



Dynamitage en roches tendres: cas d'études sur la conception de sautages dans les mines de sel

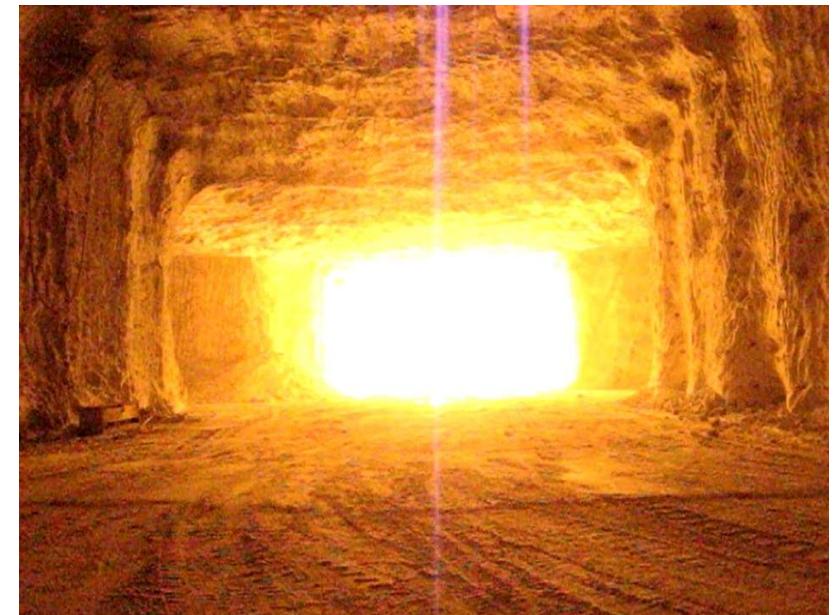
Jonathan D. Aubertin, PhD, ing

48e session d'étude de la SEEQ

2025.10.30

Contenu de la présentation

- Contextualisation roches tendres
 - Méthode de minage
 - Connaissances empiriques
- Quantifier la différence via SHoBI
- Explication des mécanismes observés
- Applications avec cas d'étude



Définition roches tendres



Hématite (minerais de fer) 250+ MPa



Granite Baie James 200 Mpa



Calcaire de Montréal 100 MPa



Sel et potasse 30 Mpa



Béton conventionnel 25 MPa



Charbon 20 MPa



Schiste 10 MPa

Le sel et la potasse sont:

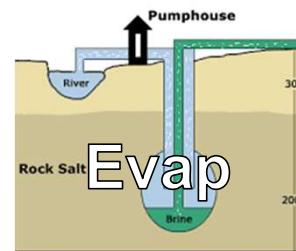
- Plus résistant que le béton
- Faible porosité
- Soluble à l'eau
- Ductile

Contexte – sel gemme

Extraction du sel



Solaire



Minage

Applications



Sel de
déglâçage



Chemicals
industry



Nourriture
MORTON
SALT

J.D. Auperle /

Minage du sel gemme



Chambre et pilier

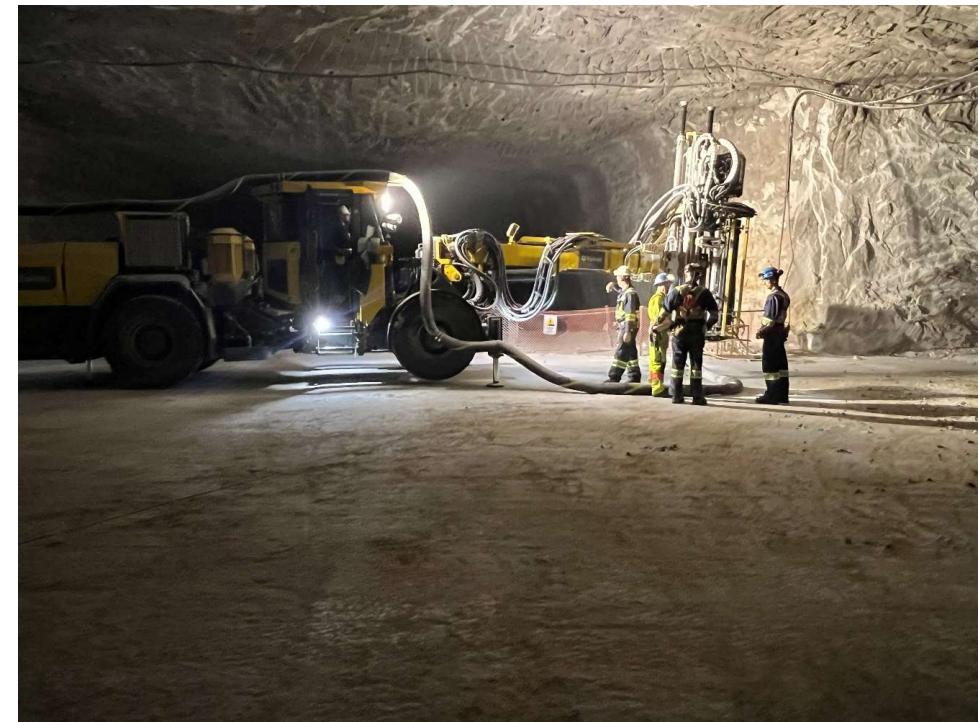


Horizontal et vertical

Faces



Bancs



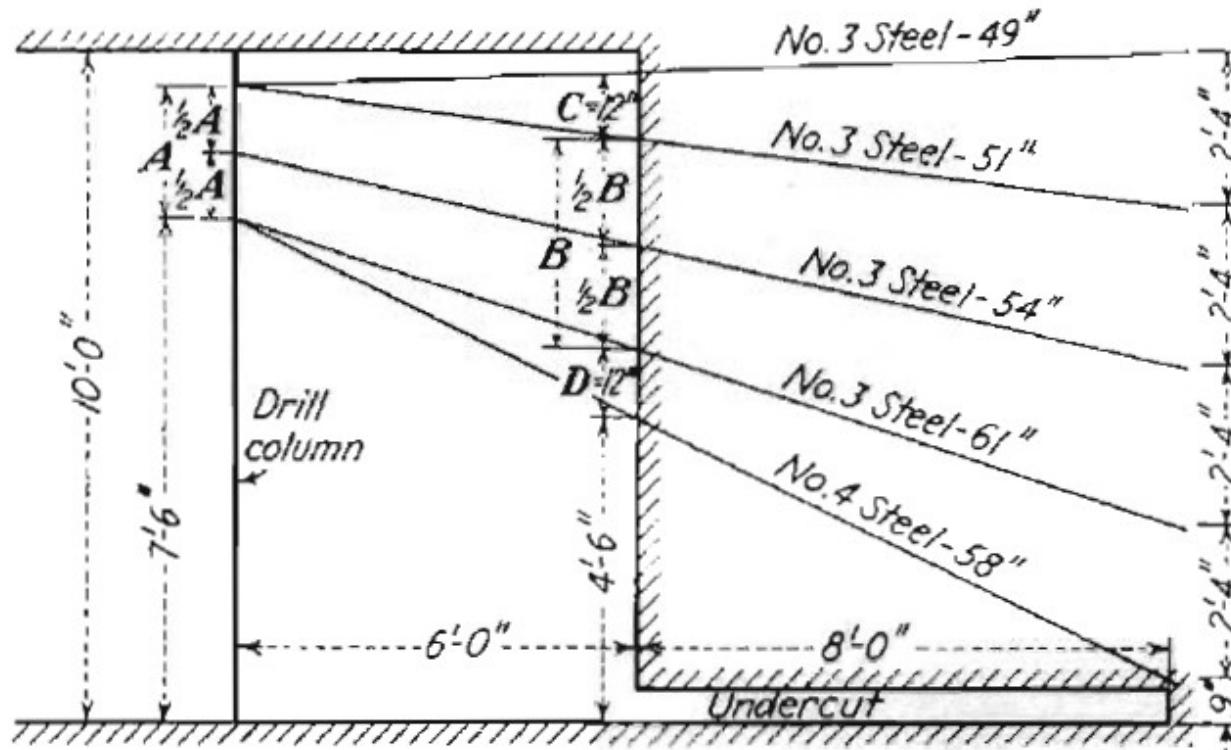
Forage-sautage du sel gemme

- Principale méthode d'extraction pour le sel en Amérique du Nord et l'Europe
- Le sautage par bancs verticaux est courant et très avantageux pour les gisements suffisamment épais
- Sautage de chantier de l'ordre du 1 000 à 10 000 tonnes
- Règles conventionnelles de conception s'applique mal
 - Méthode de sautage adaptée



