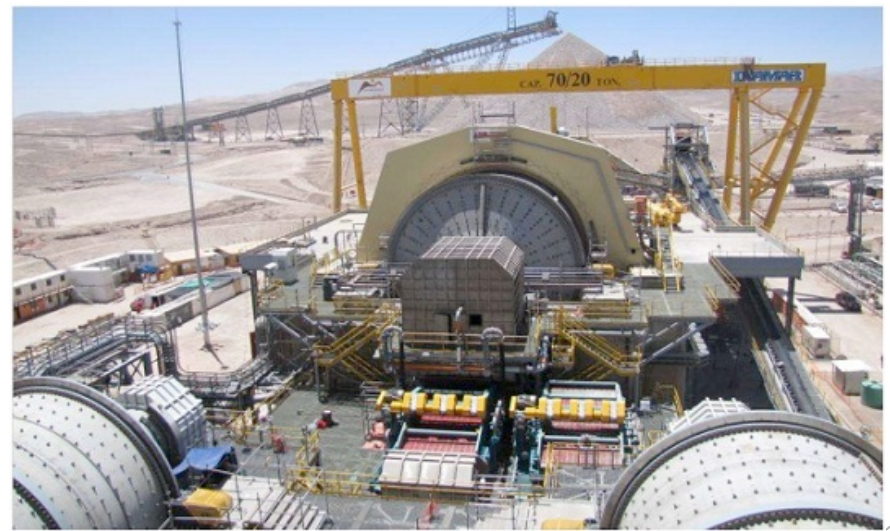

■ Economie de l'ISR

Damien GOETZ

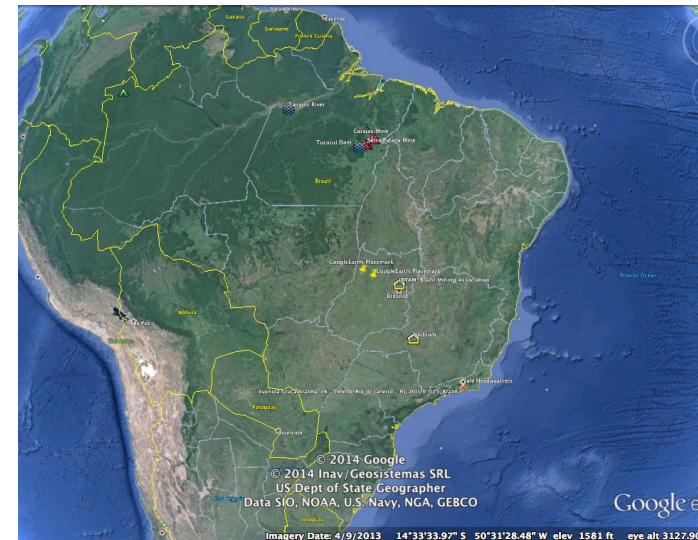
- **Industrie lourde**

- **Intensité capitaliste (rapport de l'investissement initial sur le CA annuel moyen)**
 - **de l'ordre de 3 :**
 - **à comparer avec 1 pour les industries de transformation, ou moins de 0,1 pour la grande distribution**
- **Investissement dans l'outil de production**



• Industrie lourde

- Intensité capitalistique (rapport du CA annuel moyen sur l'investissement initial)
 - de l'ordre de 3 :
 - à comparer avec 1 pour les industries de transformation, ou moins de 0,1 pour la grande distribution
- Investissement dans l'outil de production, mais aussi dans les infrastructures



