



# Mobilité du radium dans les résidus miniers d'uranium

Richard R. Goulet, Ph.D.

En collaboration avec

Sean Langley, Ph.D.

Danielle Fortin, Ph.D.

Sciences de la terre, Université d'Ottawa

*Nous ne mettrons jamais la sûreté en péril*

# Plan de la présentation

- Vue d'ensemble de la CCSN
- Pourquoi la CCSN s'intéresse-elle au radium?
- Objectifs de la recherche
- Résultats
- Conclusions et voie à suivre

# Commission canadienne de sûreté nucléaire

## Mandat

- Réglementer les activités nucléaires afin de préserver la sûreté, la santé et la sécurité des Canadiens, de protéger l'environnement et de respecter les engagements internationaux du Canada à l'égard de l'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire.



L'organisme indépendant qui réglemente le secteur nucléaire canadien depuis 65 ans

# La CCSN réglemente toutes les installations et les activités liées à l'énergie nucléaire

- Mines et usines de concentration d'uranium
- Fabrication et traitement du combustible d'uranium
- Centrales nucléaires
- Installations de gestion des déchets
- Traitement des substances nucléaires
- Applications industrielles et médicales
- Établissements de recherche et d'enseignement
- Contrôle des importations et des exportations



... du berceau à la tombe

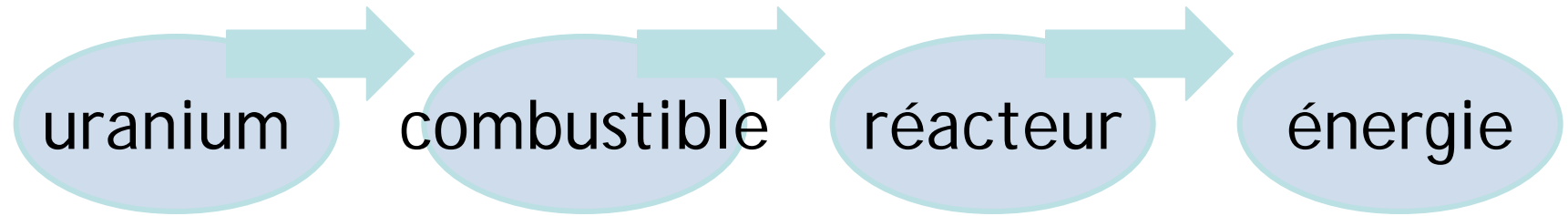
# Tribunal indépendant

- Tribunal administratif quasi judiciaire
- Les commissaires siègent à titre indépendant
- Les audiences de la Commission sont publiques et diffusées sur le Web
- Appuyé par des services juridiques indépendants et un secrétariat.

