

# EXPLOITATION MINIÈRE URANIFÈRE AU QUÉBEC LA MINE D'URANIUM: INFRASTRUCTURES, FONCTIONNEMENT ET IMPACTS

Présenté par: la Commission canadienne de sûreté nucléaire, le ministère de l'Énergie et des Ressources Naturelles et le ministère du Développement Durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques



Québec 

# Aperçu de la présentation

- Cadre réglementaire fédéral et provincial
- Exigences de la CCSN pour les opérations à ciel ouvert et souterraines
- Protection des travailleurs
- Contrôle des émissions atmosphériques
- Contrôle des rejets liquides
- Gestion des matériaux solides



# Cadre réglementaire fédéral et provincial

- L'encadrement du domaine minier est de compétence provinciale et il est effectué principalement par le MERN et le MDDELCC
- L'encadrement du nucléaire est de compétence fédérale et la CCSN est l'organisme de réglementation nucléaire (garantie et non-prolifération)



# Compétences et exigences de la CCSN

- Compétences de la CCSN: surveillance réglementaire de la préparation du site, la construction, l'exploitation, le déclassé et l'abandon
- Exigences de la CCSN: vise à préserver la santé et la sécurité des personnes, protéger l'environnement, maintenir la sécurité nationale et respecter les obligations internationales



# Opérations à ciel ouvert et souterraines (1)

## Exigences du MERN:

- Pour l'obtention d'un bail minier:
  - plan d'arpentage
  - dépôt d'un rapport certifié par un ingénieur ou un géologue concernant la nature, l'étendue et la valeur probable du gisement et d'une étude de faisabilité
  - approbation préalable par le MERN du plan de réaménagement et de restauration et la garantie financière
  - délivrance préalable du certificat d'autorisation du MDDELCC
- Versement d'une garantie financière selon l'échéancier fixé par le règlement; paiement de la totalité de la garantie à l'intérieur de deux ans après l'approbation du plan de restauration
- Divulcation annuelle d'information sur la quantité et la valeur du minerai extrait et les redevances versées.

# Opérations à ciel ouvert et souterraines (2)

Exigences du MDDELCC: respect de la Loi sur la qualité de l'environnement et des règlements correspondants

- Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social comprenant notamment:
  - description du projet basée sur l'étude de faisabilité complétée
  - caractérisation du milieu physique et humain, détermination des seuils de références;
  - analyse et atténuation des impacts, démonstration du respect des normes en environnementales;
  - analyse des risques technologiques et plan préliminaire des mesures d'urgence;
  - programme de surveillance des travaux et de suivi environnemental;
  - etc.

( 6 )



# Opérations à ciel ouvert et souterraines (3)

Exigences de la CCSN: Règlement sur les mines et les usines de concentration d'uranium (DORS/2000-206)

- Un plan de surface indiquant les limites de la mine ainsi que la zone où se déroulera l'activité visée par la demande
- Le plan proposé pour le déclassement de la mine ou de l'usine de concentration
- Les effets que l'activité visée par la demande peut avoir sur l'environnement, de même que les mesures qui seront prises pour éviter ou atténuer ces effets
- Etc.

( 7 )