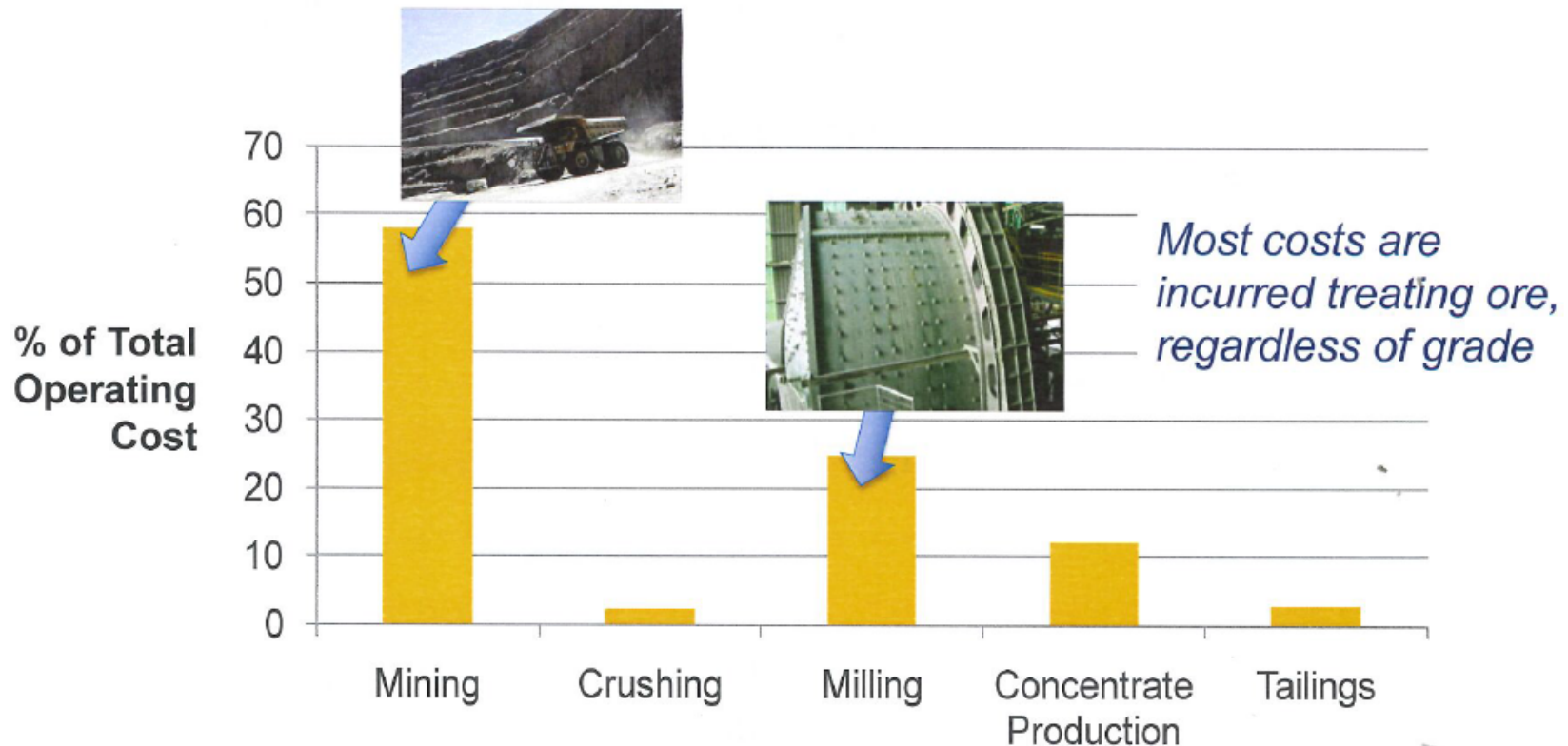
- **Industrie lourde**

- **Intensité capitalistique (rapport du CA annuel moyen sur l'investissement initial)**
 - **de l'ordre de 3 :**
 - **à comparer avec 1 pour les industries de transformation, ou moins de 0,1 pour la grande distribution**
- **Investissement dans l'outil de production, mais aussi dans les infrastructures**
- **Nécessité de durées de vies importantes**
 - **Avec une intensité capitalistique de 3 et une marge de 50%, il faut 6 ans pour récupérer l'investissement initial, sans prise en compte de l'actualisation**
- **Nécessité de marges significatives**
 - **Avec une intensité capitalistique de 3, il faut une marge de 50% pour atteindre un TRI de 15% sur 15 ans**

- **Des coûts opératoires rigides et significatifs**
 - **Des limitations physiques**
 - **Energie**
 - **Energie potentielle d'extraction minéral + exhaure, ventilation... profondeur et conditions géologiques**
 - **Énergie de fragmentation (explosif, broyage)**
 - **Consommables : soutènement pour l'exploitation, réactifs pour le traitement,...**
 - **Main d'oeuvre**
 - **10 t/hp en mine souterraine en conditions françaises = 20 € de main d'œuvre par tonne...**

- Des coûts opératoires rigides et significatifs

Major Operating Cost Components – Open Pit



- **Des coûts opératoires rigides et significatifs**
 - **Des limitations physiques**
 - **Energie**
 - **Energie potentielle d'extraction minéral + exhaure, ventilation... profondeur et conditions géologiques**
 - **Énergie de fragmentation (explosif, broyage)**
 - **Consommables : soutènement pour l'exploitation, réactifs pour le traitement,...**
 - **Main d'oeuvre**
 - **10 t/hp en mine souterraine en conditions françaises = 20 € de main d'œuvre par tonne...**
 - **Nécessité de recettes (donc teneurs) significatives**
 - **Zn : 3000 \$/t, partagés 50/50 entre mineurs et fondeurs. Pour un coût mine de 40 \$/t, traitement de 25 \$/t et overheads de 25 \$/t, il faut une teneur minimale de 6% pour équilibrer les coûts et 12% pour assurer une marge de 50%**
 - **Au à 1200 \$/oz ; 3 g/t et 6 g/t**

- **Industrie risquée**

- **Risque prospection**

- **Données Rio Tinto :**

- **1 cible sur 1000 donne une exploitation rentable**
- **3 cibles sur 10000 donne une mine de classe mondiale**

