



# L'exploration pour l'uranium au Québec

par  
Jean-Marc Lulin, Ph.D., géologue  
9 septembre 2014

Présentation faite au BAPE, Québec

# L'exploration pour l'uranium

- 1) Où se trouve l'uranium au Québec?
- 2) Quelles sont les techniques d'exploration?
- 3) Quel est l'impact sur le milieu naturel?
- 4) Quelles sont les normes requises à toutes les étapes d'un projet?

# Où est l'uranium au Québec?

Présent de façon naturelle dans de nombreux environnements géologiques partout au Québec

- En **substance principale**
- En **sous-produit** ou **en traces** (100 ppm et moins)
- L'uranium est associé aux éléments chimiques suivants dans plusieurs types de gisements:  
As, Au, Ag, B, Ba, Be, Bi, Ce, Co, Cs, Cu, Fe, Ga, Ge, La, Eu, F, Hg, Li, Mn, Mo, Nb, Ni, P, Pb, Pd, Pt, Rb, Re, S, Se, Sm, Sn, Sr, Ta, Te, Th, Ti, V, W, Y, Zn, Zr

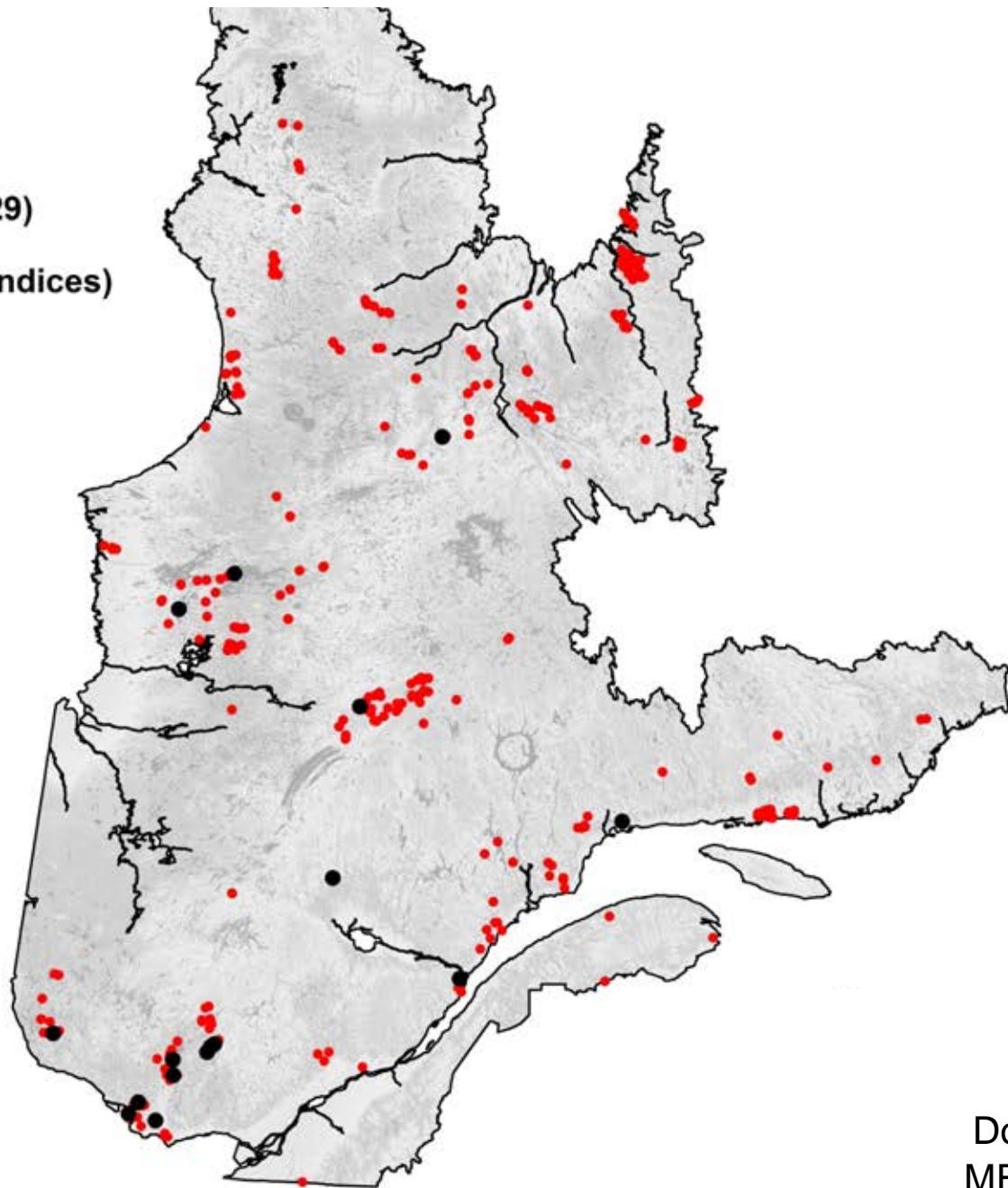
# Où est l'uranium au Québec?

Types de gisements connus	% ressources mondiales (en 2011)	Teneurs % U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	Eléments associés	Où au Québec?
Discordance	12	0,2 – 20,0	Ni, Pt, Au	Monts Otish, Nunavik
Grès	28	0,1 – 0,4	V, Mo, Se, As	BT Baie James, Fosse Labrador, Appalaches
IOCG	25	0,04 – 0,08	Fe, Cu, Au, Ag	Nunavik, Côte-Nord
Paléoplacer	2,5	0,02-0,15	Au, Pt, ETR	Baie James
Intrusif	3	0,01-0,05		Côte-Nord, Laurentides , Nunavik, Baie James
Veine, filons	1		Bi, Co, Ni, Ag	Monts Otish
<b>possibles</b>				
Volcanites	4	0,05 – 0,2	Mo, F, Hg, Se	Supérieur
Métasomatites	11	0,1 – 0,25		Fosse Labrador

Pour l'essentiel du Québec, l'exploration pour l'uranium est au stade initial avec une connaissance incomplète du potentiel.

