

# Dynamitage de Pilier de niveau

Sans accès direct de la surface



Agata Loboda

17 novembre 2022

# Mine Detour Lake

**Dynamitage Automne 2021**

Présenté au CIM 2022 avec la collaboration de:

Adele Malo, EIT

Agnico Eagle Mines Limited

Simon Gennaro, EIT

Agnico Eagle Mines Limited



**AGNICO EAGLE**  
**DETOUR LAKE**

# À l'ordre du jour

- Présentation du site de la mine
- Considération géotechniques
- Forage et dynamitage
- Exploitation minière et KPI
- Élimination des risques
- Conclusion



# Minute SST

## Collaboration & Communication

- Plusieurs participants
- Horaire FIFO
- Conditions variables
- Inconnue
- Apprentissage de d'autres opérations

BBA.CA



# À l'ordre du jour

- Présentation du site de la mine
  - Aménagement du site
  - Méthodologie actuelles (2021)
- Considération géotechniques
- Forage et dynamitage
- Exploitation minière et KPI
- Élimination des risques
- Conclusion



# Exploitation minière autour des mines souterraines historiques

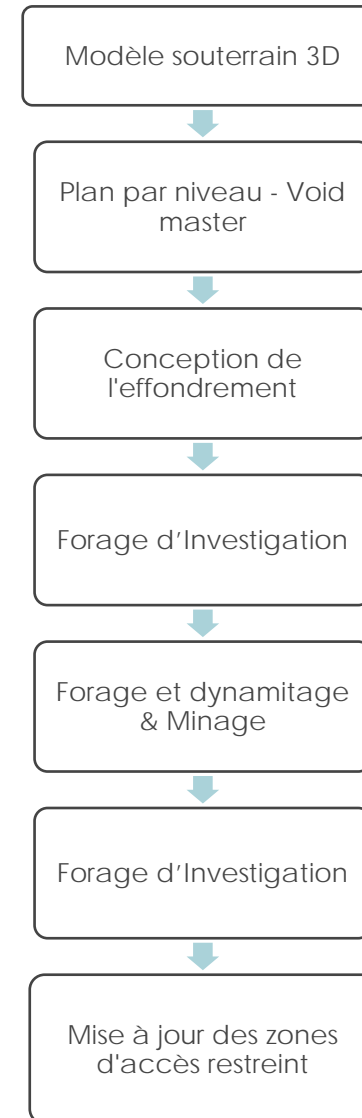
Les mines souterraines représentent des défis et des gains uniques

- Principaux défis
  - Sécurité - accès restreint
  - Une fragmentation souvent imprévisible
  - L'acier d'ancien soutènement
  - Outils / Équipements/ Déchets
  - Une progression minière plus lente
  - L'inconnue
- Gains
  - Des teneurs élevées accompagnées par des réconciliations à teneurs positives
- Emplacement du dynamitage:
  - Phase 2 Niveau 27



# Méthodologie actuelle

- Plan complet des vides (void master) avant de développer des bancs
  - Identifier les zones qui nécessitent un effondrement
  - Identifier les zones qui peuvent nécessiter un forage d'investigation
  - Concevoir tous les trous d'effondrement
- Mise à jour des zones réglementées
- Inspections sur le terrain - Inspections après l'explosion
- AQ/CQ Assurance et contrôle de qualité



# À l'ordre du jour

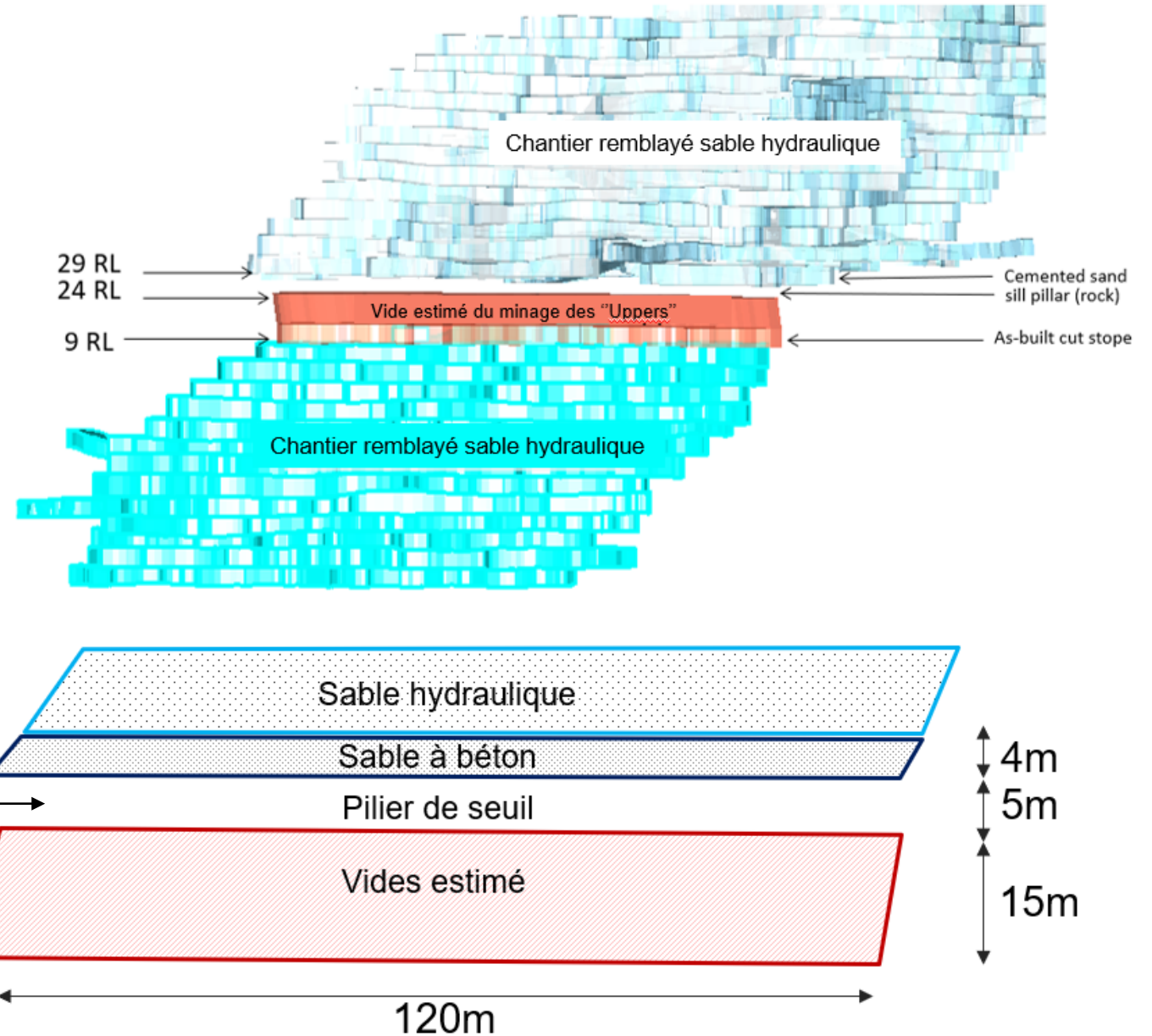
- Présentation du site de la mine
- Considération géotechniques
  - Modèle des vides souterrains
  - Optimisation des zones restreintes
- Forage et dynamitage
- Exploitation minière et KPI
- Élimination des risques
- Conclusion



