

**ÉVALUATION DES IMPACTS DES SAUTAGES, DES VIBRATIONS ET DES
SURPRESSIONS D'AIR DU PROJET MINIER AURIFÈRE À CIEL OUVERT PRÈS
DE LA ZONE URBAINE DE MALARTIC**

Projet minier aurifère Canadian Malartic de la compagnie la Corporation minière Osisko

**COPIE ÉLECTRONIQUE
DE L'ORIGINAL**

Présenté conjointement à :

GENIVAR S.E.C.
1600, boul. René-Lévesque Ouest
16^e étage
Montréal (Québec)
H3H 1P9

et à :

CORPORATION MINIÈRE OSISKO LTÉE
2140, rue Saint-Mathieu
Montréal (Québec)
H3H 2J4

Présenté par:

GÉOPHYSIQUE GPR INTERNATIONAL INC.
100 – 2545, rue Delorimier
Longueuil (Québec)
J4K 3P7

JUILLET 2008

M-07392



TABLE DES MATIÈRES

1.	INTRODUCTION.....	1
2.	DESCRIPTION DU PROJET ET GÉOLOGIE.....	3
3.	MÉTHODOLOGIE.....	6
4.	ANALYSE DES VIBRATIONS ET DES SURPRESSIONS D'AIR.....	7
5.	ÉVALUATION DE LA SENSIBILITÉ DES LIEUX ET DES GENS.....	11
5.1	Dommages aux structures.....	12
5.2	Sensibilité des gens.....	14
6.	PROCÉDURES D'ASSURANCE QUALITÉ – GESTION ET OPTIMISATION DES ACTIVITÉS DE FORAGE ET DYNAMITAGE.....	17
7.	CONCLUSION.....	19
8.	RECOMMANDATION.....	20

BIBLIOGRAPHIE

LISTE DES FIGURES ET TABLEAU

FIGURE 1	Principales composantes du projet.....	2
FIGURE 2	Localisation d'anciens chantiers souterrains.....	4
FIGURE 3	Localisation des puits et forages réalisés par GENIVAR.....	5
FIGURE 4	Courbe d'atténuation des vibrations.....	9
FIGURE 5	Courbe d'atténuation des surpressions d'air.....	10
FIGURE 6	Vitesse de particules maximum admissible selon le USBM.....	14
FIGURE 7	Effets des vibrations sur les gens.....	16
TABLEAU 1	Distances pour respecter 12,7 mm/s et 128 dB de la <i>Directive 019</i>	12



LISTE DES ANNEXES

- ANNEXE 1 Fiches descriptives de certains puits et forages réalisés par GENIVAR

- ANNEXE 2 Tableaux de l'atténuation des vibrations en fonction de la distance et de la charge d'explosifs par délai

- ANNEXE 3 Tableaux de l'atténuation des surpressions d'air en fonction de la distance et de la charge d'explosifs par délai

- ANNEXE 4 Niveaux de bruit et de surpressions pour différentes sources



1. **INTRODUCTION**

Géophysique GPR International Inc. fut mandatée au mois d'août 2007 par GENIVAR Société en commandite (S.E.C.) et CORPORATION MINIÈRE OSISKO LTÉE afin de procéder à l'évaluation globale des impacts des vibrations et des surpressions d'air sur les structures et les humains résultant du projet minier aurifère Canadian Malartic.

Principalement, le but du mandat consistait à évaluer les impacts probables des activités de dynamitage sur les résidences et les citoyens de la ville de Malartic. Cette évaluation s'est faite par une approche théorique en fonction des normes applicables et d'une revue de littérature pour des projets miniers similaires. Corporation minière Osisko s'engage néanmoins à réaliser des tests de sautage sur le terrain au cours de l'année 2008 et à intégrer les résultats de ces tests dans l'optimisation de son projet et ce, en vue des autorisations subséquentes à obtenir suite au décret gouvernemental devant être émis en vertu de l'article 31.1 de la *Loi sur la qualité de l'environnement*.

La figure 1 montre l'emplacement du futur secteur d'exploitation à ciel ouvert (fosse) par rapport à la zone urbaine de Malartic. Cette figure montre également les autres composantes du projet à l'étude, ainsi que le nouveau secteur au nord de la ville où les bâtiments qui font place à la fosse seront relocalisés. La situation montrée se situe vers la 5^{ème} année d'exploitation. Il s'agit d'une figure qui est tirée du rapport d'étude d'impact de GENIVAR.



Projet Canadian Malartic

Principales composantes du projet

Vers la 5^e année d'exploitation

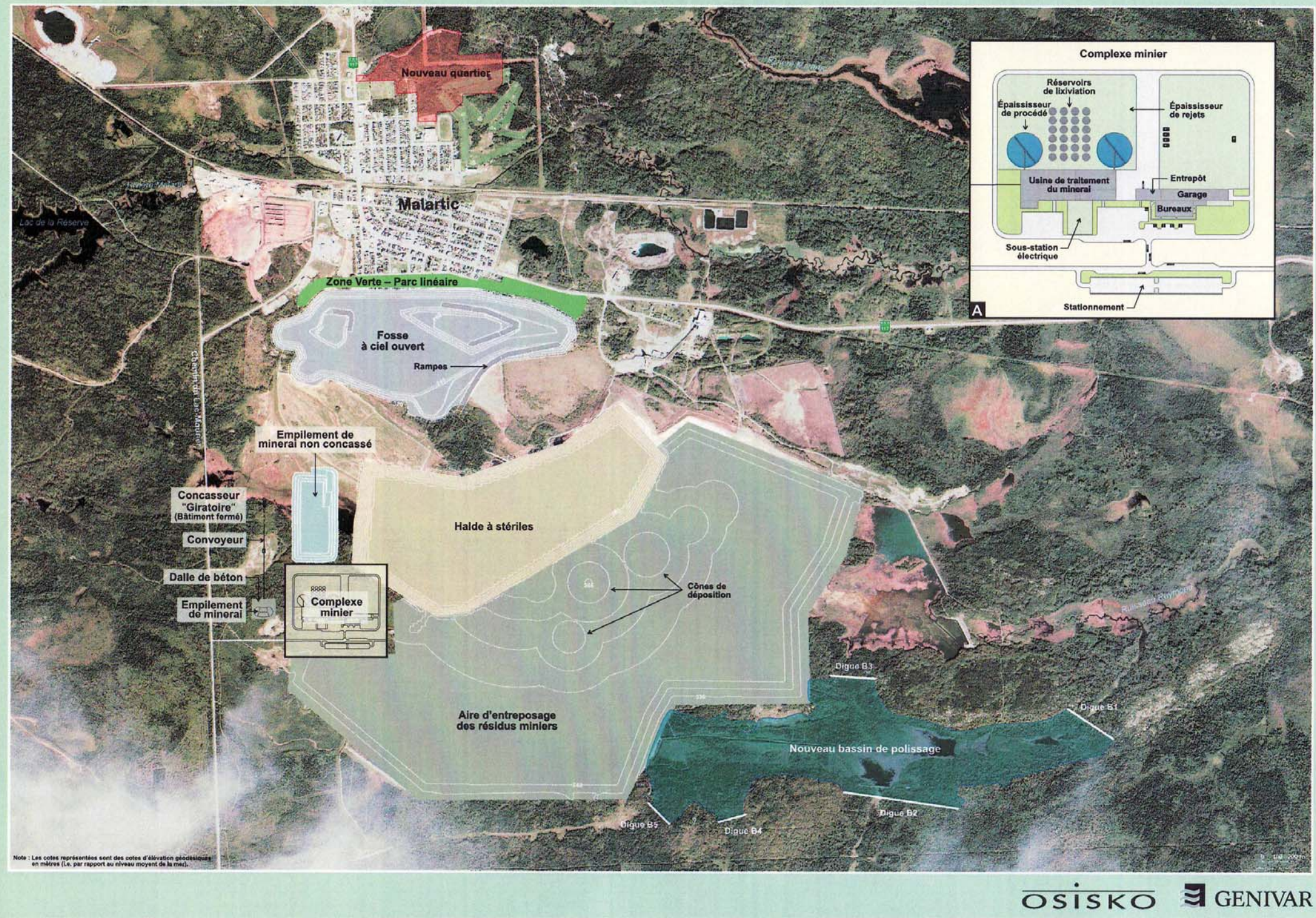


FIGURE 1

Principales composantes du projet



2. DESCRIPTION DU PROJET ET GÉOLOGIE

Le projet de la Corporation minière Osisko est situé juste au sud de la ville de Malartic et à environ 20 kilomètres à l'ouest de la ville de Val-D'Or. La propriété de la corporation inclut également l'ancienne mine souterraine Canadian Malartic qui s'étend d'est en ouest. Par conséquent, on retrouve au nord du projet, d'anciens chantiers miniers souterrains à environ 8 mètres sous les maisons existantes. La situation de ces anciens chantiers est montrée à la figure 2, celle-ci étant tirée d'une présentation Power Point datant de juillet 2007 de la corporation minière.

Le gisement est de type porphyre et se situe en surface à l'ouest, et en profondeur plus au sud. L'exploitation du gisement se fera à ciel ouvert avec une prévision d'abattage de roc d'environ 120 000 tonnes par jour. Les opérations de dynamitage nécessiteront en moyenne 1 seul sautage par jour, mais il pourrait arriver que plus d'un sautage soit nécessaire quotidiennement, surtout au début des activités d'opération de la mine. La fosse finale aura une dimension approximative de 2 km de long par 780 m de large, avec une profondeur maximale de 400 m.

La figure 3 montre la localisation des puits d'exploration, des forages et des puits d'observation réalisés par GENIVAR en 2007. Les fiches descriptives de certains de ces puits et forages sont présentées à l'annexe 1 (PE-2, PE-3, PE-12, PE-15, PO-11 et PO-16). L'ensemble de cette information est tirée de l'étude sectorielle sur le milieu physique relative au projet (GENIVAR, 2008).

Les puits et forages se retrouvent à proximité de la zone urbaine de Malartic et décrivent la nature des dépôts meubles sur lesquels reposent potentiellement les résidences de la ville de Malartic. Principalement, la région semble être composée d'accumulations de silt à sable et argile. Selon les données des puits et forages, les dépôts de silt et argile semblent être plus importants du côté nord de la ville (PO-16), et notamment dans les points bas de la topographie. De plus, il semble y avoir présence de dépôts organiques (PE-2 et PO-11) en surface, également dans les points bas de la topographie.





