

# État de la ressource uranifère au Québec

**Pierre Lacoste - MERN**

**8 septembre 2014**

*Énergie et Ressources  
naturelles*

**Québec** 



# TABLE DES MATIÈRES

- Préambule
- Vocabulaire relié aux ressources minérales
- Potentiel uranifère au Québec
- Position du Québec au niveau mondial
- Projets d'exploration pour l'uranium au Québec et évolution depuis 2008
- Processus du développement minéral
- Facteurs de développement
- Transformation de l'uranium québécois




# PRÉAMBULE

- La présentation traite de l'état de la ressource uranifère et des conditions générales liées au développement d'un projet minier.
- La présentation a été vulgarisée et conçue pour le grand public. Elle respecte néanmoins toutes les normes scientifiques, mais le vocabulaire et les exemples ont été simplifiés.



# VOCABULAIRE RELIÉ AUX RESSOURCES MINÉRALES

*Énergie et Ressources  
naturelles*

Québec 

# QU'EST-CE QU'UN BRUIT DE FOND ET UNE ANOMALIE?

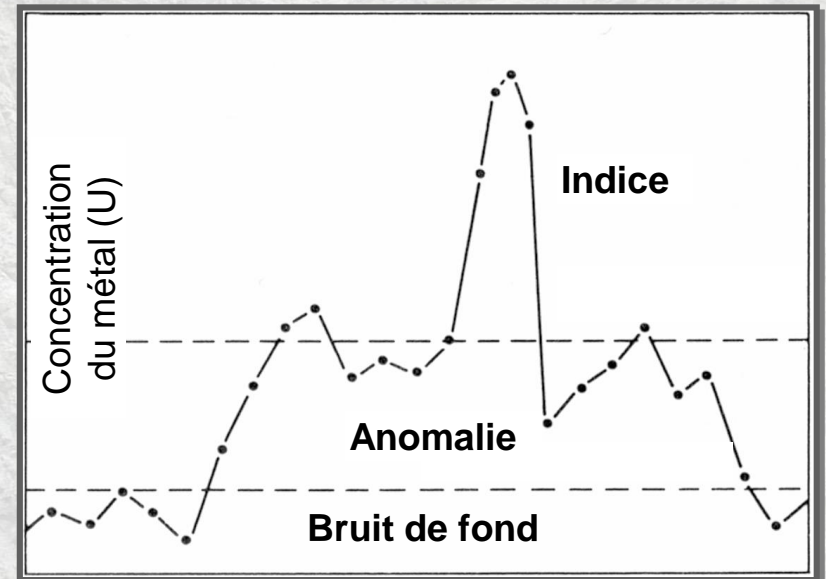
- **Bruit de fond :**

Concentration normale d'un élément (U) dans un environnement donné

- Croûte terrestre : ~ 2.8 ppm U

- **Anomalie :**

Concentration dans un milieu donné d'un élément naturel, plus grande ou plus petite que la concentration normale (bruit de fond)



Source : Beaudoin, G., 2012. Exploration Minérale, Manuel de cours, GGL-2608.

Énergie et Ressources  
naturelles

Québec





# QU'EST-CE QU'UN INDICE?

- Présence d'une substance métallique ou minérale ayant une teneur égale ou supérieure à un seuil prescrit
- **Indice en uranium (MERN)**
  - Seuil prescrit  $\geq 425$  ppm U
  - $425 \text{ ppm U} = 0,05 \% \text{ U}_3\text{O}_8$

Indice Lac Daniel (Exploration Azimut)



Source : [www.azimut-exploration.com/fr-prop-daniellake.html](http://www.azimut-exploration.com/fr-prop-daniellake.html)



# QU'EST-CE QU'UN GÎTE TRAVAILLÉ, UN GISEMENT ET UN MINERAI?

- **Gîte travaillé :**
  - Indice dont les travaux d'exploration ont permis de déterminer la forme, la continuité et l'orientation de la minéralisation
  - Généralement des travaux de forages et/ou décapages
- **Gisement :**
  - Gîte dont les travaux d'exploration ont permis d'évaluer le tonnage et la teneur de la substance recherchée
- **Minerai :**
  - Mineral ou agrégat de minéraux qui peut être extrait, concentré, et commercialisé avec profit



# QU'EST-CE QUE DES RESSOURCES, DES RÉSERVES ET UNE MINE?

- **Ressources minérales :**
  - Concentration d'une substance inorganique incluant les métaux présentant des perspectives raisonnables d'extraction rentable
  - Subdivisées en ressources présumées, indiquées et mesurées, en ordre croissant de confiance
- **Réserves minérales :**
  - Partie économiquement exploitable des ressources minérales indiquées ou mesurées, démontrée par au moins une étude préliminaire de faisabilité
  - Subdivisées en réserves probables et prouvées, en ordre croissant de confiance
- **Mine :**
  - Installation industrielle pour exploiter un gisement (à ciel ouvert ou mine souterraine)

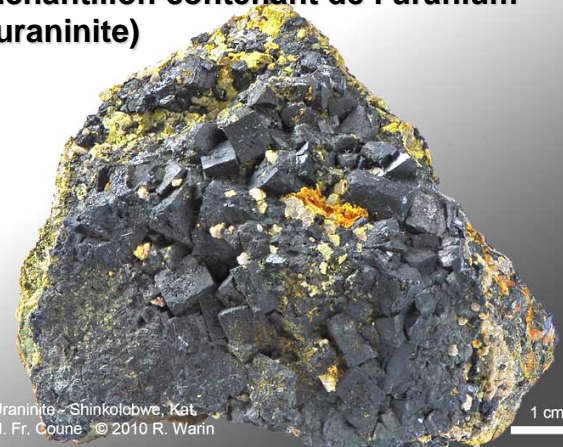


# QU'EST-CE QU'UNE TENEUR?

- Proportion d'une substance utile (U, Or, Ni, Cu) dans un échantillon :
  - S'exprime en masse par rapport à la masse totale de l'échantillon
  - S'exprime en % lorsque la quantité de la substance est élevée
  - S'exprime généralement en ppm (partie par million) lorsque la quantité de la substance est faible
- **Teneur en uranium :**
  - S'exprime en oxyde d'uranium (%  $U_3O_8$ ) ou en ppm U
  - 0,05 %  $U_3O_8$  = 425 ppm U

0,01 % = 100 ppm = 100 g/t  
1 % = 10 000 ppm = 10 000 g/t

Échantillon contenant de l'uranium (uraninite)



Uraninite - Shinkolobwe, Kat.  
Coll. Fr. Coune - © 2010 R. Warin

Source : [www.agab.be/mineralogie/Katanga/images/uranite/uranite.html](http://www.agab.be/mineralogie/Katanga/images/uranite/uranite.html)