PERSPECTIVES HISTORIQUES ET EMPIRIQUES DES SAUTAGES DU SEL GEMME

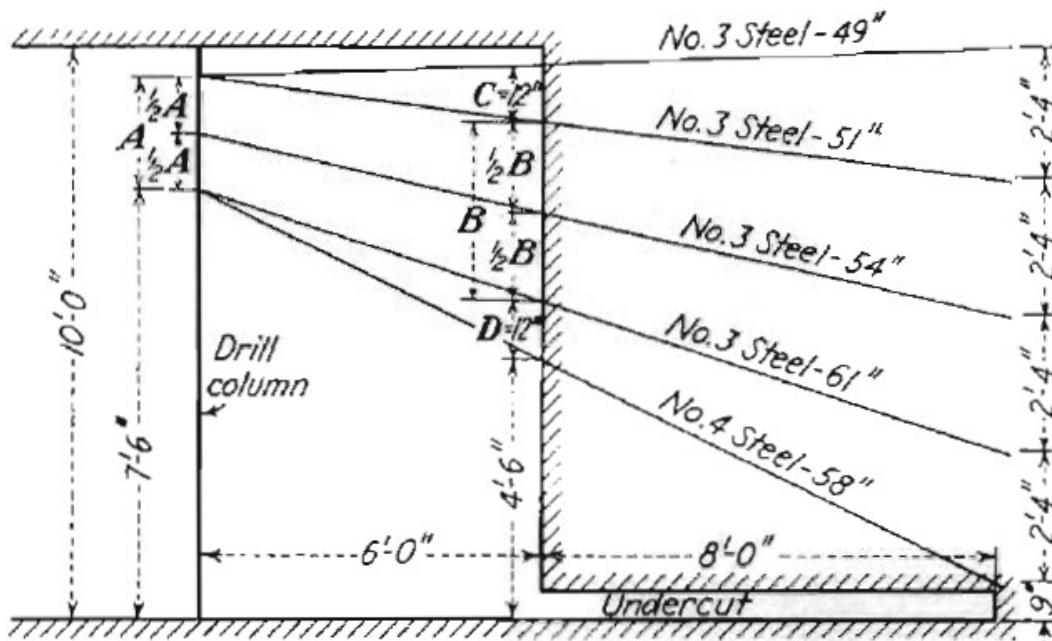
Historique du forage sautage dans le sel



Pierce, 1936 – Horizontal development drift in salt and potash, Carlsbad, New Mexico

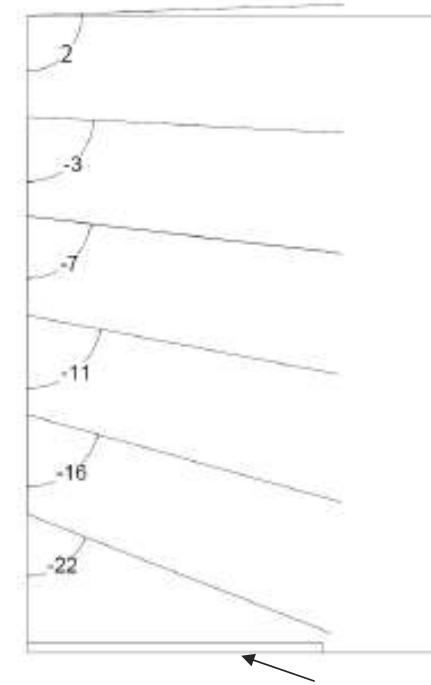
Historique du forage sautage dans le sel

Pierce, 1936



Konya, 2016

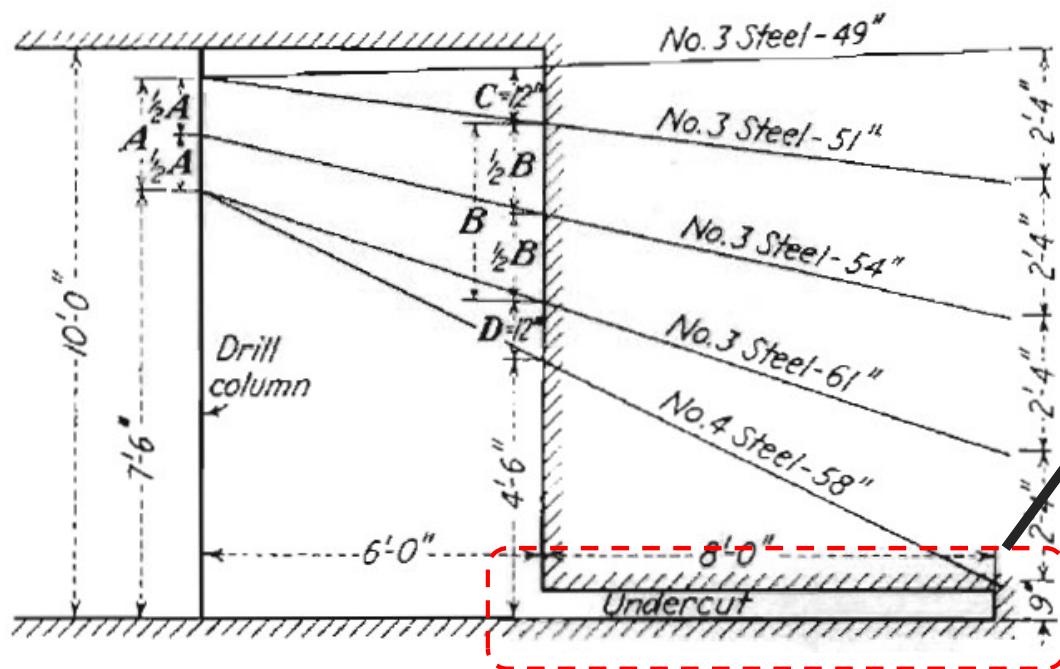
(Avery Island, LA, USA)



Haveuse pour couper le bas des faces

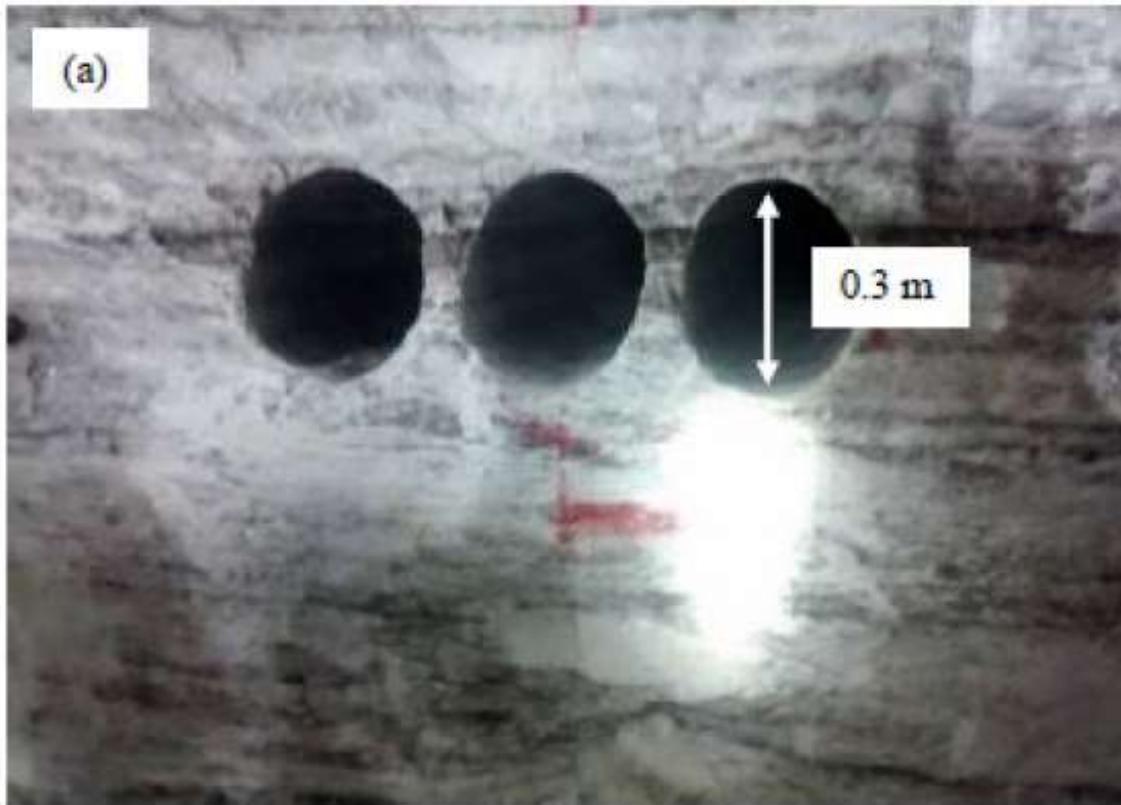


Historique du forage sautage dans le sel



Surface libre
réflexion des ondes

Alternatives à la haveuse



Notions empiriques

- Importante génération de fines (au-delà des modèles)
- Burn cut et v-cut difficile à réaliser
 - Mécanisme de fracturation différent
- Utilisation difficile de l'emulsion en vrac,
 - ANFO généralement préconisé (conditions sèches)

