EXPLOITATION MINIÈRE URANIFÈRE AU QUÉBEC : LES IMPACTS D'UNE USINE DE CONCENTRATION D'URANIUM

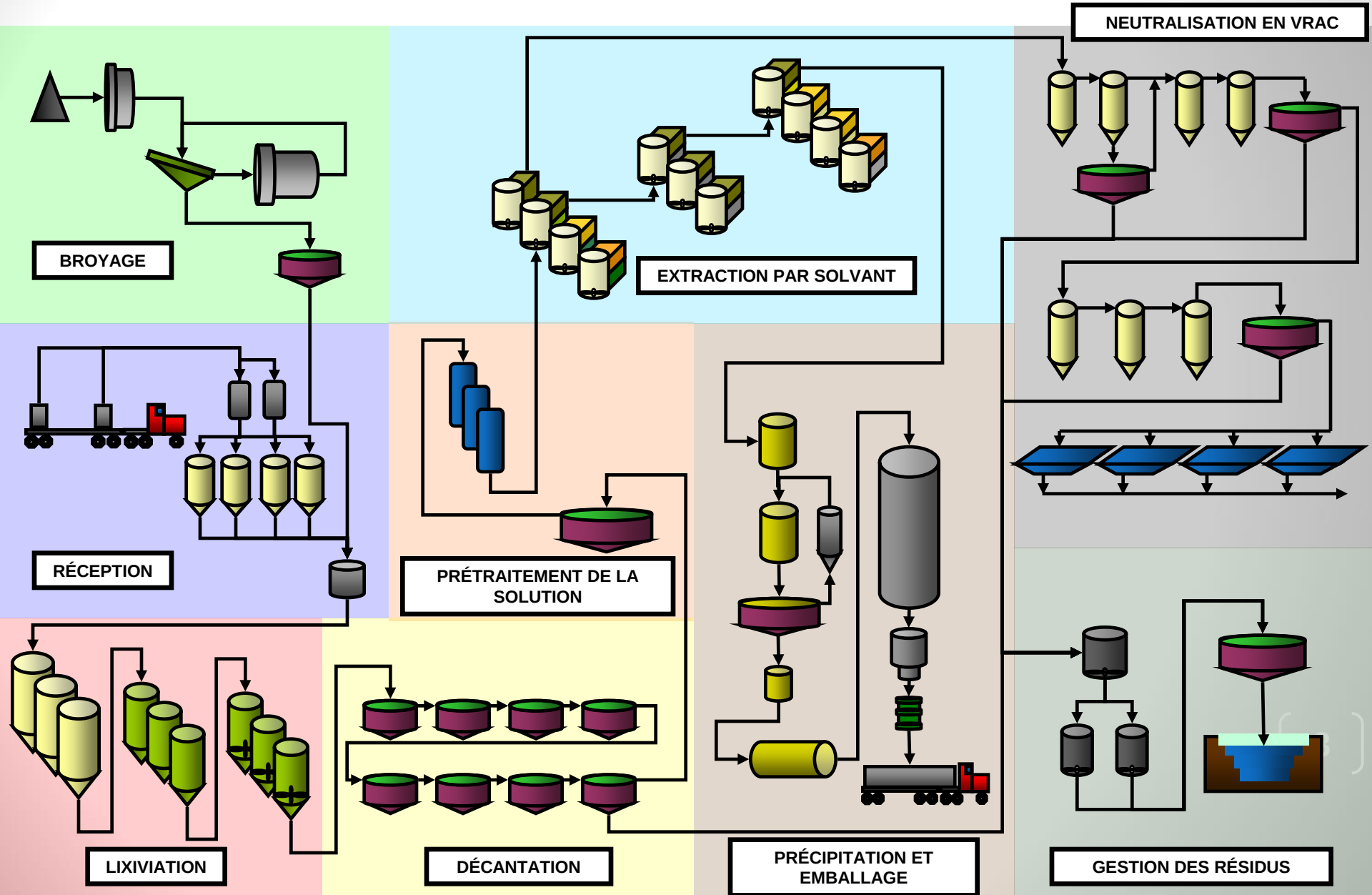
Présenté par la Commission canadienne de sûreté nucléaire, le ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles et le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

10 septembre 2014

Aperçu de la présentation

- Procédés utilisés
- Contrôle et surveillance des émissions atmosphériques
- Contrôle et surveillance des rejets liquides
- Accidents et défaillances
- Conclusion

