

# L'AIDE-MÉMOIRE

## DU NUCLÉAIRE AU CANADA

---

2017



**ANC** ASSOCIATION  
NUCLÉAIRE  
CANADIENNE

# L'AIDE-MÉMOIRE

DU NUCLÉAIRE AU CANADA

---

2017

---

# TABLE DES MATIÈRES

<b>MESSAGE DU PRÉSIDENT</b>	<b>2</b>
<b>SOMMAIRE</b>	<b>3</b>
<b>HISTORIQUE DU NUCLÉAIRE AU CANADA</b>	<b>4</b>
<b>L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE DANS LE MONDE</b>	<b>7</b>
<b>L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE AU CANADA</b>	<b>11</b>
<b>LE NUCLÉAIRE ET L'ENVIRONNEMENT</b>	<b>18</b>
<b>L'URANIUM</b>	<b>23</b>
<b>LES RÉACTEURS NUCLÉAIRES</b>	<b>30</b>
<b>LES DÉCHETS RADIOACTIFS</b>	<b>36</b>
<b>LES MOYENS DE TRANSPORT</b>	<b>42</b>
<b>LA SCIENCE ET LA TECHNOLOGIE NUCLÉAIRE</b>	<b>44</b>
<b>LE NUCLÉAIRE ET L'ÉCONOMIE</b>	<b>55</b>
<b>LE RAYONNEMENT</b>	<b>59</b>
<b>LA SÛRETÉ NUCLÉAIRE ET LA RÉGLEMENTATION</b>	<b>64</b>
<b>LES RESSOURCES</b>	<b>67</b>

L'information figurant dans la présente publication se fonde sur des données disponibles en octobre 2016.

## MESSAGE DU PRÉSIDENT

Je suis très heureux de vous présenter l'édition 2017 de L'Aide-mémoire du nucléaire au Canada.

Au fil des années, cet aide-mémoire est devenu un ouvrage de référence notoire sur l'énergie nucléaire au Canada comme à l'étranger. Ce document qui, au départ, visait essentiellement à fournir de l'information de base sur l'industrie de l'énergie nucléaire au Canada, est depuis lors devenu beaucoup plus que cela.

Après tout, le rôle du nucléaire au Canada ne se limite pas à être une source d'énergie sûre, propre, fiable et abordable, mais va bien au-delà. Le nucléaire joue un rôle important tant sur le plan industriel ainsi que sur celui de la médecine, de la salubrité des aliments, de la recherche et de l'innovation; et il procure de l'emploi à environ 60 000 Canadiens.

L'industrie nucléaire fournit des emplois liés à la technologie de pointe qui sont durables et bien rémunérés, notamment des emplois dans les domaines de l'extraction minière d'uranium, de la conception de réacteurs et de la production d'électricité, ainsi que des emplois contribuant à l'avancement du savoir-faire scientifique et technologique canadien.

Le nucléaire au Canada a une longue histoire qui force l'admiration et il y a de quoi être fier du rôle qu'il a joué et qu'il continue de jouer. Dans le cadre de la lutte contre les changements climatiques, l'énergie nucléaire est une ressource stratégique dont la production n'émet pas de gaz à effet de serre.

Et c'est un fait que l'une des meilleures choses que nous puissions faire pour la planète, c'est d'intégrer le nucléaire à l'ensemble de technologies propres à faible intensité carbonique.

J'espère que l'édition 2017 de cet aide-mémoire vous sera utile et que vous y reporterez souvent.



### **John Barrett**

Président et chef de la direction  
Association nucléaire canadienne

## SOMMAIRE

L'édition 2017 de L'Aide-mémoire du nucléaire au Canada contient une foule de renseignements à jour sur le nucléaire au Canada et ailleurs dans le monde. Voici un aperçu des informations que vous y trouverez :

- Les 446 réacteurs nucléaires actuellement en exploitation dans le monde assurent 11,5 % de la production d'électricité. Au Canada, 19 réacteurs de puissance assurent 16,6 % de la production nationale.
- Au total, 60 réacteurs sont en construction dans le monde, principalement dans les économies émergentes comme la Chine et l'Inde. En outre, 168 réacteurs ont été commandés ou sont en cours de commande, tandis qu'il est envisagé d'en commander 345 autres.
- La production d'énergie nucléaire aide à réduire les émissions globales de CO<sub>2</sub>, qui ont atteint un niveau record en 2014, soit 37 milliards de tonnes. Le nucléaire permet d'éviter le recours aux combustibles fossiles comme le charbon ou le gaz naturel et, par le fait même, des émissions de CO<sub>2</sub> dépassant celles que génèrent la moitié des automobiles dans le monde.
- Le nucléaire est la source d'énergie la plus efficace par superficie de terrain. Elle est au moins 15 fois plus efficace que les sources d'énergie renouvelables.
- L'industrie nucléaire injecte plus de six milliards de dollars par an dans l'économie canadienne. Au total, elle emploie directement ou indirectement 60 000 Canadiens.
- Le Canada est un chef de file mondial en matière d'approvisionnement en uranium. La majeure partie de l'extraction minière d'uranium canadien s'effectue dans le nord de la Saskatchewan, qui renferme les plus riches gisements à forte teneur en uranium au monde.
- Le Canada a fait oeuvre de pionnier en concevant l'un des premiers réacteurs nucléaires, le CANDU. Quarante-six réacteurs CANDU ou issus de la technologie CANDU sont actuellement en exploitation dans le monde.
- L'industrie nucléaire canadienne est l'une des industries les plus sûres et les plus rigoureusement réglementées au monde.