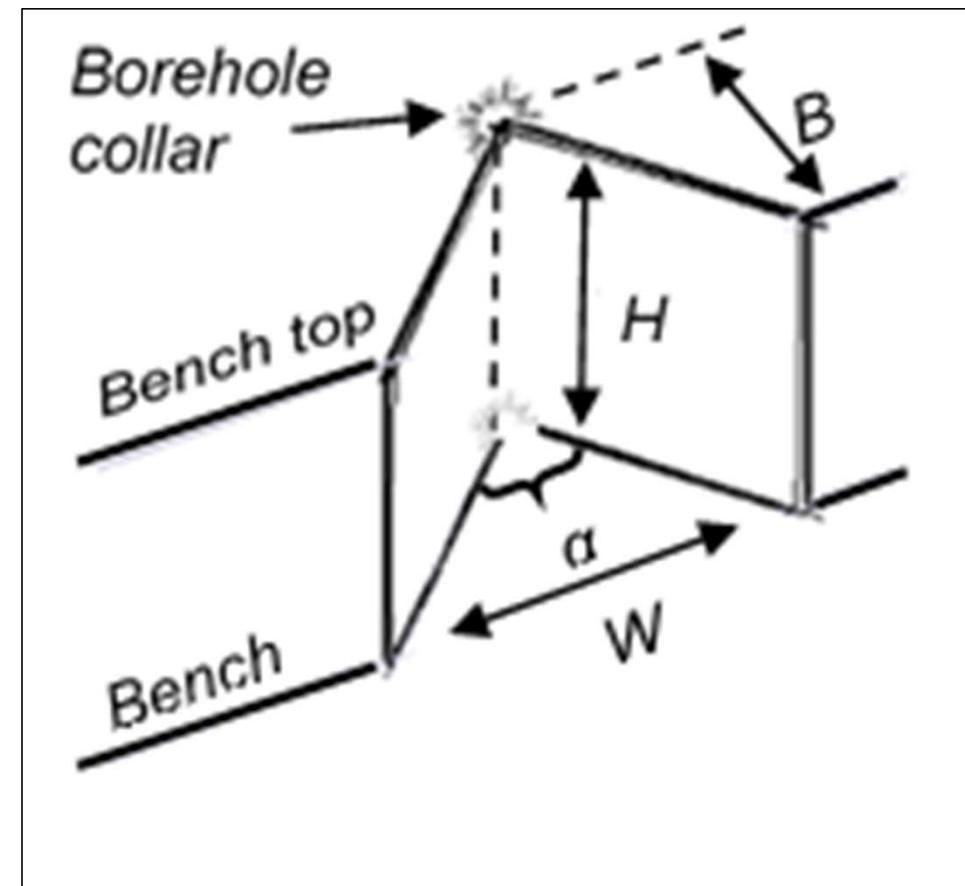
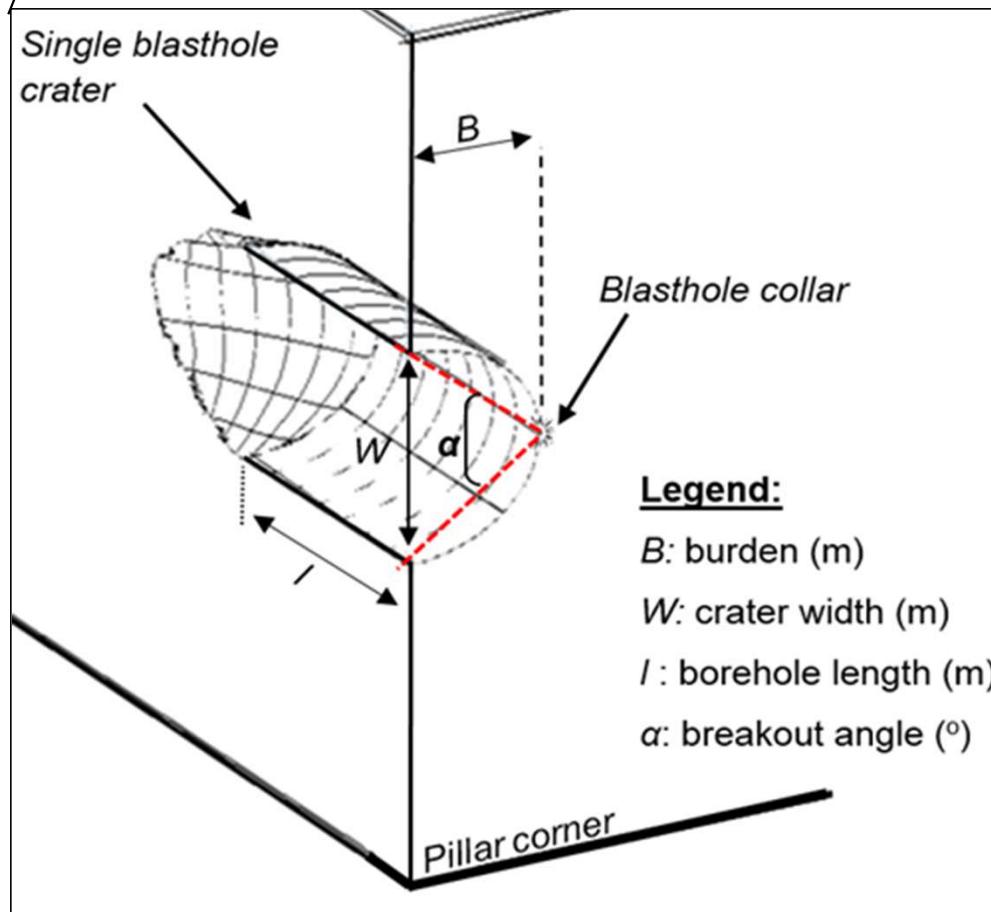
COMMENT EXPLIQUER LE COMPORTEMENT DU SEL GEMME (ET DE LA POTASSE) DURANT UN SAUTAGE

[Voir aussi thèse à Queen's University](#)

Complément cratères (SHoBI)

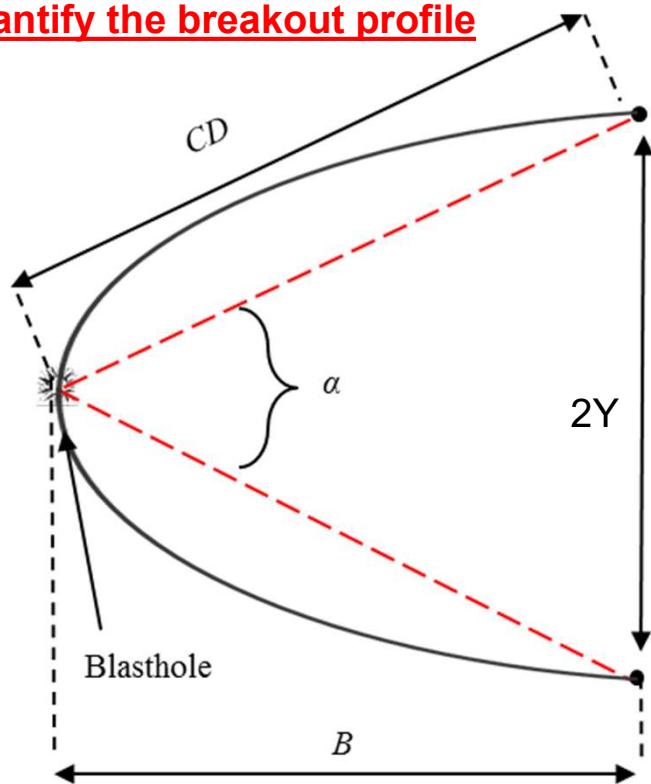
- Besoin d'une méthode pour évaluer le comportement
 - Évaluation paramétrique et systématique
 - Analyse comparative avec point de référence quantifiable
- L'analyse des trous cratères (SHoBI) permet un programme de recherche de 2015 à 2020 dans plusieurs mines de sel

Rappel SHoBI (SEEQ 2023)



Rappel SHoBI (SEEQ 2023)

