

**NOTE**

**DESTINATAIRE :** Monsieur Michel Ouellet  
Chef de service

**EXPÉDITEUR :** Jean Pelletier

**DATE :** Le 15 mars 2000

**OBJET :** Projet de construction du nouvel aménagement  
hydroélectrique de Grand-Mère par Hydro-Québec  
V/Réf. : 3211-12-037  
N/Réf. : SGRS-01513

---

**Expertise technique**

**1. HISTORIQUE**

La présente fait suite à la note de M. Gilles Plante de la Direction de l'évaluation environnementale des projets industriels et en milieu hydrique reçue le 10 novembre dernier concernant l'objet cité ci-dessus.

Nous avons été sollicités en raison de la gestion de déblais excédentaires (500 000 mètres cubes de roche) provenant des travaux d'excavation. Pour ce sujet, un avis technique leur a déjà été transmis le 10 décembre 1999.

Cette direction désire maintenant obtenir un avis supplémentaire sur les niveaux de bruit à respecter durant la phase de construction de la centrale ainsi qu'une expertise technique sur les travaux de dynamitage en rapport avec le bruit et les vibrations.

En ce qui concerne l'avis traitant des niveaux de bruit à respecter durant la phase de la construction (incluant les opérations de concassage et de tamisage ainsi que l'exploitation de l'usine de béton de ciment), cet avis sera signé conjointement par MM. Jean-Pierre Létourneau, Michel Mailhot et le soussigné.

## 2. OBJET DE LA DEMANDE

La Direction de l'évaluation environnementale des projets industriels et en milieu hydrique désire obtenir des réponses aux questions suivantes :

- Quels sont les critères acceptables pour l'émission de bruit durant la phase de construction de la centrale et quelles autorisations du MENV sont requises ?
- Les niveaux de vibration et de pression d'air émis lors des dynamitages dépassent-ils les critères acceptables ?
- Doit-on demander des mesures correctrices à Hydro-Québec ?

## 3. L'INFORMATION FOURNIE PAR LE DEMANDEUR

Dans le cadre de l'étude sur les répercussions environnementales, nous avons eu accès au document intitulé « Devis technique F3 » qui traite du contrôle du bruit et des vibrations.

## 4. ANALYSE DU PROBLÈME

**Quelles sont les autorisations et les contraintes environnementales applicables aux opérations de concassage et de tamisage ainsi que pour l'exploitation de l'usine de béton de ciment ?**

### Usine de concassage et de tamisage

Les opérations de concassage et de tamisage sont assujetties à un certificat d'autorisation en vertu de l'article 22 de la Loi sur la qualité de l'environnement (LQE).

En effet, l'article 55 du Règlement sur les carrières et sablières (RCS) stipule que les travaux de concassage et tamisage établis à l'extérieur d'une carrière ou d'une sablière requièrent un certificat d'autorisation. Cet article se lit comme suit :

*« Article 55. Procédés de concassage et de tamisage : Les articles 1, 2, 4, 8, 10 à 13, 17, 18, 20, 22 à 25, 28, 30, 31 et 33 s'appliquent mutatis mutandis aux procédés de concassage et de tamisage établis à l'extérieur d'une carrière ou d'une sablière. D-476-91, a.6.*

*Le présent article ne s'applique toutefois pas aux procédés de concassage et de tamisage utilisés pour une bétonnière ou une cimenterie. »*

Les normes d'implantation applicables aux articles 10 à 13, 17 et 18 sont celles afférentes à une carrière étant donné qu'il s'agit de concassage et de tamisage de matériaux consolidés.

Ainsi, une usine de concassage et de tamisage ne peut être établie dans un territoire zoné par l'autorité municipale pour des fins résidentielles, commerciales ou mixtes. Il est pareillement interdit d'établir une usine de concassage et de tamisage à moins de 600 mètres d'un tel territoire (article 10). De plus, une usine de concassage et de tamisage doit être située à une distance minimale de 600 mètres de toute habitation et de toute école ou autre institution d'enseignement, de tout temple religieux, de tout terrain de camping ou de tout établissement au sens de la Loi sur les services de santé et les services sociaux (article 11). Dès qu'une usine est implantée au-delà des normes de localisation, elle peut être exploitée sur une période de 24 heures par jour et elle n'est assujettie à aucune norme de bruit.