Énergie et Ressources  
naturelles

Québec



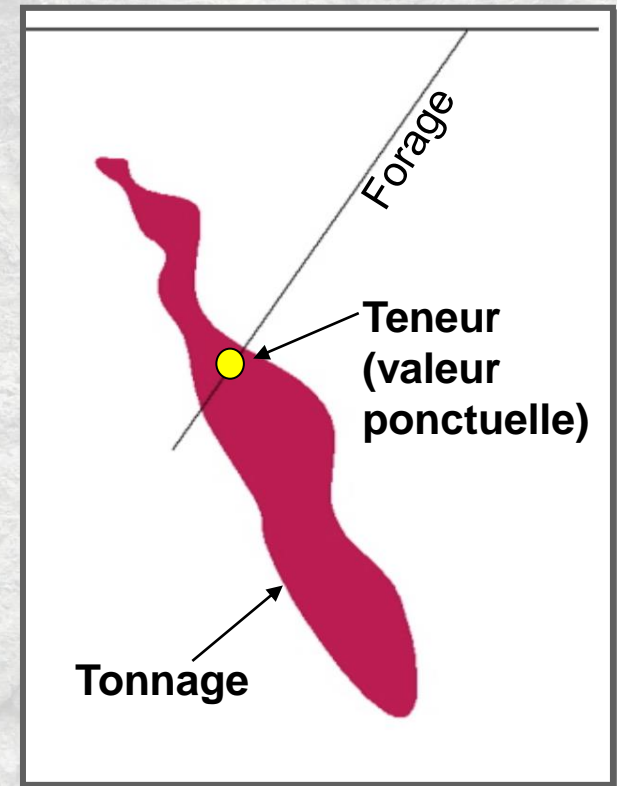


# QU'EST-CE QU'UN TONNAGE?

- Quantité totale de minerai exprimée en tonnes (t) ou en livres (lb)
- Tonne métrique (t) :
  - Unité internationale de mesure de poids

**1 tonne = 1000 kg = 2204,6 livres**

COUPE VERTICALE



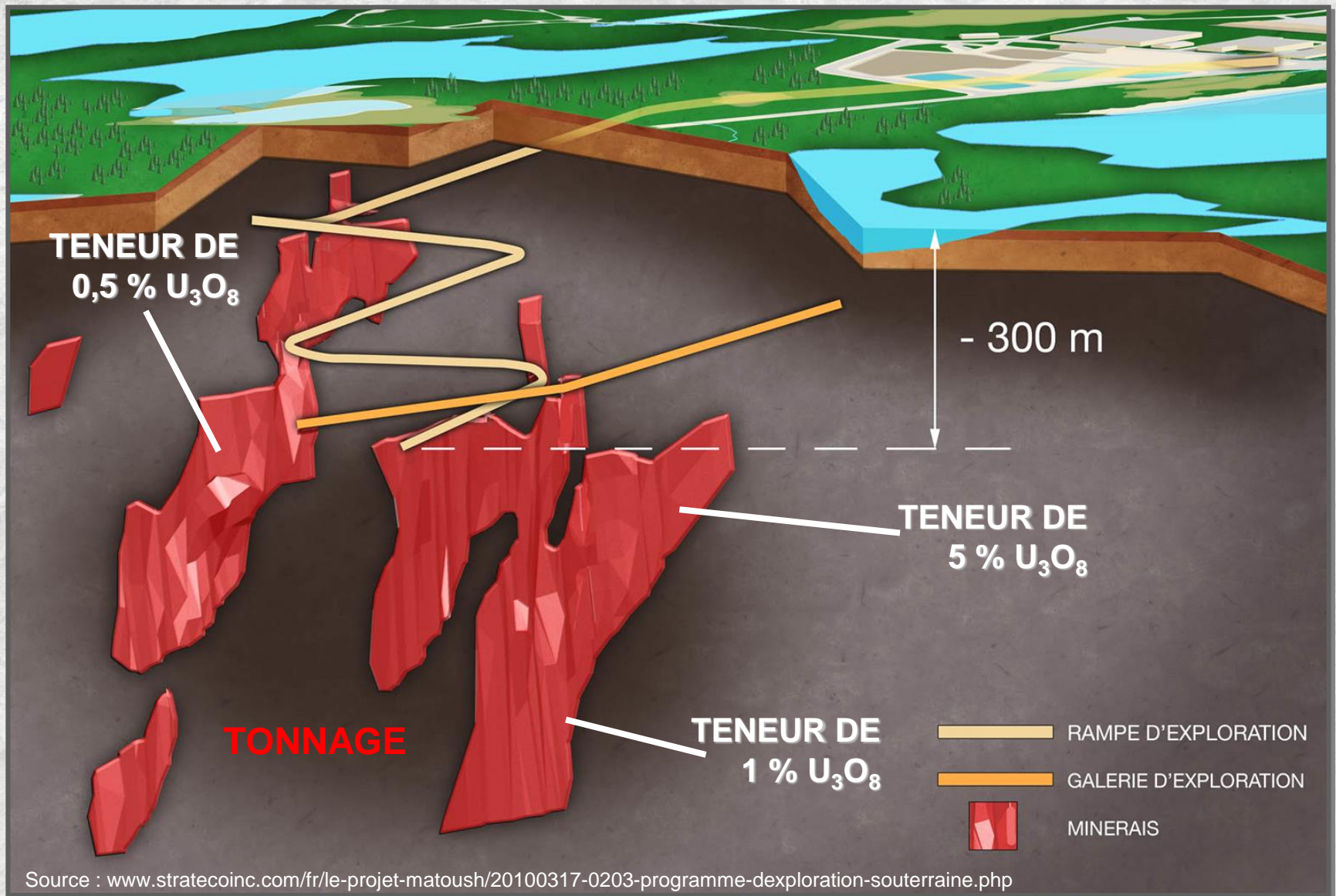
Source : Beaudoin, G., 2012. Exploration Minérale, Manuel de cours, GGL-2608.

**Énergie et Ressources  
naturelles**

**Québec** 



# TONNAGE ET TENEUR D'UN GISEMENT





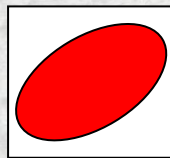
# QU'EST-CE QU'UN GISEMENT ÉCONOMIQUE?

- $\text{Teneur} \times \text{Tonnage} = \text{Quantité} \times \text{Prix} - \text{Coûts de production}$   
= Gisement économique ou = Gisement non économique
- La teneur est indissociable du tonnage afin d'évaluer si le gisement est économique ou non
- Dépend d'un ensemble de facteurs (teneur, tonnage, prix de la substance, coûts de production, infrastructures, etc.)

