

# Évaluation de l'impact du dynamitage avec initiation électronique sur les opérations d'une carrière

## 1<sup>ère</sup> Partie – Le dynamitage



Ressources naturelles  
Canada

Natural Resources  
Canada

Canada

### 28<sup>e</sup> Session d'étude sur les techniques de sautage

Université Laval

3 Novembre 2005

DYNO  
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance



### PARTENAIRES DU PROJET

- Municipal Contracting Limited- Rocky Lake Quarry Municipal Group of Companies
- Dyno Nobel Canada Inc. (Blasting services) DYNO Nobel Canada Inc.
- DynoConsult (Project management) DynoConsult
- CANMET (Ground Control, Mineralogy and Metallurgic processing) Ressources naturelles Canada Natural Resources Canada

2

DYNO  
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance



## OBJECTIFS DU PROJET

- Démontrer la valeur ajoutée associée à l'utilisation des détonateurs électroniques.
- Évaluer l'impact de la précision des détonateurs sur le processus de bris du roc en terme d'économie d'énergie.
- Identifier et valider une méthodologie afin d'évaluer l'efficacité du processus, incluant une qualité d'évaluation de la fragmentation en utilisant une mesure numérique, soit le Reflex et le Momentum de Wipware.
- Évaluer le potentiel de développement du modèle basé sur un processus d'optimisation de la méthodologie intégrant le dynamitage et le concassage.

3



## OBJECTIFS DU PROJET

- **Démontrer au cours d'une saison d'opération que l'utilisation de détonateurs électroniques peut mener à:**
  - La réduction du niveau de nuisance environnementale par un meilleur contrôle de la surpression d'air.
  - Une plus grande flexibilité sur les designs de dynamitage et sur la séquence de tir, menant à des dynamitages plus volumineux et ainsi réduire le nombre de dynamitages dans une saison.
  - Une augmentation du tonnage à l'alimentation du concasseur primaire.
  - Une augmentation de l'efficacité du travail de l'excavatrice au niveau du pied du dynamitage.

4

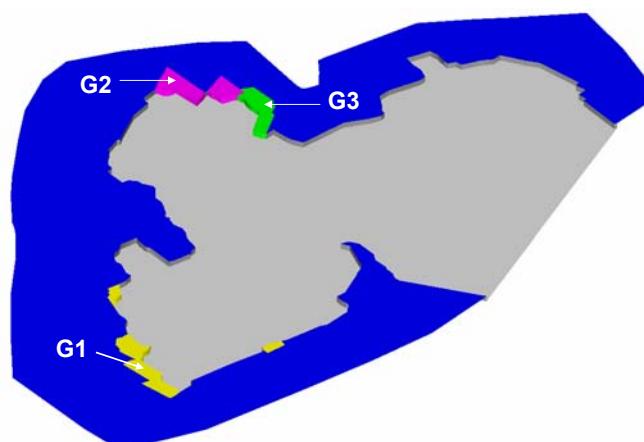


## MÉTHODOLOGIE

- La production de la carrière est planifiée et distribuée sur trois géologie différentes nommées G1, G2 et G3, pour lesquelles les résultats des dynamitages conventionnels et électroniques sont comparés.
- Deux tirs de chaque secteur géologique sont effectués avec chacun des systèmes d'initiation.
- Détermination d'une solution optimisée de la séquence de tir qui pourrait être applicable à toutes les zones si possible, ou à une zone individuelle.
- Une fois la solution définie, valider et tester la séquence optimale de tir, avec les détonateurs Hotshot® et les détonateurs hybrides Digidet®.