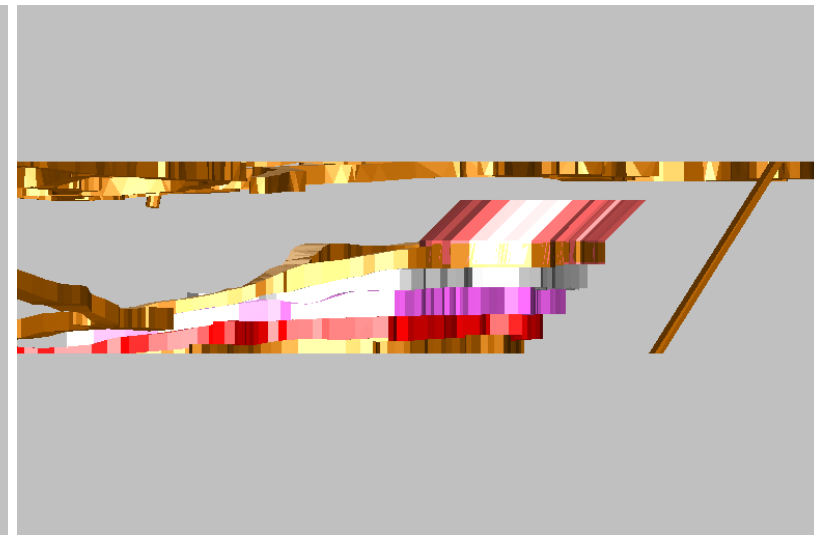
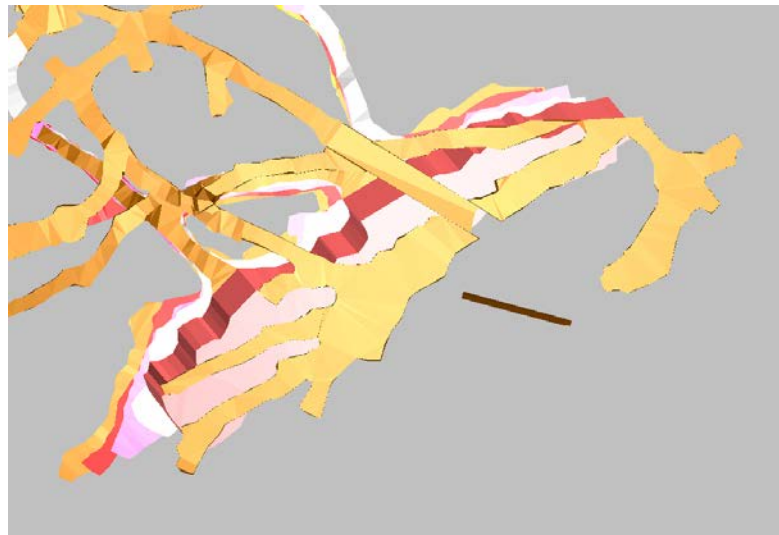
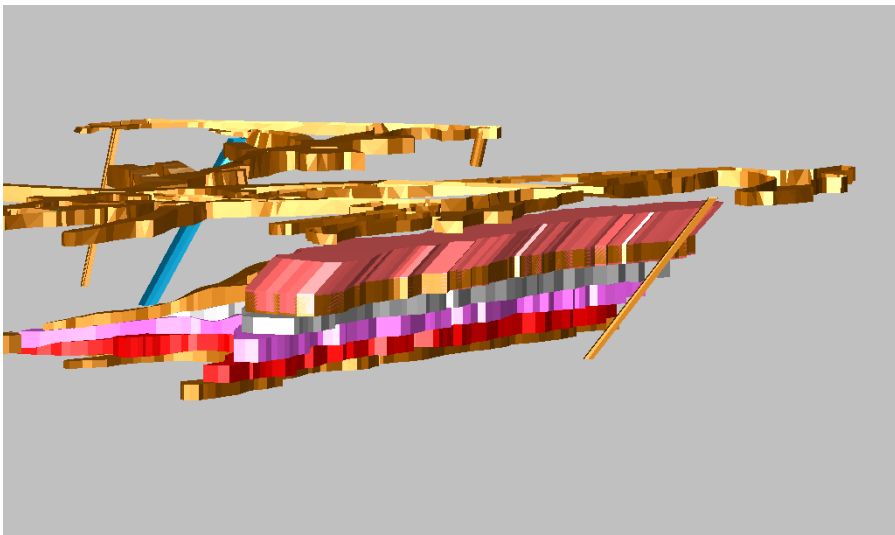
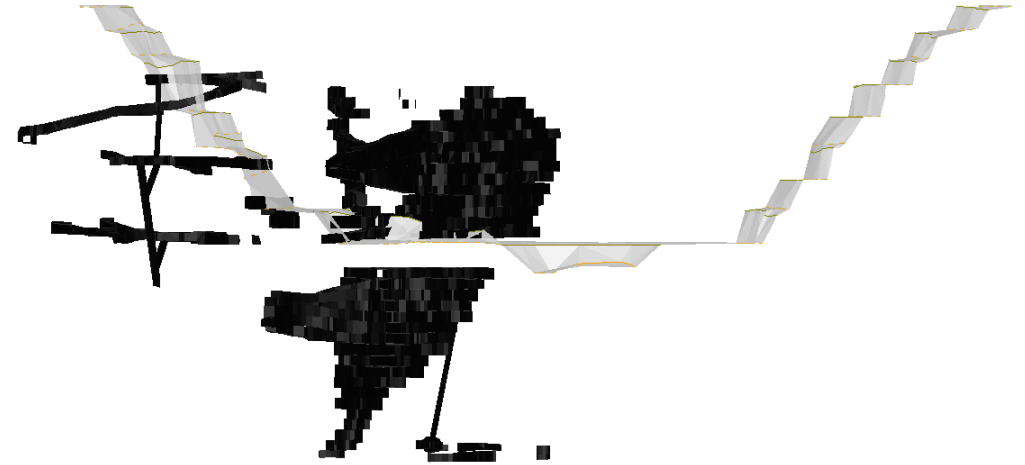
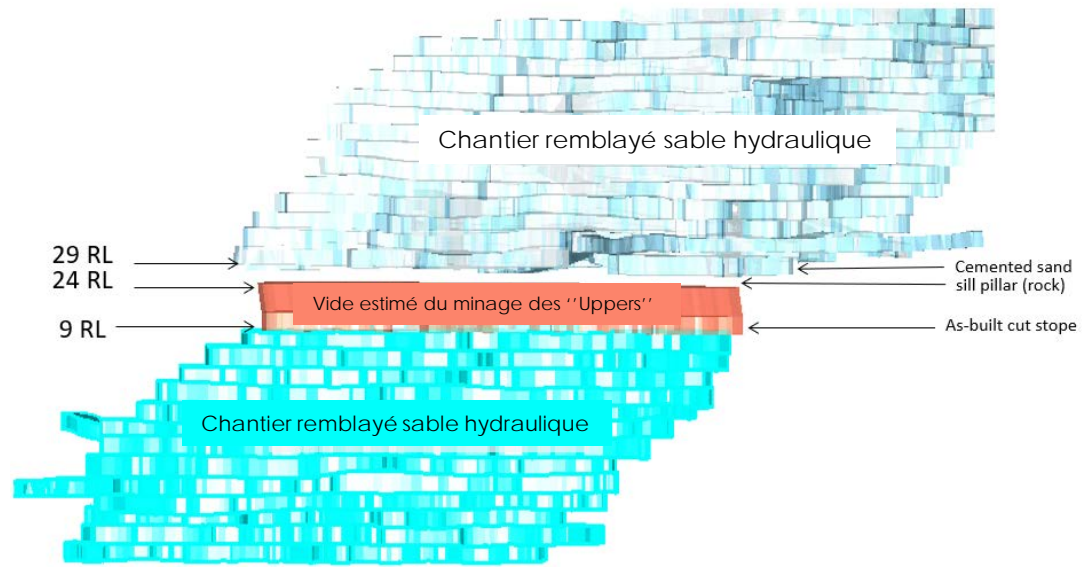
# Estimation du Vide

## Modèle Souterrain

- Vides non cartographié
- Suggestion de présence de vides à partir de la documentation historique
- Estimation de la taille et de l'emplacement des vides en fonction du processus ST
- Effectuer des sondages pour confirmer la taille et l'emplacement des vides
- L'épaisseur estimée de 5m du pilier était trop peu pour permettre de miner puis d'installer une foreuse au dessus.

