



Canadian Institute of Mining,
Metallurgy and Petroleum

Les défis de la gestion des résidus, des stériles et de l'eau dans l'industrie minière d'aujourd'hui

Université Laval, 31 janvier 2020

THE COMMUNITY FOR LEADING INDUSTRY EXPERTISE



Program des conférenciers distingués

Le program des conférenciers distingués de 2019-2020 est rendu possible par



CIM FOUNDATION | FONDATION ICM

La conférence de Mme Kissiova est fièrement parrainée par



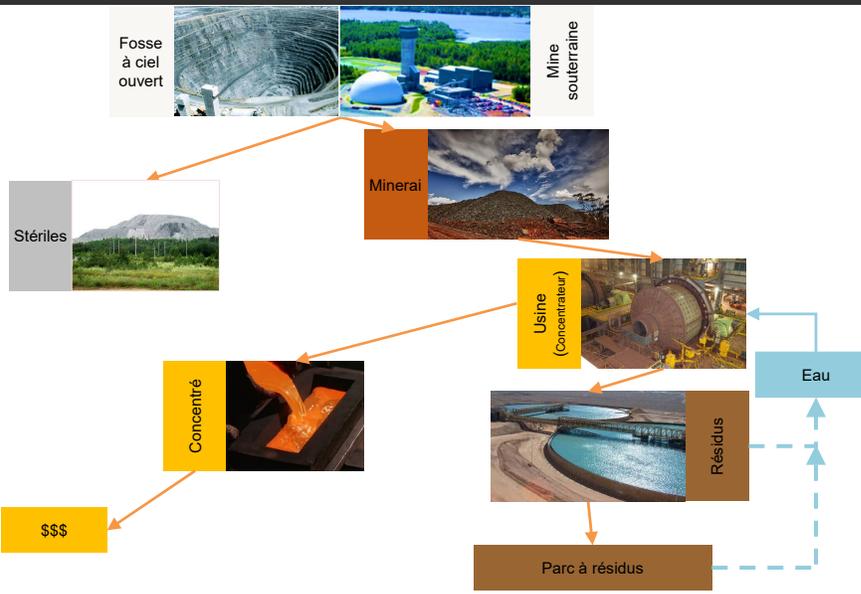


Résidus, stériles, eau

- Quelles sont ces substances – résidus, stériles, eau de mine? Comment sont-elles générées?
- Comment sont les résidus, les stériles et l'eau gérés sur un site minier?
- Pourquoi la notion de risque est-elle associée aux résidus et aux stériles? Est-ce que ce risque est tangible?
- Y a-t-il des stratégies de gestion qui permettent de limiter, voir éliminer le risque dans ce domaine?



Comment sont les résidus, les stériles et l'eau générés?





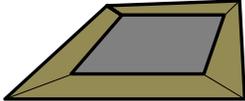
LIM ICM Comment sont les résidus et les stériles gérés? Et l'eau?

Type	Grains (mm)
Charbon	0.002 to 0.2
Cuivre	0.001 to 1
Or	0.001 to 0.15
Platine	0.001 to 0.5
Nickel	0.001 to 0.2
Plomb/Zinc	0.001 to 1
Boue rouge (fins)	0.001 to 0.1

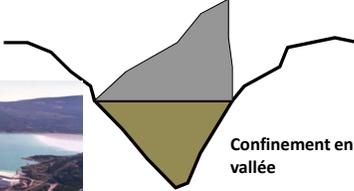
ICM Comment fait-on pour contenir les 219 Mt de résidus?
Et l'eau?

Catégories générales de confinement :

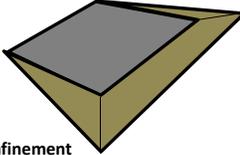
- Surface:
 - Confinement complet
 - Confinement en vallée
 - Confinement en talus
- Sub-aquatique
 - Dans une fosse à ciel ouvert
 - Dans une rivière
 - Sous l'eau (lac or marin)



Confinement complet

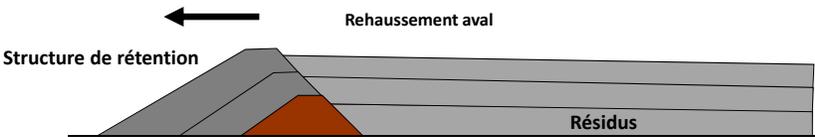
Confinement en vallée

Confinement de talus



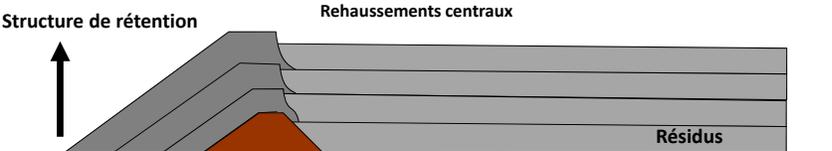
ICM Comment fait-on pour contenir les 219 Mt de résidus?
Et l'eau?