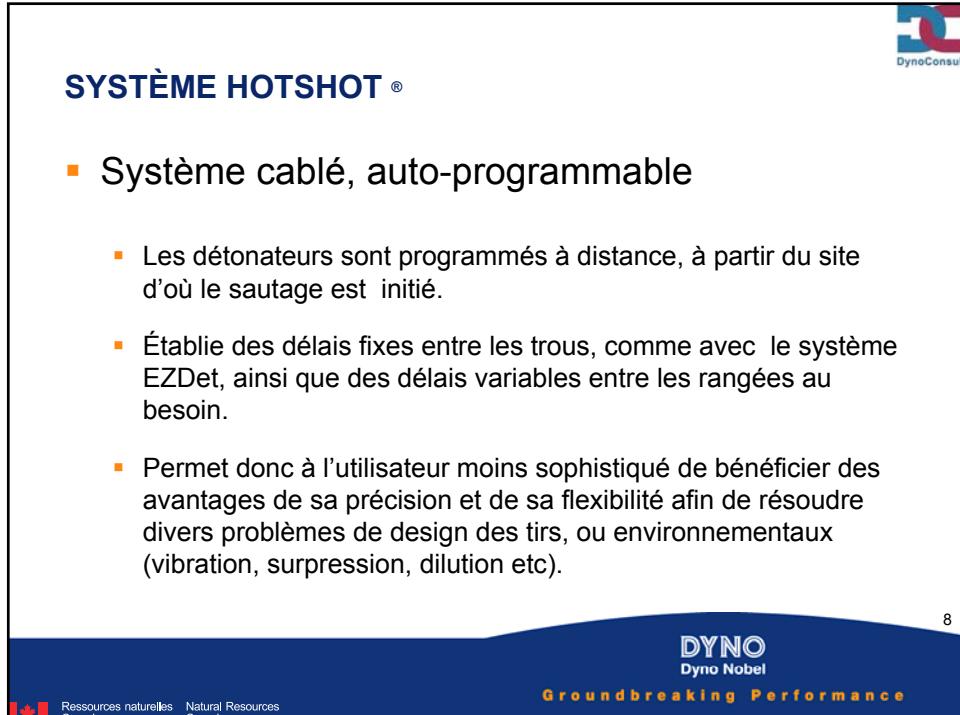
## REPRÉSENTATION DES ZONES GÉOLOGIQUES



## MÉTHODOLOGIE - DYNAMITAGE

- **Comparaison entre Hotshot® et Nonel® conventionnel pour chacune des géologies:**
  - Aspects:
    - Temps de mise à feu
    - Vibrations et surpression d'air
    - La pile et le déblaiement
    - Mesure de la fragmentation
    - La productivité

7



8

## SYSTÈME HOTSHOT

TAGGER



- **Test, identifie, diagnostique les anomalies**

- **Design:**

- Délai entre les charges étagées,
- Délai entre les trous
- Délais entre les rangées
- V-Cut, Échelon
- Visionnement du schéma de raccordement à l'écran

9

**DYNO**  
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

## TEMPS DE MISE À FEU

- **Conventionnel:**

- Délais de 25ms entre les trous et de 184ms entre les rangées

- **Hotshot:**

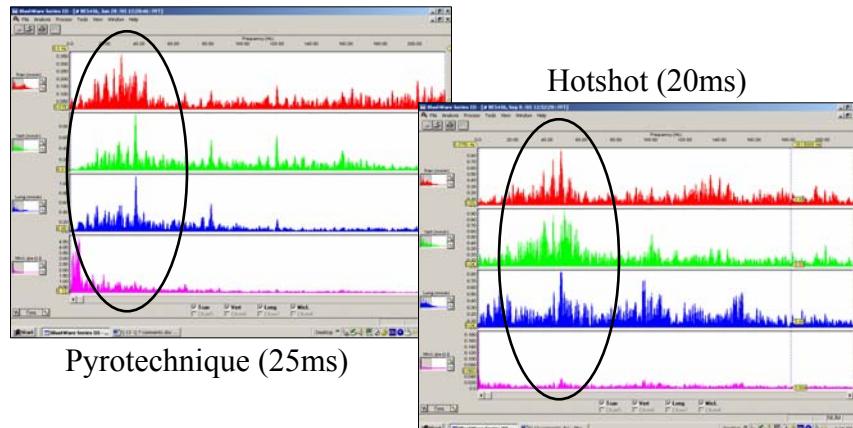
- Délais de 25ms entre les trous d'une même rangée
- Délais de 20ms entre les trous d'une même rangée
- Délais de 17ms entre les trous d'une même rangée
- Délais de 184ms entre les rangées