Quantify the breakout profile

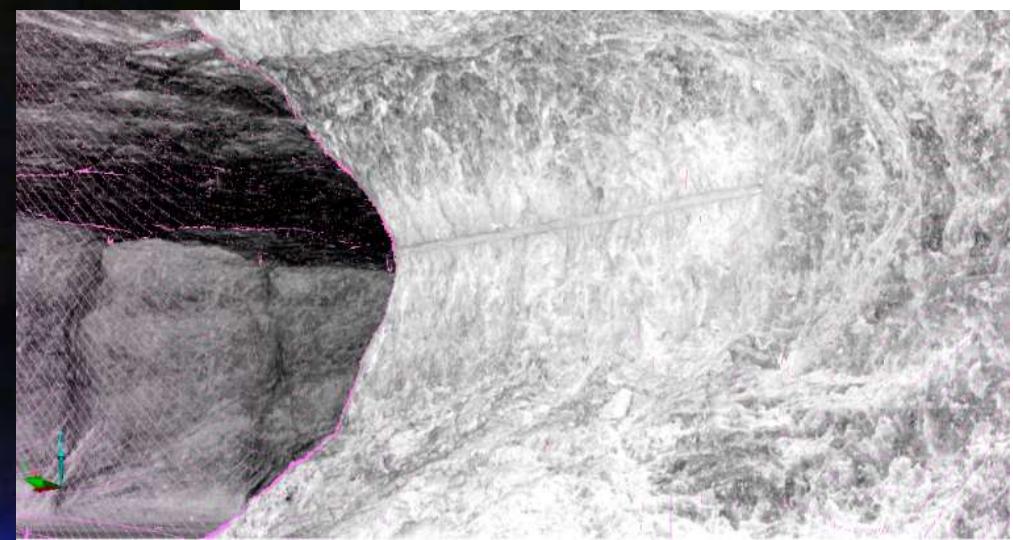


**Calibration de la relation entre
le fardeau et le profil du cratère**

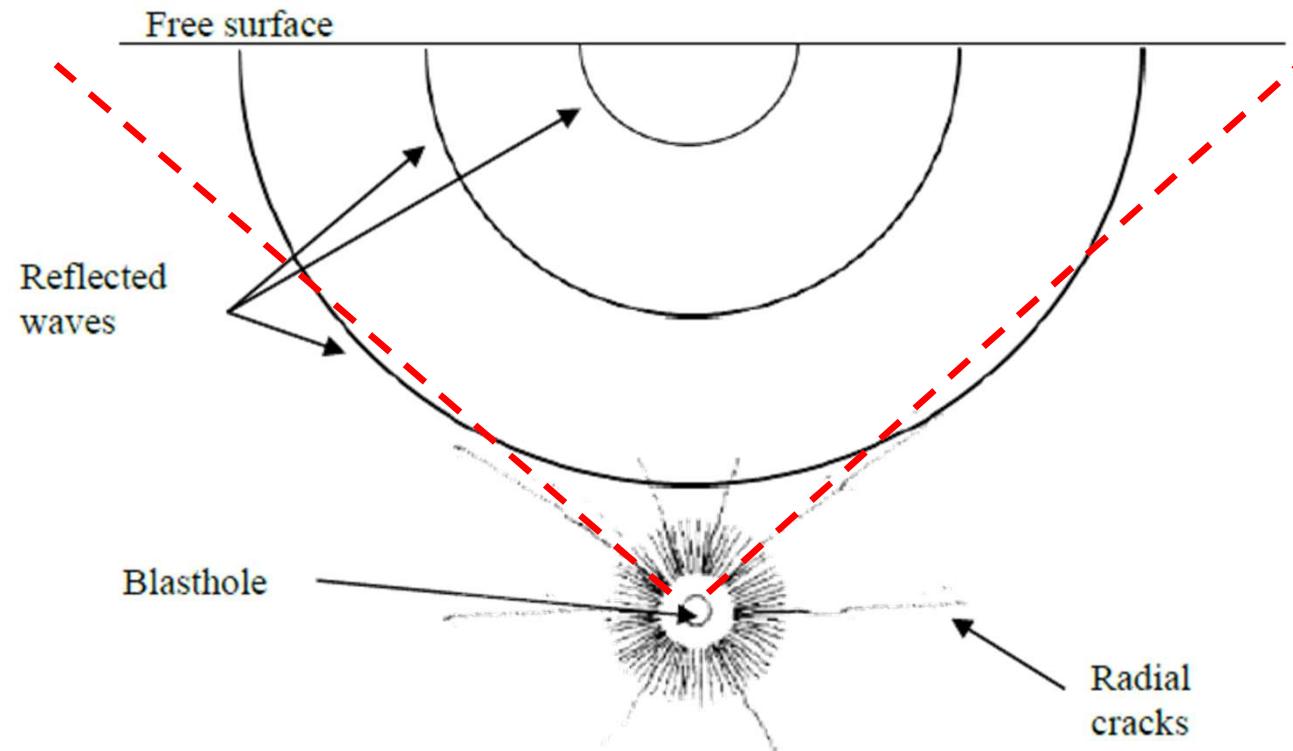
Profil du cratère

$$Y(B) = C(B) \cdot b^s$$

Collecte de données



Extension des fractures radiales



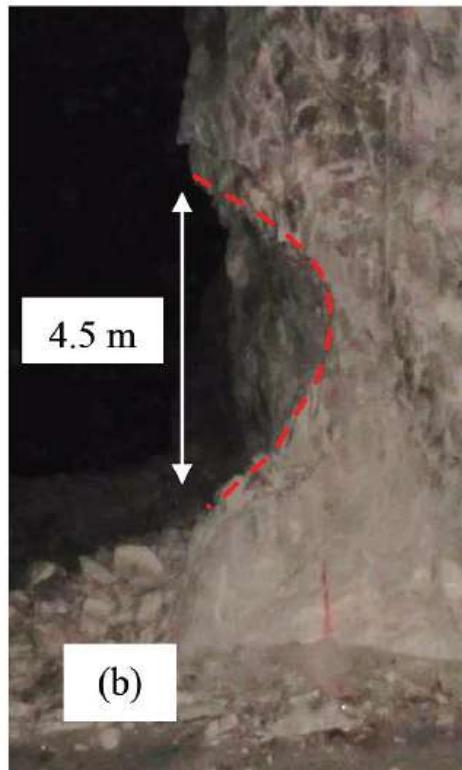
Les ondes réfléchies en traction ouvrent les fractures radiales → cratère prismatique idéalisé en condition massive et homogène