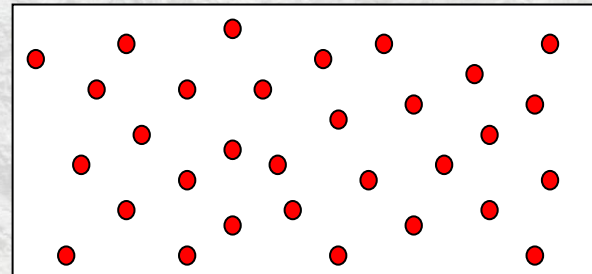
## Gisement économique :

\$\$\$\$

=



ou



Teneur élevée x  
Tonnage faible

Teneur faible x  
Tonnage élevé

Énergie et Ressources  
naturelles

Québec





# ENVIRONNEMENT GÉOLOGIQUE DANS LEQUEL ON RETROUVE DE L'URANIUM AU QUÉBEC

- **Gîtes associés aux bassins sédimentaires**
  - Baie-James (Monts Otish)
- **Gîtes associés aux roches granitiques**
  - Côte-Nord, Hautes-Laurentides




Source : [www.lithotheque.site.ac-strasbourg.fr/pres-de-chez-vous/centre\\_alsace/sainte-odile/mont-sainte-odile-fiche-professeur](http://www.lithotheque.site.ac-strasbourg.fr/pres-de-chez-vous/centre_alsace/sainte-odile/mont-sainte-odile-fiche-professeur)



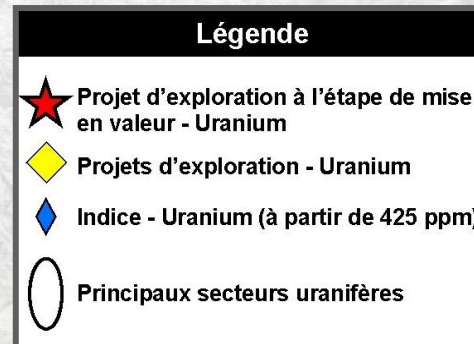
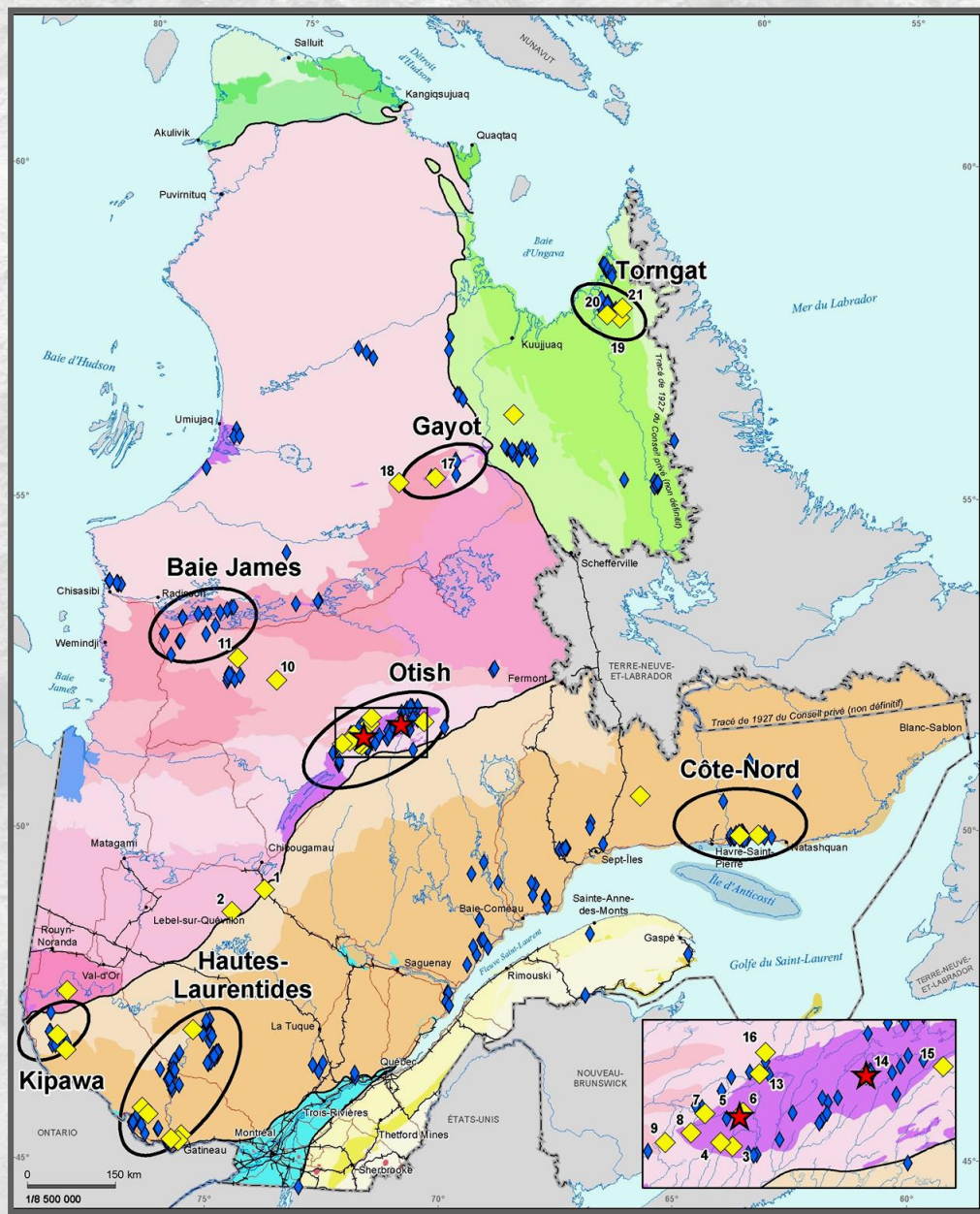
Source : [geology.com/rocks/granite.shtml](http://geology.com/rocks/granite.shtml)

**Énergie et Ressources  
naturelles**

**Québec** 



# POTENTIEL URANIFÈRE AU QUÉBEC



Source : MERN

Énergie et Ressources  
naturelles


Québec





# POSITION DU QUÉBEC AU NIVEAU MONDIAL

*Énergie et Ressources  
naturelles*

Québec 




# Projets d'exploration au Québec en comparaison avec des mines d'uranium dans le monde

Localité	Gisement	Teneur (% U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> )	Tonnage (Mt)	Tonnes U
<b>QUÉBEC</b> <i>(Ressources indiquées)</i>	<b>Matoush<sup>1</sup></b>	<b>0,95</b>	<b>0,59</b>	<b>4 753</b>
	<b>Gîte L (Lavoie)<sup>2</sup></b>	<b>0,45</b>	<b>0,39</b>	<b>1 488</b>
	<b>North Shore<sup>3</sup></b>	<b>0,014</b>	<b>21,5</b>	<b>2 552</b>
<b>CANADA</b> <b>(Sask.)</b> <i>(Réserves totales)</i>	<b>Cigar Lake<sup>4</sup></b>	<b>18,3</b>	<b>1,64</b>	<b>254 502</b>
	<b>McArthur<sup>4</sup></b>	<b>15,76</b>	<b>1,04</b>	<b>138 991</b>
<b>NAMIBIE</b> <i>(Réserves totales)</i>	<b>Rössing<sup>5</sup></b>	<b>0,03</b>	<b>149</b>	<b>40 159</b>
<b>AUSTRALIE</b> <i>(Réserves totales)</i>	<b>Olympic Dam<sup>6</sup></b>	<b>0,057</b>	<b>552</b>	<b>266 815</b>