10

**DYNO**  
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

## VIBRATIONS ET SURPRESSION D'AIR



11

**DYNO**  
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

## OBSERVATIONS

- **Transfert des basses fréquences vers les hautes fréquences de façon à éliminer les sources d'énergie nuisibles.**
- **Réduction de la surpression d'air mesurée dans les secteurs avoisinants. En ce sens, les plaintes des résidents ont presque totalement été éliminées.**
- **Meilleur interaction entre les trous permettant un meilleur mécanisme de bris du roc.**

12

**DYNO**  
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

## LA PILE ET LE BÉBLAITEMENT

### ▪ Observations



- Différence dans l'angle de la face
- Fragmentation uniforme
- Plan de pelletage aéré
- Facile à déblayer
- Moins de pertes de temps pour les pelles
- Moins de temps d'attente pour les camions de production

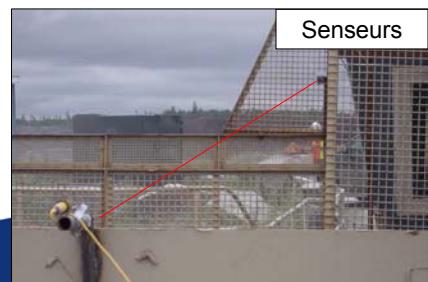
13

**DYNO**  
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

## LA MESURE DE LA FRAGMENTATION

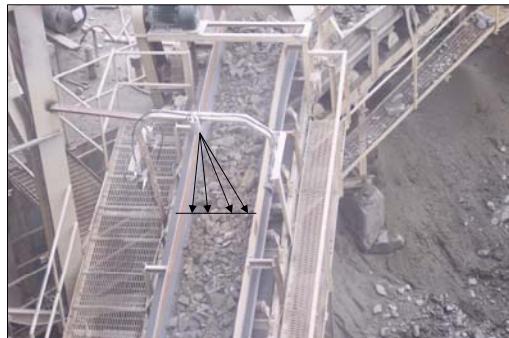
### ▪ Système Reflex



14

## LA MESURE DE LA FRAGMENTATION

### ▪ Système Momentum



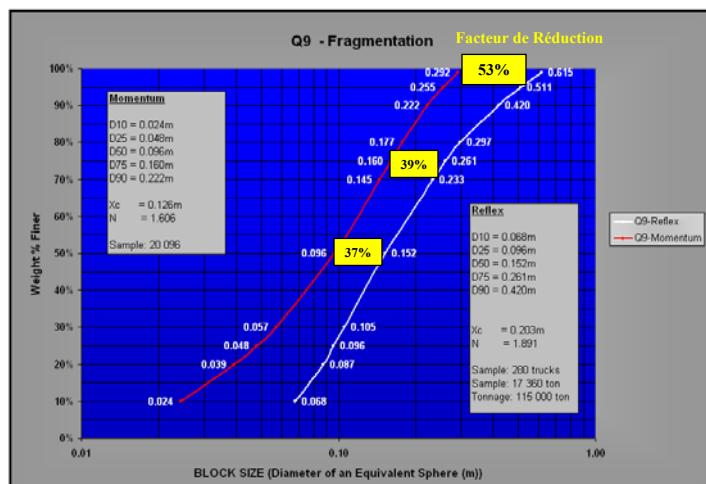
- Une image par seconde
- Enregistre seulement lorsqu'il y a du matériel sur le convoyeur
- Enregistre durant le jour seulement

