Nous avons aussi ajouté des plages de couleurs diverses pour mieux illustrer les différentes zones.

Ces plages sont définies au tableau 3 qui suit :

Tableau 3 - Définitions des plages de couleurs utilisées pour les figures montrées en annexe

Plage de couleurs	Plage de vitesses correspondante (mm/s)		Remarques		
	de	à	Fréquence des plaintes	Fréquence des dommages	Sévérité des dommages
	0	5	Nulle à faible	Nul à très faible	Nulle à cosmétiques
	5	10	Faible à moyenne	Très faible à faible	
	10	20	Moyenne à élevée	Faible à moyenne	Cosmétiques (peu visible)
	20	50	Très élevée	Moyenne à élevée	Cosmétiques (peu nécessiter des réparations)
	plus de 50		Assurée	Élevée à assurée	Cosmétiques sérieux à structuraux



### 3. CONCLUSION

---

En supposant qu'il n'y ait pas de modification apportée au devis de sautage actuel, les calculs que nous avons effectués à partir de l'essai de vibration mené par le laboratoire de la Ville de Montréal montrent que:

**A. Si les opérations de la carrière demeurent confinées à la zone actuelle d'exploitation:**

**Note :** Par «Zone actuelle» on entend la zone exploitée en 2000 et 2001 (zone encerclée)

1. Les conditions actuelles d'opération permettraient l'établissement d'édifices dans la zone d'intérêt sans risque de dommages physiques aux édifices.
2. Les conditions actuelles d'opération pourraient générer des vibrations dans la zone d'intérêt qui dépasseraient à l'occasion la limite de 5 mm/s que l'exploitant s'est engagé à respecter<sup>5</sup>, mais uniquement dans la zone située dans le secteur des rue Charles-Goulet et Jean-Desprez. Les résidences qui seraient construites dans le secteur à développer seraient probablement épargnées.

**B. Si les opérations de la carrière se déplacent dans la zone située entre sur le front de taille indiqué par un trait bleu continu et le front de taille indiqué par des tirets bleu:**

**Scénario sécuritaire** – (i.e. fondé sur l'essai de la ville de Montréal avec un niveau de confiance de 65%)

Se reporter aux Figures 5 et 6 de l'annexe pour visualiser l'étendue des zones mentionnées.

1. il est possible que l'intensité des vibrations atteigne 20 mm/s (seuil de dommages mineurs) lorsque la distance à un sautage sera inférieure à 335 m.
2. il est possible que l'intensité des vibrations atteigne 5 mm/s (seuil des plaintes occasionnelles) lorsque la distance à un sautage sera inférieure à 1007 m.
3. En conséquence, selon la position du sautage le long du front de taille actuellement exploitable (trait bleu continu), il est possible que la vitesse particulière excède occasionnellement le seuil de dommages dans une petite portion du secteur à développer

---

<sup>5</sup> GPR, Rapport des opérations 2001, page 5, paragraphe 1, «...proviennent d'un protocole d'opérations pour le respect de l'environnement que les opérateurs de la carrière s'étaient imposés d'un commun accord avec les autorités municipales concernées...»

ainsi que pour quelques édifices situés sur la rue Sherbrooke. De même, il est probable que la fréquence des plaintes augmentera fortement pour le secteur des rues Sherbrooke, Charles-Goulet et Jean-Desprez ainsi que pour toute la portion est de la zone à développer. La fréquence des plaintes passera de nulle à occasionnelle pour une portion importante du domaine actuellement bâti.

4. Avec le temps, le front de taille se déplacera vers les limites de la carrière. En conséquence, selon la position du sautage entre le front de taille actuellement exploitable (trait bleu continu) et le front de taille de fin d'exploitation (trait en tiret bleu), la situation se détériora graduellement et certaines résidences des rues Charles Goulet et du secteur de la zone à développer pourraient être exposées à des vibrations dommageables. De même, la fréquence des plaintes en fin d'exploitation sera moyenne à élevée jusqu'à plus de 500 m de la carrière donc pour l'ensemble de la zone à développer.

**Scénario possible no. 1** – (i.e. *fondé sur l'essai de la ville de Montréal avec un niveau de confiance de 50%*).

Se reporter aux Figures 3 et 4 de l'annexe pour visualiser l'étendue des zones mentionnées.

1. il est probable que l'intensité des vibrations atteindra 20 mm/s (seuil de dommages mineurs) lorsque la distance à un sautage sera inférieure à 149 m.
2. il est probable que l'intensité des vibrations atteindra 5 mm/s (seuil des plaintes occasionnelles) lorsque la distance à un sautage sera inférieure à 397 m.
3. En conséquence, selon la position du sautage entre le front de taille actuellement exploitable (trait bleu continu) et le front de taille de fin d'exploitation (trait en tiret bleu), il est improbable que la vitesse particulière excède le seuil de dommages sauf en fin d'exploitation pour quelques édifices situés en bordure de la rue Sherbrooke. Toutefois, il est probable que la fréquence des plaintes augmente fortement dans certains secteurs. Ainsi, au début de l'exploitation, l'accroissement des plaintes sera limité au secteur de la rue Sherbrooke. Par la suite l'accroissement pourra atteindre les rues Charles-Goulet, Jean-Desprez et Jacques-Porlier ainsi que toute la portion est de la zone à développer.

**Scénario possible no. 2** – (i.e. *fondé sur les données de 2001 avec un niveau de confiance de 50%*).

Se reporter aux Figures 1 et 2 de l'annexe pour visualiser l'étendue des zones mentionnées.

1. il est probable que l'intensité des vibrations atteindra 20 mm/s (seuil de dommages mineurs) lorsque la distance à un sautage sera inférieure à 167 m.
2. il est probable que l'intensité des vibrations atteindra 5 mm/s (seuil des plaintes occasionnelles) lorsque la distance à un sautage sera inférieure à 615 m.
3. En conséquence, selon la position du sautage entre le front de taille actuellement exploitable (trait bleu continu) et le front de taille de fin d'exploitation (trait en tiret bleu), il est improbable que la vitesse particulière excède le seuil de dommages sauf en fin d'exploitation pour quelques édifices situés en bordure de la rue Sherbrooke. Toutefois, il est probable que la fréquence des plaintes augmente dans certains secteurs. Ainsi, au début de l'exploitation, on notera probablement une croissance significative des plaintes pour les rues Charles-Goulet, Jean-Desprez, Jacques-Porlier et possiblement Taillon de même que pour la majeure partie du secteur à développer. Avec le temps la zone susceptible de générer des plaintes s'étendra à toute la zone à développer ainsi qu'à une partie importante du domaine bâti possiblement jusqu'aux rues Desmarteau et Rondeau.

### RECOMMANDATION

Les mesures mise en place par la carrière lors des dynamitages dans la zone exploitée au cours des dernières années (zone encadrée en rouge) ont permis de limiter sensiblement le niveau de plaintes dues aux vibrations

Les simulations montrent toutefois qu'à terme les opérations de la carrière viendront en conflit avec la vocation résidentielle et commerciale du domaine bâti actuel et du site que la SHDM désire développer.

Afin d'éviter un accroissement des plaintes, une solution qui pourrait être mise de l'avant consisterait à restreindre la zone d'exploitation.

À la **figure 7** de l'**annexe 2**, nous montrons les limites de la zone qui pourrait probablement être exploitée tout en maintenant l'intensité des vibrations à un niveau acceptable en périphérie du site. Cette limite a été établie en utilisant l'équation d'atténuation développée à partir des données acquises par le laboratoire de la Ville de Montréal en 2000 (**Équation C**).

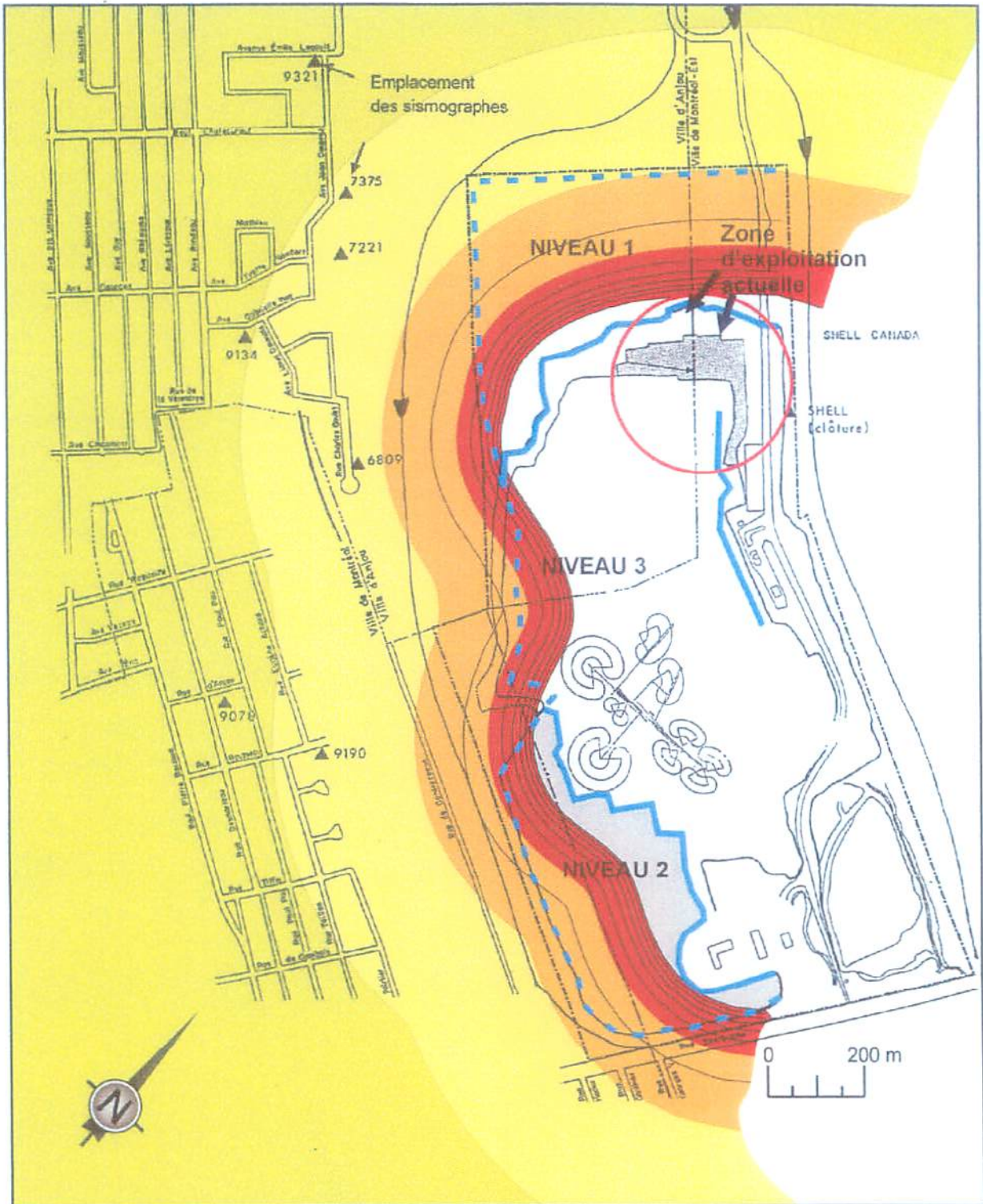
# **ANNEXE 1**

## **CARRIÈRE LAFARGE**

**Simulations de l'intensité**

**des vibrations en**

**fonction de la distance**



Intensité des vibrations pour les fronts de taille actuels  
 (isocontours à tous les 5 mm/s projetés en utilisant l'équation A)

