



L'exploration pour l'uranium au Québec

par

Jean-Marc Lulin, Ph.D., géologue

9 septembre 2014

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

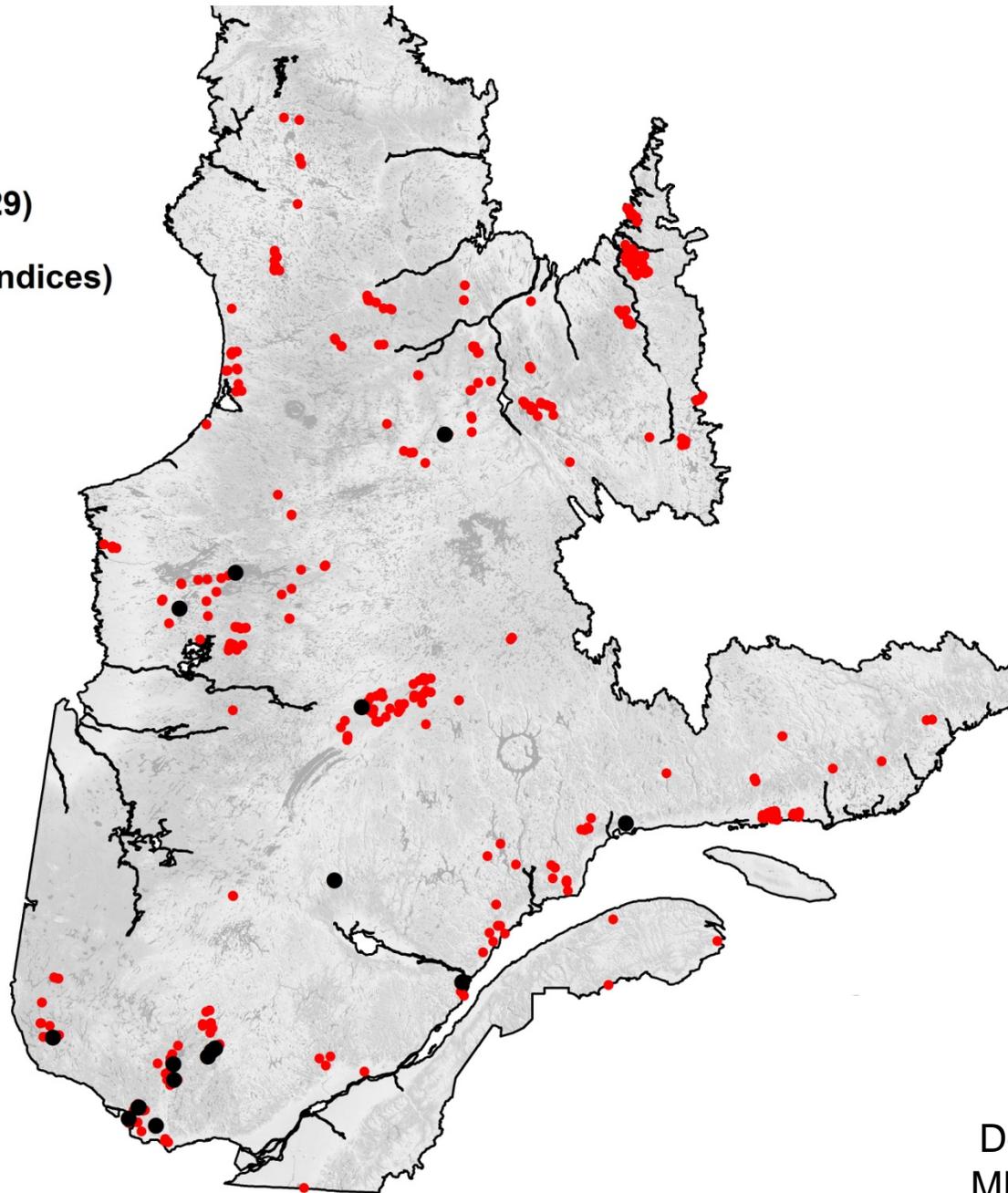
Où est l'uranium au Québec?

Types de gisements connus	% ressources mondiales (en 2011)	Teneurs % U ₃ O ₈	Éléments 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
<i>possibles</i>				
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)
- $\geq 0,05\%$ U_3O_8 (848 indices)