- **Industrie risquée**

- **Risque prospection**

- **Données Rio Tinto**

- **1 cible sur 1000 donne une exploitation rentable**

- **3 cibles sur 10000 donne une mine de classe mondiale**

- **Risque gisement**

- **Teneur, tonnage, forme**

- **Industrie risquée**

- **Risque prospection**
 - **Données Rio Tinto**
 - **1 cible sur 1000 donne une exploitation rentable**
 - **3 cibles sur 10000 donne une mine de classe mondiale**
- **Risque gisement**
 - **Teneur, tonnage, forme**
- **Risque technique**
 - **Stabilité exploitation, dilution-salissage exploitation**
 - **Récupération métal traitement, qualité produit final**

- Industrie risquée



- **Industrie risquée**

- **Risque prospection**
 - **Données Rio Tinto**
 - **1 cible sur 1000 donne une exploitation rentable**
 - **3 cibles sur 10000 donne une mine de classe mondiale**
- **Risque gisement**
 - **Teneur, tonnage, forme**
- **Risque technique**
 - **Stabilité exploitation, dilution-salissage exploitation**
 - **Récupération métal traitement, qualité produit final**
- **Risque recette**
 - **Variation des prix des métaux**
 - **Variation des taux de change**

- Industrie risquée



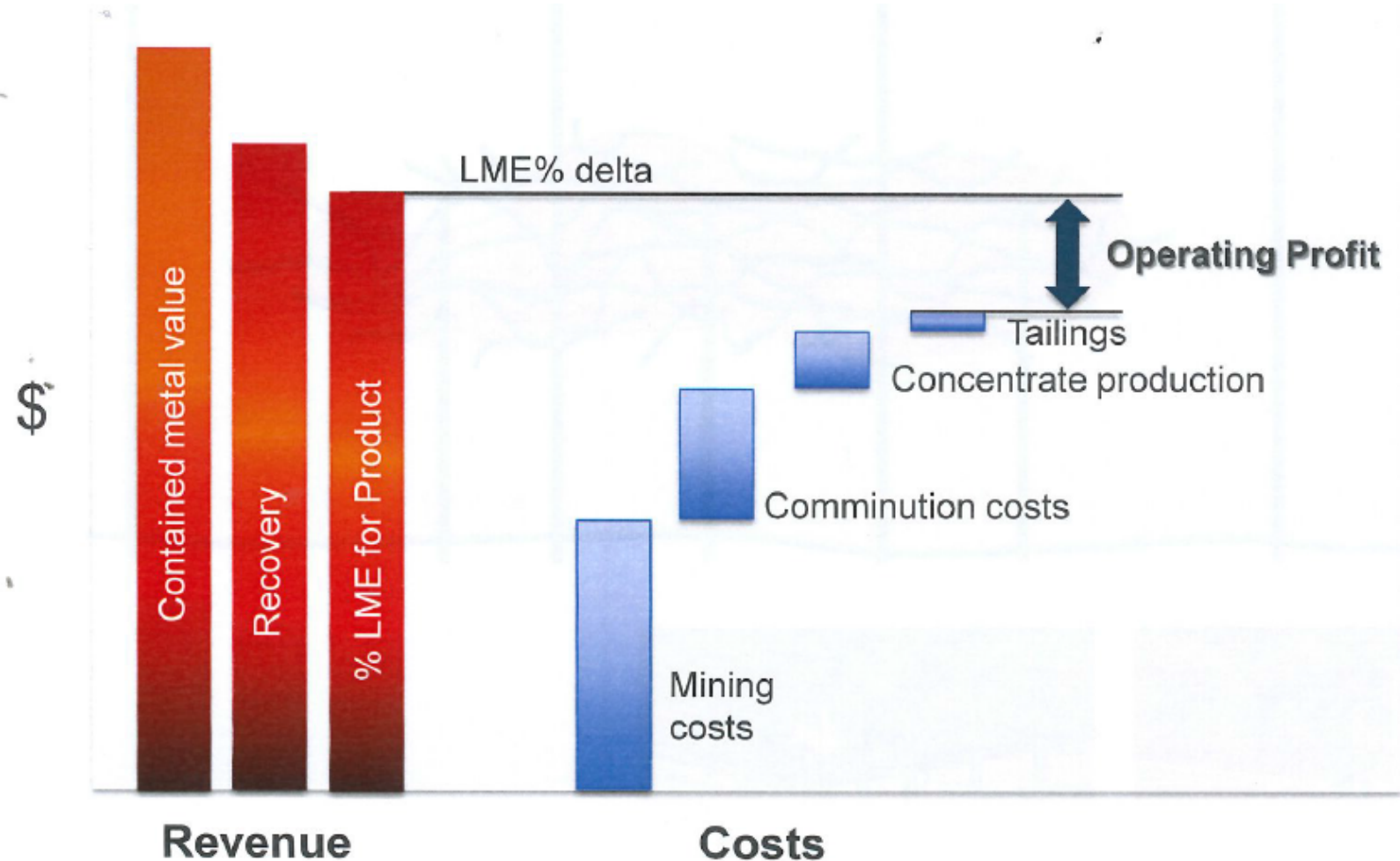
- **Une industrie qui s'auto-détruit**
 - Consommation du gisement vs transformation d'une matière première achetée