Des normes de bruit de 40 dBA entre 18 h et 6 h et de 45 dBA entre 6 h et 18 h doivent être respectées dès que l'on établit une usine de concassage et de tamisage à une distance inférieure aux normes de localisation prescrites aux articles 10 et 11 mentionnés plus haut. Dans le cas où un certificat d'autorisation serait émis à la suite d'une évaluation du bruit, l'exploitant doit, tout au cours de l'exploitation de celle-ci, respecter les normes de bruit établies précédemment.

#### Usine de béton de ciment

Une telle usine doit faire l'objet d'un certificat d'autorisation en vertu de l'article 22 de la LQE étant donné que de l'exercice de cette activité est susceptible de causer une émission, un dépôt, un dégagement ou un rejet de contaminants dans l'environnement ou une modification de la qualité de l'environnement.

Cette activité est visée par un règlement spécifique en ce qui a trait l'émission de particules émises dans l'atmosphère. En effet, l'article 25 du *Règlement sur la qualité de l'atmosphère* stipule ce qui suit :

*25. Concentration : Une meunerie, une distillerie, une brasserie, une fabrique de lait en poudre, une usine de mélange de fertilisants, une bétonnière, une fabrique de produits de céramique, d'argile ou de porcelaine, une usine de production ou de transformation de chlorures de*

*polyvinyle ou une usine de fabrication de produits de bois ne peut émettre des matières particulaires dans l'atmosphère en concentration supérieure à 50 milligrammes par mètre cube, aux conditions normalisées.*

*Cette norme s'applique également aux émissions provenant de tout transbordement de matériel en vrac à l'exception du bois, tout stockage en milieu fermé, tout forage autre que le forage d'un puits d'alimentation en eau, toute opération de soudure ou de travail de métaux ou de sablage en usine par jets abrasifs et à tout procédé de préparation, concentration, agglomération ou séchage de minerai ou de concentré, ainsi qu'aux opérations de manutention connexes effectuées dans une usine de préparation, de concentration, d'agglomération ou de séchage de minerais métalliques sauf au procédé de calcination de l'alumine hydratée. R.Q., 1981, c.Q-2, r.20, a.25.*

Dans le cas où une demande de certificat d'autorisation est soumise en vertu de l'article 22 mentionné plus haut, les normes de localisation et d'émission édictées au Règlement sur les usines de béton bitumineux servent de critères pour l'implantation et l'exploitation d'une telle usine.

Ainsi, une usine de béton de ciment et les lieux de chargement, de déchargement et de dépôt des agrégats utilisés pour les besoins d'une telle usine, ne peuvent être établis dans un territoire zoné par l'autorité municipale pour des fins résidentielles, commerciales ou mixtes. Il est pareillement interdit d'établir une usine de béton de ciment de même pour les lieux de chargement, de déchargement et de dépôt des agrégats utilisés pour les besoins d'une telle usine à moins de 300 mètres d'un tel territoire. De plus, une usine de béton de ciment doit être située à une distance minimale de 150 mètres de toute habitation et de toute école ou autre institution d'enseignement, de tout temple religieux, de tout terrain de camping ou de tout établissement au sens de la Loi sur les services de santé et les services sociaux. Dès qu'une usine est implantée au-delà des normes de localisation, elle peut être exploitée sur une période de 24 heures par jour et elle n'est assujettie à aucune norme de bruit.

Des normes de bruit de 40 dBA entre 18 h et 6 h et 45 dBA entre 6 h et 18 h doivent être respectées dès que l'on établit une usine de béton de ciment à une distance inférieure aux normes de localisation précitées. Dans le cas où un certificat d'autorisation serait émis à la suite d'une évaluation du bruit, l'exploitant doit, tout au cours de l'exploitation de celle-ci, respecter les normes de bruit établies précédemment.