# Gîtes et indices d'uranium au Québec

- Gîte / Gisements (29)
- $\geq 0,05\% \text{ U}_3\text{O}_8$  (848 indices)



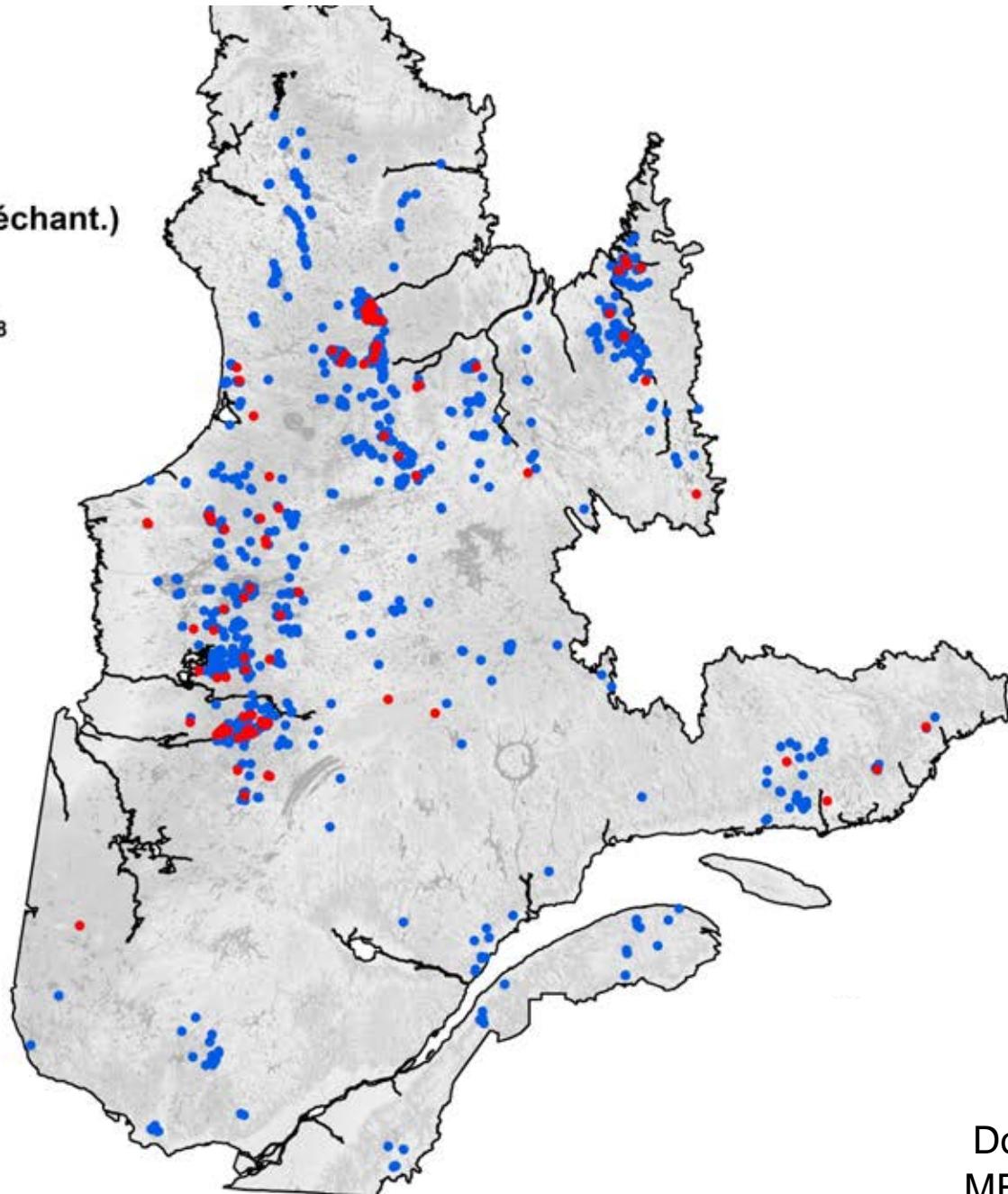
500

km

Données:  
MERN, Azimut

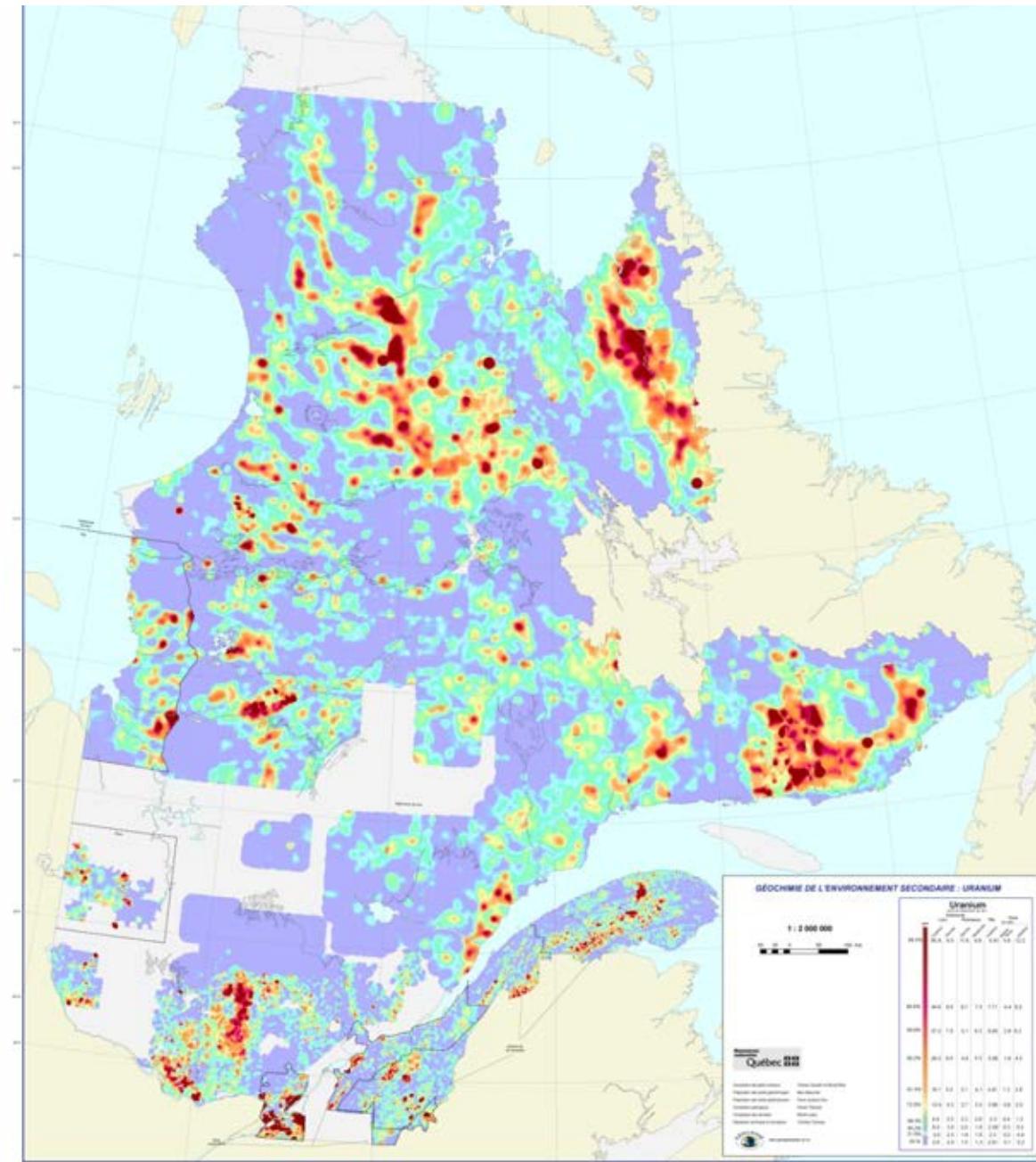
# Uranium dans les sédiments de fonds de lacs et de ruisseaux