500

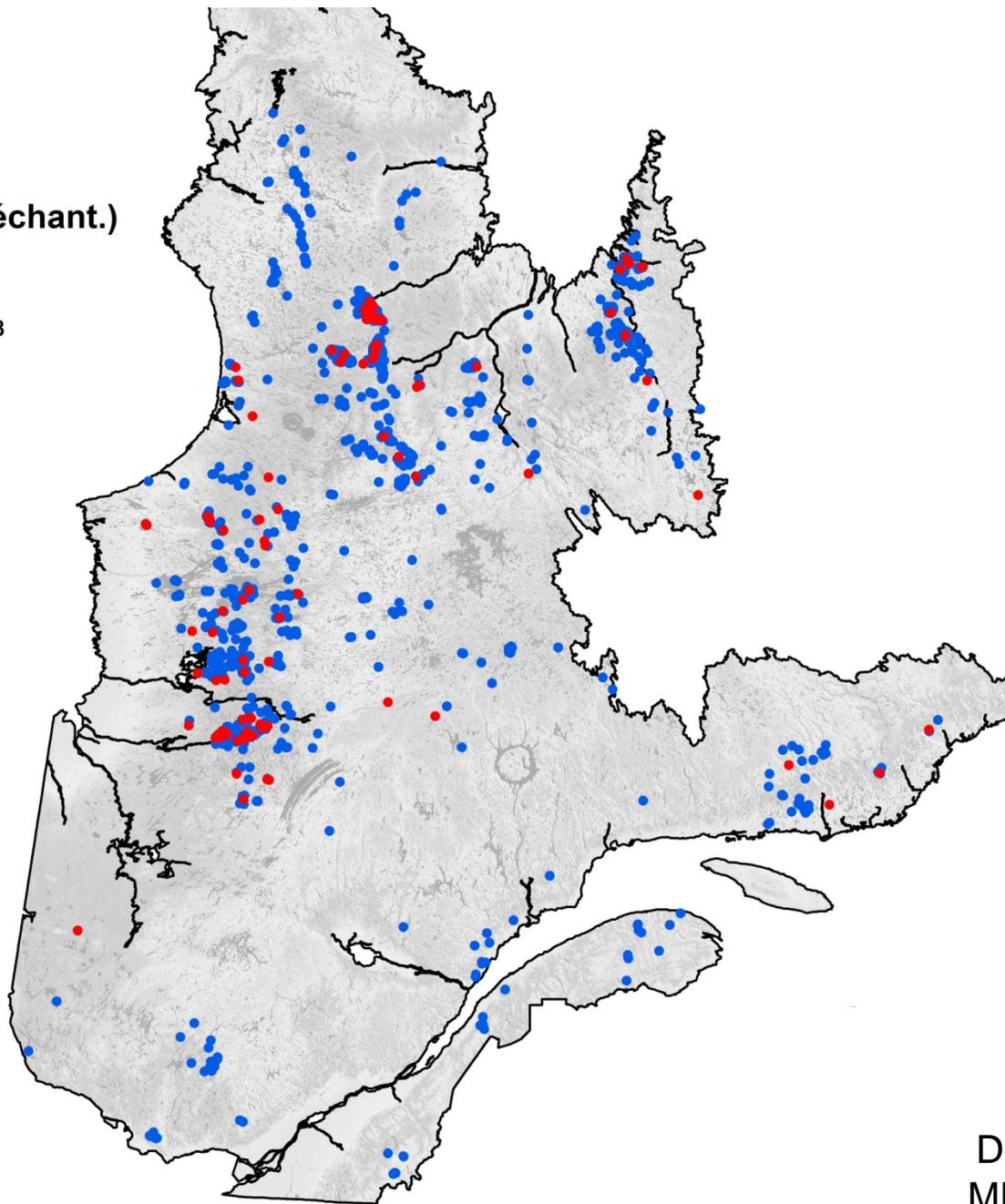
km

Données:
MERN, Azimut

Uranium dans les sédiments de fonds de lacs et de ruisseaux

• $\geq 0,05\%$ U_3O_8 (241 échant.)

• $0,01\% - 0,05\%$ U_3O_8
(2 635 échant.)