FIGURE 2

Localisation d'anciens chantiers souterrains situés près de la zone urbaine



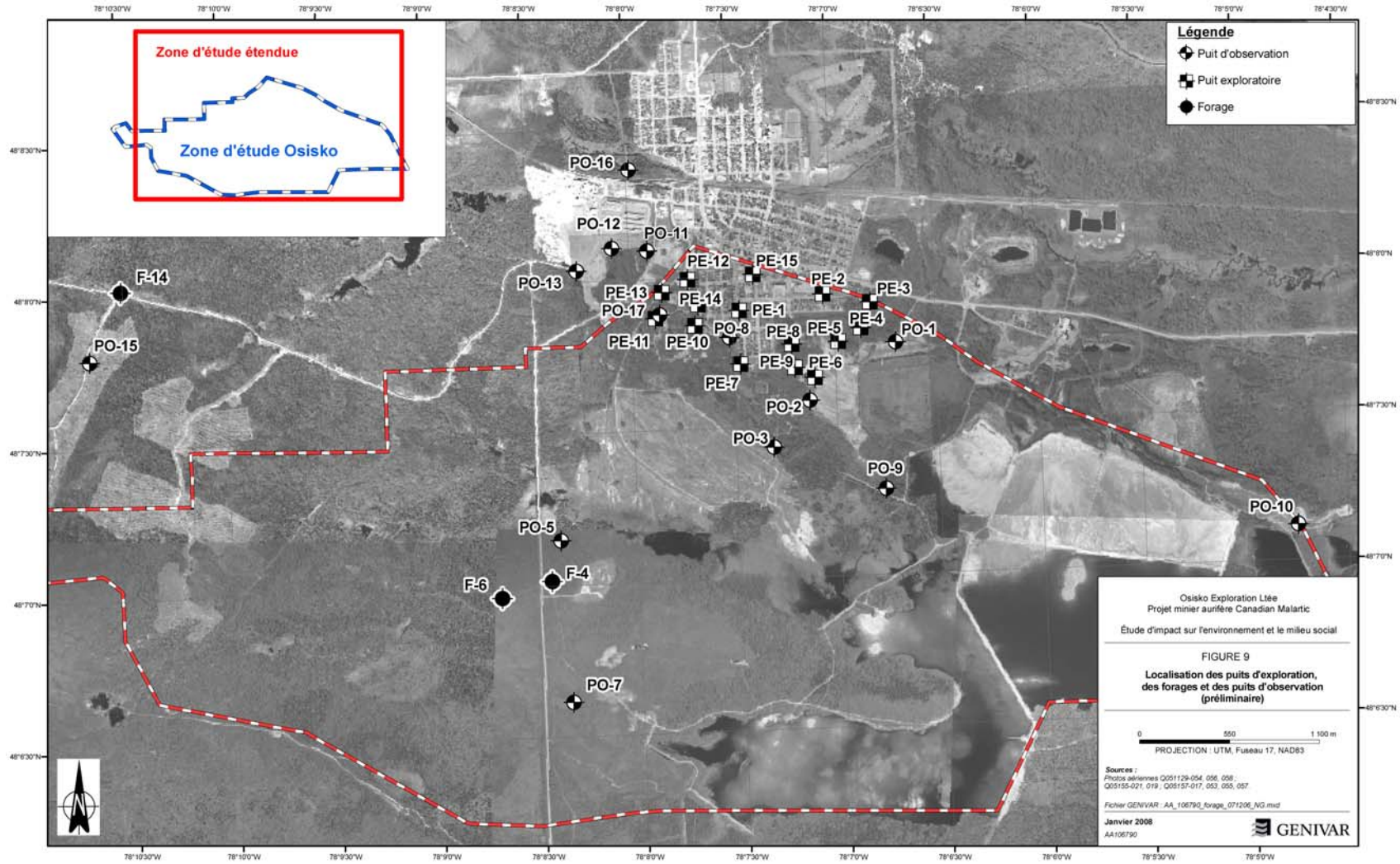


FIGURE 3

Localisation des puits et forages réalisés par GENIVAR



3. MÉTHODOLOGIE

Tel que cela a été mentionné en introduction, l'évaluation contenue dans le présent rapport est basée sur une approche théorique et sur une revue de littérature qui prend en compte les éléments suivants :

- examen des résultats de vibrations et des patrons de sautages de l'ancienne fosse à ciel ouvert (non disponibles);
- analyse des études géologiques, géotechniques et hydrogéologiques disponibles;
- étude des caractéristiques environnementales du site, (type de structures, type de risques et zones d'habitation);
- étude des méthodes d'exploitation prévues;
- examen des études de vibrations disponibles pour des projets similaires;
- évaluation des impacts des vibrations et des surpressions d'air sur les structures et les humains en fonction des normes existantes (*Directive 019* et autres exigences applicables le cas échéant).

La présente évaluation sera par la suite complétée par des mesures de vibrations et de surpressions d'air lors de tests de dynamitage, à être réalisés en 2008 dans un contexte similaire au projet. Il est prévu d'effectuer ces tests dans le secteur où l'usine de traitement est projetée, et où l'on recense un affleurement rocheux important. Ces tests permettront de compléter la présente étude et de raffiner les courbes d'atténuation des vibrations et des surpressions d'air qui sont présentées dans la prochaine section.



4. ANALYSE DES VIBRATIONS ET SURPRESSIONS D'AIR

À partir d'un nombre suffisant (minimum 30) de résultats de vibrations et des relations mathématiques ci-dessous mondialement reconnues et acceptées par le Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), on peut prédire les niveaux des vibrations et des surpressions d'air aux alentours des dynamitages.

- $V = K (d/w^{1/2})^\beta$

ou V: Vitesse de particules (mm/s)
 w: Charge maximale par délai (kg)
 d: Distance (m)
 K et β : Constantes de dynamitage et de site

- $P = K (d/w^{1/3})^\beta$

ou P: Surpressions d'air (Pa)
 w: Charge maximale par délai (kg)
 d: Distance (m)
 K et β : Constantes de dynamitage et de site

Pour ce faire, on doit déterminer les constantes K et β en portant des données de vitesse de particules et de distance scalaire (30 données minimum pour une bonne représentation statistique) sur un graphique log-log. Étant donné que l'on n'a pas encore de résultats pour le site du projet, on peut estimer les vibrations à l'aide de valeurs de base⁽¹⁾ pour K (1 140) et β (-1,6) et les surpressions d'air à l'aide de valeurs de base pour K (3 300) et β (-1,2), lesquelles sont couramment utilisées comme évaluation au début des opérations de dynamitage à ciel ouvert.

Les figures 4 et 5 montrent respectivement les courbes d'atténuation des vibrations (ou vitesse de particules en mm/s) et des surpressions d'air (en dB) en fonction de la distance et de la charge maximale d'explosifs par délai (jusqu' à 150 kg) qui pourrait être utilisée dans le contexte du projet. De plus, les tableaux de l'annexe 2 présentent les valeurs de vibrations de la figure 4 en fonction de la distance et des charges par délai jusqu'à 350 kg, tandis que l'annexe 3 comprend les tableaux qui se rapportent aux surpressions d'air pour les mêmes paramètres.

⁽¹⁾ The International Society of Explosives Engineers (ISEE), BLASTERS' HANDBOOK, 17th Edition, 1998.



Les équations empiriques mentionnées ci-dessus prennent en considération plusieurs facteurs qui peuvent influencer la courbe d'atténuation selon leur variabilité. Ces principaux facteurs sont les suivants :

- le type et patron de sautage;
- la géologie des dépôts meubles et du roc;
- les cavités souterraines (anciennes galeries souterraines);
- la localisation et l'orientation du sautage;
- les conditions hydrogéologiques;
- la localisation du point de mesure;
- les conditions météorologiques.

Ces équations permettent d'évaluer l'impact probable des dynamitages selon des conditions particulières. De plus, pour un même site, elles permettent également d'extrapoler ces impacts probables pour des conditions légèrement différentes (ex : localisation du point de mesure, charge d'explosifs utilisées, localisation du sautage). Par la suite, les courbes d'atténuation peuvent être réajustées en fonction des mesures effectuées selon les nouvelles conditions.

Autre élément important à mentionner : les vibrations peuvent être plus élevées par un facteur d'environ 1,5 lorsque le sol est dégelé au printemps et saturé en eau.

De façon générale, on constate une plus grande variabilité dans les résultats de surpressions d'air par rapport aux vibrations. En effet, certains des facteurs mentionnés précédemment ont une grande influence sur les surpressions d'air, surtout les conditions météorologiques. Cependant, il est possible de contrôler d'autres facteurs afin de maintenir une stabilité et une qualité des surpressions d'air d'un sautage à l'autre, soit :

- la hauteur et le matériel des collets;
- le type et les temps de délais des détonateurs;
- la charge par délai;
- la direction des vents;
- les phénomènes d'inversion de température;
- l'orientation des dynamitages;
- les patrons de forage et de dynamitage;
- design des sautages en fonction de la géologie (fractures et cavités dans les faces libres, etc).



