

◆ Géoclaste ◆



Impact du dynamitage
sur la stabilité en
fonction du nouveau
règlement sur la santé
et sécurité dans les
mines pour les
carrières

Présenté par : **François Laniel, ing.**

Carlos Pelletier Martinez, géo., CPI, M. ing.

Date : **17 nov. 2023**



Plan de la présentation

1. Présentation de Géoclaste
2. Modification de l'article 28.01 du règlement sur la santé et la sécurité du travail dans les mines (RSSM)
3. Risques géologiques associés aux carrières
4. Critères à appliquer pour une conception adaptée
5. Impact du dynamitage sur la conception
6. Conclusion

*À noter que par soucis de confidentialité, le nom des carrières montrées dans la présentation n'est pas donné.



Géoclaste en bref

Géoclaste a été fondée en 2021 par Carlos Pelletier Martinez, géologue, CPI. Depuis, il a su s'entourer d'une équipe de professionnels hors pair pour répondre aux besoins de ses clients. La compagnie compte actuellement 7 employés.



Mission

Géoclaste a pour mission d'offrir à la clientèle un éventail de services spécialisés en **géologie et génie géologique-conseil**. Dans chaque projet, l'équipe a pour principal objectif de dépasser les attentes du client et de remettre en question le statu quo.



Valeurs

Passion
Environnement
Excellence
Diversité



Expertises

- Mécanique des roches et stabilité de talus rocheux
- Excavation souterraine et tunnel
- Géologie appliquée au domaine des carrières
- Géotechnique
- Environnement et gestion des sols

Site Web : <https://geoclaste.ca/>



Présentation de ses représentants



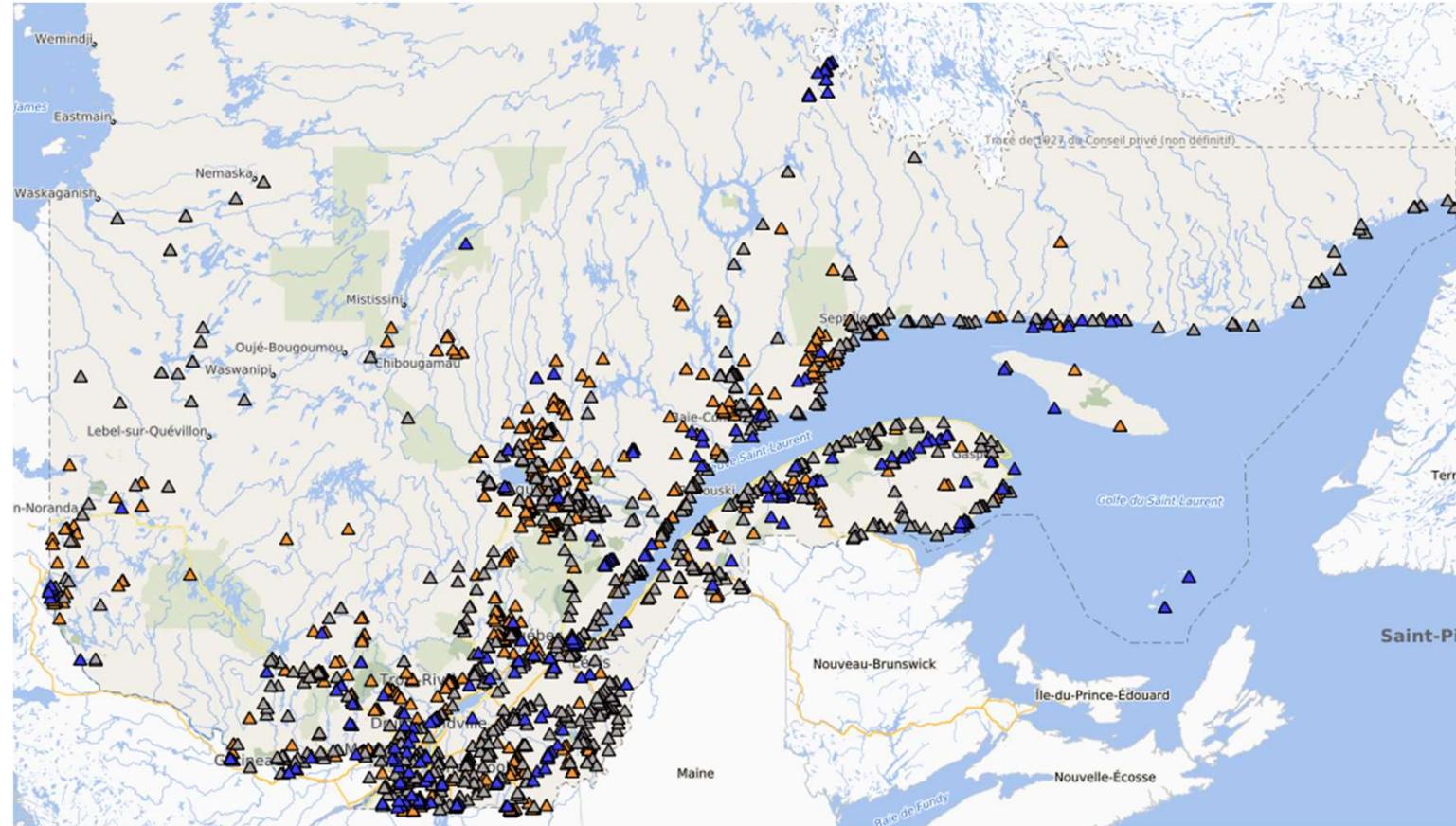
- **Carlos Pelletier Martinez, géo., CPI, M.ing.**
Président et géologue de projet
Spécialités :
 - ✓ Géologie et stabilité des parois rocheuses
 - ✓ Gestion des remblais et des déblais d'excavation
 - ✓ Processus et optimisation des carrières



- **François Laniel, ing.**
Chargé de projet, ingénierie et géologie
Spécialités :
 - ✓ Stabilité et soutènement des massifs rocheux
 - ✓ Conception de fosses à ciel ouvert
 - ✓ Conception d'ancrages pour des fondations

Présentation des carrières au travers du Québec

- Plus de 4 106 sablières et 1 114 carrières (tiré de MELCCFP, 2016);
- La plupart des carrières sont en milieu urbain, car la proximité est importante pour les matériaux de construction produits dans les carrières;
- Roches différentes, contextes géologiques différents, Conception différente ?