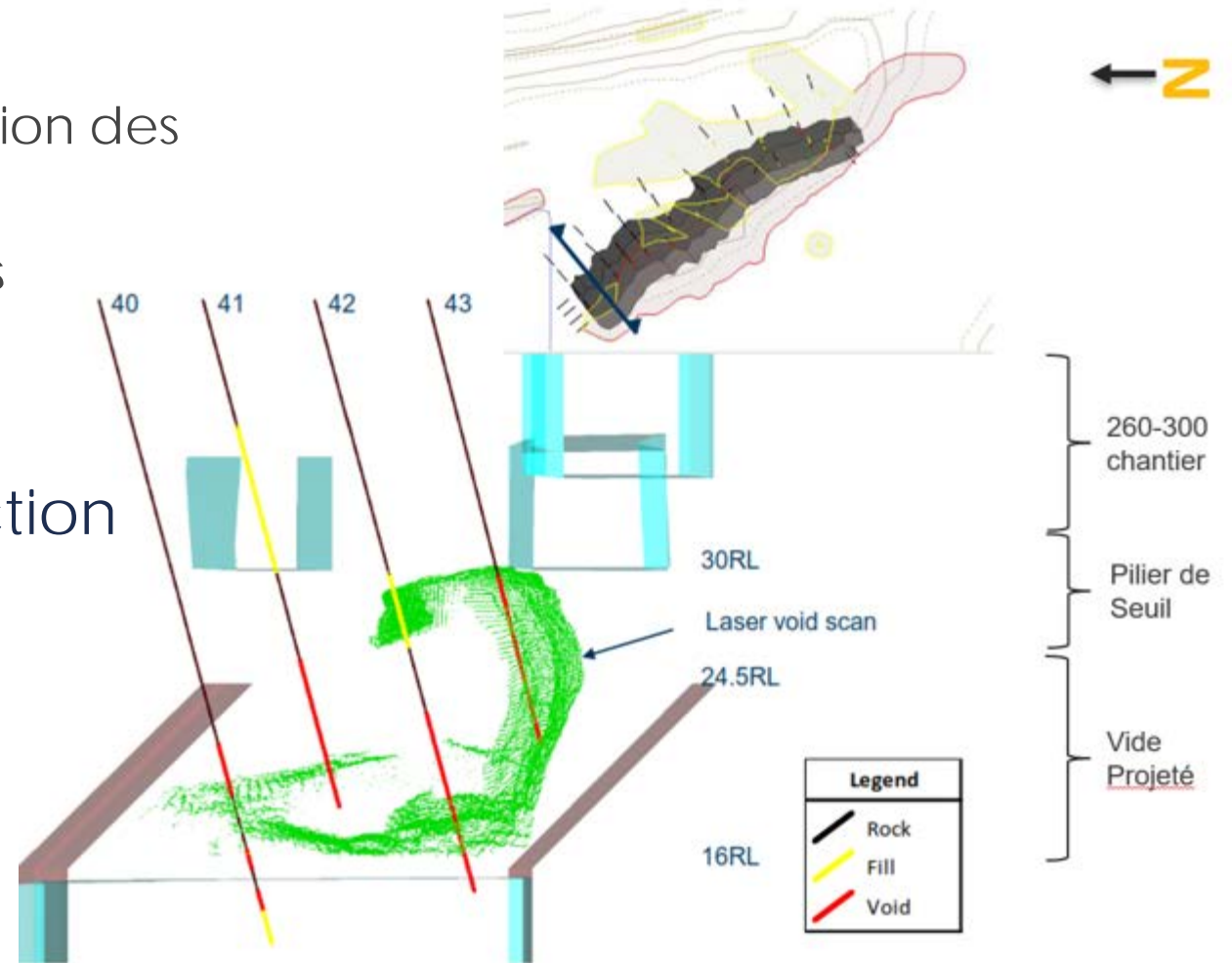


# Ancienne mine souterraine



# Forage d'Investigation

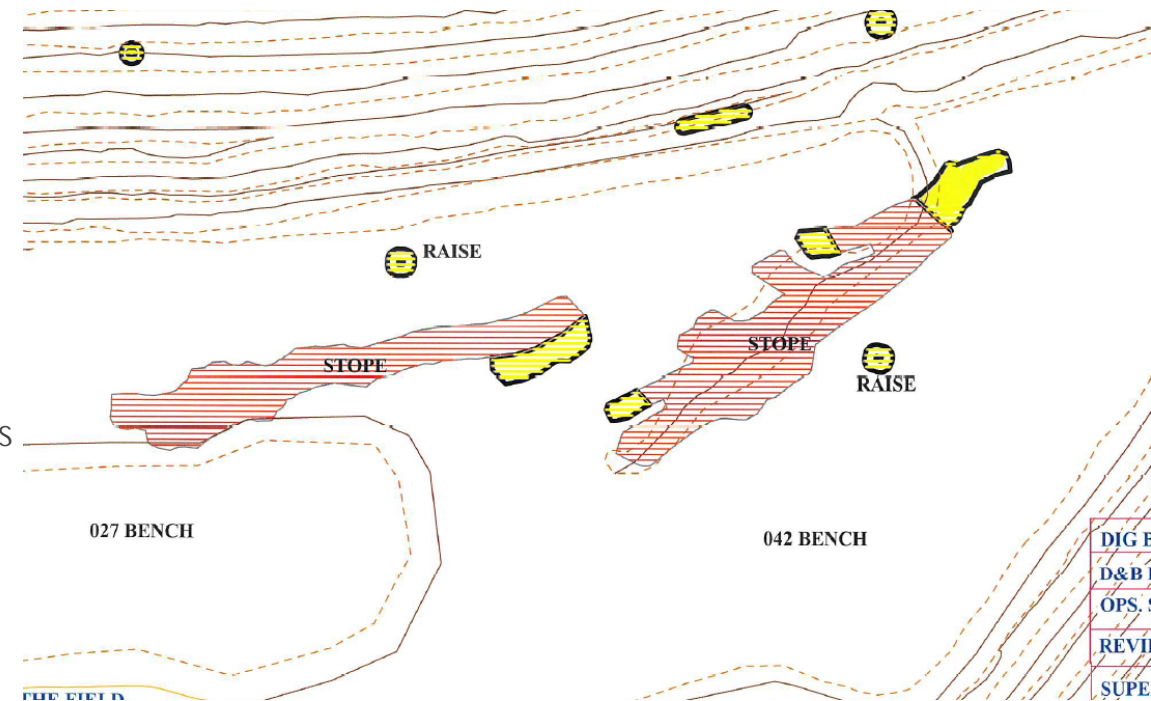
- Forage d'exploration au diamant
  - RQD permettant de comparer l'estimation des vides.
  - Carottes utilisées pour cartographier les conditions de la roche
- Investigation par forage de production
  - D65; trous de 6.5'' diamètre
  - 30m de long, Inclinaison 0-25°
- Numérisation laser du vide