## HISTORIQUE DU NUCLÉAIRE AU CANADA

- 1941** George C. Laurence conçoit l'un des premiers réacteurs nucléaires au monde, au Conseil national de recherches Canada (CNRC) à Ottawa.
- 1944** Le CNRC construit la première installation de recherche nucléaire à Chalk River, en Ontario.
- 1945** La pile expérimentale d'énergie zéro (ZEEP – Zero Energy Experimental Pile) fait du Canada le deuxième pays à contrôler la réaction de fission nucléaire.
- 1946** La Commission de contrôle de l'énergie atomique (CCEA) est créée en tant qu'organisme fédéral de réglementation du secteur nucléaire au Canada.
- 1947** Le réacteur national de recherche expérimental (NRX – National Research Experimental), le plus puissant du monde, entre en service à Chalk River.
- 1951** Harold E. Johns et Roy Errington sont à la tête de deux équipes distinctes qui construisent les premiers appareils de radiothérapie au cobalt 60. Le premier traitement de radiothérapie externe est administré à London, en Ontario.
- 1952** Énergie atomique du Canada Limitée (EACL) est créée en tant que société d'État fédérale.
- 1952** Le réacteur NRX subit des dommages au cœur lors d'un accident – il s'agit du premier accident du genre. Quatorze mois plus tard, on procède au redémarrage du réacteur qui a été décontaminé et reconstruit.
- 1954** Wilfrid B. Lewis amorce le développement du réacteur nucléaire CANDU en collaboration avec EACL, Ontario Hydro et la Compagnie générale électrique du Canada.

**1957** Le réacteur national de recherche universel (NRU – National Research Universal) entre en service à Chalk River.

**1962** Le réacteur nucléaire de démonstration (NPD – Nuclear Power Demonstration), premier réacteur canadien de puissance et prototype des réacteurs CANDU, entre en exploitation à Rolphton, en Ontario. Il a une puissance de 20 MWé.

**1964** EACL met au point le premier stérilisateur commercial au cobalt 60 pour les aliments et les fournitures médicales.

**1968** La centrale Douglas Point, première centrale nucléaire canadienne de calibre commercial, entre en exploitation à Kincardine, en Ontario. Elle a une puissance de 220 MWé.

**1972** Le premier réacteur CANDU à l'extérieur du Canada entre en exploitation à la centrale Rajasthan 1, en Inde.

**1973** Les quatre réacteurs de la centrale Pickering A entrent en exploitation. Leur puissance totalise 2 060 MWé, ce qui en fait la centrale nucléaire la plus puissante du monde.

**1982** Les centrales Pointe Lepreau (au Nouveau-Brunswick) et Gentilly 2 (au Québec) entrent en exploitation. Elles ont chacune une puissance de 635 MWé.

**1994** Bertram N. Brockhouse reçoit un prix Nobel pour ses recherches sur la diffusion neutronique menées à Chalk River.

**1996** La Chine acquiert deux réacteurs CANDU. À l'époque, il s'agit du plus important contrat commercial passé entre deux pays.

**2000** La Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN), créée en vertu de la Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires, remplace la CCEA en tant qu'organisme de réglementation nucléaire au Canada.

**2002**

La Loi sur les déchets de combustible nucléaire est adoptée. Elle prévoit la création de la Société de gestion des déchets nucléaires (SGDN). Le gouvernement fédéral approuvera en 2007 la méthode de « gestion adaptative progressive » proposée par la SGDN pour le stockage à long terme du combustible nucléaire irradié.

**2011**

Les services commerciaux d'EACL sont acquis par CANDU Énergie inc., filiale appartenant en propriété exclusive à SNC-Lavalin. EACL demeure une société d'État fédérale.

**2012**

Deux réacteurs de la centrale Bruce A sont remis en exploitation après avoir été remis à neuf, ce qui fait de Bruce Power la plus grande centrale nucléaire en exploitation du monde.

**2015**

Laboratoires Nucléaires Canadiens (LNC), un organisme du secteur privé, s'engage par contrat à gérer et à exploiter les laboratoires d'EACL.

**2016**

SNC-Lavalin annonce la création d'une coentreprise avec la Société nucléaire nationale de la Chine (SNNC) et la compagnie d'électricité Shanghai Electric Group Company Limited visant à construire des réacteurs CANDU à cycle de combustible avancé en Chine et à l'étranger.