Tiré de SIGÉOM, 2023

Est-ce que l'on devrait adapter la conception à chaque Carrière ?

OUI !



Règlementation actuelle dans les carrières

- Au Québec, les exploitants de carrières et de sablières doivent, depuis le 21 décembre 1972, obtenir un certificat d'autorisation en vertu de l'article 22 de la Loi sur la qualité de l'environnement (ci-après LQE).
- L'ensemble des carrières et sablières sont régies depuis 1977 par le Règlement sur les carrières et sablières RCS (chapitre Q-2, r. 7).
- Addition du Règlement sur la santé et la sécurité du travail dans les mines RSSM (chapitre S-2.1, r. 14) depuis avril 2021

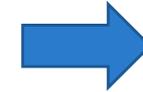




Modification de l'article 28.01 du règlement sur la santé et la sécurité dans les mines (RSSM)

Loi sur la santé et la sécurité du travail (S-2.1)

- Règlement sur la santé et la sécurité dans les mines (r. 14)
- Article 28.01



Les carrières sont assujetties au règlement 14 depuis avril 2021.

sols ou roc

 **28.01.** Afin d'en assurer la stabilité, tout travail d'excavation dans une mine souterraine ou à ciel ouvert ne peut être entrepris sans l'obtention de plans et devis d'un ingénieur.

Dans une mine souterraine, les plans et devis doivent être mis à jour par un ingénieur au fur et à mesure de l'avancement des travaux et être disponibles en tout temps sur le site de la mine.

Dans une mine à ciel ouvert, les plans et devis doivent être mis à jour par l'ingénieur selon la fréquence qu'il détermine et être disponibles en tout temps sur le site de la mine lors des travaux.

Le présent article ne s'applique pas à une sablière ni à une exploitation de gravier.

 D. 1326-95, a. 11; D. 945-2020, a. 3.

- Articles 32, 41, 45, 45.1 et 45.2 sont également applicables aux carrières



Avant l'application de la Règlementation

- Murs verticaux
- Sans aucune berme de captage
- Murs d'une hauteur de plus de 100 mètres
- Ø Conception signée
- Ø Documentations exigées
- Ø Plans officiels
- Ø Évaluation des dangers
- Ø Évaluation des risques
- Ø Aucune personne responsable





Points majeurs à considérer suite à l'application du RSSM

Avant réglementation RSSM

Exploitation

Après réglementation RSSM

Identification des risques



Analyses spécifiques



Conception des plans et devis



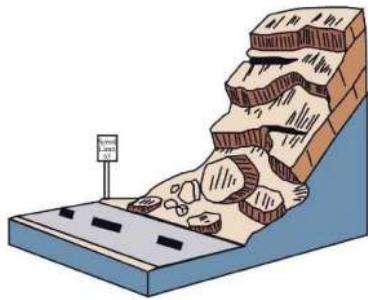
Exploitation



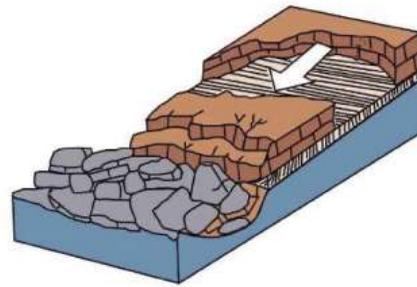
Identification des risques géologiques en carrière