Front de taille

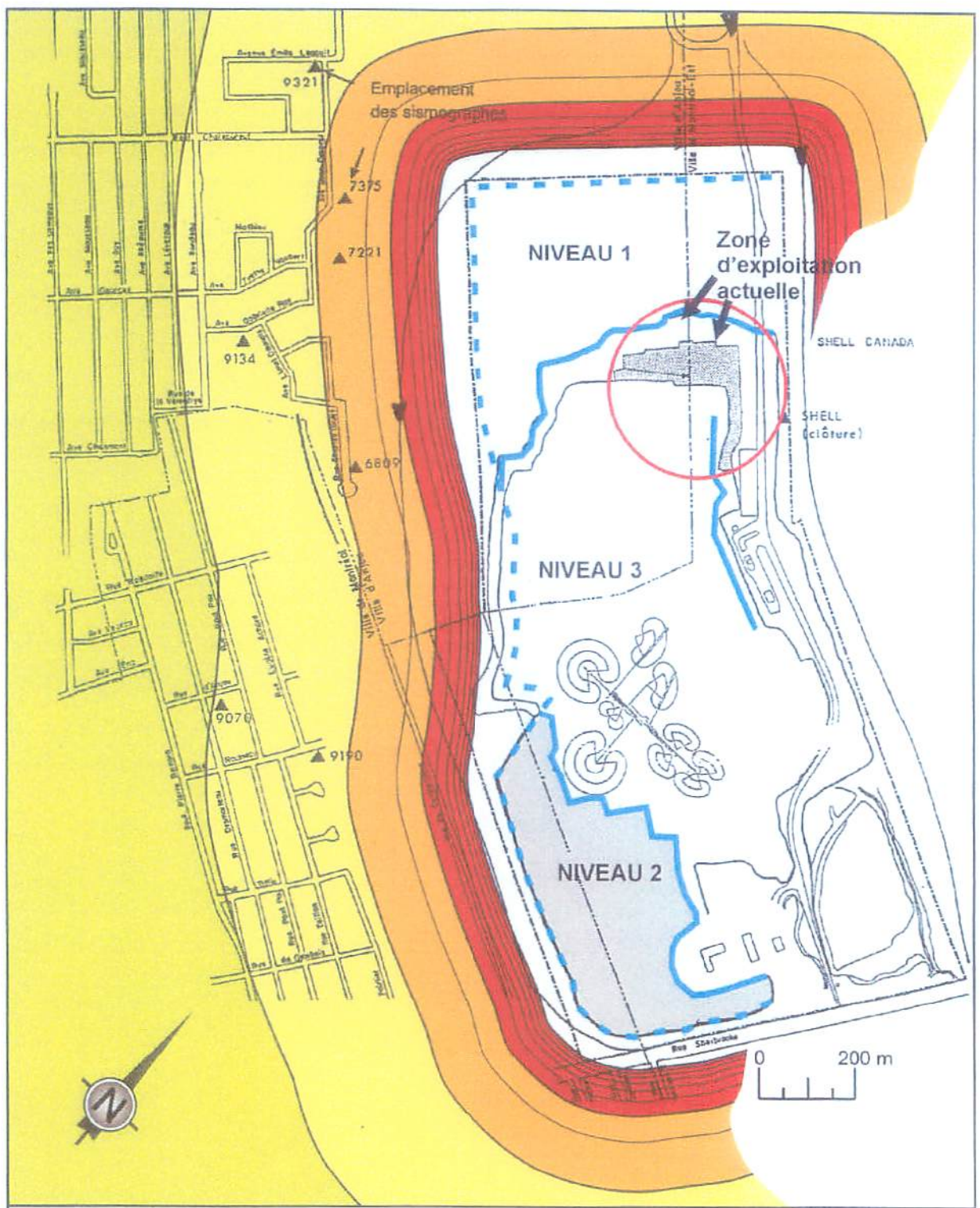
- Début
- - - Fin

Plage de vitesse particulière

- |   |   |   |  |
|---|---|---|--|
|  |  |  |  |
| < 5 mm/s  | 5 à 10 mm/s   | 10 à 20 mm/s  | 20 à 50 mm/s   |

**SIGMA**  
 GÉOPHYSIQUE  
 SIGMA INC.

Figure 1



**Intensité des vibrations pour les fronts de taille finaux**  
*(isocontours à tous les 5 mm/s projetés en utilisant l'équation A)*

**Front de taille**

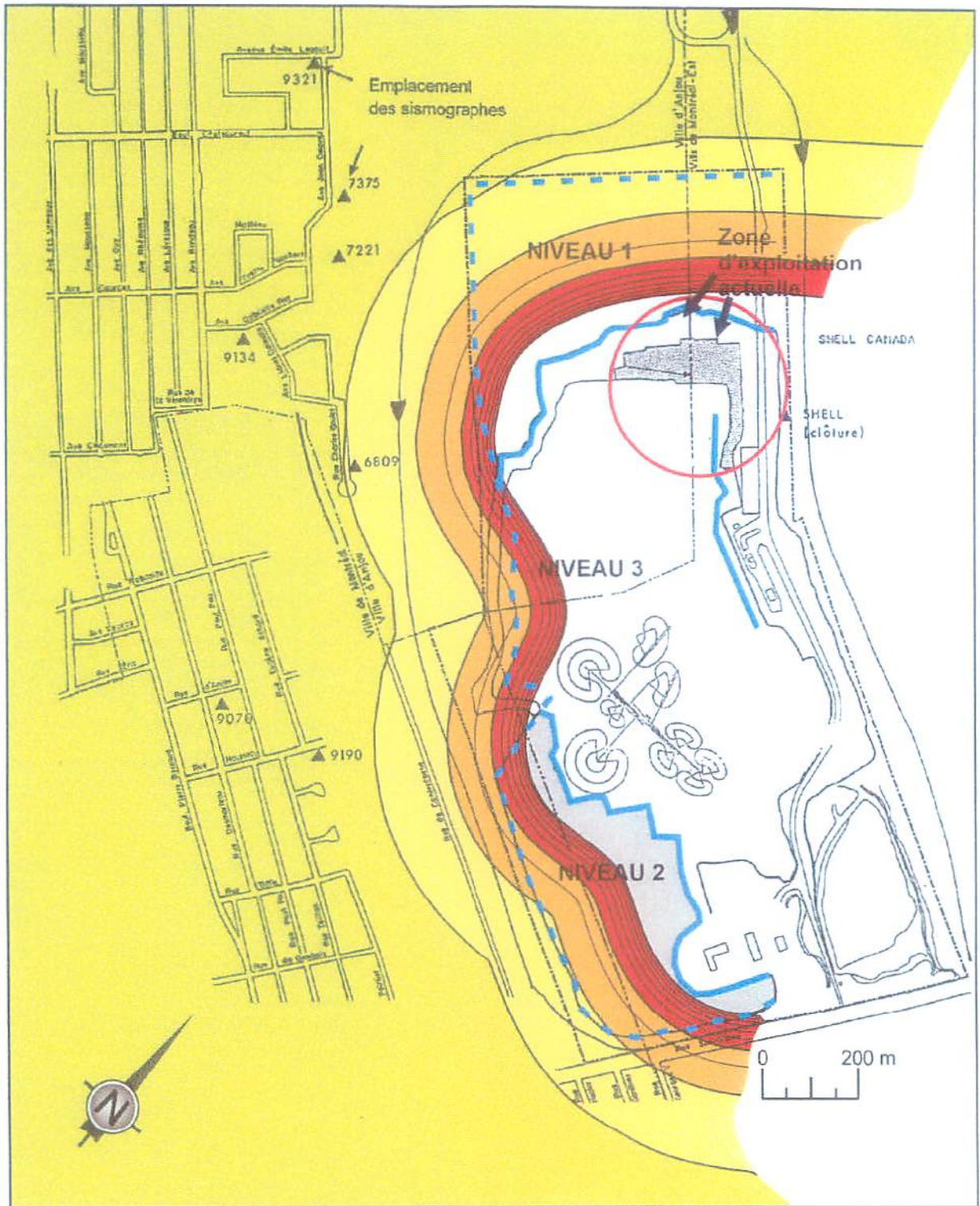
- Début
- - - Fin

**Plage de vitesse particulière**

- |   |   |   |  |
|---|---|---|--|
|  |  |  |  |
| < 5 mm/s  | 5 à 10 mm/s   | 10 à 20 mm/s  | 20 à 50 mm/s   |

**SIGMA**  
 GEOPHYSIQUE  
 SIGMA INC.

**Figure 2**



Intensité des vibrations pour les fronts de taille actuels  
 (isocontours à tous les 5 mm/s projetés en utilisant l'équation C)