- **Spécificités et conséquences**

- Investissements lourds → gros gisements
- Coûts rigides et significatifs → gisements riches
- Auto-destruction → grande attention à la récupération
 - **Récupération du gisement**
 - **Récupération métal dans le traitement**

- **Spécificités et conséquences**



- **Pas de mine !!**
 - Mine remplacée par de vulgaires forages



- **Pas de mine !!**

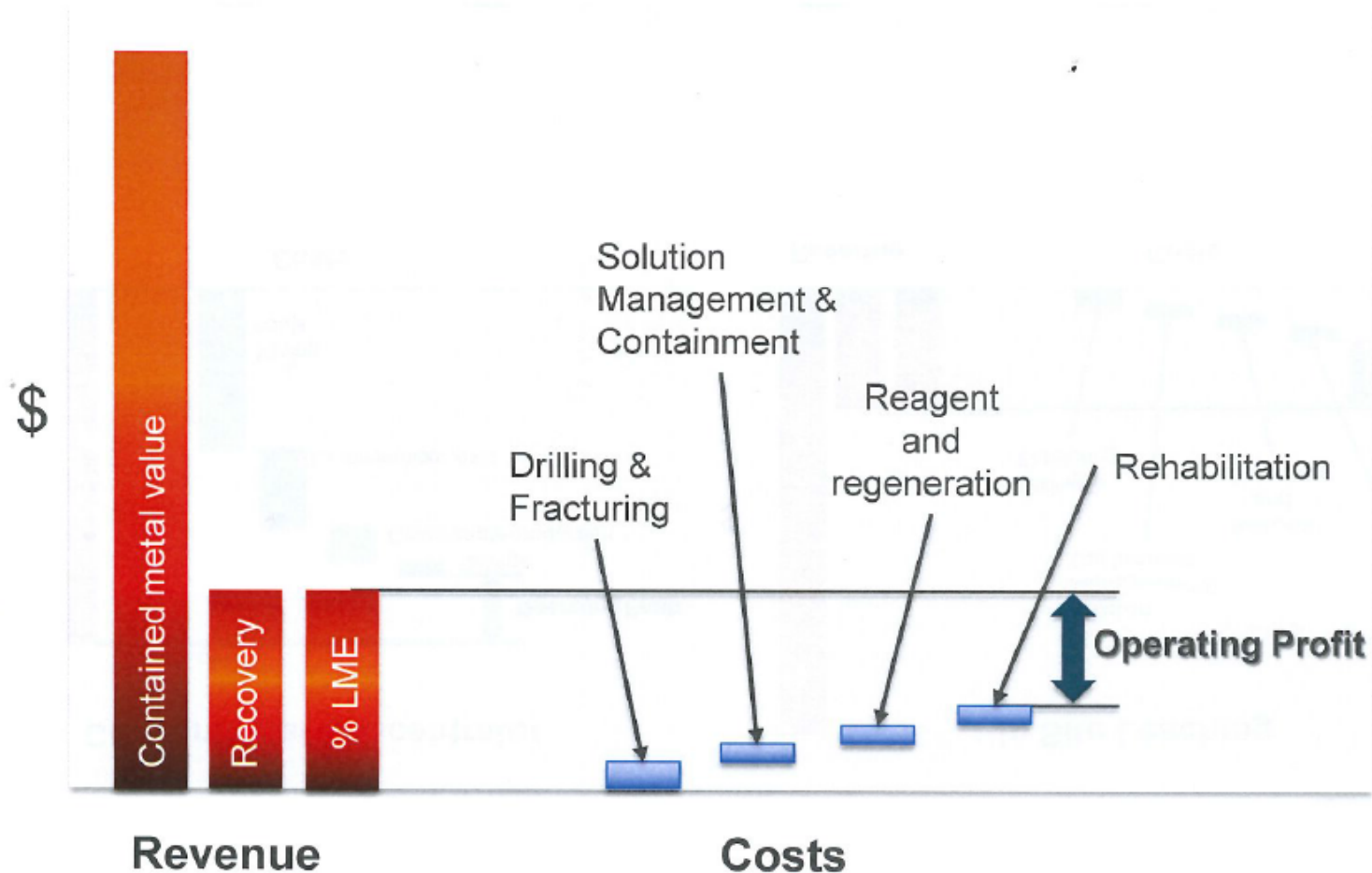
- Mine remplacée par de vulgaires forages
- Réalisés pour l'essentiel au fil du temps
 - **Pas d'investissement initial mine**
- Très peu consommateur de main d'œuvre
 - **Un coût d'exploitation limité à l'énergie pour faire circuler la solution lixivante et aux réactifs (acide)**
- Avec des coûts de transport imbattables
 - **Pompage vs camions**

- **Pas de réduction granulométrique**

- Pas d'explosif dans la mine
- Pas de concassage-broyage, qui représente la part la plus importante des investissements et coûts de fonctionnement des usines de traitement classiques