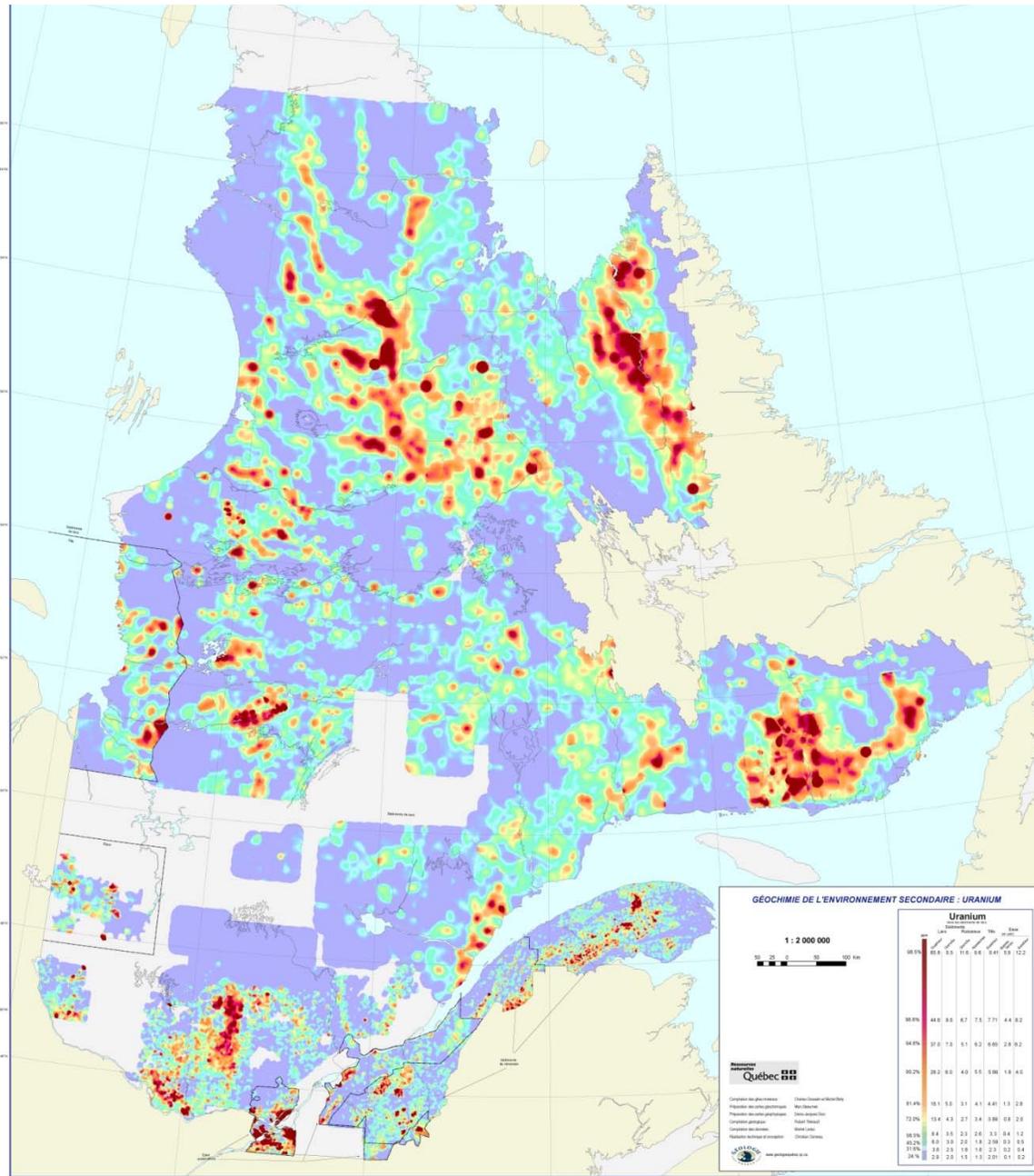


500

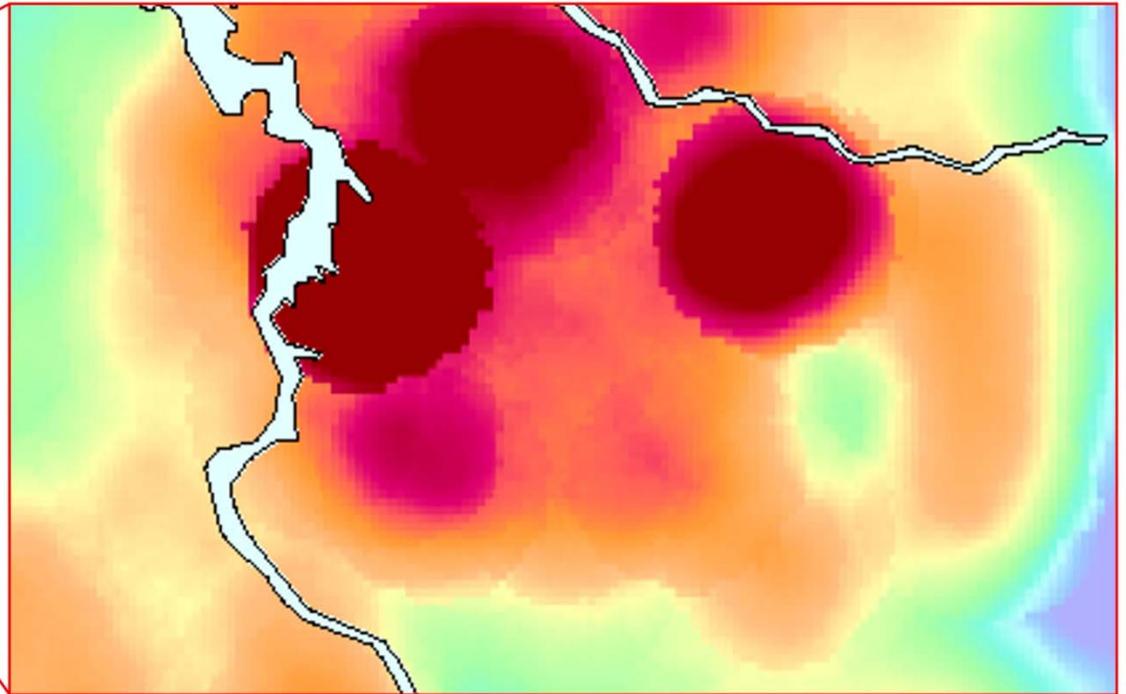
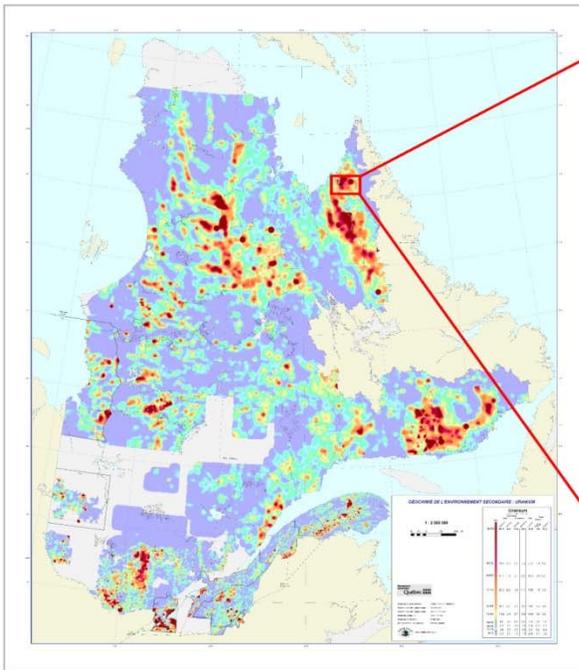
km