# Principaux types d'exploitations minières

## Mine à ciel ouvert:

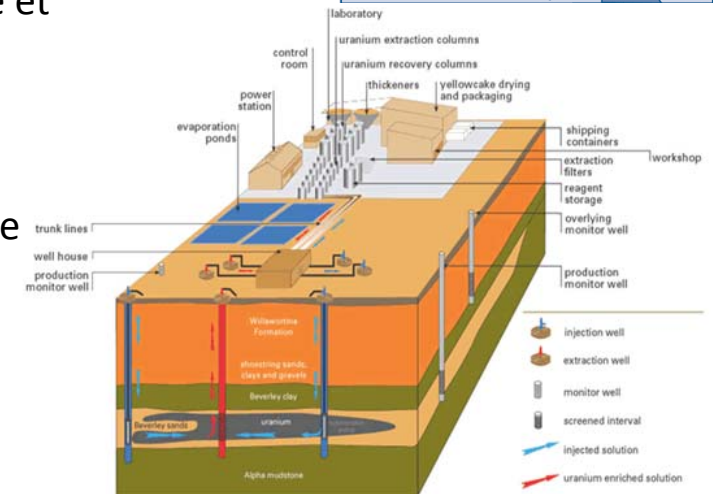
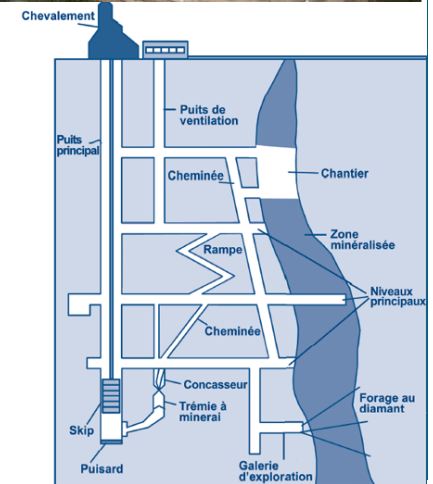
- Minerai près de la surface
- Grand gisement (centaine de millions de tonnes)
- Fonctionne pour des faibles teneurs (ex.: < 1g/t or)
- Production élevée (ex.: 50,000 tonnes par jour)
- Coût d'exploitation faible
- Empreinte en surface plus marquée

## Mine souterraine:

- Minerai en profondeur
- Caractéristiques du gisement doit permettre son extraction (type de gisement, profondeur de la minéralisation, largeur etc.)
- La teneur doit être plus élevée
- Plusieurs types d'exploitation (block caving, long trou, chambre et piliers)
- Empreinte en surface modérée

## Lixiviation:

- In-situ: puits d'injection, dissolution en place, puits de pompage
  - empreinte en surface minimale
- En tas: minerai empilé, lixiviation en surface
- Cette méthode n'est pas employée au Québec ni au Canada





# Méthode d'extraction traditionnelle - exemple de la mine Eagle Point

- Nécessite un sol stable et relativement sec
- $< \sim 5\%$  U3O8 pour la radiation
- Méthode d'extraction souterraine typique
- Permet l'entreposage de réserves en surface pour alimenter l'usine de concentration



# Exploitation minière souterraine non conventionnelle - Considérations géologiques

Deux des caractéristiques les plus importantes à considérer dans l'extraction souterraines de minerai d'uranium à haute teneur (> 20%) sont :

- 1) La stabilité du type de roche souterraine pour l'excavations
- 2) Le volume des eaux souterraines contenu dans la roche et le taux potentiel de l'écoulement des eaux souterraines
  - Il existe deux mines de haute teneur. Ils sont situés à la Saskatchewan.

