

# Dynamitages en carrière à 57 m des résidences sans pare-éclats

## Sommaire du projet

### MANDAT

DynoConsult a été approché pour évaluer, concevoir et exécuter l'excavation d'un volume de roc de  $\pm 230\,000$  tonnes jusqu'à la limite d'extraction de la carrière qui se situe à une distance de 40 à 57 m des bâtiments avoisinants. Les contraintes du projet incluaient en autre :

- Respect des exigences environnementales
- Aucune tolérance pour les projections
- Éviter l'usage des pare-éclats
- Compléter le marinage avant la fin de la saison 2018
- Fournir une fragmentation uniforme et similaire à la production courante
- Minimiser la quantité des roches surdimensionnées.



## Contexte

### LOCALISATION ET CARACTÉRISTIQUES DE LA CARRIÈRE

La carrière de St-François appartenant à Demix Agrégats, une société de CRH, se situe du côté Est de la ville de Laval. Cette carrière exploite le calcaire à partir de 3 différents niveaux pour la fabrication d'agrégat de différente dimension et application. Sa production annuelle pour l'année 2018 s'élevait à environ 1 million de tonnes de roc.



## Objectifs du projet

### INGÉNIERIE DE CONCEPTION

Étant donnée la complexité du projet d'excavation d'un grand volume de roc à proximité des bâtiments avoisinants, avec contraintes sévères quant à la tolérance de projection et vibration, les services de DynoConsult ont été retenus pour analyser la faisabilité du projet et pour procéder à la conception et exécution des sautages.

## Technologie appliquée

### CONCEPTION DES SAUTGES

La zone d'excavation de roc sous étude était localisée dans la section Nord-Ouest de la carrière. Cet endroit utilisé principalement pour les piles de réserve n'a pas été exploité depuis des années ce qui s'est traduit par un nombre limité de données quant aux détails des conceptions précédentes.

DynoConsult a pris la charge pour déterminer les meilleures méthodes et techniques d'excavation de roc par forage-sautage tout en respectant les exigences de projet. La première étape était de coordonner les travaux préparatoires. Principalement, il fallait dégager les faces libres ainsi que la surface du banc pour bien évaluer le site en place. Une inspection visuelle de l'état des résidences et bâtiments commerciaux a également eu lieu afin de documenter la condition des structures avant le début des dynamitages. Une fois que la zone des travaux a été bien définie, un plan d'évacuation de la zone de dynamitage et les procédures de sécurité ont été mises en place.

**Disclaimer** This case study is provided for informational purposes only. No representation or warranty is made or intended by DYNO NOBEL INC. / DYNO NOBEL ASIA PACIFIC PTY LIMITED or its affiliates as to the applicability of any procedures to any particular situation or circumstance or as to the completeness or accuracy of any information contained herein. User assumes sole responsibility for all results and consequences.

# Dynamitages en carrière à 57 m des résidences sans pare-éclats

Afin d'assurer la sécurité des personnes dans le rayon immédiat des travaux, il a été déterminé que l'évacuation complète des bâtiments dans un périmètre minimal de 150 m soit effectuée. En plus, les travaux de production devaient être suspendus à la carrière St-François durant la programmation et initiation des sautages dans un rayon de 350 m. La procédure de sécurité mentionnait également l'usage des gardiens pour la fermeture temporaire de Mtée Masson qui longe la carrière du côté Nord.

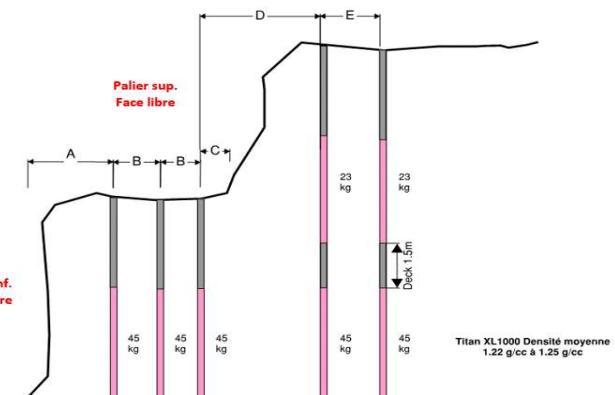
L'ingénierie de conception des sautages s'est ensuite penchée sur le volet des paramètres de sautage. Pour assurer le respect des contraintes du projet (pas de projection ni usage de pare-éclats, respect des exigences environnementales et performance des sautages) il a été déterminé que le volume total de roc ne pouvait pas être excavé à l'aide d'un seul sautage. Le dynamitage d'une superficie de 8 000 m<sup>2</sup> ou d'un volume de  $\pm 230$  000 tonnes devait être subdivisé en au moins 3 parties.