Rehaussement aval

Structure de rétention

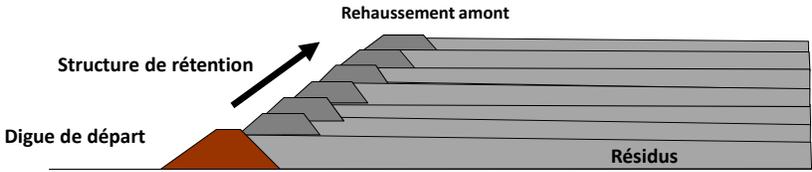
Résidus



Rehaussements centraux

Structure de rétention

Résidus



Rehaussement amont

Structure de rétention

Digue de départ

Résidus

LIM
ICM Comment fait-on pour transporter les 219 Mt de résidus?

Le transport et la distribution dépendent de la technologies utilisée pour la production

- Hydraulique (pulpe, épaissis, pâte)
- Par camion
- Par convoyeur
- Cyclonage
- ...






LIM
ICM Et les 548 Mt de stériles?



Source: Guidelines for Mine Waste Dump and Stockpile Design, 2017.

- La grosseur des particules et la composition géochimique sont très variables
<math><80 \mu\text{m}</math> à >>2 m
- L'altération continue en surface
- Le placement se fait mécaniquement, par couches ou en déversant, créant de la ségrégation à grande échelle






Résidus, stériles et eau

- Pourquoi la notion de risque est-elle associée aux résidus et aux stériles? Est-ce que ce risque est tangible?
- Y a-t-il des stratégies de gestion qui permettent de limiter, voir éliminer le risque dans ce domaine?



Pourquoi la notion de risque est-elle associée aux résidus et aux stériles?
Est-ce que ce risque est tangible?

- **Stava, 1985, Italie (mine de fluorite)**

- Dommages sur 4,2 km
- **268 décès**
- 3 hôtels, 53 maisons
- 8 ponts démolies



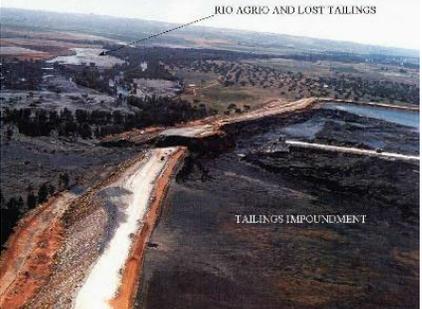
ICM Pourquoi la notion de risque est-elle associée aux résidus et aux stériles?
ICM Est-ce que ce risque est tangible?

- **Vratza, 1^{er} mai 1966, Bulgarie (Mine de Pb-Zn)**
 - Dommages sur 7 km le long de la rivière Leva
 - **Plus de 488 décès**
 - **2000 blessés**
 - 156 maisons détruites
 - La vérité de la nature et de l'étendu des de la tragédie a été dissimulée pendant des décennies




ICM Pourquoi la notion de risque est-elle associée aux résidus et aux stériles?
ICM Est-ce que ce risque est tangible?

- **Los Frailes, 1998, Espagne (Zn, Cu, Pb, Ag)**
 - 1,5 Mm³ de résidus
 - 5,5 Mm³ d'eau acide
 - Parc national Doñana – 40 km de la rivière Agrio détruites (2000 oiseaux, 25 000 kg de poisson, 300 espèces...)
 - Coût – 52 M€ + 276 M€ + 360 M€

RIO AGRIO AND LOST TAILINGS

TAILINGS IMPOUNDMENT



Pourquoi la notion de risque est-elle associée aux résidus et aux stériles?
Est-ce que ce risque est tangible?

- **Mount Polley, 2014, Canada (Cu, Au)**
 - 4,5 Mm³ de résidus en pulpe et 10 Mm³ d'eau
 - La pulpe de résidus a atteint le lac Quesnel
 - Une investigation compréhensive a été lancée et un rapport technique a été émis

<https://www.youtube.com/watch?v=vg3yd8GPSnA>

<https://www.youtube.com/watch?v=VYYwzAvQIF8>



Pourquoi la notion de risque est-elle associée aux résidus et aux stériles?
Est-ce que ce risque est tangible?

- **Samarco, 2015, Brésil (Fe)**
 - 19 décès
 - 60 M m³ de résidus et de l'eau
 - Le village de Bento Rodrigues a été détruit; les résidus ont atteint l'océan Atlantique
 - 21 charges d'homicide ont été portées contre Vale et BHP
 - 5,28 milliard de \$ en réparations

<https://www.youtube.com/watch?v=k0PWRIEW>



ICM Pourquoi la notion de risque est-elle associée aux résidus et aux stériles?
ICM Est-ce que ce risque est tangible?