Données:
MERN, Azimut

Uranium dans les sédiments de fonds de lacs et de ruisseaux



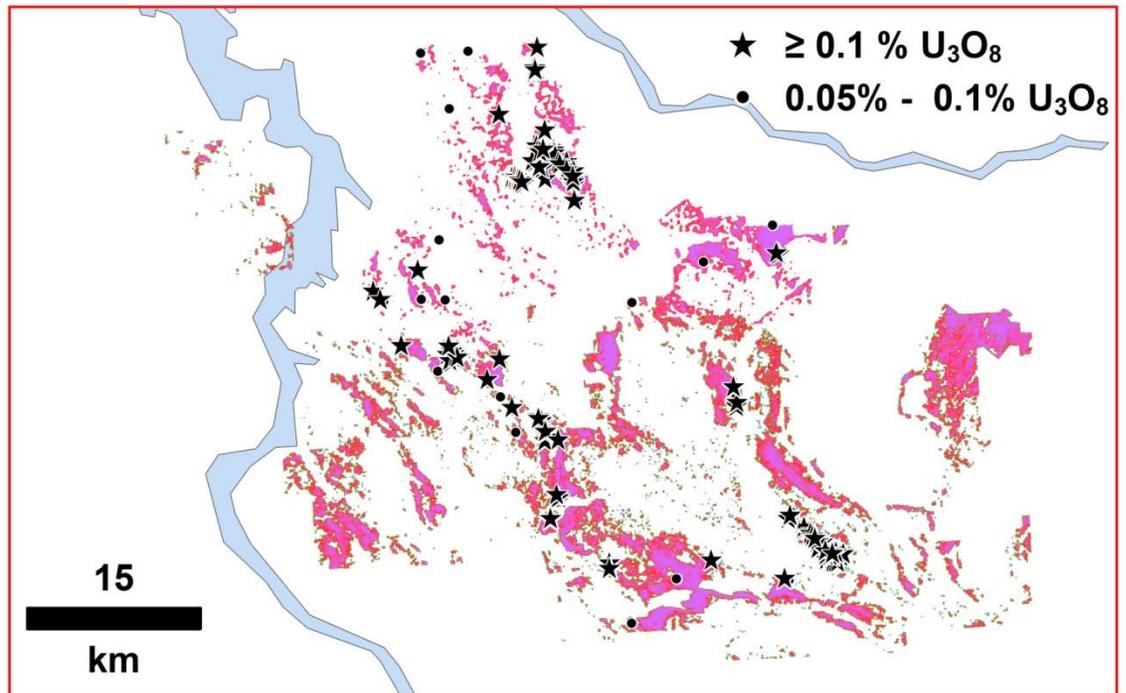
Source: MERN



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

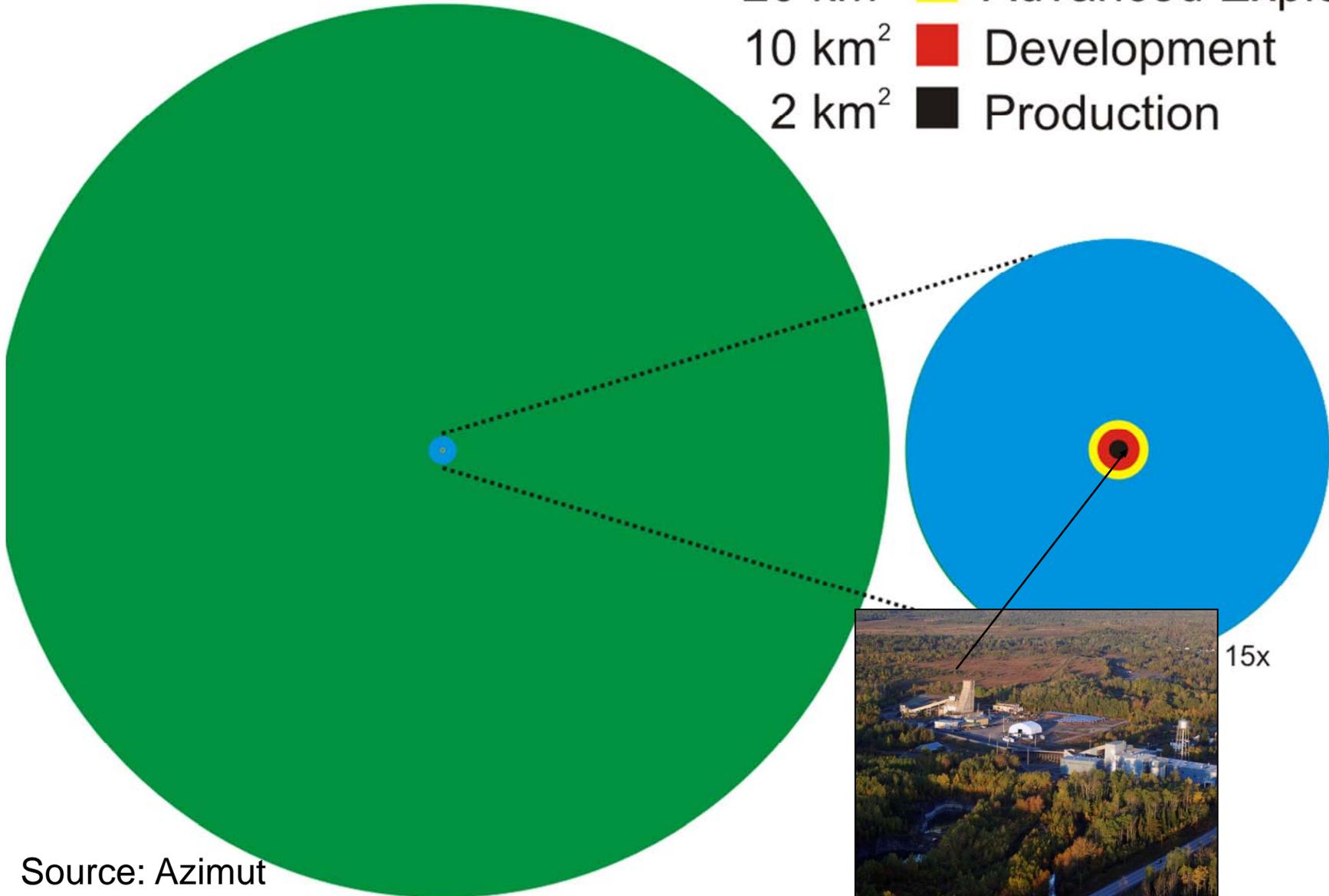
Comment explorer pour l'uranium?

