



Société d'Énergie
Explosive du Québec

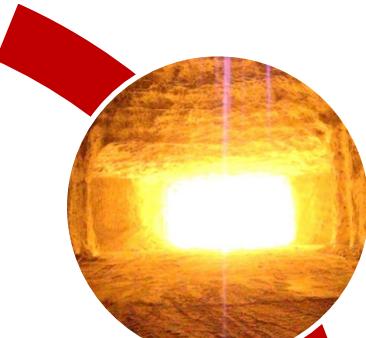


Indice de performance basé sur les tirs individuels

Index SHB, caractérisation topographique et design techniques

Par: Jonathan D. Aubertin
45e session d'étude SEEQ
17 bovembre 2022

Axes de recherche



Dynamitage et
fragmentation
du roc



Caractérisation
topographique par
télémétrie



Mécanique
des roches et
effets du
temps

**École de Technologie
Supérieure – ÉTS**

Le génie pour l'industrie

Montréal, Qc, Canada

Contenu de la présentation

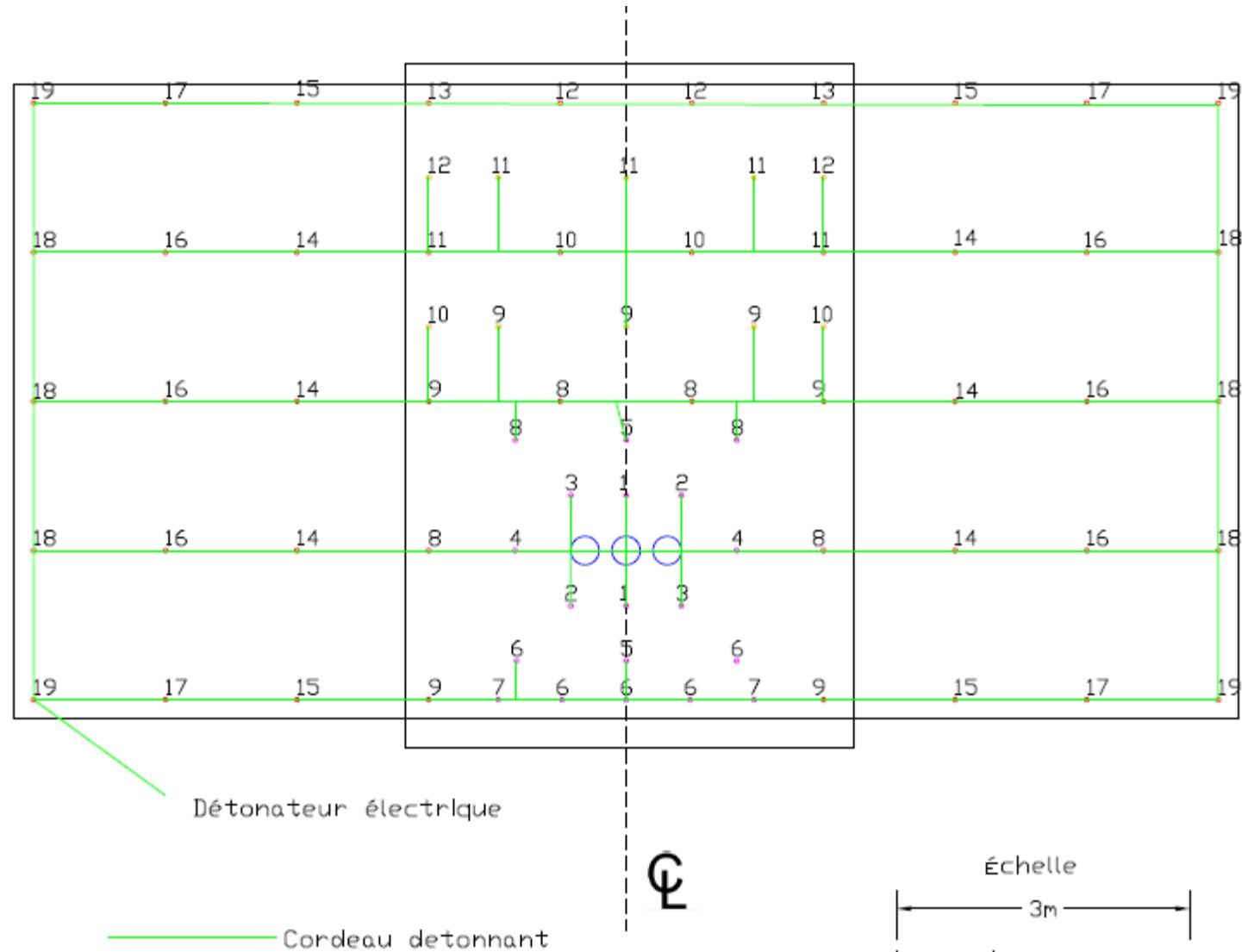
- Contexte et problématique
- Concept de tirs individuelle
- Méthodologie
- Analyse
- Applications et exemples

Indices de performance
propre au site basés sur une
série de tirs individuelles

Problématique



Problématique



Problématique

Symptômes

- Consommation élevé en explo.
- Génération excessive de gaz en milieux confinés.
- Fragmentation inadéquate:
 - Trop de fines
 - Blocs trop large
- Overbreak et enjeux géotech.

Limites

- Patrons avec 50 à 200 trous
- Nombre de variables très élevé:
 - Espacement
 - Fardeau
 - Diamètre
 - Densité de la charge
 - Collet
 - Etc.
- **Optimisation = itérations = \$\$\$**

Solutions existantes

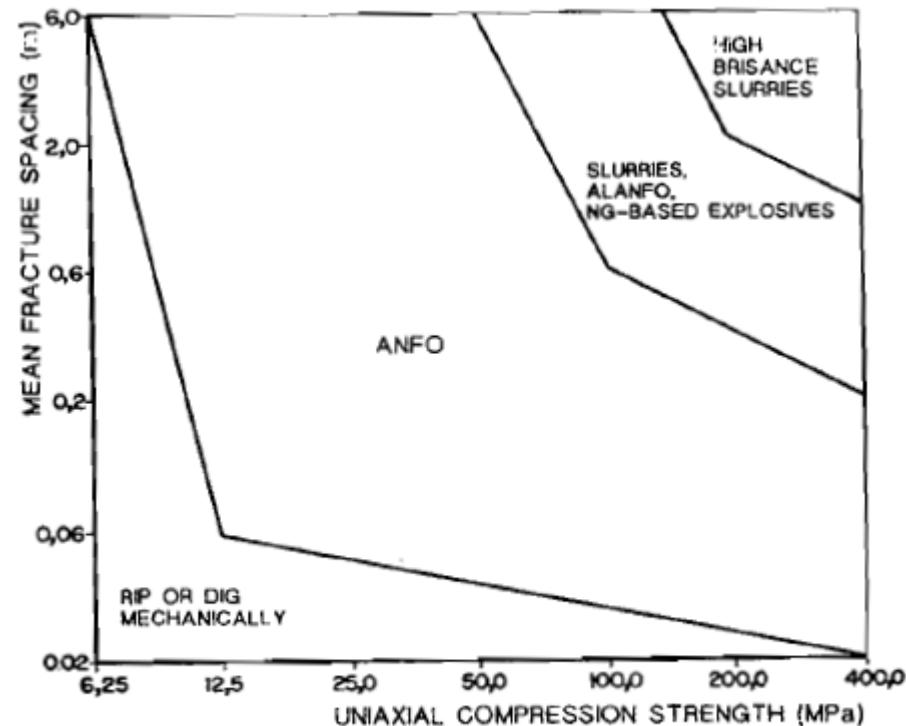


Fig. 12.4. Selection of explosives in function with the geomechanic properties of the rock masses (Brady and Brown, 1985).

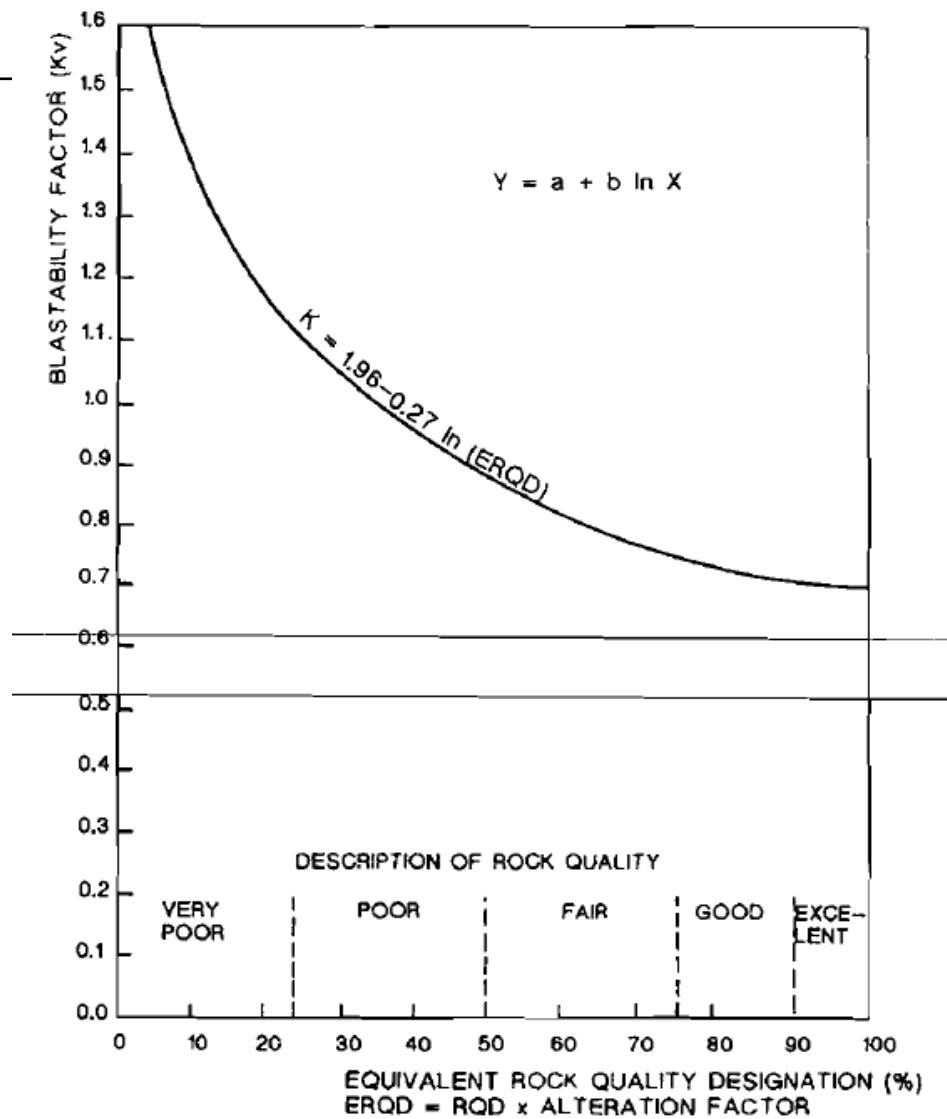


Fig. 18.1. Blastability factor k_v vs equivalent rock quality designation, RQDE.

Solutions existantes

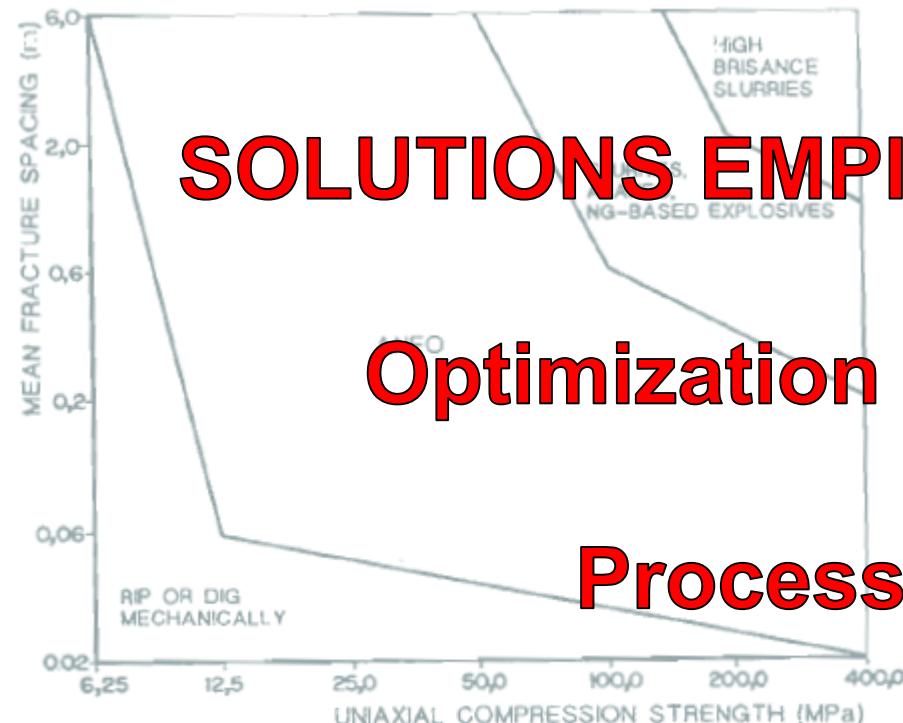


Fig. 12.4. Selection of explosives in function with the geomechanic properties of the rock masses (Brady and Brown, 1985).

