

Mise à jour et correction (2014-05-16)

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 ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs du Québec et du ministère des Ressources naturelles du Québec

Auteurs (dans l'ordre alphabétique) :

Georges Beaudoin, Géo., Ph.D. (géologie et génie géologique), Université Laval

Kristina Maud Bergeron, Ph.D., Chaire en entrepreneuriat minier UQAT-UQAM, UQAM

Michel Jébrak, Géo., D.Sc. (sciences de la Terre et de l'atmosphère), UQAM

Julia King, M.Sc. (géologie et génie géologique), Université Laval

Dominic Larivière, Ph.D. (chimie), Université Laval

Annie Michaud, M.Sc. (chimie), Université Laval

Pierre-Alain Wülser, Ph.D. (sciences de la Terre et de l'atmosphère), UQAM

Date : 10 avril 2014



UNIVERSITÉ
LAVAL

UQÀM

RÉSUMÉ

L'uranium est un métal radioactif présent en faible concentration dans les roches, l'eau, les sols et les organismes. L'uranium naturel comporte trois isotopes : ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U . Le noyau atomique de chaque isotope d'uranium se transforme selon une chaîne de désintégration composée d'éléments qui possèdent des périodes radioactives fixes, représentées par leur demi-vie. La désintégration nucléaire de l'uranium libère de l'énergie sous la forme de rayonnement ionisant alpha, bêta ou gamma. Chaque type de rayonnement possède une énergie qui varie selon le réarrangement nucléaire qui lui est associé.

L'uranium est exploité dans 22 pays en tant que substance principale ou en coproduit de l'exploitation d'autres substances, dont le phosphore ou les terres rares. Il est obtenu par lixiviation *in situ*, ou extrait de mines souterraines ou à ciel ouvert. L'uranium est utilisé pour produire des isotopes radioactifs utiles dans plusieurs secteurs de la médecine et de l'agroalimentaire. Sa principale utilisation civile est la production d'énergie électrique (représentant 12 % de la production mondiale d'électricité). Il y a 440 centrales électriques qui utilisent l'énergie nucléaire dans le monde, et elles consomment environ 64 000 tonnes d'uranium par année. Le prix de l'uranium est déterminé par l'offre et la demande. La demande mondiale est en croissance, ce qui explique les prix élevés actuels. Plusieurs projets miniers en développement dans le monde possèdent des ressources en uranium suffisantes pour répondre à la demande anticipée à moyen terme.

Le potentiel uranifère du Québec est élevé. Le contexte géologique permet d'anticiper la présence de minéralisations uranifères dans les grès, semblables à celles du Colorado et de la Saskatchewan, dans les conglomérats, et dans des roches magmatiques et métamorphiques, telles celles de la Namibie. Au Québec, les ressources uranifères sont estimées à 192 000 tonnes d'uranium dont 83 % sont associées à des roches magmatiques à faible teneur. Environ 5 % des ressources en uranium se trouvent dans les grès du bassin sédimentaire des monts Otish, au nord de Chibougamau.

Au Québec, l'exploration, l'exploitation et la restauration des sites miniers sont encadrés par la Loi sur les mines et par la Loi sur la qualité de l'environnement (LQE). Entre autres, tous les projets d'ouverture et d'exploitation d'une mine d'uranium ou tous les projets de construction d'une usine de traitement d'uranium sont assujettis à une procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement en vertu de la LQE. De plus, tous les projets qui impliquent un seuil de radioactivité doivent être autorisés par la Commission canadienne de sûreté nucléaire et sont assujettis à la Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires et la Loi canadienne sur l'évaluation environnementale.

La dose annuelle de radiation reçue par un organisme s'exprime en sievert (Sv). Tout dépendant de leur position géographique, les humains reçoivent une dose annuelle d'environ 3,5 millisievert (mSv). De ce nombre, environ 2 mSv sont issus de la radioactivité naturelle (provenant de l'uranium, du thorium, du potassium et d'autres éléments radioactifs présents dans l'environnement), et 1,5 mSv sont d'origine anthropique et principalement associés à des applications médicales. Le Canada autorise une dose additionnelle de 1,0 mSv par année pour la population exposée au rayonnement issu d'installations nucléaires, ce qui inclut l'exploration et l'exploitation des mines contenant de l'uranium.