Diagramme des procédés simplifié



Procédé utilisé : broyage

- Broyer le minerai en particules dont la taille est adaptée pour le pompage dans l'installation principale de traitement et la lixiviation acide
- Peut être réalisé à l'usine ou sous terre
- La zone de broyage possède les champs de rayonnement les plus élevés des circuits de l'usine
- Le principal problème à surveiller est la poussière de minerai
- Les principales mesures d'atténuation sont les systèmes de ventilation par extraction et les épurateurs de poussière
- Le rayonnement gamma est contrôlé par le blindage de l'équipement

Procédé utilisé : lixiviation

- Extraire l'uranium du minerai et le mettre dans une solution > 96 %
- L'efficience du circuit de lixiviation est caractéristique
- Le rayonnement atmosphérique, qui consiste en du radon gazeux, des produits de filiation du radon et de la poussière radioactive à période longue, est le principal contaminant préoccupant
- Les systèmes de ventilation filtrés sont les principales mesures de contrôle
- Le rayonnement gamma est contrôlé par le blindage incorporé aux cuves de traitement

Consommation de réactifs du procédé de lixiviation – Exemple de la mine McClean Lake

Réactifs	Consommation (kg)	Kg/tonne de minerai	Kg/kg U produit
Acide sulfurique (93 %)	27 702 052	152,9	20,00
Sulfure (pour l'usine d'acide)	8 900 377	-	6,43
Peroxyde d'hydrogène (70 %)	7 771 689	42,9	5,61
Floculent	86 015	0,47	0,06
Chaux	14 069 545	77,6	10,16
Sulfate ferrique (45 %) produit sur place	18 518 757	102,2	14,40
Sulfate ferrique (45 %) commercial	1 432 415	7,91	1,03
Magnétite (minerai de fer)	5 498 400	30,3	3,97
Acide sulfurique (93 %) pour l'usine de ferrique	8 825 216	48,7	6,37
Chlorure de baryum	121 603	0,7	0,09
Kérosène	59 140	0,3	0,04
Amine	15 566	0,1	0,011
Isodécanol	16 472	0,1	0,012
Ammoniac	922 808	5,1	0,67
Carbonate de sodium	1 742 514	9,6	1,26
Hydroxyde de sodium	187 093	1,0	0,14
Billes de broyage	117 225	0,65	0,08
Charbon activé	25 717	0,14	0,02

Procédé utilisé : décantation à contre-courant

- Séparer la solution uranifère des déchets solides et la récupérer
- Le rayonnement atmosphérique, constitué de radon gazeux, des produits de désintégration du radon et de la poussière radioactive à longue durée, est le principal contaminant préoccupant dans les espaces clos
- Les systèmes de ventilation filtrés sont les principales mesures de contrôle
- Le rayonnement gamma est contrôlé par le blindage des cuves de traitement

Procédé utilisé : extraction par solvant

- Séparer l'uranium dissous des autres métaux lourds qui ont également été dissous durant la lixiviation
- La solution qui se trouve dans ce circuit n'a plus de propriétés radioactives
- Les systèmes de ventilation filtrés sont les principales mesures de contrôle
- Des systèmes distincts d'extinction et de confinement des incendies sont utilisés pour gérer le risque associé aux substances d'extraction

CNSC CCSN
Québec

Mesures de contrôle de l'extraction par solvant

- Surveiller et contrôler les particules de l'ordre du micromètre qui peuvent avoir des répercussions sur la qualité des effluents traités
- L'ammoniac utilisé dans ce circuit est récupéré au moyen d'un circuit de cristallisation du sulfate d'ammonium
  - le sulfate d'ammonium est récupéré et réutilisé sous forme d'engrais

Procédé utilisé : précipitation et calcination du yellowcake

- Précipiter, calciner et emballer le produit dans des fûts afin de l'expédier vers une raffinerie
- Le yellowcake est séché à des températures dépassant 800 °C (1 500 °F) et devient ainsi insoluble
  - il s'agit d'une mesure de protection contre le rayonnement en cas d'absorption
- L'entretien du four de calcination doit se faire selon des procédures strictes, et la protection respiratoire est obligatoire

Mesures de contrôle de l'emballage

- Des mesures de protection respiratoire et de bonnes pratiques industrielles sont requises pour prévenir les doses de rayonnement internes
- De nouveaux circuits d'emballage automatisés ont été ou seront installés afin de prévenir les doses de rayonnement à l'avenir

Technologies de traitement des effluents

- Précipitation chimique en plusieurs étapes
- Filtrage
- Rejet en vrac
- Technologies des membranes
- Contrôle au moyen de :
  - limites
  - seuils d'intervention
  - seuils administratifs

Paramètres	Limites de rejet autorisées	Seuils d'intervention*
Arsenic (mg/L)	0,5	0,4
Nickel (mg/L)	0,5	0,4
Ra_{226} (Bq/L)	0,37	0,3
U (mg/L)	2,5**	2
pH	de 6,0 à 9,5	de 6,5 à 8,5