**Front de taille**

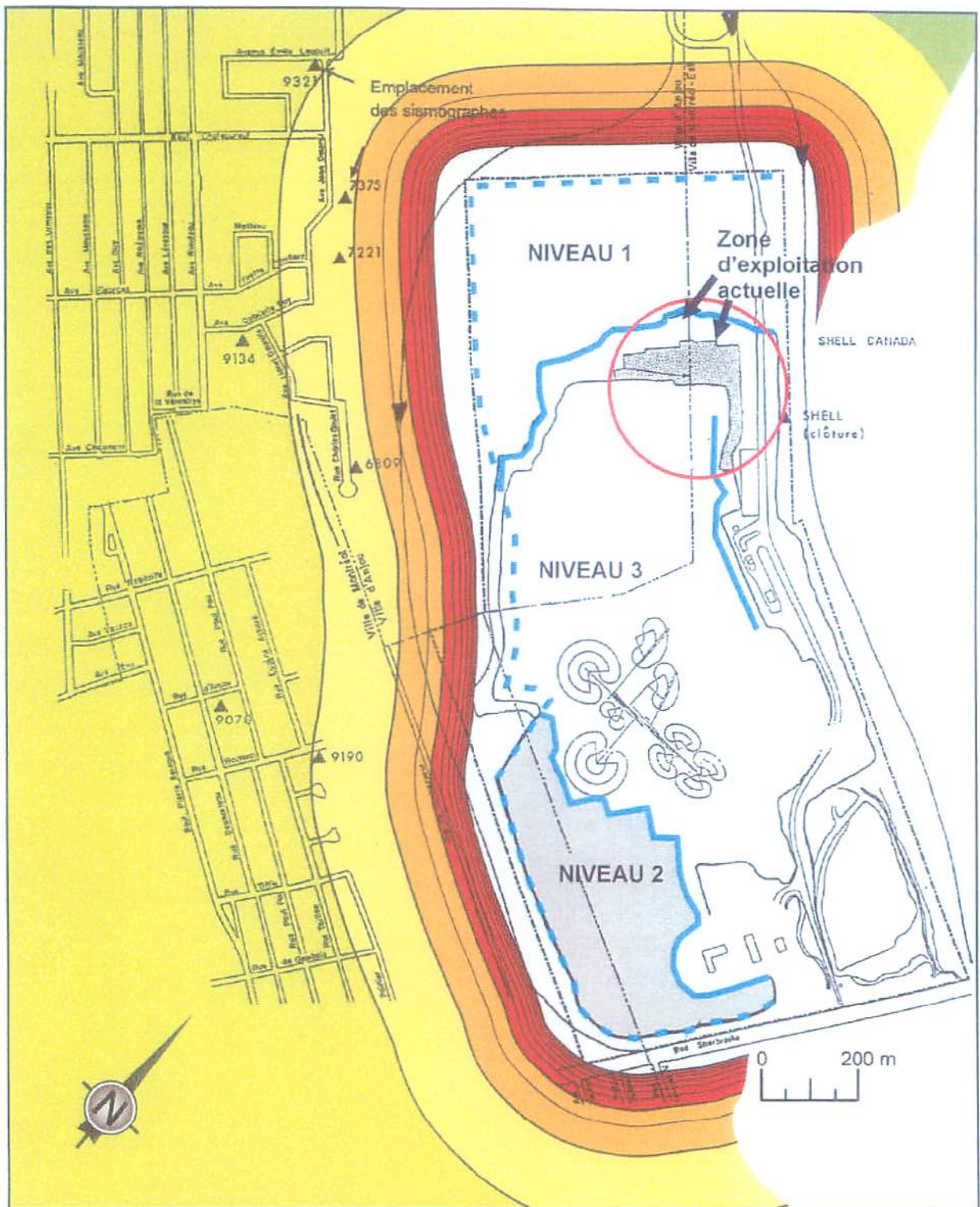
- Début
- - - Fin

**Plage de vitesse particulière**

- < 5 mm/s
- 5 à 10 mm/s
- 10 à 20 mm/s
- 20 à 50 mm/s

**SIGMA**  
 GEOPHYSIQUE  
 SIGMA INC.

Figure 3



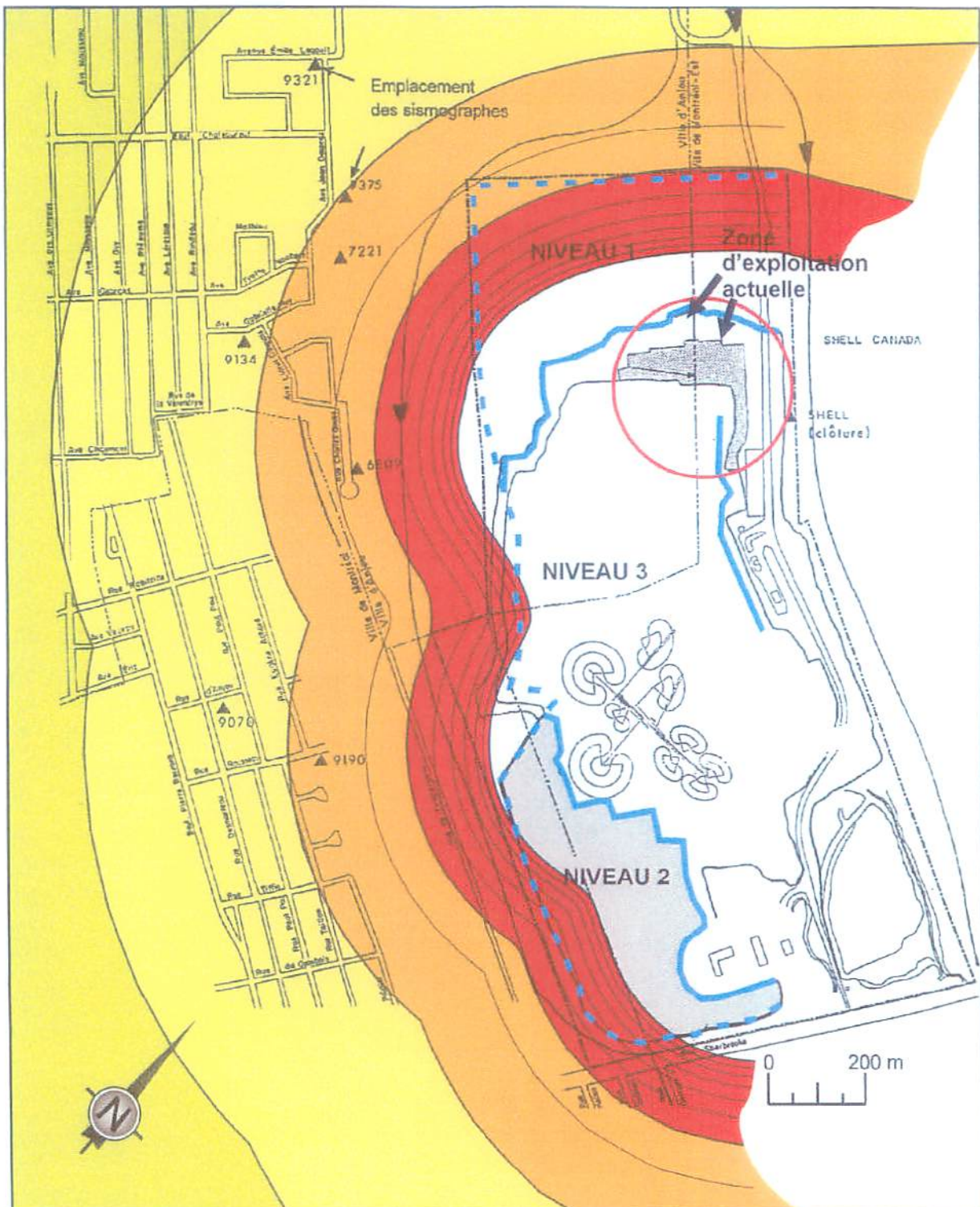
Intensité des vibrations pour les fronts de taille finaux  
 (isocontours à tous les 5 mm/s projetés en utilisant l'équation C)



**SIGMA**  
 GÉOPHYSIQUE  
 SIGMA INC.

Figure 4



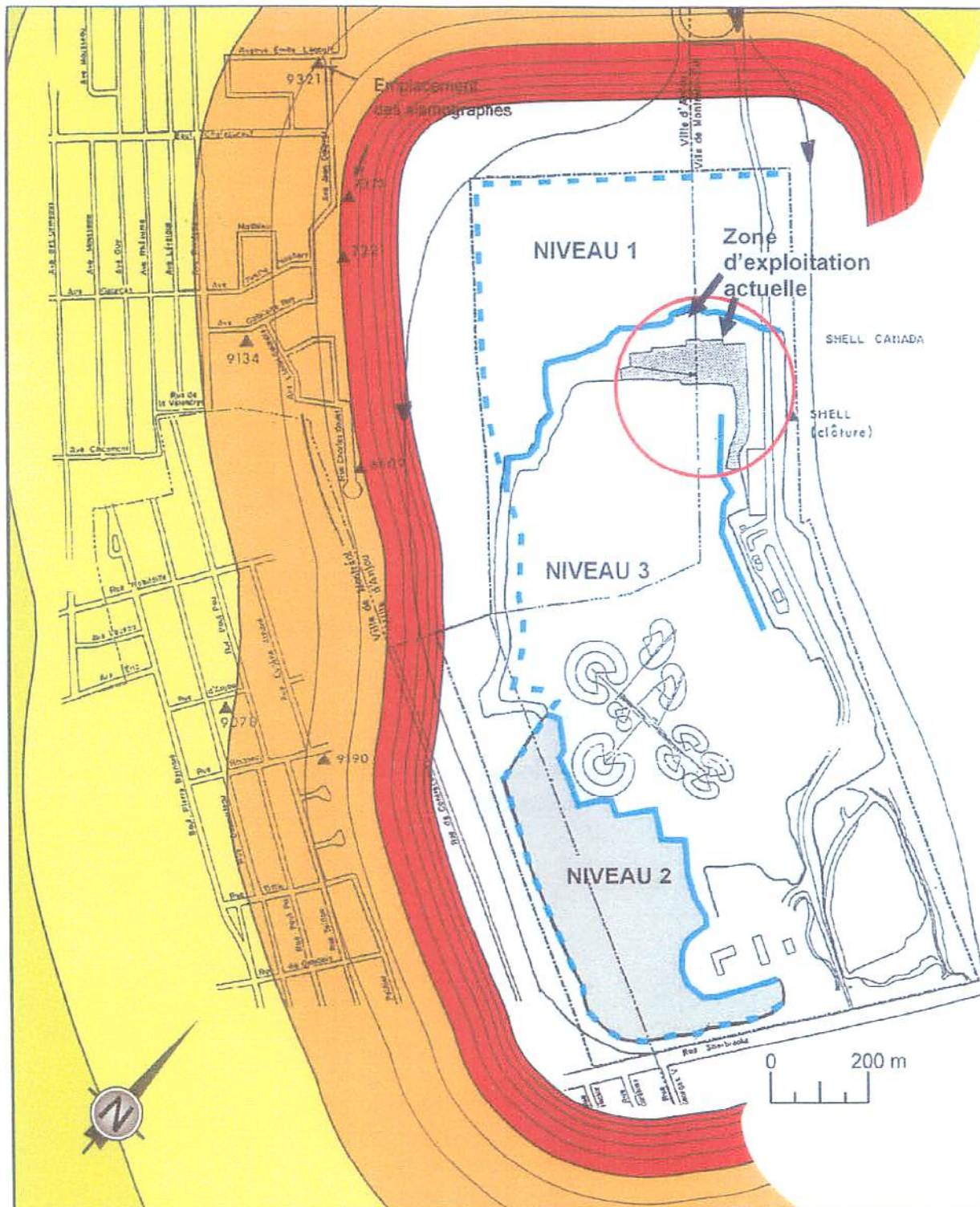


**Intensité des vibrations pour les fronts de taille actuels**  
*(isocontours à tous les 5 mm/s projetés en utilisant l'équation D)*



**SIGMA**  
 GÉOPHYSIQUE  
 SIGMA INC.

**Figure 5**



**Intensité des vibrations pour les fronts de taille finaux**  
*(isocontours à tous les 5 mm/s projetés en utilisant l'équation D)*