La toxicité chimique de l'uranium est identique pour chacun de ses isotopes, contrairement à sa toxicité radiologique, qui varie d'un isotope à l'autre. L'uranium est faiblement radioactif, de sorte que son impact

5.3.1 LA PROVINCE DE CHURCHILL ET LA CEINTURE DU LABRADOR

Ces zones contiennent trois types de minéralisations :

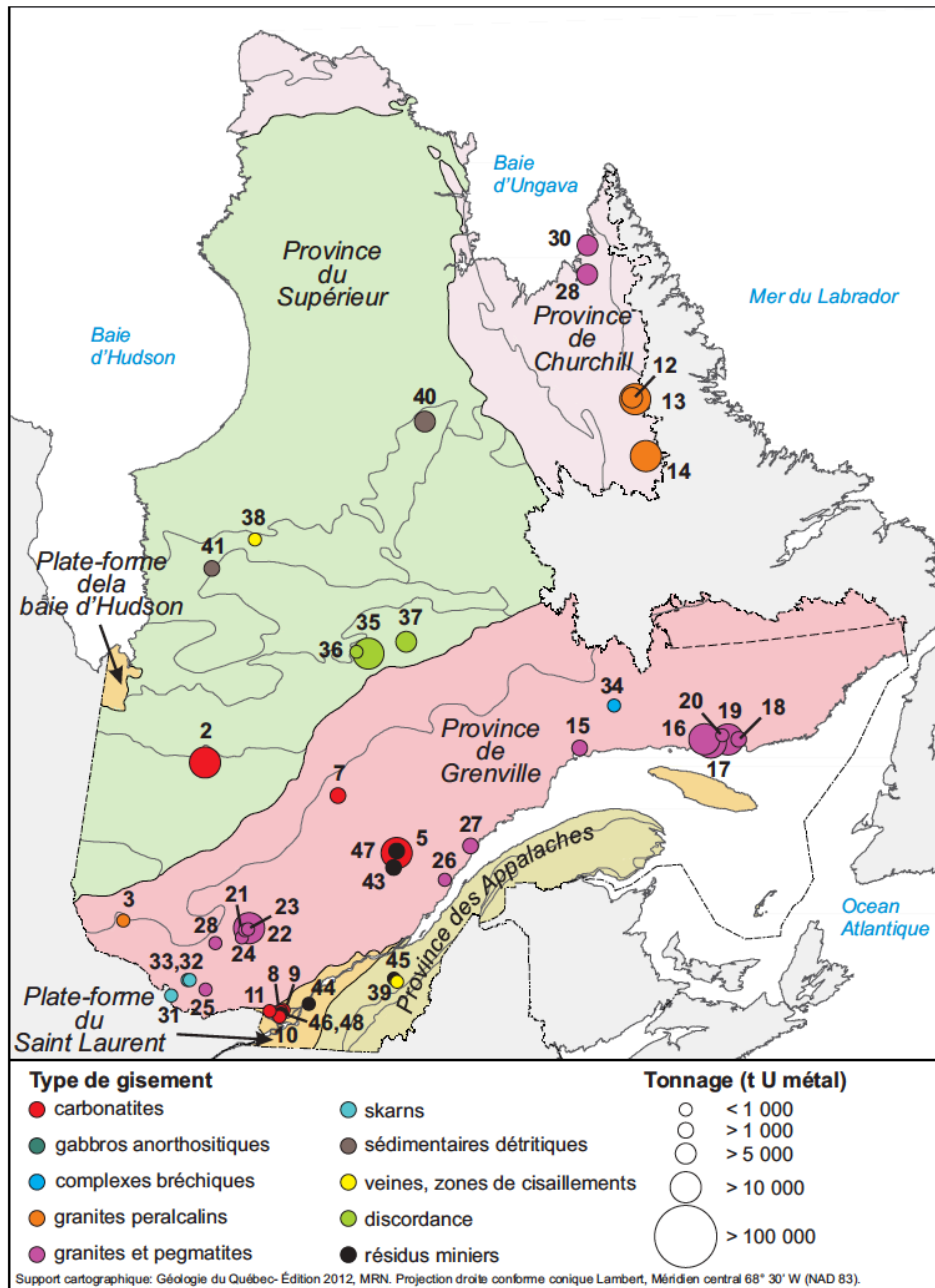
- Il existe des gisements de métaux rares (terres rares, zirconium, yttrium, béryllium, niobium, tantale) et d'uranium associé dans des granites hyperalcalins : 42 509 t d'U sont réparties dans trois gisements situés dans l'est de la province dans le batholithe de Mistasin (1,2 Ga), (Misery Lake, Strange Lake B Zone et Main Zone). Le potentiel minéral en uranium y est vaste.
- Le centre nord de la province (ou Zone noyau) contient des roches métasédimentaires de l'orogène des Torngat (Groupe de Lake Harbour). Cette zone mise en évidence par une anomalie importante d'uranium dans les sédiments de fond de lac a fait l'objet de récentes découvertes. Bien que l'existence de ressources n'ait pas été démontrée, les travaux réalisés entre 2006 et 2010 ont permis de découvrir des centaines de nouveaux indices dont quelques-uns particulièrement importants, avec des ressources que l'on peut estimer à plus de 6000 t d'U. Celles-ci sont situées dans des pegmatites granitiques et dans les métasédiments adjacents associés.