- $\geq 0,05\% \text{ U}_3\text{O}_8$  (241 échant.)
- $0,01\% - 0,05\% \text{ U}_3\text{O}_8$  (2 635 échant.)

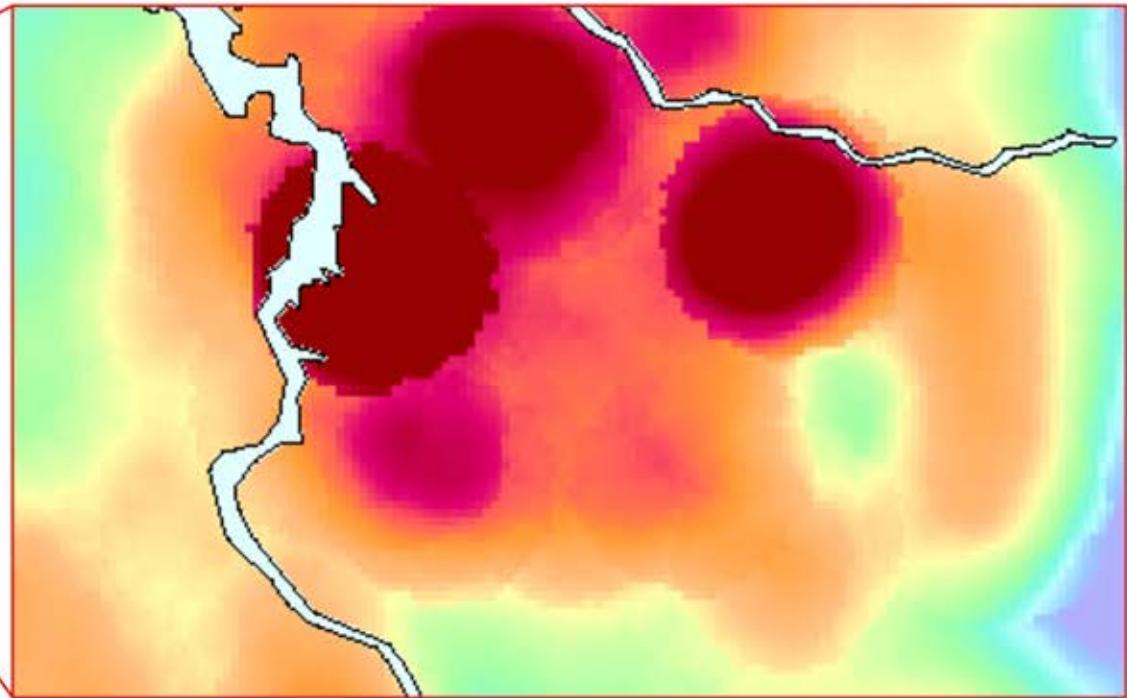
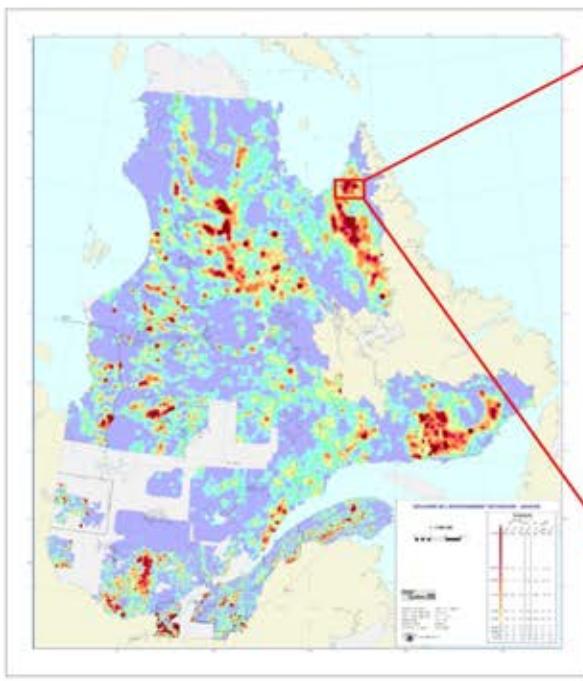