- 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 (km²)	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

- 1,000,000 km² Initial Work
- 1,000 km² Exploration
- 20 km² Advanced Exploration
- 10 km² Development
- 2 km² Production

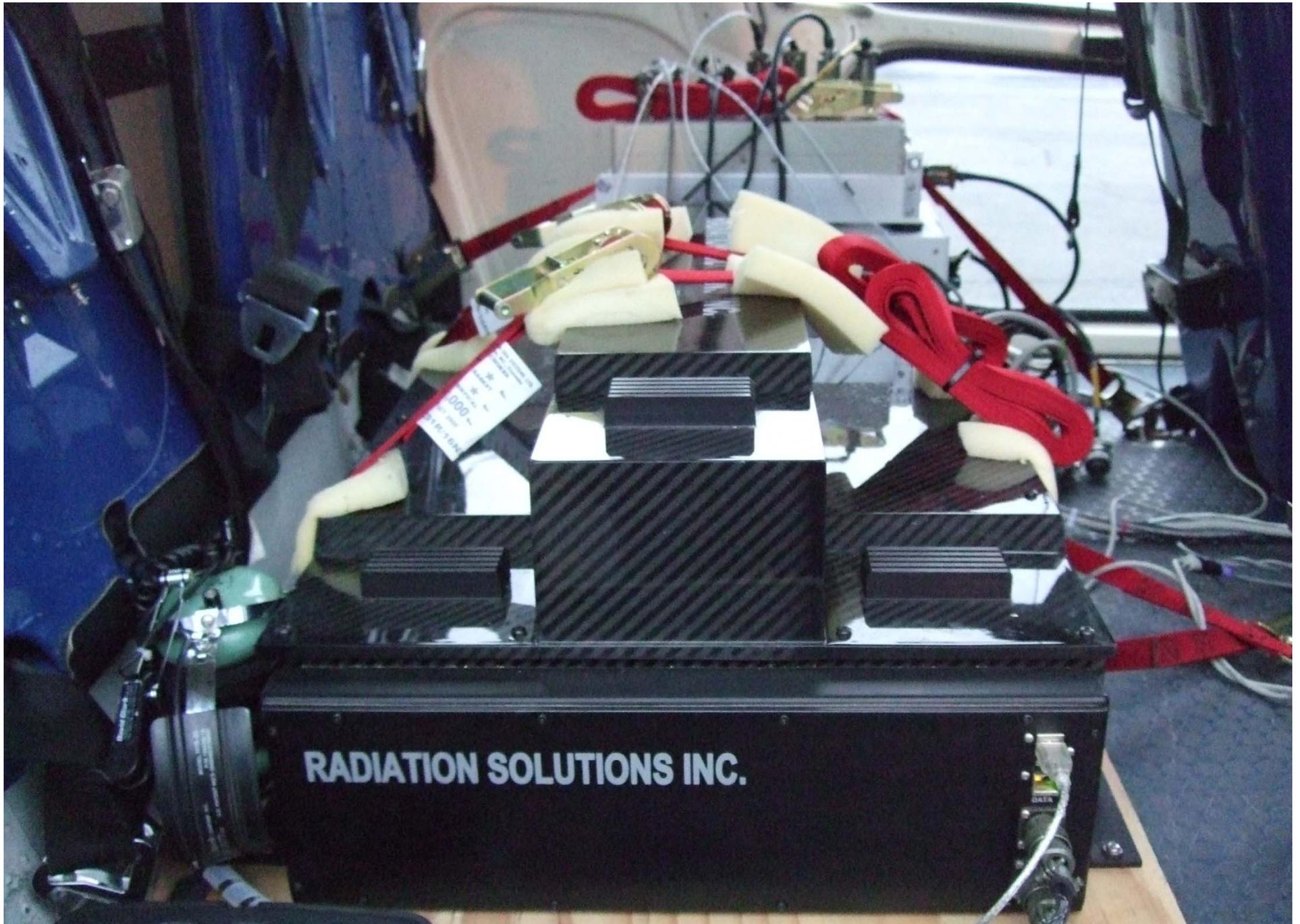


Source: Azimut



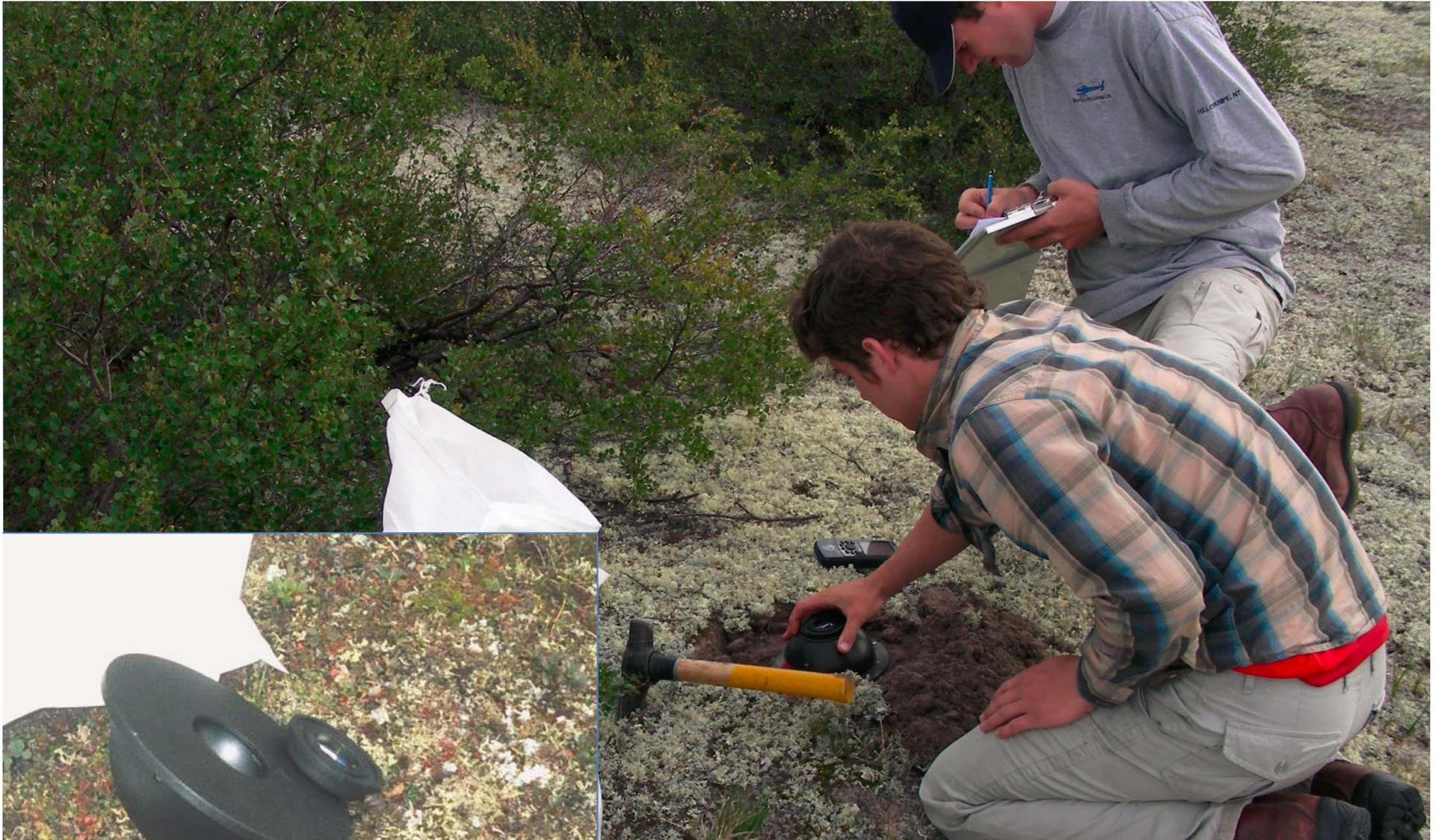
Levé spectrométrique hélicoptéré, Côte-Nord , Québec

Source: NOVATEM



Spectromètre (levé hélicoptère)

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 ($\sim \text{km}^2$ à 10 km^2)
- 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 km² 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 km², 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)