- **Des investissements beaucoup plus faibles**
 - IC de l'ordre de 1
- **Des coûts de production parmi les plus faibles du Monde**
 - cf KATCO

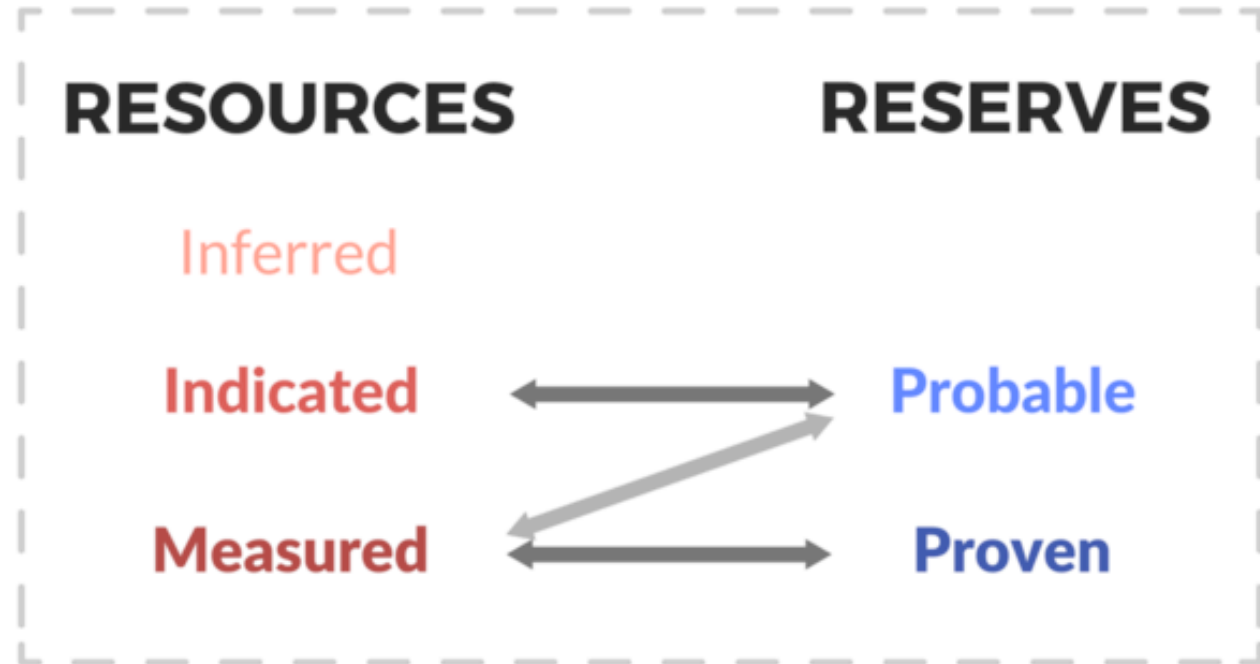
- Possibilité d'envisager des exploitations moins « efficaces » (récupération métal)



- **Des investissements beaucoup plus faibles**
 - IC de l'ordre de 1
- **Des coûts de production parmi les plus faibles du Monde**
 - cf KATCO
- **Possibilité d'aller vers des gisements plus petits et/ou moins riches**
- **Possibilité d'envisager des exploitations moins « efficaces » (récupération métal)**
 - Mais le soucis de ne pas gâcher une découverte reste réel

- **Détermination des réserves**

Geological
knowledge
& confidence



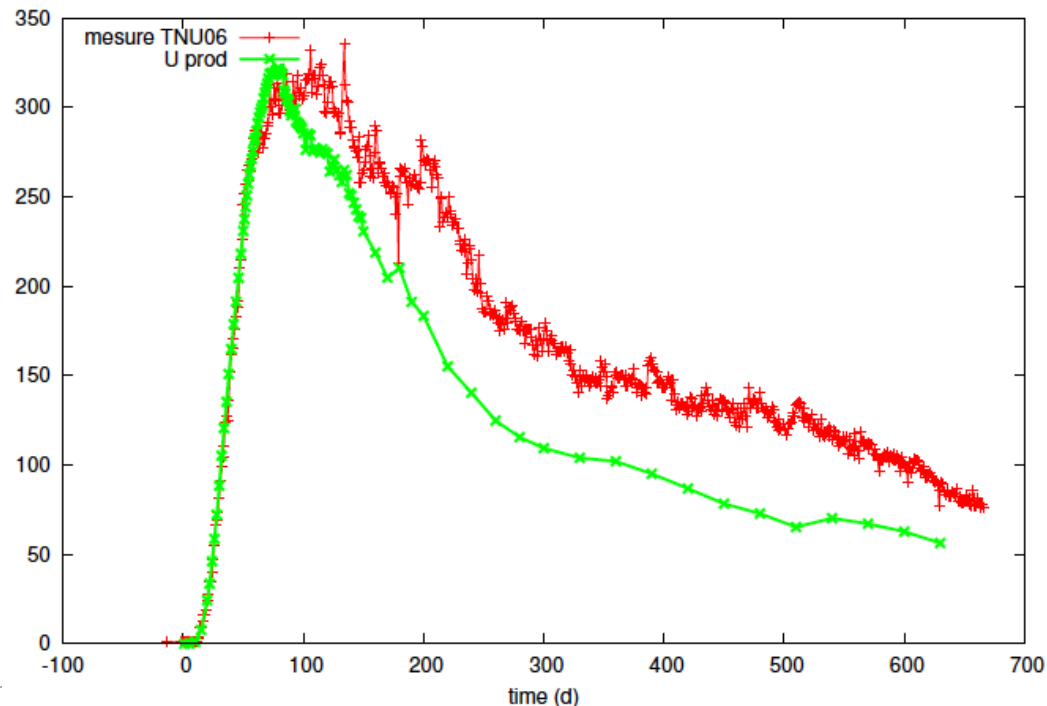
Economic viability due to mining,
processing, marketing, legal,
environmental, infrastructure,
social and governmental factors