SOLUTIONS EMPIRIQUES = Point de départ

Optimization sur le site nécessaire

Processus itératif et \$\$\$

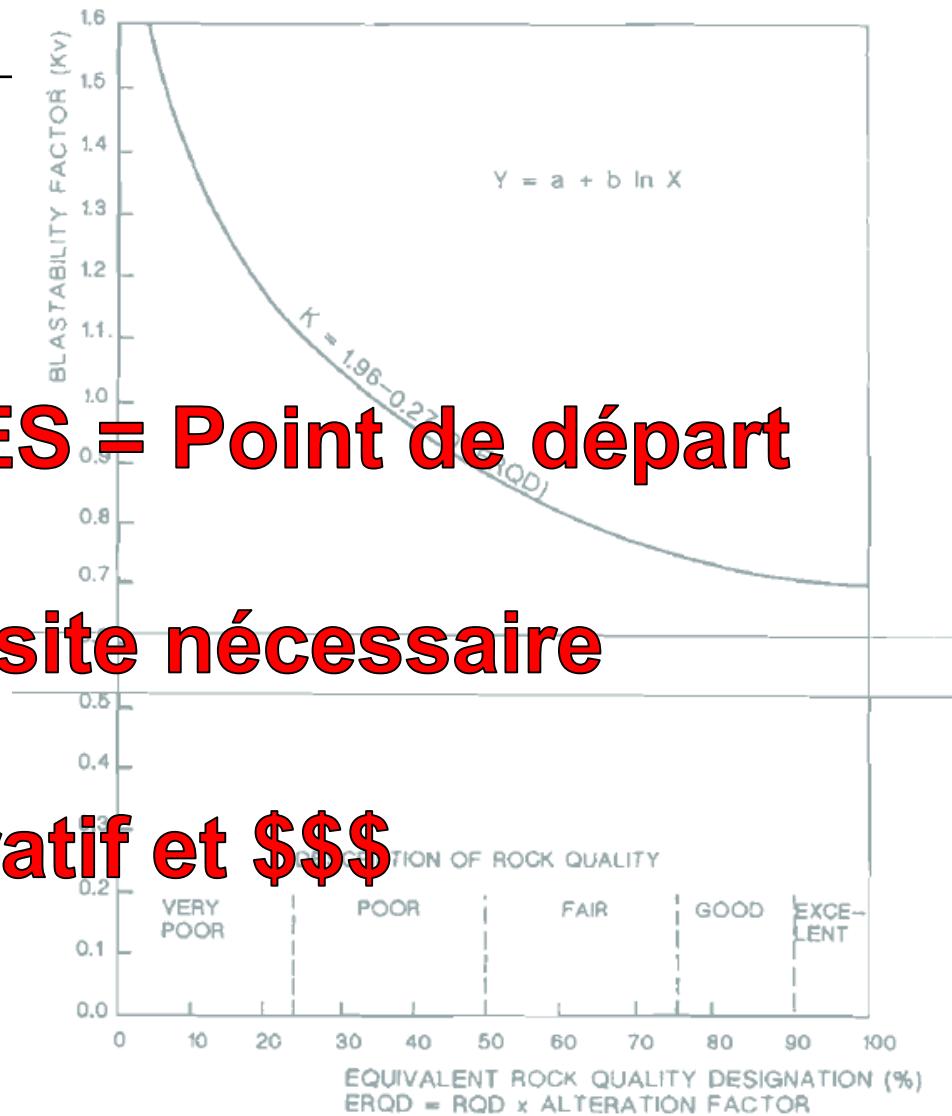


Fig. 18.1. Blastability factor k_v vs equivalent rock quality designation, RQDE.

INDICE DE PERFORMANCE PROPRE AU SITE

Évaluation de la performance par caractérisation indexée basée
sur les tirs individuels

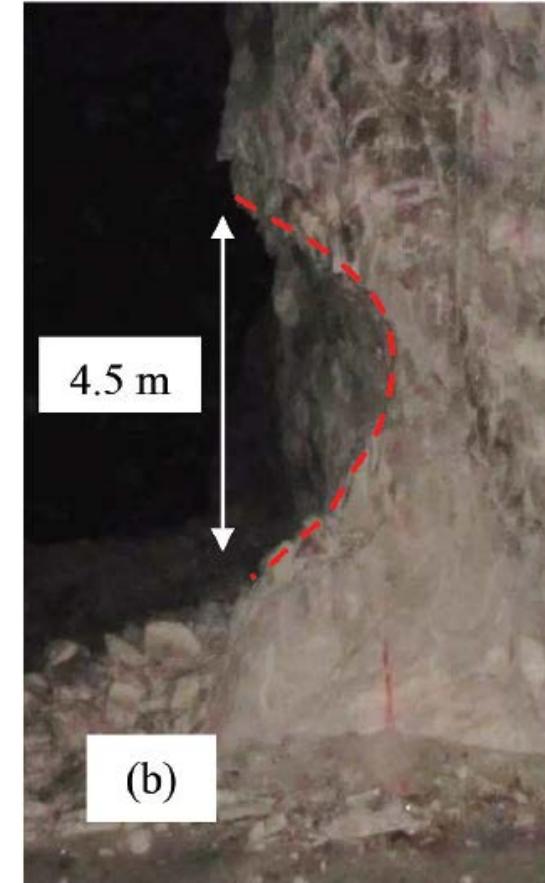
Origines – tests dans le sel et la potasse

Méthode de minage non-conventionnel



Mécanisme de fracturation non-conventionnel

Pugwash (NS, Canada)



Résultats adaptés aux conditions des sites

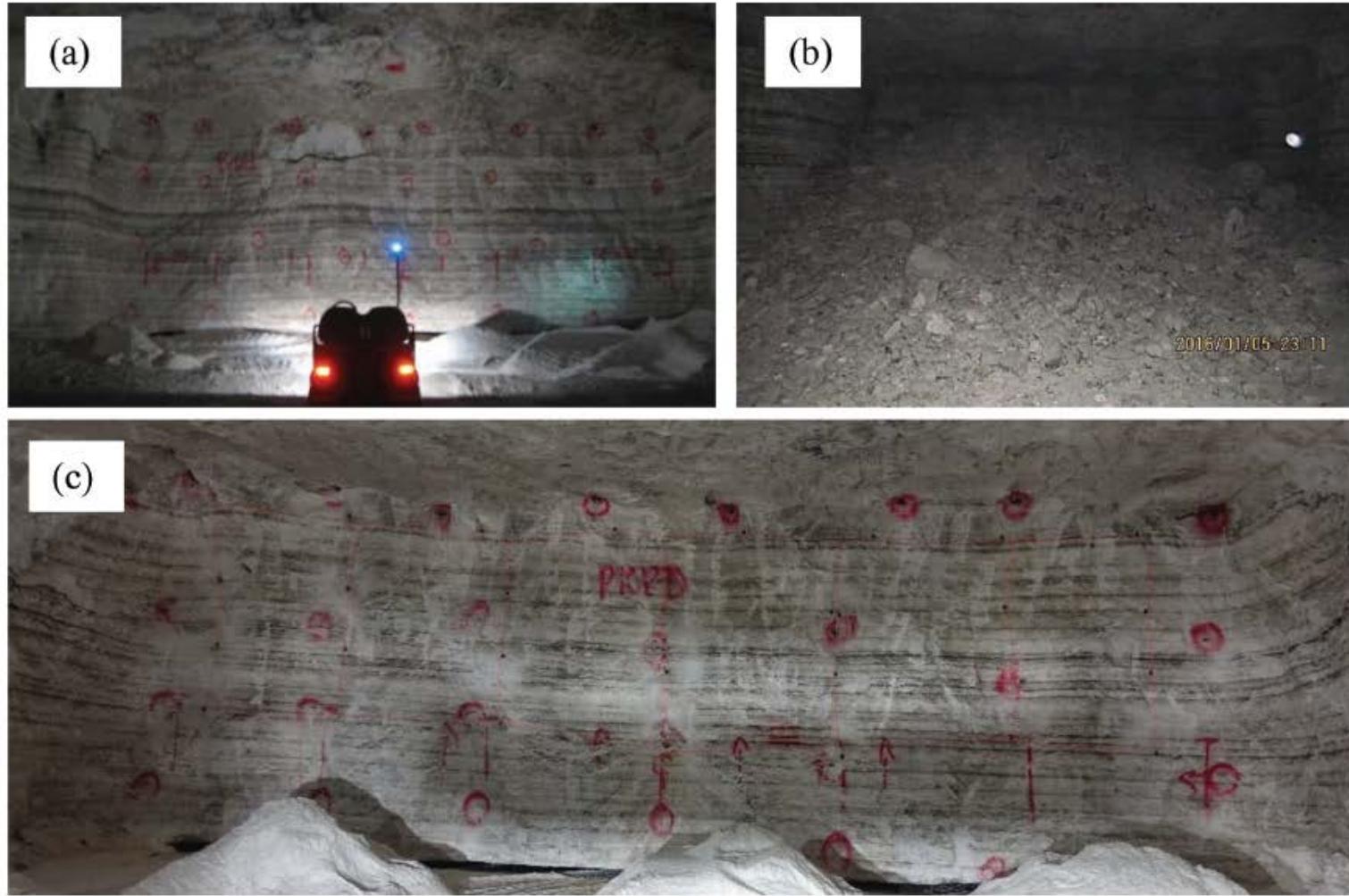


Figure 14. (a) Blasted face for 27-blasthole pattern showcasing noticeable surface roughness, (b) resulting muckpile for a 28-blasthole pattern, and (c) loaded face with 29-blasthole pattern previously blasted with the same pattern.