Le socle archéen (< 2,5 Ga) de cette région a été touché par les épisodes de déformation et de métamorphisme de l'orogénèse trans-hudsonienne (~ 1,85 à 1,75 Ga). Durant cet intervalle, l'érosion du socle a conduit à la formation de bassins volcanosédimentaires, d'âge paléoprotérozoïque (~ 2,1 à 1,85 Ga), qui ont pu concentrer l'uranium provenant de l'érosion des granites du socle. Les sédiments contenus dans ces bassins ont partiellement fondu lors des dernières orogènes. Cela a généré des magmas granitiques qui ont reconcentré l'uranium au sein de pegmatites. Il y a donc un très bon potentiel supplémentaire pour des concentrations de type Rössing dans cette région. La base et l'enracinement structural des anciens bassins protérozoïques dans le socle plus ancien peut aussi avoir conduit à la formation de gisements de type discordance (bassin d'Athabasca, Saskatchewan) qui pourraient être partiellement préservés (type Kintyre, Australie-Occidentale).

5.3.2 LA PROVINCE DE GRENVILLE

Cette province contient le plus grand nombre d'indices d'uranium au Québec. Cette situation est le résultat de son accessibilité et de sa position géographique le long de l'estuaire du Saint-Laurent. L'exploration de cette région a été intense entre 1950 et 1970. De ce fait, il existe de nombreux gisements, souvent de petite taille, qui ont été partiellement travaillés. L'inventaire réalisé a permis de répertorier plusieurs catégories de gisements :

- Des pegmatites et des granites pegmatitiques dans les métasédiments du Grenville (bassins de Mont-Laurier et de Wakeham). Au total, 81 434 t d'U réparties dans 12 gites à teneur faible ou très faible ont été recensées. Ces gisements sont de type Rössing), mais ont un potentiel de très fort tonnage. Dans le secteur du bassin de Wakeham (Baie-Johan-Beetz, Côte-Nord), les teneurs des minéralisations se situent entre 100 et 212 g/t d'U. Le secteur du bassin de Mont-Laurier contient des ressources à plus forte teneur (424 à 840 g/t d'U), mais les tonnages connus sont faibles.
- Des minéralisations dans des systèmes bréchiques à magnétite, à fluorine et à allanite liés de près à l'intrusion de granites riches en fluor (IOCG) à Kwyjibo (> 348 t d'U selon les estimations). Ce type de minéralisation est connu et présente des concentrations économiques ailleurs dans le Grenville (gisements de Michelin, 69,3 Mt à 763 g/t d'U, 52 924 t d'U au Labrador, et gisement de Bancroft en Ontario). Des



2 : Montviel, 3 : Kipawa (Zeus, Lac Sheffield-2), 5 : Niobec, Nb Mine, 7 : Crevier, 8 : Manoka (Oka), 9 : Oka, (Zone Bond, Wayfair), 10 : St-Lawrence Columbian Mine (SLC), 11 : St-André-2, 12 : Strange Lake B Zone, 13 : Strange Lake Main Zone (lac Brisson), 14 : Misery Lake, 15 : Lac Kachiwiss, 16 : North Shore / Turgeon, 17 : Baie Quetachou, 18 : Doran (Lacana), 19 : Johann Beetz (Drucourt Est), 20 : Lac Caron, 21 : Tom Dick (Zone Nord 1), 22 : Nova (ou Renard ou Allied (1-3), 23 : Mekoos (ou Bear, 3-3D), 24 : Lac Hanson, 25 : Lac Indien, Bain, 26 : Lac Fafard, 27 : Anomalie C11r4, 28 : Capri-2, 29 : Secteur North Rae, 30 : Secteur Cage, 31 : Grand Calumet / Calumet Contact N°3, 32 : Zone Matte, 33 : Zone de Camp, 34 : Kwijibo, 35 : Matoush, 36 : Lac Beaver / Zoran, 37 : Lavoie / Indice L, 38 : Ganiq, 39 : Harvey Hill Cu mine, 40 : Dieter Lake / Lac Gayot, 41 : Apple, 43 : Boues Rouges Usine Vaudreuil - Jonquière, 44 : Phosphogypses, Varennes, 45 : Harvey Hill, résidus, 46 : Mine SLC, résidus, 47 : Mine Niobec, scories, 48 : Mine SLC, scories. Les indices uranifères sans estimation possible de ressources ne sont pas indiqués.