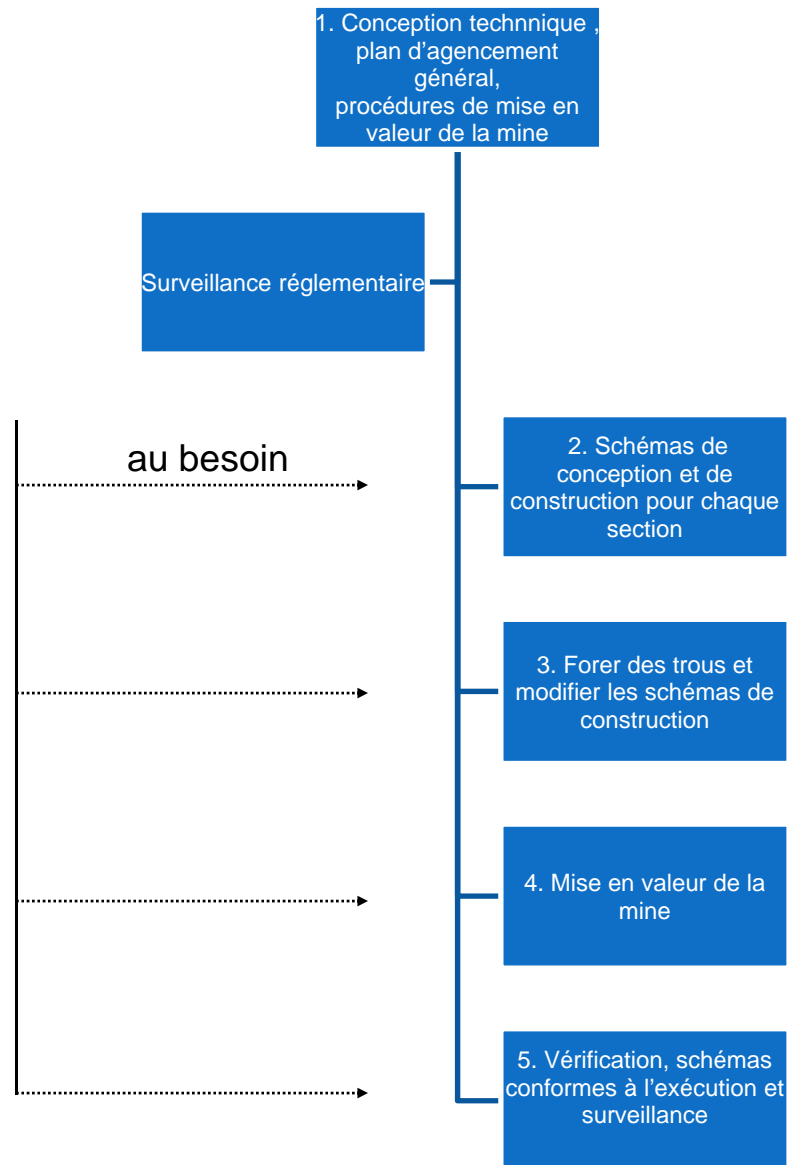


# Exploitation minière souterraine non conventionnelle - Conditions géotechnique et hydrogéologique

- Les fractures, l'altération et l'exposition de la roche hôte aux intempéries ainsi que la formation de failles présentent certaines conditions complexes à l'exploitation minière dans un tel environnement
- L'exploitant minier doit :
  - assurer la stabilité des conditions du sol pour protéger la sécurité des travailleurs
  - diminuer le débit des eaux souterraines pour réduire l'exposition au radon et réduire la charge rejetée dans l'environnement
- Afin de respecter les exigences susmentionnées, la conception de la mine doit être fondée sur des données géotechniques et hydrologiques obtenues durant l'exploration et potentiellement sur des essais miniers



# Méthode de la gestion adaptative



# Atténuation des risques

- Évaluation des risques
- Scénarios plausibles
- Mesures d'atténuation, par exemple:
  - retrait sécuritaire des travailleurs
  - congélation du sol et cimentation
  - rideaux d'injections
  - capacités accrues de stockage et de pompage d'eau
  - mesures d'isolement de la zone



# Risques conventionnels d'une mine en matière de sûreté et contrôle

- Les matières dangereuses présentes dans l'air comprennent: les émanations de diesel, la poussière, les gaz de dynamitage et d'autres gaz miniers
- Ces dangers sont contrôlés au moyen d'une ventilation adéquate et des mesures de contrôle de la poussière tels que prévu par la réglementation provinciale sur les mines
- Conception de la mine avec des rampes d'accès, des galeries d'accès et des puits



# Empreinte sur le territoire

## Exemples de superficie

### **Empreinte territoriale :**

Terrains affectés par l'activité minière : ensemble des surfaces occupées par les infrastructures de la mine (camp, bâtisses, usine, haldes à stériles, parc à résidus, bassins de sédimentation (polissage) et fosse à ciel ouvert.