3 Modes de ruptures principaux:

- Glissement planaire le long des structures géologiques



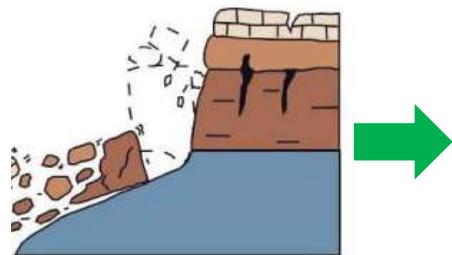
Chute de blocs



Glissement de blocs



- Basculement



Eboulement ou basculement de blocs



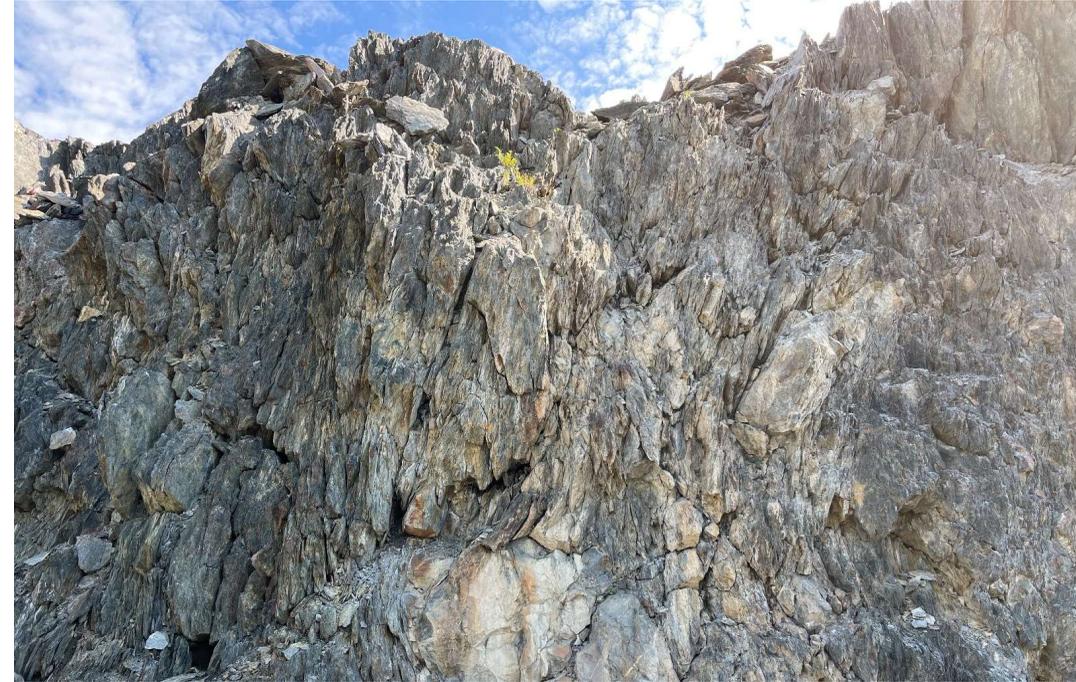
- Chute de coin de roc



Identification des risques géologiques en carrière

Zones de faiblesse associées aux failles et aux cisaillements avec ou sans zone argileuse

- Plans préférentiels de faiblesse (joints ouverts, failles, schistosité, contacts lithologiques)
- Paroi rocheuse moins compétente et friable



Identification des risques géologiques en carrière

Risque de chute de blocs de roche

- Paroi rocheuse non-écaillée
- Blocs potentiellement instables



Identification des risques géologiques en carrière

Risque de rupture globale

- Évalue une rupture circulaire dans le massif rocheux

Ground water flow conditions	Chart number
Fully drained slope	1
Surface water 8x slope height behind toe of slope	2
Surface water 4x slope height behind toe of slope	3
Surface water 2x slope height behind toe of slope	4
Saturated slope subjected to heavy surface recharge	5

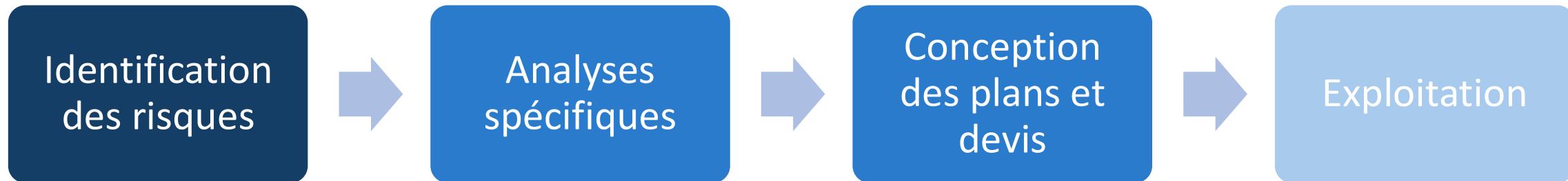
Wyllie, D. C., & Mah, C.W. (2004).



Bingham Canyon Mine (<https://www.hdrinc.com/portfolio/bingham-canyon-mine>)