Une fois que les faces libres et le banc ont été convenablement dégagés, un relevé tridimensionnel des surfaces rocheuses a été complété. Ce relevé a permis d'implanter le patron de forage adéquat et sécuritaire tout en minimisant le risque de projection de pierre, l'exposition des travailleurs aux chutes et offrant un accès adéquat aux équipements de forage et de chargement.

L'implantation du patron de forage a été effectuée à l'aide d'un GPS très précis pour prioriser la distribution équitable de l'énergie fournie par les explosifs. Comme vérification additionnelle, un relevé de déviation des trous a été complété pour minimiser toute projection de roche à partir de la face libre.

Le choix de produits explosifs et accessoires a été laissé à DynoConsult. Afin de maximiser la performance des sautages, 2 types de produit explosif ont été choisis : émulsion gazéifiée de haute viscosité Titan XL1000 pour la charge de montée (élimine la migration du produit dans les fissures et réduit les fumées de NO) et un produit empaqueté Blastgel de 76, 83 et 95 mm pour les ajustements de la zone de collet. Vue la proximité des bâtiments, des charges étagées ont été utilisées afin de fournir une fragmentation adéquate tout en maintenant un contrôle des charges par délai pour éviter des dépassemens des ondes sismiques par rapport aux exigences établies pour le projet. En raison des multiples charges étagées et d'un grand volume que représentait chaque sautage, il a été déterminé que l'utilisation des détonateurs électroniques DigiShot Plus (utilisés principalement dans les grandes mines) et des amorces Trojan SR résistantes aux chocs était nécessaire.

Le chargement des sautages, l'attachage des détonateurs, l'évacuation de la zone de dynamitage ainsi que l'initiation des sautages a été faite sous stricte surveillance de l'ingénieur de terrain qui a préparé toute la conception des sautages.



Une des contraintes les plus critiques du mandat était le contrôle de projections de pierre. Plusieurs vérifications et analyses ont été effectuées afin d'assurer la sécurité des lieux. Il a été convenu avec le client que la conception de la zone de collet des trous de mine allait être très conservatrice et surévaluée afin de prévenir tout mouvement hors contrôle. Une excavatrice munie d'un marteau hydraulique a été prévue afin de réduire toute roche surdimensionnée, si requis.

## Conception du 1<sup>er</sup> sautage

**9 MAI 2018**

Tous les paramètres des sautages sont résumés dans le tableau présenté plus bas.

Étant donné le manque des détails des conceptions antérieures, les paramètres des sautages ont été déterminés à l'aide des formules empiriques utilisées par Dyno Nobel. Selon la hauteur des bancs existants (7 et 12 m) et le diamètre de forage habituellement utilisé à la carrière St-François (89 à 114 mm), un patron de 2.9 x 2.9 m a été établi pour le 1<sup>er</sup> sautage. Une émulsion de densité variable a été utilisée comme charge principale. Comme mentionné précédemment, un collet conservateur a été établi à 3.0 m pour le banc de 7 m et à 3.3 m pour le banc supérieur de 12 m. Une technique de «closed spacing» pour la première rangée a été utilisée pour éloigner les charges de la face libre et offrir une zone de travail plus sécuritaire pour les équipes de chargement et d'initiation. Le volume du 1<sup>er</sup> sautage était de  $\pm 75$  000 tonnes, pour 342 trous et 1134 détonateurs. La séquence d'initiation était complexe à préparer, cependant, aucun délai n'a été appliqué entre les charges étagées.

Le 1<sup>er</sup> sautage a généré une vibration conforme de 34 mm/sec à une distance de 80 m, tout en respectant le règlement sur les carrières et sablières en vigueur (version 1977).

**Disclaimer** This case study is provided for informational purposes only. No representation or warranty is made or intended by DYNO NOBEL INC. / DYNO NOBEL ASIA PACIFIC PTY LIMITED or its affiliates as to the applicability of any procedures to any particular situation or circumstance or as to the completeness or accuracy of any information contained herein. User assumes sole responsibility for all results and consequences.