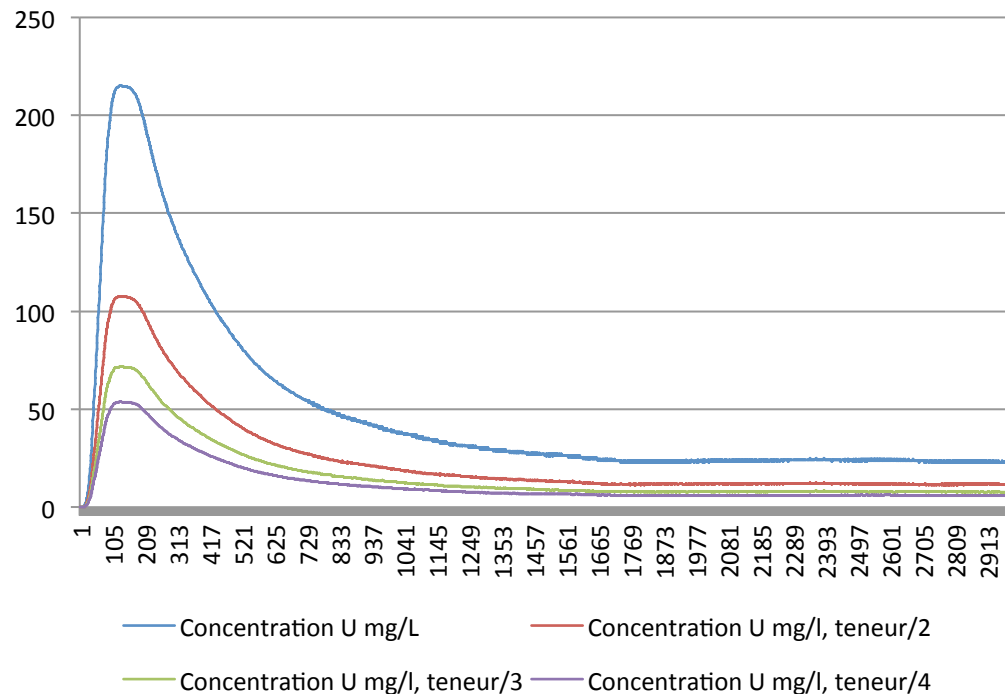
- **Détermination des réserves**

- En mine souterraine : déterminer une teneur de coupure dont se déduit une géométrie
- En mine à ciel ouvert : déterminer une teneur de coupure et une géométrie (fosse optimale)
 - **Teneur de coupure pour maximiser la création de richesse : teneur pour laquelle il y a équilibre entre les recettes et les dépenses**
- En ISR
 - Une teneur de coupure dont se déduit une géométrie : teneur d'ouverture d'une cellule
 - +
 - Une teneur de fermeture d'une cellule