Figure 5.5 : Localisation des ressources d'uranium au Québec (Tableau 5.2).

5.6 POTENTIEL DE PRODUCTION D'URANIUM DU QUÉBEC

Le potentiel de production du Québec peut provenir de trois sources différentes :

1. Ressources primaires où l'uranium est la substance principale;
2. Ressources primaires où l'uranium est un coproduit contribuant à la valeur du minerai;
3. Résidus miniers ou métallurgiques disponibles par retraitement (Annexe 2).

Nous avons compilé l'information minérale disponible dans le domaine public et un recoupement avec les données de l'AIEA et du MRN. L'AIEA répertorie 17 gisements québécois dans sa base de données UDEPO (ressources de 94 400 à 205 000 t d'U). L'information est lacunaire et contient des erreurs comme des doublets. Les données du MRN sont différentes et lacunaires également. L'information sur les ressources où l'uranium est un coproduit est tirée de données publiques. L'inventaire présenté ici comprend donc pour la première fois toutes ces ressources primaires (substance principale, coproduit) ainsi que les et résidus miniers et métallurgiques.

Notre estimation des ressources québécoises en uranium est de 200,000 t (tableaux 5.2 et 5.4). Les ressources à teneur moyenne dans des gites de type discordance (similaires à ceux de la Saskatchewan), les plus susceptibles d'être exploitées à court terme, ne représentent que 16,113 t U, dont l'essentiel se trouve dans le gisement de Matoush, dans les monts Otish. Il faut en outre relever quelques points importants sur les types de minéralisations rencontrées :

- Les gisements à très forte teneur présents ailleurs au Canada représentent des exceptions, et leur exploitation reste limitée;
- Sur les 192,050 t d'U des ressources, 158,613 t sont d'origine magmatique intrusive, ce qui représente **83 % de la ressource totale** d'uranium recensée (tableau 5.2);
- Sur les 158,613 t d'U d'origine magmatique, 71,179 t sont présentes comme coproduit valorisable à partir des vastes ressources québécoises en terres rares, en niobium, en tantale et en autres métaux rares. Cela représente **45 % de la ressource totale** d'uranium recensée;
- Mis à part les deux gisements du bassin d'Otish (Matoush et Lavoie), les gisements possèdent une faible concentration d'uranium (< 0,3 % d'U), voire une très faible concentration (< 0,03 % d'U).

Tableau 5.2 : Inventaire des ressources minérales en uranium du Québec (2013).