Extension des fractures radiales

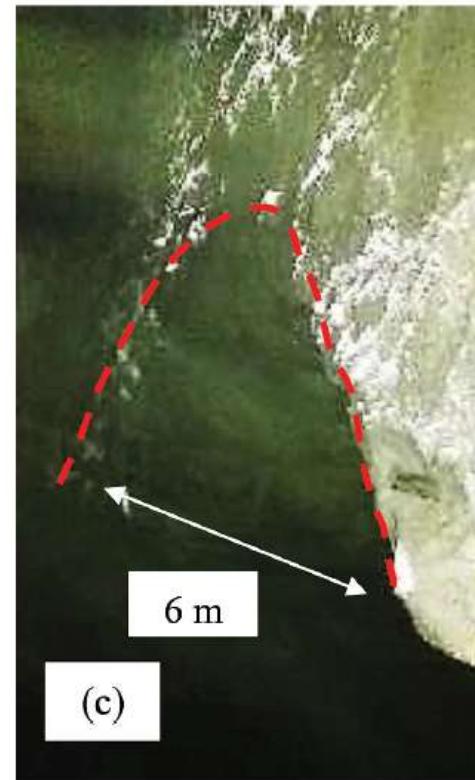


Résultats d'essais SHoBI dans le sel

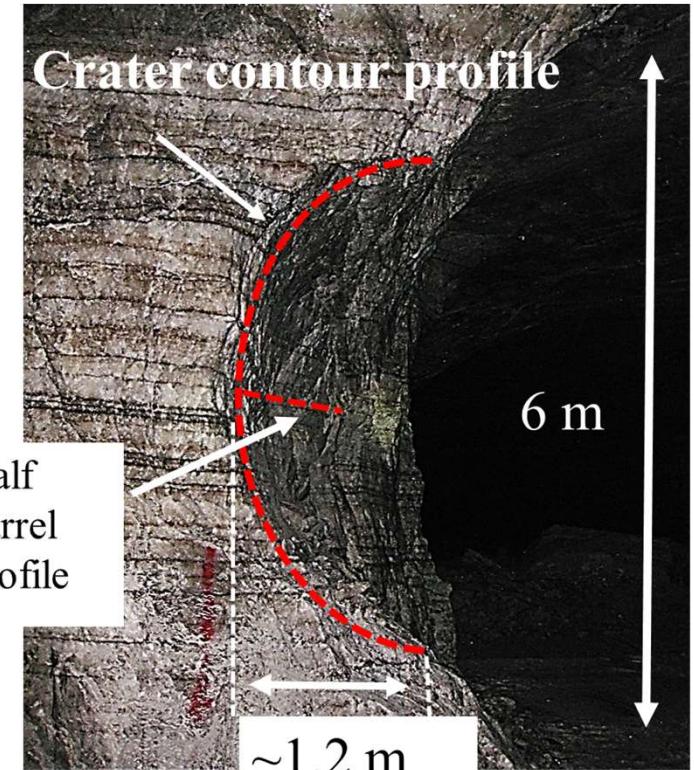
Diapir



Dome



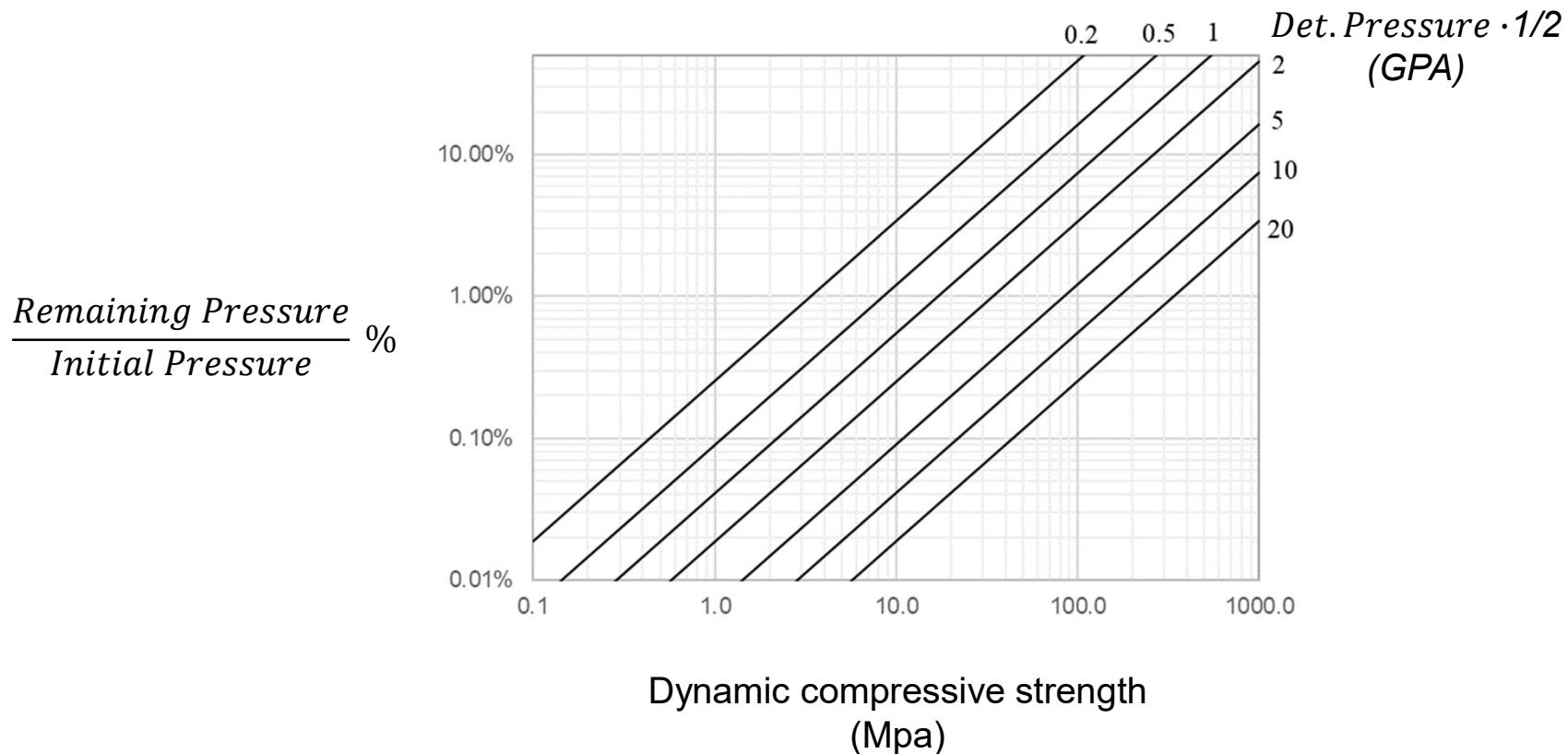
Tabular deposit



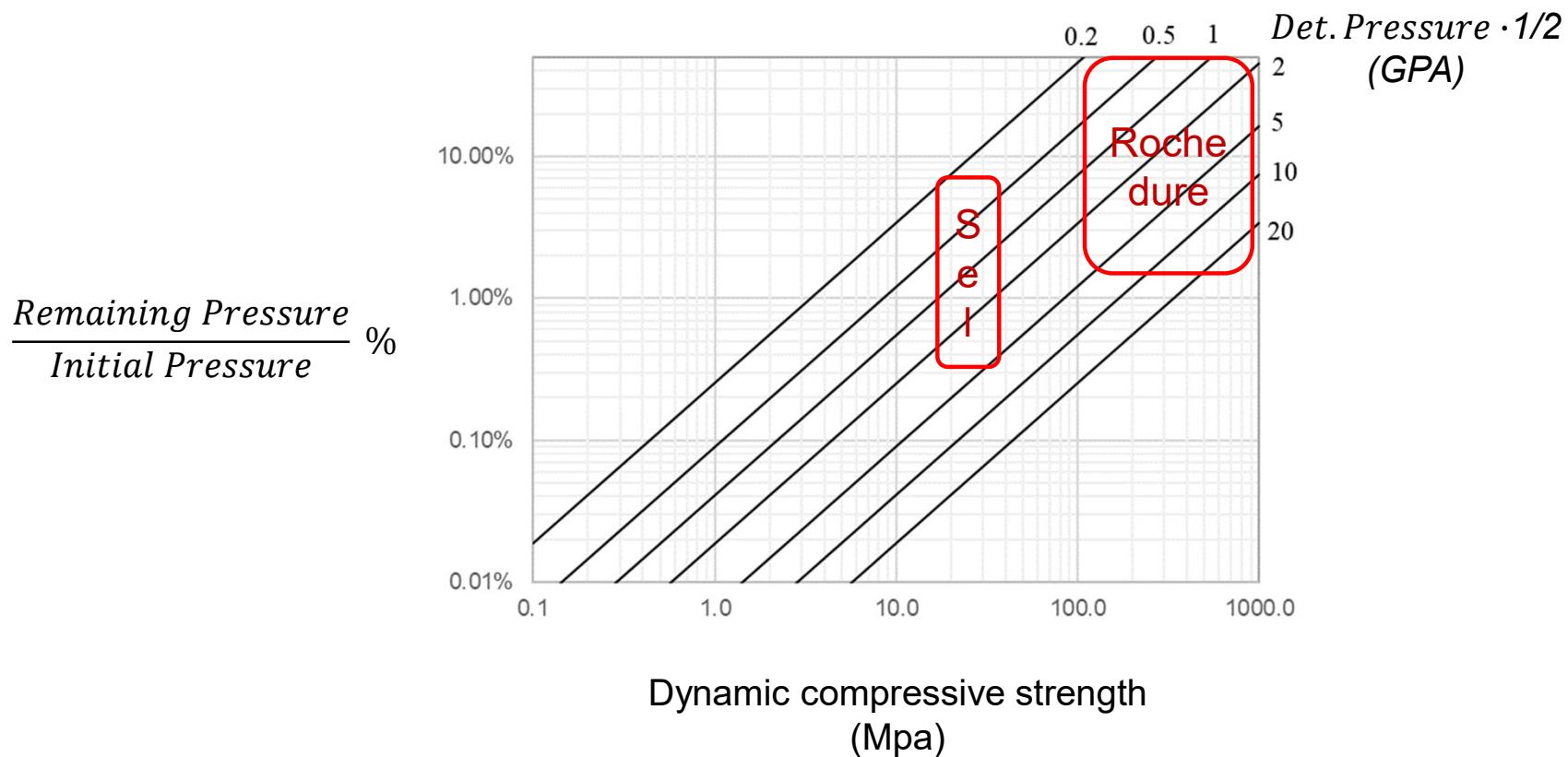
PERSPECTIVE GÉOMÉCANIQUE

Différences fondamentales

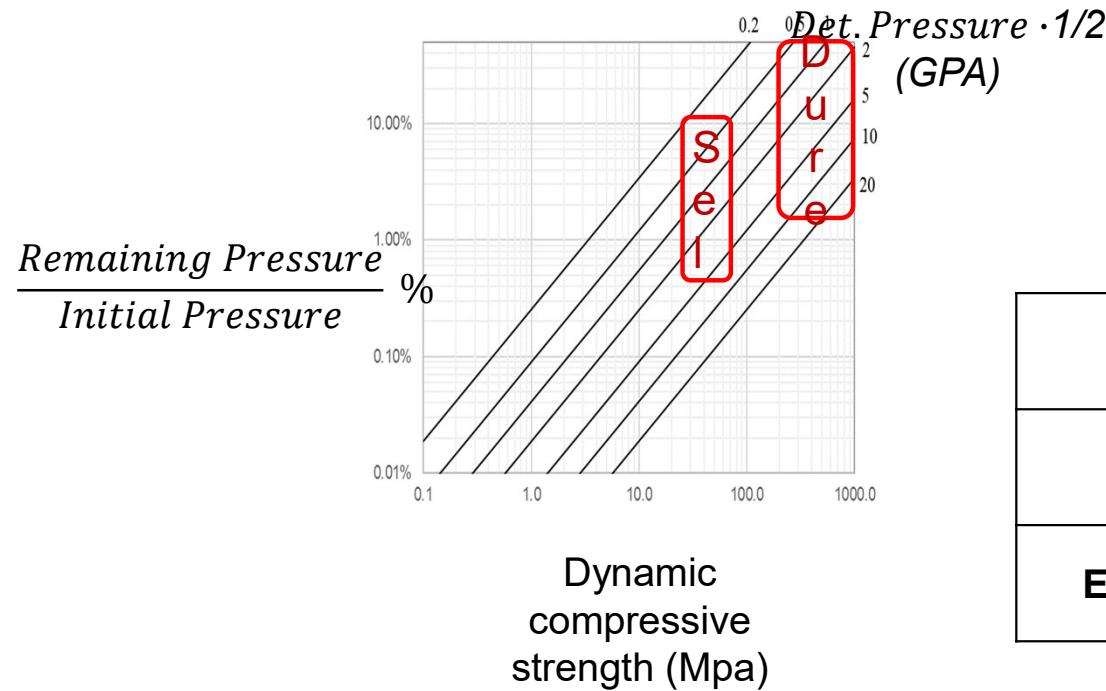
Pertes énergétiques par pulvérisation du roc



Pertes énergétiques par pulvérisation du roc



Pertes énergétiques



Pression restante

	Sel	Roche dure
ANFO	5%	20%
EMULSION	0.5%	10%

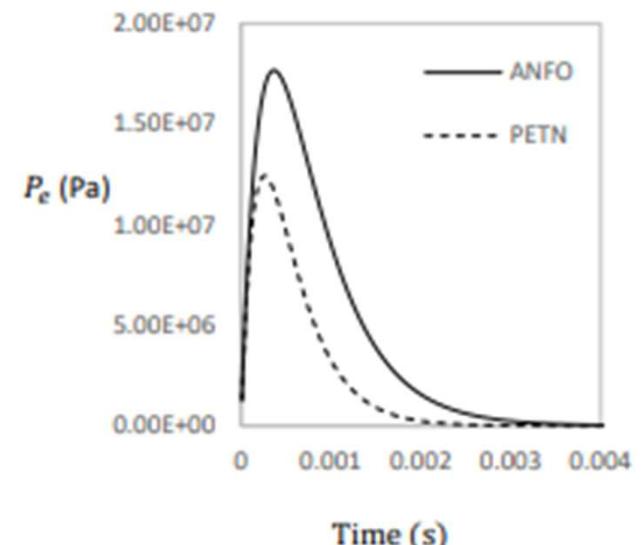
Salt geomechanics

Faible résistance
mécanique

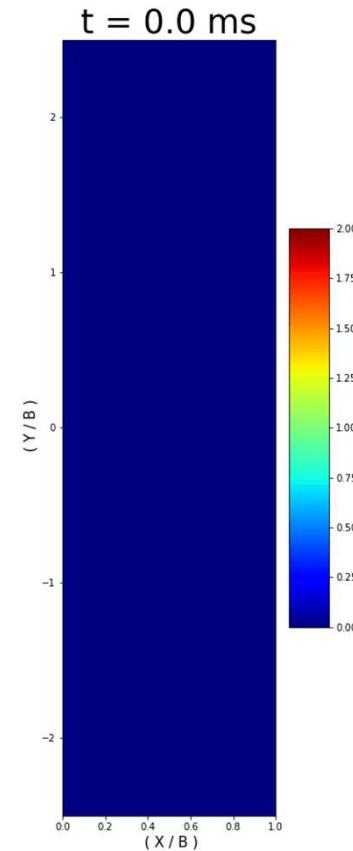
Forte atténuation
(near field)