Points majeurs à considérer suite à l'application du RSSM



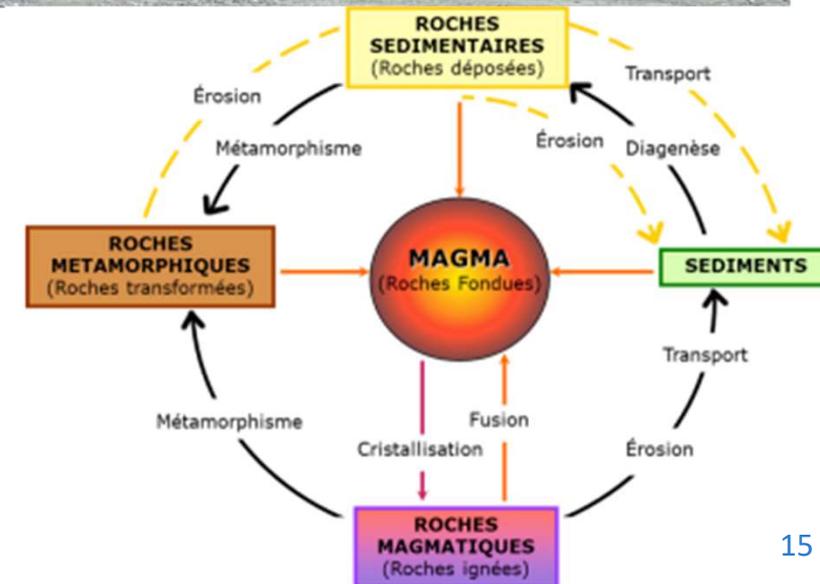
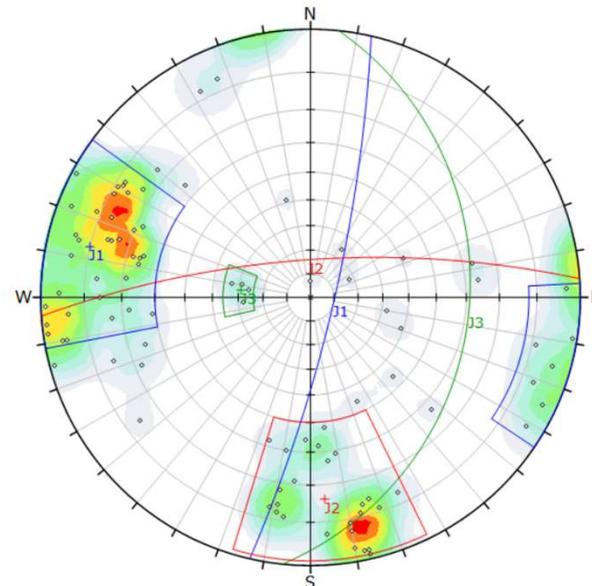
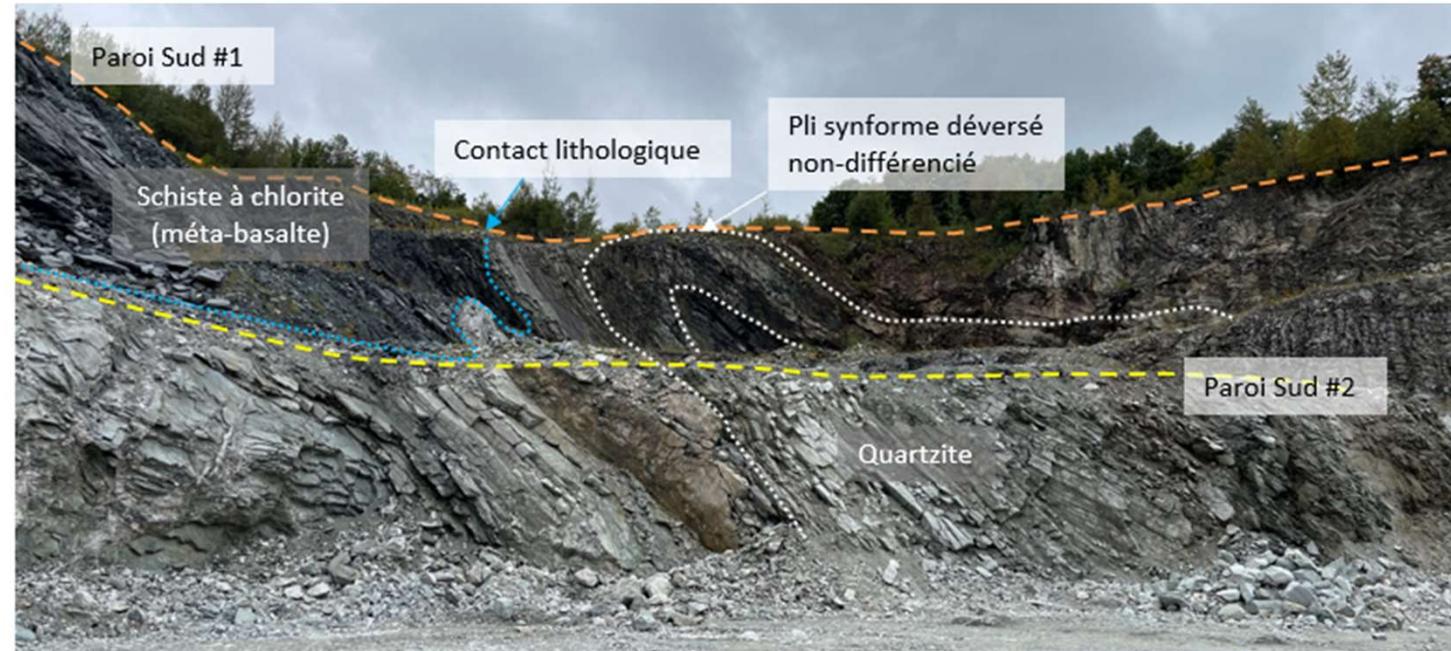
Caractérisation du massif rocheux

Caractérisation du massif rocheux:

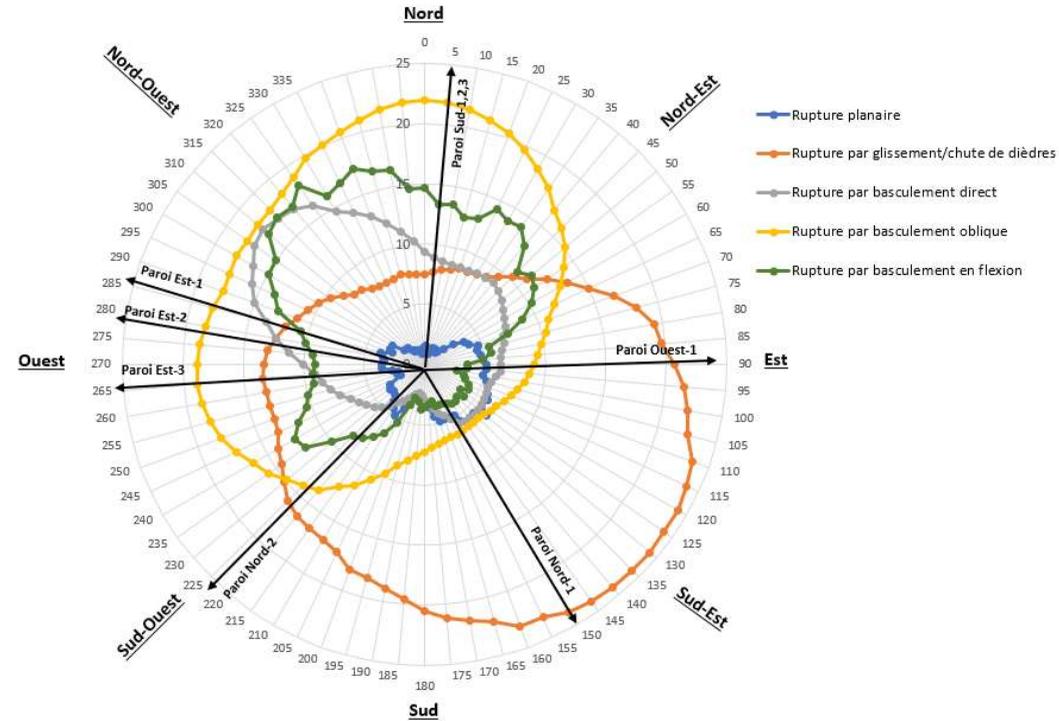
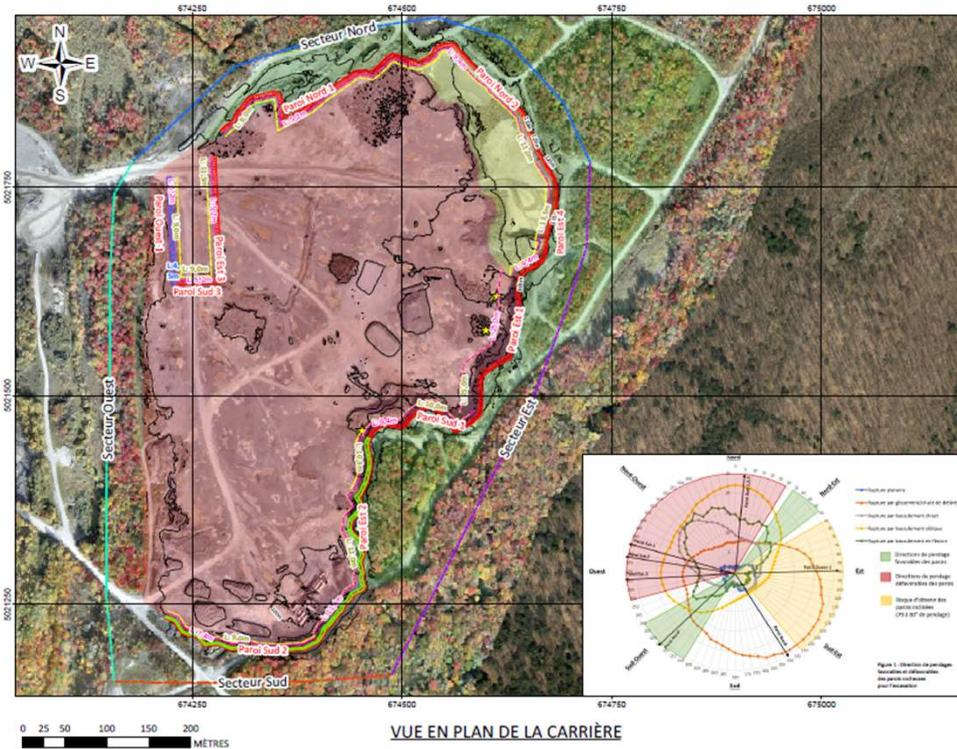
- Nom de la roche
- Identifier les contacts géologiques
- Résistance
- RQD, RMR, GSI

Caractérisation des familles de discontinuité et des structures majeures:

- Azimut et pendage des familles de discontinuité
- Persistance
- Espacement
- Rugosité, forme et altération
- Matériel de remplissage



Conception spécifique à chaque orientation de mur de la carrière



Certaines orientations de parois présentent des risques plus élevés que d'autres.

Tableau 7 - Orientations favorables des parois rocheuses pour limiter les chutes de blocs de la carrière

Mode de rupture	Fréquence relative	Direction de pendage (°)	Azîmut (°)
Basculement oblique	Modérée	035 à 055	305 à 325
Basculement direct	Modérée		
Basculement en flexion	Faible à modérée	210 à 240	120 à 150
Glissement de coins de roc	Modérée à élevée		
Glissement planaire	Faible		

Tableau 8 - Orientations défavorables des parois rocheuses augmentant le risque d'instabilités de la carrière

Mode de rupture	Fréquence relative	Direction de pendage (°)	Azîmut (°)
Basculement oblique	Élevée	255 à 030	165 à 300
Basculement direct	Modérée à élevée		
Basculement en flexion	Modérée à élevée		
Glissement de coins de roc	Modérée		
Glissement planaire	Faible		

