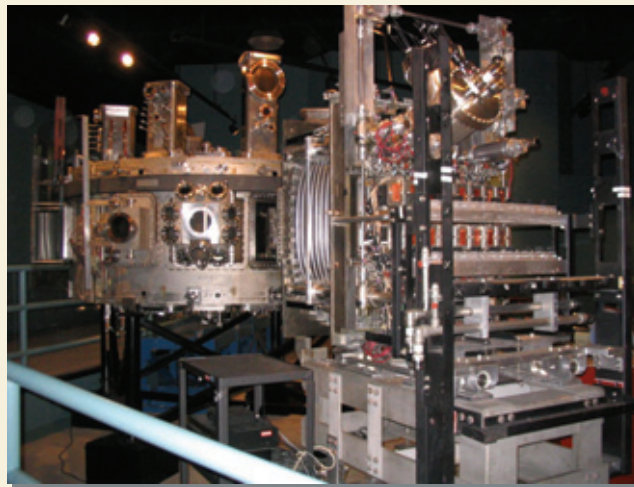


À L'HEURE DES CHOIX ÉNERGÉTIQUES

Filière énergétique : **NUCLÉAIRE**

Avantages et inconvénients
dans une perspective
de développement durable



Feuillet d'information à l'intention des jeunes
et du personnel de l'éducation

Une réalisation :



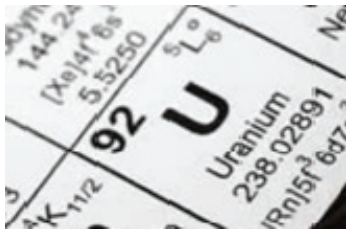
En collaboration avec :



Qu'est-ce que la radioactivité ?

La radioactivité provient de certains minéraux qui émettent des particules que l'on qualifie de radioactives. Par exemple, l'uranium présent dans le sous-sol est généralement mélangé à d'autres éléments (roches, calcaires, etc.), et le minerai extrait émet peu de particules radioactives naturellement. Cependant, lorsque l'on purifie le minerai pour en isoler les isotopes de l'uranium (symboles ^{234}U , ^{235}U et ^{238}U) présents en petites quantités, ces isotopes émettent beaucoup plus de particules radioactives¹. Dans le minerai extrait et purifié, l'uranium 238 (^{238}U) représente 99 % de l'uranium extrait, alors que l'uranium 234 (^{234}U) et l'uranium 235 (^{235}U) s'y trouvent en très petites quantités.

Le phénomène de la radioactivité a été mis en évidence par les travaux du scientifique français Henri Becquerel. Puis, les travaux de deux autres scientifiques français, Pierre et Marie Curie, qui ont raffiné de la pechblende, ont permis



d'isoler un isotope du polonium (symbole ^{210}Po) et un isotope du radium (symbole ^{226}Ra), deux autres substances radioactives.

Ainsi, des composés radioactifs peuvent être obtenus en les extrayant du sous-sol et en les purifiant pour obtenir des composés radioactifs purifiés. On peut également obtenir des composés radioactifs lors du « bombardement » d'un isotope lourd radioactif par des neutrons, comme l'uranium 235, un processus qui brise l'atome et le décompose en d'autres atomes plus légers, généralement radioactifs à leur tour. Par exemple, le césium de numéro atomique 55 (symbole ^{55}Cs) peut être obtenu à partir de la purification de la

pollucite, alors que d'autres isotopes du césium (^{135}Cs ou ^{137}Cs), fortement radioactifs, sont obtenus par la fission de l'uranium 235.

Les composés radioactifs doivent être gérés avec grand soin, puisqu'ils peuvent engendrer des cancers chez l'humain si ces derniers sont exposés trop longtemps à la radioactivité ou encore polluer l'environnement dans lequel nous vivons. Avec le temps, les isotopes radioactifs perdent leur radioactivité, mais cela peut prendre des millions d'années pour plusieurs d'entre eux.

À quoi servent les composés radioactifs ?

Les composés radioactifs trouvent des applications nombreuses, diverses et bénéfiques dans la vie de tous les jours. Par exemple, dans le domaine médical, on utilise le radium pour le traitement de certains types de cancer et d'autres substances faiblement radioactives pour visualiser la circulation sanguine dans le corps des patients.

Par ailleurs, dans l'industrie, on utilise également des composés radioactifs pour la radiographie des soudures, pour citer ce cas d'usage industriel. Dans le domaine du transport, des navires utilisent des matériaux radioactifs dans des réacteurs nucléaires installés à bord pour assurer leur propulsion.

Mais les utilisations les plus importantes des matériaux radioactifs se trouvent dans la production d'électricité et, malheureusement, dans la production d'armes nucléaires (voir l'encadré à la page 4).

Qu'en est-il des composés radioactifs que l'on utilise pour la production d'électricité ?

On utilise principalement de l'uranium 235 pour la production d'électricité. L'électricité est obtenue par la chaleur produite lors de la fission de l'uranium 235 bombardé par des neutrons. Cette fission se réalise dans l'environnement contrôlé d'un réacteur nucléaire. On insère des tiges d'uranium (combustible) dans le cœur du réacteur ainsi que des barres de contrôle qui maîtrisent la réaction de fission. De plus, on fait circuler dans le cœur du réacteur un fluide qui extrait la chaleur issue de la fission, et cette chaleur alimente par la suite des turbines productrices d'électricité.