Sources : <sup>1</sup> www.stratecoinc.com (2012), <sup>2</sup> DV 2013-01, <sup>3</sup> www.sedar.com (2011), <sup>4</sup> www.cameco.com (2013), <sup>5</sup> www.rossing.com (2013), <sup>6</sup> www.mining-technology.com/projects/olympic-dam/ (2011)

**Énergie et Ressources  
naturelles**

**Québec** 



# RESSOURCES D'URANIUM CONNUES

	Tonnes U	% mondial
Australie	1 673 000	31
Kazakhstan	651 000	12
<b>Canada</b>	<b>485 000</b>	<b>9</b>
Russie	480 000	9
Afrique du Sud	295 000	5,5
Namibie	284 000	5
Brésil	279 000	5
Niger	272 000	5
États-Unis	207 000	4
Chine	171 000	3
Jordanie	112 000	2
Ouzbékistan	111 000	2
Ukraine	105 000	2
Inde	80 000	1,5
Mongolie	49 000	1
Autres	150 000	3
Québec*	8 800	<0,2
Total mondial	5 404 000	100

\* Estimé MERN

Source : [www.world-nuclear.org](http://www.world-nuclear.org) au 18 août 2014, données publiques de 2009

Énergie et Ressources  
naturelles

Québec






# PROJETS D'EXPLORATION EN URANIUM AU QUÉBEC

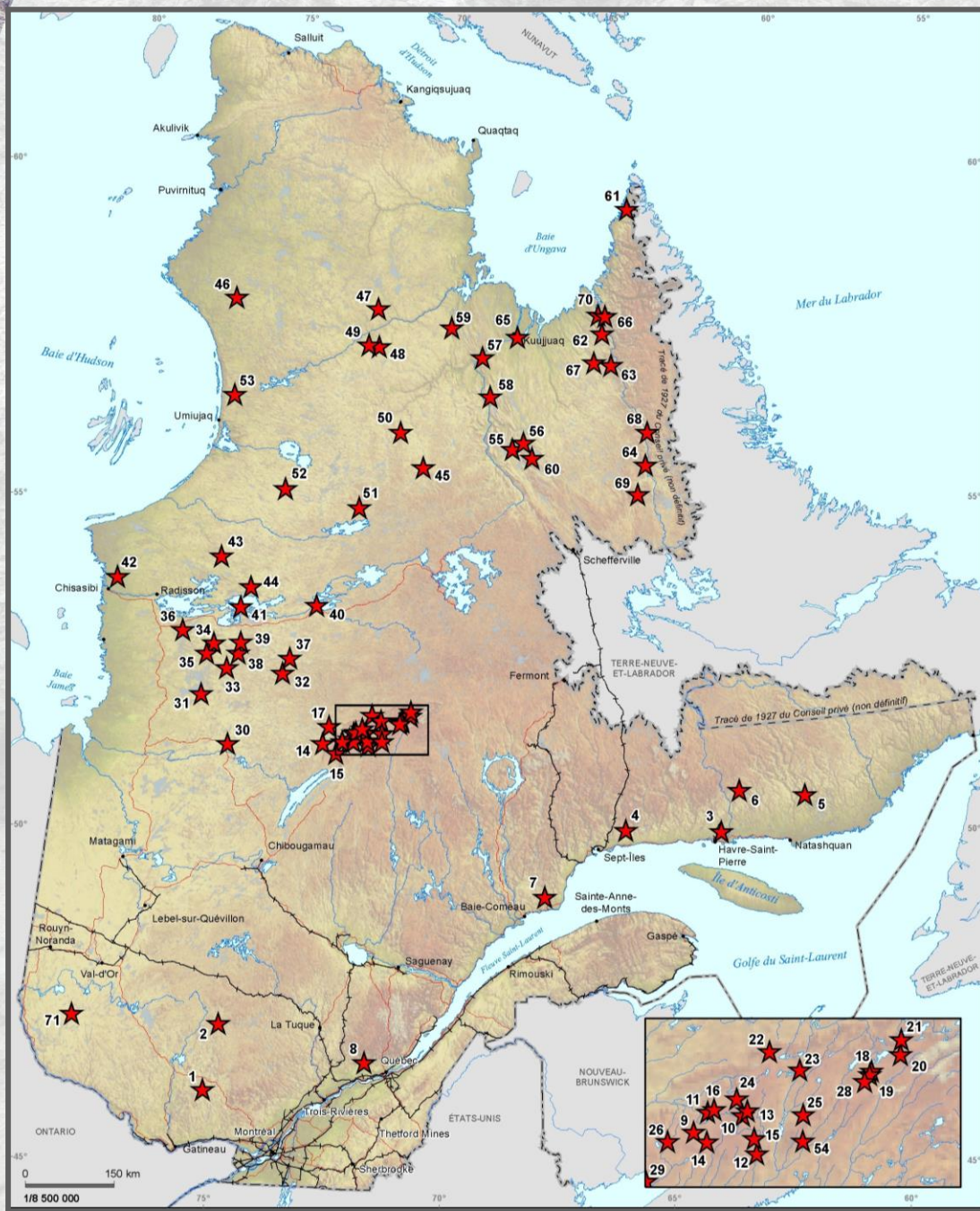
ÉVOLUTION DEPUIS 2008

*Énergie et Ressources  
naturelles*

Québec 



# 70 projets d'exploration en 2008



Source : MERN, Sigéom, DV 2009-01

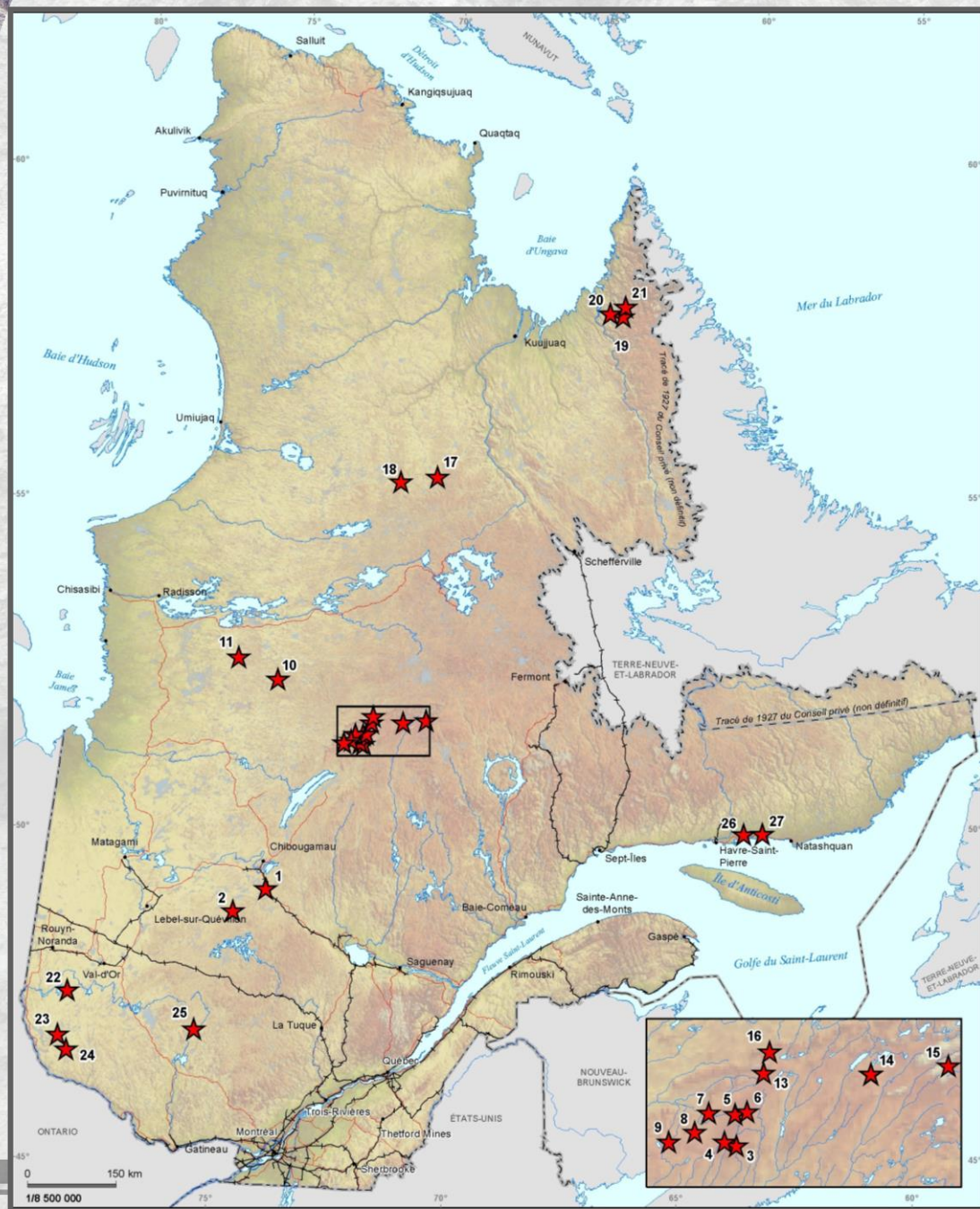
Énergie et Ressources  
naturelles

Québec





# 27 projets d'exploration en 2010



Source : MERN, Sigéom, DV 2011-01

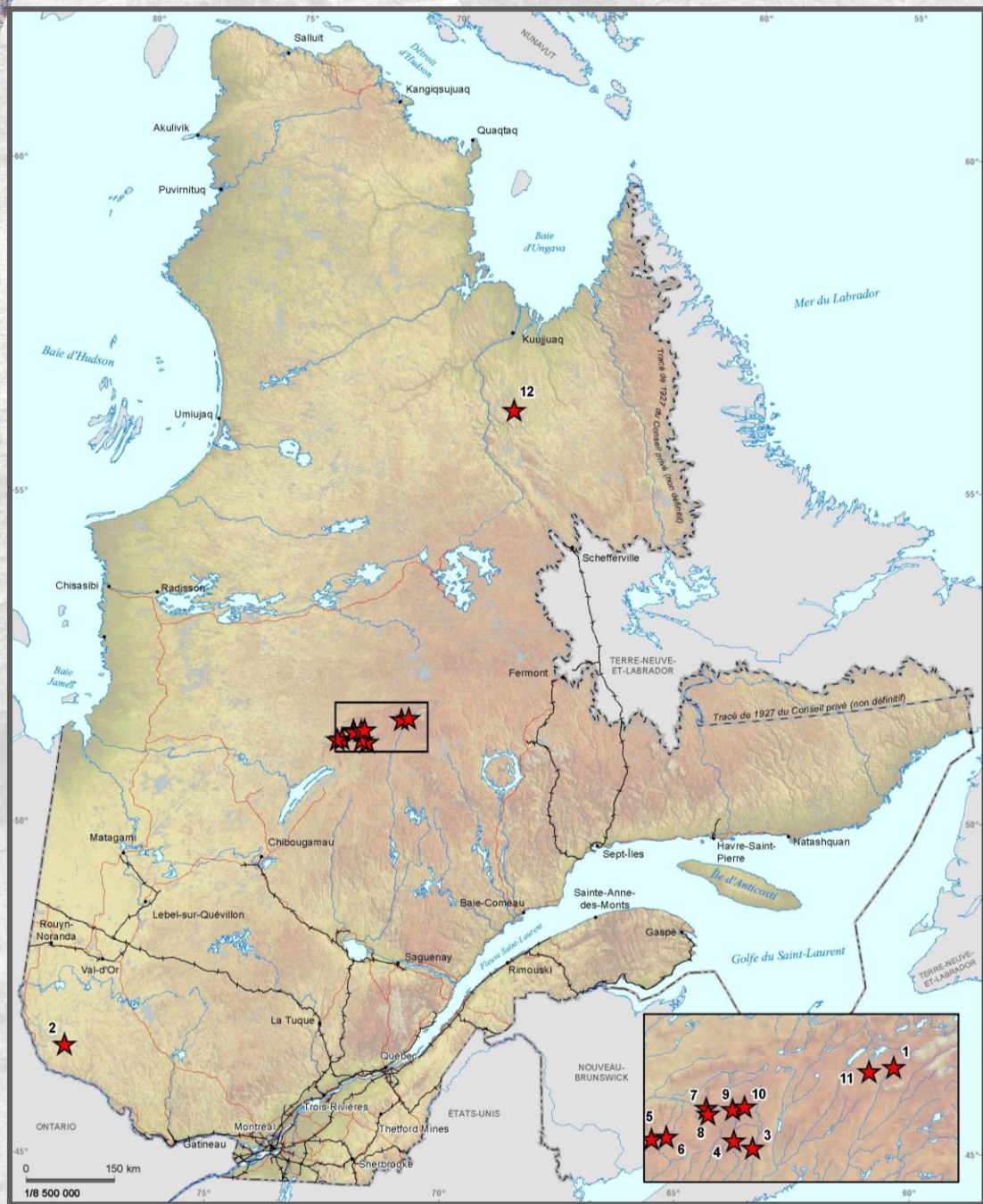
**Énergie et Ressources  
naturelles**

**Québec**





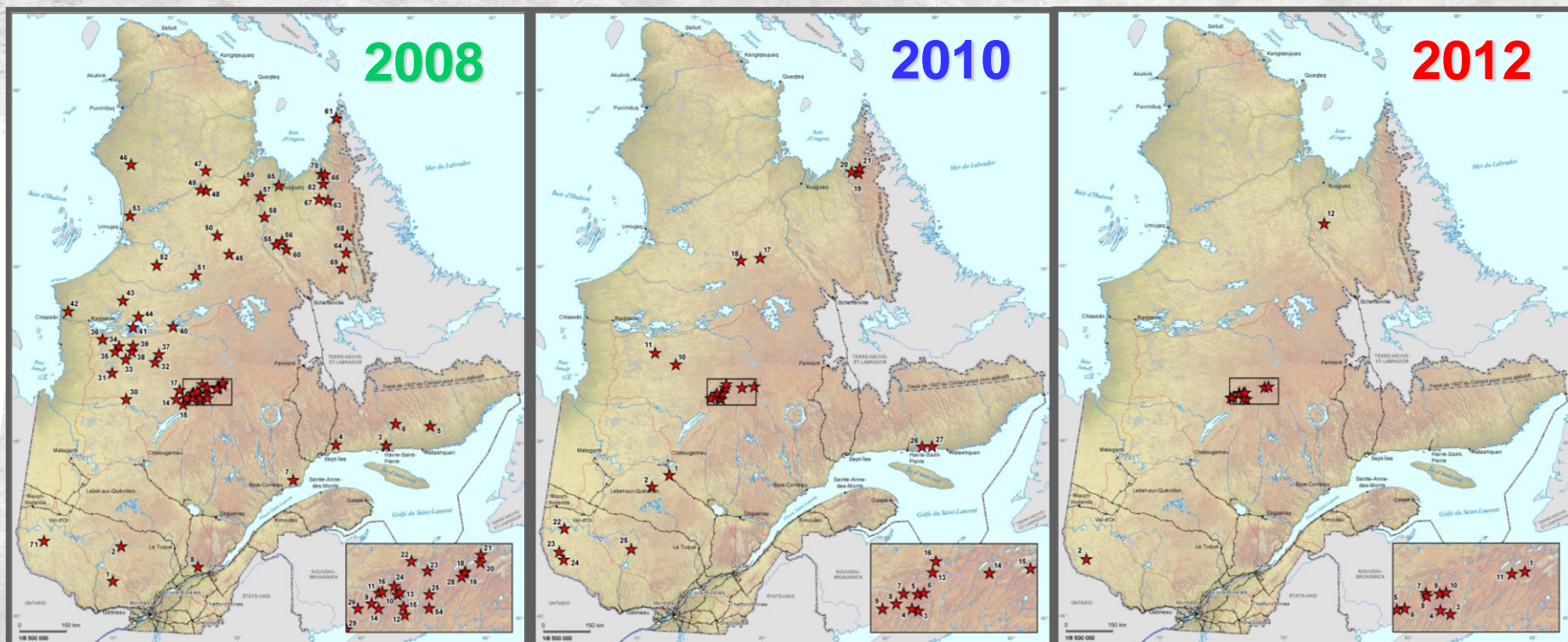