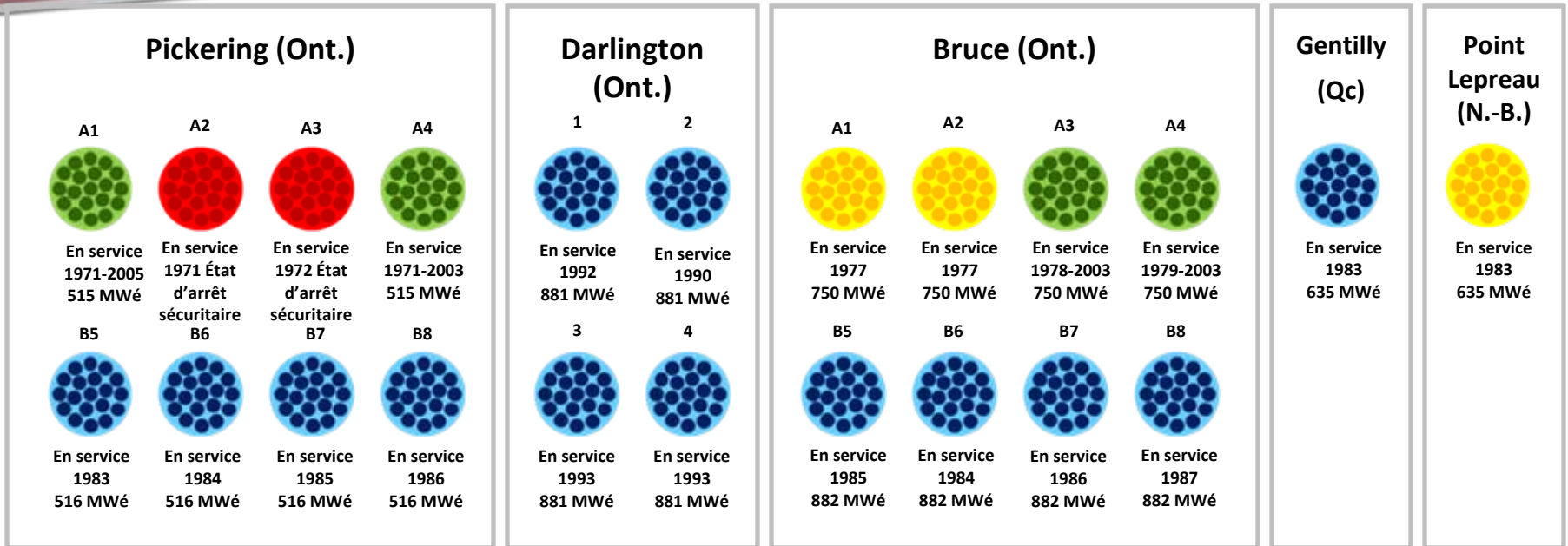


Processus décisionnel transparent

# Pourquoi tout cet intérêt pour l'uranium?



# Profil de l'énergie nucléaire au Canada



Part de l'énergie nucléaire dans la production globale d'électricité


 Canada – 14,7 %

 Québec – 3 %

 Ontario – 52 %

 Nouveau-Brunswick – 30 %

Situation d'exploitation (âge moyen = 25 ans)

 En service selon la vie utile

 En service/Reprise de service

 État d'arrêt sécuritaire

 En remise en état

# Projets canadiens relatifs à l'uranium

## **Projets actifs** (tous en Saskatchewan)

- Usine de concentration de Key Lake (Cameco Corporation)
- Mine McArthur River (Cameco)
- Mine/usine de concentration de Rabbit Lake (Cameco)
- Mines/usines de concentration de McClean Lake (AREVA Resources Canada Inc.)

## **En construction** (Saskatchewan)

- Mine Cigar Lake (Cameco)

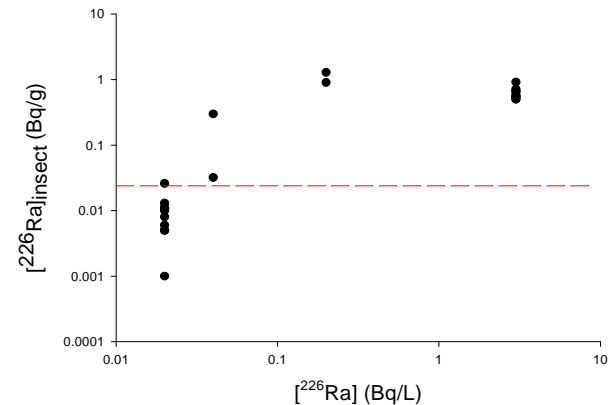
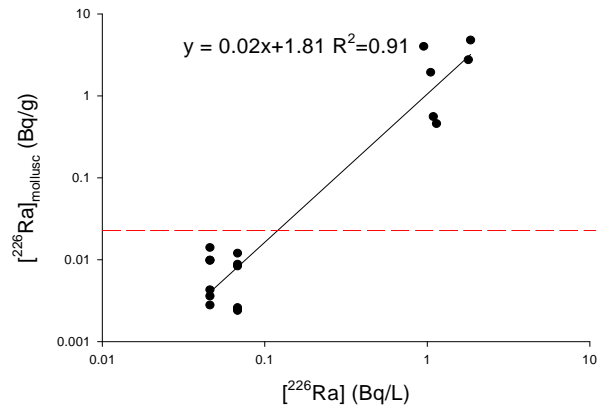
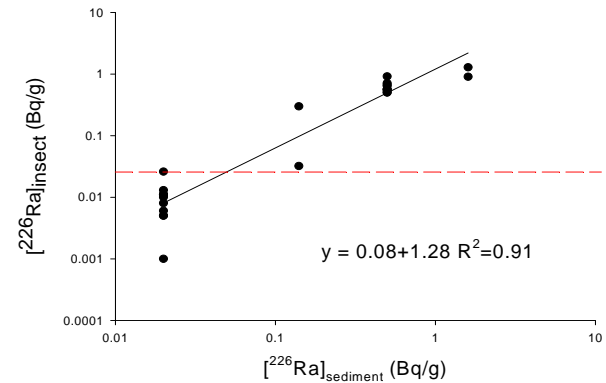
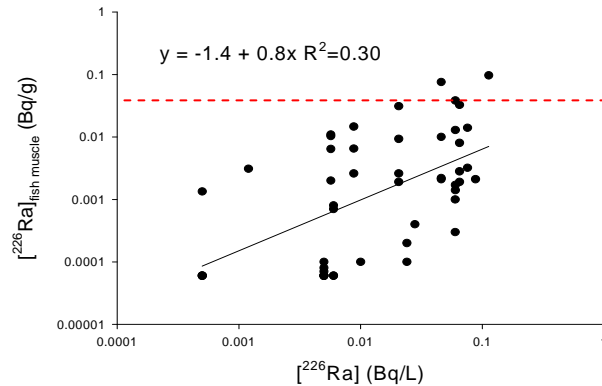
## **Projets proposés**