RISQUE GÉOTECHNIQUE

-  RUPTURE PAR BASCULEMENT NON-DIFFÉRENCIÉ
-  RUPTURE PAR GLISSEMENT DE COIN DE ROC
-  RUPTURE PAR GLISSEMENT PLANAIRE

Conception des critères d'excavation sécuritaires

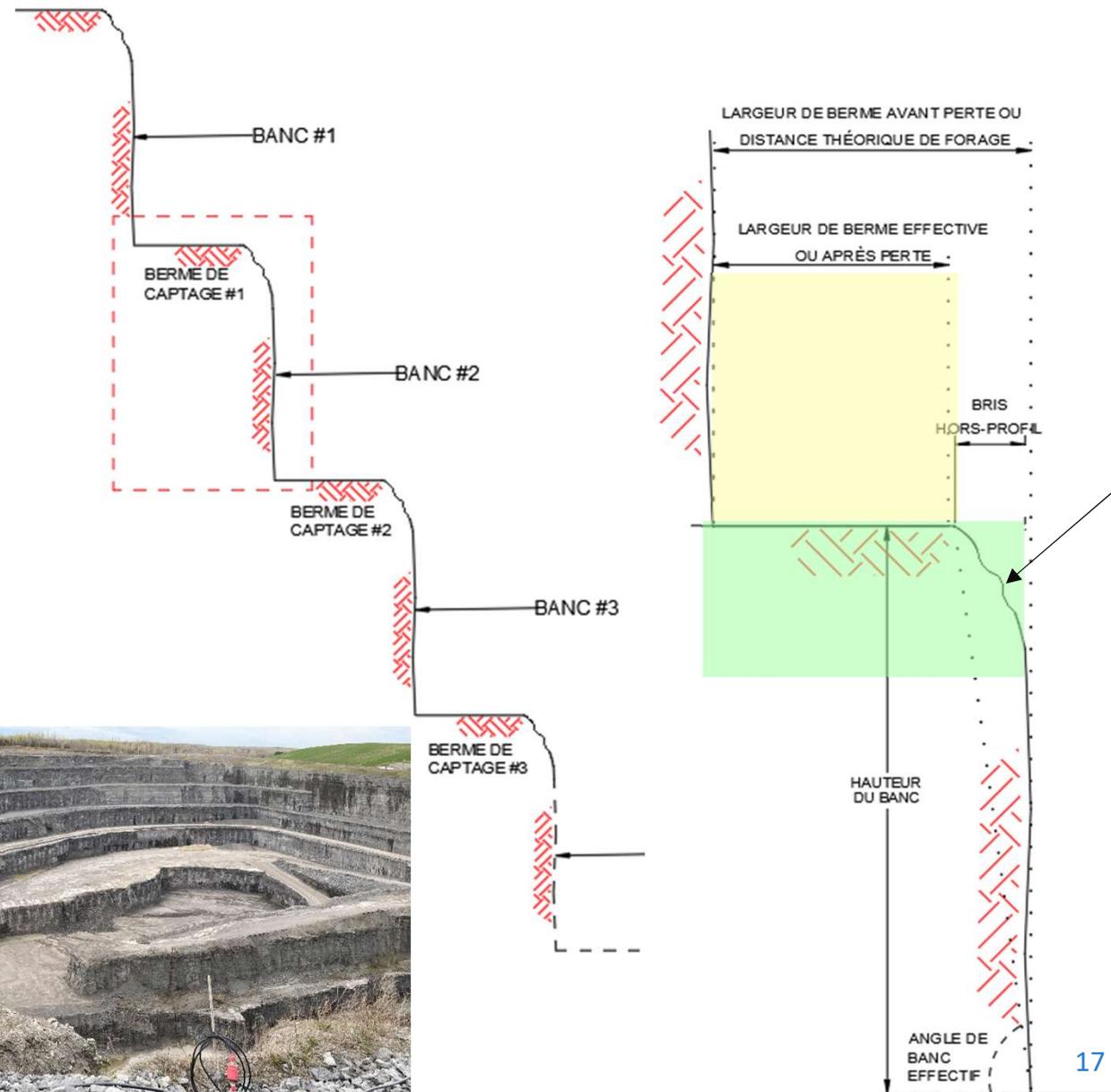
Largeur des bermes de captage

- ✓ De manière générale, la largeur des bermes de captage peut être calculée selon le critère de Ritchie modifié (Read et Stacey, 2009) et la relation empirique est la suivante :

$$\text{Largeur de berme effective} = 0,2 \times \text{hauteur du banc (m)} + 4,5 \text{ m}$$

TABEAU 1B - LARGEUR DE BERME DE CAPTAGE EN FONCTION DE LA HAUTEUR DE LA PAROI ROCHEUSE

(H) HAUTEUR DE LA PAROI ROCHEUSE (m) ²	ENSEMBLE DES PAROIS ROCHEUSES DE LA CARRIÈRE	
	(E) ¹ LARGEUR DE LA BERME (m)	(E + D) LARGEUR DE LA BERME AVANT PERTES (m)
1 À 5	5,5	8,0
6 À 10	6,5	9,0
11 À 15	7,5	10,0
16 À 20	8,5	11,0



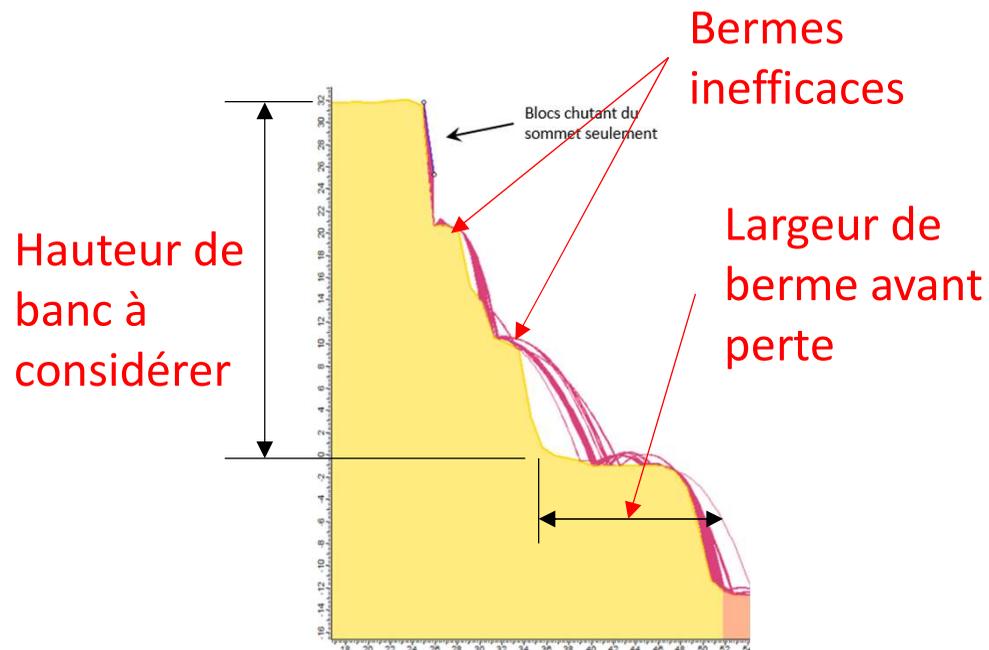
Bris hors profil



Conception des critères d'excavation sécuritaires

Largeur des bermes de captage (suite)