# Norme de sécurité pour les zones restreintes

- Standard de procédures d'exploitation
  - Accès restreint dans une zone dont l'épaisseur verticale est inférieure à 2:1 (zone verticale : largeur excavation souterraine)
  - Ajout 3 m de largeur de toute excavation souterraine sur le sol solide
- Procédures non routinières Dynamitage P2-027-008vc
  - Là où des sondages ont été effectués et ont indiqué la présence de roches compétentes
    - Un ratio de zone verticale de 1:1 a été utilisé.
    - Un décalage du plancher de 2 m a été utilisé.
    - Réalisation d'une évaluation approfondie des risques, en soulignant les contrôles utilisés pour modifier en toute sécurité les procédures opérationnelles standard:
      - Pendant la journée uniquement
      - Exposition réduite
      - Inspection géotechnique quotidienne
- **Zone Jaune:**
  - ● Pelle, Camion, Foreuse;
  - Ø personnel, pick-up, petit équipement
- **Zone Rouge:** Ø accès



# À l'ordre du jour

- Présentation du site de la mine
- Considération géotechniques
- Forage et dynamitage
  - Schéma de forage
  - Instructions de chargement
  - Dynamitage et sécurisé
- Exploitation minière et KPI
- Élimination des risques
- Conclusion

# Géométrie du Patron de forage

## Objectif : Maintenir la stabilité du sol

- La taille du patron de forage a été réduite pour limiter le "temps de veille dans le trou" avant l'explosion
- La forme du patron a été déterminée pour éviter que les explosions d'effondrement de vide adjacentes ne compromettent la stabilité du sol pour les patrons adjacents d'effondrement à venir.
  - Éviter de travailler sur le sommet du pilier de niveau après un effondrement partiel
- L'option 1 est préférée pour limiter le nombre de trous, tout en incluant les trous d'effondrement dans un même patron.