15

**DYNO**  
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

## RÉSULTATS DE LA FRAGMENTATION PAR DYNAMITAGE

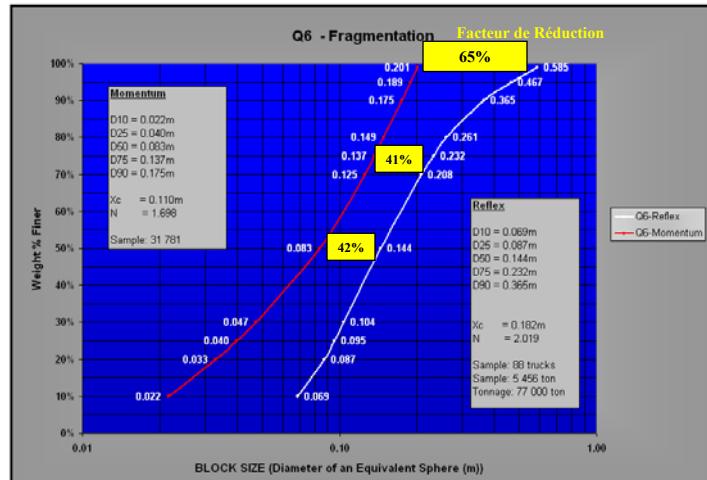


16

**DYNO**  
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

## RÉSULTATS DE LA FRAGMENTATION PAR DYNAMITAGE

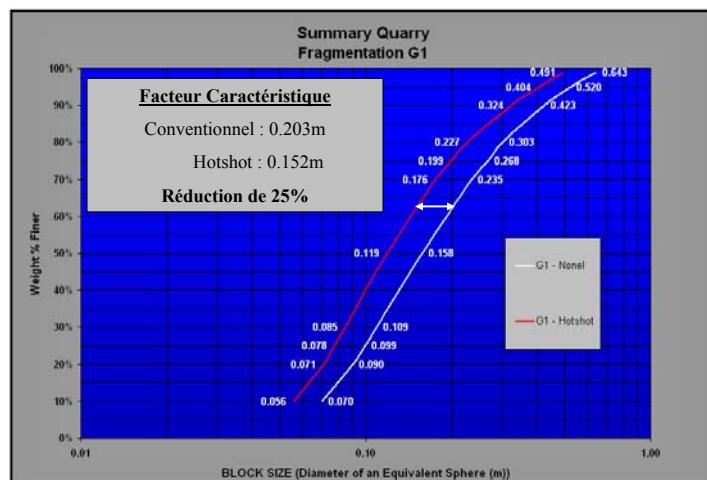


17

**DYNO**  
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

## RÉSULTATS DE LA FRAGMENTATION PAR ZONE

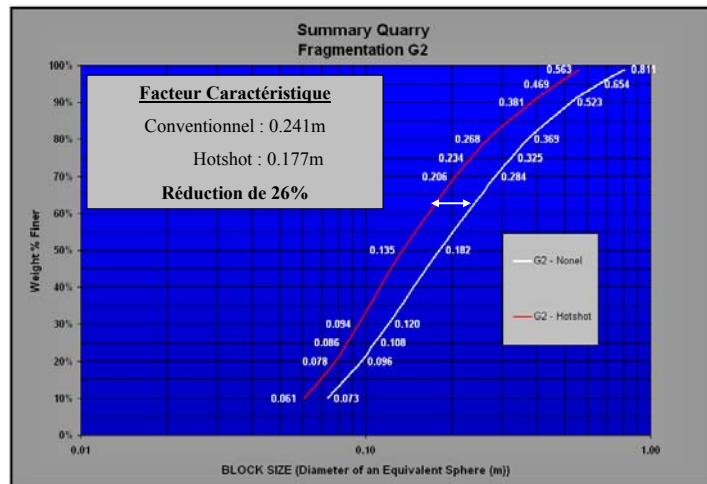


18

**DYNO**  
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

## RÉSULTATS DE LA FRAGMENTATION PAR ZONE

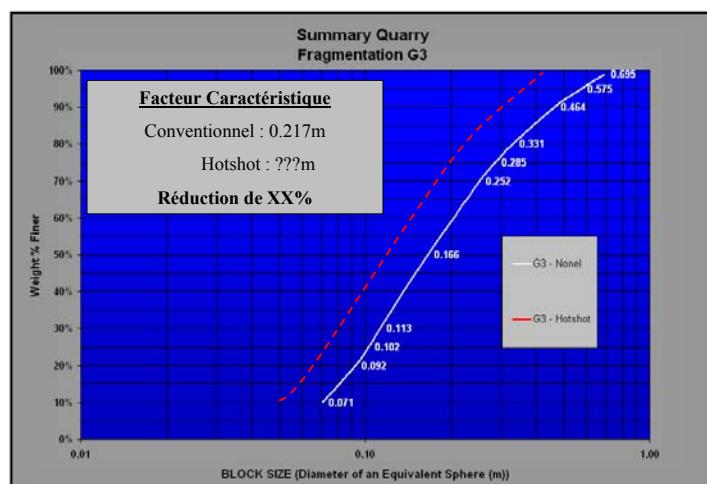


19

**DYNO**  
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

## RÉSULTATS DE LA FRAGMENTATION PAR ZONE

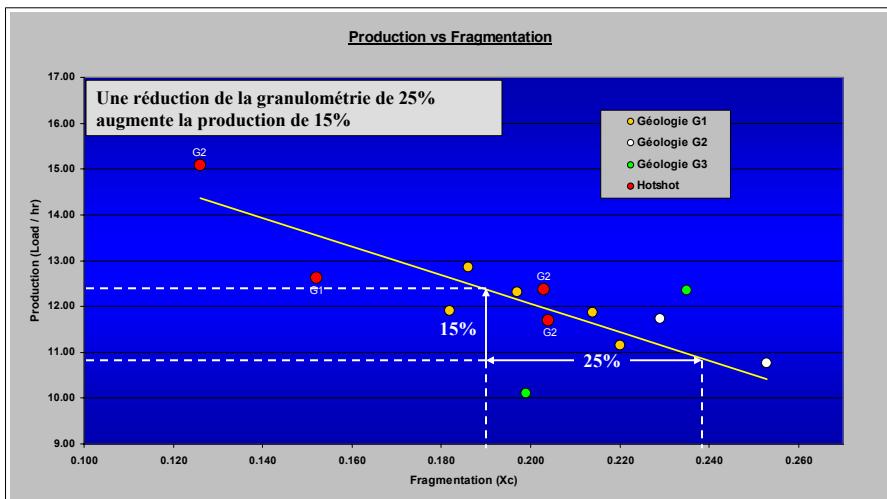


20

**DYNO**  
Dyno Nobel

Groundbreaking Performance

## PRODUCTIVITÉ



21

## À VENIR...

- Compléter le processus d'Autorisation d'utilisation des produits Hotshot au Canada afin de le rendre disponible à tous.
- Exécution de 2 dynamitages électronique avec utilisation du système hybride Digidet® afin de valider sa capacité à reproduire les mêmes gains.
- Comptabilisation et analyse des dernières données afin de les intégrer au programme d'étude de CANMET et définir les gains énergétiques pour une opération de carrière.
- Entrevoir, prédire ceux qui seraient applicables pour une opération minière d'envergure, dans le cadre du programme de Changement Climatique (CCTII).

22



## *28<sup>e</sup> Session d'étude sur les techniques de sautage*

# *Évaluation de l'impact du dynamitage avec initiation électronique sur les opérations d'une carrière (2<sup>ième</sup> partie – le circuit de concassage)*

Programmes de Minéralogie, Procédés Métallurgiques et Contrôle de Terrain  
Laboratoires des Mines et des Sciences Minérales (CANMET, MTB, MMS), NRCan  
Novembre , 2005



Natural Resources  
Canada

Ressources naturelles  
Canada



## *Plan de la Présentation (2<sup>ième</sup> partie)*

- Introduction
- Problématique d'une optimisation intégrée des procédés de dynamitage, concassage et broyage
- Objectifs de la phase I
- Méthodologie
- Résultats préliminaires
- Conclusions