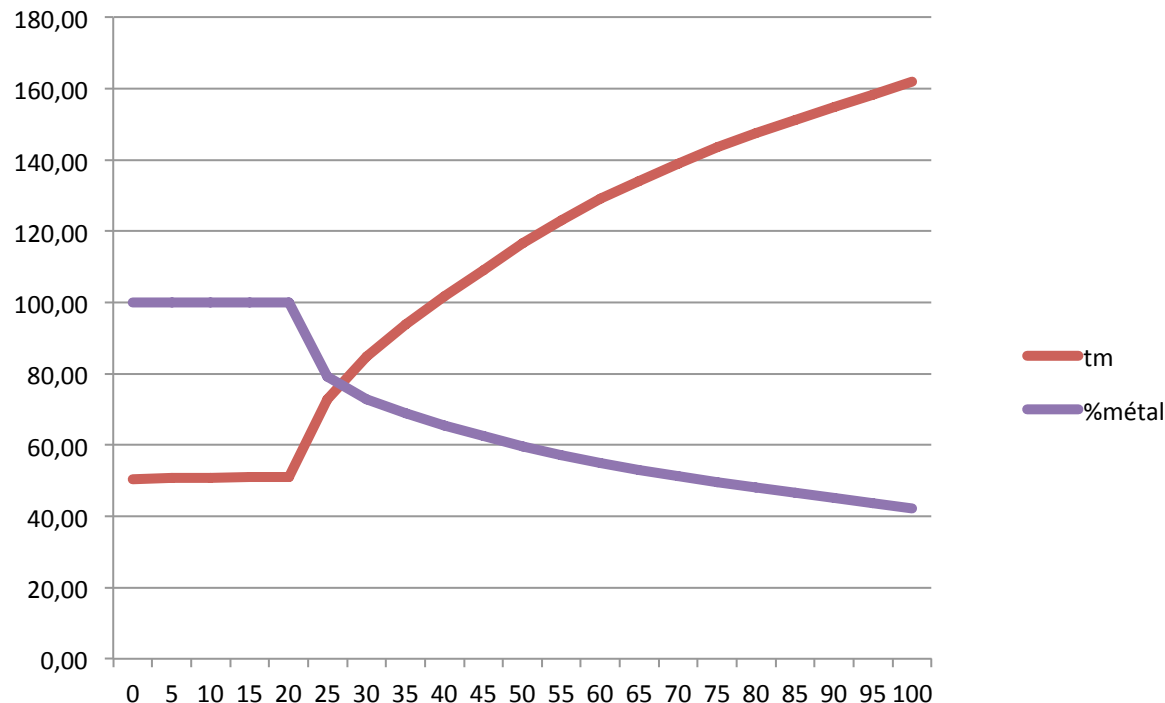
- **Détermination des réserves / Teneur de fermeture d'une cellule**
 - Baisse de la teneur de la solution lixiviante dans le puits producteur au fil du temps
 - Baisse de la recette générée par jour de fonctionnement
 - Face à coût de fonctionnement journalier constant



- **Détermination des réserves / Teneur de fermeture d'une cellule**
 - Cette teneur définit la durée de vie d'une cellule
 - **Donc la récupération métal obtenue dans l'exploitation**
 - **Et la teneur moyenne des solutions lixiviantes injectées dans l'usine de traitement**



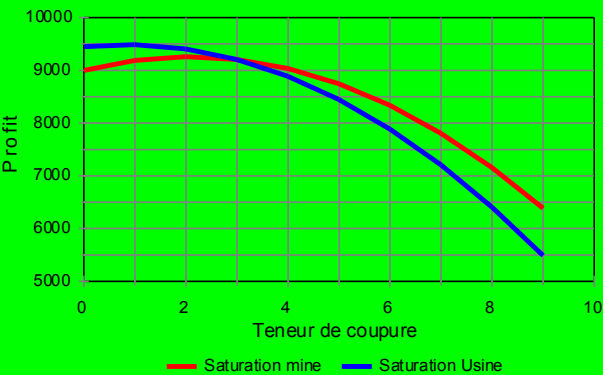
- **Détermination des réserves / Teneur de fermeture d'une cellule**
 - Cette teneur définit la durée de vie d'une cellule
 - **Donc la récupération métal obtenue dans l'exploitation**
 - **Et la teneur moyenne des solutions lixiviantes injectées dans l'usine de traitement**



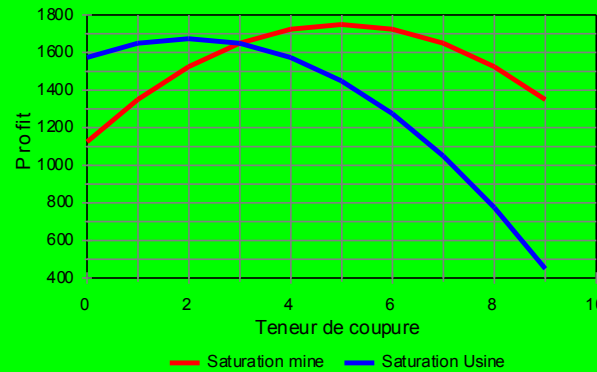
- **Une exploitation ISR peut être modélisée comme un système en trois étapes**
 - **Etape 1 : développement des cellules pour la production**
 - **Limite de capacité (C1) exprimée en nombre de cellules développées par an, et fixée par une des étapes de la mise en service de cellules nouvelles.**
 - **Etape 2 : traitement des solutions de lixiviation**
 - **Limite de capacité (C2) sur le nombre de m³ de solution lixiviante qui peut être injecté dans les puits, circulé dans les réseaux, ou traité par l'entrée usine.**
 - **Etape 3 : précipitation et commercialisation du Yellow Cake**
 - **Limite technique de la queue usine ou limite imposée par le marché mondial de l'U (C3), limite qui s'exprime en nombre de tonnes d'uranium produites par an**