Et encore plus récemment:

- **Mine de fer de Feijão (Vale) au Brésil (Fe) – un parc à résidus inactif a subi une rupture (25 janvier 2019)**
 - 237 décès, 33 manquent à l'appel...
 - 3 milliard de \$ bloqués
 - L'investigation est en cours
 - 5 ingénieurs ont été arrêtés au moment de la préparation de cette présentation

<https://www.theguardian.com/world/video/2019/feb/01/terrifying-dam-collapsed-in-brazil-caught-on-camera-video>






ICM Pourquoi la notion de risque est-elle associée aux résidus et aux stériles?
ICM Est-ce que ce risque est tangible?





- *Les haldes à stériles ne nécessitent pas beaucoup d'attention: c'est un mythe qu'il faut déconstruire*
 - Les haldes peuvent atteindre des hauteurs extrêmes
 - Elles comportent des risques d'instabilité significatives et pour les infrastructures; leur performance environnementale à long-terme complexe
 - Très peu de publicité en cas d'incident

LIM Pourquoi la notion de risque est-elle associée aux résidus et aux stériles?
ICM Est-ce que ce risque est tangible?

- Résidus frais
- Même résidus après 7 ans d'oxydation des sulfures



Source: University of Waterloo, Michael C. Moncur, Acid mine drainage: past, present...future?

LIM Y a-t-il des stratégies de gestion qui permettent de limiter, voir éliminer le risque dans ce domaine?
ICM

Independent Expert Engineering Investigation and Review Panel,
“Report on Mount Polley Tailings Storage Facility Breach”, 2015

- Les meilleurs technologies disponibles
 - *Éliminer l'eau de surface*
 - *Promouvoir les conditions non-saturées dans les empilements*
 - *Atteindre des conditions dilatantes par compactage*

“There are no overriding technical impediments to more widespread adoption of filtered tailings technology”



→ Dénoyage →



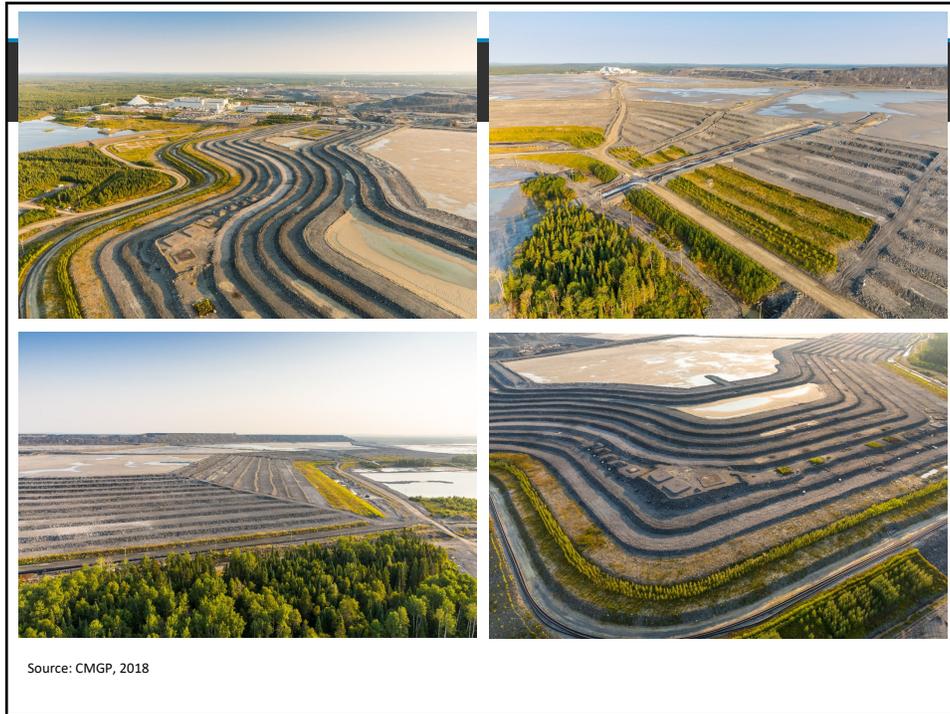
ICM Y a-t-il des stratégies de gestion qui permettent de limiter, voir éliminer le risque dans ce domaine?

Mine Canadian Malartic

- 55,000 tonnes par jour:
Stratégie : résidus épaissis !
- Capacité nécessaire: 500Mt au début du projet; > de 1 milliard aujourd'hui:
Stratégie : Utiliser un vieux site minier qui a déjà été impacté!