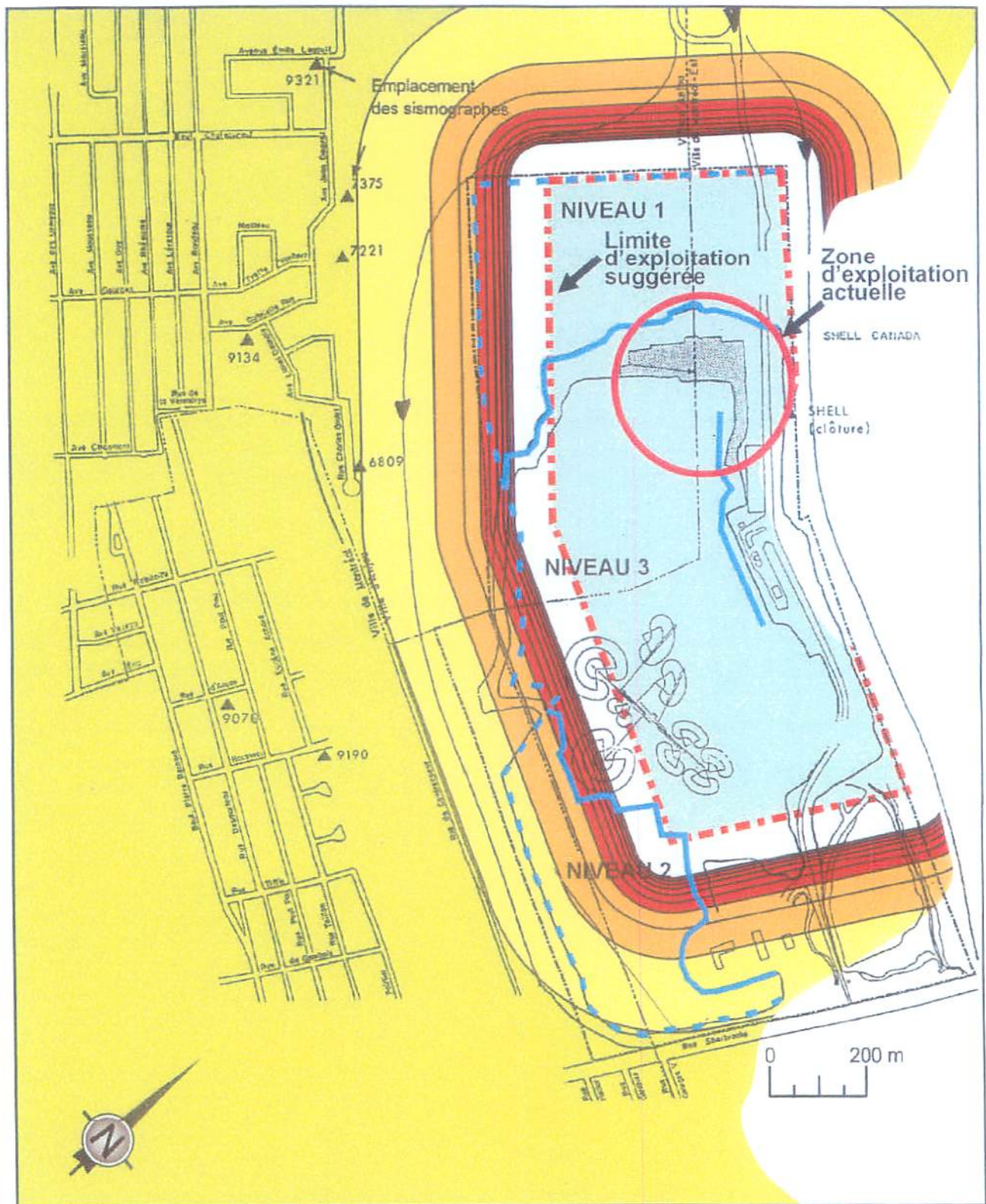
Front de taille		Plage de vitesse particulière			
—	Début				
- - -	Fin	< 5 mm/s	5 à 10 mm/s	10 à 20 mm/s	20 à 50 mm/s

**SIGMA**  
 GÉOPHYSIQUE  
 SIGMA INC.  
**Figure 6**

## **ANNEXE 2**

### **CARRIÈRE LAFARGE**

**Restriction suggérée de la zone  
d'exploitation**



**Intensité des vibrations pour une zone d'exploitation restreinte**

(isocontours à tous les 5 mm/s projetés en utilisant l'équation C)

**Front de taille**

- Début
- - - Fin

**Plage de vitesse particulière**

- |          |             |              |              |
|----------|-------------|--------------|--------------|
|          |             |              |              |
| < 5 mm/s | 5 à 10 mm/s | 10 à 20 mm/s | 20 à 50 mm/s |

**SIGMA**

GÉOPHYSIQUE  
SIGMA INC.

Figure 7

---

## **Annexe 2 Complément vibratoire**

---

---

**Annexe 3 Étude acoustique  
complémentaire**

---

## 1. **VIBRATIONS AU SITE DU PROJET CONTRECOEUR ET DISPOSITIONS DE CONSTRUCTION**

Le site du projet Contrecoeur a été divisé en deux secteurs à des fins d'urbanisation, soit le secteur résidentiel et le secteur commercial. Cependant, du point de vue vibratoire, les deux secteurs sont situés sur le même site compte tenu de leur proximité et que la précision des données disponibles actuellement sur la signature dynamique du sol ne permet pas une discrimination des secteurs. En effet, les intervalles de confiance associés aux vitesses particulières utilisées dans les rapports de la firme *Géophysique Sigma inc.*, par exemple 65 %, permettent des variations entre les vitesses anticipées et les vitesses réelles qui seront mesurées dans chacun des secteurs. Nous rappelons, à titre d'exemple, qu'un intervalle de confiance de 50 % signifie qu'il y a une chance sur deux que les vitesses particulières réelles soient supérieures à celles anticipées. Ainsi, il est anticipé que les secteurs résidentiel et commercial seront exposés à la même plage d'excitation susceptible d'endommager les bâtiments et donc les dispositions de construction additionnelles proposées sont les mêmes pour tous les bâtiments du projet Contrecoeur.

Par contre, la rapidité de progression de l'endommagement des bâtiments sans disposition de construction additionnelle est inversement proportionnelle à la distance les séparant de la zone d'exploitation de la carrière. En d'autres termes, les bâtiments situés près de la zone d'exploitation sont sujets à se détériorer plus rapidement que ceux plus éloignés étant donné qu'ils seront exposés plus fréquemment à d'importantes vibrations du sol. Nos recommandations tiennent compte de cette différence en proposant des dispositions de construction additionnelles qui tendent à ramener à un même niveau la progression de l'endommagement des bâtiments du secteur commercial et du secteur résidentiel.

Éventuellement, afin d'effectuer une discrimination des secteurs du site du projet Contrecoeur du point de vue vibratoire, une campagne de relevés des vitesses particulières sur l'ensemble du site devra être réalisée afin d'établir précisément les vitesses particulières maximales auxquelles les bâtiments seront exposés en fonction de leur localisation sur le site. De plus, cette campagne de relevés est essentielle à la prise en compte de la limitation de la zone d'exploitation de la carrière puisque actuellement les données disponibles sur la signature dynamique du sol ne permettent pas de prévoir précisément quelles seront les vitesses particulières suite à cette limitation. Ainsi, advenant que les relevés démontrent que

le niveau de vibration d'un secteur ne pourra jamais excéder le seuil d'endommagement, des dispositions de construction additionnelles moins exigeantes seront probablement plus appropriées pour ce secteur.

## **2. DISPOSITIONS DE CONSTRUCTION SUPPLÉMENTAIRES POUR LES BÂTIMENTS RÉSIDENTIELS CONSTRUITS DANS LE SECTEUR COMMERCIAL**

Les dispositions suivantes sont applicables aux bâtiments résidentiels construits dans le secteur commercial et s'ajoutent ou modifient celles recommandées précédemment dans le rapport. Ces dispositions supplémentaires tendent à ramener à un même niveau la progression de l'endommagement de tous les bâtiments résidentiels, qu'ils soient construits dans le secteur résidentiel ou commercial :

- Isolation des fenêtres : nous recommandons que la disposition de construction additionnelle décrite à l'article « Isolation des fenêtres » de la section 4.1.6 soit appliquée à tous les bâtiments résidentiels construits dans le secteur commercial. Se référer à cet article pour plus de détails concernant cette disposition de construction additionnelle.
- Linteaux d'acier dans les murs de fondation : compte tenu que les bâtiments résidentiels construits dans le secteur commercial sont sujets à une progression plus rapide de leurs détériorations étant plus rapprochés de la carrière, nous recommandons que tous les linteaux en béton au-dessus des ouvertures dans les murs de fondation soient remplacés par des linteaux en acier, ancrés à leurs extrémités dans le mur de fondation à l'aide d'ancrages à béton. Ainsi, pour les bâtiments résidentiels construits dans le secteur commercial, les linteaux en béton sont interdits. En plus de minimiser les endommagements, cette disposition vise à réduire les risques de réclamations potentielles en ce qui a trait à la fissuration des murs de fondation, sachant que la fissuration des linteaux de béton est fréquente même en l'absence de vibrations du sol. Se référer à l'article « Murs de fondation en béton armé » de la section 4.1.5 pour obtenir plus de détails sur l'objectif à l'appui de cette recommandation.



Suite aux résultats de cette première étude acoustique, LVM-Fondatec a été mandatée pour effectuer une étude complémentaire permettant d'étudier un deuxième scénario d'aménagement du site et de déterminer les mesures d'atténuation requises en fonction également de la réglementation sur le bruit de la ville de Montréal.

Pour ce faire, des mesures ont été effectuées sur le site. Celles-ci ont permis d'évaluer le niveau de bruit de fond sur le site pendant les heures d'exploitation de la carrière et d'évaluer le bruit généré par les activités d'exploitation de celle-ci. Ces mesures ont ensuite été utilisées pour valider le modèle acoustique et pour déterminer les limites permises selon la réglementation sur le bruit de la ville de Montréal.

## 1. RÉGLEMENTATION SUR LE BRUIT DE LA VILLE DE MONTRÉAL

À Montréal, les niveaux de bruit maximaux permis à la limite de propriété des résidences sont définis dans le Règlement sur le bruit (c.B-3) ainsi que dans l'Ordonnance n° 2 de la ville de Montréal.

Ces limites de bruit sont définies pour trois périodes de la journée, telles qu'indiquées dans le tableau A ci-après.

**Tableau A : Niveaux maximaux – Bruit normalisé permis au Règlement c.B-3 de la ville de Montréal**

Période		Jour 7 h 00 à 19 h 00	Soir 19 h 00 à 23 h 00	Nuit 23 h 00 à 7 h 00
Bâtiment d'habitation	Chambre à coucher	45	40	38
	Salle de séjour	45	40	40
	Autres pièces	45	45	45
Espace non bâti	Parc, cour ou terrain servant à des fins de récréation, sport	60	60	50

Note : tous les niveaux indiqués sont des niveaux  $L_{eq}$  en dBA.

En résumé, la réglementation stipule qu'à l'extérieur d'un bâtiment résidentiel (espace non bâti), la limite de bruit maximale permise ne doit pas dépasser 60 dBA le jour et le soir et 50 dBA la nuit.

Tous les niveaux de bruit spécifiés dans cette réglementation sont des niveaux de bruit normalisés. Pour obtenir ces niveaux de bruit normalisés, il faut appliquer un indice de

correction défini dans la réglementation à chaque valeur mesurée. Cet indice de correction tient compte du type de bruit, de la durée d'émission ainsi que du bruit de fond. Dans le cas présent, le bruit mesuré correspond aux activités journalières d'exploitation de la carrière Lafarge autres que le dynamitage entre 6 h 00 et 23 h 00. D'après les observations, le bruit provenant de la carrière est relativement constant, il ne comporte pas de son pur ni de bruit d'impact ou porteur d'information.

Selon l'Ordonnance n° 2, l'indice de correction correspondant au bruit de fond est définie d'après le tableau B :

**Tableau B : Indice de correction selon le niveau du bruit de fond en fonction de la période de la journée**

Niveau de bruit de fond en dBA Jour et soir (7 h 00 à 23 h 00)	Niveau de bruit de fond en dBA Nuit (23 h 00 à 7 h 00)	Normalisation d'habitation et espace non bâti
$LA_{95\%} < 44$	$LA_{95\%} < 41$	+ 3
$44 \leq LA_{95\%} \leq 47$	$41 \leq LA_{95\%} \leq 44$	+ 2
$48 \leq LA_{95\%} \leq 53$	$45 \leq LA_{95\%} \leq 48$	0
$54 \leq LA_{95\%} \leq 59$	$49 \leq LA_{95\%} \leq 52$	- 2
$59 < LA_{95\%}$	$52 < LA_{95\%}$	- 5

Le niveau statistique  $LA_{95\%}$  définit le niveau de bruit de fond et de ce fait, sert de référence pour déterminer la normalisation du bruit de fond.