- Mine Midwest (Saskatchewan) (AREVA)
- Projet Kiggavik (Nunavut) (AREVA)
- Matoush (Québec) (Strateco Resources Inc.)
- Projet Millennium (Saskatchewan) (Cameco)
- Projet Michelin – Aurora (Labrador) (Aurora Energy Resources Inc.)

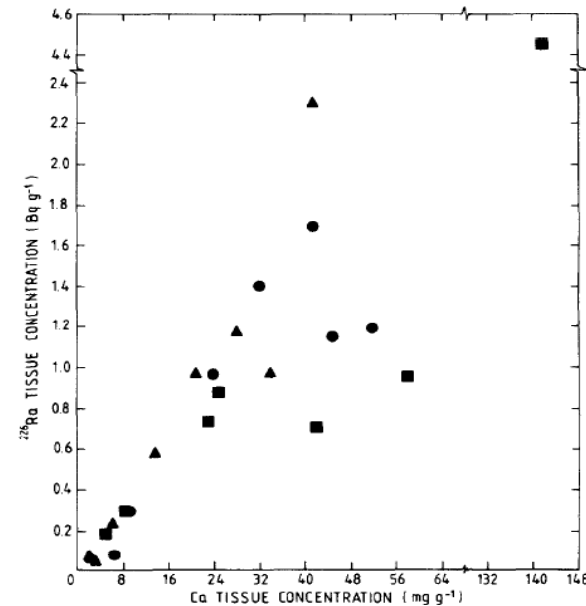
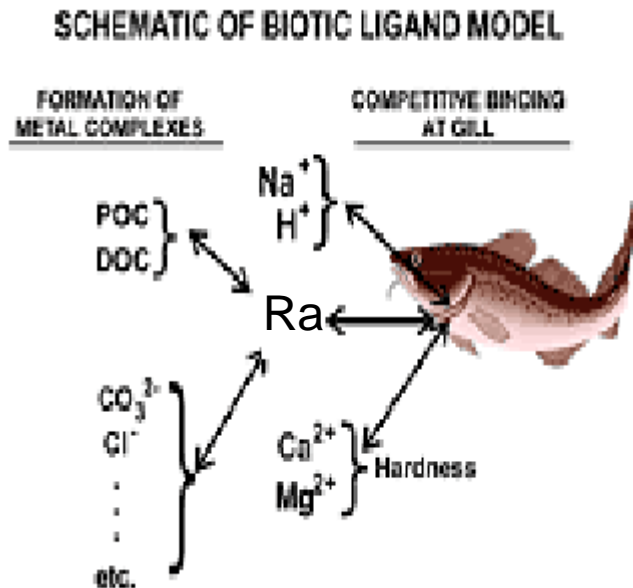
**25 % de la demande mondiale**

# Pourquoi la CCSN s'intéresse-t-elle au comportement du Ra 226 dans les résidus?

Libération de Ra 226 au cours du cycle du combustible nucléaire  
Accumulation de Ra 226 dans la nature



# Pourquoi la CCSN s'intéresse-t-elle au comportement du Ra 226 dans les résidus?



- Le Ra 226 dissous est absorbé par les organismes aquatiques.
- Le calcium fait concurrence au Ra 226 aux sites de captage.

# Risques environnementaux du Ra 226

- Les calculs à l'aide du modèle ERICA indiquent que les concentrations de 0,1 à 1 Bq/l de Ra 226 représentent un danger pour les espèces aquatiques, ce qui est comparable à l'objectif de qualité des eaux de surface de la Saskatchewan, fixé à 0,1 Bq/l.