# Dynamitages en carrière à 57 m des résidences sans pare-éclats



## Conception du 2<sup>e</sup> sautage

### 6 SEPTEMBRE 2018

Suite à la post-analyse du 1<sup>er</sup> sautage, mais surtout basé sur les résultats sismiques, des changements à la conception étaient nécessaires afin de se conformer aux exigences sismiques du projet. Le 2<sup>e</sup> sautage était localisé à environ 20 m plus proche des structures avoisinantes. Ceci a nécessité la réduction du diamètre de forage de 102 à 89 mm, ainsi qu'une réduction du patron de forage à 2.4 x 2.4 m. Étant donné que le diamètre a été réduit, les charges étagées ont été également ajustées; 33, 28 et 25 kg vs 45 et 67 kg par délai. Une mesure supplémentaire de sécurité a été mise en place pour minimiser l'impact de vibrations émises vers les bâtiments : forage d'une ligne de forage aligné de diamètre de 114 mm à 300 mm c/c. Les autres paramètres tel que le sous-forage et le collet sont demeurés les mêmes.

Le volume du 2<sup>e</sup> sautage était de  $\pm 91\ 000$  tonnes, pour 558 trous et 1794 détonateurs. La séquence d'initiation était encore plus complexe à préparer, car un délai de 10 ms a été ajouté entre les charges étagées. Les délais entre les rangées étaient évolutifs et grandissants pour minimiser le confinement, prioriser le mouvement du déblai et assurer une seule charge par délai.

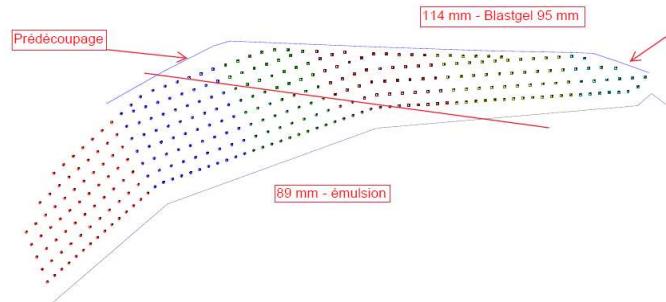
Le 2<sup>e</sup> sautage a généré une vibration conforme de 39 mm/sec à une distance de 59 m.

## Conception du 3<sup>e</sup> sautage

### 14 NOVEMBRE 2018

Avec les données recueillies des 2 sautages précédents, il était temps de faire la conception du sautage le plus critique, celui à 57 m des résidences. La fragmentation de la partie supérieure du banc répondait aux exigences du mandat alors aucun changement n'a été fait à ce niveau. Selon les résultats sismiques enregistrés, il était clair que les charges doivent être à nouveaux réduites.

Le dernier sautage a été séparé en 2 zones : forage de 89 mm avec 2 charges étagées, chargé à l'émulsion et forage de 114 mm avec 3 charges étagées, chargé avec un produit empaqueté pour bien contrôler les charges par délai.



Le volume du 3<sup>e</sup> sautage était de  $\pm 61\ 000$  tonnes, pour 329 trous et 1586 détonateurs. La préparation de la séquence d'initiation était extrêmement difficile en raison de nombreuses charges étagées. Comme précédemment, un délai de 10 ms a été gardé entre les charges étagées. Les délais entre les rangées étaient évolutifs pour minimiser le confinement, prioriser le mouvement et assurer une seule charge par délai.

Le sautage a généré une vibration de 41 mm/sec à une distance de 40 m (la résidence la plus proche se situait à 57 m du sautage).

**Disclaimer** This case study is provided for informational purposes only. No representation or warranty is made or intended by DYNO NOBEL INC. / DYNO NOBEL ASIA PACIFIC PTY LIMITED or its affiliates as to the applicability of any procedures to any particular situation or circumstance or as to the completeness or accuracy of any information contained herein. User assumes sole responsibility for all results and consequences.

# Dynamitages en carrière à 57 m des résidences sans pare-éclats



## Résumé des sautages

Sautage	09-mai-18		06-sept-18		14-nov-18	
Diamètre de forage (mm)	102	102	89	89	89	114
Hauteur du banc (m)	12	7	12	7	12	12
Patron de forage (m)	2.9 x 2.9	2.74 x 2.74	2.4 x 2.4	2.4 x 2.4	2.4 x 2.4	2.4 x 2.4
Produit explosif principal	Titan XL1000	Titan XL1000	Titan XL1000	Titan XL1000	Titan XL1000	Blastgel 95 mm
Charge de montée	45 kg à 1.22 g/cc 22 kg à 1.25 g/cc	45 kg à 1.25 g/cc 25 kg à 1.25 g/cc	28 kg à 1.16 g/cc 25 kg à 1.18 g/cc	33 kg à 1.18 g/cc 25 kg à 1.18 g/cc	3x 18 kg à 1.22 g/cc	
Hauteur du deck (m)	1.5	-	1.3	-	1.3	1.0
Ajustement du fardeau insuffisant	Blastgel 76 ou 83 mm (1.22 g/cc)	Blastgel 76 ou 83 mm (1.22 g/cc)	Blastgel 76 mm (1.22 g/cc)	N/A	Blastgel 76 mm (1.22 g/cc)	N/A
Collet (m)	3.3	3	3.3	3	3	3
Sous-forage (m)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Volume (tonnes)	±75 000		±91 000		±81 000	
Taux de chargement (kg/m <sup>3</sup> )	0.67		0.75		0.73	