À titre d'exemple, si l'on mesure un niveau  $LA_{eq}$  de 49 dBA la nuit sur le terrain d'une résidence lorsque la source de bruit est en opération et que le niveau de bruit de fond  $LA_{95\%}$  du secteur est de 40 dBA, le niveau de bruit normalisé de la source sonore devient 52 dBA c'est-à-dire  $49 + 3$ . Ce niveau est donc supérieur à la limite permise de 50 dBA la nuit.

## 2. MESURES SUR LE SITE

Afin de déterminer les niveaux de bruit actuels sur le site Contrecoeur, des mesures ont été effectuées le 21 avril 2005 en plusieurs emplacements sur le site, tel que montré sur la Figure A.

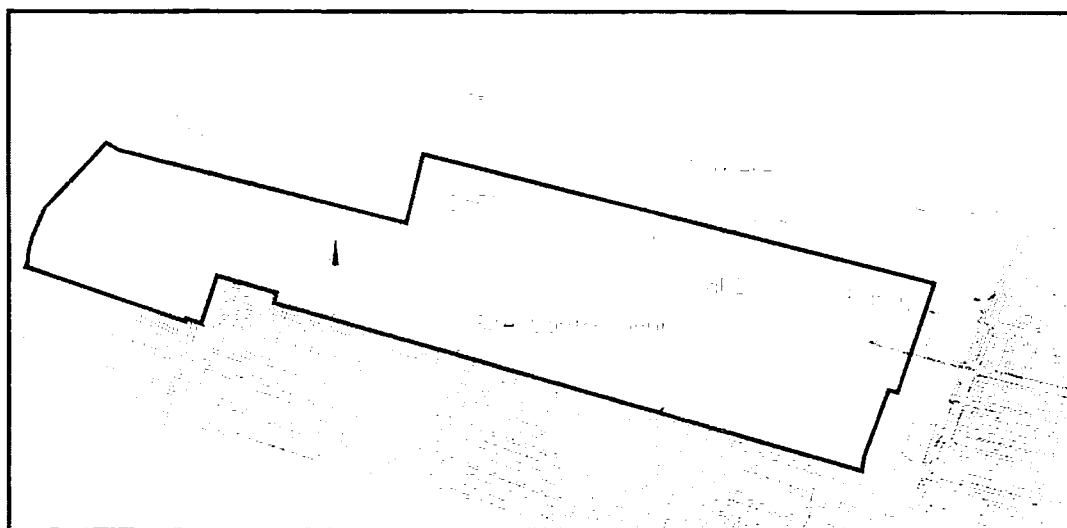


Figure A : Position des points de mesure sur le site Contrecœur

Une mesure (*RI*) a été réalisée en bordure de la limite de propriété de la carrière. Cette mesure a été effectuée avec la carrière en exploitation. L'emplacement *RI* correspondait à l'emplacement le plus exposé aux bruits émis par l'exploitation de la carrière le jour de la mesure. Les mesures aux emplacements *BdF1*, *BdF2* et *BdF3* ont été effectuées pour déterminer le bruit de fond (BdF) sur le site. Celles-ci ont été réalisées alors que la carrière n'était pas en opération.

L'appareillage utilisé pour effectuer les relevés sonores était constitué des instruments suivants :

- analyseur Larson Davis, modèle 2800;
- calibrateur Brüel & Kjaer, modèle 4230.

L'analyseur a été calibré avant et vérifié après la séance de mesure. La cartouche de microphone a été munie d'une boule antivent tout au long des relevés sonores. Pour chacun des relevés, l'appareil de mesure a été positionné à 1,5 mètre au-dessus du sol et à plus de 3,5 mètres de toute surface réfléchissante ou bâtiment.

Les mesures de bruit ont consisté en des analyses statistiques du bruit généré par la carrière et des mesures des niveaux de bruit continus équivalents ( $L_{eq}$ ). L'analyse statistique permet de représenter les variations du niveau de bruit durant une période d'analyse. Les valeurs

statistiques sont habituellement indiquées en pourcentage du temps de la période d'étude. Les valeurs couramment utilisées sont:  $L_{1\%}$ ,  $L_{10\%}$ ,  $L_{50\%}$ ,  $L_{90\%}$  et  $L_{99\%}$ . Par exemple, la valeur  $L_{95\%}$  représente le niveau de bruit atteint ou dépassé pendant 95% du temps de la période d'analyse, c'est-à-dire que durant 95% du temps, le niveau de bruit se trouve au-dessus de cette valeur et que durant 5% du temps, le niveau de bruit se trouve à un niveau inférieur à cette valeur. Ce paramètre correspond aussi au niveau de bruit de fond, tel que défini dans la réglementation sur le bruit de la ville de Montréal précédemment citée. Un autre paramètre permettant de tenir compte des fluctuations dynamiques du niveau de bruit est le niveau de bruit continu équivalent ( $L_{eq}$ ), lequel correspond au niveau de bruit continu ayant la même énergie sonore que le bruit discontinu. Ce paramètre est largement utilisé en bruit environnemental, puisque les sources de bruit sont souvent variables.

Ainsi, les analyses statistiques ont été réalisées pour chaque point de mesure. Les résultats de toutes ces mesures sont présentés au Tableau C ci-dessous. Les relevés de terrain (observations, positionnement de l'équipement de mesure, etc.) sont disponibles à l'annexe 4.

Tableau C : Valeurs des niveaux équivalents et des paramètres statistiques aux points de mesure

Mesure	NIVEAU SONORE AVEC LA CARRIÈRE EN OPÉRATION	NIVEAU DE BRUIT DE FOND EN dBA					
		Jour			Soir		
		J2	J1	J3	S3	S2	S1
Position	R1	BdF1	BdF2	BdF3	BdF1	BdF2	BdF3
$L_{eq}$	53,5	42,5	47,0	50,0	48,5	49,5	50,5
$L_{max}$	72,5	52,0	59,5	62,0	56,0	54,0	55,5
$L_{min}$	42,5	39,5	43,5	44,0	46,0	47,5	47,5
$L_{1\%}$	65,5	47,0	51,0	58,0	51,5	51,5	54,5
$L_{10\%}$	57,0	44,0	48,5	53,5	49,5	50,5	52,0
$L_{50\%}$	52,5	42,0	46,5	47,0	48,0	49,0	49,5
$L_{90\%}$	50,0	40,5	44,5	45,0	47,0	48,5	48,5
$L_{95\%}$	49,0	40,5	44,5	44,5	46,5	48,0	48,5
$L_{99\%}$	44,0	40,0	43,5	44,5	46,5	48,0	48,0
Début	17h05	18h17	18h10	18h25	22h23	22h16	22h10
Durée	3300 s	120 s	120 s	120 s	120 s	120 s	120 s

### 3. VALIDATION DU MODÈLE INFORMATIQUE

La validation du modèle a permis de vérifier les hypothèses utilisées dans les sections 3.2.2 et 4.2.2 du rapport, principalement : la profondeur de la carrière et le type des sources de bruit utilisées.

Pour réaliser cette validation, le positionnement des équipements bruyants a été modifié dans le modèle afin de correspondre à la configuration d'exploitation lors des mesures. La configuration est montrée à la Figure B.

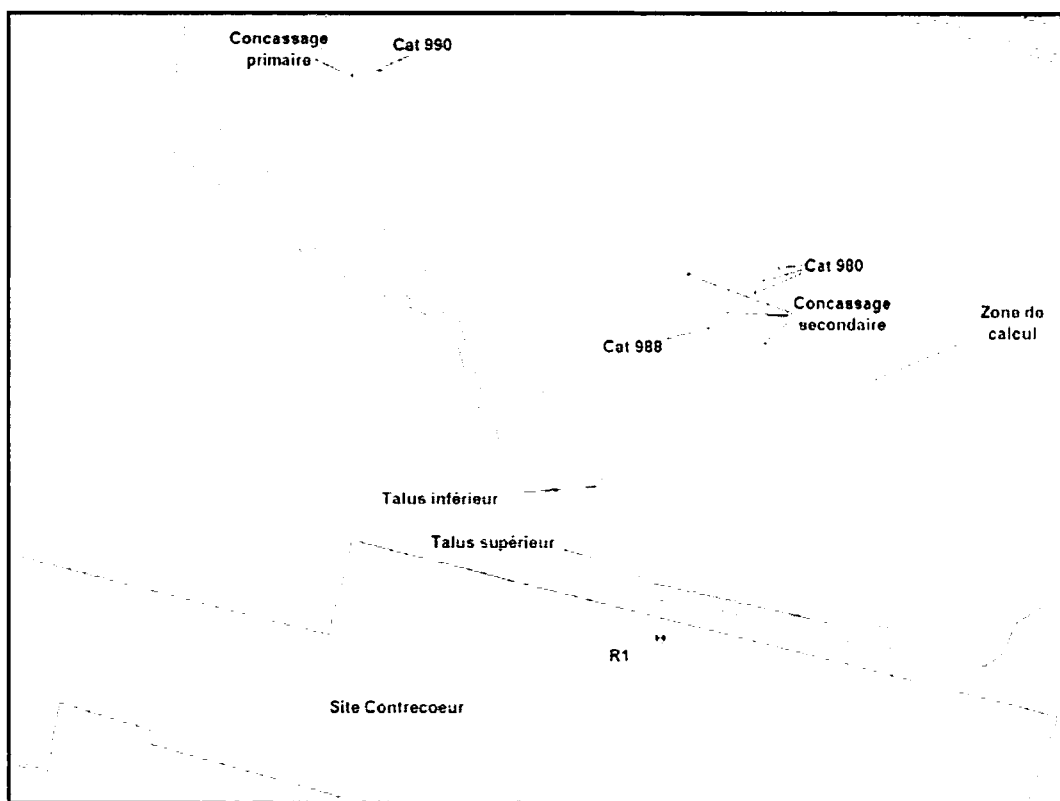


Figure B : Configuration d'exploitation utilisée pour la validation du modèle

Les résultats obtenus pour ce calcul sont représentés à la Figure C.