En 2014, l'ensemble des titres actifs représentent :  
4.5 % du territoire du Québec

Mines actives occupent:  
0,005 % du territoire du Québec



# Empreinte sur le territoire

## Exemples de superficie

Mines souterraines: Sans qu'il existe de norme, l'empreinte pourrait s'apparenter à des dimensions entre : 45 - 300 hectares

Mines à ciel ouvert : Sans qu'il existe de norme, l'empreinte pourrait s'apparenter à une dimension entre 500 et 5 000 hectares

Autres exemples d'empreinte territoriale:

- Centre commercial de grandeur moyenne: 72 ha
- Aéroport (ex : Dorval) : 800 ha





# Empreinte sur le territoire - Facteurs de variations

Facteurs faisant varier l’empreinte sur le territoire: il s’agit du « cas par cas » en fonction de:

- Type d’exploitation (ciel ouvert / rampe / puits)
- Ratio stérile / minerai
- Volume de production (500, 2000 ou 55,000 tonnes par jour)
- Utilisation des résidus (remblai en pâte, entreposage sous terre, restauration d’autres sites)
- Configuration des lieux (topographie, portrait hydrographique)
- Infrastructures connexes (concentrateur, usine hydrométallurgique, garages, bureau administratif, campement, aérodrome, haldes à stériles et parc à résidus, ...)
- Affectation actuelle des terres avant construction (terres privées, publiques agricoles, récréotouristiques, autres usages,...)
- Proximité d’infrastructures existantes (route, ligne électrique, résidents,...)

L’objectif: établir le meilleur scénario d’exploitation dans un contexte de développement durable



# Cadre de radioprotection des travailleurs – Exigences de la CCSN

- Contrôles de gestion:
  - évaluations des risques
  - contrôle du travail et des procédés
  - programme relatif au niveau le plus faible qu’il soit raisonnablement possible d’atteindre (principe ALARA)
  - formation
- Mesures d’ingénierie:
  - méthode d’extraction, ventilation et contrôle de la poussière
  - surveillance (interne et externe)
    - dosimètres individuels
    - surveillance continue à l’aide de voyants lumineux
    - surveillance de zone/surveillance temporelle
  - le temps, la distance et le blindage
- Mesures administratives:
  - limites de dose, seuils d’intervention, codes de pratique
  - fichier dosimétrique national (FDN)
  - rapports périodiques et ponctuels



# Blindage - Application de béton projeté

Les parois de la mine sont recouvertes de béton pour bloquer les radiations et les infiltrations de radon



# Distance - Déblayage à distance

Les opérateurs se tiennent à distance du minerai radioactif en utilisant des équipements téléguidés



( 20 )

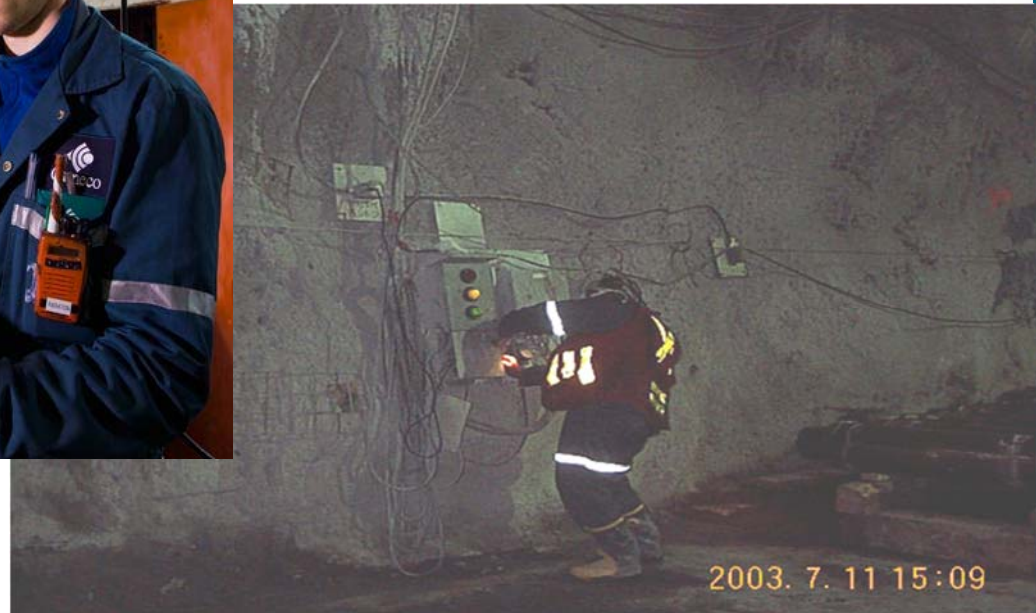
## Gaz radon - Ventilation contrôle à la source