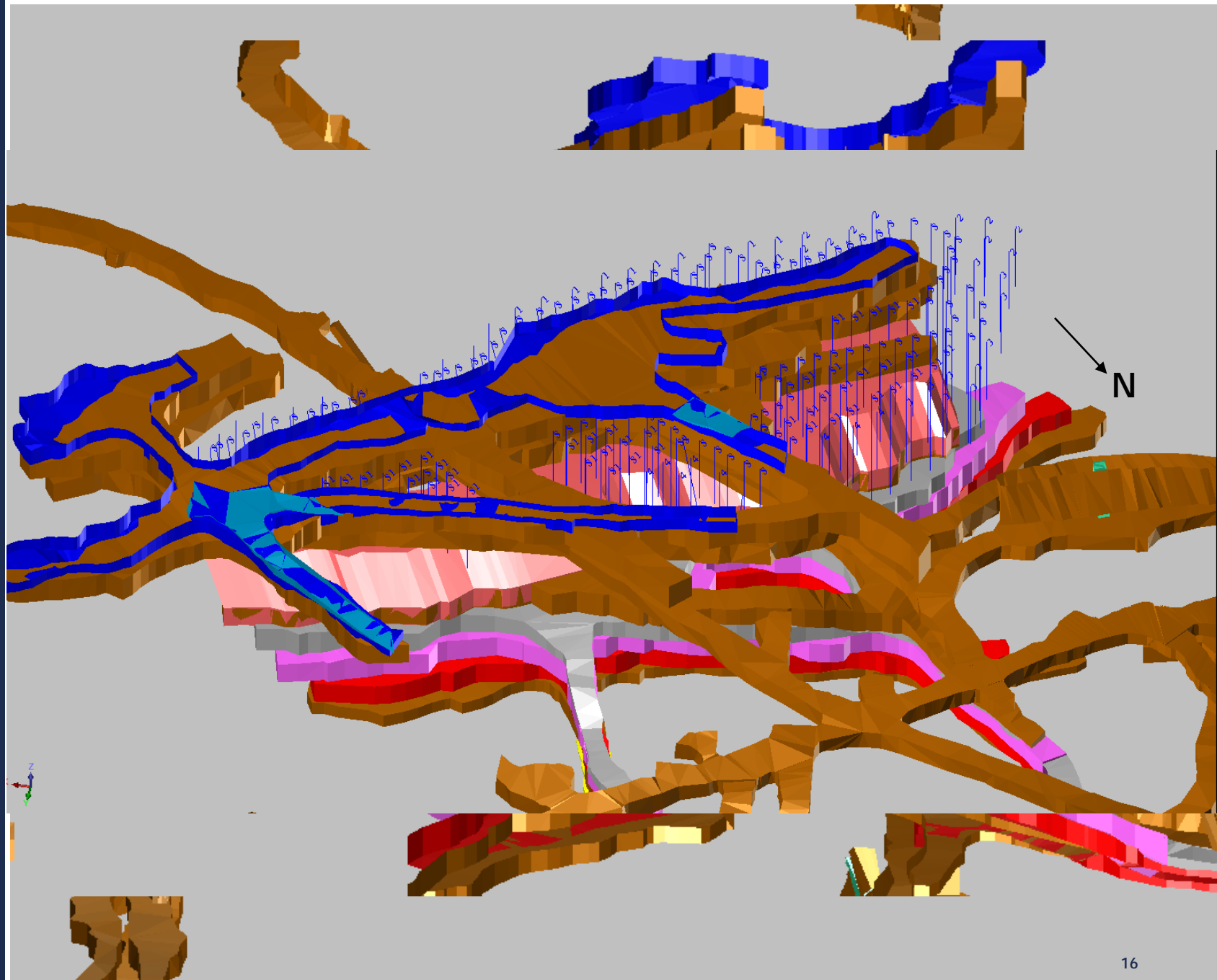
● Trous latéraux pour banc simple 14.5m

● Trous latéraux du banc double 29.0m

● Trous centraux

Option 1  
Option 2

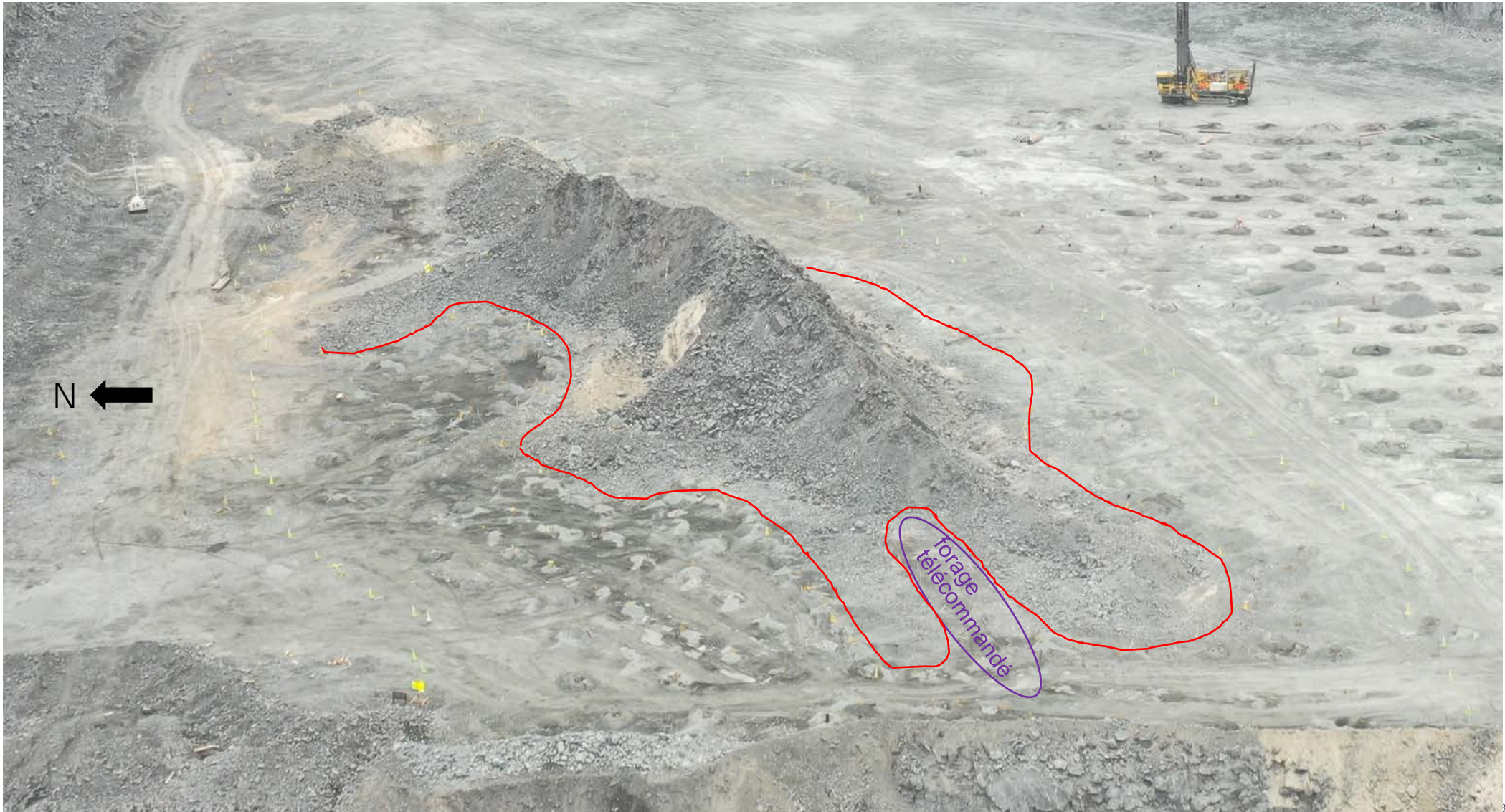
# Géométrie du Patron de forage







# Patron de forage – Sur le terrain



# Chargement d'explosifs

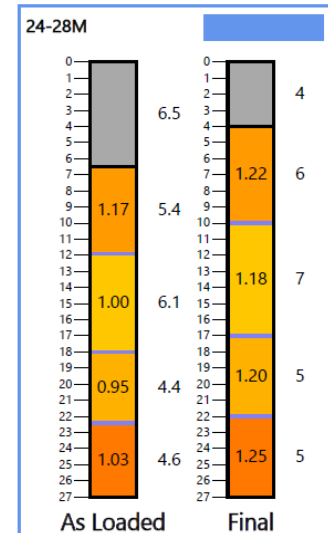
Objectif : assurer la détonation des trous

- Travailler avec le fournisseur d'explosifs
  - Trous profonds: ajuster la densité
  - Plan de dynamitage préchargé
  - Ne pas atteindre la densité critique
- Chargement des trous sud avant les trous nord
  - Trous au sud stable
  - Réduction du temps de veille
- Amorçage double ou triple

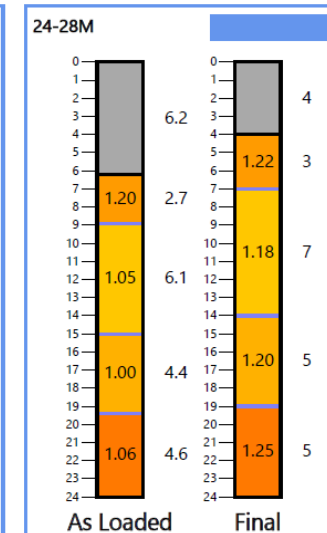
## Preload Shot Plan Detailed Report

**DYNO**  
Dyno Nobel

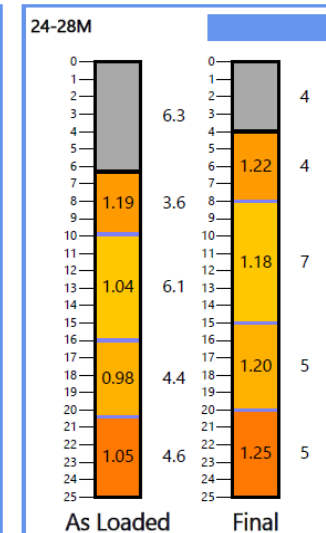
Shot Number: 008 Material: Rock Volume: 111,660 m<sup>3</sup> Powder Factor: 0,444 kg/t  
 Burden: 5,6 m Product Weight: 138,801 kg Rock Density: 2,80 g/cm<sup>3</sup>  
 Spacing: 5,6 m Average Density: 1,21 g/cm<sup>3</sup> Rock Weight: 312,649.2 t



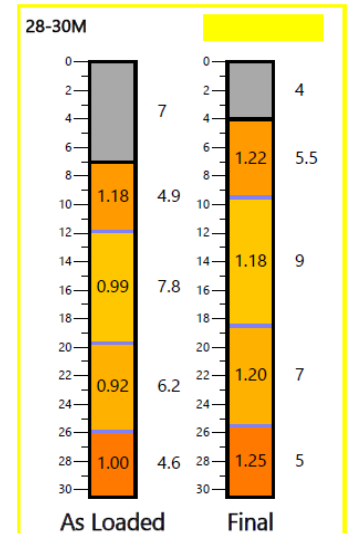
Number of Holes: 3  
 Hole Depth: 27.0  
 Hole Diameter: 229.000  
 Burden: 5.6  
 Spacing: 5.6  
 Average Density: 1.21  
 Segments: 4  
 Water: 0.0  
 PPF: 49.8  
 Fixed Weight: No  
 Total Weight: 1,145  
 Powder Factor: 0.483 kg/t



Number of Holes: 14  
 Hole Depth: 24.0  
 Hole Diameter: 229.000  
 Burden: 5.6  
 Spacing: 5.6  
 Average Density: 1.21  
 Segments: 4  
 Water: 0.0  
 PPF: 49.8  
 Fixed Weight: No  
 Total Weight: 995  
 Powder Factor: 0.472 kg/t