**Quels sont les critères acceptables pour l'émission de bruit concernant les travaux (concassage, bétonnage, forage, manutention des agrégats, travaux de compaction ou de nivellement, etc.) ?**

Selon les devis présentés par Hydro-Québec, cet organisme recommande des critères de bruit selon différentes zones sensibles (voir annexe 1).

Un comité regroupant les spécialistes du bruit au MENV a été formé pour examiner les critères de bruit recommandés par Hydro-Québec. Le comité suggère ce qui suit :

- refaire la modélisation du bruit pour le scénario de construction de l'an 2000 en incluant les équipements affectés aux opérations de concassage et de tamisage ainsi que pour l'usine de béton de ciment. Les niveaux de bruit estimés, aux différentes zones sensibles, seraient les critères de bruit à respecter pour les opérations de jour débutant à 7 h et se terminant à 19 h;
- pour les travaux s'effectuant durant la soirée, débutant à 19 h et devant se terminer à 22 h, le critère de bruit à respecter devrait être le niveau équivalent d'une heure ( $Leq_{1h}$ ) de 55 dB (A);
- pour les travaux s'effectuant durant la nuit, débutant à 22 h et devant se terminer à 7 h, le critère de bruit à respecter devrait être le niveau équivalent d'une heure ( $Leq_{1h}$ ) de 45 dB (A).

---

M. Jean-Pierre Létourneau

---

M. Michel Maillot

---

M. Jean Pelletier

## **Quels sont les critères acceptables pour les vibrations ?**

### Réglementation environnementale

À notre connaissance, seul le RCS édicte des normes de vibrations associées au dynamitage dans une carrière. La Directive 019 sur les industries minières reprend également la même norme du règlement précité.

L'article 34 du RCS stipule que ce qui suit :

*« L'exploitation d'une carrière ne doit pas émettre dans l'environnement des ondes sismiques impulsives ou discontinues dont la vitesse au sol évaluée à moins de 30 mètres de toute construction ou immeuble visé à l'article 11 ou de tout puits artésien est supérieure à 4 cm/seconde. »*

Les constructions et immeubles visés à l'article 11 sont les habitations, les écoles ou autres institutions d'enseignement, les temples religieux, les terrains de camping et les établissements au sens de la Loi des services de santé et des services sociaux. Cette norme vise particulièrement à protéger les édifices et non à donner une qualité de vie acceptable à l'humain.

### Communauté scientifique

Les niveaux de vibration ainsi que les limites de vibration qui y sont associées varient selon les chercheurs (voir annexe 2). Whiffin et Léonard (1971) ont établi que la limite des vibrations à peine perceptibles correspond à une vitesse particulière de 0,15 à 0,30 mm/seconde pour un intervalle de fréquences de 5 à 50 Hertz. Reither et Meister (1931) considèrent que les vibrations sont irritantes lorsqu'elles atteignent une intensité de 2 mm/seconde. Pour les ruines et monuments historiques fragiles, la norme allemande de 1971 recommande 2,0 mm/seconde alors que Lande et Johansson ont établi la limite des plaintes et les dommages persistants à 6 mm/seconde. Nous pouvons conclure que la communauté scientifique s'entend donc pour fixer le seuil de perception entre 0,15 et 0,30 mm/seconde, et le seuil d'irritabilité à 2 mm/seconde.

## **Autres normes**

### Normes du USBM pour les vibrations

United States Bureau of Mines (USBM) a effectué beaucoup de travaux dans le domaine des dynamitages et la plupart des normes de différents pays sont basées sur les résultats des travaux du USBM.

Le USBM a raffiné la norme (voir annexe 3) en y ajoutant la notion d'amplitude des vibrations. Ainsi sous les 40 Hertz (Hz), la vitesse maximale décroît à un rythme équivalent à une amplitude constante de 2 mm jusqu'à atteindre 19 mm/seconde ou 12,7 mm/seconde selon le type de résidence.