Indice de performance

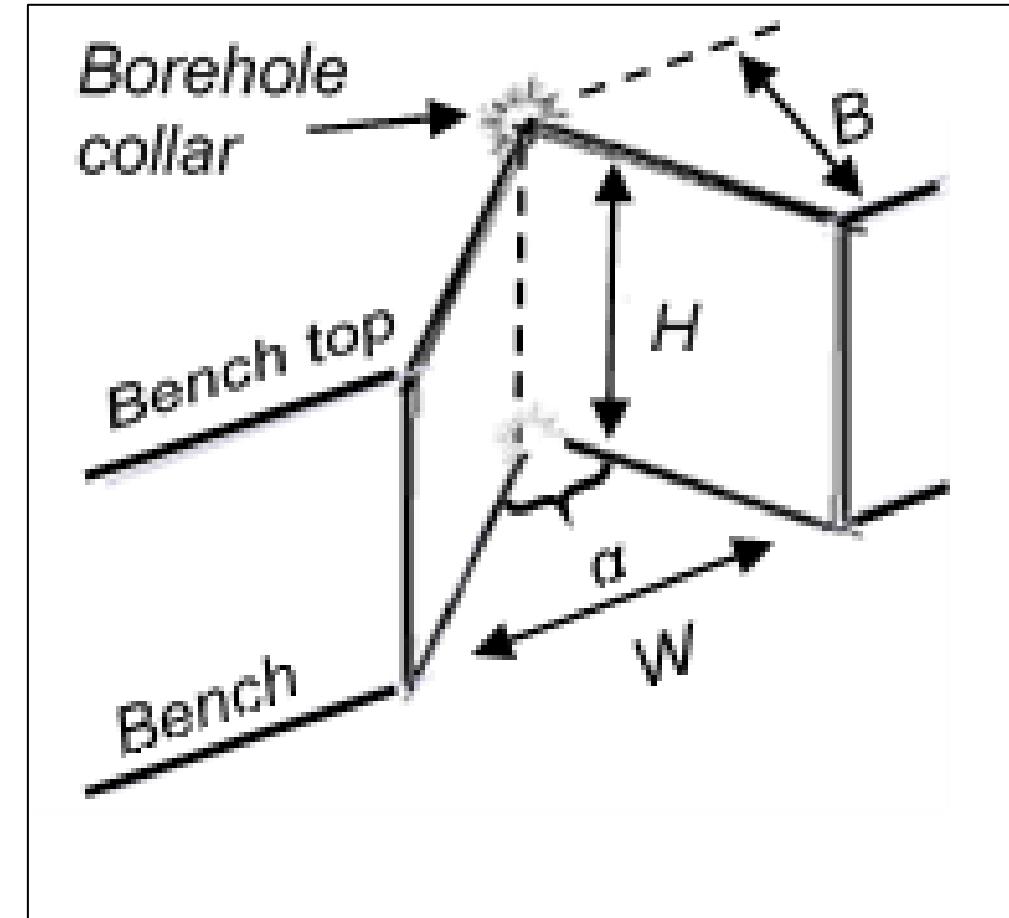
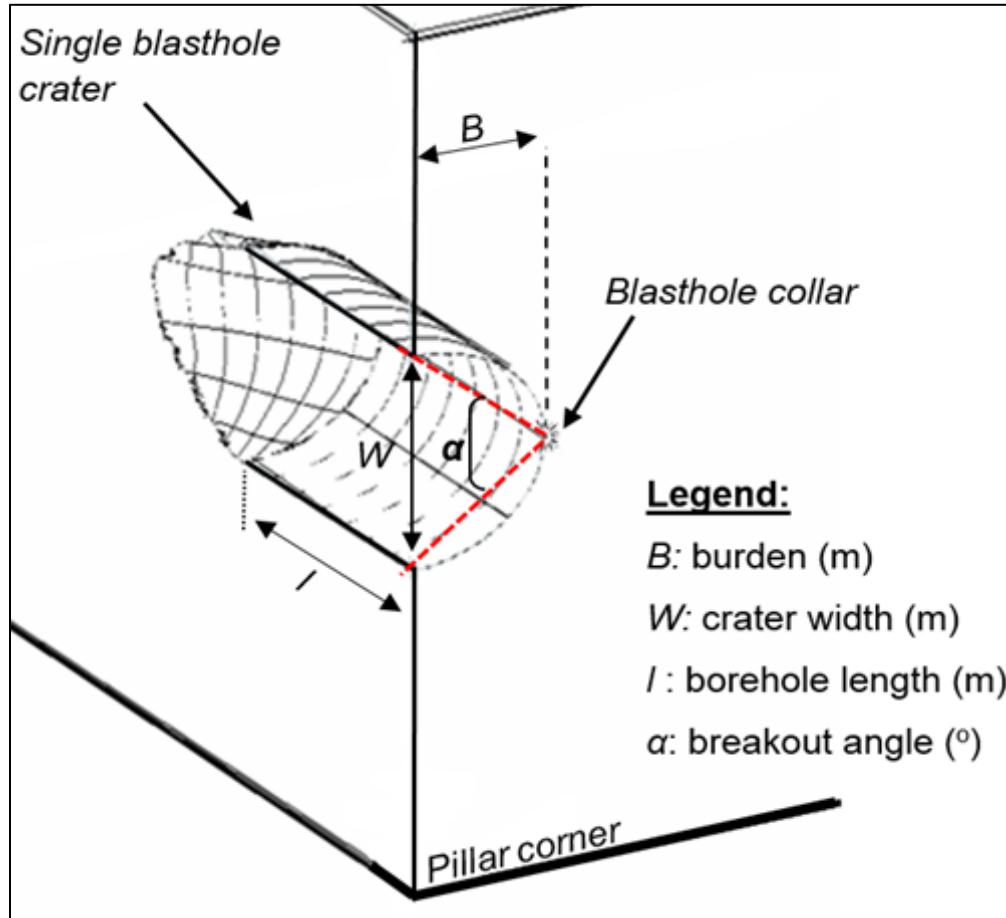
Méthode: Séries de tirs de trous individuels.

Conditions: Réplique du site (ou ce qui doit être testé), i.e. diamètre, charge, collet, etc.

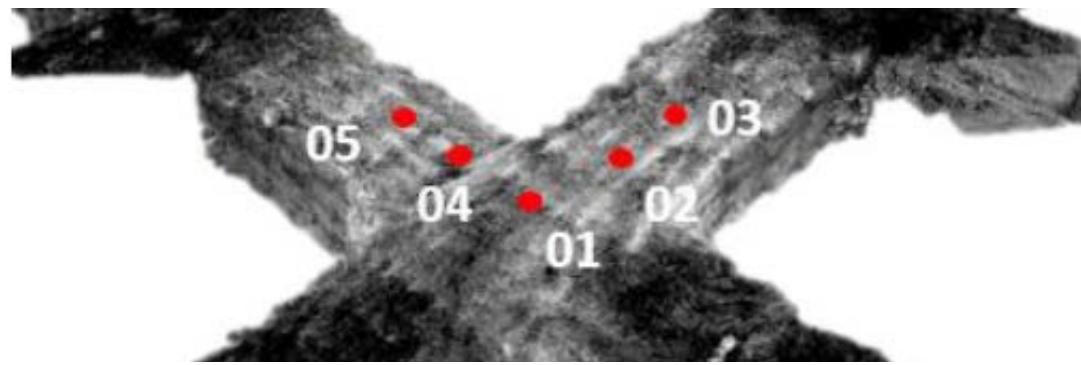
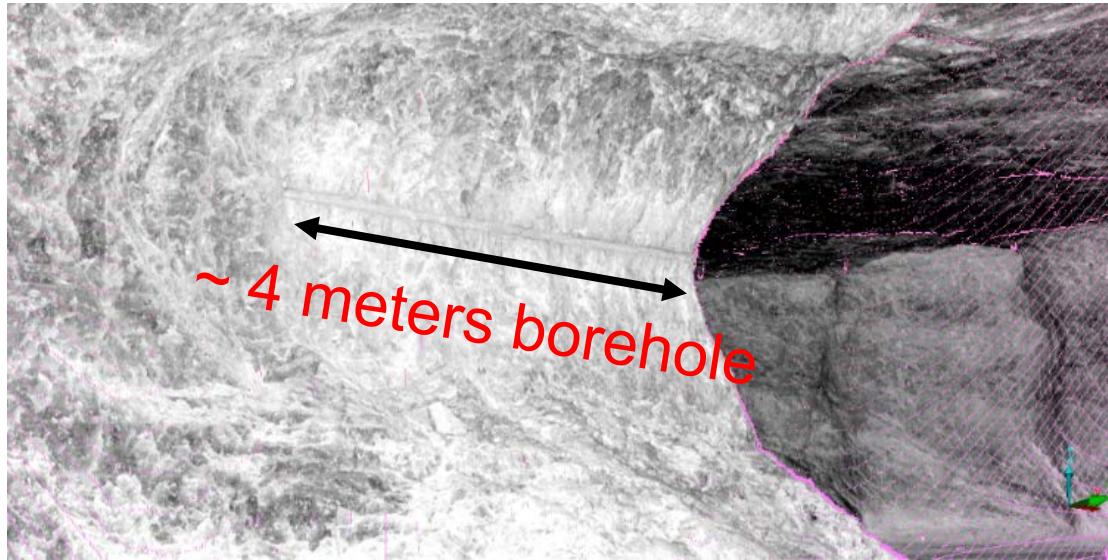
Analyse: Relation entre la taille du cratère et le fardeau B .

Index: Paramètre descriptif du cratère.

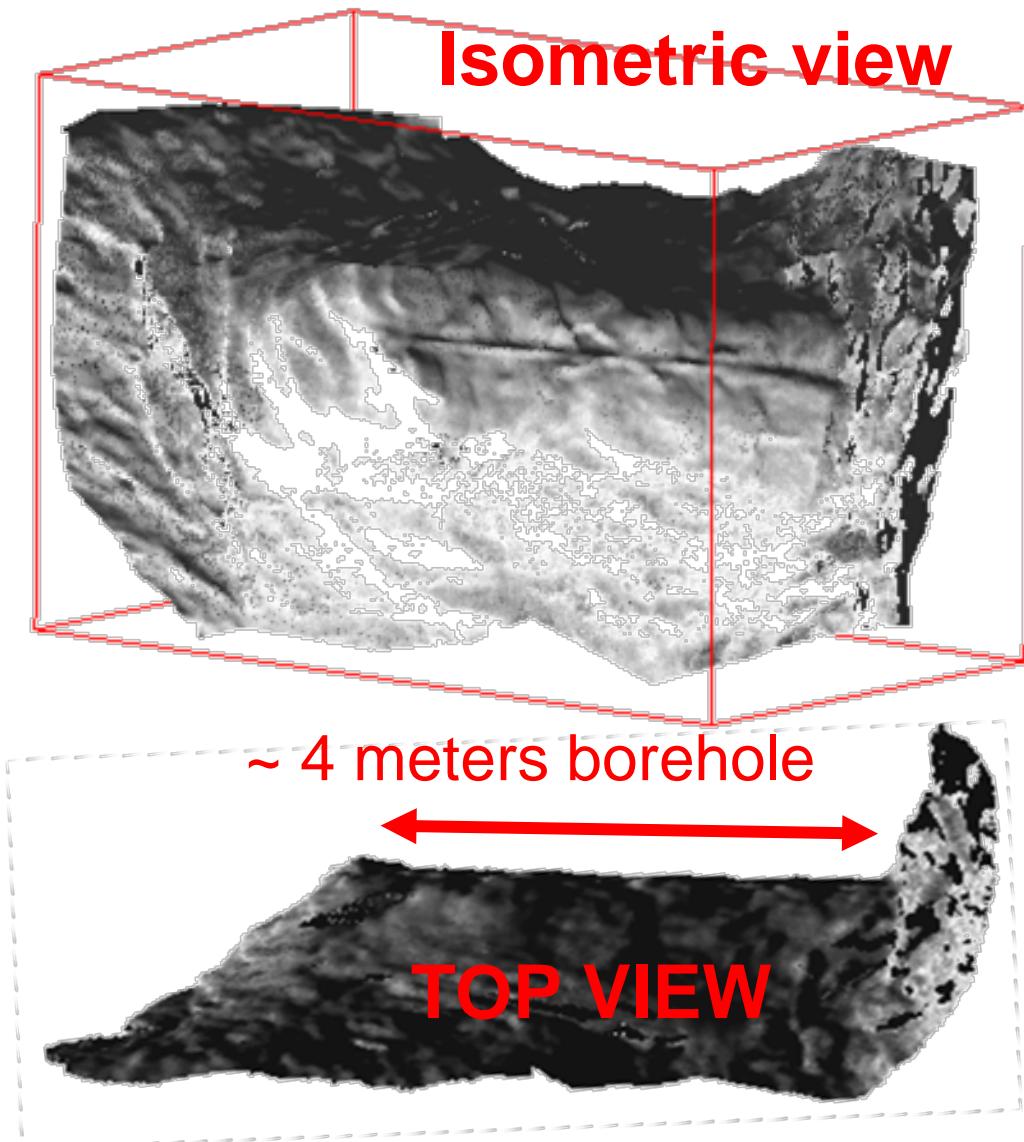
Tir individuel (hor. ou vert.)