# 12 projets d'exploration en 2012



Source : MERN, Sigéom, DV 2013-01



# Évolution des projets uranifères depuis 2008




Source : [http://www.cameco.com/investors/markets/uranium\\_price/spot\\_price\\_5yr\\_history/](http://www.cameco.com/investors/markets/uranium_price/spot_price_5yr_history/)



# PROCESSUS DU DÉVELOPPEMENT MINÉRAL

*Énergie et Ressources  
naturelles*

Québec 



# DU GISEMENT À LA MINE

## Processus du développement minéral



Le résultat de chaque étape du processus minier est déterminant pour passer à l'étape suivante

Exploration		Mise en valeur						
Ressources	Ressources présumées	Ressources mesurées et indiquées	Réserves prouvées et probables		Décision corporative et recherche de financement	Construction	Exploitation (Durée variable)	Restauration (pendant, après la fin d'exploitation)
Essais métallurgiques	Essais en laboratoire	Essais en laboratoire	Pilotage de procédé par étapes	Pilotage de procédé en continu				
	Quelques fragments	Quelques kilos	Quelques tonnes	Plusieurs tonnes				
Rapport technique (43-101)		Évaluation économique préliminaire	Étude de préfaisabilité	Étude de faisabilité				
Économie		Coût à ± 25-30 %	Coût à ± 15-20 %	Coût à ± 15 %				
Environnement		Étude de référence	Étude d'impact	Demande de C.A.				
Société		Rencontre d'information, consultations, audiences publiques			Comité de suivi			



# DU GISEMENT À LA MINE

- Réaliser les consultations nécessaires tout au long du projet
- Établir des réserves minérales (économiquement exploitables)