Les normes du USBM sont :

Type de structures	Limites des vibrations maximales	
	Fréquence < 40 Hz	Fréquence > 40 Hz
Maison moderne et structures en mur sec	19 mm/seconde	50,8 mm/seconde
Vieilles maisons avec murs de plâtre	12,7 mm/seconde	50,8 mm/seconde

Cependant, les humains perçoivent et réagissent aux vibrations produites par les dynamitages à des niveaux qui sont nettement inférieurs aux seuils mentionnés plus haut. L'étude RI-8507 du USBM portant sur l'acceptabilité des gens a permis d'établir l'acceptabilité ou le refus de ceux-ci à des vibrations dans le sol en fonction de la durée de ces mêmes vibrations (voir annexe 4). On s'aperçoit que les gens peuvent accepter des vibrations qui durent 2 secondes à la condition qu'elles ne soient pas plus fortes que 4,3 mm/seconde et ils n'acceptent pas des vibrations qui dureront ½ seconde si leur force est de plus de 26 mm/seconde.

#### Normes du USBM pour les pressions d'air

Au niveau de la pression d'air, c'est-à-dire le déplacement d'air provoqué par l'explosion, les plaintes résultant de la pression d'air sont causées par l'irritation, la peur des dommages et l'effet de surprise. Normalement, des pressions d'air dépassant 120 dB produiront de tels résultats. Des expériences menées par la Cie Dupont au cours des années 1965-70 ont révélé que peu de plaintes ont été reçues quand les niveaux de bruit dû à des explosions sont sous le 115 dB (seuil de plaintes).

USBM recommande des normes qui devraient fournir des probabilités de non-dommages de 95 à 99 % avec les niveaux suivants :

134 dB	appareil avec seuil de 0.1 Hz
133 dB	appareil avec seuil de 2 Hz
129 dB	appareil avec seuil de 6 Hz
105 dB	échelle C-slow (durée de -20 secondes)

Par ailleurs, le USBM recommande également une limite volontaire de 128 dB comme précaution.

Le USBM a réalisé une étude intéressante en cherchant à établir une corrélation entre les pressions d'air et les vibrations dans le sol (RI-8507); une corrélation graphique a été établie (voir annexe 5). On constate qu'une pression d'air de 120 dB est équivalente à des vibrations dans le sol de 5 mm/seconde et à 134 dB, c'est comme soumettre la structure à des vibrations de l'ordre de 28 mm/seconde (1.1 pouce/seconde).

#### Normes de vibrations et de pressions d'air recommandées par Hydro-Québec

Hydro-Québec réfère aux normes du USBM et recommande des mesures d'atténuation pour les vibrations au sol et les pressions d'air, pour chaque dynamitage, lorsqu'on atteint les niveaux suivants :

- 70 % des niveaux maximums permis de vibration au sol;
- 15 dB de moins que le niveau maximum de pression d'air.

À titre d'exemple, un dynamitage générant des fréquences supérieures à 40 Hertz, le niveau maximum permis est 50 mm/seconde, donc 70 % du niveau maximum correspond à 35 mm/seconde (1.4 pouce/seconde). Pour les pressions d'air, si on considère 134 dB le niveau de bruit à respecter, le critère est fixé à 119 dB (134-15).

## **5. DISCUSSION SUR LES NORMES**

En considérant les normes suggérées par Hydro-Québec, l'acceptabilité des gens ou la tolérance des réactions humaines du point de vue subjectif est grandement affectée.



En effet, un bâtiment soumis à des vitesses particulières de 1 pouce par seconde (25,4 mm/seconde) est considéré en sécurité, mais du point de vue subjectif, un tel niveau est intolérable pour l'humain en examinant le graphique de Goldman qui exprime la réponse subjective du corps humain à un mouvement vibratoire (voir annexe 6).

De plus, les données recueillies, lors de l'essai nucléaire de Salmon, démontrent qu'un niveau de vibrations de 0,4 pouce par seconde (10 mm/seconde) ne peut être dépassé si l'on veut que le pourcentage des plaintes reste inférieur à 8 % (voir annexe 7).