Données:  
MERN, Azimut

# Uranium dans les sédiments de fonds de lacs et de ruisseaux



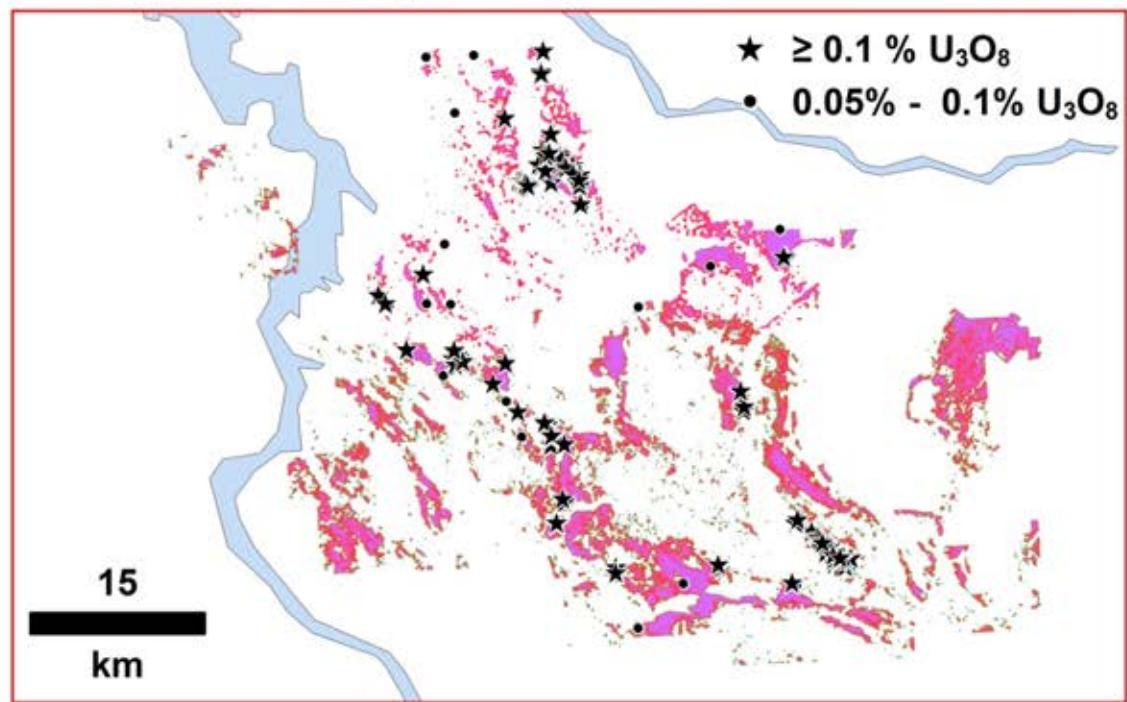
Source: MERN



## L'uranium au Québec

De l'échelle régionale à  
l'échelle de l'indice

Exemple: Région de la  
Baie d'Ungava





Région uranifère de la Baie d'Ungava, Nunavik

Source: Azimut



Zone minéralisée en uranium, région de la Baie d'Ungava

Source: Azimut



Affleurement minéralisé en uranium, région de la Baie d'Ungava

Source: Azimut

# Comment explorer pour l'uranium?

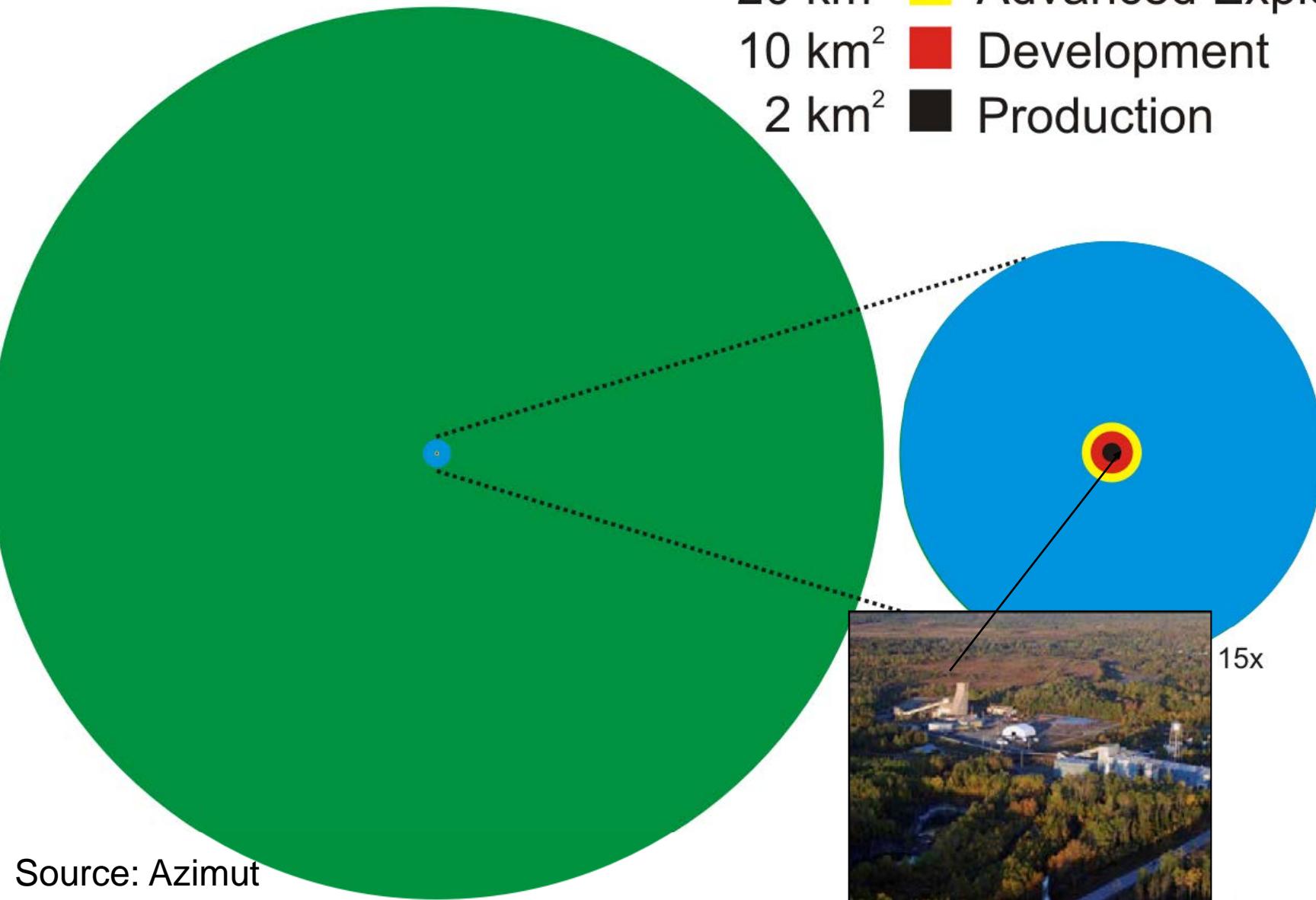
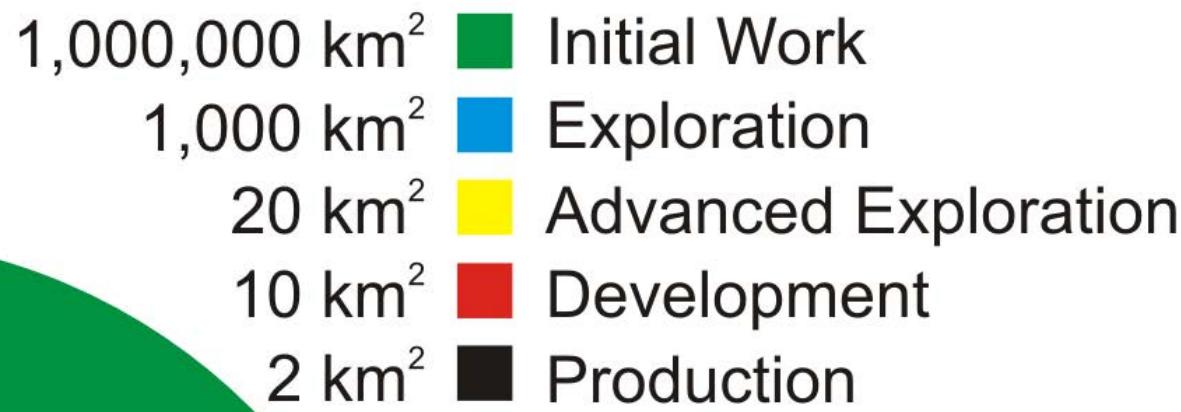
- De façon générale, les techniques d'exploration sont comparables à celles mises en oeuvre pour la recherche d'autres types de gisements
- Toutefois, des paramètres additionnels pouvant traduire la présence d'uranium sont utilisés: mesure de la radioactivité gamma (U) et du radon