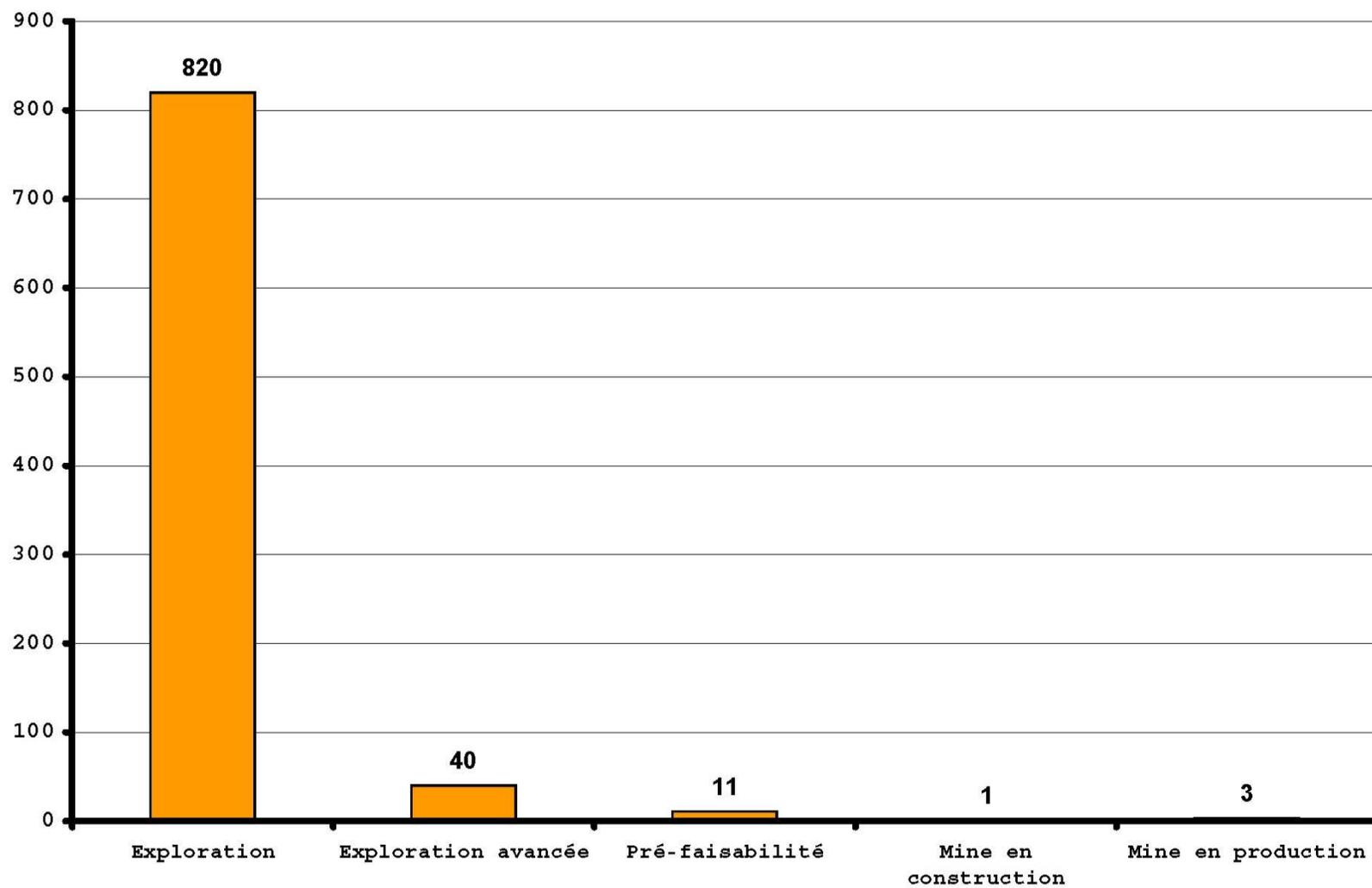
- 164 030 claims actifs totalisent 77 039 km² soit 4,6% du Québec (au 19/08/2014)
- **95,4 %** du Québec est libre de claims
- Les claims sont:
 - Une limite virtuelle (non physiquement marquée sur le terrain)