#### **6. ACTIVITÉS NÉCESSITANT DES AUTORISATIONS DU MENV**

Des certificats d'autorisation en vertu de l'article 22 de la LQE sont requis pour l'exploitation de l'usine de concassage et de tamisage de même que pour l'usine de béton de ciment en vertu de l'article 22 de la Loi sur la qualité de l'environnement.

#### **7. DOIT-ON DEMANDER DES MESURES CORRECTRICES À HYDRO-QUÉBEC ?**

Nous croyons que des mesures d'atténuation doivent être prises pour réduire de façon significative les inconvénients associés aux bruits et vibrations.

##### Bruit

Nous recommandons de refaire la modélisation du bruit pour le scénario de construction de l'an 2000 et de fixer des critères de bruit en fonction des périodes suivantes :

- période diurne débutant à 7 h et se terminant à 19 h (niveaux de bruit estimés devraient être les critères à respecter);
- $Leq_{1h}$  55 dB (A) pour la période de soirée débutant à 19 h et se terminant à 22 h;
- $Leq_{1h}$  45 dB (A) pour la période nocturne débutant à 22 h et devant se terminer à 7 h.

## Vibrations

Les vibrations induites par le dynamitage ne devraient pas excéder 25 mm/seconde tout en respectant les normes du USBM qui décroissent considérablement en présence de basses fréquences (voir annexe 3). Une limite volontaire de 12 mm/seconde serait plus appropriée sur le plan environnemental et réduirait considérablement le niveau des plaintes. Des vibrations de l'ordre de 12 mm/seconde sont typiques aux vibrations présentes dans une maison.

Plusieurs facteurs peuvent permettre de diminuer les vibrations. La réduction de la charge par délai est le plus grand facteur pouvant affecter l'amplitude et la vitesse des vibrations. Toute diminution dans ce facteur réduit la probabilité des dommages.

Pour établir la charge par délai qui est la plus appropriée, plusieurs auteurs suggèrent de considérer le facteur  $(d/W^{1/2})$  comme étant la distance pondérée et ne devant pas moindre que certaines valeurs si on veut pas provoquer des dommages. Ces valeurs sont :

<b>Distance pondérée sécuritaire</b>	
Distance du dynamitage (mètre)	Distance pondérée minimale en (m/kg <sup>1/2</sup> )
0 à 91	22,6
91 à 1 524	24,9
plus de 1 524	29,4

Quelle charge maximale par délai doit-on utiliser si le dynamitage se situe à 200 mètres d'une résidence ?

$$\text{Distance pondérée (D.P.)} = \text{distance}/\text{charge}^{1/2}$$

$$\text{Charge} = [200/24,9]^2$$

$$\text{Charge} = 65 \text{ kg d'explosif}$$

D'autres moyens pour réduire les vibrations consistent à :

- réduire les dimensions du dynamitage en ayant des bancs plus petits ou en ayant des charges étagées;

- conserver à l'intérieur d'un délai de  $\frac{1}{2}$  seconde la durée des vibrations, on augmente les chances que le nombre de plaintes soit moins élevé;
- réduire le fardeau et l'espacement, le fardeau est la distance entre la face libre et le trou de forage chargé d'explosifs tandis que l'espacement dans une rangée de trous, c'est la distance entre les trous; réduire le sous-forage;
- réduire le diamètre des trous de forage (réduit les basses fréquences);
- s'assurer que l'on a au moins une face libre.

Finalement, nous citons deux études qui démontrent que nous pouvons réduire les vibrations par l'aménagement d'une tranchée entre l'endroit du dynamitage et les résidences (voir annexe 8) :

*« Un autre moyen de réduire les vibrations est de faire une tranchée tel que reporté par Lundborg et Liu. Ils ont trouvé une réduction de 25 % de l'amplitude des vibrations par une tranchée autour de la source des vibrations. Cette tranchée avait la profondeur d'au moins  $0,6L$  où  $L$  est la longueur d'onde des vibrations.*