# Comment explorer pour l'uranium?

- Géochimie multiélémentaire des sédiments de fonds de lacs
- Spectrométrie gamma aéroportée et au sol
- Analyse du radon
- Autres levés géophysiques: magnétiques, électromagnétiques, électriques, gravimétriques
- Imagerie satellite
- Cartographie géologique, analyse structurale
- Prospection, décapages, tranchées
- Forages d'exploration
- Essais métallurgiques
- Forages détaillés
- Modélisation géologique et économique
- Evaluation environnementale

# Comment explorer pour l'uranium?

Phases des activités minières	Superficie (km <sup>2</sup> )	Coût (en millions \$)	Années
Travaux régionaux	~ 1 000 000	5 à 20	-
Exploration	100 à 1 000	1 à 10	1 à 5
Exploration avancée	5 à 20	10 à 50	5 à 8
Développement	2 à 10	200 à 2 000	2 à 4
Production	2 à 10	-	10 à 30
Réhabilitation environnementale	2 à 10	10 à 50	2 à 4



Source: Azimut



Levé spectrométrique héliporté, Côte-Nord , Québec

Source: NOVATEM



Spectromètre (levé héliporté)

Source: NOVATEM



## Échantillonnage du radon

Source: RADONEX



Forage carotté, région de la Baie d'Ungava, Nunavik

Source: Azimut



Carothèque, Projet Matoush

Source: Strateco



Mesure spectrométrique sur carotte de forage

Source: Strateco

# Impact sur le milieu naturel?

- Géochimie sédiments fonds lacs, sed. glaciaires Non
- Spectrométrie aéroportée et au sol Non
- Analyse du radon Non
- Autres levés géophysiques: magnétiques, électromagnétiques, électriques, gravimétriques Non
- Imagerie satellite Non
- Cartographie géologique, analyse structurale Non
- Prospection, décapage, tranchées Non / très limité
- Forages d'exploration Non / très limité
- Echantillonnage en vrac Limité (mesures de mitigation)
- Forages détaillés Très limité (mesures de mitigation)
- Modélisation géologique et économique
- Evaluation environnementale

# Impact sur le milieu naturel?

Au cours des travaux d'exploration, échantillonnage de sols, boues, roches, eau, air

## Impacts

- Géographiquement ponctuel (~ km<sup>2</sup> à 10 km<sup>2</sup>)
- Contrôlable (mitigation), très largement réversible
- Temporaire (2 à 6 ans) dans la majorité des cas
- Nombreux travaux sans intervention au sol
- Forages: incidence nulle à très faible sur nappes phréatiques (dans les conditions du Québec)

Comparée à la **dispersion naturelle** d'uranium et de radon, l'impact généré dans l'environnement par les travaux d'exploration est totalement négligeable

# Impact sur le milieu naturel?

## Utilisation du territoire par le secteur minier

- 22 mines actives totalisent 90 km<sup>2</sup> soit 0,005% du Québec
- **99,995%** du Québec ne fait pas actuellement l'objet d'extraction minière
- **99,97 %** du Québec n'a jamais fait l'objet d'extraction minière
- Mines actives: superficie 35 fois inférieure à la superficie habitée du Québec (3 189 km<sup>2</sup>, en 2006) et 900 fois inférieure à celle couverte par les claims
- Claims: situés dans leur quasi totalité en dehors des zones habitées (0,2% du Québec) et dans des secteurs à très faible densité de population