Organismes	[Ra 226] <sub>eau</sub>
Algues	1 Bq/l
Invertébrés	1 Bq/l
Poissons	1 Bq/l
Plantes	0,1 Bq/l



# Objectifs

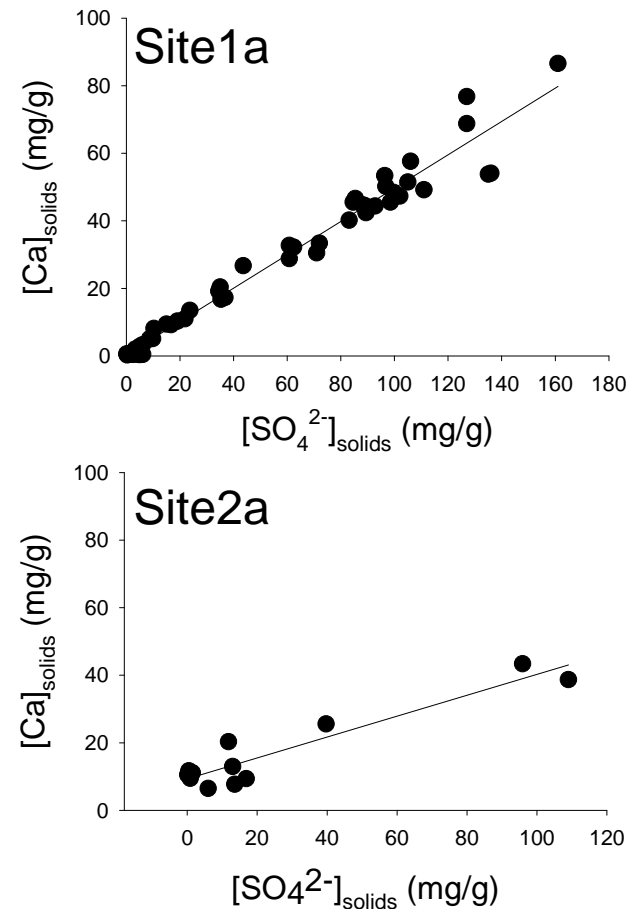
- Informer le personnel de la CCSN de la nature des émissions de radium 226 (c.-à-d. sorption ou contrôles de solubilité) provenant des résidus d'uranium inondés, et déterminer s'il s'agit d'une question de réglementation concernant la gestion à long terme des résidus d'uranium au Canada.
- Concevoir un modèle géochimique qui pourrait servir à prévoir le devenir du radium 226 dans de tels environnements.

# Analyse de la collecte des données

- Les rapports de surveillance de 4 installations de gestion des résidus et de 2 lacs exposés présentent des données recueillies sur les solides et les eaux interstitielles décrivant environ 80 profils de concentration des solides et des eaux interstitielles : Eh, SO<sub>4</sub>, Ba, Ra 226, Fe, Mn, pH.
- Les données ont ensuite été regroupées par site et nous avons procédé à des analyses de corrélation.
- Les produits d'activité ionique et les indices de saturation ont aussi été calculés avec le PHREEQC (USGS) en utilisant la base de données Pitzer.

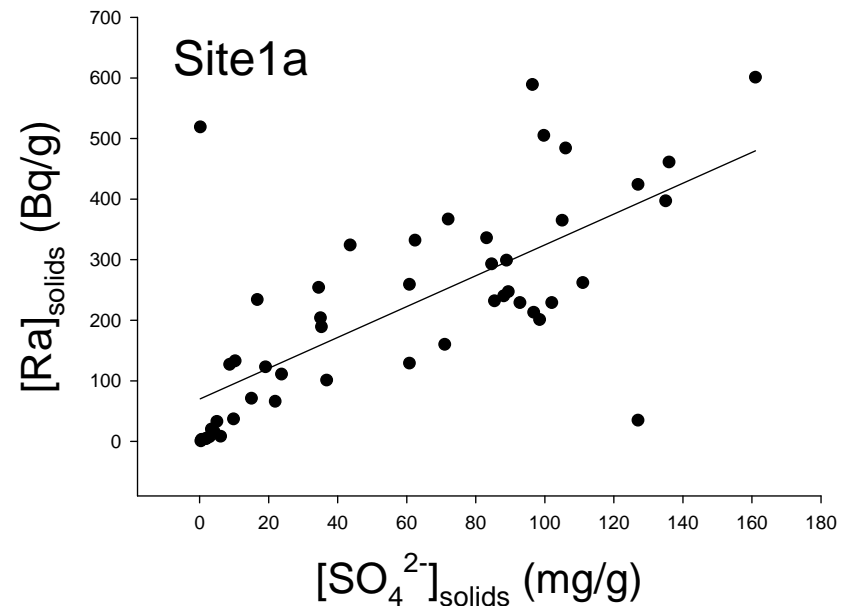
# Résultats

- Tous les résidus examinés ont montré que, dans les solides, le calcium et le sulfate sont corrélés de manière significative.
- Le gypse est un minéral important dans les résidus miniers d'uranium.