Scan 3D de la surface

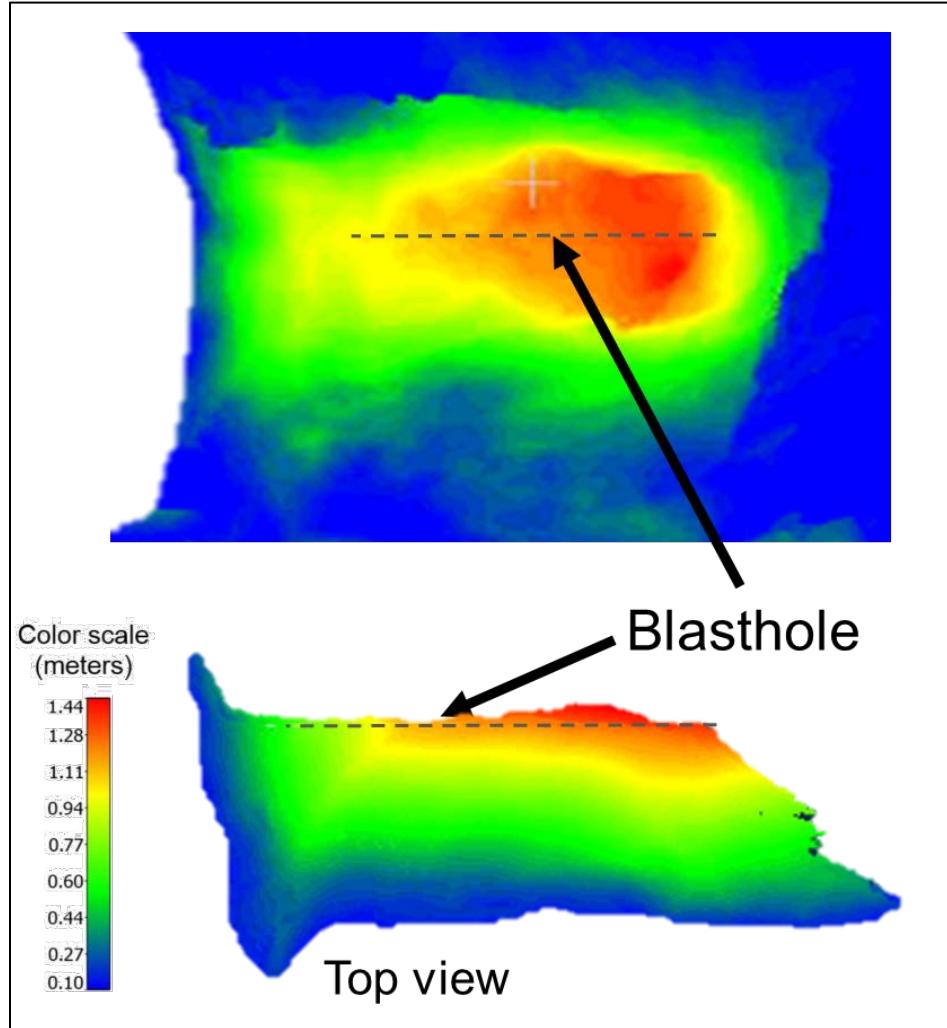


Top view of test intersection
Drift width ~ 14 meters

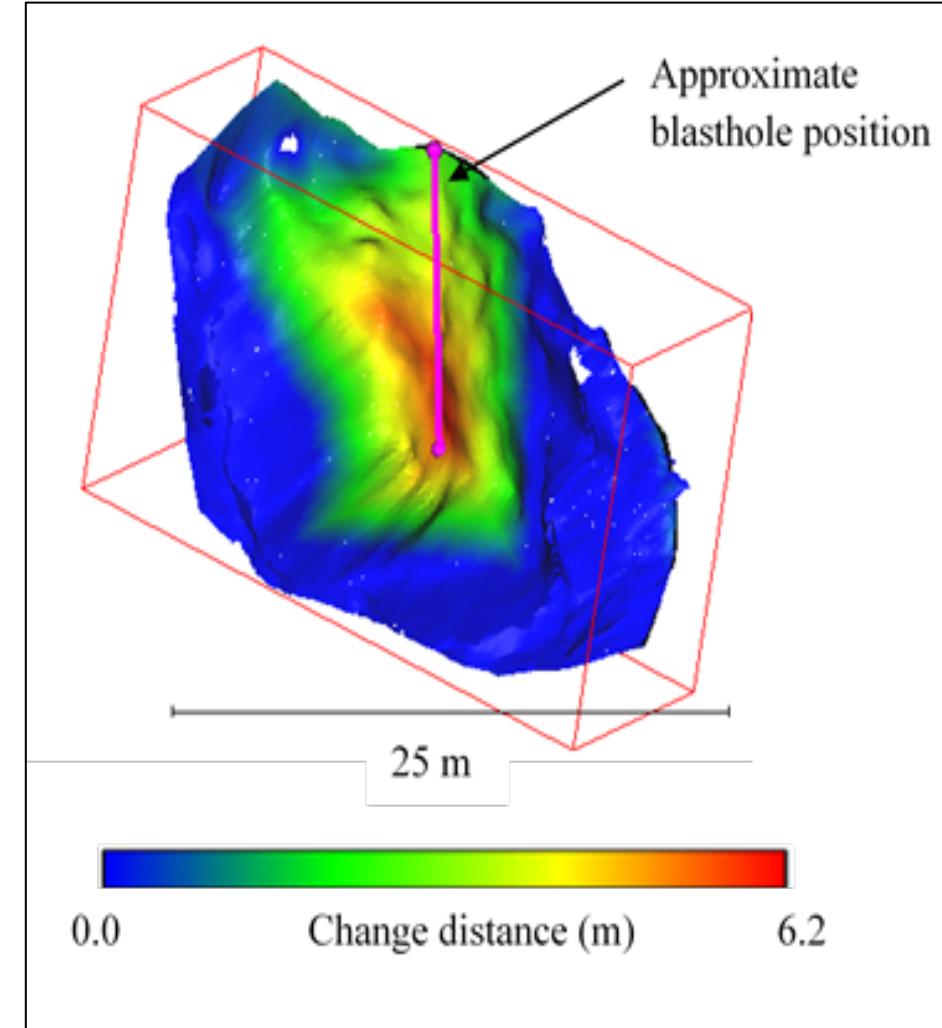


Comparaison avant-après (change detect.)

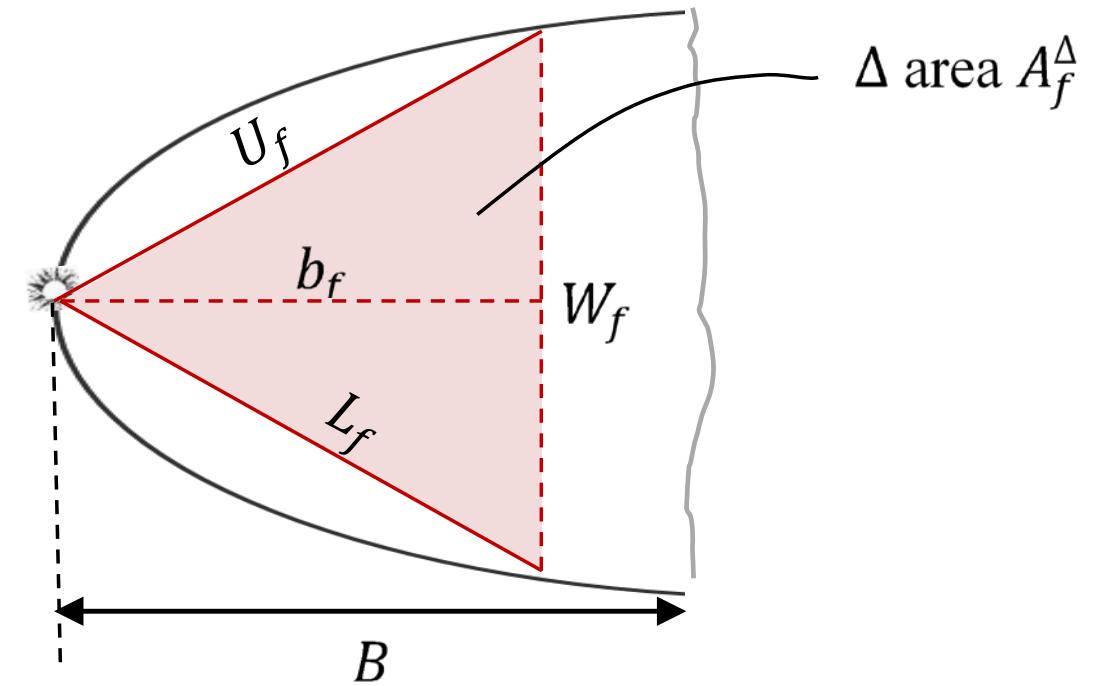
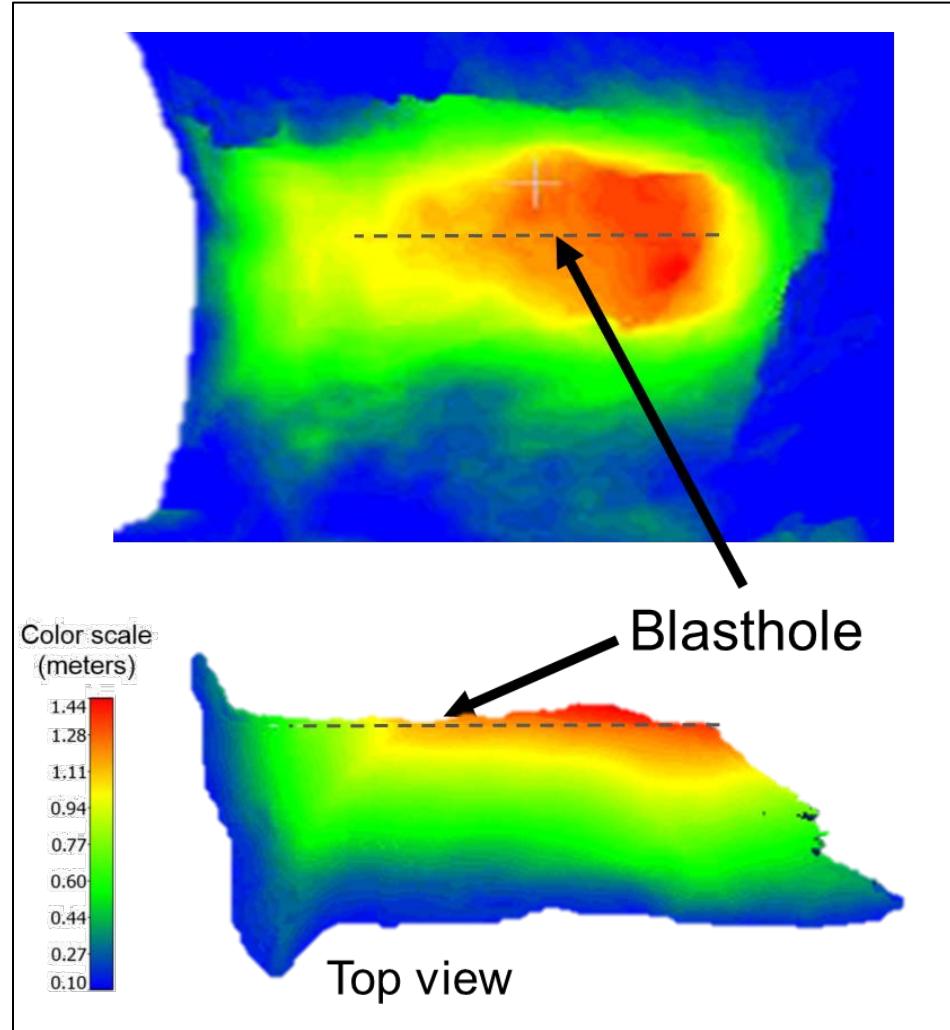
Test horizontal