Natural Resources  
Canada

Ressources naturelles  
Canada





## ***Membres de l'équipe:***

D. Roy, R. Beaudoin, G. Caron (Dyno Consult)

M. Bilodeau, M. Boisclair, A. Orumwense, T. Negeri (Minéralurgie)

J. M. Fecteau, D. Labrie, B. Conlon, T. Anderson (Contrôle de terrain)

R. Lastra, G. Poirier (Minéralogie)

R. Bouchard (Laboratoire de la technologie des métaux)

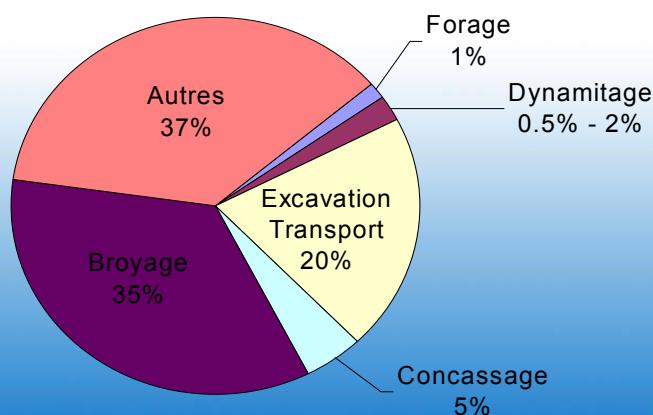


Natural Resources  
Canada

Ressources naturelles  
Canada



## ***Consommation d'énergie dans une mine à ciel ouvert (MAC)***



Natural Resources  
Canada

Ressources naturelles  
Canada





## ***Introduction***

- Broyage consomme 83% de l'énergie de comminution
  - Fragments fins sont moins fissurés
  - Énergie utile à la fragmentation - 1%
- Stratégie – Redistribution de l'effort de comminution
  - Augmenter la fragmentation au dynamitage
  - Optimiser l'impact dans les circuit de concassage et de broyage
    - ❖ Macro et une microfissuration plus importantes
    - ❖ Distribution granulométrique plus fine et plus homogène
- Travaux de la phase 1
  - Mesurer et comprendre l'impact des détonateurs électroniques
    - ❖ Circuit de concassage d'une carrière
    - ❖ Circuit de broyage simulé en laboratoire



Natural Resources  
Canada

Ressources naturelles  
Canada



## ***Problématique***

- Capteurs industriels
  - Coûteux ( \$40k-\$70k , granulomètre optique)
  - Non disponible (Dureté, résistance à la fragmentation)
  - Calibrage déficient (Débitmètres – Précision de 5% à 20%)
- Échantillonnage coûteux et souvent peu représentatif
- Contraintes de production nuisent aux études comparatives en usine
- Essais de caractérisation
  - ✓ Peu représentatifs de la dynamique du procédé (30%)
  - ✓ Coûteux



Natural Resources  
Canada

Ressources naturelles  
Canada





## *Objectifs*

- Mesurer et mieux comprendre l'impact des détonateurs électroniques sur un circuit de comminution complet (broyage)
- Proposer et valider une méthodologie simplifiée et améliorée pour une évaluation et une optimisation intégrée des procédés de dynamitage, concassage et broyage
- Évaluer l'impact potentiel de cette technologie sur les réductions de gaz à effet de serre à la grandeur du pays dans le cadre du Plan d'action 2000 du gouvernement du Canada sur les changements climatiques



Natural Resources  
Canada

Ressources naturelles  
Canada



## *Méthodologie: Caractérisation du matériel*

- Validation de la qualité des échantillons (basée sur les granulométries)
- Évaluation de la résistance des blocs à la fracturation en fonction de:
  1. Provenance géologique (G1, G2, G3)
  2. Méthode de dynamitage
  3. Dimension des blocs
  4. Stress accumulé (dynamitage, concassage primaire etc.)
- Quatre méthodes de mesure seront comparées:
  1. Tension et compression
  2. Chute de poids instrumenté (Granulométrie-Énergie)
  3. Indice de concassage (Béton)
  4. Essais contrôlés de concassage et de broyage (Indice de Bond)
    - Impact du dynamitage sur un circuit de broyage



Natural Resources  
Canada

Ressources naturelles  
Canada





## ***Méthodologie: Caractérisation du matériel***

- ❑ Progression des fractures après dynamitage, concassage et broyage
  1. Microscopie optique et électronique
  2. Méthode Brunauer Emmet Teller (BET – Absorption N<sub>2</sub>)
  3. Cat-Scan – Tomographie aux rayons X



Natural Resources  
Canada

Ressources naturelles  
Canada



## ***Méthodologie: Analyse des données industrielles***

- ❑ Capteur industriel de résistance à la fragmentation (Indice de Bond)
  - Indice de dureté qui définit l'énergie spécifique de fragmentation
  - Calculé à partir du débit, du rapport de réduction et de la consommation énergétique mesurés au concasseur primaire

$$W = \frac{10 * W_i}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{10 * W_i}{\sqrt{F_{80}}}$$

W<sub>i</sub> = Indice de Bond (kwh/t)

W = Puissance (kwh/t)