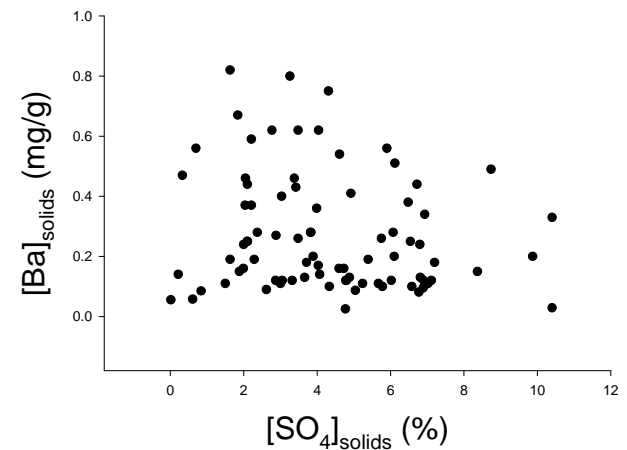
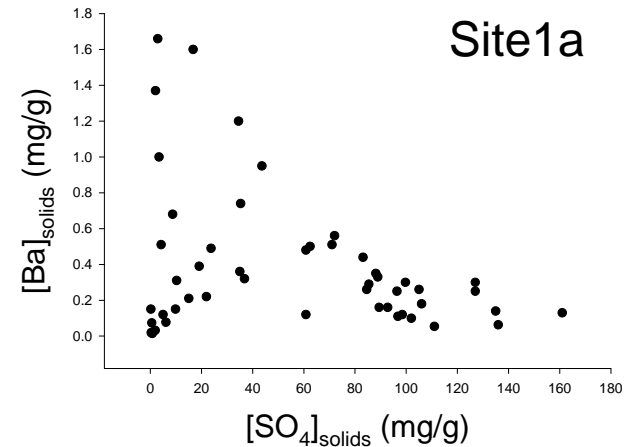
# Résultats

- Dans les solides, le radium 226 est corrélé au sulfate.
- Ce fait démontre que le radium 226 est figé en tant que  $\text{RaSO}_4$  dans les résidus.



# Résultats

- Dans les résidus, le Ba n'est pas lié à la teneur en sulfates.
- Le Ba fait concurrence au calcium et au Ra 226, ce qui peut expliquer la faible corrélation.
- Le chlorure de baryum est aussi ajouté en excès pour enlever le Ra 226. Il n'y a pas de corrélation entre le Ra 226 et le Ba dans les solides des résidus.



## Indices de saturation (résidus)

Sites	Baryte	Gypse	RaSO <sub>4</sub>
Site 1a	1,00	0,02	- 3,22
Site 1b	0,80	0,02	- 3,72
Site 1c	1,02	0,03	- 3,38
Site 2a	1,05	- 0,92	- 4,57
Site 2b	0,97	- 0,36	- 5,06

- Dans les résidus plus anciens, la baryte dépend de la dissolution ou de la précipitation, ce qui n'est pas le cas du gypse.
- Le RaSO<sub>4</sub> est toujours sous-saturé de matières solides, ce qui signifie que les concentrations de Ra 226 dans les eaux interstitielles ne dépendent pas des réactions de dissolution ou de précipitation.