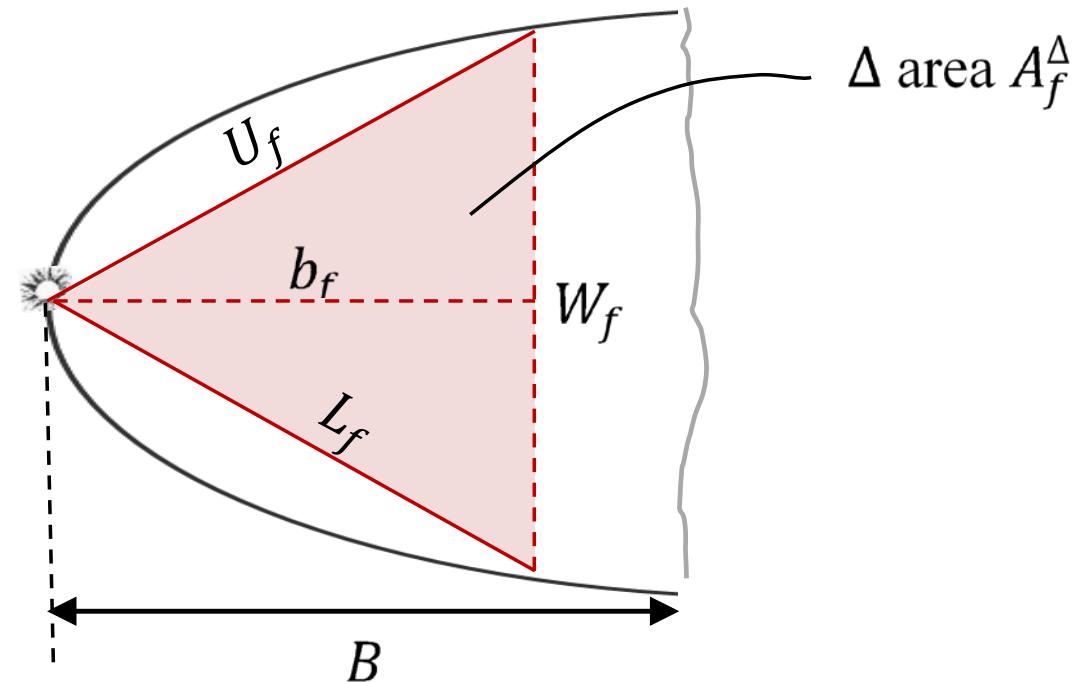
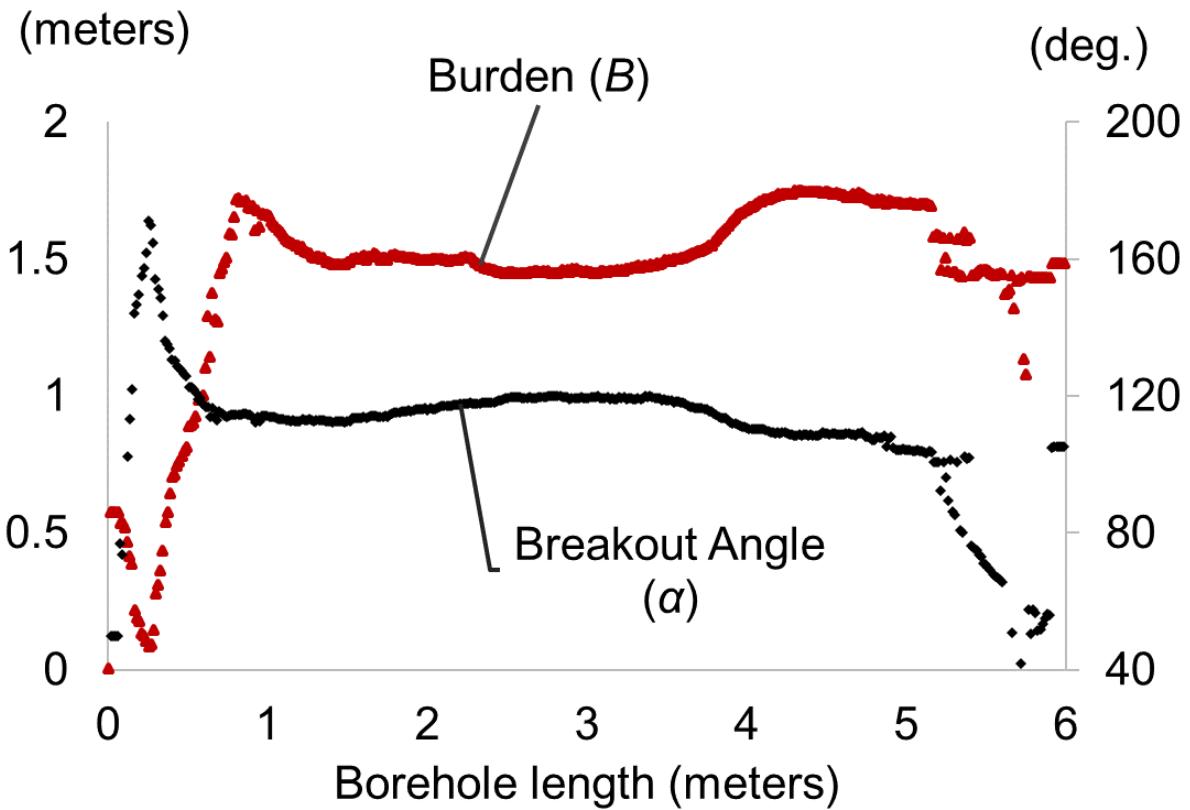
Test vertical