¹ L'uranium ^{238}U , élément chimique de numéro atomique 92 et de masse atomique 238, est l'isotope le plus stable de la famille des isotopes de l'uranium et a un atome qui possède 92 protons, 92 électrons et 146 neutrons (238-92). L'isotope ^{235}U (isotope 235 de l'uranium) est également un atome d'uranium qui possède 92 protons, 92 électrons, mais qui ne possède que 143 neutrons (235-92).

Les éléments chimiques peuvent avoir – ou non – un ou plusieurs isotopes (par exemple : ^{12}C ou ^{14}C pour les isotopes 12 et 14 de l'atome du carbone), l'atome du carbone possédant 6 protons et 6 électrons, mais avec 6 ou 8 neutrons selon qu'il s'agit de l'isotope 12 ou 14 du carbone.

Toutes les centrales nucléaires au Canada utilisent de l'uranium 238 naturel, non enrichi, et fonctionnent selon le principe CANDU développé au Canada². Les autres pays utilisent par contre de l'uranium 235 enrichi pour produire de l'électricité au moyen de procédés autres que le procédé CANDU. Au Canada, de nombreuses centrales nucléaires sont en activité, principalement en Ontario où l'électricité produite par des centrales nucléaires représente une part importante de l'électricité consommée dans cette province. En ce qui concerne le Québec, seule la centrale nucléaire de Gentilly-2 à Bécancour était en activité jusqu'à sa fermeture, en décembre 2012.

L'uranium utilisé à Gentilly-2 provenait de la Saskatchewan. Cette province a des réserves d'uranium de forte concentration. Elle assurait, en 2008, 21 % de la production mondiale, faisant du Canada le principal producteur d'uranium au monde, et autour de 80 % de cette production est destinée à l'exportation. Il existe cependant des projets de développement de mines d'uranium au Québec, notamment dans la région de Sept-Îles. L'augmentation des prix de l'uranium sur le marché et la forte demande rendent plus intéressantes la recherche et l'exploitation de l'uranium québécois pour les compagnies minières.

Mais un élément important mérite d'être précisé : aujourd'hui, toutes les centrales nucléaires en activité dans le monde, utilisées pour produire de l'électricité, sont basées sur la fission de l'atome d'uranium. C'est-à-dire qu'on obtient des atomes plus petits en projetant des neutrons sur les atomes d'uranium. Et ce processus génère beaucoup de chaleur, qui est ensuite utilisée pour produire de l'électricité.

La production d'électricité à partir de centrales nucléaires, au Canada et dans le monde

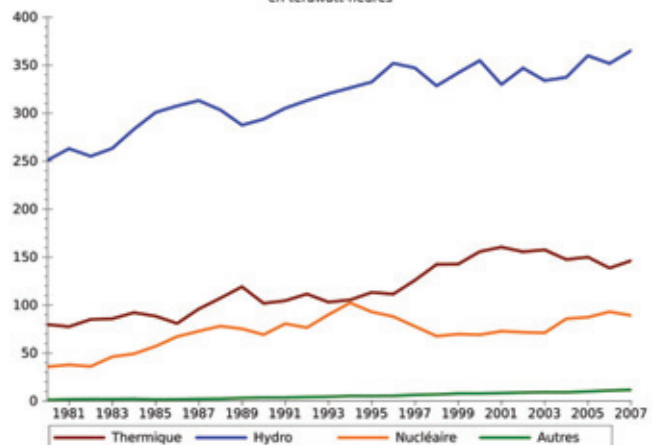
Comme nous l'avons démontré, un des principaux usages de l'uranium réside dans l'utilisation de ce combustible pour alimenter des centrales nucléaires qui produisent de l'électricité.

Sans l'électricité produite de cette façon par des centrales nucléaires, de nombreux pays devraient dépendre des importations de pétrole ou de gaz naturel en provenance d'autres pays pour produire l'électricité dont ils ont besoin. Ou encore, pour ne pas dépendre du pétrole ou du gaz naturel importé d'autres pays, ces pays devraient utiliser des combustibles beaucoup plus polluants, comme le charbon, pour répondre à leurs besoins en électricité.

Au Canada, pays qui dispose d'importantes réserves de pétrole, de gaz naturel et de nombreuses rivières, toutes ces formes d'énergie sont utilisées pour produire l'électricité que nous consommons. Donc, le Canada est beaucoup moins dépendant de l'énergie nucléaire pour produire l'électricité dont il a besoin, contrairement à d'autres pays. L'énergie nucléaire sert à produire 15 % de nos besoins en électricité au Canada, comme le montre le tableau suivant, malgré le fait que l'Ontario mise sur cette source d'énergie pour répondre à 50 % de ses besoins en électricité.

L'utilisation de l'énergie nucléaire pour produire de l'électricité, au Canada, diffère aujourd'hui d'une façon importante des projections établies par les spécialistes dans les années 1970. À cette époque, on prévoyait qu'au début des années 2000, 50 % de l'électricité produite au Canada serait d'origine nucléaire³. Cette projection ne s'est pas réalisée, pour des raisons que nous verrons plus loin.