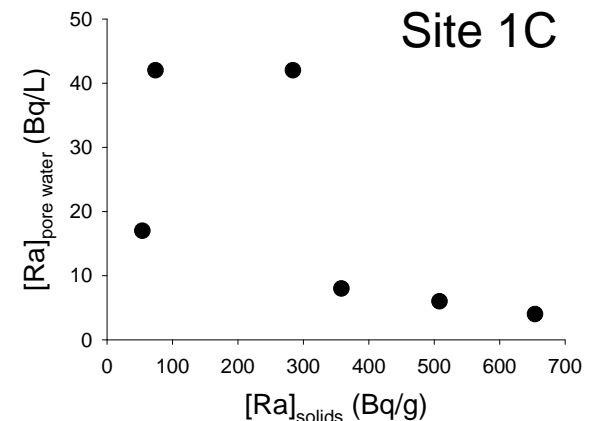
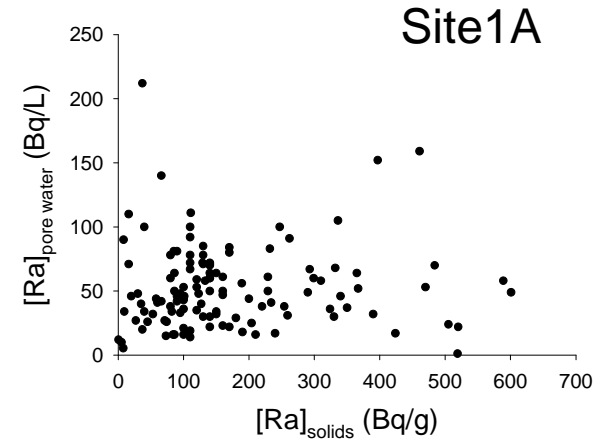
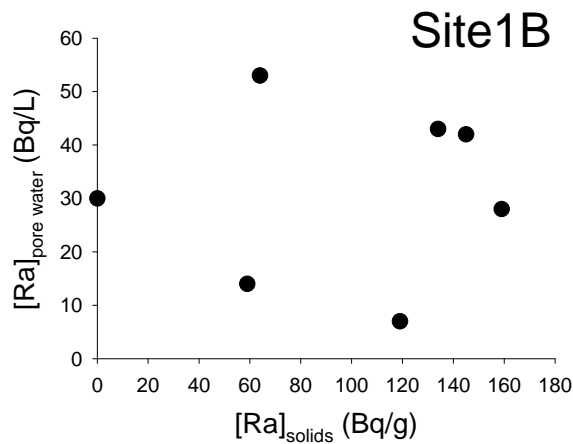
# Indices de saturation (lacs)

Sites	Baryte	Gypse	RaSO <sub>4</sub>
Lac 1	- 0,25	- 2,06	- 5,94
Lac 2	- 0,41	- 1,80	- 4,82
Lac 3	0,39	- 1,76	- 5,80
Lac 4	1,20	- 0,08	- 5,33

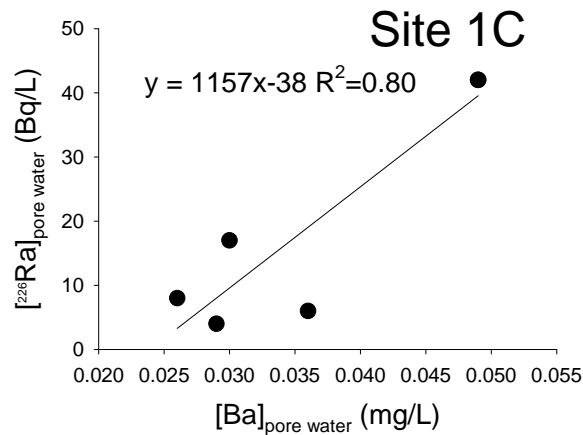
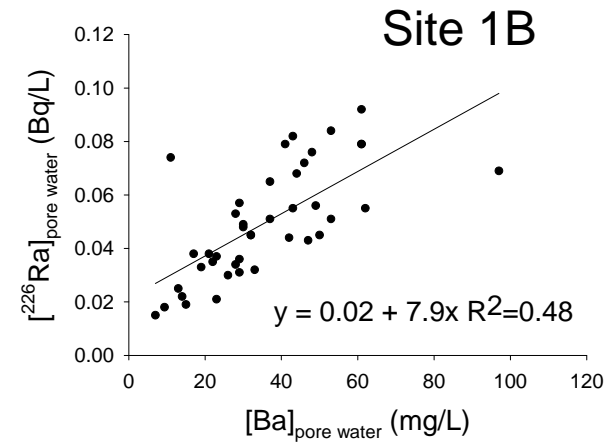
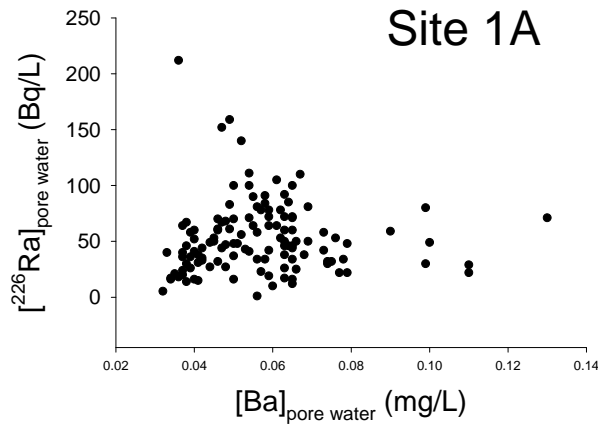
- Dans les lacs, la baryte, le RaSO<sub>4</sub> et le gypse, sont toujours sous-saturés de matières solides, ce qui démontre que les concentrations en Ra 226, Ba, Ca et SO<sub>4</sub> des eaux interstitielles ne dépendent pas des réactions de dissolution ou de précipitation, mais plutôt des forces extrinsèques des eaux interstitielles.