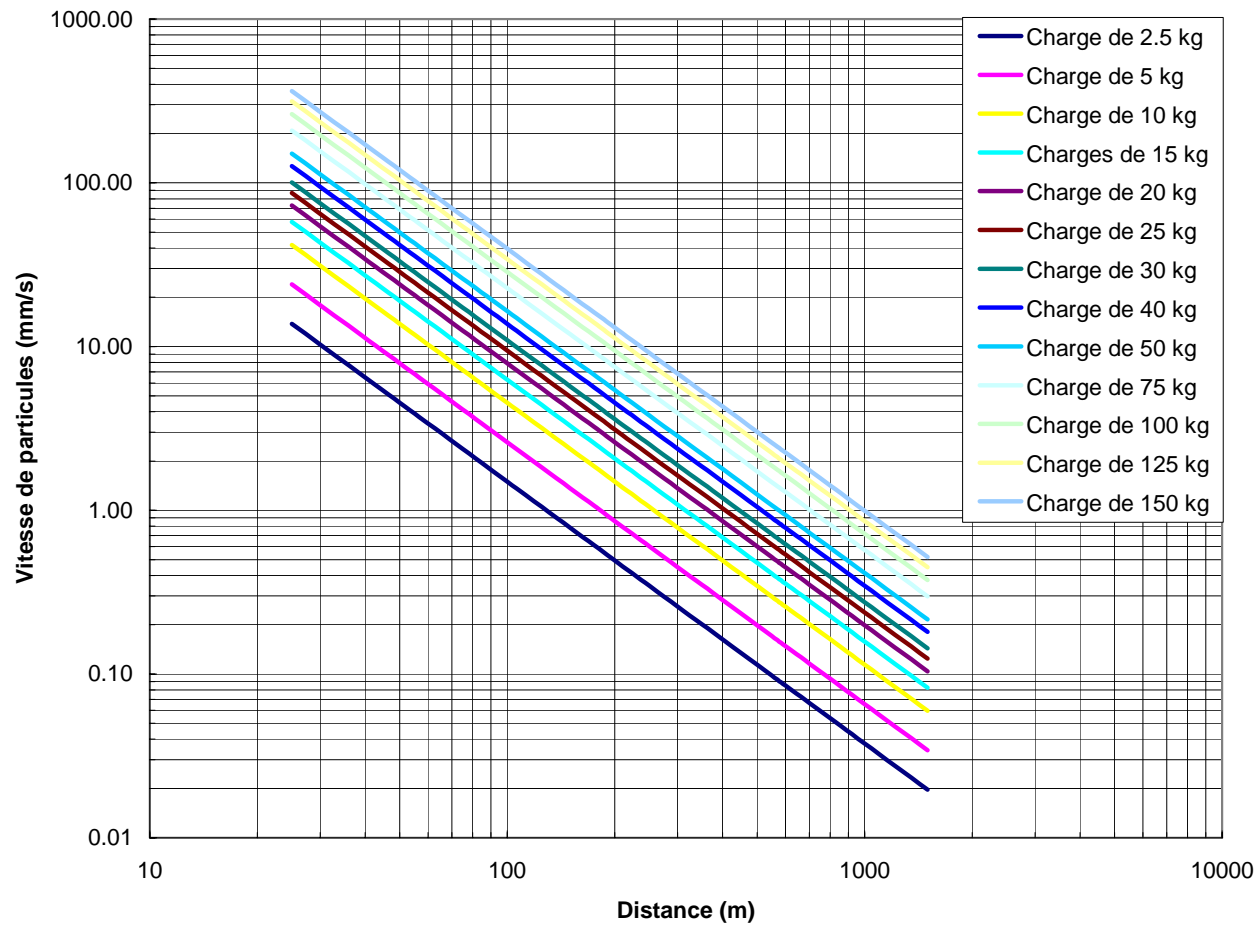


FIGURE 4

Courbe d'atténuation des vibrations



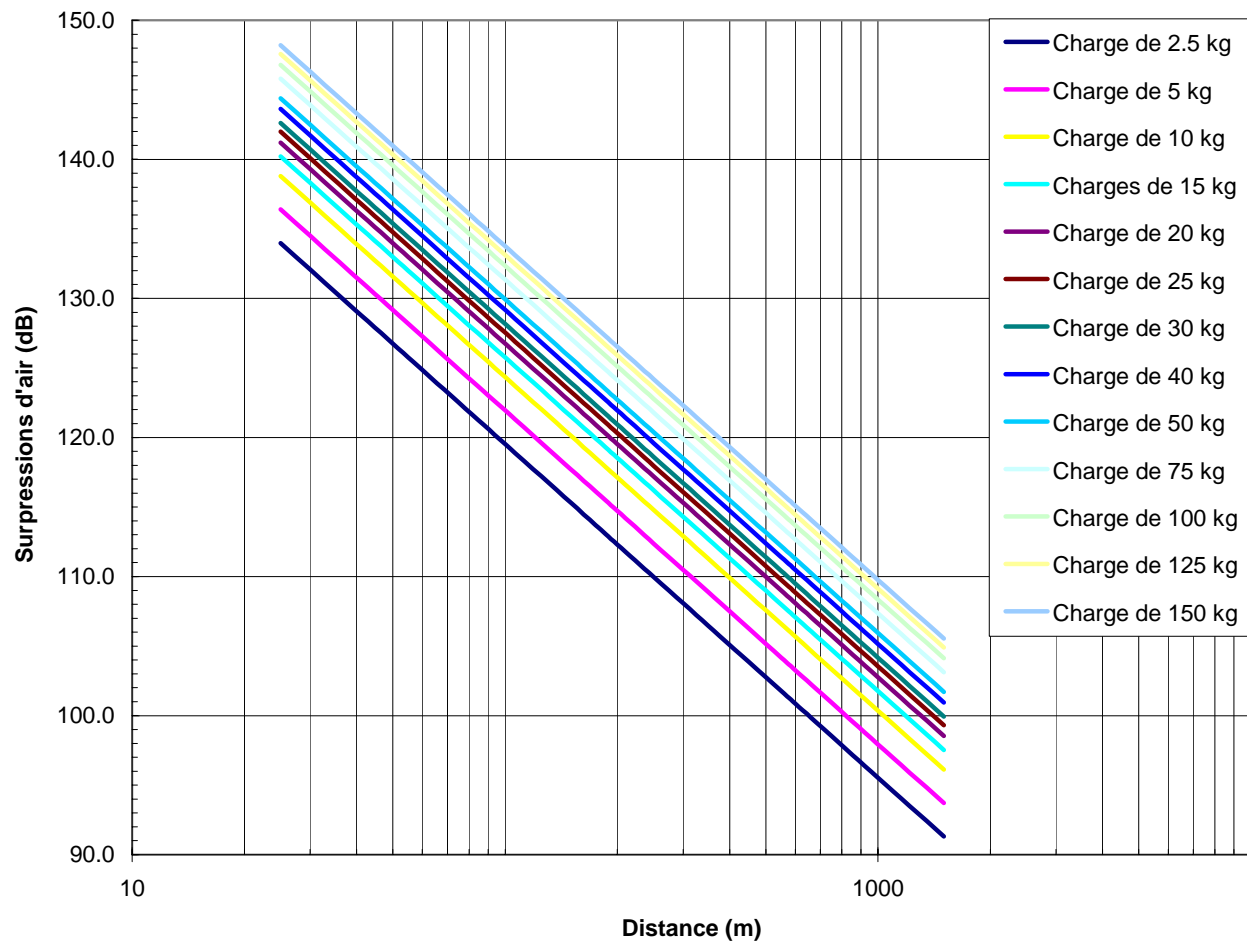


FIGURE 5

Courbe d'atténuation des surpressions d'air



5. ÉVALUATION DE LA SENSIBILITÉ DES LIEUX ET DES GENS

Les vibrations induites par des chocs dans les bâtiments peuvent être perçues par les occupants et les affecter de diverses façons. Les vibrations perceptibles entraînent souvent les résidents à craindre l'apparition de dommages sur leur bâtiment. Cependant, ces faibles vibrations ne justifient généralement pas ces craintes. Dans cette section, nous étudierons les effets des vibrations sur les structures et sur les personnes.

5.1 Dommages aux structures

Pour évaluer la possibilité de dommages causés par les vibrations aux différentes structures, on doit se baser sur des critères reconnus. Dans cette section, nous vous présentons les critères de la directive 019 du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, ainsi que le critère du United States Bureau of Mines (USBM, *Siskind et al.*, 1980) couramment utilisé au Canada pour fin de comparaison.

La *Directive 019* sur l'industrie minière a été rédigée de manière à soutenir, plus particulièrement, l'application de la section IV et les articles 20 et 22 de la *Loi sur la qualité de l'environnement*. Tel que stipulé dans le document de la *Directive 019*, celle-ci ne constitue pas un texte réglementaire; mais il s'agit plutôt d'un texte d'orientation qui précise les attentes du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP). Plus précisément, l'article 2.4.2 sur les bruit et vibrations lors d'un sautage stipule :

L'exploitant d'une mine active – y compris la période des travaux de mise en valeur de l'exploitation du gisement minier – doit réaliser un suivi d'autosurveillance et conserver, dans un registre prévu à cet effet et pendant au moins deux ans, toutes les données de suivi des opérations de dynamitage (vitesses de vibrations, fréquences de vibrations au sol, pressions d'air, patron de dynamitage). En outre, celui-ci est soumis aux règles suivantes :

- a) (Non applicable au projet)**
- b) Cas où les activités minières s'effectuent à moins d'un kilomètre d'un point d'impact (à l'exception d'une habitation appartenant ou louée au propriétaire ou à l'exploitant de la mine ou aux habitations d'un campement minier ou d'un puits artésien appartenant à ce propriétaire ou à cet exploitant ou desservant un campement minier)**

L'exploitant doit installer un réseau de surveillance des vibrations au sol et des pressions d'air à proximité des habitations ou des puits artésiens (entre une et trois stations installées aux habitations les plus rapprochées de la mine, à moins d'un avis contraire justifiant une autre localisation).



Pour une mine à ciel ouvert :

- la vitesse maximale des vibrations permises au sol dues aux opérations de dynamitage et enregistrées au point d'impact est 12,7 mm/s;
- le seuil maximal des pressions d'air à toute habitation est de 128 décibels linéaires;
- s'il y a présence d'habitation à moins d'un kilomètre d'une telle mine, il est interdit de dynamiter entre 19h et 7h.

Le tableau 1 montre les distances pour respecter les critères de 12,7 mm/s et de 128 dB de la *Directive 019* en fonction de la charge d'explosifs par délai.

TABLEAU 1

Distances pour respecter 12,7 mm/s et 128 dB de la *Directive 019*

<i>Directive 019</i> Vibration maximale de 12,7 mm/s	
Charge (kg)	Distance (m)
2.5	26.28
5	37.17
10	52.56
15	64.38
20	74.34
25	83.11
30	91.04
40	105.13
50	117.54
75	143.95
100	166.22
125	185.84
150	203.58
200	235.07
250	262.82
300	287.90
350	310.97

<i>Directive 019</i> Suppression d'air maximale de 128 dB	
Charge (kg)	Distance (m)
2.5	44.41
5	55.95
10	70.49
15	80.69
20	88.81
25	95.67
30	101.66
40	111.89
50	120.53
75	137.97
100	151.86
125	163.58
150	173.83
200	191.33
250	206.10
300	219.01
350	230.56



Le United States Bureau of Mines (USBM) publiait, au début des années 1980, ses recherches quant aux effets des dynamitages sur les bâtiments résidentiels. La figure 6 représente le critère maximal de vibrations (vitesse de particules en mm/s) admissible ne causant pas de dommage notable, en fonction de la fréquence des vibrations selon le USBM.

Les résultats de cette étude ont démontré que le critère conservateur de 50,8 mm/s (2 po/sec) était valable pour les hautes fréquences. Par contre, à 81,3 mm/s, il y a 5% de probabilité de dommage. Ce critère (50,8 mm/s) est basé sur le fait que les plus faibles dommages ont été observés à 56,0 mm/s et qu'aucun dommage n'ait été observé en deçà du seuil de 50,8 mm/s lors d'études antérieures.

Pour les basses fréquences, la limite de 12,7 mm/sec (plâtre) a été établie en fonction de l'extension d'une très petite fissure observée sur un bâtiment lors de leurs études pour une vitesse de 20,07 mm/sec et sur plusieurs observations d'aucun dommage pour des vitesses excédant 50,8 mm/sec.

De plus, le USBM recommande une limite sécuritaire de surpressions d'air de 128 dB. En fait, lorsque la valeur des surpressions d'air se situe entre 120 et 130 dB, il n'y a aucun effet sur les structures (voir annexe 4). Cependant, la limite à ne pas dépasser pour les bris de fenêtres (les premiers à survenir par les surpressions d'air), est de l'ordre de 150 dB.

Indépendamment des caractéristiques d'un bâtiment, la sensibilité de celui-ci aux vibrations est fonction des sols sur lesquels il repose. En effet, le risque d'endommagement des édifices augmente avec la faible capacité portante des sols. Les dépôts argileux et organiques, par exemple, sont favorables à la transmission des ondes sismiques de basses fréquences.

Finalement, les opérations de dynamitage produisent une combinaison d'ondes complexes qui peuvent être influencées par la géologie entre la source de vibrations et le point de mesure (type et épaisseur des couches de sols, densité, niveau de la nappe phréatique, etc.).