# Impact sur le milieu naturel?

## Utilisation du territoire par l'exploration minière (toutes substances confondues)

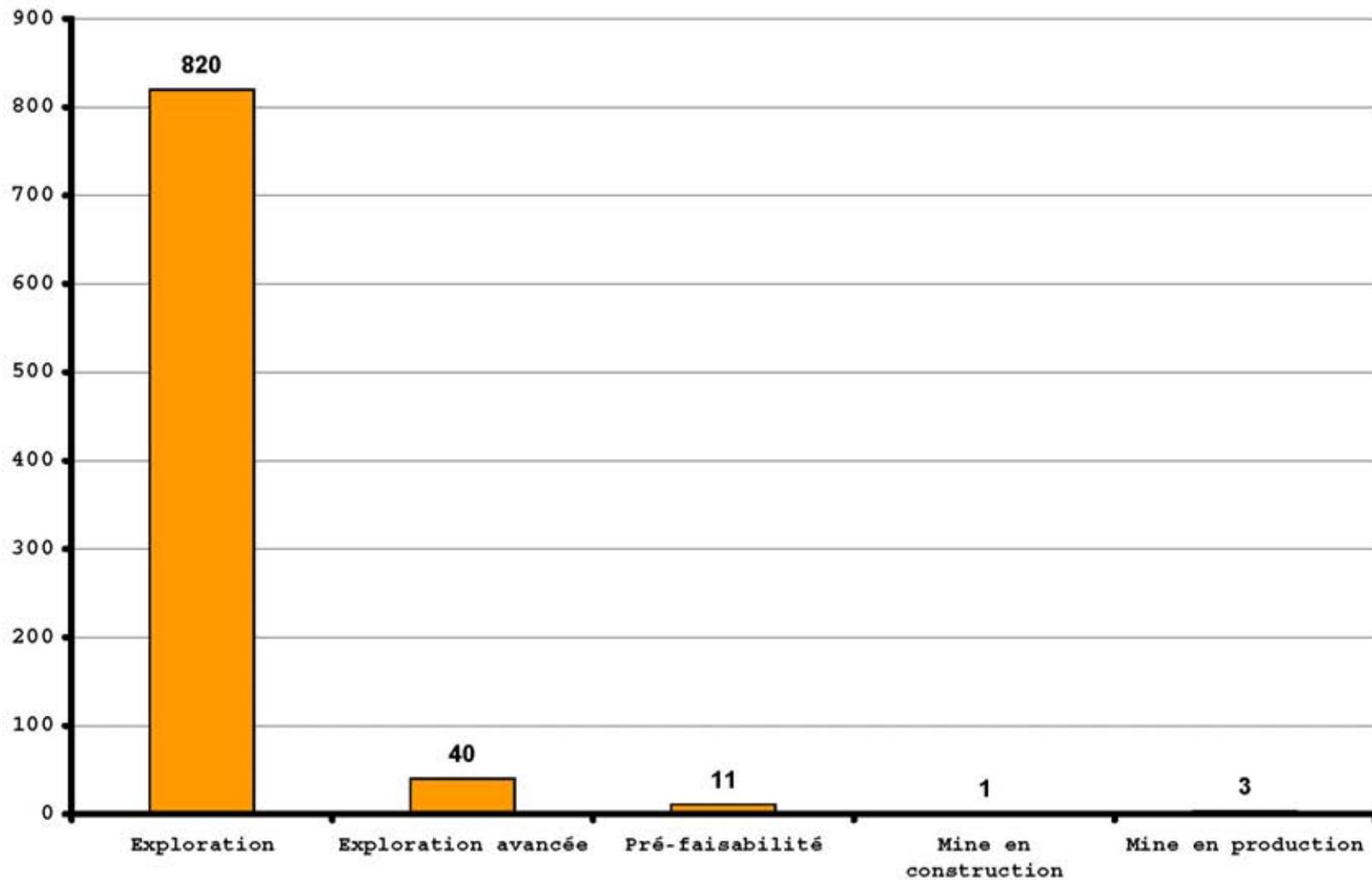
- 164 030 claims actifs totalisent 77 039 km<sup>2</sup> soit 4,6% du Québec (au 19/08/2014)
- **95,4 %** du Québec est libre de claims
- Les claims sont:
  - Une limite virtuelle (non physiquement marquée sur le terrain)
  - De validité temporaire, renouvelables 2 ans, -113 400 claims depuis 2008 (-41%)
  - Situés à plus de 95% sur des terres publiques
- 22 mines actives pour 164 030 claims actifs: 1 mine / 7 500 claims; 1 mine / 147 000 claims si 100% du Québec était claimé

# Impact sur le milieu naturel?

## Claims vs Mines au Québec

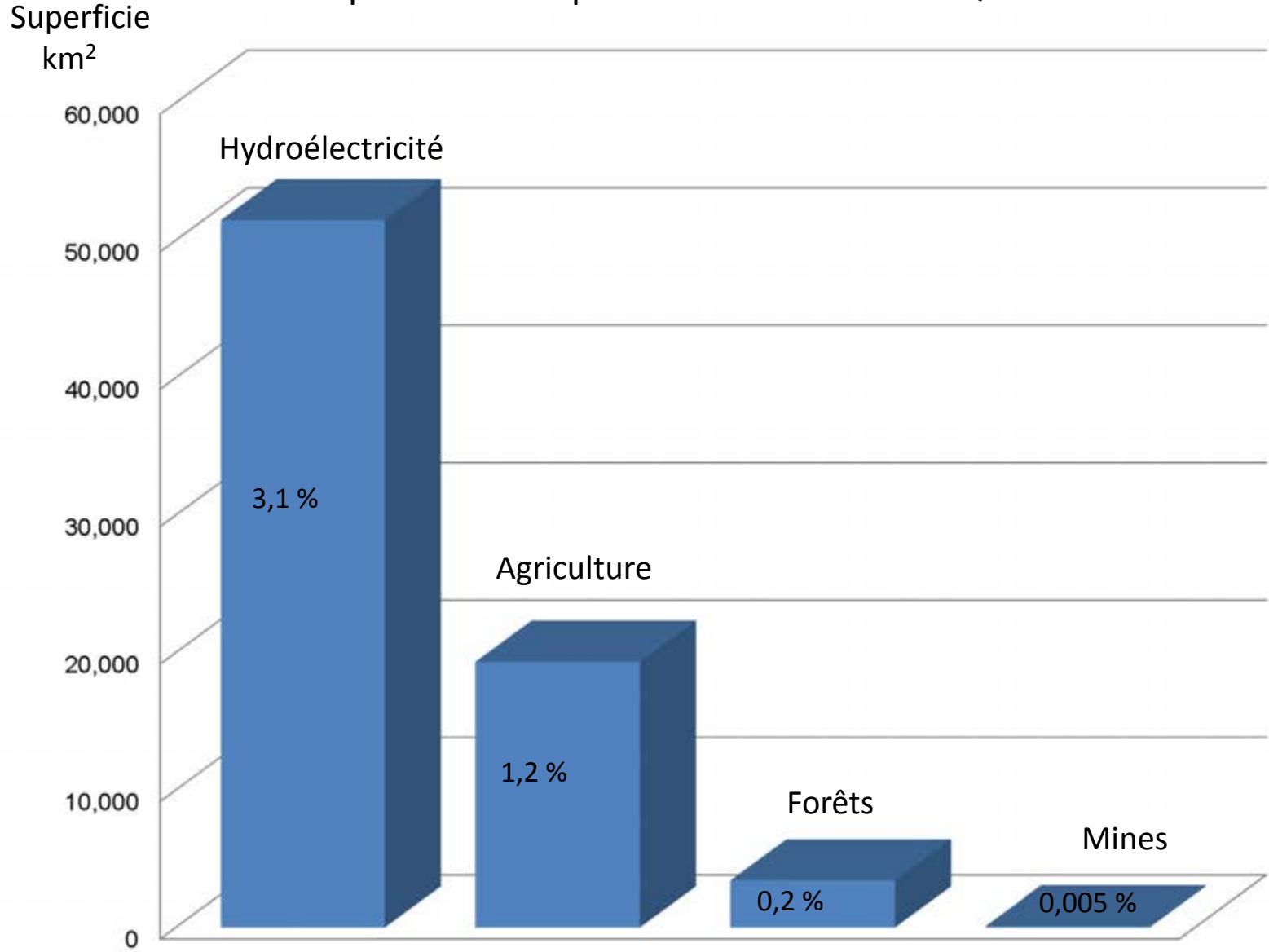
- Un claim n'est **PAS** une mine
- Un indice minéralisé n'est **PAS** une mine
- Un gîte n'est **PAS** une mine