Production d'électricité au Canada par source, 1980-2007
en terawatt-heures

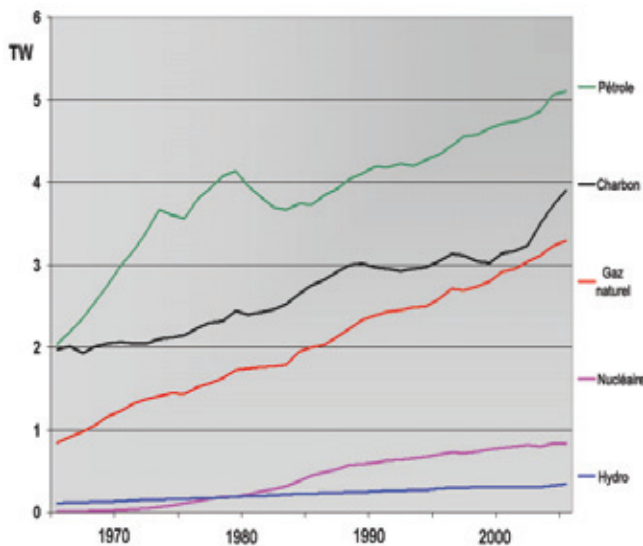


² Pour en savoir davantage sur le réacteur CANDU, voir l'extrait vidéo archives.radio-canada.ca/economie_affaires/energie/clips/1008/.

³ Voir le reportage vidéo archives.radio-canada.ca/economie_affaires/energie/clips/1009/.

Sur le plan mondial, les statistiques indiquent que l'énergie nucléaire est responsable de 14 % de l'énergie électrique produite dans l'ensemble des pays, le pétrole et le charbon étant les principales sources d'énergie utilisées pour produire de l'électricité. L'utilisation de l'énergie nucléaire, dans le monde, pour produire de l'électricité est sensiblement égale à la production d'électricité, par le nucléaire, au Canada.

Malgré un avenir prometteur qui était anticipé dans les années 1970 et la construction de nombreuses centrales nucléaires durant la période comprise entre 1970 et 1980, on constate que l'électricité produite par des réacteurs nucléaires demeure limitée et que sa proportion augmente faiblement depuis le début des années 1990. Ce phénomène est attribuable à l'arrêt de construction de nouvelles centrales nucléaires à la suite des catastrophes survenues dans les centrales nucléaires Three Mile Island (États-Unis) en 1979, Tchernobyl (Ukraine) en 1986 et Fukushima (Japon) en 2011.



Malgré les risques liés à l'opération de centrales nucléaires, il est important de noter que certains pays utilisent l'énergie nucléaire de façon considérable dans leur bilan de production d'électricité, notamment la France où l'énergie nucléaire représente 78 % de sa production d'électricité.

Les rejets des centrales nucléaires

L'uranium 235 utilisé au sein des réacteurs nucléaires n'est pas entièrement consommé lors de la fission de l'atome. Les réacteurs produisent donc de nombreux rejets : uranium 234, plutonium,

césium, tritium, etc., tous des éléments très radioactifs qui demeurent dangereux pendant des milliers et même des millions d'années. Le tableau suivant donne la période de radioactivité de certains composés radioactifs naturels ou issus de la fission nucléaire.

Ainsi, on peut identifier un des principaux facteurs soulevant l'inquiétude dans la population : les composés radioactifs issus de la fission nucléaire risquent de contaminer l'environnement et d'avoir des effets dangereux sur la population pendant des millions d'années s'ils ne sont pas entreposés dans des enceintes sécuritaires qui demeureront étanches pendant tout ce temps.

Pour l'instant, aucun pays n'a réussi à trouver des contenants et des lieux d'entreposage sécuritaires pour stocker les composés radioactifs jusqu'à ce qu'ils ne soient plus un risque pour l'environnement et pour l'être humain.

| Isotope | Période radioactive (années) |
|---------------|------------------------------|
| Césium 135 | 2×10^6 |
| Césium 137 | 30 |
| Uranium 234 | 245×10^3 |
| Uranium 235 | 704×10^6 |
| Uranium 238 | 4×10^9 |
| Thorium 232 | 14×10^9 |
| Tritium | 12 |
| Plutonium 239 | 24×10^3 |
| Plutonium 244 | 81×10^6 |

Les résidus radioactifs sont donc entreposés dans des piscines (remplies d'eau) pour refroidir le combustible usé et réduire les radiations qu'ils émettent. Cette solution temporaire est en place depuis 25 ans, mais le principal défi consistera à trouver des lieux d'entreposage sécuritaires, à long terme, si l'on souhaite que la population renouvelle sa confiance dans l'énergie électrique produite par des centrales nucléaires.

Par ailleurs, une autre avenue se présente pour résoudre ce problème : le combustible usé pourrait être « retraité », comme n'importe quel combustible nucléaire, par des installations sophistiquées, afin de le purifier des éléments indésirables issus

de la fission et d'en extraire de l'uranium 235 utilisable pour faire fonctionner, à nouveau, des réacteurs nucléaires.

Ainsi, au Canada, le combustible usé est entreposé en vue d'une utilisation future dans les réacteurs de prochaine génération actuellement en développement. Des scientifiques espèrent que les combustibles usagés des réacteurs CANDU (qui contiennent encore une forte concentration en combustible utile) pourront être réutilisés dans les futures générations de réacteurs.

Aujourd'hui cependant, aucune usine de retraitement des combustibles usés n'est en exploitation et les projets menés à ce jour ont tous amené la fermeture des usines de retraitement des combustibles usés, eu égard aux coûts importants reliés à de tels projets et aux technologies complexes que ce retraitement requiert.