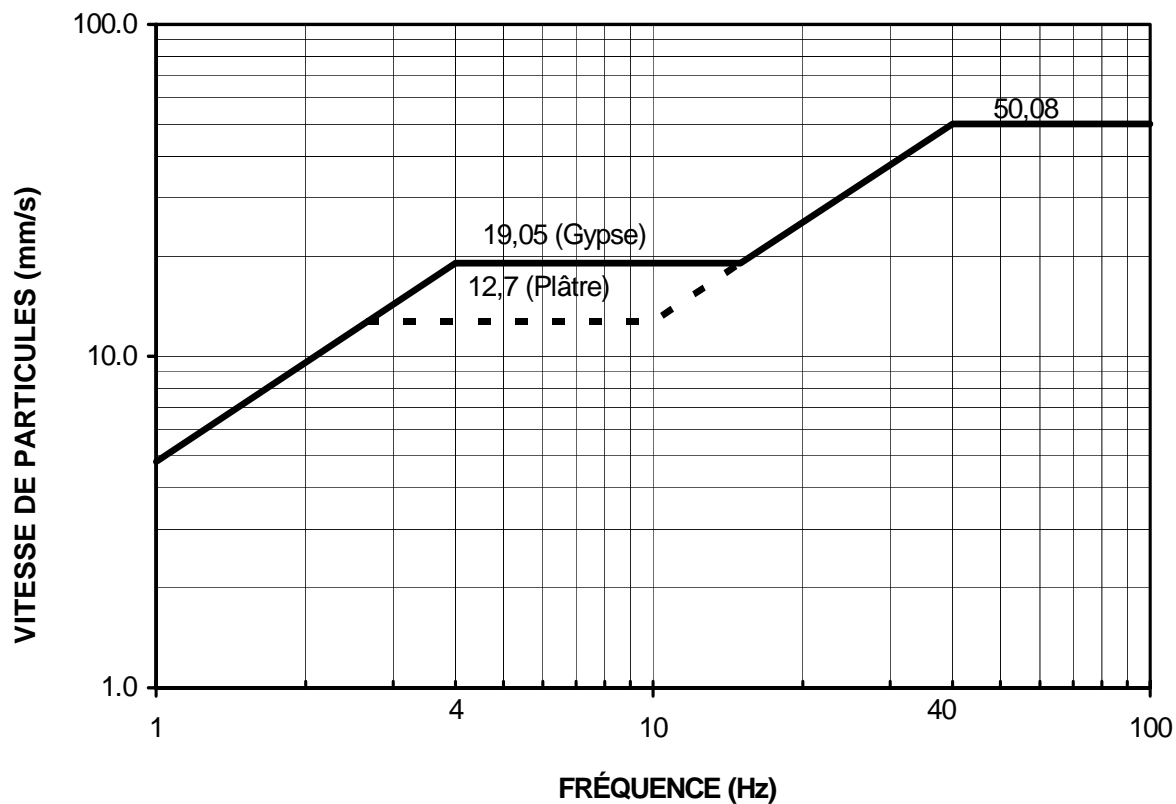


FIGURE 6

Vitesse de particules maximum admissible en fonction de la fréquence de vibrations des dynamitages
(Courbe limite établie par le United States Bureau of Mines, RI-8507, 1980)

5.2 Sensibilité des gens

La réaction des individus aux vibrations d'un sautage varie d'une personne à l'autre. Les gens sont plus sensibles aux vibrations que les structures qu'ils occupent. Les vibrations seront moins ressenties quand on est à l'extérieur qu'à l'intérieur, debout plutôt qu'assis et assis plutôt qu'allongé. Les vibrations accompagnées de surpressions d'air paraîtront plus fortes que ne le seraient les mêmes vibrations sans surpressions d'air.

Les gens peuvent ressentir des vibrations extrêmement basses qui sont plusieurs fois plus faibles que celles à partir desquelles il peut y avoir des dommages aux structures. Les activités humaines (marcher, claquer les portes, fermer les fenêtres ou des enfants courant dans la maison), ainsi que les changements



environnementaux (température, humidité) induiront sur les composants individuels d'une bâtisse, des contraintes supérieures à celles causées par un sautage sécuritaire.

Les surpressions d'air peuvent également donner lieu à des vibrations sur les structures (comme celles engendrées par le vent), ainsi que des nuisances pour l'être humain. Le spectre fréquentiel des surpressions d'air causées par les dynamitages est généralement compris entre 2 et 200 Hz. Toutefois, l'être humain ne peut pas entendre les bruits dans l'air avec des fréquences inférieures à 20 Hz. Cette énergie des surpressions d'air en basse fréquence peut induire des vibrations dans les structures sans que les gens ne perçoivent aucun bruit.

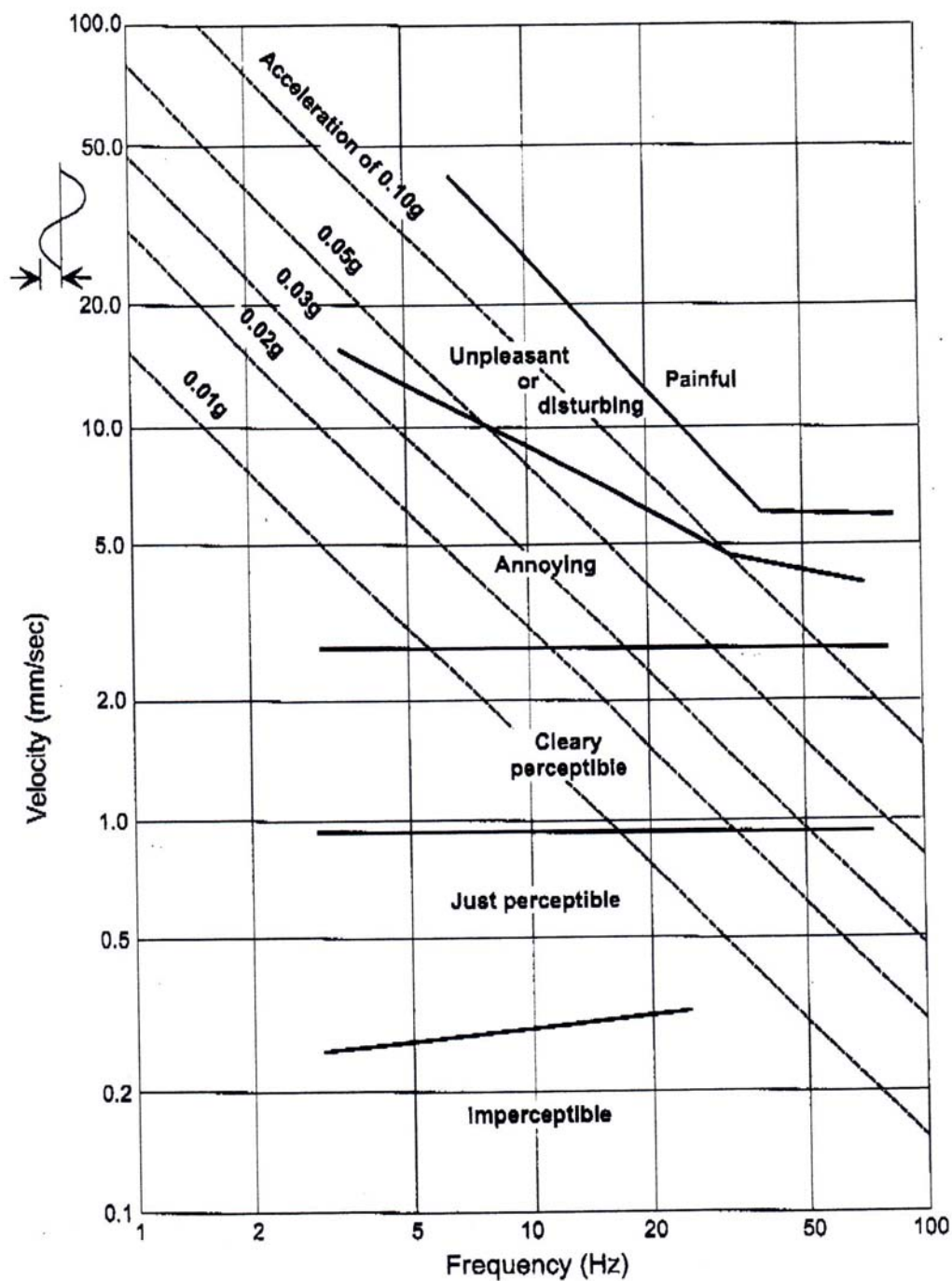
Les gens qui n'ont pas d'expérience avec l'usage des explosifs partagent l'opinion que tous les types d'explosifs sont des agents de destruction. Toutefois, on doit considérer que les explosifs militaires sont spécialement conçus pour causer la destruction, tandis que ceux du commerce sont mis au point pour faire un travail utile. Chaque jour, autour du monde, des centaines de milliers de livres d'explosifs sont mis à feu de façon sécuritaire dans les industries de la construction, des mines et des carrières. Des ingénieurs et boutefeux compétents peuvent concevoir des sautages qui fragmenteront la roche dans la zone de dynamitage, tout en maintenant les vibrations du sol ainsi que les surpressions d'air à l'intérieur de limites sécuritaires.

Il est important de retenir que les études des effets des vibrations sur l'être humain sont plus subjectives que celles sur les structures. En effet, même la norme internationale ISO 2631-2 :2003 intitulée « Évaluation de l'exposition des individus à des vibrations globales du corps – Vibrations dans les bâtiments » ne recommande plus de valeurs au-dessus desquelles des plaintes pourraient être exprimées, car elles s'étendent sur une plage trop large. Cette norme donne seulement des principes directeurs concernant son application à la réponse humaine aux vibrations dans les bâtiments.

Mentionnons que dans les zones résidentielles, il y a de grandes variations de tolérance aux vibrations. Les valeurs spécifiques dépendent des facteurs socioculturels, des attitudes psychologiques, et de l'ingérence prévue des vibrations dans la vie privée.

La figure 7 présente les niveaux de perception des vibrations pour les humains en fonction de différentes fréquences de transmission des ondes dans le sol. En se référant à cette figure, on constate que les vibrations peuvent être perceptibles pour l'être humain à un niveau aussi bas qu'environ 0,3 mm/s.





"Sensitivity of humans to vertical vibrations according to Reither and Meister."
 Reproduced from: Whiffin & Leonard, 1971

FIGURE 7

Effets des vibrations sur les humains



D'autre part, pour ce qui est des surpressions d'air et si on se réfère à l'annexe 4, présentant le niveau de bruit en dB et en lb/po^2 par rapport à leurs effets auditifs, on constate qu'une valeur entre 120 et 130 dB correspond à un seuil très inconfortable, mais où les humains peuvent quand même y être exposés pendant une courte durée. Finalement, une valeur d'environ 115 dB devient agaçante pour l'être humain, et les fenêtres ainsi que la vaisselle peuvent vibrer.

6. PROCÉDURES D'ASSURANCE QUALITÉ – GESTION ET OPTIMISATION DES ACTIVITÉS DE FORAGE ET DYNAMITAGE

Compte tenu de l'analyse des vibrations et des surpressions d'air réalisée dans cette étude, des caractéristiques de la mine (fosse à ciel ouvert) et de la proximité de la zone urbaine de la ville de Malartic, il est très important d'établir des procédures définissant les pratiques et méthodes qui assureront une protection maximale aux structures et aux citoyens de Malartic et des lieux environnants.