*Brogan et Murrell ont regardé l'effet d'une tranchée et celui d'une rangée de trous sur la propagation des vibrations. Pour l'expérience, ils ont creusé une tranchée de 178 mm de largeur, 91 cm de profondeur et 3,66 m de longueur. Des accéléromètres furent placés sur une ligne perpendiculaire à la charge à des endroits correspondant à différentes valeurs de la distance pondérée (figure 3). Un autre essai comportant une série de trous de 152 mm de diamètre, 91 cm de profondeur et espacés de 152 mm fut réalisé.*

*Des accéléromètres ont été installés à différentes distances de la charge et surveillés à partir d'une station d'analyse à 43 mètres de la charge. Les résultats ont montré que l'efficacité d'une tranchée pour atténuer les vibrations est réelle. Les vibrations radiales ont été réduites par un facteur de 6 et les autres vibrations à un moindre degré.*

*La rangée de trous agissant comme une discontinuité produit peu ou pas de changement jusqu'à ce que l'espacement soit réduit à 76 mm. A cette distance, le facteur de réduction est de 2 pour le mouvement radial, ce qui est 3 fois moindre comme effet qu'une tranchée. Il faut noter que l'espacement de 76 mm pour des trous de 152 mm est équivalent à un rapport vide de 67 %. L'espacement de 152 mm donne 50 % de vide et la tranchée, 100 %.* »

### Pression d'air

Si le critère de 119 db pour les pressions d'air est respecté en tout temps, le niveau des plaintes sera relativement très bas. Cependant, il y a beaucoup de moyens que l'on peut utiliser pour diminuer la pression d'air provoquée par un dynamitage. En général, la plupart des méthodes servant à diminuer les vibrations dans le sol diminueront aussi la pression d'air.

D'autres moyens très simples permettent de réduire les inconvénients de la pression d'air, il s'agit de mettre en place les mesures suivantes :

- utiliser de la pierre concassée de 12 mm de diamètre propre comme matériel de bourrage;
- dans le cas de l'utilisation de pierre nette, maintenir la hauteur du collet pour qu'elle soit toujours égale à 0,70 fois le fardeau;
- s'assurer que le temps (durée) entre les détonations est plus court que la vitesse du son dans l'air (335 m/seconde);
- recouvrir les trous de forage de plus ou moins 1 mètre de sable pour éliminer la possibilité de canonnage d'un trou.

Cette méthode de travail permettra d'assurer un dynamitage sécuritaire tout en empêchant des éclats de volée de roc et le recouvrement de sable sur les trous de forage réduira en même temps la pression d'air d'au moins de 20 dB.

Il existe d'autres façons relativement simples de réduire la pression d'air, il s'agit :

- d'orienter les dynamitages de façon à ce que les maisons soient situées vers les côtés du dynamitage au lieu de devant ou derrière (voir annexe 9);
- d'éviter de dynamiter dans des conditions atmosphériques défavorables telles que le temps brumeux et sans vent, les vents forts portant vers les résidences ou lorsque la température baisse le jour en surface du sol.

Selon une étude de Wiss, Janney, Elster and Associates de l'état de l'Illinois, portant sur l'effet du vent sur la propagation de la pression d'air, si on est à une distance  $D$  d'un dynamitage et qu'il n'y a pas de vent, la pression d'air mesurée à une distance de  $2 D$  sera 8 dB plus faible qu'à  $D$ . Si le vent souffle du dynamitage vers l'enregistreur, la diminution ne sera plus que de 1 dB au lieu de 8 dB pour chaque tranche de la vitesse du vent de 8 km/heure. Inversement,

si le vent souffle de l'enregistreur vers le dynamitage, pour chaque tranche de 8 km/heure, l'atténuation sera de 1 dB (voir annexe 10).

De plus, un programme de relations publiques devrait être instauré pour expliquer à la population ce qui se passe lors d'un dynamitage et comment se comparent les dynamitages versus les normes de bien être et de sécurité. De plus, il y aurait lieu d'établir un horaire de dynamitage de façon à ne dynamiter que le jour et pendant les heures les moins dérangeantes qui sont entre 10 h et 11 h 30 et de 15 h à 16 h 30.

JP/jp