- Effectuer les essais métallurgiques afin de confirmer le processus d'extraction des métaux visés
- Établir les paramètres d'exploitation et de production, les produits commercialisés, le prix de vente, le marché
- Établir les besoins en infrastructures (énergie, transport, etc.) en fonction du site
- Déterminer les impacts environnementaux et sociaux et les solutions à mettre en place
- Évaluer l'économie du projet (phase finale)
- Établir un montage financier du projet et recueillir le financement (partenariat stratégique)
- Demander les autorisations :
  - Étude d'impact environnemental (BAPE)
  - Étude d'opportunité économique sur la transformation
- Créer le comité de suivi


Énergie et Ressources  
naturelles

Québec 



# FACTEURS DE DÉVELOPPEMENT

*Énergie et Ressources  
naturelles*

Québec 



# FACTEURS DE DÉVELOPPEMENT

- Gisement économique : teneur et tonnage
- Accès au capital
- Accès aux infrastructures :
  - Routes, installations ferroviaires et portuaires, approvisionnement en eau et en énergie
  - Campement et aéroport (selon le cas)
- Emplois, fournisseurs de biens et de services
- Exigences favorisant l'acceptabilité sociale des projets
- Règles connues, claires et stables
- Incitatifs fiscaux :
  - Crédit d'impôt à l'exploration, mise en valeur et aménagement minier
  - Crédit d'impôt à la transformation des ressources naturelles
- Redevances à l'État, impôts, taxes et retombées économiques