N° du dépôt	N° MRN	Nom du gisement / site	Compagnie minière	Type de gîte	Tonnage (10 ⁶ t)	U (g/t)	U (t)	Total %
Gisements de moyenne teneur (0,1 à 1,0 % U)								
35	32P16-1001	Matoush	Strateco Resources Inc.	Discordance	2.27	4871	11 067	5.76
37	23D02-1001	Lavoie / Indice L	AREVA Resources Canada	Discordance	1.14	4444	5066	2.64
Gisements de faible teneur (0,03 à 0,1 % U)								
36	32P16-0001	Lac Beaver / Zoran		Discordance	0.15	933	135	0.07
22	31J14-0005	Nova (ou Renard ou Allied (1-3)	Nova Uranium Corp.	Alaskite/pegmatite	31.8	840	26 712	13.91
30		Secteur Cage	AREVA Resources Canada	Pegmatite/métasomatite	5	800	4000	2.08
31	31F15-0026	Grand Calumet / Calumet Contact N°3	Globex Mining Enterp. Inc.	Skarn	1	678	678	0.35
32	31F15-0014	Zone Matte		Skarn	0.18	661	120	0.06
24	31J14-0013	Lac Hanson	Nova Uranium Corp.	Alaskite/pegmatite	0.54	636	346	0.18
23	31J14-0004	Mekoos (ou Bear, 3-3D)	Nova Uranium Corp.	Alaskite/pegmatite	0.52	539	283	0.15
29		Secteur North Rae	Azimut Exploration Inc.	Pegmatite/métasomatite	4	500	2000	1.04
40	23M15-0001	Dieter Lake / Lac Gayot	Denison Mines Inc.	Paléoplacer	19.31	487	9405	4.90
33	31F15-0013	Zone de Camp		Skarn	0.17	475	79	0.04
41	33F02-0004	Apple	Strateco Resources Inc.	Paléoplacer	8.5	458	3891	2.03
38	33G13-0010	Ganiq	Midland Exploration Inc.	Veine, z. de cisaillement	0.27	435	115	0.06
28		Capri-2	Starfire Minerals Inc.	Pegmatite/métasomatite	1	424	424	0.22
26	22C04-0002	Lac Fafard		Pegmatite	0.09	395	37	0.02
27	22C11-0001	Anomalie C11r4		Pegmatite	3.56	300	1068	0.56
Gisements de très faible teneur (<0,03 % U)								
21	31J14-0001	Tom Dick (Zone Nord 1)	Nova Uranium Corp.	Alaskite/pegmatite	0.27	229	62	0.02
17	12L07-0008	Baie Quetachou	Uracan Resources Ltd.	Alaskite/pegmatite	93.45	212	19 811	6.29
18	12L08-0003	Doran (Lacana)	Entourage Mining Ltd.	Alaskite/pegmatite	10.89	211	2298	0.73
25	31F09-0008	Lac Indien, Bain		Pegmatite	0.13	178	23	0.01
15	22J08-0001	Lac Kachiwiss	Rio Tinto plc (Hathor Expl.)	Alaskite/pegmatite	16.6	136	2258	0.72
19	12L08-0005	Johann Beetz (Drucourt Est)	Gimus Resources Inc.	Alaskite/pegmatite	100	110	11000	3.49
16	12L07-0003	Côte-Nord / Turgeon	Uracan Resources Ltd	Alaskite/pegmatite	162.15	104	16912	5.37
20	12L08-0001	Lac Caron		Alaskite/pegmatite	2	100	200	0.06
							117990	37.48
Gisements comportant de l'uranium comme coproduit potentiel								
34		Kwajibo (Josette)	SOQUEM Inc.	Complexe bréchique	0.8	435	348	0.11
8	31G-09-0017	Manoka (Oka)		Complexe alcalin	0.2	175	35	0.01
13	24A08-0001	Strange Lake Main Zone (Lac Brisson)	Quest Rare Minerals Ltd.	Granite hyperalcalin	54	146	7884	2.50
39	21L-06-0021	Harvey Hill Cu Mine		Veine, z. de cisaillement	0.45	100	45	0.01
3	31L15-0015	Kipawa (Zeus, Lac Sheffield-2)	Matamec Explorations Inc.	Complexe alcalin	16.314	62	1011	0.32
2	32F15-0004	Montviel	GéoMégA Resources Ltd	Complexe alcalin	250.6	52	13031	4.14
12		Strange Lake B Zone	Quest Rare Minerals Ltd.	Granite hyperalcalin	492.5	50	24625	7.82
14		Misery Lake	Quest Rare Minerals Ltd.	Granite hyperalcalin	200	50	10000	3.18
7	32H07-0001	Crevier	MDN Inc.	Complexe alcalin	40.792	39	1591	0.51
9	31G-09-0014	Oka, (Zone Bond, Wayfair)	Niocan Inc.	Complexe alcalin	13.85	29	402	0.13
11	31G/09-0021	St-André-2		Complexe alcalin	20	20	400	0.13
10	31G-08-0003	St-Lawrence Colombium Mine (SLC)	Ressources min. Augyva Inc.	Complexe alcalin	16.69	16.9	282	0.09
5	22D-11-0012	Niobec, Nb Mine	IAMGOLD Corp.	Complexe alcalin	794.51	15	11918	3.79
							71572	22.74
Résidus miniers et métallurgiques								
46	31G-08-0003	Mine SLC, scories	Ressources min. Augyva Inc.	Scories de ferriobionium	0.065	815	53	0.02
47	22D-11-0012	Mine Niobec, scories	IAMGOLD Corp.	Scories de ferriobionium	0.3	482	145	0.05
44		Phosphogypses, Varennes	Rhodia Canada Inc.	Résidu de phosphates	2	300	600	0.19
45	21L-06-0021	Harvey Hill, résidus		Résidu minier	0.3	100	30	0.01
43		Boues Rouges, Jonquière	Rio Tinto ALCAN	Résidu de bauxites	50	30	1500	0.48
48	31G-08-0003	Mine SLC, résidus	Ressources min. Augyva Inc.	Résidu minier	6.156	26	160	0.05
							2488	0.79
Fiabilité :		Ni43-101, ou fiabilité élevée	Moyenne	Faible				
							192050	
Estimations faites à partir des données minières publiques, des publications scientifiques et des données minéralogiques ; toutes les valeurs sont exprimées en uranium métal (et non en oxyde U ₃ O ₈).								