 - De validité temporaire, renouvelables 2 ans, -113 400 claims depuis 2008 (-41%)
 - Situés 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

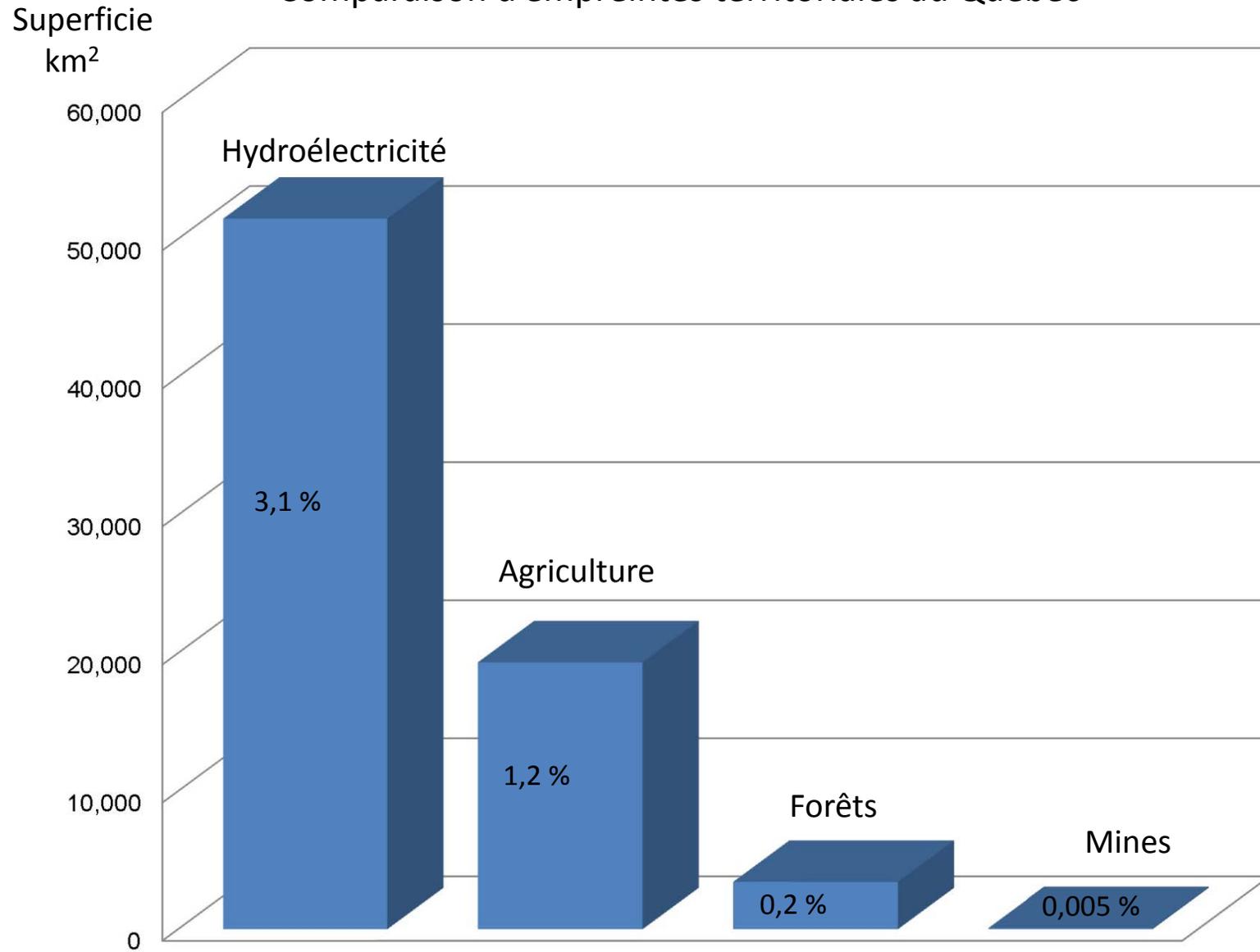
- Un claim n'est **PAS** une mine
- Un indice minéralisé n'est **PAS** une mine
- Un gîte n'est **PAS** une mine