Les éléments de ces procédures peuvent se résumer de la façon suivante :

- gestion des ressources humaines et matérielles;
- santé et sécurité;
- planification des opérations;
- modélisation et conception des sautages;
- réalisation et suivi des sautages (déviations des forages, profils des faces libres, etc.);
- choix et contrôle des produits explosifs;
- contrôle des vibrations et des surpressions d'air;
- contrôle des projections;
- contrôle de la dilution;
- contrôle de la fragmentation;
- contrôle des parois;
- suivi des conditions de sols (tassement) et hydrologiques;
- suivi des bâtiments (inspections, témoins de mouvements, etc.);
- suivi des plaintes et relations avec les citoyens (comité de citoyens, etc.);
- audit interne;
- documentation.



Le but de ces procédures d'assurance de la qualité est de s'assurer que les opérations de dynamitage de la mine à ciel ouvert soient conçues et réalisées afin de maintenir les effets environnementaux (vibrations surpressions d'air, projections excessives et poussières) à un niveau acceptable et sécuritaire pour les résidents voisins de la mine, en plus d'obtenir des résultats constants d'un tir à l'autre. Cependant, ces procédures doivent toujours être adaptées aux conditions et aux changements pouvant survenir dans les opérations de la mine, ainsi qu'aux nouvelles technologies dans le domaine du dynamitage.

Toutes les procédures doivent être suivies à chaque étape de la réalisation d'un tir. Aucun mauvais tir ne doit être toléré. Le but est d'assurer un niveau d'erreur zéro à chaque étape, pour chaque tir et pour chaque trou foré et chargé.

Pour obtenir ce niveau d'assurance, il faut éliminer les anomalies à toutes les étapes des opérations de dynamitage. Pour ce faire, la philosophie à suivre devrait être :

- 1) créer un objectif à long terme;
- 2) fixer le niveau d'erreur et de tolérance à un seuil zéro;
- 3) exiger de la part des fournisseurs des preuves statistiques de la qualité de leurs produits et de leurs opérations;
- 4) implanter des techniques de formation;
- 5) responsabiliser le travail de chacun (chacun doit pouvoir dialoguer sur un même pied avec tous les intervenants);
- 6) abattre les barrières entre les départements : tous doivent travailler ensemble.



7. CONCLUSION

Nos services ont été retenus par GENIVAR S.E.C. et la CORPORATION MINIÈRE OSISKO dans le but d'évaluer les impacts du projet de la mine à ciel ouvert sur les résidences et les citoyens de la ville de Malartic.

L'exploitation de la mine se fera à ciel ouvert sur plusieurs paliers et les opérations de dynamitage nécessitent en moyenne 1 et parfois, mais en de rares occasions, 2 sautages par jour, le tout pour une extraction d'environ 120 000 tonnes de roche par jour sur toute l'année. La distance minimale des opérations futures de la mine sera d'environ 100 à 150 m par rapport aux résidences les plus rapprochées de la fosse.

Pour ce faire, nous avons réalisé une première phase (le présent rapport), qui consistait à une évaluation globale de la situation. Tel que mentionné au début de ce document, une seconde phase, prévue à l'été ou à l'automne 2008, consistera à effectuer des mesures de vibrations et de surpressions d'air sur place lors de tests de dynamitage. Ces tests permettront de compléter la présente étude et de raffiner les courbes d'atténuation des vibrations et des surpressions d'air.

Étant donné qu'il n'y a pas de résultats pour le site du projet à ce moment-ci, les courbes d'atténuation des vibrations et des surpressions d'air ont été établies à l'aide d'équations de base couramment utilisées mondialement comme méthode d'évaluation au début d'opérations de dynamitage à ciel ouvert. À partir de ces équations empiriques, nous avons établi les courbes d'atténuation des vibrations et des surpressions d'air en fonction de la distance et pour différentes charges d'explosifs par délai.

Selon la *Directive 019* du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, les vibrations et surpressions d'air maximales permises sont respectivement de 12,7 mm/s et 128 dB pour une opération de mine à ciel ouvert avec la présence de bâtiments à moins d'un kilomètre. Ces niveaux de vibrations maximums permis sont sécuritaires pour les structures, mais ils se situent malgré tout à l'intérieur de zones qui vont de perceptibles à déplaisantes pour l'être humain.

Finalement, l'analyse des vibrations et des surpressions d'air en fonction des opérations futures de la mine à ciel ouvert, par rapport à la proximité de la zone urbaine de la ville de Malartic, démontre que les opérations de dynamitage nécessiteront un suivi rigoureux des vibrations, des surpressions d'air, des projections, des bâtiments et des sols, ainsi que la mise en place de procédures qui assureront une protection maximale des citoyens et des structures pour le projet.



8. RECOMMANDATIONS

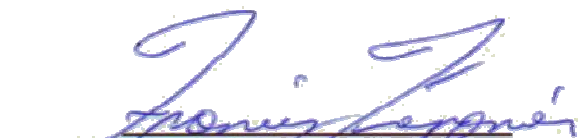
Suivant l'analyse effectuée, nous vous présentons nos recommandations concernant les futures opérations de dynamitage de la mine à ciel ouvert :

- Réaliser un suivi rigoureux des vibrations, des surpressions d'air et des projections, et élaborer des procédures qui définiront les pratiques et méthodes qui assureront une protection maximale des structures et des citoyens, surtout pour l'exploitation des premiers paliers de la fosse.
- Mettre en place un groupe de personnes responsables de l'optimisation des opérations de sautages et du contrôle de la qualité. Ce groupe devra nécessairement se rencontrer régulièrement afin de permettre une planification ordonnée avec tous les intervenants.
- Nommer une personne (en dehors du groupe d'optimisation) responsable de l'audit interne des procédures pour les opérations de dynamitage.
- Réaliser un suivi des conditions hydrogéologiques et géotechniques afin de prévoir tout mouvement ou tassement des sols causé par les vibrations ou un drainage de l'eau souterraine.
- Vérifier la qualité du roc dans la zone du projet à l'aide de la géophysique, afin de permettre un design optimal des sautages.
- Réaliser une inspection des bâtiments les plus rapprochés (rayon à être évalué) de la zone du projet et de bâtiments témoins plus éloignés, ainsi qu'un suivi des dommages existants, afin de s'assurer que les opérations de dynamitage soient sécuritaires pour les structures.
- Afin de compléter la présente étude (raffinement des courbes d'atténuation), réaliser des tests de dynamitage avant le début des opérations régulières de la mine.
- Réaliser le suivi des vibrations et des surpressions d'air des opérations futures de dynamitage de la mine à l'aide d'un réseau d'au moins 3 à 5 sismographes, lesquels devront être disposés de façon à bien évaluer les vibrations et surpressions d'air avec la distance, le suivi des plaintes et l'influence de la géologie.
- Installer certains de ces sismographes à des endroits permanents avec une communication par modem (téléphone, cellulaire ou radio fréquence).
- Utiliser un des logiciels de modélisation de sautage actuellement disponibles sur le marché.




- Utiliser des détonateurs électroniques pouvant permettre une précision des délais entre les charges d'explosifs (contrôle des vibrations), ainsi qu'une sécurité, une flexibilité et une productivité accrues des opérations.
- Pour l'exploitation des premiers bancs de la fosse et plus particulièrement lors d'un sautage de type « foncée initiale », utiliser un pare-éclats (tapis de caoutchouc, poussière de pierre, etc.) visant à retenir les projections de roche lors des sautages, et à prévenir toute forme de débris vers les milieux résidentiels environnants.
- S'en tenir le plus possible à un sautage par jour, lequel devra être réalisé de préférence pendant les périodes où il y a le plus d'activités dans la ville, soit à la fin de l'avant-midi (vers 11h30) ou vers la fin de l'après-midi (vers 15h30).
- Garder une réserve suffisante dans l'empilement de minerai avant concassage (voir figure 1) pour éviter un sautage lors de conditions météorologiques défavorables qui sont susceptibles d'augmenter les perceptions des vibrations (ex : haut taux d'humidité, plafond bas, direction des vents vers les résidences). Lorsque les prévisions météorologiques annoncées sont optimales pour les opérations de dynamitage, permettre parfois 2 sautages par jour, le tout afin de pouvoir garer l'empilement avant concassage à un niveau suffisant et de pouvoir l'utiliser en cas d'une météorologie défavorable aux sautages.
- Vérifier s'il y a présence d'équipements sensibles aux vibrations dans le secteur du projet.

Ce rapport a été rédigé par Francis Trépanier, ing., et vérifié par Réjean Paul, ing., géoph.


Francis Trépanier, ing.
Chargé de projets




Réjean Paul, ing., géoph.
Président



BIBLIOGRAPHIE

Siskind, E.E., Stragg, M.S., Kopp, J.W. et C.H. Dowding, 1980. STRUCTURE RESPONSE AND DAMAGE PRODUCED BY GROUND VIBRATION FROM SURFACE MINE BLASTING, Bureau of Mines Report of Investigations, United States Department of the Interior, RI 8507.

Pegden, M., Birch, W.J. et A. Wetherelt, 2005. IS THAT NORMAL ? FUNDAMENTAL OBSERVATIONS FOR BEST PRACTICE BLAST VIBRATION ANALYSIS, Abstract, Blasting and Environmental Research Group, Dept. of Mining, Quarrying and Mineral Engineering, University of Leeds, Camborne School of Mines, University of Exeter, International Society of Explosives Engineers, Volume 2, England.

Dowding, C.H. 2000. CONSTRUCTION VIBRATIONS, USA.

The International Society of Explosives Engineers (ISEE), 1998. BLASTERS' HANDBOOK, 17th Edition.

Atkins, K.P. Jr. et Dixon, D.E., 1984. CONCRETE STRUCTURES AND CONSTRUCTION VIBRATIONS.