Les risques liés à l'exploitation des centrales nucléaires

Même si l'uranium se trouve de façon assez diffuse dans la nature, on comprend que l'exploitation minière, en vue de trouver des réserves plus concentrées d'uranium, et l'exploitation de mines d'uranium posent des problèmes très semblables à ceux de la production d'énergie nucléaire : radioactivité de l'uranium, contamination de l'eau et des populations environnantes, gestion des déchets radioactifs, etc.

Mais les risques liés à l'extraction et à la purification des matières nucléaires sont faibles par rapport au plus important danger que constitue l'usage de réacteurs nucléaires à des fins de production d'électricité, soit le risque de fusion du réacteur qui peut survenir si le liquide servant à extraire la chaleur du cœur et à produire de

Qu'en est-il des composés radioactifs que l'on utilise pour la fabrication des armes nucléaires ?

Le développement du domaine nucléaire s'est considérablement accéléré durant la Seconde Guerre mondiale où la mise au point d'armes nucléaires a été fortement encouragée pour servir à des fins militaires. C'est ainsi qu'en 1945, les États-Unis avaient développé deux bombes atomiques, l'une fonctionnant à l'uranium 235 (^{235}U) et l'autre au plutonium 239 (^{239}Pu). Ces bombes ont respectivement été utilisées pour détruire les villes d'Hiroshima et de Nagasaki, au Japon, ce qui a mis fin au conflit existant entre les États-Unis et le Japon.

Par la suite, d'autres pays ont commencé la mise au point d'armes nucléaires. Il s'en est suivi un développement important de ce genre d'armes, de 1945 jusqu'en 1990, par des pays comme la Russie, la France, l'Angleterre, la Chine, etc. Aujourd'hui, on estime qu'environ dix pays ont développé des armes nucléaires à des fins militaires.

Contrairement aux composés radioactifs utilisés à des fins pacifiques dans des réacteurs nucléaires tels que ceux que l'on utilise pour la production d'électricité ou en médecine, ceux utilisés dans les armes nucléaires sont composés d'éléments radioactifs « enrichis » pour créer une réaction en chaîne, c'est-à-dire une réaction rapide qui crée une explosion.

Dans ce type de réaction nucléaire, les neutrons qui servent à fissionner la matière nucléaire ne sont pas « ralentis » et, lorsque la quantité de composés radioactifs est suffisante, une réaction non contrôlée (réaction en chaîne) se produit et libère en très peu de temps toute l'énergie contenue dans la matière radioactive. Cela crée une forte détonation et détruit toute matière qui se trouve à proximité du lieu où l'arme a été déclenchée.

Les composés radioactifs utilisés dans les armes nucléaires diffèrent grandement de ceux servant à des fins pacifiques, notamment pour la production d'électricité où la matière nucléaire est confinée dans le cœur du réacteur nucléaire. La réaction nucléaire est contrôlée en ralentissant les neutrons de façon à produire une réaction continue et non explosive, ce qui permet d'extraire la chaleur de la réaction pour produire de l'électricité.

Alors qu'à l'origine, les armes nucléaires étaient basées sur la fission du plutonium 239, armes qualifiées de bombes atomiques, d'autres recherches entreprises au début des années 1950 ont permis le développement de bombes nucléaires beaucoup plus puissantes, basées sur la fusion d'isotopes de l'hydrogène.

Plusieurs pays ont développé des arsenaux d'armes nucléaires qui pourraient détruire toute vie humaine sur la planète, et le risque de conflit nucléaire entre pays, quoique moins présent aujourd'hui, existe toujours.

l'électricité cesse d'y circuler. Dans ce cas, le cœur du réacteur n'est plus refroidi, les températures atteintes dans celui-ci deviennent extrêmes et tous les matériaux qui l'entourent fondent, ce qui fait en sorte que les composés radioactifs présents dans le cœur rejoignent les nappes d'eau souterraines et contaminent l'environnement pour des milliers et même des millions d'années.

Malgré de nombreux systèmes de sécurité destinés à prévenir un tel scénario, des événements se sont produits aux États-Unis, en Ukraine et, plus récemment, au Japon, le plus important incident s'étant produit en Ukraine en 1986. Lors de l'explosion du réacteur nucléaire de Tchernobyl, le cœur a fondu, un nuage radioactif a circulé autour de la planète et a affecté les habitants d'Europe de l'Ouest étant donné la circulation des vents en haute altitude.

Sur le plan local, les villes et villages situés près de la centrale de Tchernobyl ont été fermés, et la population relogée dans des villes plus éloignées, les terres aux abords de la centrale étant contaminées par la radioactivité pour des centaines d'années à venir. Le cheptel a été abattu, et la catastrophe de Tchernobyl est, à ce jour, l'incident le plus grave rapporté dans l'industrie nucléaire.

Ainsi, malgré toutes les précautions et tous les systèmes qui seront installés dans les centrales nucléaires pour prévenir la fusion du réacteur, le risque zéro n'existe pas, et il pourra toujours survenir un incident semblable à celui de Tchernobyl dans les centrales nucléaires en activité aujourd'hui.

L'énergie nucléaire au Québec : comment est-elle exploitée ? Par qui ?

Au Québec, la seule centrale nucléaire, opérée par Hydro-Québec, était localisée à Gentilly, près de Trois-Rivières. Les déchets radioactifs étaient gérés par le gouvernement fédéral ainsi que par la Commission canadienne de sûreté nucléaire, et l'eau qui servait à refroidir le cœur du réacteur provenait du fleuve Saint-Laurent.