Projets uranifères au Canada par stade de développement (2009)



Source: Intierra Mapping

Comparaison d'empreintes territoriales au Québec



Superficie du Québec: 1 667 441 km²

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



Site PJ-1, Nunavik

Source: Fonds Restor-Action Nunavik

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

Stade avancé

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

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

Règlementation 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 μ Sv/h à 1 m
 - Forages carottés: en général, pas une source de contamination

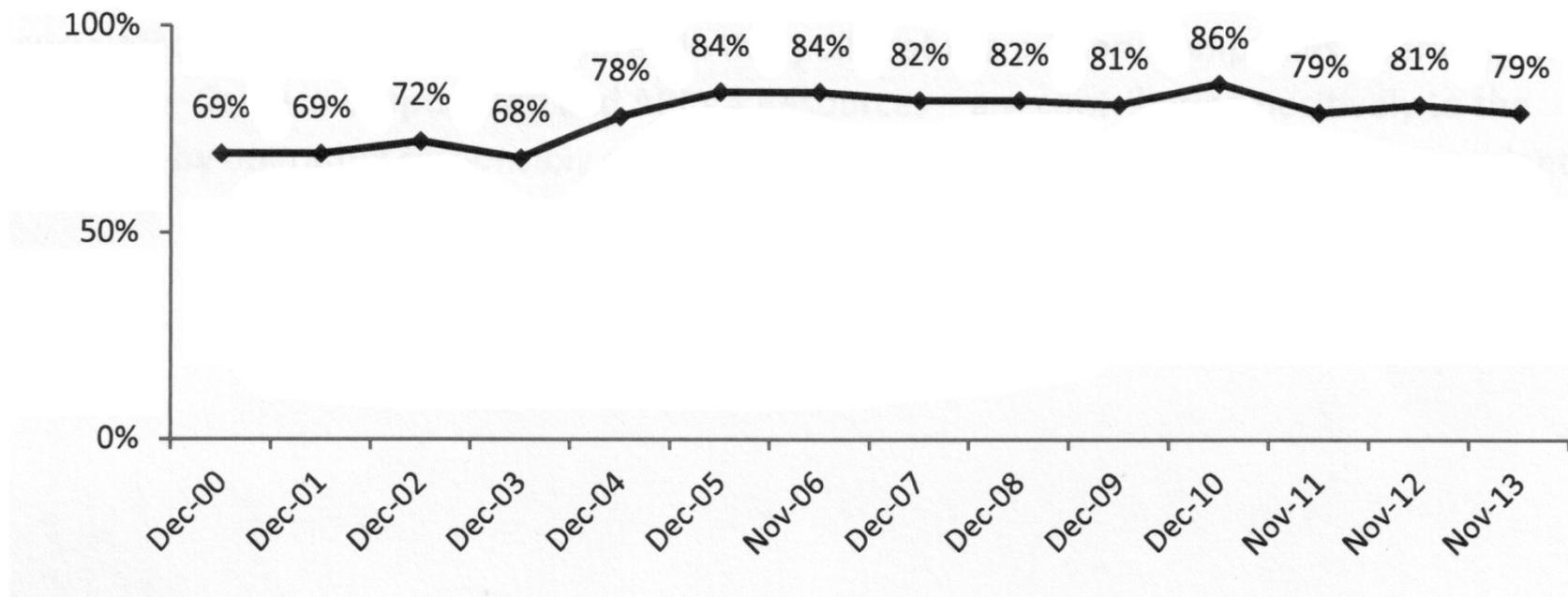
Encadrement de l'exploration

- 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:
 - documenter conditions préalables
 - si minéralisation à haute teneur: forage avec bac de décantation des boues, récupération de l'eau (“poly tanks”): séparation phase solide / aqueuse
 - qd forage complété: si $> 1 \mu\text{Sv/hr}$ à 1 m: résidus à retourner dans le forage
 - 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

	Québec	Saskatchewan
Production	Non	22% de la production mondiale depuis 60 ans
Teneurs gîtes & gisements	0,05 – 1,0 %	0,5 – 20 %
Appui public	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%**

Source: Fast Consulting, 2013

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^o 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.
- Saskatchewan Labour.** Radiation Protection Guidelines for Uranium Exploration, 8 p.
- World Nuclear Association** (2010). Geology of Uranium Deposits, www.world-nuclear.org