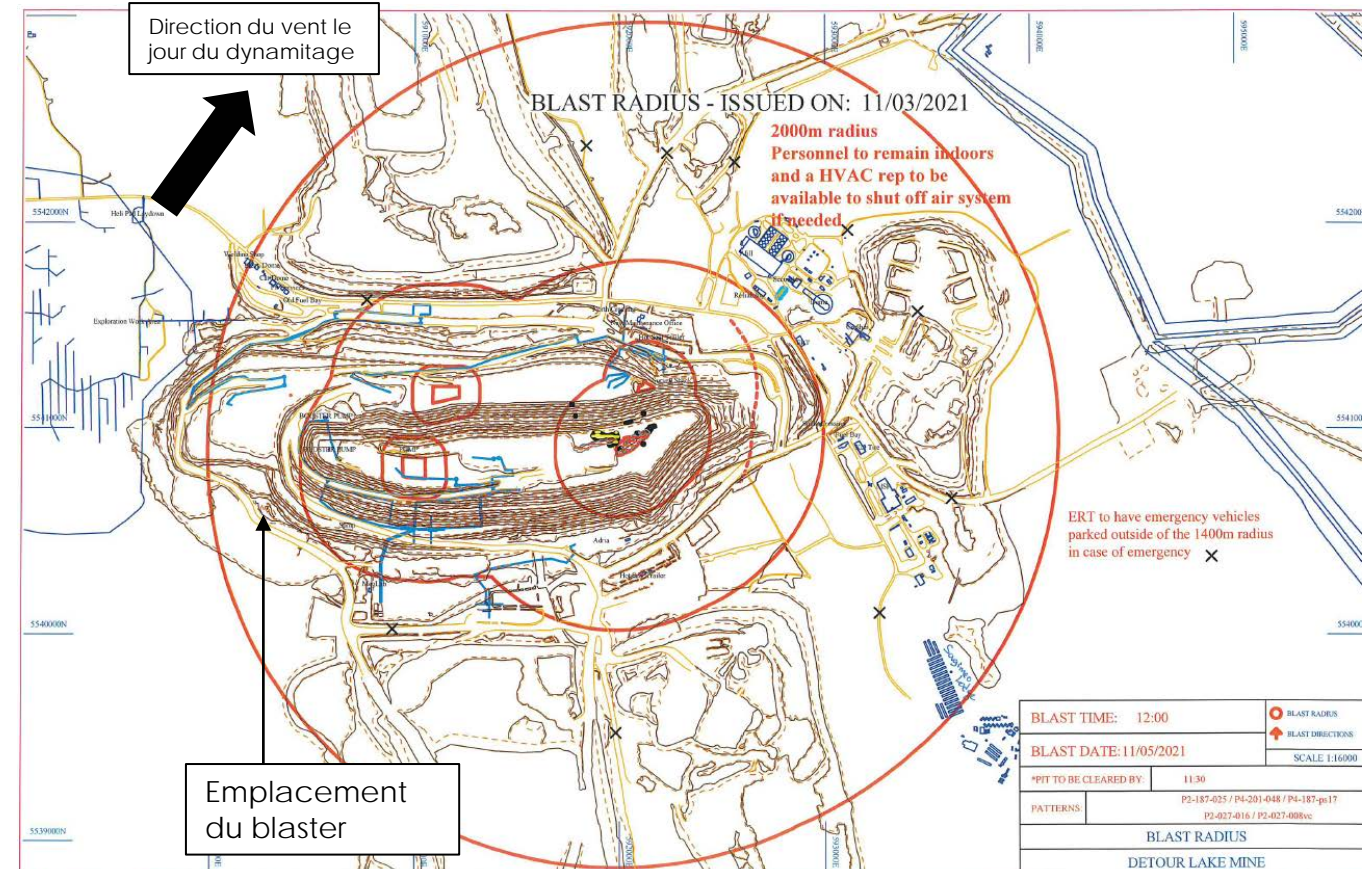
Number of Holes: 1  
 Hole Depth: 25.0  
 Hole Diameter: 229.000  
 Burden: 5.6  
 Spacing: 5.6  
 Average Density: 1.21  
 Segments: 4  
 Water: 0.0  
 PPF: 49.8  
 Fixed Weight: No  
 Total Weight: 1,045  
 Powder Factor: 0.476 kg/t



Number of Holes: 14  
 Hole Depth: 30.5  
 Hole Diameter: 229.000  
 Burden: 5.6  
 Spacing: 5.6  
 Average Density: 1.21  
 Segments: 4  
 Water: 0.0  
 PPF: 49.7  
 Fixed Weight: No  
 Total Weight: 1,316  
 Powder Factor: 0.491 kg/t



# Dynamitage et sécurité



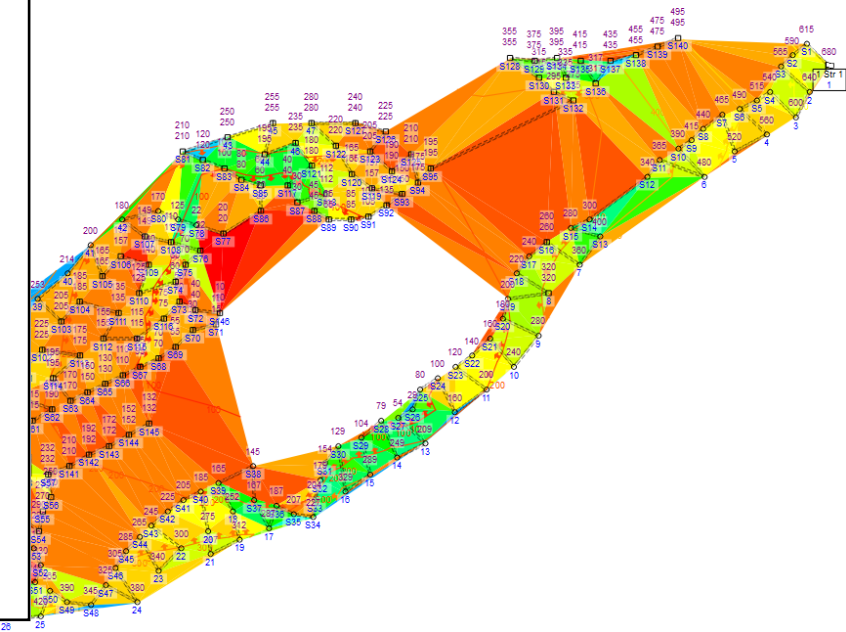
- Rayon de sécurité : étendu
  - Fumées toxiques attendues
  - Jour du dynamitage: vents vers l'usine de traitement
- NRTHA – Procédure interne :
  - Faire participer tout le monde : l'usine, le camp, l'équipe d'urgence, les électriciens impliqués dans la ventilation, etc.
  - Médias sociaux interdits jusqu'à ce que les accès soient libérés
- Réduire les risques d'exposition du personnel aux fumées : drone avec détecteur de gaz
  - Reçu sur place en mars 2022



# Explosion d'effondrement des vides

## Séquence de mise à feu

- Rapide pour un Patron de Production à Détour Lake
  - Vitesse de dégagement du fardeau 6-8 ms/m
  - Habituellement +12ms/m
- Début Nord-Centre : Le plus proche du vide



# Explosion d'effondrement des vides

- Une séquence de tir rapide était préférée:
  - Percées multiples
  - Empêcher le desserrage du bouchon et la perte du trou
  - Présence de Vide : Réduis le risque d'étouffement de dynamitage
- Pas de raté d'initiation (Ø misfire)
- Certains gaz NOx visibles



# À l'ordre du jour

- Présentation du site de la mine
- Considération géotechniques
- Forage et dynamitage
- Exploitation minière et KPI
  - Efficacité de chargement dans la zone
  - Planification minière autour des travaux souterrain (ST)
- Élimination des risques
- Conclusion

# Chargement efficace dans la zone

- Dynamitage de pilier de niveau

- Des temps de chargement nettement plus élevés
  - Block de roc surdimensionnés
  - Être conscient de l'acier de soutènement souterrain
- Plus de variabilité dans la charge utile par rapport à la cible
- Temps de placement doublé (spot time)

	Temps de chargement	Charge Utile/Camion
Exploitation manière ST	+371%	+4%

*\*\* Comparé a la moyenne annuelle*



# Planification de minage autour des travaux ST

- Planification
  - Identifier les risques et les retards dans le cadre de la planification mensuelle et trimestrielle
    - Communication interdépartementale
  - Acceptez une baisse de productivité et l'inclure dans la planification
    - Avoir plusieurs fronts ouverts
    - S'assurer que les pelles restantes sont dans des fronts productifs
- Sélection de l'équipement
  - Extraire la majorité des roches avec des équipements plus larges
  - Diminuer progressivement la dimension de l'équipement

# À l'ordre du jour

- Présentation du site de la mine
- Considération géotechniques
- Forage et dynamitage
- Exploitation minière et KPI
- Élimination des risques
  - Séquence de sondage d'investigation
  - Réduction des risques de surdimensionnement
  - Zone restreinte modifié
- Conclusion



# Élimination des risques

## Élévation du banc 013

- Élévation 013: fond du vide
  - Roche restante non dynamitée
  - Zone de remblai de sable
- Prochaine Étape:
  - Prouver qu'il n'y a plus de vide en dessous