La première centrale construite au Québec, Gentilly-1, a été un échec puisqu'elle n'a été en fonction que 180 jours. En ce qui concerne la centrale de Gentilly-2, les coûts de fonctionnement se sont révélés beaucoup plus importants

que prévu, si bien que l'électricité produite par cette centrale se vendait en dessous de ses coûts de production.

Quant au projet d'une troisième centrale nucléaire, Gentilly-3, il n'a jamais vu le jour malgré des annonces officielles faites en ce sens. Le gouvernement du Parti québécois, dirigé à l'époque par René Lévesque, avait décrété un moratoire sur la construction de nouvelles centrales nucléaires.

Malgré la fermeture de la centrale de Gentilly-2 au Québec (alors responsable de 3 % de la production totale d'électricité), les projets d'exploration et d'exploitation de mines d'uranium connaissent un véritable boum dans plusieurs régions du Québec. Selon la coalition Pour que le Québec ait meilleure mine !, les projets d'exploration se sont multipliés sur le territoire du Québec, passant de deux ou trois projets en 2004 à plus de 70 projets en 2008. Ces projets concernent principalement cinq régions de la province, soit l'Outaouais, les Hautes-Laurentides, la Côte-Nord, la Baie-James (les monts Otish) et le Nunavik.

Pour ce qui est du projet de mine d'uranium sur le territoire de la ville de Sept-Îles, en 2009, il a été bloqué par une mobilisation des citoyennes et citoyens ainsi que par celle des médecins. Cependant, d'autres projets ont vu le jour dans la région malgré l'abandon du projet dans la ville de Sept-Îles.

En février 2012, le ministre fédéral de l'Environnement, Peter Kent, autorisait l'exploration d'uranium du projet Matoush près de Mistassini. Cette annonce survient malgré l'opposition de la nation crie de Mistassini et à la suite d'un rapport controversé ayant appuyé le projet, tout en révélant plusieurs déficiences importantes. Or, selon le journal *La Presse*, le responsable fédéral de cette évaluation environnementale est aussi consultant pour l'industrie minière.

De là à accepter l'exploitation de mines d'uranium dans leur cour, c'est loin d'être évident pour les populations avoisinantes. Comme mentionné précédemment, plusieurs projets d'exploration émergent dans les différentes régions du Québec. Malgré l'arrêt du projet dans la région de Sept-Îles en 2009, on assiste à une multiplication des projets d'exploration. À la suite du débat

ayant eu cours à Sept-Îles, une demande de moratoire sur l'exploration et l'exploitation de l'uranium a été lancée en 2009. Déjà 300 municipalités ont appuyé cette demande de moratoire.

Débat sur l'énergie nucléaire : pourquoi en parle-t-on maintenant ? Quelle est la situation au Québec ?

Le débat sur les avantages, les dangers et les inconvénients de l'utilisation de l'énergie nucléaire à des fins non militaires fait rage depuis l'incident survenu à la centrale Three Miles Island, aux États-Unis en 1979. On retrouve donc deux groupes qui s'opposent sur le sujet et qui avancent des arguments en faveur ou en défaveur de l'utilisation de l'énergie nucléaire pour la production d'électricité.

Les applications civiles de l'énergie nucléaire sont controversées en raison :

- des risques d'accident nucléaire grave sur un réacteur nucléaire ou au cours du cycle de combustion ;
- de problèmes non résolus liés à l'entreposage à très long terme des déchets radioactifs, notamment en ce qui concerne le financement des sites où seront entreposés les déchets nucléaires ;
- du risque de prolifération nucléaire, soit la production d'armes à usage militaire par des pays moins pacifiques qui utilisent, pour ce faire, les rejets radioactifs de la fission nucléaire ;
- du risque de terrorisme nucléaire par le détournement de matière radioactive pour l'utiliser comme agent toxique, pour fabriquer une bombe radiologique ou par l'attaque directe d'un réacteur ;
- du coût économique de la filière de production de l'électricité à partir de réacteurs nucléaires, de l'extraction des minerais à la gestion des déchets et au démantèlement du réacteur à la fin de sa durée de vie utile ;
- de réserves mondiales en combustibles limitées, ces ressources exploitables dans les conditions économiques actuelles n'étant disponibles que pour les 60 prochaines années.

Cependant, les partisans de l'énergie nucléaire avancent d'autres arguments :

- les matières fissiles sont très répandues dans le monde, elles n'interviennent que de manière marginale dans le coût de l'énergie produite. De plus, si l'on accepte un coût supérieur pour produire l'uranium nécessaire aux centrales, les ressources potentielles (écorce terrestre, eau de mer) sont plus élevées que les ressources existantes pour les combustibles fossiles basés sur le carbone (charbon, gaz naturel, pétrole) ;
- la filière de génération IV permettant la surgénération ainsi que les filières utilisant le thorium, ou les centrales à fusion, si elles étaient mises au point, pourraient alimenter toute la planète durant plusieurs milliers d'années au rythme de consommation actuel ;
- les filières nucléaires produisent relativement peu de dioxyde de carbone (CO₂), qui est un gaz à effet de serre. Elles sont de ce fait incontournables si l'on veut lutter contre le réchauffement climatique, tandis que les énergies fossiles produisent beaucoup de CO₂ ;
- l'énergie nucléaire permet de réduire la dépendance des pays qui ont peu de ressources naturelles locales envers le pétrole acheté dans les pays du Golfe. Elle fait partie des outils permettant le développement d'une économie nationale relativement autonome et indépendante.