F<sub>80</sub> = D<sub>80</sub> à l'alimentation

P<sub>80</sub> = D<sub>80</sub> au produit



Natural Resources  
Canada

Ressources naturelles  
Canada





## Méthodologie: Analyse des données industrielles

- Avantages de mesurer en ligne l'impact du dynamitage sur la dureté
  - ❖ Échantillon complet de tous les camions
  - ❖ Rapide et peu coûteux par rapport aux essais de laboratoire
  - ❖ Indice de dureté dans une boucle de contrôle par anticipation
- Analyse multivariable des séries temporelles (PCA & PLS)
  - Pattern - fracturation, temps de résidence, tonnage, énergie
- Évaluation de la précision des granulomètres optiques
- Modélisation du procédé (fonctions de broyage et de sélection)
  - Différencier les impacts au concassage et au broyage
    - ❖ Fissuration plus intense
    - ❖ Granulométrie plus fine et plus homogène



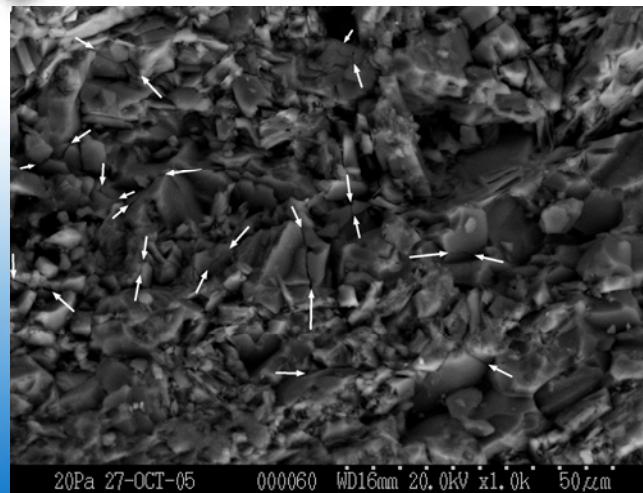
Natural Resources  
Canada

Ressources naturelles  
Canada



## Mesure des microfentes (après dynamitage)

- Visibles (difficilement) sous microscope électronique



Natural Resources  
Canada

Ressources naturelles  
Canada





## *Résultats préliminaires*

### □ Les microfractures:

- Visibles (difficilement) sous microscope électronique
- Dimensions sont de l'ordre de 10 à 40  $\mu\text{m}$
- Intensité devrait théoriquement influencer l'efficacité au broyage
  - ❖ Vérifier si leur intensité et dimension sont augmentées au concassage
- Intensité n'a toujours pas été corrélée à la méthode de dynamitage
- Premiers résultats suggèrent qu'elles s'intensifient au dynamitage



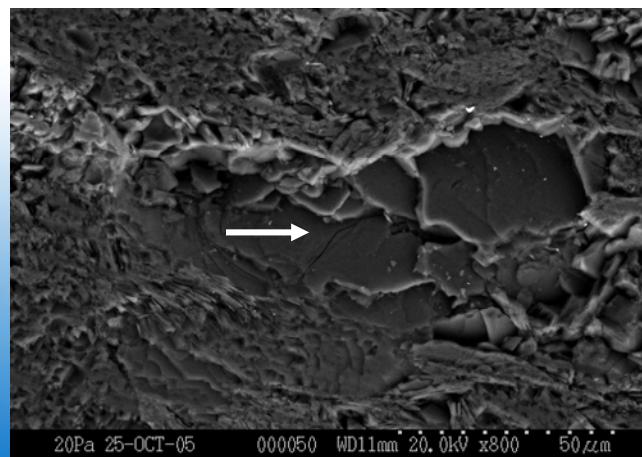
Natural Resources  
Canada

Ressources naturelles  
Canada



## *Mesure des microfractures (avant dynamitage)*

- Nombre de microfractures semble moindre avant dynamitage



Natural Resources  
Canada

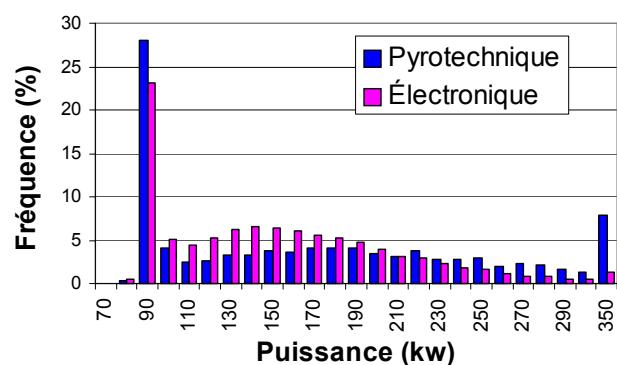
Ressources naturelles  
Canada





## *Distribution de la consommation d'énergie au primaire dans G2 (dureté moyenne)*

- Périodes de consommation élevée sont réduites
- Économie d'énergie potentielle de 15%
- Variations du rapport de réduction sont à vérifier