# Résultats

- Dans les eaux interstitielles, le Ra 226 ne semble pas dépendre de la phase solide, ce qui signifie qu'une fois soluble, le Ra 226 dépend des phénomènes de sorption ou de complexation.



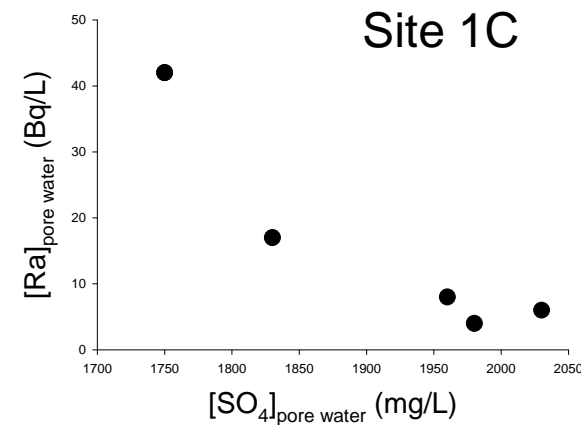
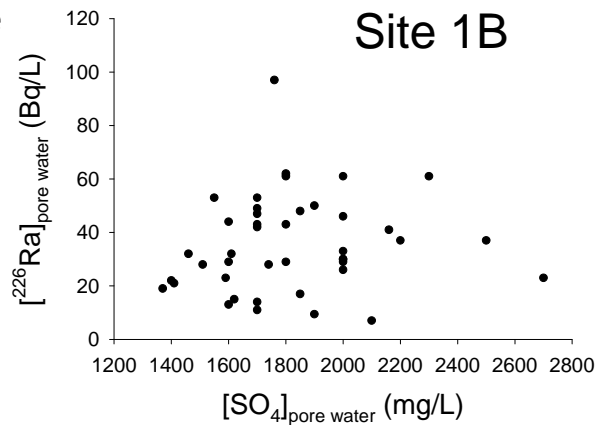
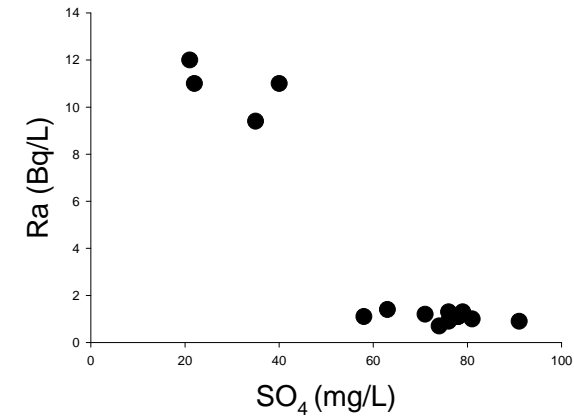
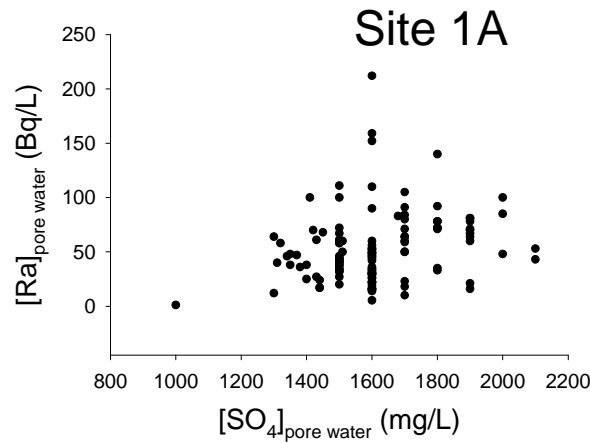
# Résultats



- Le radium 226 et le baryum sont corrélés dans les eaux interstitielles des résidus, sauf dans certains sites.