# Élimination des risques

Équipement sélectionné: Excavatrice CAT 390 de longue portée

Risque structure élevée





# Élimination des risques

1.5 jour de délai engendré sur l'avancement





# Chargement des trous dans une zone restreinte

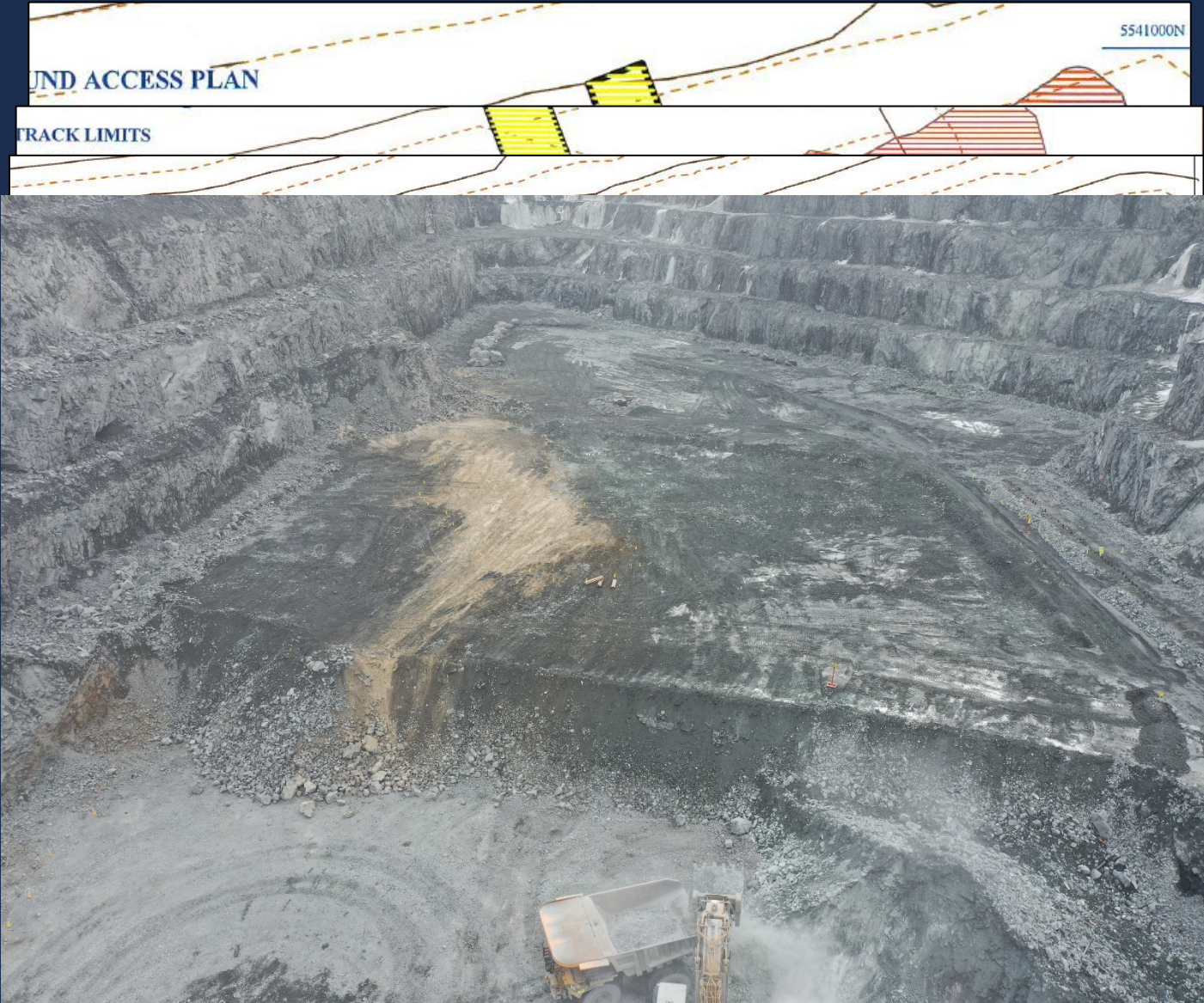
- Utilisation d'un équipement permettant d'amener le dynamiteur en toute sécurité dans la zone interdite
- Chargement des trous avec explosif empaquetés.
- Solution par le surintendant de forage-sautage.





# Évolution de la Zone Restreinte

1. Zone restreinte initiale
  1. Dynamitage Niveau 027 Fin Octobre 2021
  2. Dynamitage Niveau 013 Mi-Décembre 2021
2. Après investigation, modifiée en jaune-noir  
16 Mars
3. Dynamitage de gros rocher (boulder) et investigation  
22 Mars
4. Retour au plancher normal  
11 Avril



# À l'ordre du jour

- Présentation du site de la mine
- Considération géotechniques
- Forage et dynamitage
- Exploitation minière et KPI
- Élimination des risques
- Conclusion