Ainsi, les risques et les coûts ne sont pas évalués de la même façon selon le point de vue des groupes relativement à l'utilité des applications nucléaires civiles, en particulier de la production d'électricité nucléaire, et de l'opportunité de mettre fin à l'utilisation de cette énergie à des fins de production d'électricité.

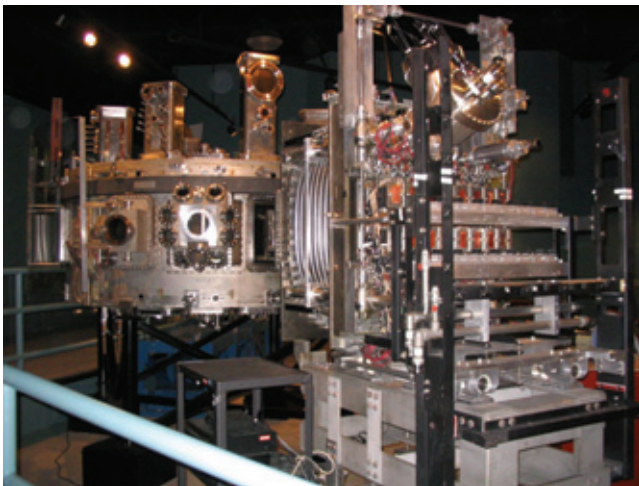
Les ratés du recours à l'énergie nucléaire en Ontario, où les centrales arrivent à la fin de leur vie utile et demandent des investissements importants pour en faire la réfection, et au Nouveau-Brunswick ont contribué à alimenter le scepticisme au Québec au sujet du recours à l'énergie nucléaire. La catastrophe de Fukushima, lors du tsunami au Japon en 2011, a provoqué un vaste mouvement de résistance à l'énergie

nucléaire. Les pays européens, dont la France et l'Allemagne, ont vu d'importants mouvements citoyens s'opposer au recours à l'énergie nucléaire.

On m'a parlé de la fusion nucléaire... Est-ce que cela pourrait être une forme différente d'utilisation de l'énergie nucléaire ?

La fusion nucléaire est utilisée, comme on l'a vu plus haut, pour la production de bombes dites nucléaires qui sont beaucoup plus puissantes et destructrices que les bombes atomiques mises au point au début du développement des armes nucléaires. Puisque la fusion des atomes libère beaucoup plus d'énergie que la fission des atomes, la question qui se pose de façon légitime est la suivante : est-ce que la fusion pourrait être utilisée pour produire de l'électricité, par exemple, au lieu des réacteurs à fission utilisés actuellement ? Est-ce que des réacteurs à fusion seraient plus sécuritaires que les réacteurs à fission ? On peut répondre oui à ces deux questions.

La fusion nucléaire, également appelée fusion thermonucléaire, fait l'objet de recherches intensives depuis plusieurs décennies. C'est la réaction qui se produit dans le Soleil et dans les étoiles, et l'énergie qui provient du Soleil sert à entretenir la vie sur la Terre, notamment. Si la fission est contrôlée depuis longtemps pour la production d'électricité, ce n'est pas le cas de la fusion.



Réacteur de recherche en fusion nucléaire tokamak de l'Institut de recherche d'Hydro-Québec (IREQ) à Varennes

La réaction de fusion nucléaire est difficile à réaliser, car il faut fusionner deux noyaux qui ont tendance naturellement à se repousser. Maîtriser sur terre la fusion de noyaux légers, tels que le deutérium et le tritium, ouvrirait la voie à des ressources en énergie quasiment illimitées.

Cet enjeu considérable a mené les communautés scientifiques internationales à lancer plusieurs projets d'envergure, et la fusion nucléaire, à des fins de production d'électricité, pourrait voir le jour d'ici les vingt prochaines années. Une centrale électrique à fusion produirait beaucoup plus d'énergie qu'une centrale à fission et ne générerait aucun résidu radioactif nocif pour l'humain et pour l'environnement, contrairement aux centrales à fission nucléaire comme que nous les connaissons aujourd'hui.

Quels sont les avantages et les inconvénients du développement de cette industrie au Québec sur le plan environnemental ?

Les avantages

La fission d'un kilogramme de combustible nucléaire produit autant de chaleur que 3 000 tonnes de charbon, tout en ne produisant pas de dioxyde de carbone (CO₂). Dans la lutte pour la réduction des gaz à effet de serre (GES), le recours à l'énergie nucléaire est présenté comme une alternative intéressante au charbon et au pétrole, et une source d'énergie moins polluante.

De plus, le territoire du Québec présentant peu de risques sur le plan sismique, la question de la sécurité des centrales nucléaires ne poserait pas de problème particulier étant donné la faible probabilité d'un tremblement de terre sur notre territoire.

Sur le plan de l'exploitation des mines contenant de l'uranium, le ministère des Ressources naturelles affirme que l'exploration de l'uranium sur la Côte-Nord a eu peu ou pas d'impact sur l'environnement. Le ministère avance que plusieurs règlements encadrent la sécurité d'une telle exploration et cite un règlement sur le transport des matières radioactives, rédigé par l'Agence internationale de l'énergie atomique, prévoyant que les carottes doivent être emballées pour le

transport selon des normes strictes. Par contre, le site du ministère fournit peu d'information sur la mise en exploitation d'éventuelles mines d'uranium.