ANNEXE 1

**Fiches descriptives de certains puits et forages réalisés par GENIVAR
(Réf. : GENIVAR Société en commandite,
Rapport préliminaire janvier 2008, « Description du milieu récepteur »)**



Date <u>03-10-2007</u>	Excavation no. <u>PE-2</u>	Face décrite _____
Dossier <u>AA106790</u>	Rédigé par <u>Yannick Lafleur</u>	_____
	Équipements <u>Rétrocaveuse</u>	
Coordonnées UTM nad 83 N <u>5335013</u> O <u>714461</u>	Remarques <u>Odeur de décomposition</u> <u>Parc en gazon</u>	

Sols en place		Échantillons		Vapeur	Analyses ¹
Prof (m)	Description visuelle (nature, couleur, consistance, compacité, humidité, odeur, etc.)	Prof (m)	No.	(ppm)	
0,00	Remblai de sable moyen . Couleur orangé beige.	0-0,20	PE2-1		A, B, D, E
0,20	Remblai de silt avec des cailloux de 0,2 cm à 10 cm. Compact, couleur gris beige.	0,20-0,70	PE2-2		A, B
0,70					
1,00	Dépôt de matière organique, plus ou moins fibreuse, présence de racines d'herbacées, couleur noir,	0,70-1,00	PE2-3		
	Dépôt de silt à sable très fin. Couleur gris, compact.	1,00-1,50	PE2-4		
1,50					
2,5	Dépôt de silt à sable très fin intercalé de lit de sable gris fin. Couleur gris, moins compact que le PE2-4. Plus humide	1,50-2,50	PE2-5		
	Fin du sondage à 2,50 m				

VÉRIFIÉ PAR : _____

Date	03-10-2007	Excavation no.	PE-3	Face décrite	
Dossier	AA106790	Rédigé par	Yannick Lafleur		
		Équipements	Rétrocaveuse		
Coordonnées UTM nad 83		Remarques			
N	5334966	Fil de métal rencontré à 0,80m, Tuvau de métal à 1,40 m			
O	714748				

Sols en place		Échantillons		Vapeur	Analyses ¹
Prof (m)	Description visuelle (nature, couleur, consistance, compacité, humidité, odeur, etc.)	Prof (m)	No.	(ppm)	
0,00	Couvert herbacé très dense, présence de déchet en surface	0-0,10			
0,10-0,30	Dépôt de silt à sable fin, compact de couleur beige gris.	0,10-0,30	PE3-1		
0,30-0,45	Dépôt de type remblai constitué de matière organique avec cailloux de 2 cm à 35 cm. Assez compact. Couleur brun foncé, présence de racines	0,30-0,45	PE3-2		
0,45-1,50	Dépôt de silt à sable très fin. Compact. Couleur gris, Présence d'écorce d'arbre	0,45-1,50	PE3-3		A, B, D
1,50-2,50	Dépôt de silt à sable très fin (entre coupé de fin lit de sable). Couleur gris, moins compact que la strate précédente, présence de trace de rouille et d'écorce d'arbre	1,50-2,50	PE3-4		
2,50	Fin du sondage à 2,50 m				

VÉRIFIÉ PAR : _____

Date <u>04-10-2007</u>	Excavation no. <u>PE-12</u>	Face décrite _____
Dossier <u>AA106790</u>	Rédigé par <u>Yannick Lafleur</u>	_____
	Équipements <u>Rétrocaveuse</u>	_____
Coordonnées UTM nad 83 N <u>5335101</u> O <u>713634</u>	Remarques _____ _____ _____	

Sols en place		Échantillons		Vapeur	Analyses ¹
Prof (m)	Description visuelle (nature, couleur, consistance, compacité, humidité, odeur, etc.)	Prof (m)	No.	(ppm)	
0,00	Quelques herbacées dispersées présence de racine d'herbacé	0			
0,00	Remblai de sable silteux avec cailloux à bloc (2 à 30 cm), compact, couleur grise	0-0,40	PE12-1		
0,40		0,40-0,85	PE12-2		
0,85	Silt à sable fin, compact, couleur grise.	0,85-1,25	PE12-3		A, B, D, E
1,25	Argile silteuse avec présence de matière organique, couleur grise.	1,25-1,60	PE12-4		A
1,60	Dépôt de matière organique, couleur noir, peu compact, présence de tronc d'arbre, odeur de décomposition de la matière organique	1,60-1,80	PE12-5		
1,80	Dépôt d'argile silteuse, compact, de couleur grise	1,80-2,50	PE12-6		
2,50		Fin du sondage à 2,50 m			

VÉRIFIÉ PAR : _____

Date <u>04-10-2007</u>	Excavation no. <u>PE-15</u>	Face décrite _____
Dossier <u>AA106790</u>	Rédigé par <u>Yannick Lafleur</u>	_____
	Équipements <u>Rétrocaveuse</u>	_____
Coordonnées UTM nad 83 N <u>5335133</u> O <u>714034</u>	Remarques <u>Parc urbain près de terrain de balle-molle</u> _____ _____	

Sols en place		Échantillons		Vapeur	Analyses ¹
Prof (m)	Description visuelle (nature, couleur, consistance, compacité, humidité, odeur, etc.)	Prof (m)	No.	(ppm)	
0,00	Parc en gazon avec quelques arbres.	0			
0,00 0,25	Remblai d'une matrice de sable moyen avec des cailloux de 2 cm à 15 cm. Plus ou moins compact, de couleur brun orangé, présence de racine d'arbres et d'herbacées	0- 0,25	PE15-1		A, B, D
1,40	Remblai de sable fin, peu compact, semble être le même dépôt que le PE15-1 mais diffère de couleur, couleur beige.	0,25- 1,40	PE15-2		
2,50	Dépôt d'argile silteuse avec lit de sable intercalé. Couleur gris, compact, plus humide.	1,40- 2,50	PE15-3		
	Fin du sondage à 2,50 m				

VÉRIFIÉ PAR : _____

PROJET: Osisko - Étude d'impact		FORAGE No: PO-11	
ENDROIT: Malartic		FEUILLE: 1 de 1	
No DOSSIER: AA106790		DATE DU FORAGE: 5 décembre 2007	
ÉQUIPEMENT DE FORAGE: Foreuse à tarière CME sur chenilles		COORDONNÉES FORAGE: X: 713385.01 Y: 5336275.00 (UTM)	
DIAMÈTRE DU FORAGE: 203 mm ø (8 po)		ÉLÉVATION DU TERRAIN: 324,24 m	
TYPE DE SURFACE: Copeaux de bois		PROFONDEUR ATTEINTE: 3,51 m (élévation 320,7 m)	
TYPE D'ÉCHANTILLONNEUR: Cuillère fendue standard		FOREURS: Laboratoires S.L. inc	
		PRÉPARÉ PAR: Maxime Philibert, B.Ing	
		VÉRIFIÉ PAR: Didier Barré, M.Sc	

GÉOLOGIE			PUITS		ÉCHANTILLON			CONTAMINATION		REMARQUES
PROFONDEUR (m)	ÉLÉVATION (m)	LITHOLOGIE	PIEZOMÈTRE	DESCRIPTION	NUMÉRO	RÉD %	INDICE DE PÉNÉTRATION (pour 15 cm)	ANALYSES	VISUELLE	ODÉUR
0	319,89			Tube protecteur hors-sol						Dessus du tube protecteur = 1,16 m
				Tube de PVC 2" pour PO-11						Dessus de la margelle = 1,03m
0,20				Couche organique, 50 % copeaux.	CF1	100	4-11-10-11	A,D,E,F	Aucune	Aucune
0,41				Sable moyen beige clair, sec,				H,K,L,M		
0,61	320,55			40% cailloux, lentilles de silt gris.						Haut de la crépine
0,81				Sable moyen beige, brunâtre, sec,	CF2	100	6-8-8-8		Aucune	Aucune
1,02				10% cailloux, puis silt gris dense.						Glaciolaustre
1,22										
1,42				Silt gris dense, lentilles de sable	CF3	100	6-6-7-5		Aucune	Aucune
1,63				beige moyen, sec.						Correspond à DUP1-061207
1,83	321,75									Glaciolaustre
2,03										Niveau statique (1,9m)
2,24				Silt avec sable gris mouillé.	CF4	80	1-1/2-3-3		Aucune	Aucune
2,44										Glaciolaustre
2,64				Silt avec sable gris mouillé,	CF5	80	3-3-2-3		Aucune	Aucune
2,84				presque liquide.						Glaciolaustre
3,05										
3,25				Silt avec sable gris presque liquide.	CF6	20	1-2-5-80		Aucune	Aucune
3,45										Correspond à DUP2-061207
3,51	320,7			Refus sur roc						Glaciolaustre
										Niveau du roc

Observations et mesures:

Mesures 4 Gaz dans PO-11 CO: 0; O2: 18,2%; H2S: 0; LEL: 11	Bouchon bentonite de 2" (0,66 m) Longueur PVC crépiné = 10' (3 m) Longueur PVC plein = 6' (1,82 m) Remplissage de sable de silice entre tube de PVC et le diamètre extérieur du forage
--	---

Signatures:

Réalisé par: _____ Maxime Philibert, B.Ing	Vérifié par: _____ Didier Barré, M.Sc.
---	---

PROJET:	Osisko - Étude d'impact	FORAGE No:	PO-16
ENDROIT:	Malartic	FEUILLE:	1 de 1
No DOSSIER:	AA 106790	DATE DU FORAGE:	10 décembre 2007
ÉQUIPEMENT DE FORAGE:	Foreuse à tarière CME sur chenilles	COORDONNÉES FORAGE:	X: 713272.62 Y: 6336771.94 (UTM)
DIAMÈTRE DU FORAGE:	203 mm ø (8 po)	ÉLÉVATION DU TERRAIN:	317,08 m
TYPE DE SURFACE:	Argile grise	PROFONDEUR ATTEINTE:	7,16 m (élévation 309,92 m)
TYPE D'ÉCHANTILLONNEUR:	Cuillère fendue standard	FOREURS:	Laboratoires S.L. inc.
		PRÉPARÉ PAR:	Maxime Philibert, B. Ing.
		VÉRIFIÉ PAR:	Didier Barré, M. Sc.

GÉOLOGIE		PIÈZOS		ÉCHANTILLON			CONTAMINATION		REMARQUES		
PROFONDEUR (m)	ÉLÉVATION (m)	LITHOLOGIE	PIÈZOMÈTRE	DESCRIPTION	NUMÉRO	REC. %	INDICE DE PÉNÉTRATION (coupé/cm)	ANALYSES*	VISUELLE	ODEUR	
0	317,08			Tube protecteur hors-sol							Dessus du tube protecteur = 1,35 m
				Tube de PVC 2" pour PO-16							Dessus de la margelle = 1,24 m
0,20				Argile avec silt grise avec lentille de silt brun.	CF1	20	0,5-0,5-2-2		Aucune	Aucune	Niveau statique (0,3 m)
0,41	316,76										
0,61											
0,81				Argile avec silt grise, 10% cailloux.	CF2	100	1-2-3-4	A, D, E, F	Aucune	Aucune	Glaciolaustre
1,02								H, K, L, M			Correspond à DUP1-101207
1,22								I			
1,42				Argile avec silt grise, 6% cailloux.	CF3	70	0,5-0,5-0,5-0,5		Aucune	Aucune	
1,63											Glaciolaustre
1,83											
2,03				Argile avec silt grise avec lentille de silt brun.	CF4	100	0,5-0,5-1-1	A, D, E, F	Aucune	Aucune	Glaciolaustre
2,24								H, K, L, M			
2,44				Bulles d'air dans la cuillère							
2,64				Argile avec silt grise avec lentille de silt brun.	CF5	100	0,5-0,5-0,5-0,5		Aucune	Aucune	Glaciolaustre
2,84											
3,05											
3,25				Argile avec silt grise avec lentille de silt gris.	CF6	100	0,5-0,5-1-2		Aucune	Aucune	Glaciolaustre
3,45											Correspond à DUP2-101207
3,66				Argile avec silt grise mouillée, presque liquide.	CF7	30	2-2-4-4		Aucune	Aucune	Glaciolaustre
4,06											
4,27	312,9										Haut de la crêpine
4,47				Argile avec silt grise mouillée, presque liquide.	CF8	100	3-2-4-4		Aucune	Aucune	Glaciolaustre
4,67											
4,88											
6,08				Argile avec silt grise mouillée, presque liquide.	CF9	30	2-3-3-3		Aucune	Aucune	Glaciolaustre
6,28											
6,49											
6,69				Argile avec silt grise mouillée, presque liquide.	CF10	100	2-3-3-4		Aucune	Aucune	Glaciolaustre
6,89											
6,10											
6,30				Argile avec silt grise avec lentille de sable fin brunâtre.	CF11	10	1-2-2-4		Aucune	Aucune	Glaciolaustre
6,50											
6,71											
6,91				Sable fin brun mouillé avec traces d'argile grise, 10% cailloux.	CF12	10	6-6-6-0		Aucune	Aucune	Till
7,11											
7,16	309,9										Niveau du roc

Observations et mesures: Mesures 4 Gaz dans PO-16
 CO: 0;
 O2: 21,1%;
 H2S: 0;
 LEL: 0

Bouchon bentonite de 3' (1 m)
 Longueur PVC crêpiné = 10' (3 m)
 Longueur PVC plein = 13'8" (4,16 m)
 Remplissage de sable de silice entre tube de PVC et le diamètre extérieur du forage

Signatures:
 Réalisé par: _____ Vérifié par: _____
 Maxime Philibert, B. Ing. Didier Barré, M. Sc.