Utilisation d'explosifs
moins efficace

Onde source plus longue

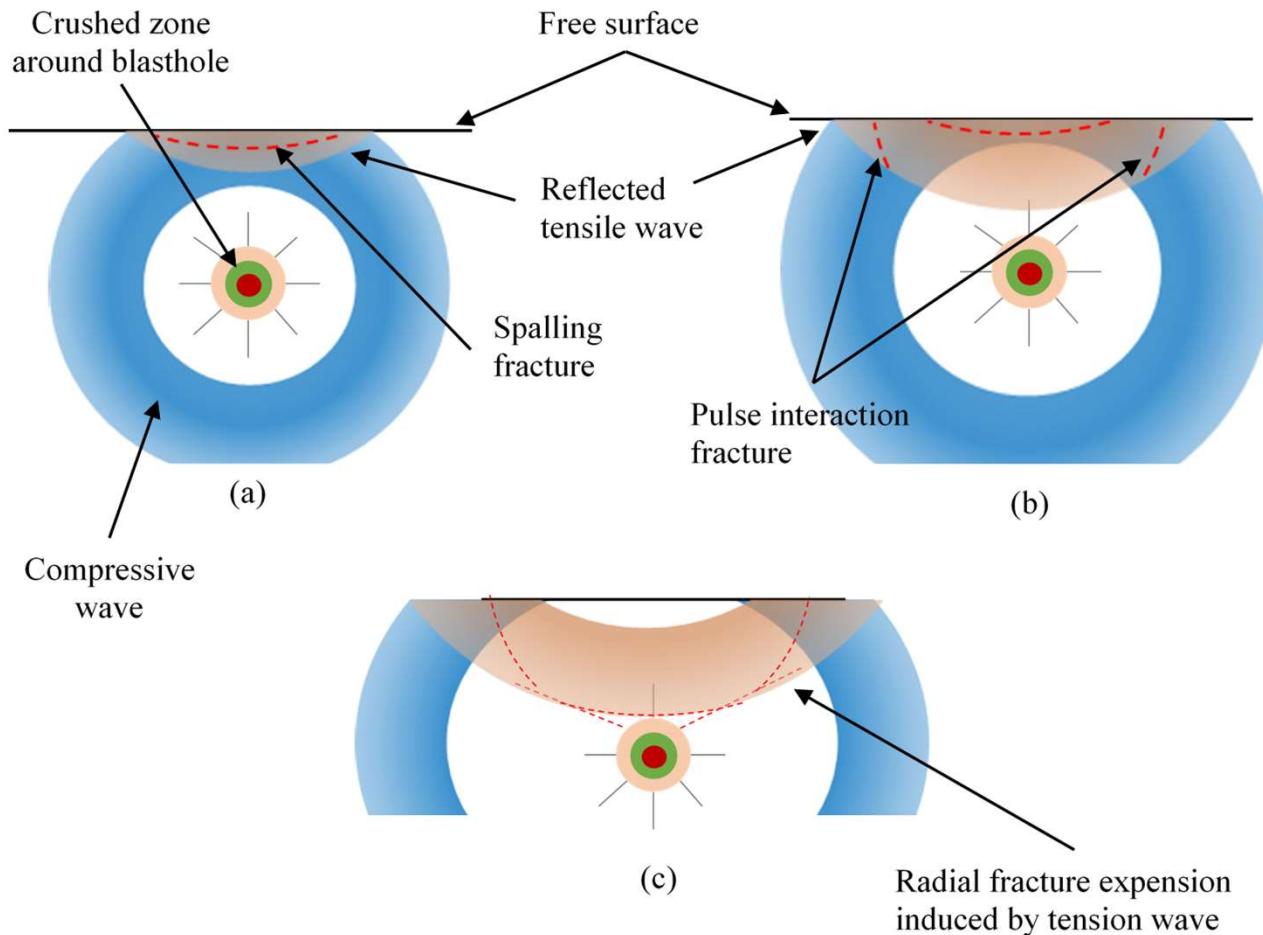


Cratère elliptique



Color scale for
deviatoric stress

Elliptical cratering

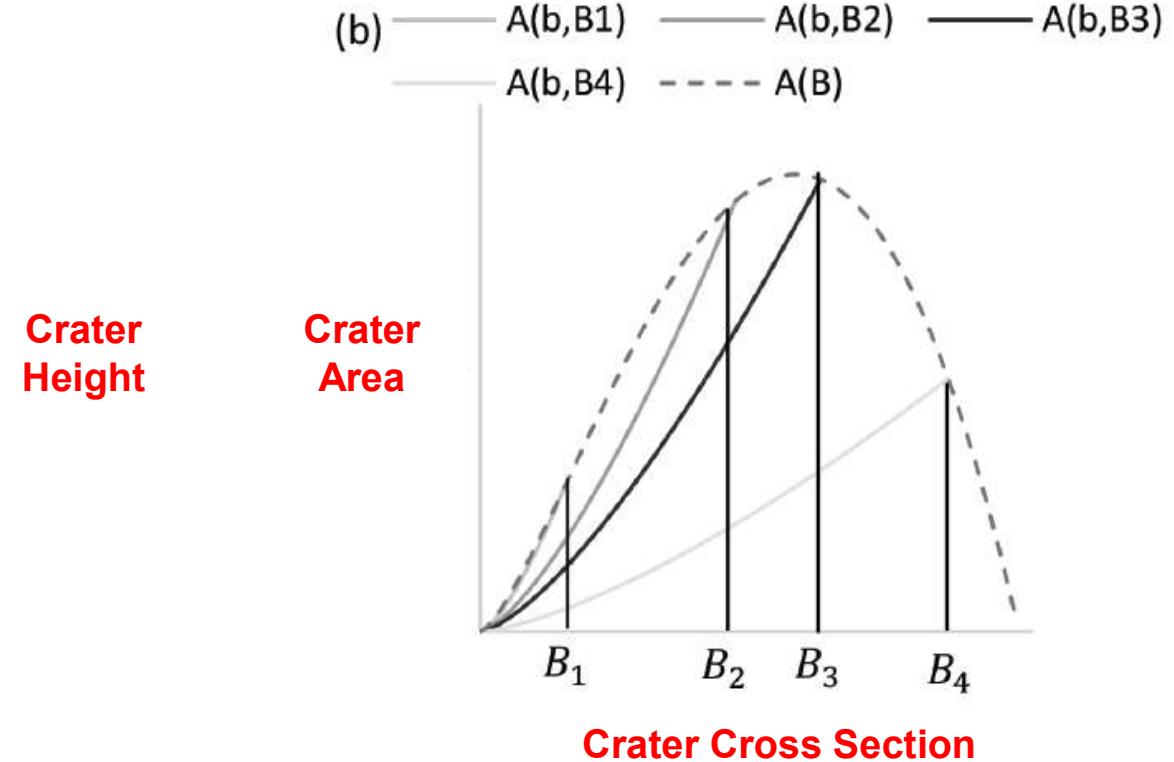
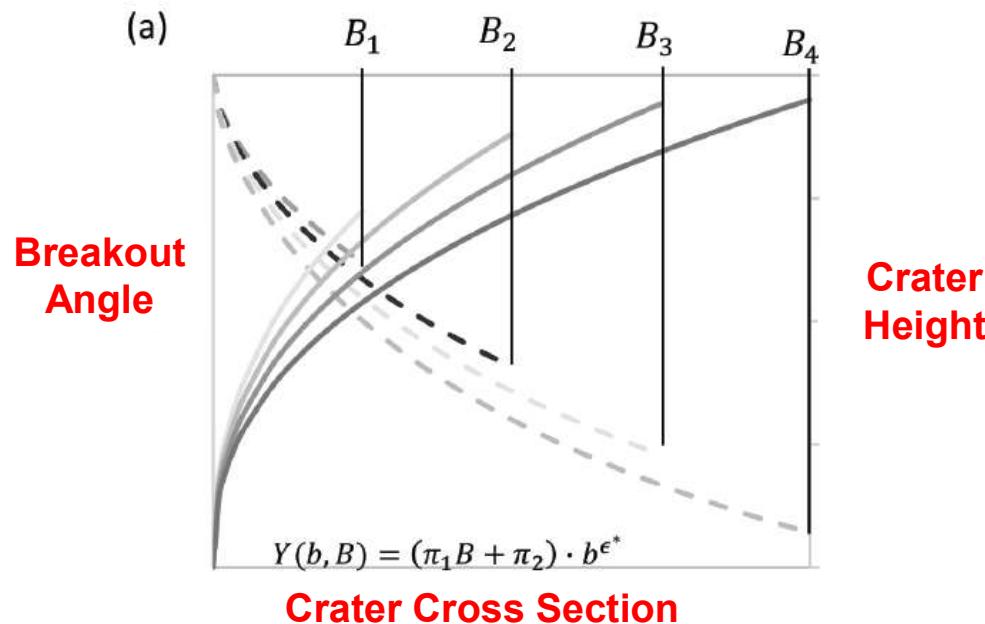