- Exigences en matière de dilution fondées sur trois renouvellements d'air par heure et exigences en matière d'air pour les moteurs diesel
- Principaux ventilateurs équipés de dispositifs d'alarme optiques et sonores
- Réalisation d'inspections régulières et établissement de calendriers d'entretien réguliers pour l'entretien préventif
- Le travail habituel est arrêté durant les interruptions de la ventilation et la mine est surveillée avant la reprise des travaux

# Surveillance radiologique, échantillonnage et surveillance continue

Des mesures de la radiation en continu et par des employés sont effectuées dans les lieux de travail



# Mesures de radioprotection- Mines à ciel ouvert

- Le gaz radon et les produits de désintégration du radon sont dilués à de faibles niveaux par les conditions atmosphériques
- Des mesures de contrôle de la poussière sont intégrées aux systèmes de filtration de l'air de l'équipement d'exploitation minière dans le compartiment fermé de l'opérateur minier
- On prévoit le blindage contre le rayonnement au moyen du recouvrement avec des stériles et de la conception du matériel d'exploitation minière



# Séparation des déchets

- La mise en valeur des mines est fondée sur le forage géotechnique
- Des trous de forage sont creusés (30 m) pour déterminer le potentiel d'eau souterraine, ainsi que pour établir les conditions et les caractéristiques chimiques du sol (minéralisées, acidogènes, bénignes)
- Les matériaux miniers sont stockés selon des critères de séparation : déchets, minéralisés, acidogènes et minerais et sont entreposés sur des revêtements





# Gestion et traitement de l'eau

- L'eau d'exhaure est stockée dans des bassins
- La conception des bassins comprend la sédimentation pour minimiser les solides
- L'eau propre peut être détournée pour séparer l'eau de stockage utilisée dans les opérations minières afin de réduire l'utilisation d'eau douce
- Les concentrations de gaz radon peuvent être élevées dans les eaux souterraines et l'eau de contact et par conséquent, des systèmes de ventilation mécanique sont requis autour des bassins pour gérer la qualité de l'air
- L'eau d'exhaure est stockée dans des bassins de stockage à revêtement et traitée à la station de traitement d'eau avant d'être rejetée.



# Contrôle et traitement de l'eau - Mines à ciel ouvert

- Exigences réglementaires de la CCSN:
  - gestion de l'eau
  - traitement et qualité (limites des effluents, niveau d'action, etc.)
- L'eau d'exhaure peut être interceptée à des puits d'exhaure et rejetée séparément
- L'eau d'exhaure peut être recueillie dans des puisards pour le stockage et le pompage
- La conception des bassins comprend la sédimentation pour minimiser les solides
- L'eau dans les puisards contient des solides en suspension et du radium
- L'eau d'exhaure est stockée dans des bassins de stockage à revêtement et traitée à la station de traitement d'eau avant d'être rejetée
- Des fossés de dérivation peuvent servir à réacheminer les eaux de ruissellement pour éviter le contact avec la roche minéralisée



# Contrôle et traitement de l'eau

Concentrations annuelles moyennes d'éléments et du total des solides en suspension et pH des effluents rejetés dans l'environnement en 2013