Globalement: Utiliser les stériles pour construire des cellules – co-disposition de résidus et des stériles, créer une squelette rigide et perméable. Aucune rétention d'eau dans le parc





Y a-t-il des stratégies de gestion qui permettent de limiter, voir éliminer le risque dans ce domaine?

Hecla Greens Creek, Alaska

- Hecla Greens Creek, Alaska – mine polymétallique
- *Environnement très sensible, forêt unique et le parc Admiralty Island National Monument*
Stratégie : Construire le premier projet avec des résidus filtrés et celui qui est en opération depuis le plus longtemps
 « Best Available Technology » pour une mine de tonnage bas à moyen
- 1770 t/j, début en 1988!
Stratégie : Permis pour opérer un empilement de résidus filtrés – efficace et sensible



Source: Erickson and al., Filtered Tailings Disposal Case History: Operation and Design Considerations, Parts I and II, 2013

ICM Y a-t-il des stratégies de gestion qui permettent de limiter, voir éliminer le risque dans ce domaine?

- Résistant aux forces sismiques
- *Réduction de l'empreinte et aucun besoin de bassin*
- Faune heureuse!




Source: Erickson and al., Filtered Tailings Disposal Case History: Operation and Design Considerations, Parts I and II, 2013

ICM Y a-t-il des stratégies de gestion qui permettent de limiter, voir éliminer le risque dans ce domaine?

Mine Raglan, Québec

- 3600 tpj dont 40 % sont utilisés sous terre
- *Environnement très hostile - pergélisol*
Stratégie: au Canada c'est un projet unique!
- L'opération a débuté en 1998



Source: Dagenais and al., "Résidus filtrés: survol de la conception et de l'opération du parc à résidus à la mine Raglan", 2018

ICM Y a-t-il des stratégies de gestion qui permettent de limiter, voir éliminer le risque dans ce domaine?

- Les résidus sont placés directement sur le sol
- La restauration du parc était basée sur le gel des résidus, mais...*
Stratégie: pour tenir compte des changements climatiques le recouvrement isolant sera couplé avec une couche de recouvrement de faible perméabilité



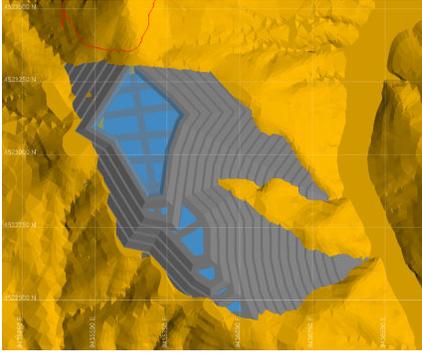



Source: Dagenais and al., "Résidus filtrés: survol de la conception et de l'opération du parc à résidus à la mine Raglan", 2018

ICM Y a-t-il des stratégies de gestion qui permettent de limiter, voir éliminer le risque dans ce domaine?

Projet aurifère Krumovgrad Ada Tepe, Bulgarie

- Taux de production: 2400 tpj
- Petite empreinte, environnement fragile*
Stratégie: co-disposition de stériles et de résidus; une synchronisation entre l'opération minière et la construction
- Construction a débuté en 2018



Source: Eldridge and al, Golder Associates, Krumovgrad Integrated Mine Waste Storage Facility, Krumovgrad Gold Project, Bulgaria



Y a-t-il des stratégies de gestion qui permettent de limiter, voir éliminer le risque dans ce domaine?

- En opération depuis Juillet 2019



Bibliographie

- Dagenais et al., "Résidus filtrés: survol de la conception et de l'opération du parc à résidus à la mine Raglan", 2018
- Erickson and al., Filtered Tailings Disposal Case History: Operation and Design Considerations, Parts I and II, 2013
- Golder Associates, Gestion des résidus miniers et des stériles: les étapes à franchir pour une gestion responsable et durable, Atelier mine et développement durable en Afrique francophone, mars 2017
- ICOLD, 2001, Tailings Dams, Risks of Dangerous Occurrences. Lessons Learnt from Practical Experiences
- ICMM, March 2013, Adapting to a changing climate: implications for the mining and metals industry
- IEEIRP, "Report on Mount Polley Tailings Storage Facility Breach", January 30, 2015
- Hawley and Cuning, CRC Press, Guidelines for Mine Waste Dup and Stockpile Design, 2017
- Moncur, Michael C., University of Waterloo, "Acid mine drainage: past, present...future?", March, 2006
- UNEnvironment, GRID Arendal, Mine Tailings Storage: Safety is No Accident", 2017

Merci!

Pour me rejoindre:

Mayana Kissiova
mkissiova@osiskogr.com

Pour rejoindre l'ICM:

3500, boul. de Maisonneuve ouest, suite 1250
Westmount, Québec, Canada H3Z 3C1

T 514-939-2710



THE COMMUNITY FOR LEADING INDUSTRY EXPERTISE