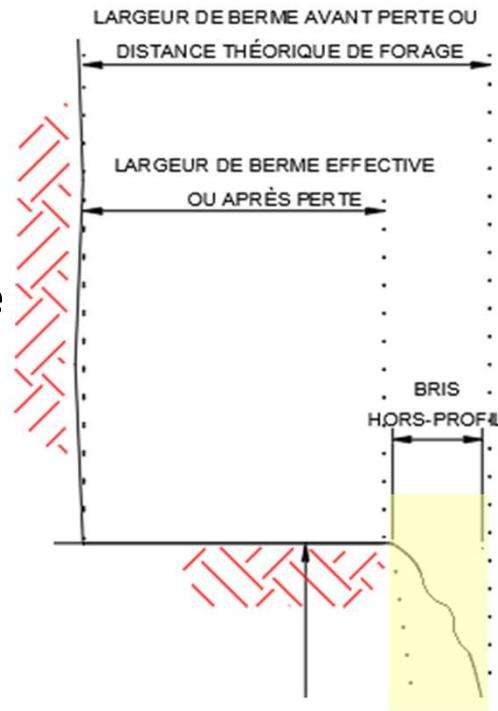
- ✓ Si la largeur de berme est inférieure au critère de la méthode de Ritchie, la largeur de berme du palier suivant doit être déterminée en considérant la pleine hauteur de la paroi.
- ✓ Une berme trop étroite ne peut pas assumer le rôle de berme de captage.



Conception des critères d'excavation sécuritaires

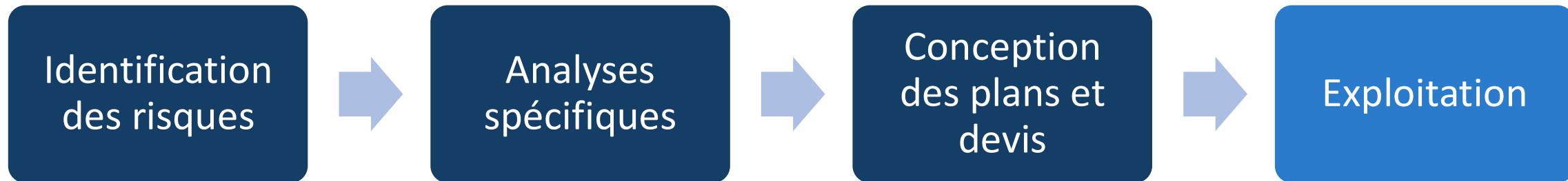
Estimation du bris hors-profil

- ✓ Bris sont liés à la **technique de forage et dynamitage**, ainsi qu'aux **discontinuités géologiques** selon l'orientation du mur.
- ✓ Le bris hors-profil représente la **distance horizontale** de la berme perdue ou endommagée suite au dynamitage d'un banc.
- ✓ Il est nécessaire de considérer cette perte pour la conception de la fosse finale et conserver des bermes de captage efficaces.
- ✓ La largeur de berme avant perte indique la distance de forage requise par rapport au pied de la paroi rocheuse.





Points majeurs à considérer suite à l'application du RSSM

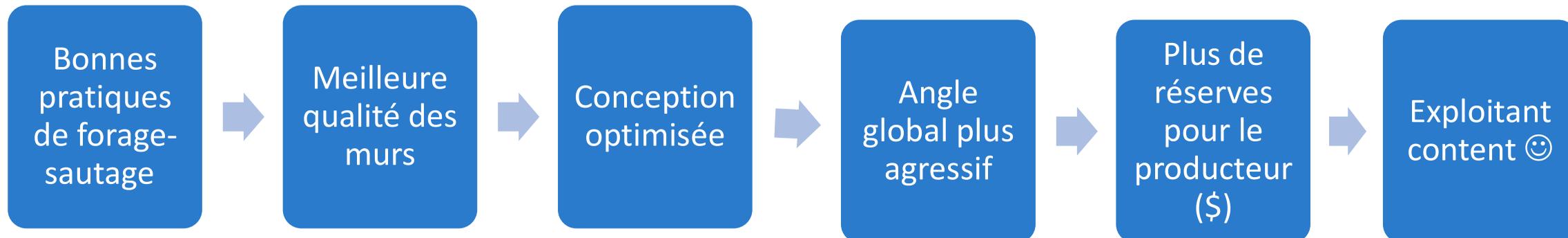




Lien avec le dynamitage dans tout ça ?

Les processus de forage-sautage ont un effet direct sur la qualité des murs finaux obtenus:

- Les conceptions sont effectuées selon ce qui est observé jusqu'à présent dans la fosse (cartographie, évaluation du massif rocheux, etc.)
 - Si les pratiques de dynamitage sont optimisées et protègent les murs de la fosse, la conception pourra être plus agressive.
 - Sinon, mise en place de bordages, zone d'exclusion, support de terrain, boulons, treillis, modification de la conception, écaillage sur câble, couts supplémentaires, perte de ressources pour le producteur etc.