ANNEXE 2

**Tableaux de l'atténuation des vibrations en fonction de la distance et
de la charge d'explosifs par délai**



Évaluation des vibrations (W = 2.5 kg)	
Distance (m)	Vitesse de particules (mm/s)
25	13.76
50	4.54
75	2.37
100	1.50
125	1.05
150	0.78
175	0.61
200	0.49
250	0.35
300	0.26
350	0.20
400	0.16
450	0.13
500	0.11
550	0.10
600	0.09
750	0.06
1000	0.04
1500	0.02

Évaluation des vibrations (W = 5 kg)	
Dist. (m)	Vitesse de particules (mm/s)
25	23.95
50	7.90
75	4.13
100	2.61
125	1.82
150	1.36
175	1.06
200	0.86
250	0.60
300	0.45
350	0.35
400	0.28
450	0.23
500	0.20
550	0.17
600	0.15
750	0.10
1000	0.07
1500	0.03

Évaluation des vibrations (W = 10 kg)	
Dist. (m)	Vitesse de particules (mm/s)
25	41.71
50	13.76
75	7.19
100	4.54
125	3.18
150	2.37
175	1.85
200	1.50
250	1.05
300	0.78
350	0.61
400	0.49
450	0.41
500	0.35
550	0.30
600	0.26
750	0.18
1000	0.11
1500	0.06

Évaluation des vibrations (W = 15 kg)	
Dist. (m)	Vitesse de particules (mm/s)
25	57.69
50	19.03
75	9.95
100	6.28
125	4.39
150	3.28
175	2.56
200	2.07
250	1.45
300	1.08
350	0.85
400	0.68
450	0.57
500	0.48
550	0.41
600	0.36
750	0.25
1000	0.16
1500	0.08

Évaluation des vibrations (W = 20 kg)	
Dist. (m)	Vitesse de particules (mm/s)
25	72.61
50	23.95
75	12.52
100	7.90
125	5.53
150	4.13
175	3.23
200	2.61
250	1.82
300	1.36
350	1.06
400	0.86
450	0.71
500	0.60
550	0.52
600	0.45
750	0.31
1000	0.20
1500	0.10

Évaluation des vibrations (W = 25 kg)	
Dist. (m)	Vitesse de particules (mm/s)
25	86.81
50	28.64
75	14.97
100	9.45
125	6.61
150	4.94
175	3.86
200	3.12
250	2.18
300	1.63
350	1.27
400	1.03
450	0.85
500	0.72
550	0.62
600	0.54
750	0.38
1000	0.24
1500	0.12

Évaluation des vibrations (W = 30 kg)	
Dist. (m)	Vitesse de particules (mm/s)
25	100.44
50	33.13
75	17.32
100	10.93
125	7.65
150	5.71
175	4.46
200	3.61
250	2.52
300	1.88
350	1.47
400	1.19
450	0.99
500	0.83
550	0.71
600	0.62
750	0.44
1000	0.27
1500	0.14

Évaluation des vibrations (W = 40 kg)	
Dist. (m)	Vitesse de particules (mm/s)
25	126.43
50	41.71
75	21.80
100	13.76
125	9.63
150	7.19
175	5.62
200	4.54
250	3.18
300	2.37
350	1.85
400	1.50
450	1.24
500	1.05
550	0.90
600	0.78
750	0.55
1000	0.35
1500	0.18

Évaluation des vibrations (W = 50 kg)	
Dist. (m)	Vitesse de particules (mm/s)
25	151.14
50	49.86
75	26.06
100	16.45
125	11.51
150	8.60
175	6.72
200	5.43
250	3.80
300	2.84
350	2.22
400	1.79
450	1.48
500	1.25
550	1.08
600	0.94
750	0.65
1000	0.41
1500	0.22

Évaluation des vibrations (W = 75 kg)	
Dist. (m)	Vitesse de particules (mm/s)
25	209.05
50	68.96
75	36.05
100	22.75
125	15.92
150	11.89
175	9.29
200	7.50
250	5.25
300	3.92
350	3.07
400	2.48
450	2.05
500	1.73
550	1.49
600	1.29
750	0.91
1000	0.57
1500	0.30

Évaluation des vibrations (W = 100 kg)	
Dist. (m)	Vitesse de particules (mm/s)
25	263.15
50	86.81
75	45.37
100	28.64
125	20.04
150	14.97
175	11.70
200	9.45
250	6.61
300	4.94
350	3.86
400	3.12
450	2.58
500	2.18
550	1.87
600	1.63
750	1.14
1000	0.72
1500	0.38

Évaluation des vibrations (W = 125 kg)	
Dist. (m)	Vitesse de particules (mm/s)
25	314.58
50	103.77
75	54.24
100	34.23
125	23.95
150	17.89
175	13.98
200	11.29
250	7.90
300	5.90
350	4.61
400	3.73
450	3.09
500	2.61
550	2.24
600	1.95
750	1.36
1000	0.86
1500	0.45

Évaluation des vibrations (W = 150 kg)	
Dist. (m)	Vitesse de particules (mm/s)
25	363.98
50	120.07
75	62.76
100	39.61
125	27.72
150	20.70
175	16.18
200	13.07
250	9.14
300	6.83
350	5.34
400	4.31
450	3.57
500	3.02
550	2.59
600	2.25
750	1.58
1000	0.99
1500	0.52

Évaluation des vibrations (W = 200 kg)	
Dist. (m)	Vitesse de particules (mm/s)
25	458.17
50	151.14
75	79.00
100	49.86
125	34.89
150	26.06
175	20.36
200	16.45
250	11.51
300	8.60
350	6.72
400	5.43
450	4.49
500	3.80
550	3.26
600	2.84
750	1.98
1000	1.25
1500	0.65

Évaluation des vibrations (W = 250 kg)	
Dist. (m)	Vitesse de particules (mm/s)
25	547.71
50	180.68
75	94.44
100	59.60
125	41.71
150	31.15
175	24.34
200	19.66
250	13.76
300	10.28
350	8.03
400	6.49
450	5.37
500	4.54
550	3.90
600	3.39
750	2.37
1000	1.50
1500	0.78

Évaluation des vibrations (W = 300 kg)	
Dist. (m)	Vitesse de particules (mm/s)
25	633.72
50	209.05
75	109.27
100	68.96
125	48.26
150	36.05
175	28.17
200	22.75
250	15.92
300	11.89
350	9.29
400	7.50
450	6.22
500	5.25
550	4.51
600	3.92
750	2.74
1000	1.73
1500	0.91

Évaluation des vibrations (W = 350 kg)	
Dist. (m)	Vitesse de particules (mm/s)
25	716.89
50	236.49
75	123.61
100	78.01
125	54.59
150	40.78
175	31.86
200	25.73
250	18.01
300	13.45
350	10.51
400	8.49
450	7.03
500	5.94
550	5.10
600	4.44
750	3.10
1000	1.96
1500	1.02

ANNEXE 3

Tableaux de l'atténuation des surpressions d'air en fonction de la distance et de la charge d'explosifs par délai



Évaluation des surpressions d'air		
Charge de 2.5 kg / délai		
Dist. (m)	Supressions d'air	
	P = 3300 (D/W ^{0.33})	
	Pa	dB
25	100.0	134.0
50	43.5	126.8
75	26.8	122.5
100	19.0	119.5
125	14.5	117.2
150	11.7	115.3
175	9.7	113.7
200	8.2	112.3
250	6.3	110.0
300	5.1	108.1
350	4.2	106.5
400	3.6	105.1
450	3.1	103.9
500	2.7	102.8
550	2.5	101.8
600	2.2	100.9
750	1.7	98.5
1000	1.2	95.5
1500	0.7	91.3

Évaluation des surpressions d'air		
Charge de 5 kg / délai		
Dist. (m)	Supressions d'air	
	P = 3300 (D/W ^{0.33})	
	Pa	dB
25	132.0	136.4
50	57.5	129.2
75	35.3	124.9
100	25.0	121.9
125	19.1	119.6
150	15.4	117.7
175	12.8	116.1
200	10.9	114.7
250	8.3	112.4
300	6.7	110.5
350	5.6	108.9
400	4.7	107.5
450	4.1	106.3
500	3.6	105.2
550	3.2	104.2
600	2.9	103.3
750	2.2	100.9
1000	1.6	97.9
1500	1.0	93.7

Évaluation des surpressions d'air		
Charge de 10 kg / délai		
Dist. (m)	Supressions d'air	
	P = 3300 (D/W ^{0.33})	
	Pa	dB
25	174.2	138.8
50	75.8	131.6
75	46.6	127.3
100	33.0	124.3
125	25.2	122.0
150	20.3	120.1
175	16.9	118.5
200	14.4	117.1
250	11.0	114.8
300	8.8	112.9
350	7.3	111.3
400	6.3	109.9
450	5.4	108.7
500	4.8	107.6
550	4.3	106.6
600	3.8	105.7
750	2.9	103.3
1000	2.1	100.3
1500	1.3	96.1

Évaluation des surpressions d'air		
Charge de 15 kg / délai		
Dist. (m)	Supressions d'air	
	P = 3300 (D/W ^{0.33})	
	Pa	dB
25	204.8	140.2
50	89.2	133.0
75	54.8	128.8
100	38.8	125.8
125	29.7	123.4
150	23.9	121.5
175	19.8	119.9
200	16.9	118.5
250	12.9	116.2
300	10.4	114.3
350	8.6	112.7
400	7.4	111.3
450	6.4	110.1
500	5.6	109.0
550	5.0	108.0
600	4.5	107.1
750	3.5	104.8
1000	2.4	101.8
1500	1.5	97.5