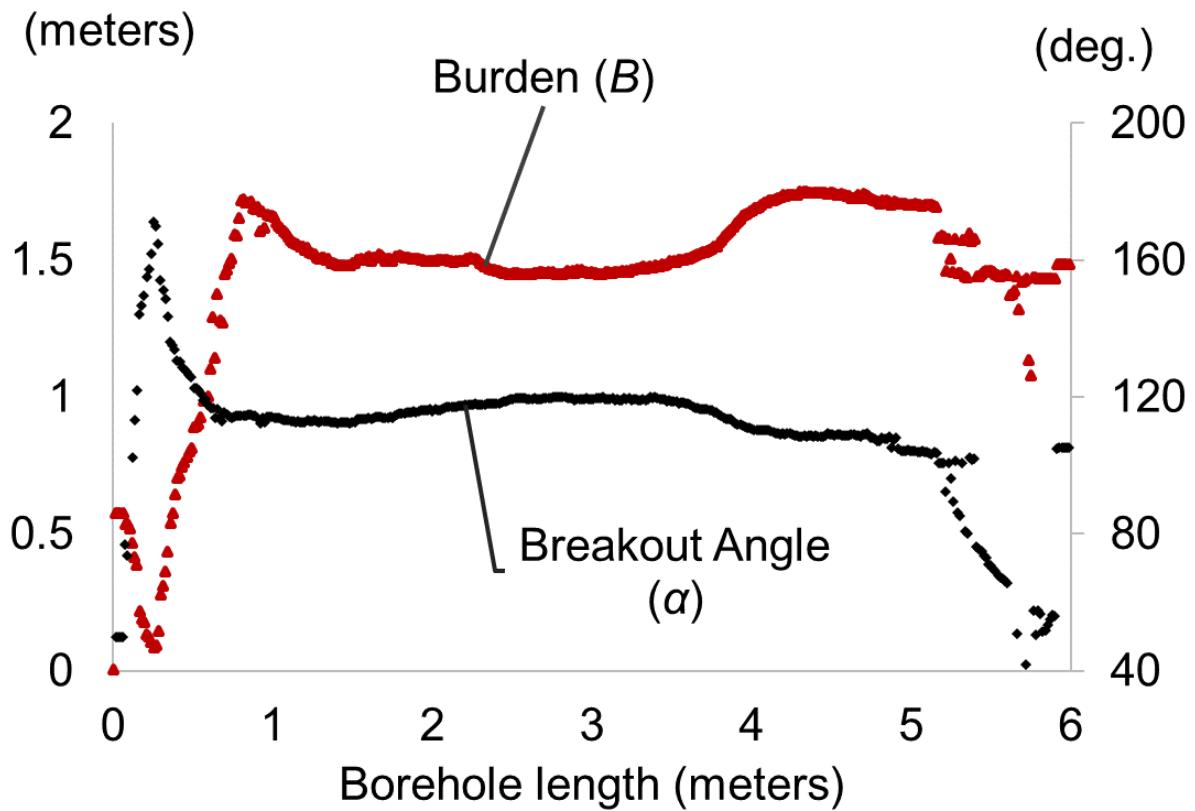
Mesures du cratère en section



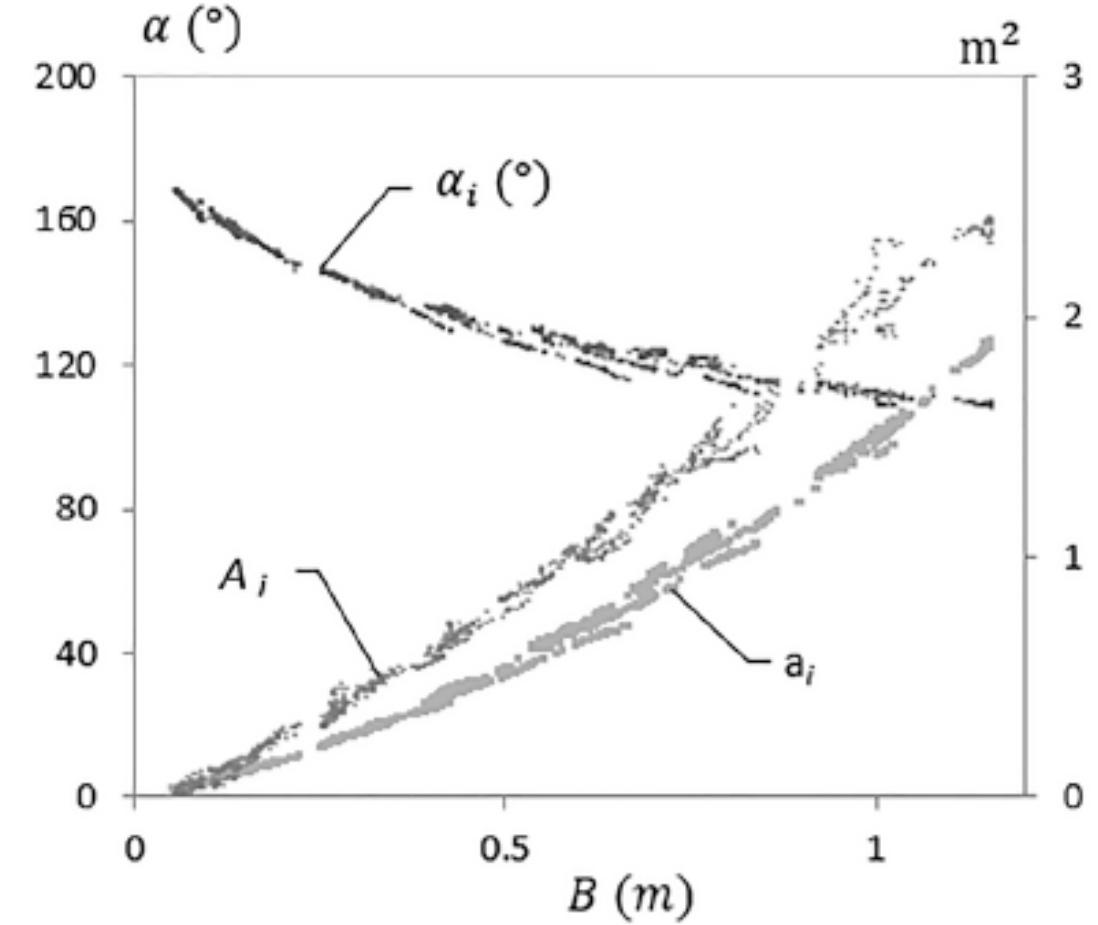
Mesure incrémentale le long du trou



Mesure incrémentale le long du trou

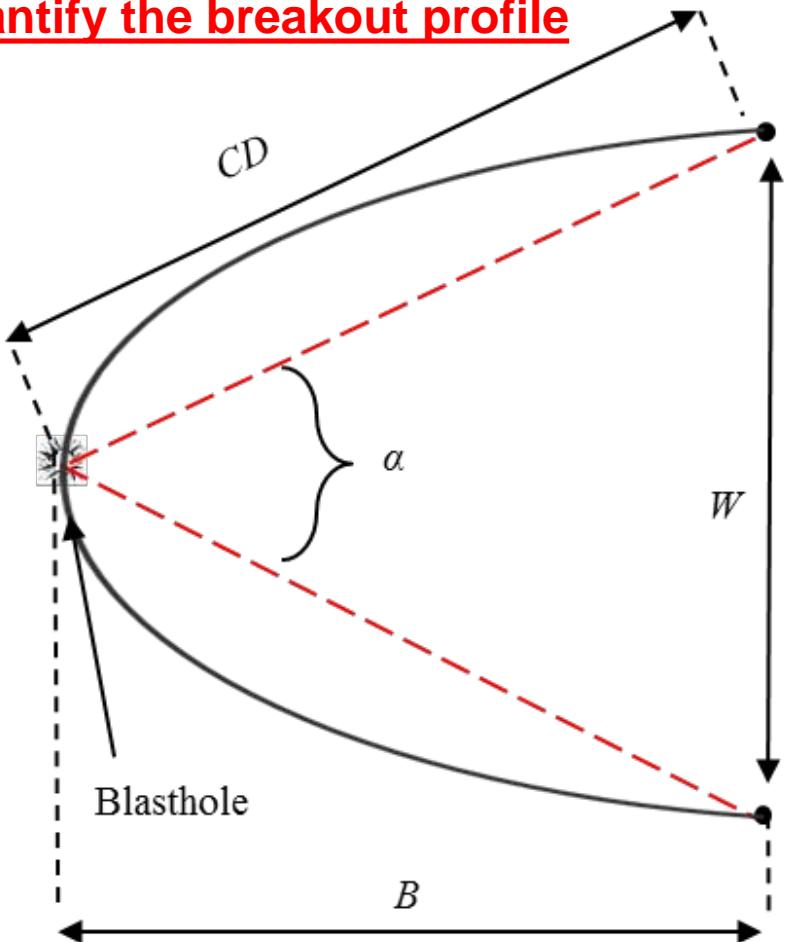


Angle d'ouverture et aire de section du cratère vs B



Modèle analytique du cratère

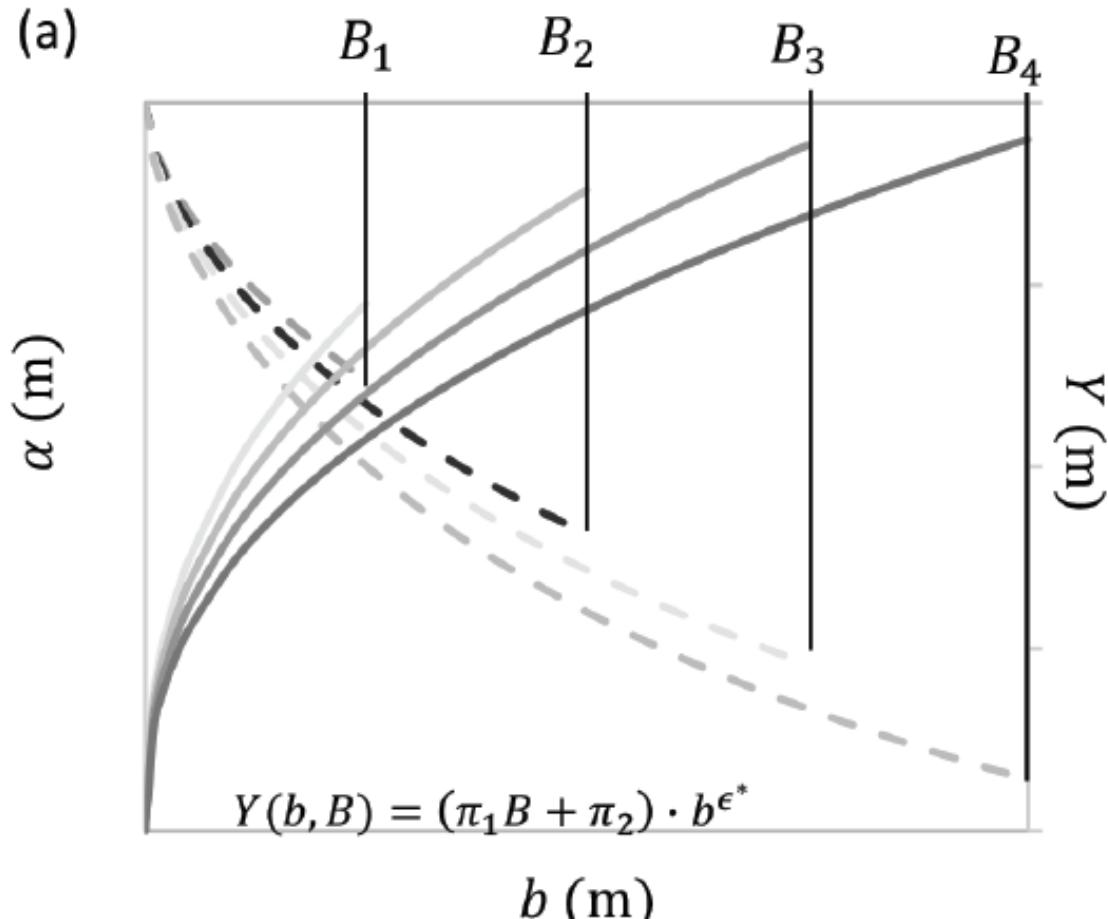
Quantify the breakout profile



Breakout approximation

$$Y(B) = \psi(B) \cdot b^{\epsilon^*}$$

Modèle analytique du cratère

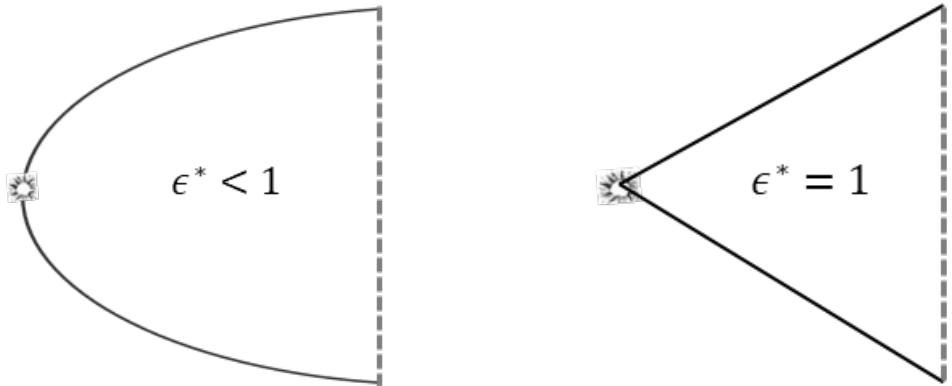


Breakout approximation

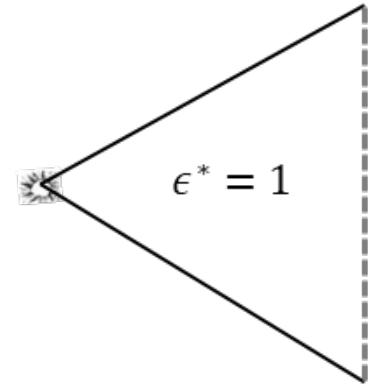
$$Y(B) = \psi(B) \cdot b^{\epsilon^*}$$

Différentes géométries

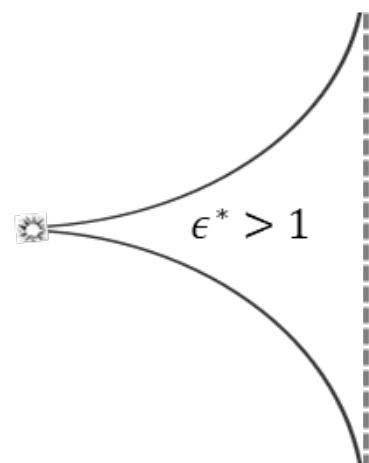
Exponent dictates cratering mechanism



(a)



(b)



(c)

Breakout approximation

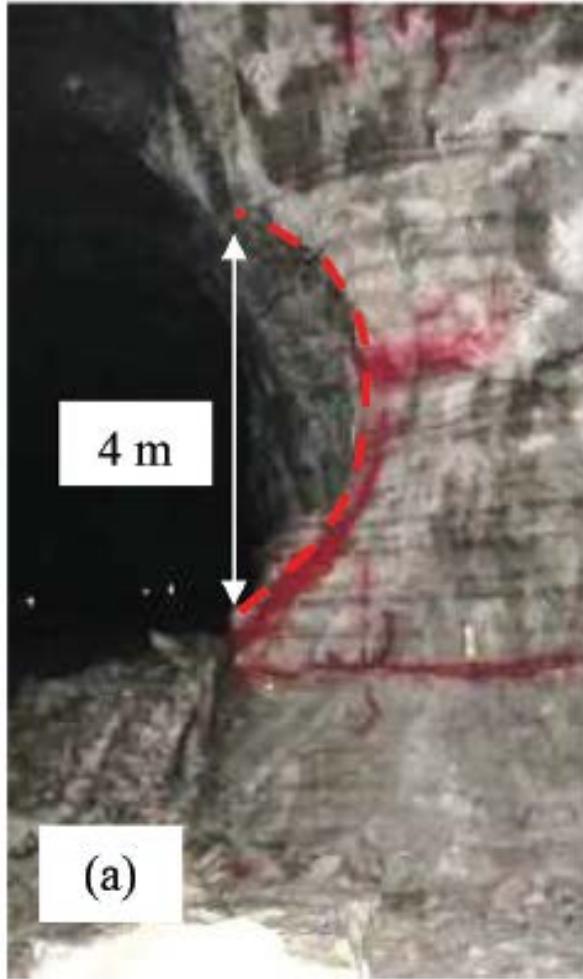
$$Y(B) = \psi(B) \cdot b^{\epsilon^*}$$

RÉALISATION

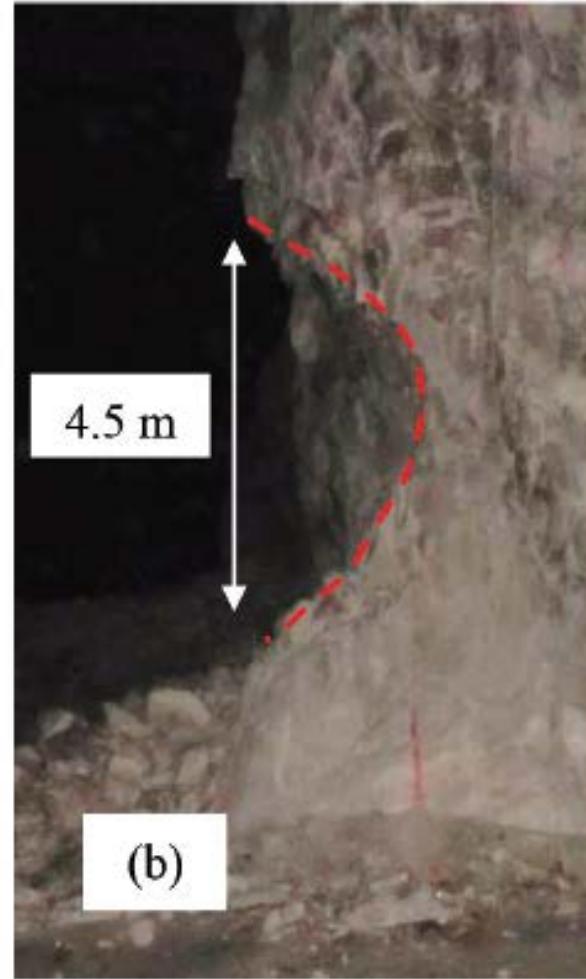
Tests réalisés jusqu'à présent

Réalisations

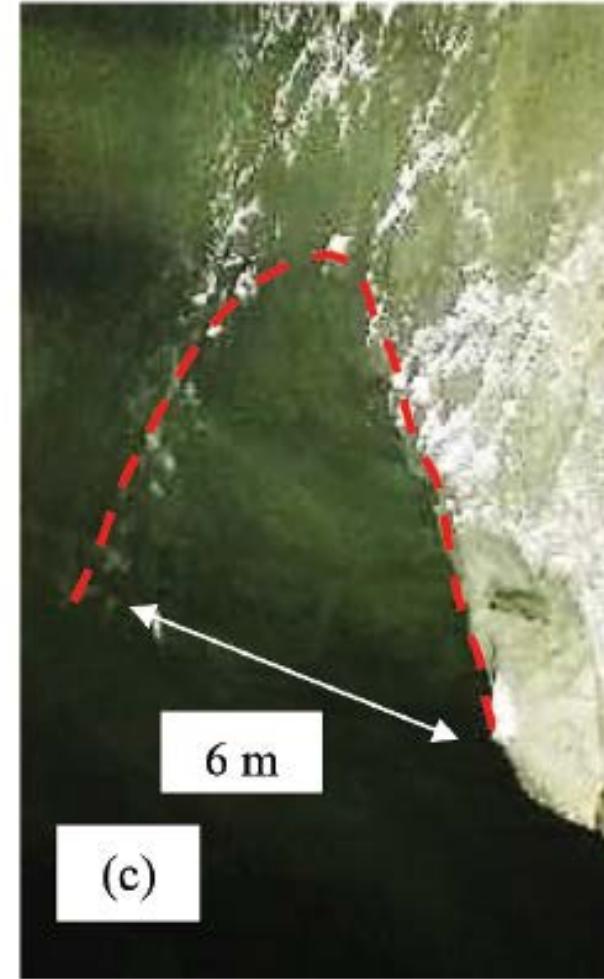
Mines de sel et potasse



(a)



(b)

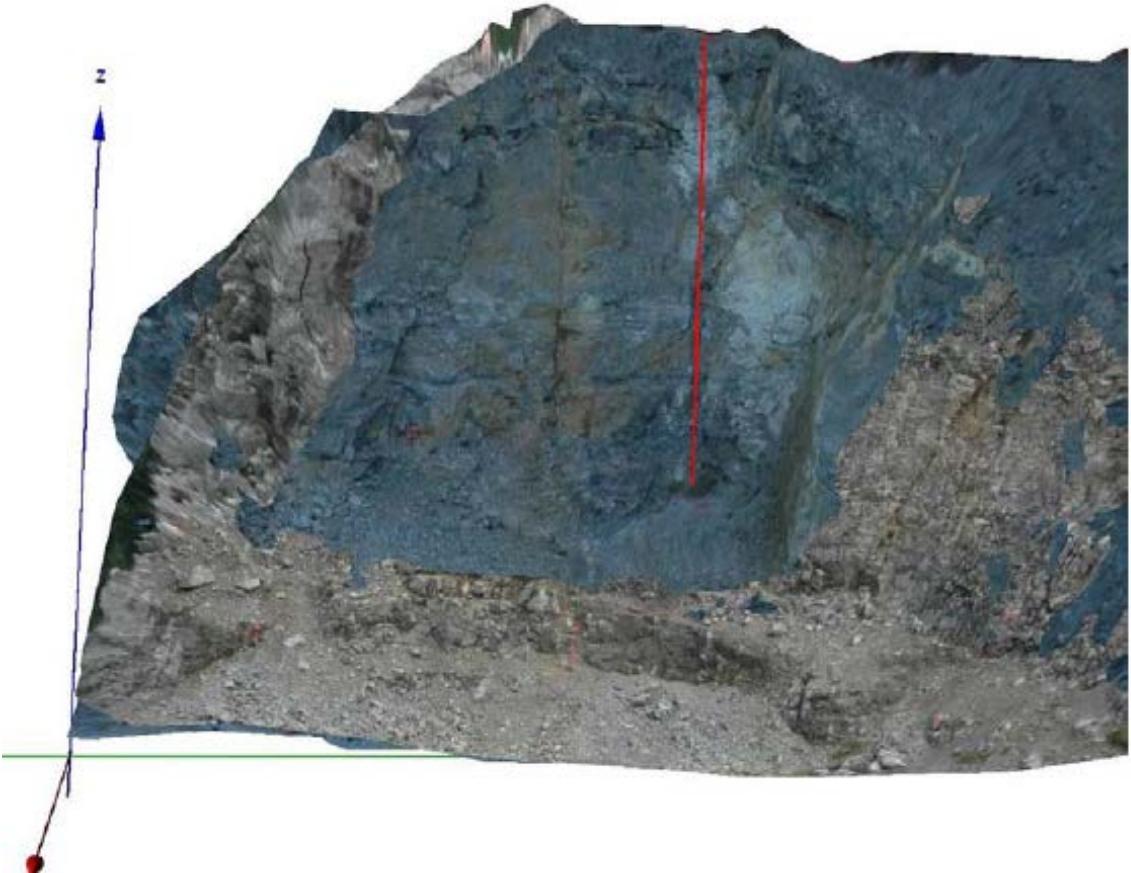


(c)