## Projets uranifères au Canada par stade de développement (2009)



Source: Interra Mapping

## Comparaison d'empreintes territoriales au Québec



Superficie du Québec: 1 667 441 km<sup>2</sup>  
0,2% forêts = superficie récoltée annuellement

Source: Azimut, 2013



Camp d'exploration au Nunavik

Source: Azimut



Camp d'exploration avancée, Matoush

Source: Strateco

# Impact sur le milieu naturel: héritage du passé

**AVANT**



# AUJOURD'HUI



Site PJ-1, Nunavik

Source: Fonds Restor-Action Nunavik

# **Impact sur le milieu naturel**

## **Fonds Restor-Action Nunavik (FRAN)**

- Mis en place par l'industrie pour contribuer à restaurer les sites d'exploration minière abandonnés: regroupe 30 sociétés d'exploration
- Partenariat avec les Inuits, les Premières Nations et le gouvernement du Québec
- Réalisation: depuis 2007, l'Administration Régionale Kativik a nettoyé 18 sites majeurs, début du nettoyage de sites secondaires (retrait des sites de plus de 40 000 barils de pétrole, 23 000 litres de résidus d'hydrocarbures, 4 conteneurs de déchets dangereux, 30 équipements lourds, 200 bombones de propane, etc.)
- Poursuite du projet jusqu'en 2017

# Encadrement de l'exploration

## Stade préliminaire

### JURIDICTION DU QUÉBEC

#### Loi sur les mines

Acquisition titre minier  
Aviser dans les 60 j. obtention  
Aviser exécution de travx min.30 j.  
Déclaration découverte d'U

## Stade avancé

Autorisation d'échantillonnage en vrac; plan restauration

### Loi sur la qualité de l'Environnement

Exigences pour campements  
Certificats d'autorisation / Dir. 019

Certificat d'autorisation pour échantillonnage en vrac / Dir. 019  
Evaluation environnementale

### JURIDICTION FÉDÉRALE

#### Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires

Réglementation emballage/transport échantillons (CCSN, Transport Canada)

Permis pour l'extraction  
(consultation avec: Santé Canada, Pêches et Océans, Transport)

### Norme E3 Plus (PDAC)

### Normes provinciales

# Encadrement de l'exploration

- Limites d'exposition aux radiations (IAEA, CCSN)
- Travailleur de l'énergie nucléaire (qd possibilité de recevoir +1 mSv/an): contrôle de l'exposition annuelle totale avec dosimètre
- Exploration: en général, pas considérés comme travailleurs de l'énergie nucléaire car niveau d'exposition très faible (~ public) - NORM
- Exposition au radon à l'extérieur: background naturel
- Exposition au radon en milieu + confiné: résolu par la ventilation
- Principe de protection: programme ALARA ("*as low as reasonable achievable*") / Radiation Protection Program
- Disposition des lieux de travail: sites de forages, carothèque, etc.
- Equipements protecteurs: gants, lunettes, masques, (tablier de plomb), etc.
- Radiation externe: temps, distance, écran, réduction à la source
- Radiation interne: séparation zone propres / zones de travail pour éviter ingestion, inhalation; hygiène stricte
- Formation et suivi
- Protection des radiations externes à partir de 1 µSv/h à 1 m
- Forages carottés: en général, pas une source de contamination