* Peut changer d'un permis à l'autre
**Il s'agit des limites de la Saskatchewan; l'objectif de la CCSN est toutefois de 0,1 mg/L

Québec

Consommation de réactifs – Usine de traitement des eaux – Exemple de la mine McClean Lake

Réactifs	Consommation en kg	g/m^3 d'H_2O traitée
Chaux active	259 785	161,4
Acide sulfurique (93 %)	751 886	467,2
Sulfate ferrique (45 %)	1 104 232	686,1
Chlorure de baryum	102 914	63,9
Floculent Magnafloc 24	2 923	1,8

Eau rejetée - Exemple de la mine McClean Lake

Usine de traitement des eaux JEB	Unités	Valeurs	Limites
Heures d'exploitation	heures	7 854,75	-
Rejets totaux de l'usine au réservoir Sink	m^3	1 592 221	-
Concentration moyenne en arsenic des rejets	mg/L	0,051	0,5
Concentration moyenne en nickel des rejets	mg/L	0,064	0,5
Concentration moyenne en radium des rejets	mg/L	0,008	0,37
Concentration moyenne en uranium des rejets	mg/L	0,01	2,5*

* L'objectif de la CCSN est de 0,1 mg/L

Gestion des résidus

Les résidus sont produits pour promouvoir la stabilité chimique et physique à long terme. Plusieurs mesures sont prises pour atteindre ces objectifs, y compris, dans le cas des résidus en fosse :

- la caractérisation géochimique et les déchets aménagés
- les boues épaisses, les résidus en pâte et l'installation de trémies pour optimiser la solidification des résidus
- la validation de la conception propre à un site au moyen de la surveillance des eaux interstitielles et de la surveillance géotechnique

Rejets dans le parc à résidus – Exemple de la mine McClean Lake

Paramètres	Unités	Valeurs
Quantité totale des solides	Tonnes	238 968
Densité moyenne	% de solides	35,6
Solides		
• U	%	0,04
• As	%	0,96
• Ni	%	0,68
• Fe	%	3,46
• Mo	%	0,02
Liquides		
• U	mg/L	0,19
• As	mg/L	1,13
• Ni	mg/L	1,58
• Ra_{226}	mg/L	12,8
• Cu	mg/L	0,013
• Pb	mg/L	0,002
• Zn	mg/L	0,014
• Mo	mg/L	20,91
• Se	mg/L	0,0004
• pH		7,5

Accidents et défaillances

- Processus utilisé pour cerner les accidents et les défaillances potentiels
- Principaux accidents et défaillances :
  - déversements
  - feux
- Mesures d'atténuation
  - contrôle technique
  - contrôle administratif
- Réglementation de l'intervention en cas d'urgence
  - G-225, *Planification d'urgence dans les installations nucléaires de catégorie I, les mines d'uranium et les usines de concentration d'uranium*

Québec

Types d'accidents et de défaillances

- Défaillances des dernières années :
  - entretien de l'équipement vieillissant
  - qualité des effluents touchée par les effets résiduels des solides
  - confinement secondaire dans les bassins à boue – scellement des bassins à boue détériorés et causant des fuites
- Conséquences connues :
  - exposition élevée à la poussière radioactive chez les travailleurs
  - toxicité des effluents causée par le contenu d'isodécanol
  - sols contaminés confinés en dessous et autour de l'usine
- Mesures réglementaires :
  - enquête sur les causes profondes par le titulaire de permis; procédure d'entretien approuvée par la CCSN
  - enquête sur les causes profondes par le titulaire de permis; programme d'échantillonnage Microtox pour les rejets
  - enquête sur les causes profondes par le titulaire de permis; inspection des scellements des bassins à boue et programme d'entretien préventif
  - La CCSN a l'autorité d'arrêter les opérations si nécessaire

CNSC CCSN
Québec

Usine de concentration d'uranium – Différences et similitudes

L'encadrement des usines de concentration d'uranium est le même que celui des autres usines de concentration selon la réglementation du 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

Conclusion

- Les usines de concentration d'uranium doivent intégrer les mesures d'atténuation relatives à l'environnement et à la santé et sécurité des travailleurs
- Les systèmes de traitement des effluents évoluent en fonction des exigences réglementaires et des initiatives d'amélioration continue
- Les déchets sont aménagés de façon à isoler les contaminants et à accélérer la solidification pour assurer leur stabilisation à long terme
- Le cadre de réglementation de la CCSN assure un niveau élevé de protection aux travailleurs et à l'environnement