Les inconvénients

L'exploitation d'une centrale nucléaire s'associe à l'exploitation de l'uranium qui est très dommageable pour l'environnement, du moins pour une longue période en ce qui concerne les déchets générés. Les changements climatiques en cours, les phénomènes météorologiques extrêmes et les risques sismiques accrus viennent modifier le contexte de ce côté, car même les régions réputées sécuritaires pour ce qui est des tremblements de terre ne sont plus autant à l'abri.

Par ailleurs, ce ne sont pas que des phénomènes naturels qui menacent les centrales nucléaires. Toutes sécuritaires qu'elles soient, ces centrales sont aussi vulnérables aux erreurs humaines.

Selon la Fondation David Suzuki, « tout avantage que la technologie nucléaire pourrait apporter, comme la diminution des polluants dans l'air, est largement contrebalancé par de graves problèmes environnementaux encore non résolus. En 2000, le Canada avait accumulé 35 000 tonnes de déchets nucléaires hautement radioactifs sans aucun endroit pour les entreposer. En raison de leur période radioactive de 25 000 ans, les déchets nucléaires demeurent dangereux pendant 25 000 ans, ce qui représente des coûts et des risques énormes pour les générations futures. »

Toujours selon la Fondation David Suzuki, « l'extraction de l'uranium requis pour l'énergie nucléaire exige des ressources énergétiques formidables, ce qui signifie que l'énergie nucléaire est, en fait, une source considérable d'émissions de gaz à effet de serre. De plus, les déversements, accidentels ou non, d'eau contaminée provenant de l'exploitation minière de l'uranium empoisonnent les pêcheries et menacent la santé de communautés locales. »

Le transport de l'uranium, que ce soit en phase d'exploration ou d'exploitation, pose aussi un problème. Une réglementation existe, mais est-elle à

l'abri d'une application insuffisante ou de simples erreurs humaines? D'ailleurs, au début de l'année 2011, un débat animé à l'Assemblée nationale du Québec a eu lieu au sujet de la décision d'Ottawa de permettre le transport de matières radioactives sur le fleuve Saint-Laurent.

De plus, soulignons le fait que 80 % de la production canadienne d'uranium est destinée à l'exportation. On peut donc dire que les risques qui sont pris ici, au Canada et au Québec, pour extraire ce minerai ne sont pas liés à nos propres besoins en énergie.

La coalition Pour que le Québec ait meilleure mine! s'associe à la demande de moratoire lancée en 2009 sur l'exploration et l'exploitation de l'énergie nucléaire. Voici ses motifs :

- les mines d'uranium génèrent d'importantes quantités de résidus miniers radioactifs dont les risques pour l'environnement et la santé des communautés sont permanents. À notre connaissance, il n'existe encore aucune méthode ni technologie éprouvées qui permettent d'éliminer ces risques à long terme ;
- l'uranium sert principalement aux centrales nucléaires et, dans une moindre mesure, à l'armement nucléaire. Dans les deux cas, la coalition estime que ces utilisations ne servent pas le bien commun. D'autres sources d'énergie beaucoup plus viables existent et sont accessibles. Elles doivent absolument être privilégiées avant le nucléaire ;
- les mines d'uranium ne sont pas nécessaires à la fabrication d'isotopes médicaux, contrairement à ce que certains laissent entendre ;
- au Canada, la Colombie-Britannique, la Nouvelle-Écosse et le territoire du Nunatsiavut ont déjà entériné la mise en place de moratoires sur l'exploration des mines d'uranium. Aux États-Unis, l'État de Virginie a également imposé un moratoire et a mis sur pied un comité d'étude qui dressera le portrait des risques de cette industrie pour son territoire et sa population.

Quels sont les avantages et les inconvénients du développement de cette industrie au Québec sur le plan économique ?

Les avantages

L'argument évoqué le plus souvent en appui au développement de l'énergie nucléaire tient aux impacts économiques majeurs d'un tel investissement, et à la création de nombreux emplois qualifiés et bien rémunérés, très souvent dans des régions aux prises avec l'exode des jeunes.

Les inconvénients

Tout comme le pétrole, le charbon et le gaz naturel, l'uranium est une ressource non renouvelable. Lorsque les gisements auront été exploités, les composés radioactifs ne pourront plus être utilisés, notamment pour la production d'électricité.

De plus, contrairement aux projections faites au début du développement de la filière nucléaire, l'énergie nucléaire s'avère très coûteuse à exploiter. Selon la Fondation David Suzuki, les prévisions budgétaires de la dernière centrale construite en Ontario étaient de 3,4 milliards de dollars. Or, lorsque celle-ci a été complétée au milieu des années 1980, la facture finale a atteint 15 milliards de dollars. Le coût de l'électricité produite pose aussi problème, les 20 derniers réacteurs construits aux États-Unis ayant coûté en moyenne 5 000 \$ par kilowatt de capacité alors que le dernier réacteur construit au Canada a coûté 4 000 \$ par kilowatt. En comparaison, le coût de revient des grandes fermes éoliennes et des centrales de production au gaz naturel est respectivement de 1 200 \$ et 1 000 \$ par kilowatt.

Quels sont les avantages et les inconvénients du développement de cette industrie au Québec sur le plan social ?