# RÉGIME D'IMPÔT MINIER - JUSTE RETOUR AUX QUÉBÉCOIS

Les sociétés qui exploitent un minéral au Québec sont tenues de payer un impôt minier

Pour les exercices financiers débutant après le 1er janvier 2014, les sociétés paient **le plus élevé** de :

- **Impôt minier minimum:**

- Basé sur la valeur de production à la tête du puits
- Ne peut être inférieur à 10 % de la valeur brute de la production annuelle
- Taux : 1% des premiers 80 M\$; 4 % sur l'excédent

OU

- **Impôt minier sur profit annuel:**

- Taux progressif allant de 16 % à 28 %
- En fonction de la marge bénéficiaire


Énergie et Ressources  
naturelles

Québec 



# TRANSFORMATION DE L'URANIUM QUÉBÉCOIS

*Énergie et Ressources  
naturelles*

Québec 



# CHAÎNE DE PRODUCTION - URANIUM

**1- Extraction et concentration**

( $\text{U}_3\text{O}_8$  - yellowcake)

**2- Purification et raffinage**  
(usine de traitement)

( $\text{U}_3\text{O}_8$  en  $\text{UO}_3$ )

**3- Conversion**

( $\text{UO}_3$  en  $\text{UF}_6$ )

**4- Conversion**

( $\text{UO}_3$  en  $\text{UO}_2$ )

**5- Fabrication de combustible**

**6- Production d'électricité**  
(centrale nucléaire)

**1- Extraction et concentration**

**2- Purification et raffinage**  
(usine de traitement)  
(Blind River)

**3- Conversion**  
(Springfields  
Fuels Ltd)

**4- Conversion**  
(Port Hope)

**5- Fabrication de combustible**  
(Port Hope / Cobourg)

**6- Production d'électricité**



# CHAÎNE DE PRODUCTION - URANIUM

	Site minier			Raffinerie	Conversion	Fabrication
Activités	Extraction minière	Usinage	Hydrométallurgie	Purification, raffinage		Mise en forme
	Concassage, broyage, concentration		Mise en solution Précipitation	$U_3O_8$ en $UO_3$	$UO_3$ en $UO_2$ $UO_3$ en $UF_6$	$UO_2$
Produits	$U_3O_8$ (yellowcake)			$UO_3$	$UO_2$ $UF_6$	Pastilles de combustible
Si projet au Québec	OUI			NON		

## Au Québec :

- Les projets miniers d'uranium feraient une concentration de l'uranium «yellowcake»
- Le «yellowcake» serait expédié à l'extérieur du Québec pour raffinage

Énergie et Ressources  
naturelles

Québec 



# RÉFÉRENCES

- Rapport sur les activités minières du Québec, MERN (DV 2009-01 à 2013-01)
- Système d'information géominière du Québec (SIGÉOM)
- Enjeux de la filière uranifère au Québec, Divex, 10 avril 2014
- Guide du module Sigéom pour les gisements métalliques (2002)
- Beaudoin, G., 2012. Exploration Minérale, Manuel du cours GGL-2608, Université Laval
- [www.world-nuclear.org/](http://www.world-nuclear.org/)
- [www.iaea.org/index.html](http://www.iaea.org/index.html)
- [pubs.usgs.gov/sir/2012/5239/sir2012-5239.pdf](http://pubs.usgs.gov/sir/2012/5239/sir2012-5239.pdf)
- [www.mern.gouv.qc.ca/mines/quebec-mines/2005-11/uranium.asp](http://www.mern.gouv.qc.ca/mines/quebec-mines/2005-11/uranium.asp)
- [www.mern.gouv.qc.ca/mines/quebec-mines/2009-02/uranium.asp](http://www.mern.gouv.qc.ca/mines/quebec-mines/2009-02/uranium.asp)
- [nuclearsafety.gc.ca/fra/uranium/mines-and-mills/index.cfm](http://nuclearsafety.gc.ca/fra/uranium/mines-and-mills/index.cfm)
- [www.uxc.com/review/UxCPrices.aspx](http://www.uxc.com/review/UxCPrices.aspx)
- [www.cameco.com/](http://www.cameco.com/)
- [www.stratecoinc.com/index.php](http://www.stratecoinc.com/index.php)
- [www.uranium.info/unit\\_conversion\\_table.php](http://www.uranium.info/unit_conversion_table.php)
- [web.cim.org/standards](http://web.cim.org/standards)



# DIAPOS EN EXTRA

*Énergie et Ressources  
naturelles*

Québec 



# QU'EST-CE QU'UN PROJET D'EXPLORATION?

- **Projet d'exploration :**

Ensemble des activités d'exploration (prospection, cartographie, levés géochimiques et géophysiques, décapage, forage, échantillonnage) qu'entend mener ou que mène une personne ou une organisation en vue de découvrir un gisement

- **Projet d'exploration à l'étape de mise en valeur :**

Ensemble des activités (forage, échantillonnage en vrac, acquisition de données pour l'ingénierie du projet, analyse des risques, étude des marchés, essai pilote, etc.) qu'entend mener ou que mène une personne ou une organisation en vue de mettre en valeur et de développer un gisement