Réalisations

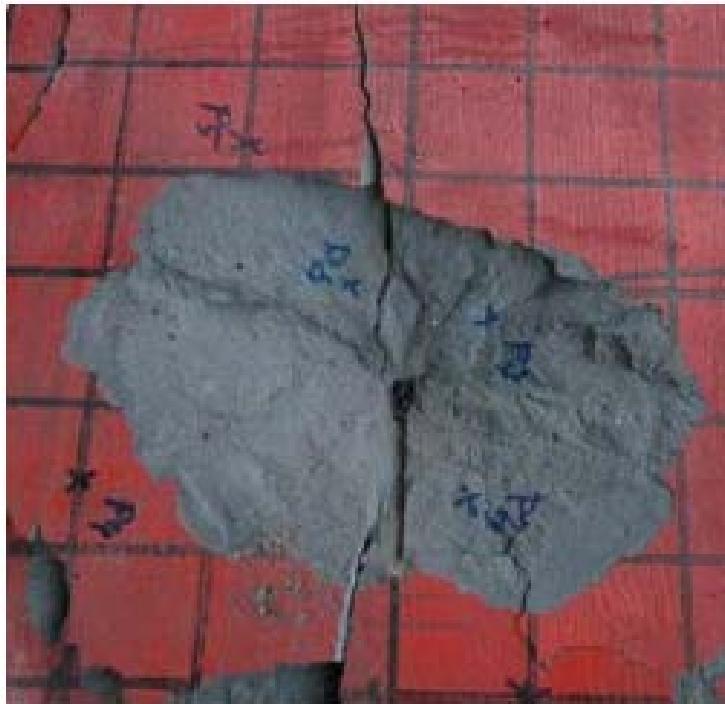
- Mines de roches dures

- Magnesite
- Tungsten
- Limestone



Réalisation

Blocs – petite échelle



Récents tests

Massif fracturé



APPLICATIONS

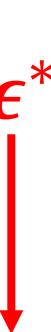
Utilité et réalisations

Analyse paramétrique de performance

● Comparaison site-specific:

- Diamètre
- Différente géologie
- Type d'explosif
- Collet et stemming
- Longueur de trou

Influence géométrique

$$Y(B) = \psi(B) \cdot b^{\epsilon^*}$$


Mécanisme géomécanique

Analyse paramétrique de performance

● Comparaison site-specific:

- Diamètre
- Différente géologie
- Type d'explosif
- Collet et stemming
- Longueur de trou

Différents diamètre de trou

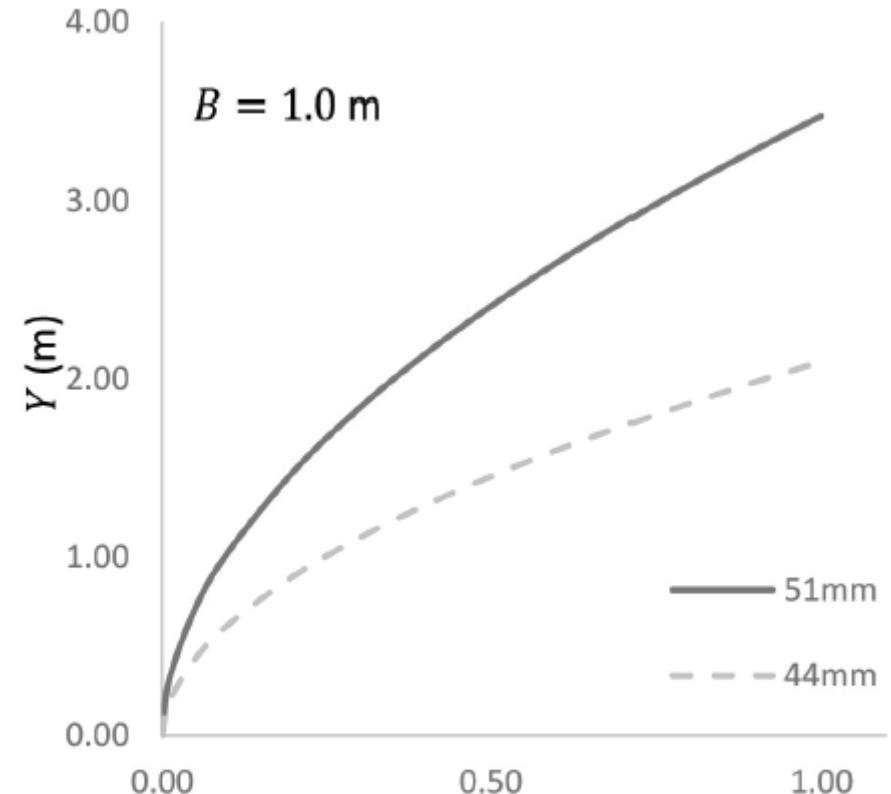
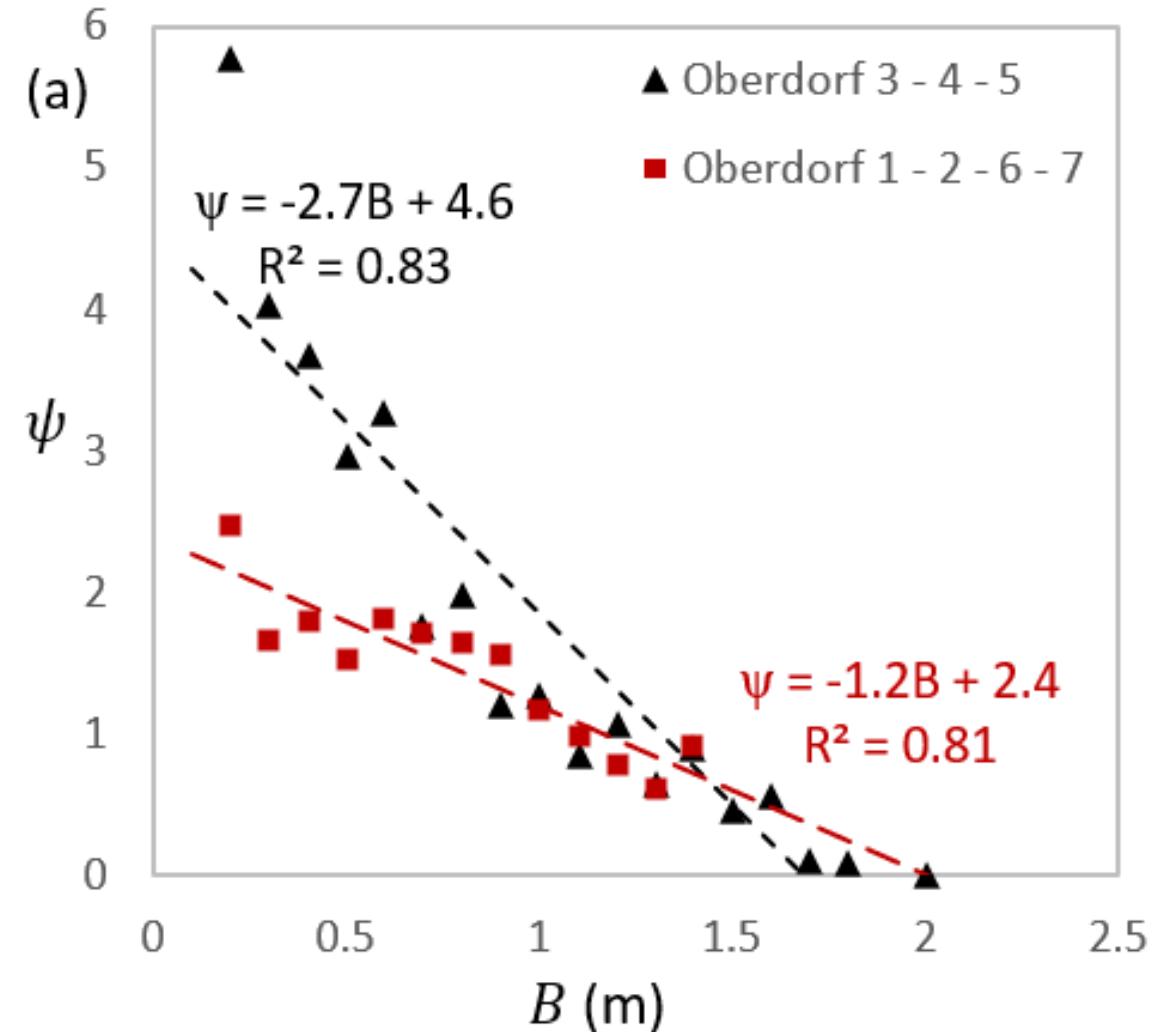


Figure 12. Half crater shape for design burden $B = 1$ m, for blastholes of diameter $\phi = 51$ and 44 mm.