Évaluation des surpressions d'air		
Charge de 20 kg / délai		
Dist. (m)	Supressions d'air	
	P = 3300 (D/W ^{0.33})	
	Pa	dB
25	229.8	141.2
50	100.0	134.0
75	61.5	129.8
100	43.5	126.8
125	33.3	124.4
150	26.8	122.5
175	22.2	120.9
200	19.0	119.5
250	14.5	117.2
300	11.7	115.3
350	9.7	113.7
400	8.2	112.3
450	7.2	111.1
500	6.3	110.0
550	5.6	109.0
600	5.1	108.1
750	3.9	105.8
1000	2.7	102.8
1500	1.7	98.5

Évaluation des surpressions d'air		
Charge de 25 kg / délai		
Dist. (m)	Supressions d'air	
	P = 3300 (D/W ^{0.33})	
	Pa	dB
25	251.2	142.0
50	109.4	134.8
75	67.2	130.5
100	47.6	127.5
125	36.4	125.2
150	29.3	123.3
175	24.3	121.7
200	20.7	120.3
250	15.9	118.0
300	12.7	116.1
350	10.6	114.5
400	9.0	113.1
450	7.8	111.9
500	6.9	110.8
550	6.2	109.8
600	5.5	108.9
750	4.2	106.5
1000	3.0	103.5
1500	1.8	99.3

Évaluation des surpressions d'air		
Charge de 30 kg / délai		
Dist	Supressions d'air	
	P = 3300 (D/W ^{0.33})	
	Pa	dB
25	270.3	142.6
50	117.6	135.4
75	72.3	131.2
100	51.2	128.2
125	39.2	125.8
150	31.5	123.9
175	26.2	122.3
200	22.3	120.9
250	17.1	118.6
300	13.7	116.7
350	11.4	115.1
400	9.7	113.7
450	8.4	112.5
500	7.4	111.4
550	6.6	110.4
600	6.0	109.5
750	4.6	107.2
1000	3.2	104.2
1500	2.0	99.9

Évaluation des surpressions d'air		
Charge de 40 kg / délai		
Dist	Supressions d'air	
	P = 3300 (D/W ^{0.33})	
	Pa	dB
25	303.2	143.6
50	132.0	136.4
75	81.1	132.2
100	57.4	129.2
125	44.0	126.8
150	35.3	124.9
175	29.4	123.3
200	25.0	121.9
250	19.1	119.6
300	15.4	117.7
350	12.8	116.1
400	10.9	114.7
450	9.4	113.5
500	8.3	112.4
550	7.4	111.4
600	6.7	110.5
750	5.1	108.2
1000	3.6	105.2
1500	2.2	100.9

Évaluation des surpressions d'air		
Charge de 50 kg / délai		
Dist	Supressions d'air	
	P = 3300 (D/W ^{0.33})	
	Pa	dB
25	331.5	144.4
50	144.3	137.2
75	88.7	132.9
100	62.8	129.9
125	48.1	127.6
150	38.6	125.7
175	32.1	124.1
200	27.3	122.7
250	20.9	120.4
300	16.8	118.5
350	14.0	116.9
400	11.9	115.5
450	10.3	114.3
500	9.1	113.2
550	8.1	112.2
600	7.3	111.3
750	5.6	108.9
1000	4.0	105.9
1500	2.4	101.7

Évaluation des surpressions d'air		
Charge de 75 kg / délai		
Dist	Supressions d'air	
	P = 3300 (D/W ^{0.33})	
	Pa	dB
25	389.9	145.8
50	169.7	138.6
75	104.3	134.3
100	73.9	131.3
125	56.5	129.0
150	45.4	127.1
175	37.7	125.5
200	32.2	124.1
250	24.6	121.8
300	19.8	119.9
350	16.4	118.3
400	14.0	116.9
450	12.2	115.7
500	10.7	114.6
550	9.6	113.6
600	8.6	112.7
750	6.6	110.3
1000	4.7	107.3
1500	2.9	103.1

Évaluation des surpressions d'air		
Charge de 100 kg / délai		
Dist	Supressions d'air	
	P = 3300 (D/W ^{0.33})	
	Pa	dB
25	437.4	146.8
50	190.4	139.6
75	117.0	135.3
100	82.9	132.3
125	63.4	130.0
150	50.9	128.1
175	42.3	126.5
200	36.1	125.1
250	27.6	122.8
300	22.2	120.9
350	18.4	119.3
400	15.7	117.9
450	13.6	116.7
500	12.0	115.6
550	10.7	114.6
600	9.7	113.7
750	7.4	111.3
1000	5.2	108.3
1500	3.2	104.1

Évaluation des surpressions d'air		
Charge de 125 kg / délai		
Dist	Supressions d'air	
	P = 3300 (D/W ^{0.33})	
	Pa	dB
25	478.3	147.6
50	208.2	140.3
75	128.0	136.1
100	90.6	133.1
125	69.3	130.8
150	55.7	128.9
175	46.3	127.3
200	39.4	125.9
250	30.2	123.6
300	24.2	121.7
350	20.2	120.1
400	17.2	118.7
450	14.9	117.4
500	13.1	116.3
550	11.7	115.4
600	10.6	114.4
750	8.1	112.1
1000	5.7	109.1
1500	3.5	104.9

Évaluation des surpressions d'air		
Charge de 150 kg / délai		
Dist	Supressions d'air	
	P = 3300 (D/W ^{0.33})	
	Pa	dB
25	514.4	148.2
50	223.9	141.0
75	137.7	136.8
100	97.5	133.8
125	74.6	131.4
150	59.9	129.5
175	49.8	127.9
200	42.4	126.5
250	32.5	124.2
300	26.1	122.3
350	21.7	120.7
400	18.5	119.3
450	16.0	118.1
500	14.1	117.0
550	12.6	116.0
600	11.4	115.1
750	8.7	112.8
1000	6.1	109.8
1500	3.8	105.5

Évaluation des surpressions d'air		
Charge de 200 kg / délai		
Dist	Supressions d'air	
	P = 3300 (D/W ^{0.33})	
	Pa	dB
25	577.2	149.2
50	251.2	142.0
75	154.4	137.8
100	109.4	134.8
125	83.7	132.4
150	67.2	130.5
175	55.9	128.9
200	47.6	127.5
250	36.4	125.2
300	29.3	123.3
350	24.3	121.7
400	20.7	120.3
450	18.0	119.1
500	15.9	118.0
550	14.1	117.0
600	12.7	116.1
750	9.7	113.8
1000	6.9	110.8
1500	4.2	106.5

Évaluation des surpressions d'air		
Charge de 250 kg / délai		
Dist	Supressions d'air	
	P = 3300 (D/W ^{0.33})	
	Pa	dB
25	631.1	150.0
50	274.7	142.8
75	168.9	138.5
100	119.6	135.5
125	91.5	133.2
150	73.5	131.3
175	61.1	129.7
200	52.0	128.3
250	39.8	126.0
300	32.0	124.1
350	26.6	122.5
400	22.7	121.1
450	19.7	119.9
500	17.3	118.8
550	15.5	117.8
600	13.9	116.9
750	10.7	114.5
1000	7.5	111.5
1500	4.6	107.3

Évaluation des surpressions d'air		
Charge de 300 kg / délai		
Dist	Supressions d'air	
	P = 3300 (D/W ^{0.33})	
	Pa	dB
25	678.8	150.6
50	295.5	143.4
75	181.6	139.2
100	128.6	136.2
125	98.4	133.8
150	79.1	131.9
175	65.7	130.3
200	56.0	128.9
250	42.8	126.6
300	34.4	124.7
350	28.6	123.1
400	24.4	121.7
450	21.2	120.5
500	18.6	119.4
550	16.6	118.4
600	15.0	117.5
750	11.5	115.2
1000	8.1	112.2
1500	5.0	107.9

Évaluation des surpressions d'air		
Charge de 350 kg / délai		
Dist	Supressions d'air	
	P = 3300 (D/W^{0.33})	
	Pa	dB
25	722.0	151.1
50	314.3	143.9
75	193.2	139.7
100	136.8	136.7
125	104.7	134.4
150	84.1	132.5
175	69.9	130.9
200	59.5	129.5
250	45.6	127.1
300	36.6	125.2
350	30.4	123.6
400	25.9	122.3
450	22.5	121.0
500	19.8	119.9
550	17.7	118.9
600	15.9	118.0
750	12.2	115.7
1000	8.6	112.7
1500	5.3	108.5

ANNEXE 4

Niveaux de bruit et de surpressions pour différentes sources



TABLEAU

EFFETS DES SURPRESSIONS D'AIR SUR LES HUMAINS ET LES STRUCTURES

Surpression Lbs/PO ²	Niveaux de bruit en dB	Effets ou impressions auditives	Bruits intérieurs urbains ou communautaires et sources de surpression	Effets sur les structures
3.0*	180			Dommages aux structures (plâtres)
0.95	170			Presque toutes les vitres brisent
0.30	160		Vent de 100 milles/hre***	
0.095	150			Bris de quelques vitres
0.030	140			
0.0095	130***	Insupportable, seuil de la douleur	Avion à réaction militaire au cours de l'envol, à 15 m de distance (130 dB(A))	Aucun
0.0030	120	Très inconfortable, dangereux: l'exposition à ce niveau doit être de courte durée	Envol d'un avion turbo-propulseur à pleine puissance mesuré à une distance de 60 m (118 dB(A))	Aucun
0.00095	110	Temps d'exposition limité de 30 à 120 min. par jour, inconfortable, port de dispositifs protecteurs obligatoires	Survol de différents jets à 300 m (103 dB(A)) freinage intempestif d'un camion ou d'un autobus (105 dB(A))	Aucun
0.00030	100	Risques auditifs graves pour une exposition habituelles de 8 heures par jour, port de dis- positifs protecteurs recommandés	Boeing 737 ou DC9, 1800 m avant le point d'atterrissage (97 dB(A)), motocyclette à 7.5m (90 dB(A)).	Aucun
>0.0001	90	Très bruyant, début des dommages auditifs pour une exposition de 8 heures par jour	Lave-auto à 6 m (89 dB(A)), camion diesel à 60 km/h à une distance de 15 m (84 dB(A)), grosse tondeuse à gazon à 7.5 m (85 dB(a))	Aucun
>0.0001	80	Ambiance bruyante	Niveau de bruit moyen pour un carrefour urbain très animé d'une grande métropole (78 dB(A)), automobile roulant à 100 km/h à 7.5 m (77 dB(A))	Aucun
>0.0001	70	Ambiance animée	Bruit moyen dans un quartier commercial animé (68 dB(A)). Bruit moyen en bordure d'une voie de circulation avec un débit de 1000 véhicules par heure (68 dB(A))	Aucun
>0.0001	60	Conversation à voix normale perçue à 3 m, peu bruyant	Unité d'air conditionné a 15 pieds (55 dB(A)). Gros transformateur électrique à 30 m (55 dB(A))	Aucun

* Mohrard R., Explosives and Rock Blasting, 1987, imprimé aux États-Unis par Library of Congress, p.362

** J.G. Migneron, Acoustique urbaine, Université Laval, 1980, p.12

*** Blasting damage, publié par American Insurance Association, N-Y, 1972, p.8