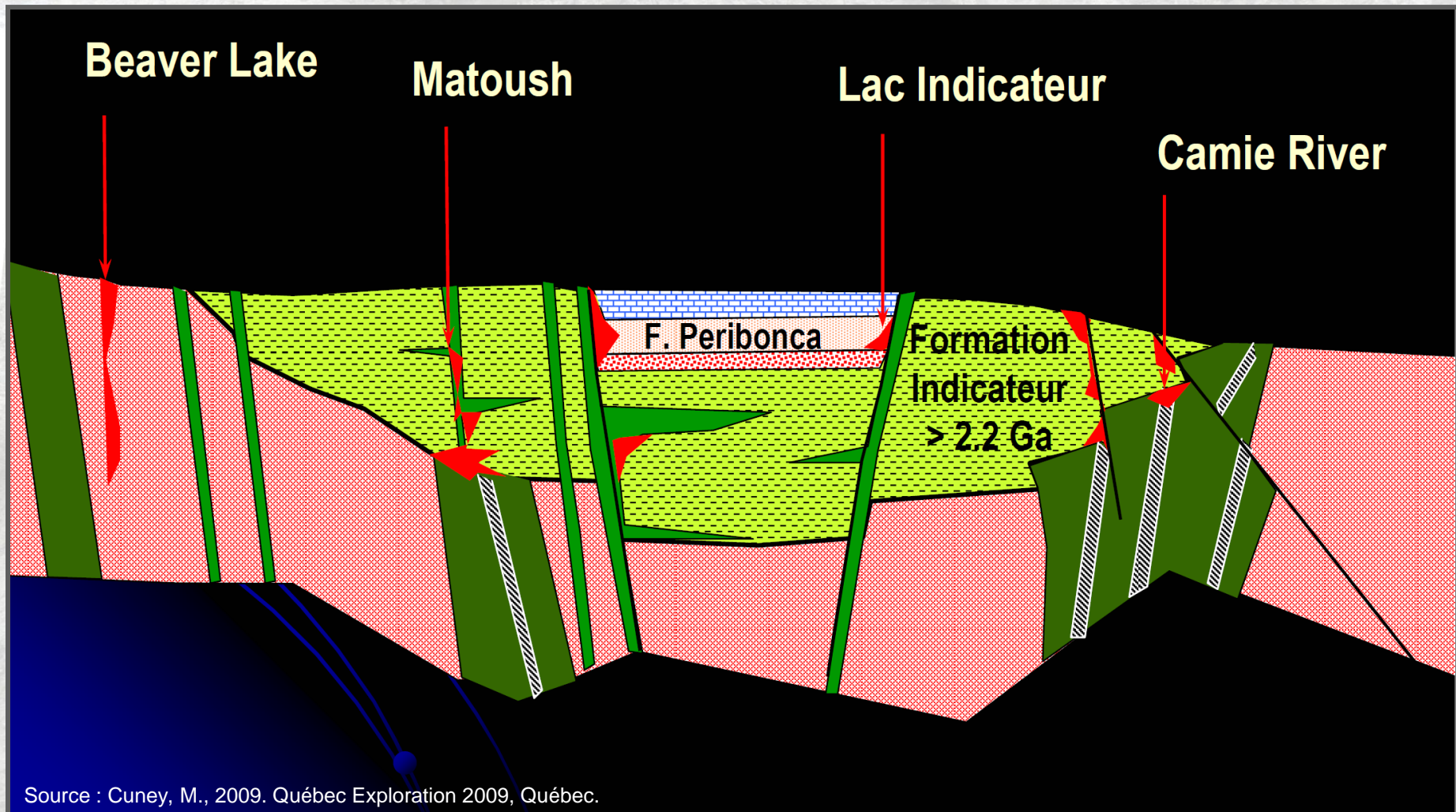


# ENVIRONNEMENT GÉOLOGIQUE DANS LEQUEL ON PEUT RETROUVER DE L'URANIUM

- Discordances
- Pegmatites
- Placers uranifères
- Grès
- Granitoïdes
- Roches volcaniques
- Filons d'uranium dans les cisaillements
- Olympic Dam

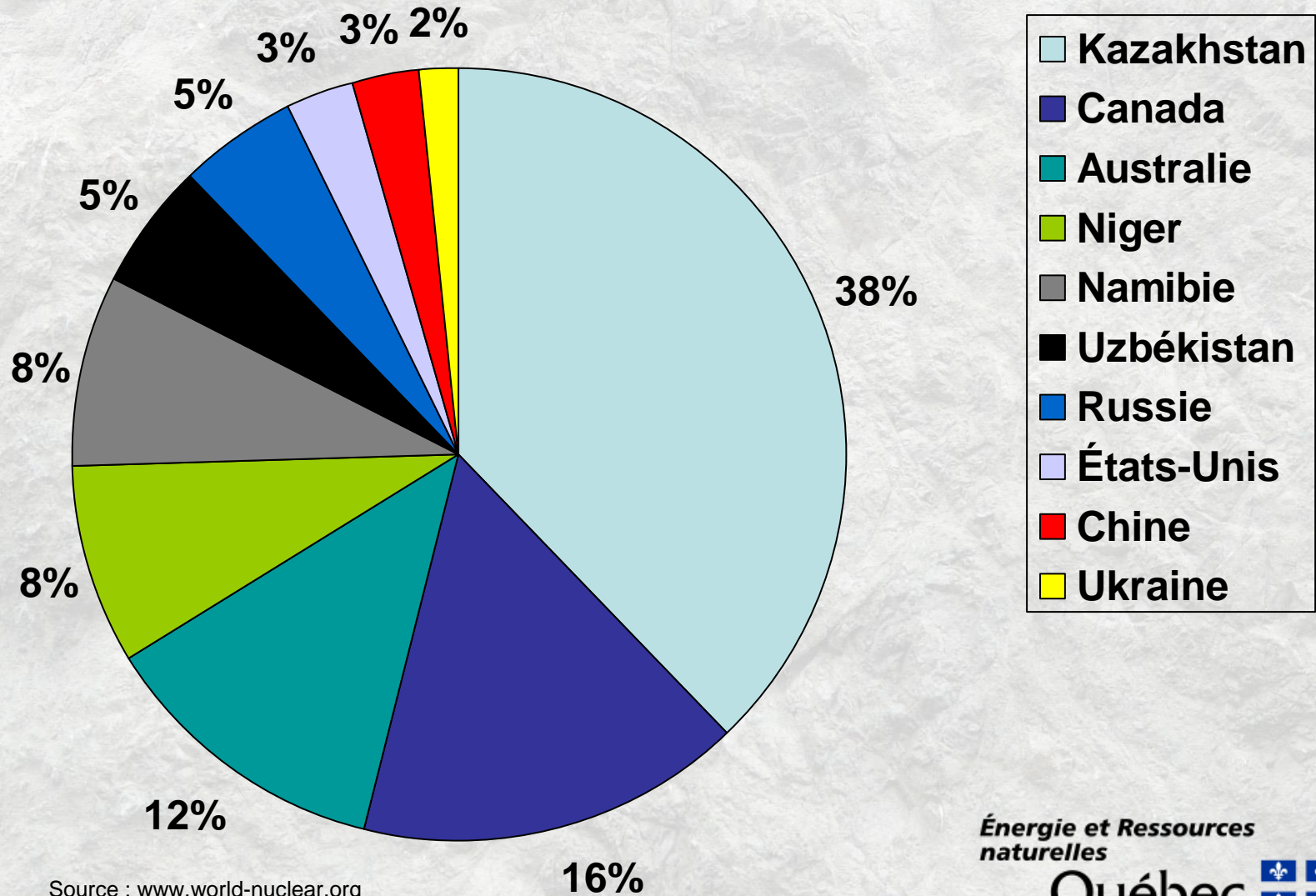


# GÎTES D'URANIUM ASSOCIÉS À DES ROCHES SÉDIMENTAIRES





# PRODUCTION MONDIALE D'URANIUM EN 2012



Source : [www.world-nuclear.org](http://www.world-nuclear.org)

Énergie et Ressources  
naturelles

Québec