Comparaison de performance



Fardeau critique

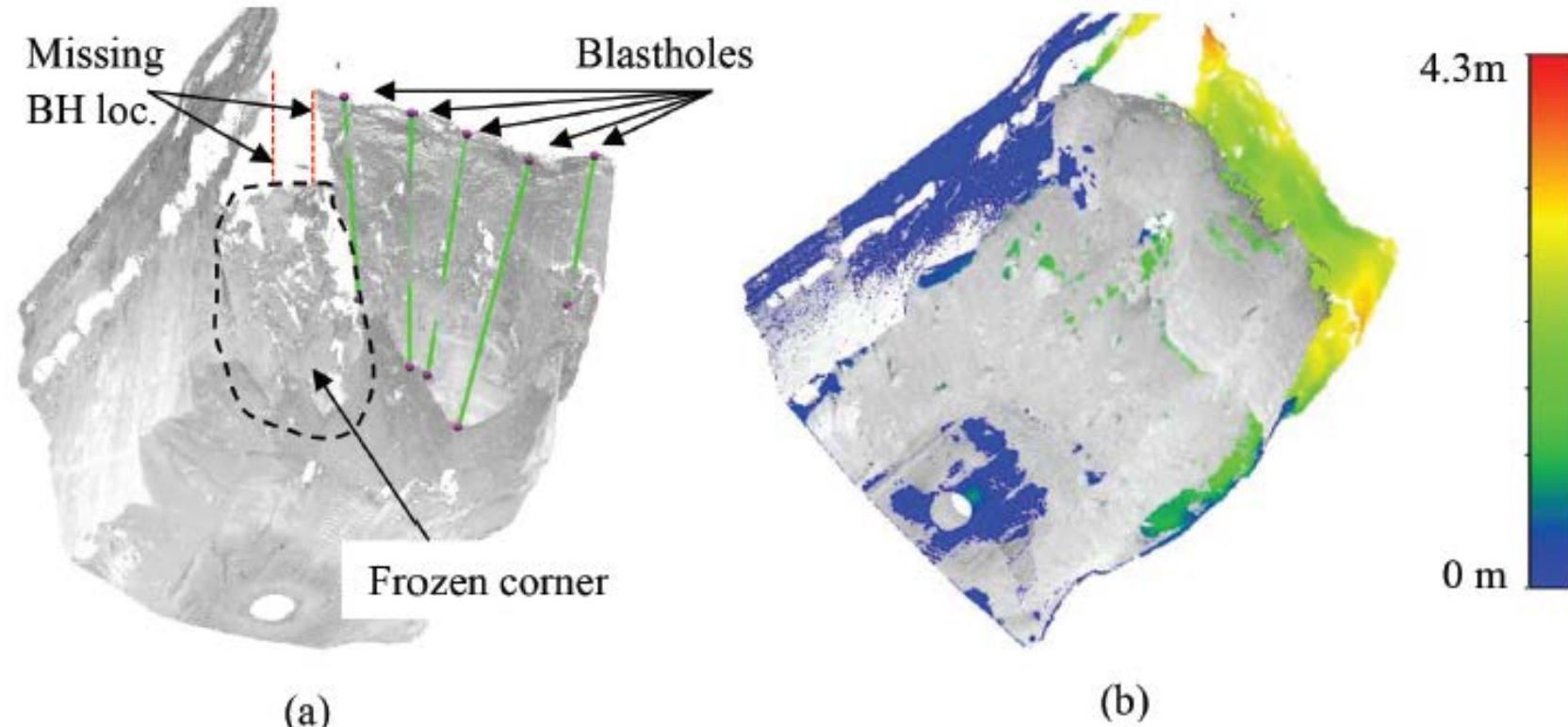
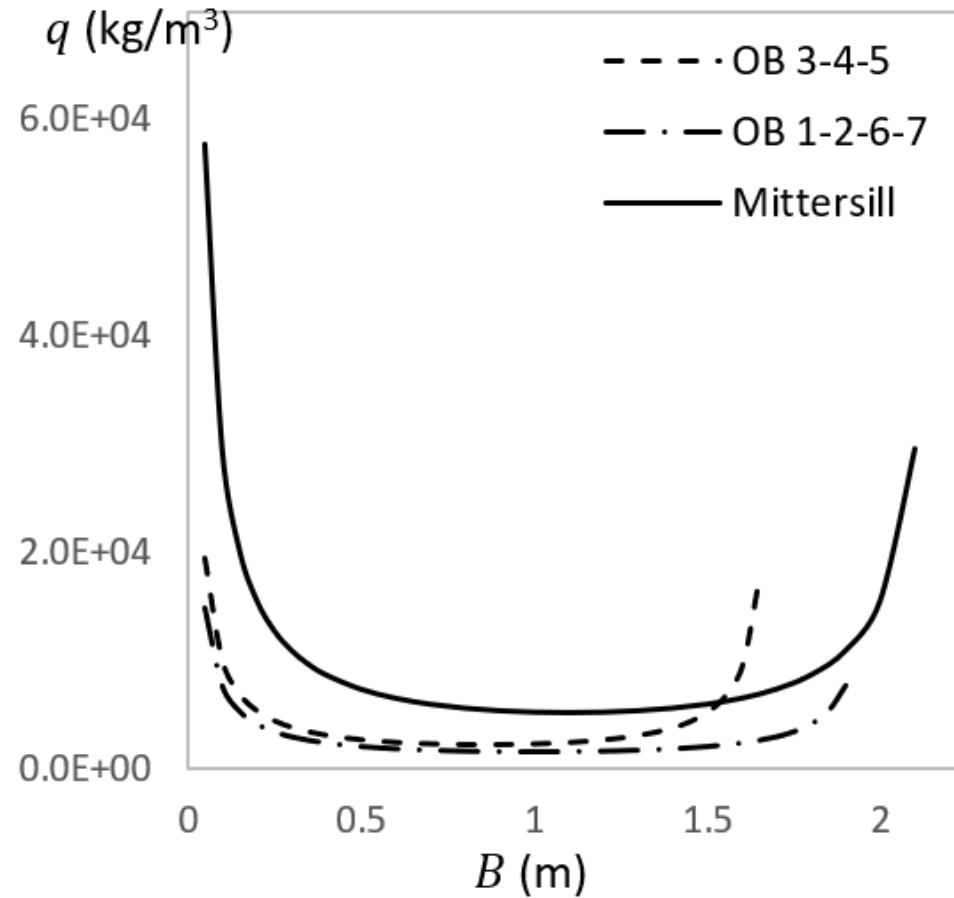
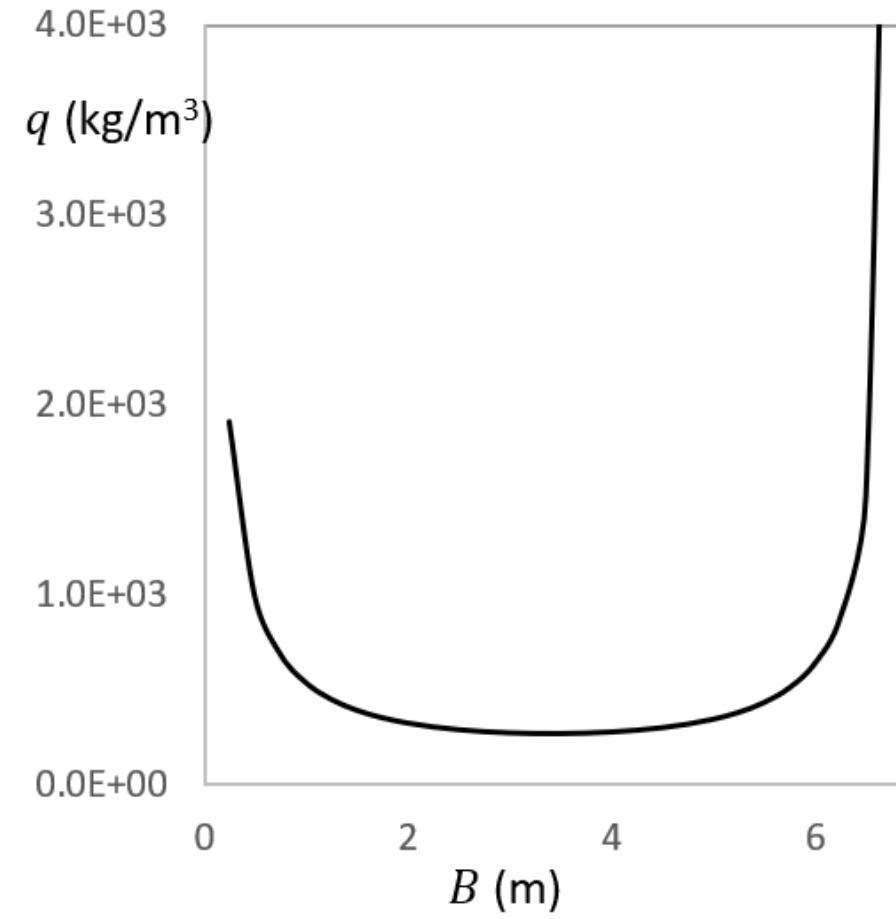


Figure 15. TLS surveyed point cloud for a bench blast test with 7 blastholes at $B \approx 2.5$ m: (a) resulting bench face with highlighted blastholes, (b) overlaid before and after blast clouds with color scale (absolute distance) for the after blast surface.

Charge spécifique vs fardeau

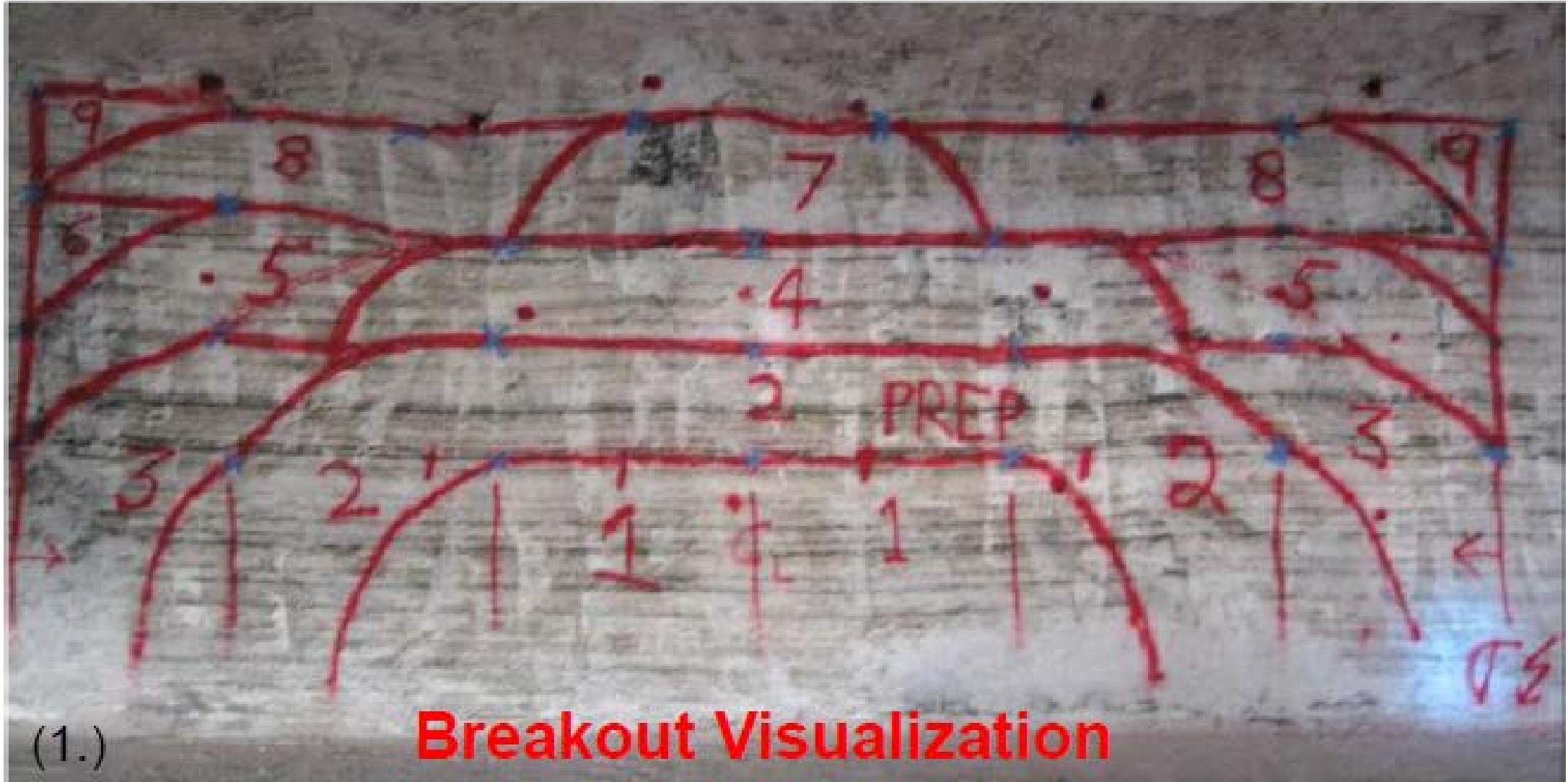


(a)



(b)

Importance de chaque trous



Prochaines étapes

Expérimental

- Corrélation multi-trous
- Analyse de distribution des particules
- Analyse de l'endomagement
- Développement de solutions pour la génération de bouchon (*cut*)

Numérique et analytique

- Analyse paramétrique
- Index géomécanique et opérationnel pour ψ et ϵ^*
- Corrélation multi-trous
- Solutions analytique de l'intéraction des ondes
- Influence des structures géologiques sur ψ et ϵ^*

Conclusion

- Optimisation des sautages normalement itératif et coûteux
- Approche index SHB pour caractériser le site et la géologie
- Modélisation du cratère en fonction du fardeau
- Projection et optimisation du positionnement des trous
- Opportunité de comparer la performance (type d'explo, diamètre, etc.).

Remerciements

- SEEQ
- Paul Kuznik et Daniel Gros Jean
- Masoud, Agata et Niloufar
- CRSNG (DG)
- ETS
- Queen`s Geomech



Références

- Aubertin, J.D., Hashemi, A.S., Diederichs, M. and Hutchinson, D.J., 2021. Elliptical blast cratering in low porosity soft rock due to emitted and reflected pressure waves interaction. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 54(11), pp.5517-5532.
- Aubertin, J.D., 2020. *Characterization of rock salt response to blasting using terrestrial laser scanning technology* (Doctoral dissertation, Queen's University (Canada)).
- Hoek, E. and Brown, E.T., 2019. The Hoek–Brown failure criterion and GSI–2018 edition. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 11(3), pp.445-463.
- Jimeno, C.L., JIMENO, E.L., CARCEDO, F.J.A. and DE RAMIRO, Y.V., 1995. Drilling and blasting of rocks.
- Wimmer, M., Moser, P. and Ouchterlony, F., 2008. Experimental investigation of blastability. In *International Conference & Exhibition on Mass Mining: 09/06/2008-11/06/2008* (pp. 645-655). Luleå tekniska universitet.