- Limitations techniques et teneur de coupure sont couplés

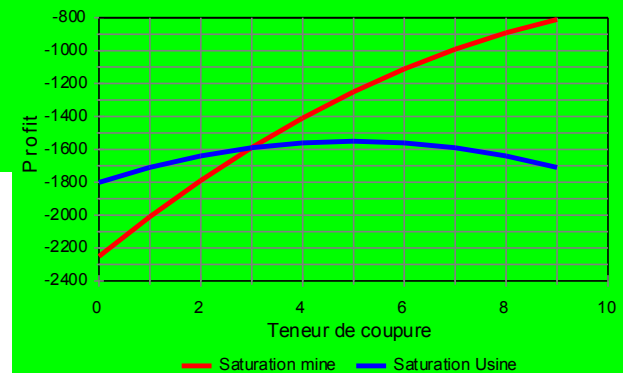
Evolution du profit en fonction de la teneur de coupure pour $v = 120$



Evolution du profit en fonction de la teneur de coupure pour $v = 50$

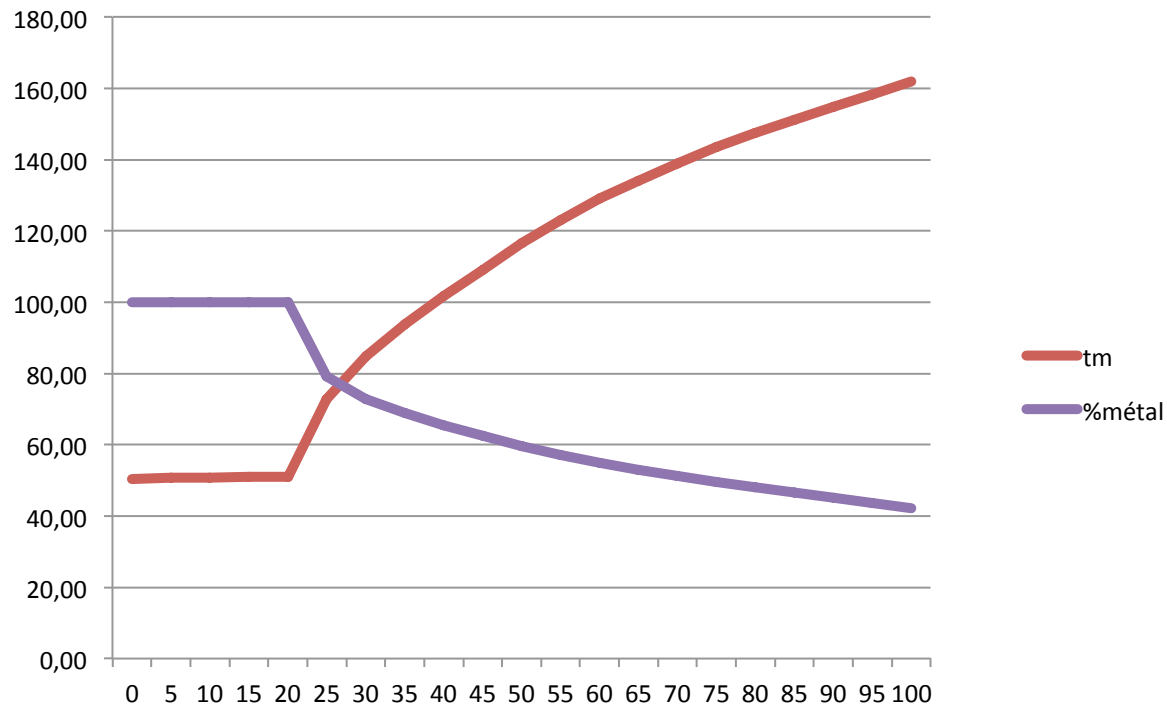


Evolution du profit en fonction de la teneur de coupure pour $v = 20$



- **Limitations techniques et teneur de coupure sont couplés**
- **Au stade étude de faisabilité**
 - Détermination des capacités à installer sur les différentes étapes et de la teneur de coupure optimale
- **Au stade du pilotage de l'exploitation**
 - Ajustement de la teneur de coupure avec prise en compte
 - **Des capacités réelles des différentes étapes**
 - **Des autres contraintes (engagement de production, récupération métal contractuelle minimale,...)**

- Impact d'une limitation sur la capacité de vente
 - Maximale ou minimale
- Impact d'une récupération minimale



- **Limitations techniques et teneur de coupure sont couplés**
- **Au stade étude de faisabilité**
 - Détermination des capacités à installer sur les différentes étapes et de la teneur de coupure optimale
- **Au stade du pilotage de l'exploitation**
 - Ajustement de la teneur de coupure avec prise en compte
 - **Des capacités réelles des différentes étapes**
 - **Des autres contraintes (engagement de production, récupération métal contractuelle minimale,...)**
 - **Elaboration de stratégies d'exploitations pour optimiser les résultats**
 - **Temps de maturation en cellule, multi-circulation des solutions**
 - **Consommation réelle d'acide par cellule, influence des consommateurs d'acide**
 - **Décolmatage/reforage des puits**

■ **Merci de votre attention**