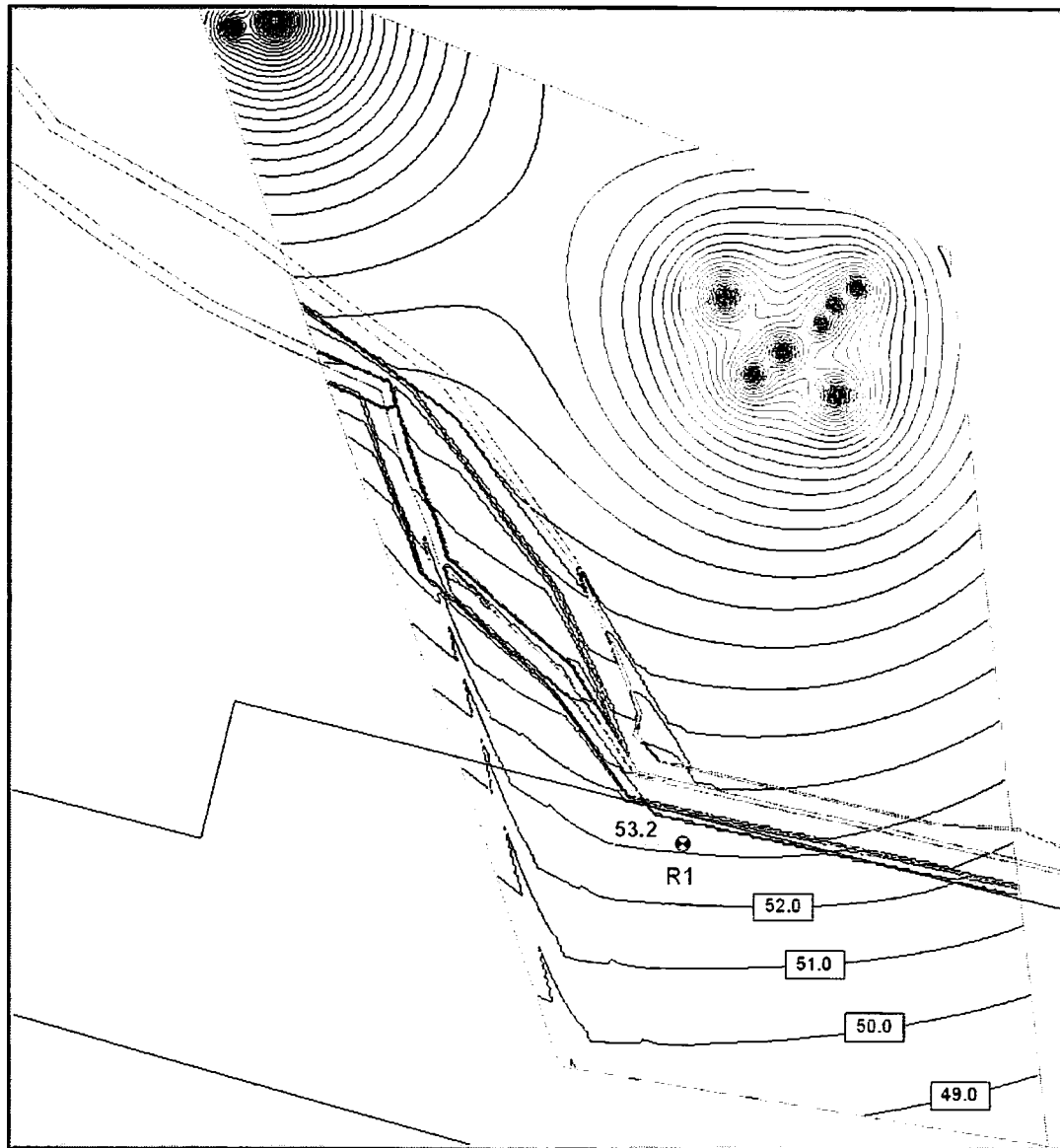


Figure C : Résultats du calcul de validation

Le point de calcul choisi correspond au point le plus exposé aux activités de la carrière. Au point de calcul *R1*, le niveau sonore calculé est de 53.2 dBA. Ce niveau sonore correspond au bruit provenant uniquement des activités de la carrière sans le bruit ambiant sur le site.

Pour la validation du modèle, ce niveau sonore calculé doit être comparé avec la contribution sonore de la carrière mesurée en ce point. Il faut donc, à partir de la mesure

effectuée au point *R1*, déterminer la contribution des activités de la carrière sur le bruit mesuré en utilisant la relation suivante :

$$L_{eq\text{ carrière}} = 10 \log \left( 10^{\frac{L_{avec\text{ activités}}}{10}} - 10^{\frac{L_{sans\text{ activités}}}{10}} \right).$$

La comparaison entre les résultats de mesure et de modélisation est reportée dans le tableau ci-après.

**Tableau D : Comparaison entre le niveau sonore  $L_{eq}$  mesuré et le niveau sonore calculé correspondant aux activités de la carrière**

	Niveau sonore $L_{eq}$ en dBA
Contribution sonore des activités de la carrière calculée par modélisation	53,2
Niveau sonore mesuré de jour avec les activités de la carrière	53,5
Niveau sonore mesuré de jour sans les activités de la carrière	47,0
Contribution sonore des activités de la carrière calculée à partir des mesures de jour	52,4
Écarts entre la contribution sonore des activités sonores de la carrière mesurée et calculée	+ 0,8

L'écart entre la contribution sonore calculée par modélisation et à partir des mesures est inférieur à 1 dB ce qui est acceptable pour valider le modèle. De plus le résultat calculé par modélisation est supérieur au résultat mesuré, ce qui signifie que la modélisation est conservatrice.

#### 4. ANALYSE DES RÉSULTATS EN FONCTION DE LA RÉGLEMENTATION DE LA VILLE DE MONTRÉAL

Afin de déterminer la conformité des niveaux de bruit estimés provenant de l'exploitation de la carrière sur le site Contrecoeur par rapport à la réglementation de la ville de Montréal, il faut déterminer le niveau de bruit normalisé, tel que défini dans la réglementation. Pour ce faire, il faut ajouter au niveau sonore calculé l'indice de correction permettant de prendre en compte le bruit de fond. Le bruit de fond de jour et de soir peut être évalué en faisant la moyenne logarithmique des trois mesures  $L_{95\%}$  effectuées respectivement aux emplacements *BdF1*, *BdF2* et *BdF3* avec l'équation suivante :

$$L_{BdF} = 10 \log \frac{1}{3} \sum_{n=1}^3 10^{\frac{L_{95\%}}{10}}.$$

Le niveau de bruit de fond obtenu est d'environ 43,5 dBA de jour et 47,7 dBA de soir. Cet écart est dû au phénomène d'inversion du gradient de température entre le jour et la nuit. En effet, le jour à cause du soleil, l'air est plus chaud près du sol, donc la température diminue avec la hauteur, et la nuit ou le soir lorsqu'il n'y a plus de soleil, c'est le phénomène inverse qui se produit. La température augmente donc avec la hauteur. Ce phénomène provoque une inversion de la courbure des rayons sonores, comme illustré à la figure ci-dessous. Le bruit se propage donc généralement plus loin la nuit que le jour.

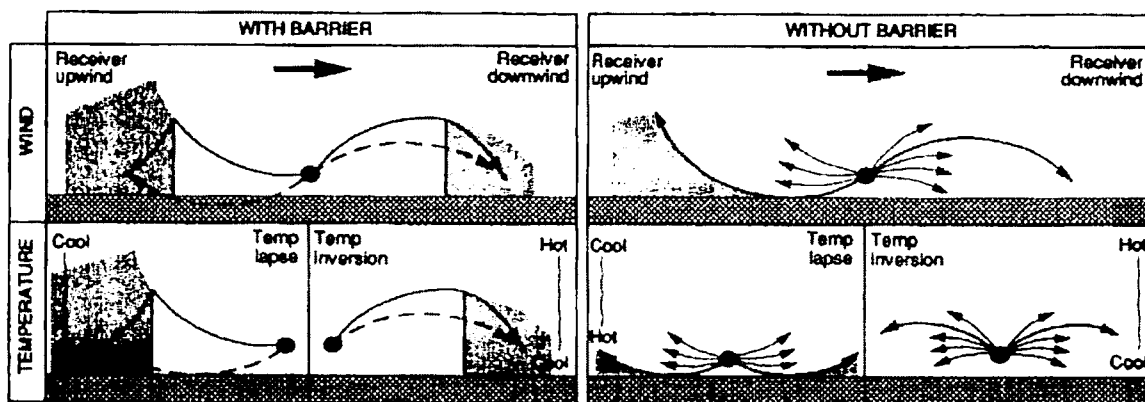


Figure D : Illustration de l'effet de la température et du vent sur la propagation du bruit <sup>1</sup>

En effet, d'après les observations des mesures reportées à l'Annexe 4, il est mentionné pour les mesures de bruit de fond effectuées après 22 h 00 que le bruit provenant de la raffinerie située de l'autre côté de la carrière par rapport au site Contrecœur était prédominant.

En fonction du niveau de bruit de fond et de la réglementation de la ville de Montréal, l'indice de correction est alors égal à +3 si  $L_{9,5\%} < 44$  dBA et +2 si  $L_{9,5\%} \leq 47$  dBA. En utilisant l'indice le plus restrictif en fonction du bruit de fond mesuré, le niveau sonore normalisé maximal doit être inférieur à 57 dBA le jour et à 47 dBA la nuit d'après la réglementation sur le bruit de la ville de Montréal.

Étant donné que la carrière commence ses activités le matin dès 6 h 00, le critère de conception pour les mesures d'atténuation est alors de 47 dBA.

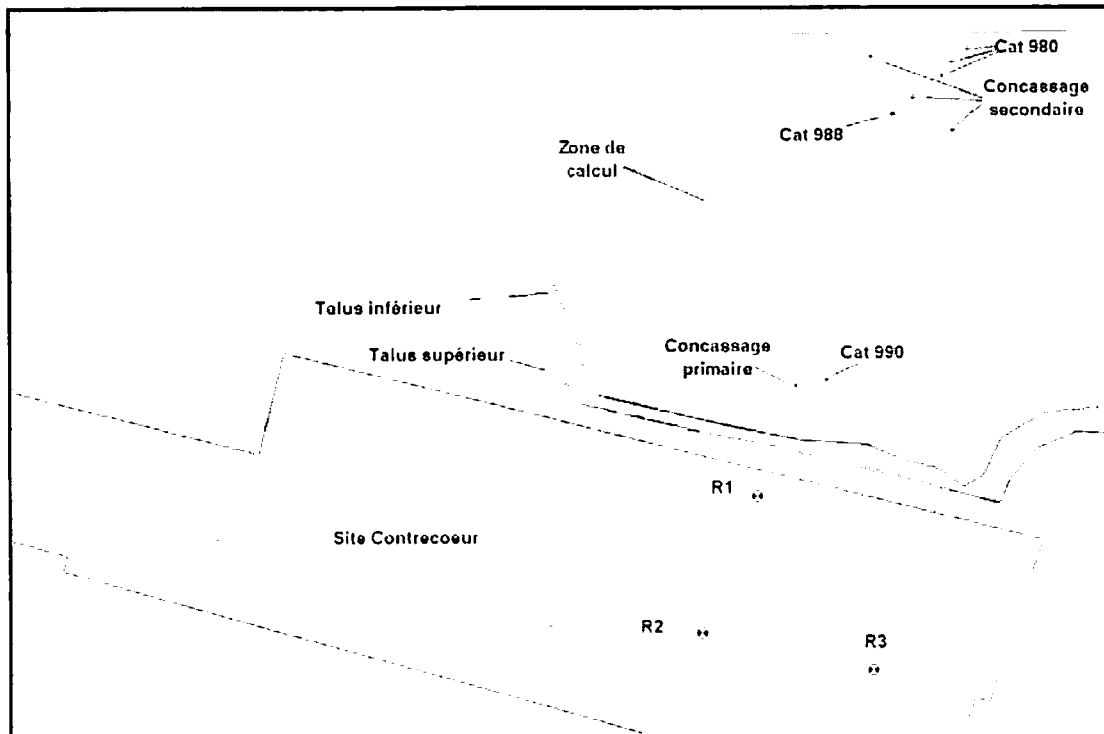
<sup>1</sup> Tiré de l'ouvrage *Noise and vibration control engineering* de L. Beranek, édition John Wiley & Sons Inc., 1992.