Paramètres	Limites de rejet permises	Cigar Lake	McArthur River	Rabbit Lake	Key Lake	McClellan Lake
Arsenic (mg/L) <sup>1</sup>	0.5	0.0006	0.0017	0.0055	0.0080	<b>0.0006</b>
Cuivre (mg/L)	0.3	0.0032	0.0011	0.0045	0.0130	<b>0.0030</b>
Plomb (mg/L)	0.2	0.0001	0.0001	0.0001	0.0100	<b>0.0001</b>
Nickel (mg/L)	0.5	0.0038	0.0012	0.0144	0.0067	<b>0.0180</b>
Zinc (mg/L)	0.5	0.0029	0.0014	0.0100	0.009	<b>0.0009</b>
Sélénium (mg/L)	0.6	0.0005	0.00014	0.0052	0.0170	<b>0.0004</b>
Molybdène (mg/L)	1.0	0.017	0.188	0.324	0.15.	<b>0.005</b>
Uranium (mg/L)	2.5*	0.0011	0.0107	0.0630	0.0080	<b>0.0015</b>
TSS <sup>2</sup>	15	1.4	1.0	2.0	1.8	<b>1.0</b>
pH	<b>6.0-9.5</b>	<b>7.2</b>	<b>7.2</b>	<b>7.2</b>	<b>6.3</b>	<b>7.2</b>

<sup>1</sup> mg/L – milligramme par litre

<sup>2</sup> total des solides en suspension

\* Objectif de 0.1 mg/L pour la CCSN



# Mesures de protection de l'environnement améliorées visant l'uranium

- L'uranium est une substance toxique au sens de la LCPE, et un plan est requis pour réduire les rejets provenant des mines d'uranium
- Cette détermination a été fondée sur la toxicité chimique et non sur le risque radiologique
- Le programme de réduction des concentrations d'uranium a été initié à Rabbit Lake dans le but de réduire les rejets d'uranium.
- Le programme s'est révélé fructueux



# Mesures de protection de l'environnement améliorées visant le molybdène et le sélénium

- Le molybdène et le sélénium sont deux substances libérées durant le processus de concentration. Une approche fondée sur le poids de la preuve suggère que ces substances peuvent mener à des effets biologiques
  - Le molybdenum représente un risque potentiel aux ruminants (e.g. orignal)
  - le Se a un effet sur la reproduction du poisson
- La Commission a exigé qu'on améliore le traitement pour ces deux éléments. Des circuits spéciaux ont été installés et des mesures de contrôle du traitement ont été appliquées. Ces modifications sont efficaces.



# Gestion des matériaux solides

- Exigences réglementaires de la CCSN:
  - RD/GD 370
- Séparation des stériles
- Réduction et réutilisation
- Stockage temporaire des stériles
- Confinement et contrôle des lixiviats



Mine de Cigar Lake



# Mines d'uranium - Différences et similitudes

L'encadrement des mines d'uranium est le même que celui des autres exploitations minières au Québec

- Sauf pour:
  - Les lois et la réglementation du nucléaire dont la responsabilité est assumée par la CCSN qui est l'organisme de réglementation du Canada
  - Les mesures de contrôle des émissions radioactives
  - Les mesures de radioprotection des travailleurs



# Conclusions

- Une culture de sûreté nucléaire est appliquée aux mines d'uranium. Cette approche met l'accent sur la fiabilité, la défense en profondeur et l'apprentissage continu.
- Les mesures de radioprotection ont évolué pour s'adapter aux cas de gisements de minerais à teneur faible, moyenne et élevée, qui sont exploités en Saskatchewan
- La performance environnementale des mines et des usines de concentration d'uranium est examinée annuellement, et des mesures de contrôle modifiées ou révisées sont élaborées pour tenir compte de toutes les conditions nouvelles ou émergentes indiquées dans les résultats de surveillance de l'environnement du milieu local et récepteur
- L'harmonisation du cadre réglementaire provincial et fédéral quant aux limites de rejet à l'environnement
- Les mines et les usines de concentration d'uranium sont réglementées du « berceau à la tombe » et des garanties financières sont en place pour déclasser ces installations.