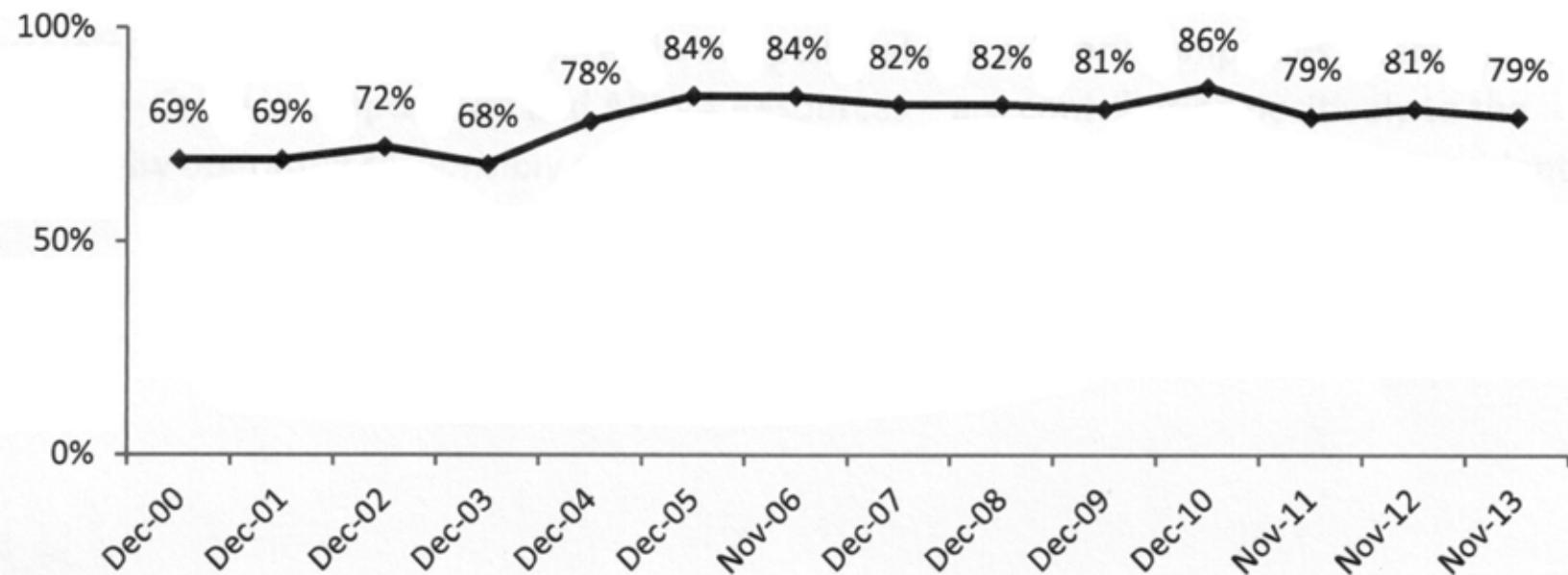
# Encadrement de l'exploration

- Principe de protection: programme ALARA (“*as low as reasonable achievable*”) / Radiation Protection Program
  - Carothèque et zone de sciage: zones de contamination potentielle
  - Vestiaires: zone de contamination potentielle
  - Surveillance régulière des espaces de travail et autres espaces de vie
  - Distance: façon la plus efficace de réduire l'exposition à la radioactivité
  - Sites de forages:
    - o documenter conditions préalables
    - o si minéralisation à haute teneur: forage avec bac de décantation des boues, récupération de l'eau (“poly tanks”): séparation phase solide / aqueuse
    - o qd forage complété: si  $> 1 \mu\text{Sv/hr}$  à 1 m: résidus à retourner dans le forage
    - o cimentation des trous recommandée, en particulier des sections minéralisées
  - Manutention et entreposage des échantillons selon les teneurs, avec identification appropriée
  - Transport d'échantillons radio-actifs: **très réglementé**

# Uranium et appui public

	<b>Québec</b>	<b>Saskatchewan</b>
<b>Production</b>	Non	22% de la production mondiale depuis 60 ans
<b>Teneurs gîtes &amp; gisements</b>	0,05 – 1,0 %	0,5 – 20 %
<b>Appui public</b>	Débat en cours	Massif, incluant l'appui des Premières Nations

# Appui public à l'industrie uranifère en Saskatchewan



Résultats 2013: appui des citoyens à **79%**, incluant l'appui des communautés et réserves du Nord Saskatchewan à **76%**

# Conclusion

- Secteur uranifère
  - Exploration dans **106** juridictions  
(Am. N: 22; Am. C et S.: 11; Eu.: 14; Afr.: 33; Asie-Austr.: 26)
  - Moratoria en vigueur dans **7** juridictions à ± long terme, dont le Québec; moratoria levés dans **4** juridictions
  - Ressources connues dans 78 pays / Exploitation dans 22 pays
- Activité très encadrée au Canada (CCSN) avec des normes rigoureuses qui font référence à l'échelle mondiale
- Travaux d'exploration: très peu ou pas d'impact mesurable; Norme e3 Plus (PDAC): document essentiel
- Le strict respect des normes, une communication proactive et une transparence absolue à l'égard des parties prenantes sont des facteurs cruciaux pour la réussite d'un projet.

# Références

- Beaudoin, G., Bergeron, K.M., Jébrak, M., King, J.K., Larivière, D., Michaud, A., Wülser, P.A.** (2014). Étude sur l'état des connaissances, les impacts et les mesures d'atténuation de l'exploration et de l'exploitation des gisements d'uranium sur le territoire québécois, Rapport préparé à l'intention du MDDEFP et du MERN; DIVEX, Université Laval et UQAM, 164 p.
- Cox, D.P. and Singer, D.A.** (1986). Mineral Deposit Models, U.S. Geological Survey Bulletin 1693, 379 p.
- Cuney, M.** (2009). The extreme diversity of uranium deposits, *Mineralium Deposita*, 44:3-9.
- Cuney, M.** (2014). Felsic magmatism and uranium deposits, *Bull. Soc. géol. France*, 2014, t.185, n° 2, pp. 75-92.
- Cyr J.**(2011), Restauration des sites miniers, 22/09/2011, MRNF, 76 p.
- Fast Consulting** (2013). Situation Summary – Public Support for the Continuation of the Uranium Mining Industry in Saskatchewan, Prepared for Cameco Corporation, p. 3
- FRAN** (2013). Le Fonds Restor-Action Nunavik, 3 p.
- IAEA** (2012). Uranium 2011: Resources, Production and Demand, NEA/OCDE, IAEA, Vienna, 488 p.
- Lulin, J-M** (2013). Les mines au Québec: Utilisation du territoire et création de valeur, Azimut Exploration, 16/10/2013, 20 p.
- MDDEP** (2013). Exigences environnementales du MDDEFP, campements industriels temporaires, Québec, 30 p.
- PDAC** (2014). Guidelines for Radiation Protection during Exploration for Uranium; e3 Plus: A framework for responsible exploration, 28 p.
- Sakatchewan Labour.** Radiation Protection Guidelines for Uranium Exploration, 8 p.
- World Nuclear Association** (2010). Geology of Uranium Deposits, [www.world-nuclear.org](http://www.world-nuclear.org)