APPLICATIONS ET CAS D'ÉTUDE

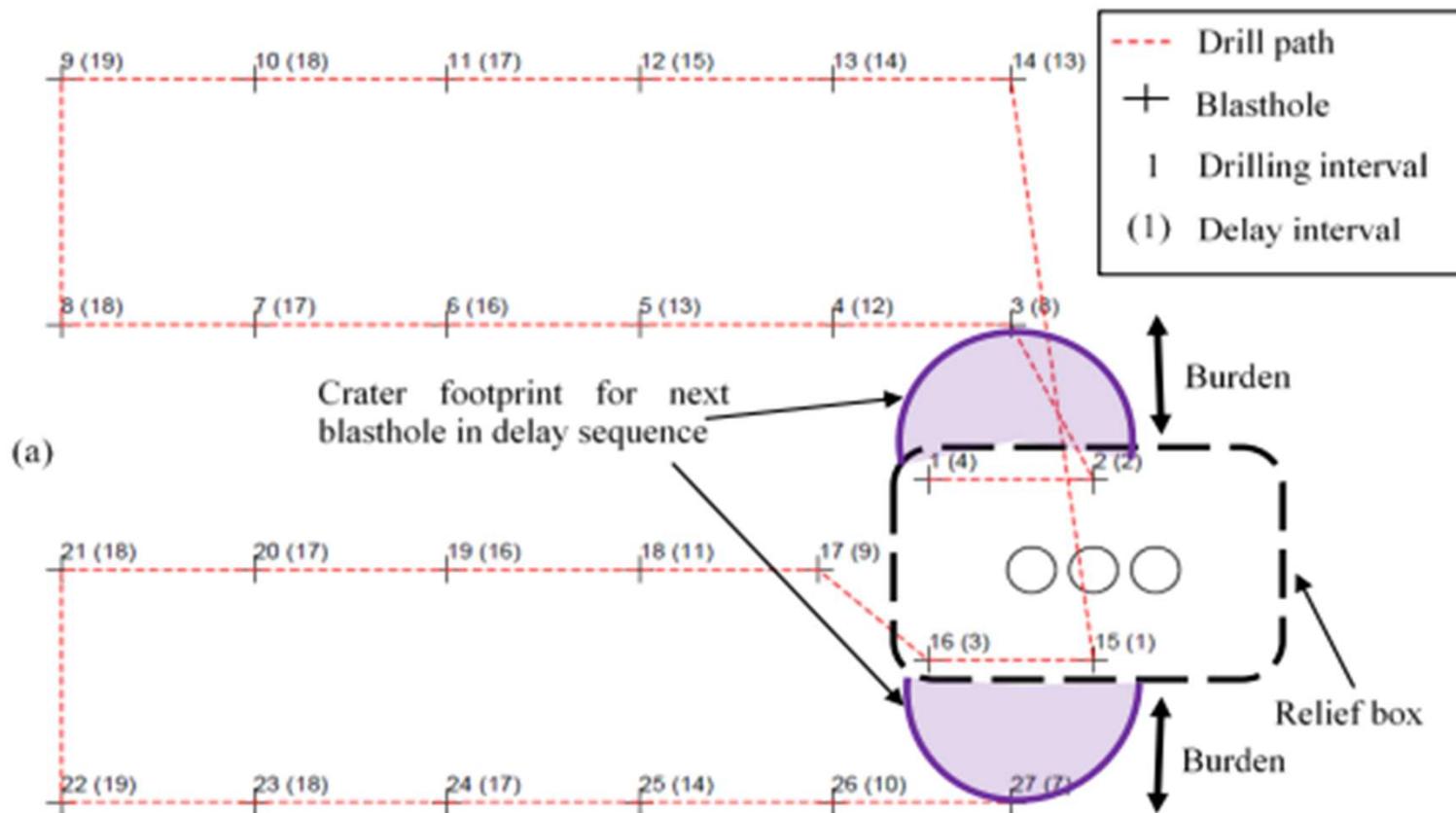
Transition vers coupes par trous de tarrière



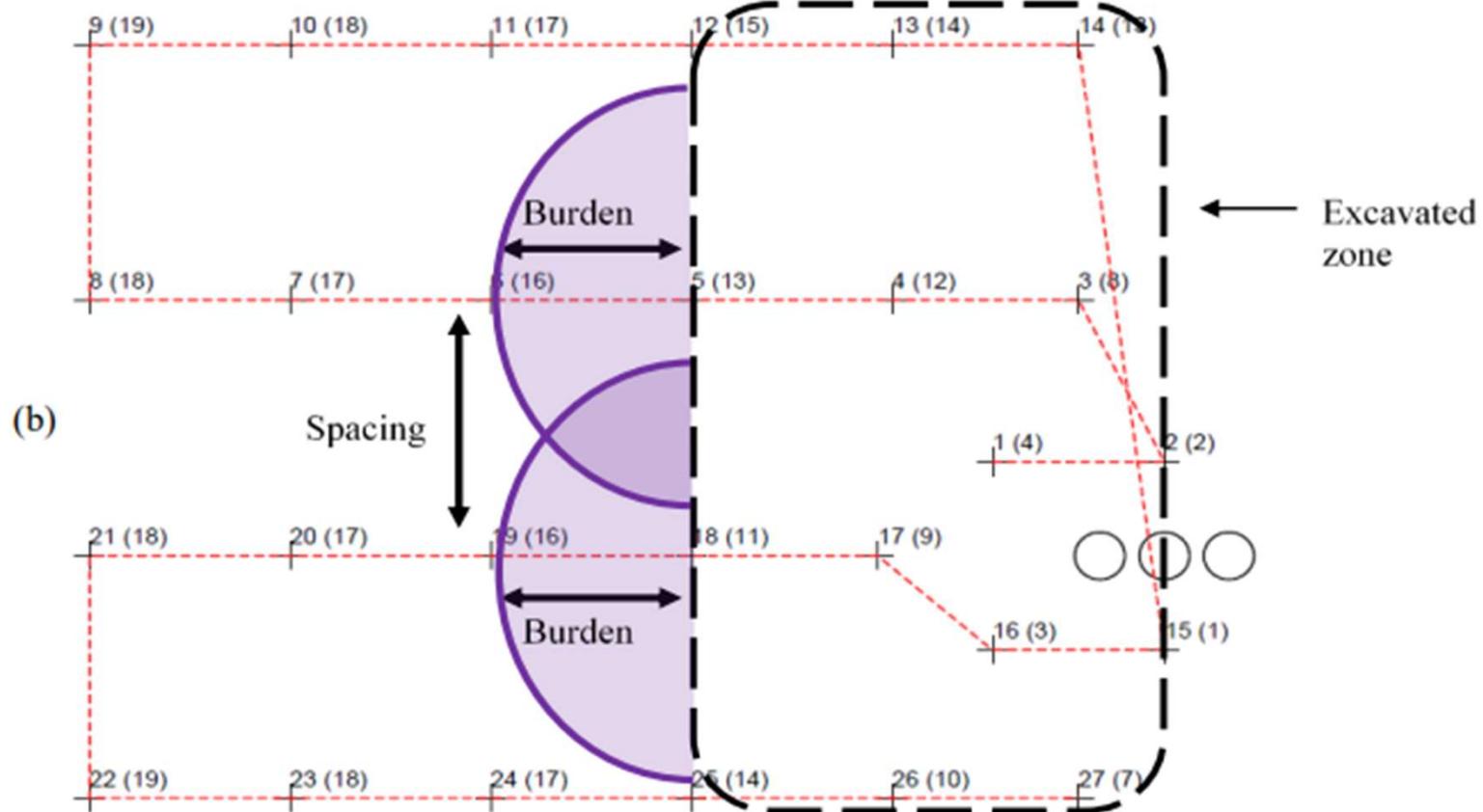
Callibration SHoBI



Séquence de cratère



Séquence de cratère



Séquence de cratère



Comparaison de diamètres - Pugwash



Comparaison différents diamètre

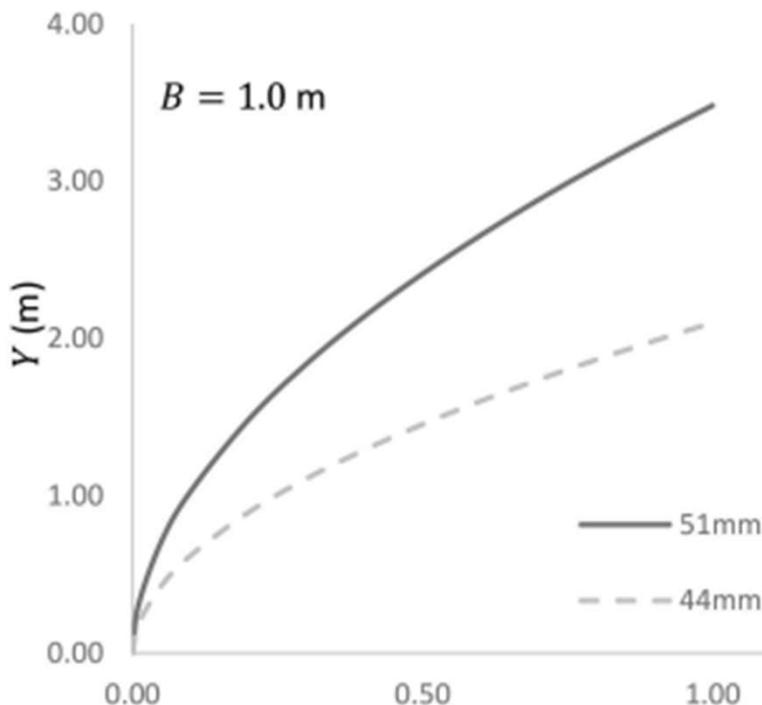


Figure 12. Half crater shape for design burden $B = 1$ m, for blastholes of diameter $\phi = 51$ and 44 mm.