## Résultats finaux

### FRAGMENTATION

Le marinage des déblais s'est déroulé selon les procédures normales et selon les délais habituels. La fragmentation répondait aux exigences de la carrière. Quant à la quantité des roches surdimensionnées, ce chiffre n'a pas été précisément évalué, cependant on peut estimer qu'il était inférieur à 2% du volume dynamité. Toutes les roches surdimensionnées des 3 sautages ont été mises de côté pour être soit réduites avec les autres volumes hors spécification déjà accumulés, soit vendus comme pierres de paysagement/enrochemen ou utilisées comme bordage des chemins de la carrière.

### SÉCURITÉ DE LA ZONE DE DYNAMITAGE

Tel que prévu au début du projet, tous les occupant dans le rayon immédiat des sautages ont été évacués avant chaque initiation. Demix Agrégats a offert aux résidents évacués de pouvoir visionner les sautages en coordonnant un transport sur le terrain de la carrière en plus d'offrir un diner gratuit. Les

chemins ont été barrés et le trafic véhiculaire a été temporairement suspendu. Les activités quotidiennes de la carrière ont pu continuer dans le périmètre de sécurité établi. De plus, les sautages ont été initiés lors de la pause de diner pour minimiser l'impact des évacuations sur les opérations.

### PROJECTIONS

Comme indiqué précédemment, la contrainte la plus critique du mandat était le contrôle de projections de pierre. Pour s'assurer qu'aucune roche n'atteigne la zone de sécurité des sautages, la longueur des collets a été surévaluée. Pour confirmer qu'aucune roche hors contrôle n'a atteint les structures avoisinantes, des caméras ont été placés à l'arrière des sautages et une vérification des propriétés a été fait suite aux sautages. Après vérification, il a été confirmé qu'aucune roche n'a quitté la zone de dynamitage prévue.

### INGÉNIERIE DE CONCEPTION

Ce projet a nécessité une grande période de planification et de préparation pour bien exécuter les travaux. Nombreuses visites du site ont été effectuées afin de s'assurer que tous les détails et particularités du site ont été notés et revues avant le début du chargement. Des calculs ont été effectués, vérifiés et contre-vérifiés pour éliminer tout risque de résultats non-désirables. À part la conception des paramètres des sautages, notamment le diamètre et patrons de forage ainsi que les charges par délai, une grande partie du temps a été consacrée à la préparation de la séquence des tirs. Vu que les sautages avaient 329, 558 et 342 trous chacun et incluaient de 567 à 972 charges séparés, la tâche était monumentale pour s'assurer qu'une seule charge par délai est initiée. Ce travail était nécessaire afin de limiter le niveau sismique généré par les sautages au niveau des sismographes et les bâtiments avoisinants.

### Remerciements

Nous voudrions remercier la direction de Demix Agrégats, spécialement Serge Roberge et Maxime Tremblay pour avoir fait confiance à DynoConsult pour ce projet complexe, ainsi qu'à toute l'équipe de forage et dynamitage de la carrière St-François à Laval.

Finalement, un grand merci à l'équipe de DynoConsult : Paul P. Kuznik, ing. et Daniel Gros-Jean, ing. ainsi que les boutefeux de Dyno Nobel: Guy Latour et Stéphane Pelletier et toute l'équipe des opérations et commandes de Dyno Nobel incluant Vincent Deshaies.

Tous ces personnes ont contribué grandement au succès de ce projet hors de commun.

**Disclaimer** This case study is provided for informational purposes only. No representation or warranty is made or intended by DYNO NOBEL INC. / DYNO NOBEL ASIA PACIFIC PTY LIMITED or its affiliates as to the applicability of any procedures to any particular situation or circumstance or as to the completeness or accuracy of any information contained herein. User assumes sole responsibility for all results and consequences.