Optimisation des pratiques de sautage

Critères d'amélioration pour les pratiques de sautage à considérer:

- Trous de prédécoupage au niveau des murs finaux
- Conception des patrons de sautage spécifiques aux conditions géologiques rencontrées
- Faire appel à un spécialiste externe du forage-sautage
- Demander une revue générale des pratiques de forage-sautage

L'objectif étant de rendre la conception le plus adaptée possible à la carrière en limitant l'endommagement aux murs afin de réduire les mesures de protection et de stabilisation nécessaires.



Tiré de Pierre Dorval, 2002 (Présentation du SEEQ - Conception d'une coupe de roc et exigences du MTQ en égard aux déblais dans le roc)



Impact de la mise à jour de la Règlementation pour le producteur

Les plans et devis requis par la mise à jour RSSM apportent aux producteurs :

- Être légal ... , mais aussi
- Un encadrement dans l'exploitation de la carrière par des plans et devis
- La mise en place de mesures de protection spécifiques aux conditions géologiques rencontrées
- Des inspections régulières par un professionnel
- Un suivi par un professionnel en mécanique des roches
- Une sensibilisation quant à la mécanique des roches et à l'optimisation des parois rocheuses





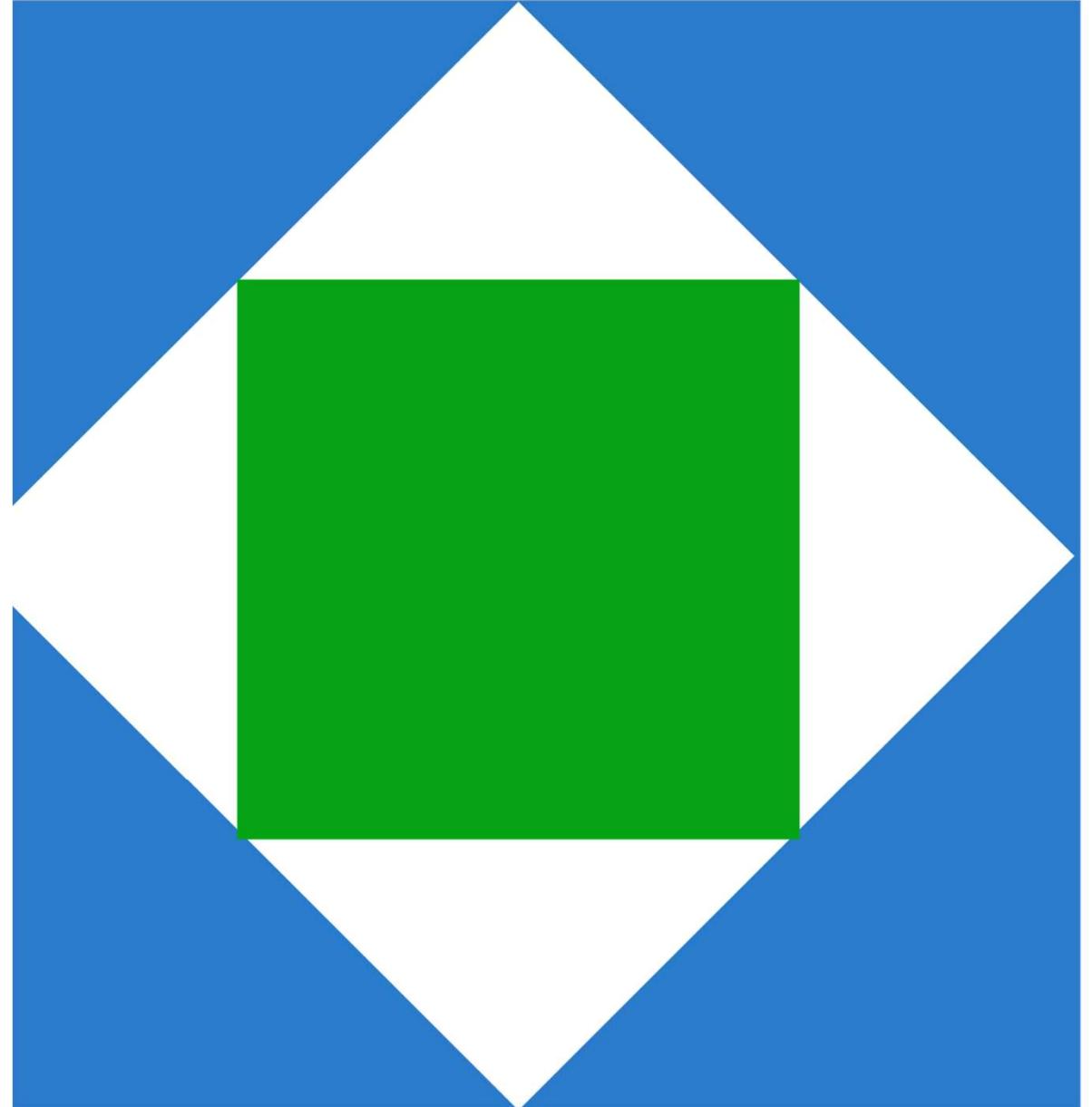
Conclusion

- **Nouvelle réglementation RSSM depuis avril 2021**
- **Le règlement nécessite des plans et devis spécifiques à chaque mine et carrière**
- **Les plans et devis, faisant partie de la conception, servent à identifier les risques et à établir des mesures de mitigation**
- **La conception est adaptée à la condition des murs excavés dans la carrière**
- **L'application de bonnes pratiques de sautage est essentielle pour optimiser la conception des carrières et ainsi offrir des recommandations avantageuses pour le client**



◆ Géoclaste ◆

Questions ?



Présenté par : **François Laniel, ing.**

Carlos Pelletier Martinez, géo., CPI, M. ing.

Date : **17 nov. 2023**