Parameter	Current ($\phi = 44\text{mm}$)	Config. 1	Config. 2	Config. 3	Config. 4
# r	8	5	5	5	6
# c	8	10	9	8	7
# BH	64	50	45	40	42
S (m)	2.61	2.03	2.29	2.61	3.05
B (m)	1.14	1.83	1.83	1.83	1.52
Face not covered by ind. craters	5.0%	2.4%	3.0%	3.9%	5.6%
Crater overlap	48%	64%	59%	54%	45%

Table 9. Blast pattern configurations for field trials with blasthole diameter, $\phi = 51$ mm.

Optimisation du fardeau – Weeks Island

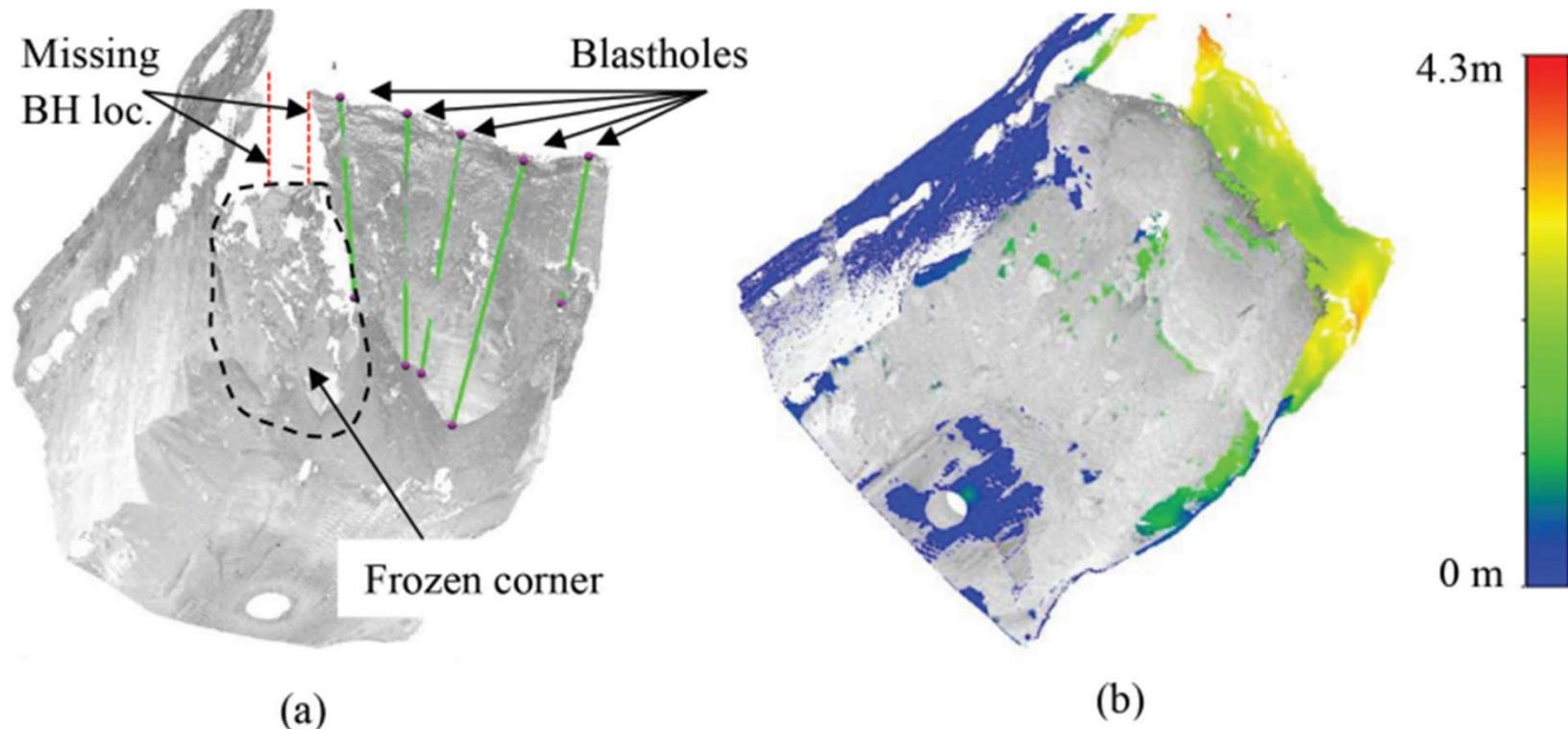


Figure 15. TLS surveyed point cloud for a bench blast test with 7 blastholes at $B = 2.5$ m: (a) resulting bench face with highlighted blastholes, (b) overlaid before and after blast clouds with color scale (absolute distance) for the after blast surface.

Optimisation du fardeau – Weeks Island

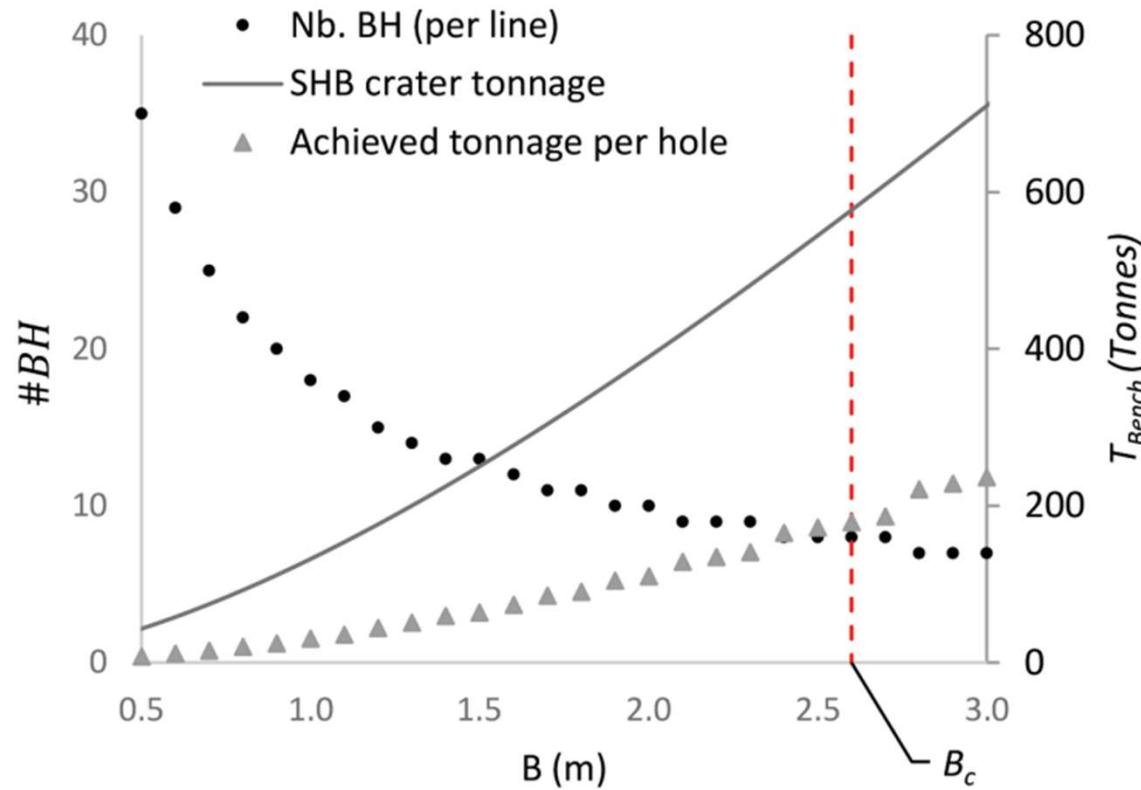


Figure 13. Number of blastholes per row based on burden dimension.

Conclusions

- Ouverture large des cratères pour un fardeau donné
- Pour un trou individual, un grand fardeau permet de réduire le facteur poudre mais...
- Une reduction de fardeau permet de maximiser le ratio S/B

Conclusions

- Besoin de large surface libre
 - Maximiser le mécanisme de cratère
- Avantage à minimiser les pertes d'énergies près du trou
 - Plus petit diamètre
 - Explosifs moins efficace + tracing
- Visualiser la sequence des cratère permet d'optimiser leur positionnement

Remerciements