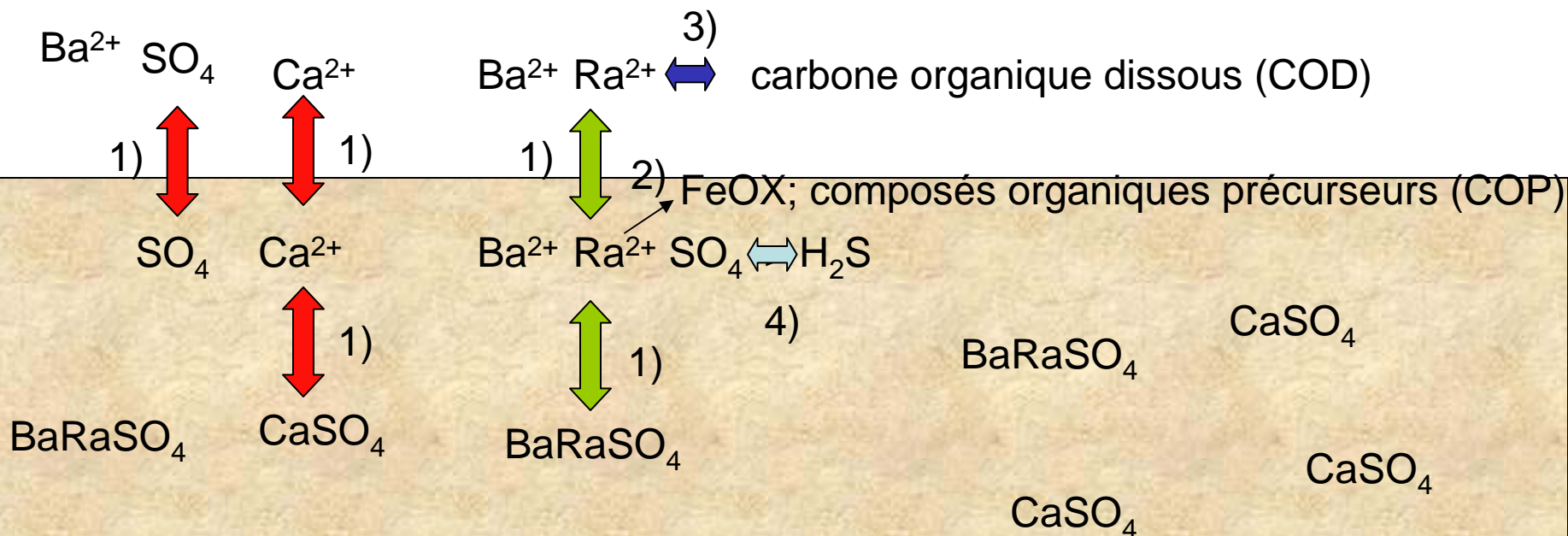
# Résultats

- Dans les eaux interstitielles des résidus, le Ra 226 et le  $\text{SO}_4$  sont parfois corrélés.
- Il semblerait que le Ra soit plus concentré dans les eaux interstitielles dont les concentrations de  $\text{SO}_4$  sont inférieures à 50 mg/l.



# Modèle conceptuel

- 1) Dissolution et minéralisation : ne semblent pas très importantes.
- 2) Adsorption : probablement importante.
- 3) Complexation par le carbone organique : probablement importante, puisque le Ra 226 a une grande affinité avec le carbone, mais ce facteur a été négligé.
- 4) Sulfatoréduction : importante, si le devenir du radium est lié au sulfate.
- 5) L'âge des résidus est peut-être un aspect dont il faut tenir compte, étant donné que les contrôles de solubilité sur le gypse changent.



# Conclusions : Besoins en matière de recherche et voie à suivre

- Notre méta-analyse semble indiquer qu'il faut poursuivre les recherches pour mieux prévoir le devenir à long terme du radium 226 dans les résidus miniers d'uranium.
- Les prochains travaux porteront sur :
  - l'interaction entre le Ra 226 et le carbone organique;
  - l'incidence de la teneur en sulfates, laquelle dépend de la dissolution du gypse et de la sulfatoréduction, sur la mobilité du radium 226;
  - l'incidence de l'âge des résidus;
  - les constantes des produits de solubilité pour les sulfates de radium 226 et de baryum;
  - la vérification des bases de données des constantes thermodynamiques.



Merci!

Nous remercions tout spécialement la Division de l'évaluation des risques  
environnementaux de la CCSN,  
Sophie Dorion-Boisvert et Sophie Bard-St-Pierre (Université d'Ottawa)



[nuclearsafety.gc.ca](http://nuclearsafety.gc.ca)