En fonction de ce critère et avec les hypothèses énoncées ci-après, un écran antibruit a été calculé :

- toute la zone d'étude est destinée à des bâtiments résidentiels;
- des bâtiments à plusieurs étages sont prévus sur le site Contrecoeur.

La configuration de calcul est représentée sur la figure ci-après.



**Figure E : Configuration de calcul en fonction d'un scénario uniquement résidentiel**

Dans cette configuration le calcul est fait aux emplacements *R1*, *R2* et *R3*. Pour simuler des bâtiments à étages en chaque emplacement, les calculs ont été faits à différentes hauteurs, soit :

- 2 niveaux (1,5 m et 4 m) au point *R1*;
- 3 niveaux (1,5 m; 4 m et 6,8 m) au point *R2*;
- 7 niveaux (1,5 m; 4 m; 6,8 m; 9,6 m; 12,4 m; 15,2 m et 18 m) au point *R3*.

Les résultats obtenus et les mesures d'atténuation recommandées sont reportés dans le tableau qui suit.

**Tableau E : Résultats des simulations en fonction d'un scénario uniquement résidentiel**

Emplacement du calcul	Hauteur du point de calcul mètres	Limites de la ville de Montréal dBA		Niveau sonore sans écran dBA	Hauteur d'écran 6 mètres dBA	Hauteur d'écran 7,4 mètres dBA
		Jour	Nuit			
R1	1,5 m	57	47	53,2	45,4	44,0
	4,0 m	57	47	56,9	49,0	47,0
R2	1,5 m	57	47	47,9	45,3	44,5
	4,0 m	57	47	48,4	46,6	45,9
	6,8 m	57	47	48,2	47,0	46,6
R3	1,5 m	57	47	47,8	45,3	44,5
	4,0 m	57	47	48,3	46,5	45,9
	6,8 m	57	47	48,1	47,0	46,5
	9,6 m	57	47	48,0	47,1	46,9
	12,4 m	57	47	47,9	47,0	46,9
	15,2 m	57	47	49,9	46,9	46,8
	18,0 m	57	47	51,6	46,8	46,7

D'après ces résultats, un écran antibruit d'une hauteur minimale de 6 mètres permettrait d'obtenir des niveaux de bruit conformes aux recommandations de la ville de Montréal de jour et de nuit pour les habitations à 3 et 7 étages correspondants aux emplacements R2 et R3. Pour l'emplacement R1, cette hauteur d'écran n'est pas suffisante pour les étages supérieurs. Pour obtenir un niveau de bruit acceptable à une hauteur d'environ 4 mètres en bordure du site Contrecœur proche de la carrière (R1), il est nécessaire d'avoir une hauteur d'écran minimale de 7.4 mètres.

## 5. CONCLUSION

Ce complément d'étude acoustique a permis de déterminer les mesures d'atténuation nécessaires pour un deuxième scénario d'aménagement du site Contrecœur. Dans ce deuxième scénario, tout le site est voué à des bâtiments résidentiels dont le nombre d'étages est de 2 en bordure de la carrière, de 7 près de la rue Sherbrooke et de 3 pour le reste du site.

De plus, afin de s'assurer de la validité du modèle acoustique, des mesures sur le site ont été effectuées. Celles-ci ont aussi permis de définir les niveaux sonores maximaux exigés en

fonction de la réglementation sur le bruit de la ville de Montréal, c'est-à-dire 57 dBA le jour et le soir et 47 dBA la nuit.


D'après les résultats des modélisations, l'écran antibruit d'une hauteur de 6 mètres recommandé dans la première partie de ce rapport permettrait d'obtenir des niveaux sonores conformes à la réglementation de la ville de Montréal pour des habitations à un étage près de la carrière, et pour des bâtiments dont le nombre d'étages peut varier entre 3 et 7 localisés à environ 170 mètres de la limite de propriété de la carrière Lafarge. Afin d'obtenir un niveau sonore acceptable pour un deuxième étage, c'est-à-dire pour une hauteur approximative de 4 mètres en bordure de la carrière Lafarge, un écran d'une hauteur minimale de 7,4 mètres est nécessaire.

---

**Annexe 4 Relevés de terrain – Mesure du  
21 avril 2005**

---

## FICHE DE RELEVÉ SONORE

	PROJET N°: <u>P002138</u>	PAGE: _____ de _____	CLIENT: <u>Groupe Seguin</u>
	FAIT PAR: <u>JBB</u>	DATE: <u>21/04/05</u>	PROJET: _____
	VÉRIFIÉ PAR: <u>JBB</u>	DATE: <u>02/05/05</u>	SUJET: <u>Site Centre coem</u>

Appareil : <u>LD 2800</u>	Conditions atmosphériques : _____
Calibreur : <u>BK 4230</u>	_____
Calibration : Début : <u>93,8</u> dB(A)	Vents (km/h, direction) : _____ Km/h
Fin : <u>93,8</u> dB(A)	Température : _____ °C

POINTS N°	1	BdF <sub>J1</sub>	BdF <sub>J2</sub>	BdF <sub>J3</sub>	BdF <sub>S1</sub>	BdF <sub>S2</sub>	BdF <sub>S3</sub>			
L <sub>eq</sub>	53,5	47	42,5	50	50,5	49,5	48,5			
L <sub>max</sub>	72,5	59,5	52	62	55,5	54	56			
L <sub>min</sub>	42,5	43,5	39,5	44	47,5	47,5	46			
L <sub>peak</sub>										
L <sub>1%</sub>	65,5	51	47	58	54,5	51,5	51,5			
L <sub>10%</sub>	57	48,5	44	53,5	52	50,5	49,5			
L <sub>50%</sub>	52,5	46,5	42	47,5	49,5	49	48			
L <sub>90%</sub>	50	44,5	40,5	45	48,5	48,5	47			
L <sub>95%</sub>	49	44,5	40,5	44,5	48,5	48	46,5			
L <sub>99%</sub>	44	43,5	40	44,5	48	48	46,5			
Début	17 <sup>h</sup> 05	18 <sup>h</sup> 10	18 <sup>h</sup> 17	18 <sup>h</sup> 25	22 <sup>h</sup> 10	22 <sup>h</sup> 16	22 <sup>h</sup> 23			
Fin	18 <sup>h</sup> 00									
Durée	3300s	120s	120s	120s	120s	120s	120s			
N <sup>bre</sup> voitures										
N <sup>bre</sup> camions										

### NOTES

(adresse, localisation, commentaires)

Une calibration a été refaite à 22<sup>h</sup>.

---



---



---



---



---




---



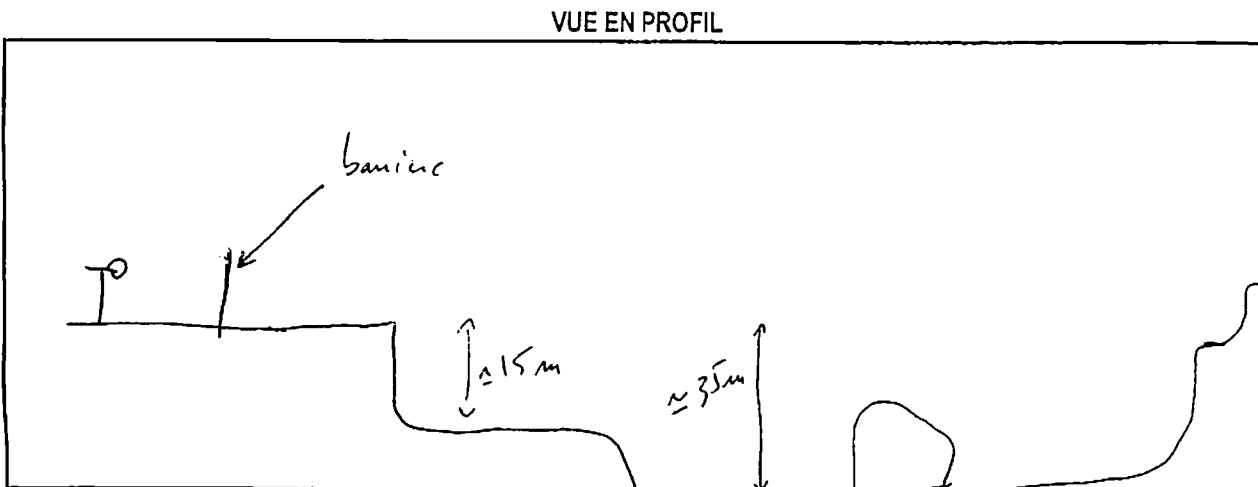
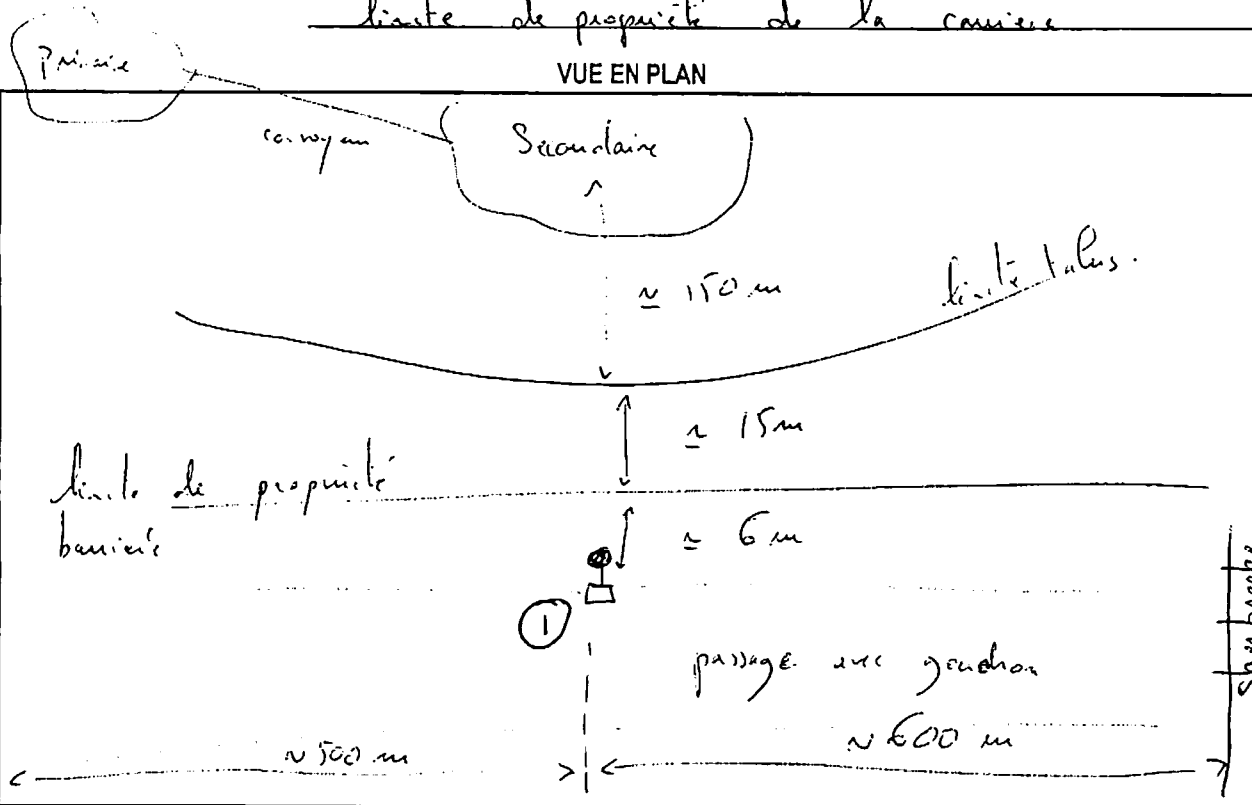
---