5.7 LA POSITION QUÉBÉCOISE SUR LE PLAN MONDIAL

Il ressort de notre inventaire que le Québec dispose de ressources en uranium significatives sur le plan mondial. Le tableau 5.3 montre que ces ressources sont surtout constituées de gites intrusifs, puis de gites associés aux discordances et aux conglomérats. Ces deux dernières familles de gisements sont exploitées depuis longtemps au Canada. Le tableau 5.4 montre que l'on connaît au Québec des gites à faible et à moyenne teneur. Au Canada, les gisements à forte teneur n'ont été découverts qu'en profondeur et à l'issue de campagnes d'exploration de grande envergure. Compte tenu des environnements géologiques du Québec, il y existe un potentiel pour des gisements comparables.

Tableau 5.3 : Typologie des gisements mondiaux et canadiens, et comparaison avec le Québec.

Type de gisement	Production 2007 (t U)	N ^{bre} gisements Monde AIEA	Ressources mondiales AIEA (t U)	N ^{bre} gisements Canada AIEA	Ressources Canada AIEA (t U)	N ^{bre} gisements Québec (cet inventaire)	Ressources Québec 2013 (t U)
Gisements dans des grès	14 600	575	3 993 419	7	17 286		
Gisements liés à des discordances protérozoïques	14 100	85	1 255 382	57	757 880	3	16,268
Gisements liés à des complexes bréchiques	3 400	16	2 309 497	2	5 570	1	348
Gisements volcaniques	3 200	114	555 385	9	53 274		
Gisements intrusifs	2 600	78	1 094 545	23	62 681	27	158,613
Gisements métasomatiques	1 150	54	952 437	1	680	3	877
Type filonien ou inconnu	830	277	1 145 212	14		2	160
Gisements liés à des conglomérats à galets de quartz	540	61	1 071 822	21	434 732	2	13,296
Gisements superficiels	300	62	382 809	0			
Gisements en remplissage de cheminées bréchiques	0	17	16 460	0			
Gisements associés aux phosphates	0	40	12 898 130	0			
Gisements associés aux lignites et aux charbons	0	24	314 648	0			
Gisements dans les schistes noirs /argiles	0	42	1 199 086	1	9 385		
Total	40 720	1445	27 188 842	135	1 408 752	38	189,562

Sources: AIEA (2), 2014; la base de données SIGÉOM, 2014.

Tableau 5.4 : Nombre de gisements recensés dans le monde ayant des réserves prouvées d'uranium, en fonction de la teneur et du tonnage d'uranium. Aux fins de comparaison, le nombre de gites au Québec avec des ressources uranifères est indiqué entre parenthèses. Il est à noter que les gisements à teneur moyenne à forte (> 0,1 %) sont peu nombreux dans l'état des travaux d'exploration actuels.

Réserves d'uranium (t d'U)					
	< 1000	1000 - 10 000	10 000 - 100 000	>100 000	Total
< 0,03 % d'U	12 (8)	65 (5)	32 (7)	6	115 (20)
0,03 - 0,10 % d'U	39 (10)	96 (5)	31 (1)	6	172 (16)
0,10 - 1,00 % d'U	139	282 (1)	89 (1)	7	517 (2)
1,00 - 5,00 % d'U	8	13	10	0	31
>5,00 % d'U	0	1	0	2	3
Total	198 (18)	457 (11)	162 (9)	21	838 (38)

Sources : AIEA (3), 2009; AIEA (2), 2014.