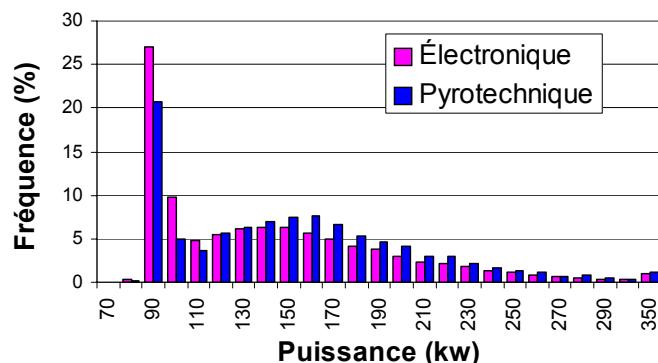
Natural Resources  
Canada

Ressources naturelles  
Canada



## *Distribution de la consommation d'énergie au primaire dans G1 (dureté minimum)*

- Périodes de consommation élevée sont courtes dans les 2 cas
- Économie d'énergie réduite à 7%
- Période de fonctionnement à vide (90-100 kw) croît de 10%



Natural Resources  
Canada

Ressources naturelles  
Canada





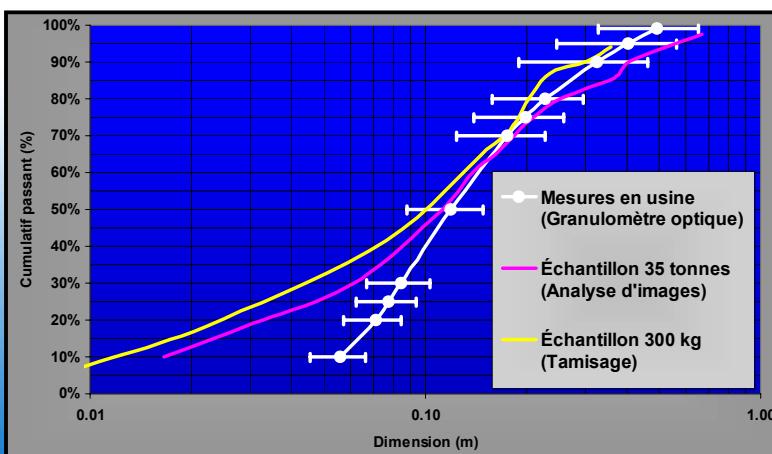
## Résultats préliminaires (suite)

- Impact des détonateurs électroniques sur la consommation d'énergie
  - Augmente proportionnellement à la dureté de la roche
  - Génère des économies d'énergie (7%-15%)  $\geq$  à celles de G2 à G1
  - Réduit les périodes de consommation élevée qui sont plus dommageables pour le concasseur
- Capteur industriel de résistance à la fragmentation
  - Dynamitage influence significativement l'indice de dureté
  - Rapport de réduction est mesurable au granulomètre optique



## Comparaison des distributions granulométriques

- Mesures cohérentes dans les dimensions  $> D_{50}$  (12 cm)
- Les échantillons de laboratoire sont représentatifs
- Méthode de correction de la mesure des fines





## *Livrables*

- Mesure de la relation *Énergie appliquée et Fragmentation résultante*
  - Provenance des échantillons
  - Méthode de dynamitage utilisé
  - Stress accumulé dans l'échantillon dans le circuit de comminution
- Mesure de l'impact du dynamitage au concassage et au broyage en fonction de la dureté initiale de la roche
- Évaluation des 2 capteurs proposés pour mesurer en-ligne la granulométrie et la dureté de la roche après dynamitage



Natural Resources  
Canada

Ressources naturelles  
Canada