## FICHE DE LOCALISATION DE RELEVÉ SONORE


	PROJET N°: <u>P002138</u>	PAGE: de	CLIENT: <u>Casque Seguin</u>
	FAIT PAR: <u>JBB</u>	DATE: <u>21/04/05</u>	PROJET:
	VÉRIFIÉ PAR: <u>JBB</u>	DATE: <u>02/05/05</u>	SUJET: <u>Site Contereem</u>

Point n°: 1 Début: 17<sup>h</sup>05  
 Durée: 3300 sec Fin: 18<sup>h</sup>00

Adresse ou localisation: Site Contereem  
limite de propriété de la carrière

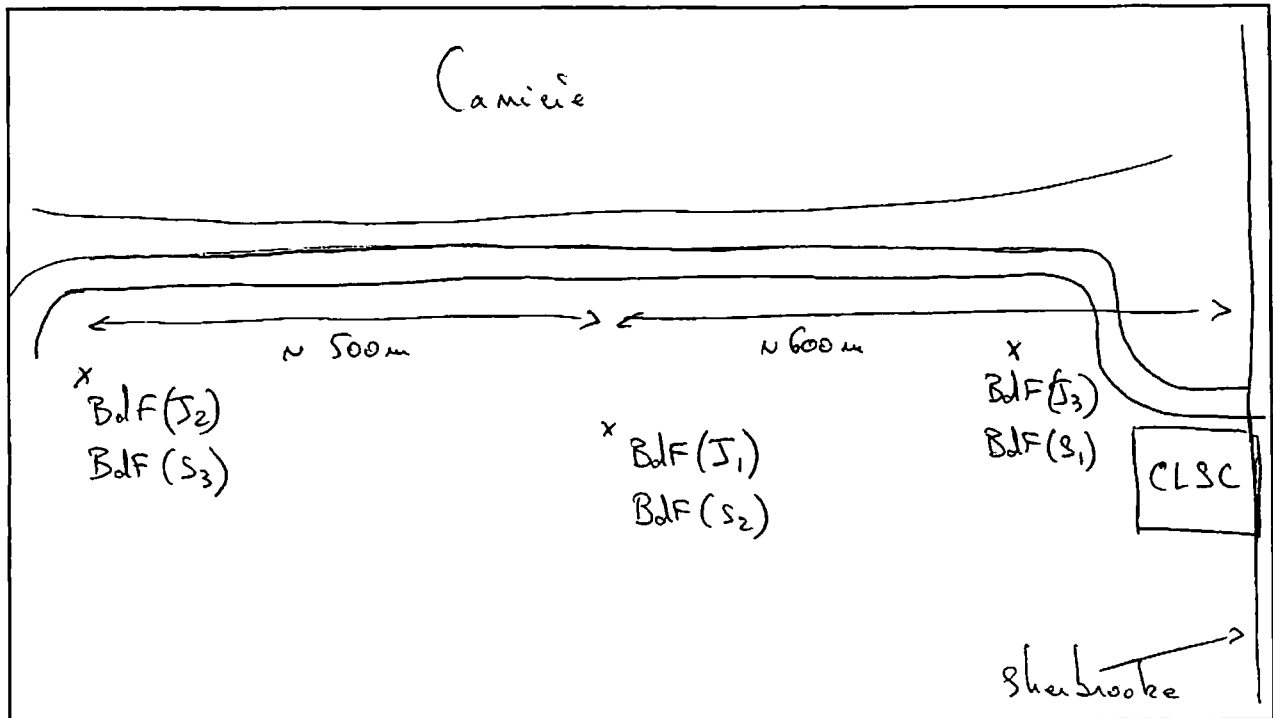


## FICHE DE LOCALISATION DE RELEVÉ SONORE

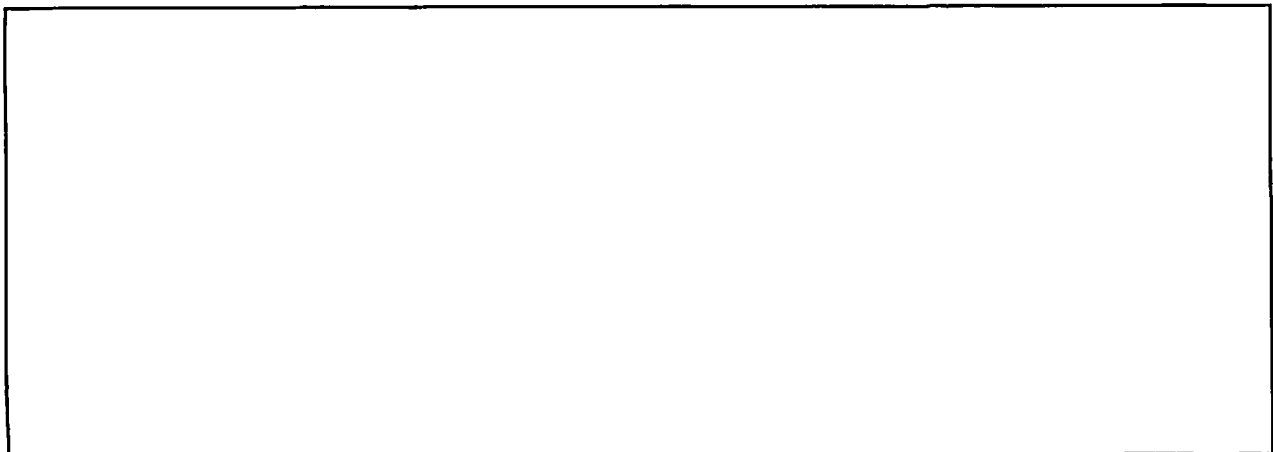
	PROJET N°: P002138	PAGE: de	CLIENT: Groupe Seguin
	FAIT PAR: JBB	DATE: 21/04/05	PROJET:
	VÉRIFIÉ PAR: JBB	DATE: 02/05/05	SUJET:

Point n°: BdF Début: Mesure Jour (J<sub>x</sub>) ~18<sup>h</sup>15  
 Durée: 120 sec Fin: Mesure Soir (S<sub>x</sub>) ~22<sup>h</sup>15  
 Adresse ou localisation: Site construction


### VUE EN PLAN



### VUE EN PROFIL



# FICHE DES OBSERVATIONS SONORES

	PROJET N°: P022138	PAGE: 1 de 2	CLIENT: Groupe Leguin
	FAIT PAR: JBB	DATE: 21/04/05	PROJET: P022138
	VÉRIFIÉ PAR: JBB	DATE: 02/05/05	SUJET: Contrôle Etude de bruit

HEURE	DURÉE	COMMENTAIRES + NIVEAU dB(A)
17 <sup>h</sup> 05	<del>3600</del> sec 3300	Bruit seulement la carrière (pas de bruit de route) On entend un bruit constant provenant de la carrière + sursaut secue
17 <sup>h</sup> 11	20 sec	passage d'un avion
17 <sup>h</sup> 20	20 sec	" " "
17 <sup>h</sup> 30	"	" " "
17 <sup>h</sup> 35	10 sec	" " " (train)
17 <sup>h</sup> 45	20 sec	" " "
		mesure arrêtée après 55 minutes, l'exercice s'est arrêté à 18 <sup>h</sup>
18 <sup>h</sup> 10	120 sec	mesure de bruit de fond. Bdf(J1). l'exercice est arrêté ↳ (la carrière) on entend un peu de raffinerie ou train.
18 <sup>h</sup> 17	120 sec	Bdf(J2) très calme
18 <sup>h</sup> 25	120 sec	mesure proche de Sherbrooke Bdf(J3). le bruit provient de la route





## Aéroport intl Trudeau de Montréal

### Conditions des dernières 24 heures

[ Unités impériales ]

Date & Heure	Conditions	Temp (°C)	Humidité (%)	Point de rosée (°C)	Vent (km/h)	Pression (kPa)	Visibilité (km)
22 Avr 2005 10:00 HAE	Généralement ensoleillé	7	49	-3	SSO 9	101.7	48
22 Avr 2005 9:00 HAE	Généralement ensoleillé	6	59	-2	SSO 11	101.6	48
22 Avr 2005 8:00 HAE	Généralement ensoleillé	4	61	-3	SO 8	101.7	48
22 Avr 2005 7:00 HAE	Généralement ensoleillé	-1	71	-5	calme	101.7	48
22 Avr 2005 6:00 HAE	Généralement ensoleillé	0	64	-6	calme	101.7	48
22 Avr 2005 5:00 HAE	Généralement dégagé	0	61	-6	calme	101.7	24
22 Avr 2005 4:00 HAE	Dégagé	0	55	-8	calme	101.7	24
22 Avr 2005 3:00 HAE	Généralement dégagé	2	50	-7	NE 4	101.7	24
22 Avr 2005 2:00 HAE	Partiellement nuageux	3	46	-7	SE 4	101.7	24
22 Avr 2005 1:00 HAE	Dégagé	4	46	-7	calme	101.7	24
22 Avr 2005 0:00 HAE	Dégagé	2	55	-6	ONO 8	101.7	24
21 Avr 2005 23:00 HAE	Dégagé	2	51	-7	ONO 8	101.7	24
21 Avr 2005 22:00 HAE	Dégagé	4	41	-8	O 8	101.7	24
21 Avr 2005 21:00 HAE	Dégagé	4	38	-9	O 11	101.7	24
21 Avr 2005 20:00 HAE	Dégagé	7	27	-11	O 15	101.6	48
21 Avr 2005 19:00 HAE	Ensoleillé	9	26	-9	O 21	101.6	48
21 Avr 2005 18:00 HAE	Ensoleillé	10	22	-11	OSO 22	101.7	48
21 Avr 2005 17:00 HAE	Ensoleillé	10	24	-10	O 13 rafale 28	101.7	48
21 Avr 2005 16:00 HAE	Ensoleillé	10	26	-9	OSO 15 rafale 28	101.7	48
21 Avr 2005 15:00 HAE	Ensoleillé	9	26	-9	O 18	101.7	48
21 Avr 2005 14:00 HAE	Ensoleillé	9	31	-8	S 17 rafale 30	101.8	48
21 Avr 2005 13:00 HAE	Ensoleillé	7	30	-10	NO 8	101.8	48
21 Avr 2005 12:00 HAE	Ensoleillé	6	35	-9	NE 5	101.8	48
21 Avr 2005 11:00 HAE	Ensoleillé	4	40	-8	NNE 9	101.8	48

N.D. = non disponible

Si vous désirez plus de données historiques sur les conditions météo, s.v.p. visitez [Données climatologiques en ligne](#).

[ Continuer nos activités | Impressions ]