Les avantages

Sur le plan social, on constate que la radioactivité est présente partout. La radioactivité naturelle (de faible intensité) nous entoure tous les jours. De plus, la Terre est continuellement soumise à des particules provenant de l'espace. Bref, nous baignons depuis longtemps dans une faible radioactivité et dans des particules venues de l'espace, ce qui n'a pas empêché le genre humain de se développer et d'évoluer.

De plus, plusieurs technologies utilisant la radioactivité artificielle ont été mises au point au fil du temps et servent bien l'être humain. De nos jours, la principale source d'exposition aux rayonnements autres que la radioactivité naturelle provient de certaines technologies utilisées pour le diagnostic et le traitement de maladies, comme les examens radiologiques.

La radioactivité est aussi utilisée pour préserver et conserver les aliments, et trouve de nombreux usages dans l'industrie.

Les inconvénients

Un des premiers arguments pour limiter ou cesser le recours à l'énergie nucléaire concerne les incertitudes entourant la sécurité des centrales nucléaires. On évoque les erreurs humaines ou les défaillances des systèmes de sécurité qui se sont déjà produites dans des centrales nucléaires. On soulève aussi d'autres règles déficientes entourant la sécurité, dont le fait de permettre aux avions de survoler les centrales nucléaires.

Les conséquences de la radioactivité sur la santé des personnes travaillant dans une centrale nucléaire ou vivant à proximité d'une centrale figurent au rang des principaux effets nocifs du recours au nucléaire. On souligne notamment les risques accrus de cancer, surtout dans un contexte où la gestion des déchets d'uranium ne connaît aucune solution à long terme.

Recherche et rédaction : Jean-Marc Pelletier, MCN21

Références :

Relativement à l'énergie nucléaire

fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89nergie_nucl%C3%A9aire
 et
 www.ccnr.org/nuclear_primer_f.html

Relativement à l'uranium

fr.wikipedia.org/wiki/Uranium
 et
 www.cyberpresse.ca/le-nouvelliste/actualites/
 201104/13/01-4389291-gentilly-2-debut-des-audiences-
 de-la-csn.php?utm_categorieinterne=traficdrivers&utm_
 contenuinterne=cyberpresse_lire_aussi_4379306_
 article_POS5

Relativement à l'énergie nucléaire utilisée pour produire de l'électricité dans le monde

fr.wikipedia.org/wiki/Ressources_et_consommation_
 %C3%A9nerg%C3%A9tiques_mondiales

Relativement à l'énergie nucléaire utilisée pour produire de l'électricité au Canada

fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89nergie_au_Canada

Relativement au réacteur CANDU

fr.wikipedia.org/wiki/Candu

Relativement à la fusion nucléaire

fr.wikipedia.org/wiki/Fusion_nucl%C3%A9aire

Relativement au débat sur l'avenir de Gentilly 2

www.sortonsquebecnuclaire.org/index.php

Relativement à l'énergie nucléaire au Québec

www.ccnr.org/Nuke_Quebec_f.html

Relativement aux projets d'exploration d'uranium

www.quebecmeilleuremine.org/content/uranium-0
 et
 lapresseaffaires.cyberpresse.ca/economie/energie-
 et-ressources/201112/19/01-4479444-uranium-au-
 quebec-une-ruee-controversee.php
 et
 www.afriqueexpansion.com/le-blog-de-marie-claude-
 fafard/1005-quebec-le-dangereux-retour-de-lenergie-
 nucleaire-.html

Relativement aux gaz à effet de serre (GES)

septilessanuranium.wordpress.com/2011/03/14/
 la-desinformation-cest-ca/

Relativement aux risques sismiques

www.cyberpresse.ca/environnement/en-vrac/201103/
 14/01-4378945-seisme-et-accident-nucleaire-
 envisageables-au-quebec.php?utm_categorieinterne=
 traficdrivers&utm_contenuinterne=cyberpresse_lire_
 aussi_4379306_article_POS3

Relativement à l'exploration minière

www.mrnf.gouv.qc.ca/presse/dossiers/uranium.jsp#4

Relativement aux risques environnementaux

www.davidsuzuki.org/fr/champs-dintervention/
 changements-climatiques/enjeux-et-recherche/
 energies/lenergie-nucleaire/
 et
 www.quebecmeilleuremine.org/content/uranium-0

Relativement à la création d'emplois de l'industrie nucléaire

www.cyberpresse.ca/le-nouvelliste/actualites/
 201104/11/01-4388497-les-citoyens-divises-sur-
 lavenir-de-gentilly-2.php?utm_categorieinterne=
 traficdrivers&utm_contenuinterne=cyberpresse_lire_
 aussi_4384329_article_POS3
 et
 www.rncan.gc.ca/energie/sources/uranium-
 nucleaire/1322

Relativement aux coûts économiques des centrales nucléaires

fr.wikipedia.org/wiki/Uranium
 et
 www.davidsuzuki.org/fr/champs-dintervention/
 changements-climatiques/enjeux-et-recherche/
 energies/lenergie-nucleaire/

Relativement à la sécurité des centrales nucléaires

www.cyberpresse.ca/le-nouvelliste/actualites/201104/
 15/01-4390079-gentilly-2-une-inquietude-palpable.
 php?utm_categorieinterne=traficdrivers&utm_contenu
 interne=cyberpresse_lire_aussi_4379306_article_POS4

Relativement aux effets sur la santé des composés radioactifs

www.sortirdunucleaire.ca/sn/