# UNE EXPLOITATION MINIÈRE SÛRE ET EFFICACE EST RÉALISABLE QUEL QUE SOIT LE DÉFI

Travail d'équipe: services techniques, experts, fournisseurs

Communication: ingénierie, exploitation minière, experts

La sécurité avant tout: travailleurs, stabilité, fumées



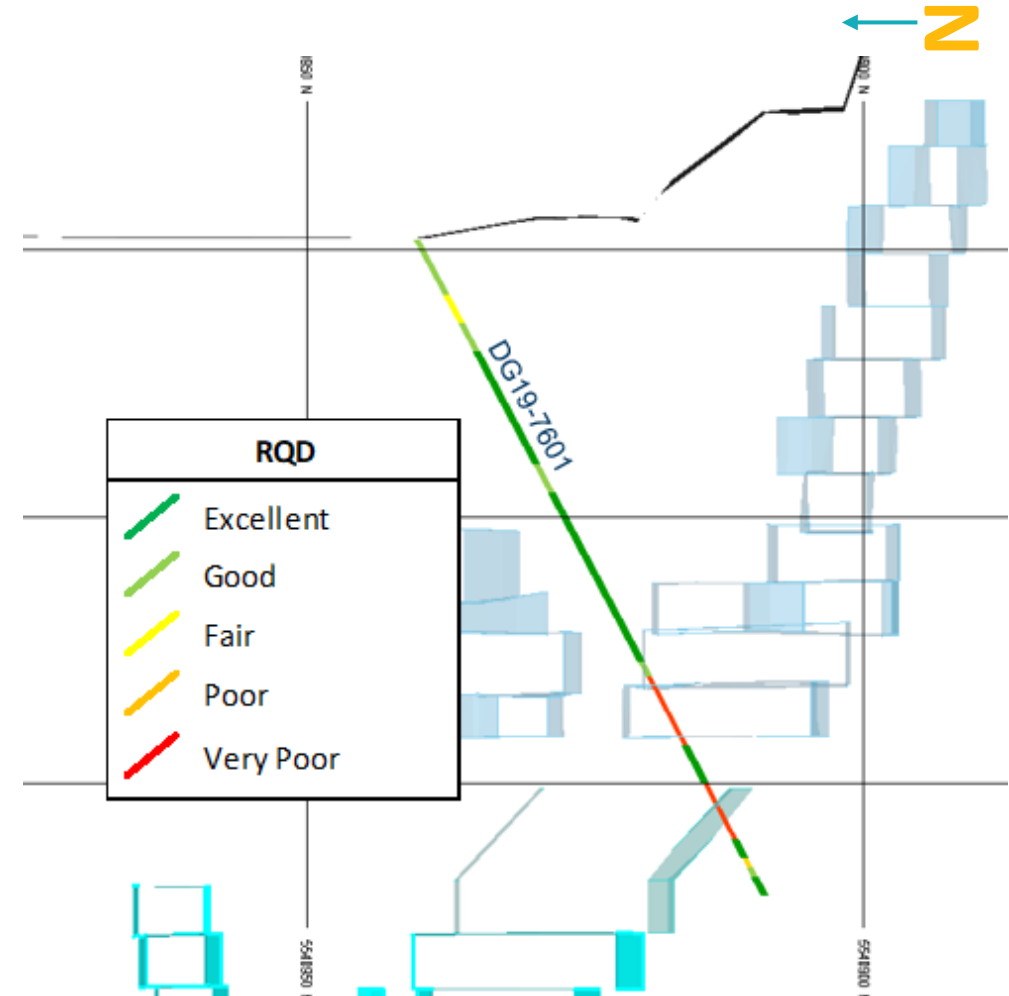
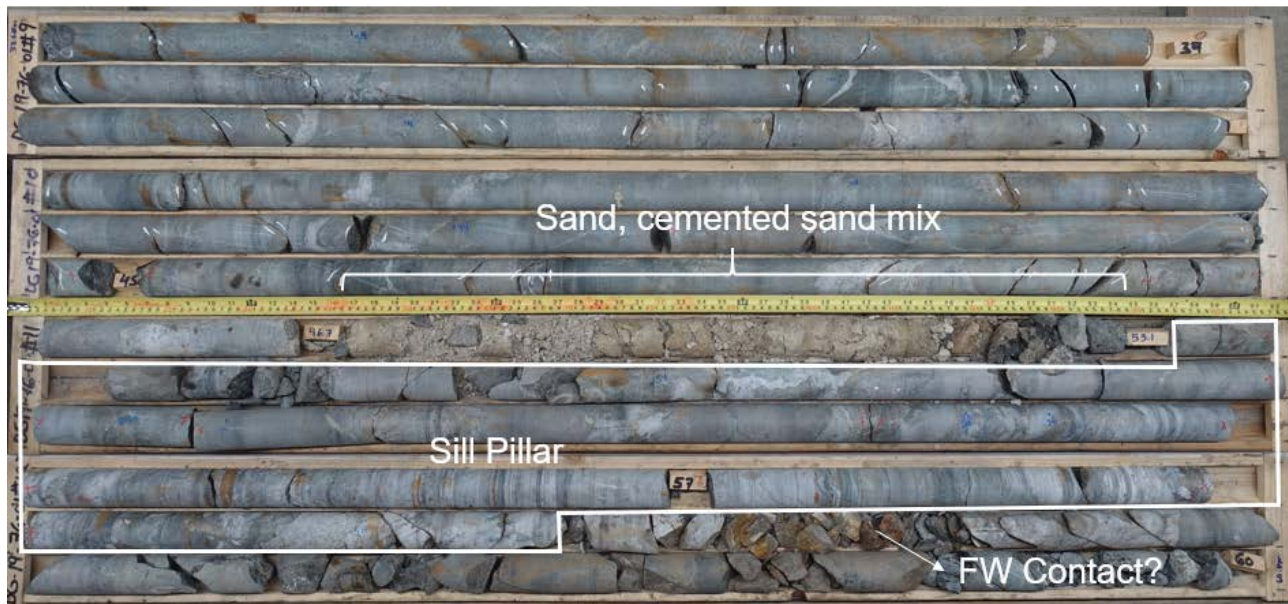
Merci

BBA.CA



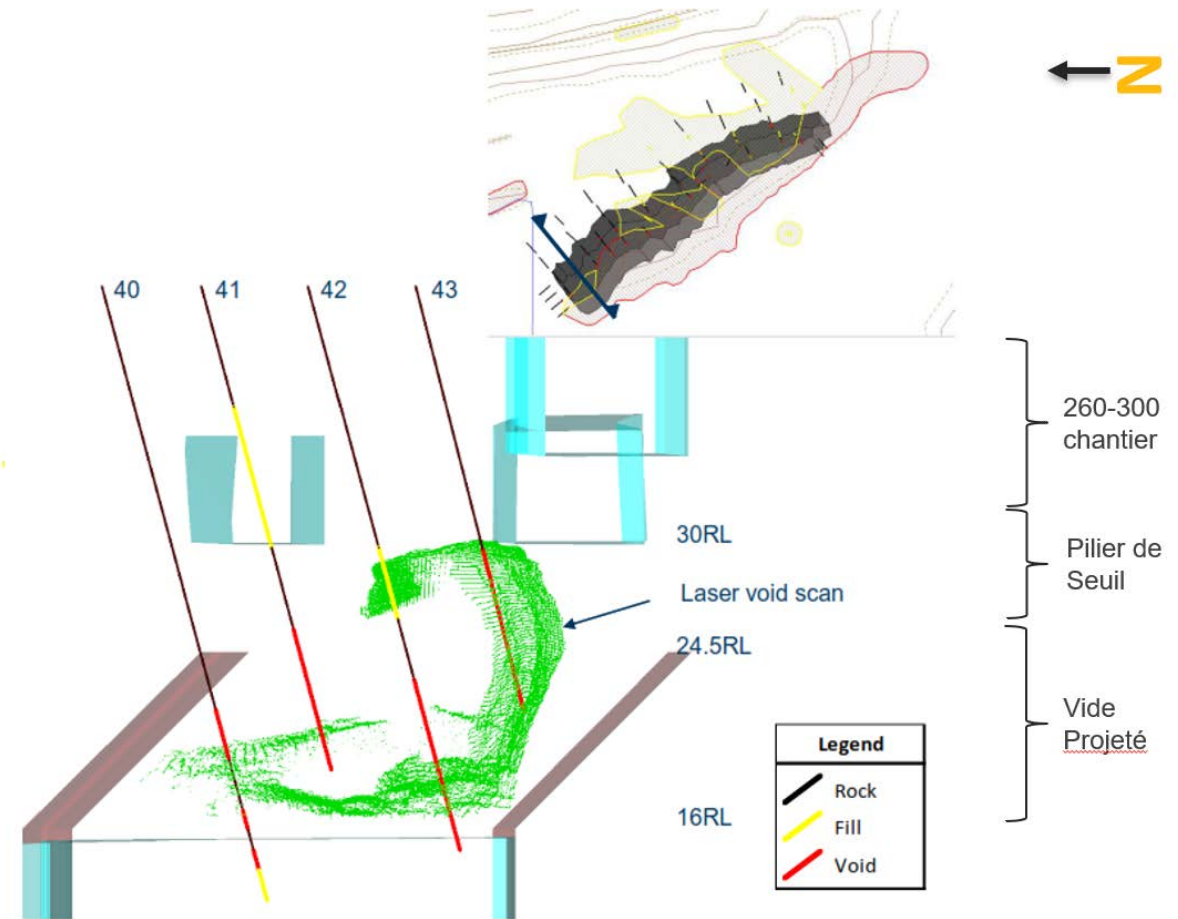
# Investigation

- Forage d'exploration au diamant
  - RQD permettant de comparer l'estimation des vides.
  - Carotte utilisée pour cartographier les conditions de la roche



# Forage d'investigation

- Investigation par forage de production
  - D65; trous de 6.5'' diamètre
  - Utilisé à tous les stades du développement pour une définition de plus haute résolution
  - Capable de cartographier des conditions changeantes grâce à l'accessibilité et à la fréquence des sondages
- Numérisation laser du vide
  - Numérisation laser de fond de trou utilisé pour mieux définir les vides pour la conception du modèle d'effondrement.
  - Niveau de l'eau doit être assez bas pour permettre le scan





# Forage d'investigation

- Caméra de fond de trous
  - Vidéos des conditions de fond de trou pour mieux définir les résultats des sondages
  - Les investigations peuvent avoir intercepté du roc, mais était-il compétent?
    - Caméra permet de valider