L'ÉNERGIE  
**NUCLÉAIRE**  
DANS LE MONDE  
ET AU CANADA



## L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE DANS LE MONDE

À l'échelle planétaire, l'énergie nucléaire constitue la principale source non hydraulique d'énergie propre à faible intensité carbonique. Elle assure actuellement 11,5 % de la production mondiale d'électricité.

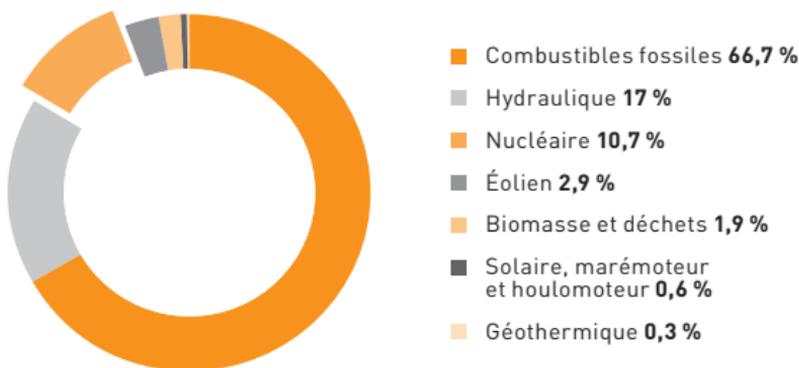
Les 446 réacteurs nucléaires actuellement en exploitation dans le monde ont une capacité utile de production d'environ 391 Gwé.

- Ce nombre comprend les 43 réacteurs japonais qui ont été mis hors service peu après l'accident de Fukushima survenu en 2011. Depuis septembre 2016, sept réacteurs ont été remis en exploitation dans le réseau de distribution et le redémarrage de 22 autres réacteurs fait l'objet d'une demande.
- Ce nombre inclut également les sept réacteurs allemands qui ont été mis hors service après Fukushima. L'Allemagne prévoit l'arrêt de fonctionnement progressif de tous ses réacteurs nucléaires d'ici 2022.

Au total, 60 réacteurs sont en construction dans le monde, principalement dans les économies émergentes comme la Chine et l'Inde.

En outre, 168 réacteurs ont été commandés ou sont en cours de commande, tandis qu'il est envisagé d'en commander 345 autres.

## SOURCES D'ÉLECTRICITÉ DANS LE MONDE EN 2013



**SOURCE** | ADMINISTRATION DE L'INFORMATION SUR L'ÉNERGIE (US EIA - ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION). « International Energy Statistics [statistiques internationales sur l'énergie] ». 2016, [www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm?tid=2&pid=2&aid=12](http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm?tid=2&pid=2&aid=12).

## RÉACTEURS NUCLÉAIRES ACTUELLEMENT EN EXPLOITATION

PAYS	RÉACTEUR(S)	PUISSANCE NETTE (MWE)	PART DES COMBUSTIBLES (%)
Afrique du Sud	2	1 830	4,7
Allemagne	8	10 728	14,1
Arménie	1	376	34,5
Belgique	7	5 943	37,5
Brésil	2	1 901	2,8
Bulgarie	2	1 926	31,3
Canada	19	13 491	16,6
Chine	34	30 597	3,0
Corée du Sud	25	23 017	31,7
Espagne	7	7 121	20,3
États-Unis	100	100 013	19,5
Finlande	4	2 741	33,7
France	58	63 130	76,3
Hongrie	4	1 889	52,7
Inde	21	6 129	3,4
Iran	1	915	1,3
Japon	43	40 480	0,5
Mexique	2	1 600	6,8
Pakistan	3	725	4,4
Pays-Bas	1	485	3,7
République socialiste tchécoslovaque	6	3 904	32,5
Roumanie	2	1 310	17,3
Royaume-Uni	15	8 883	18,9
Russie	36	27 167	18,6
Slovaquie	4	1 816	55,9
Slovénie	1	696	38,0
Suède	9	8 849	34,3
Suisse	5	3 333	33,5
Taïwan	6	4 927	16,3
Ukraine	15	13 107	56,5
<b>Total</b>	<b>446</b>	<b>390,656</b>	

**SOURCE** | ASSOCIATION NUCLÉAIRE MONDIALE (WNA – WORLD NUCLEAR ASSOCIATION). « World Nuclear Power & Uranium Requirements (besoins mondiaux en uranium et énergie nucléaire) ». 2016, [www.world-nuclear.org/information-library/facts-and-figures/world-nuclear-power-reactors-and-uranium-requirement.aspx](http://www.world-nuclear.org/information-library/facts-and-figures/world-nuclear-power-reactors-and-uranium-requirement.aspx).

## MISE EN CONTEXTE DE L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE DANS LE MONDE

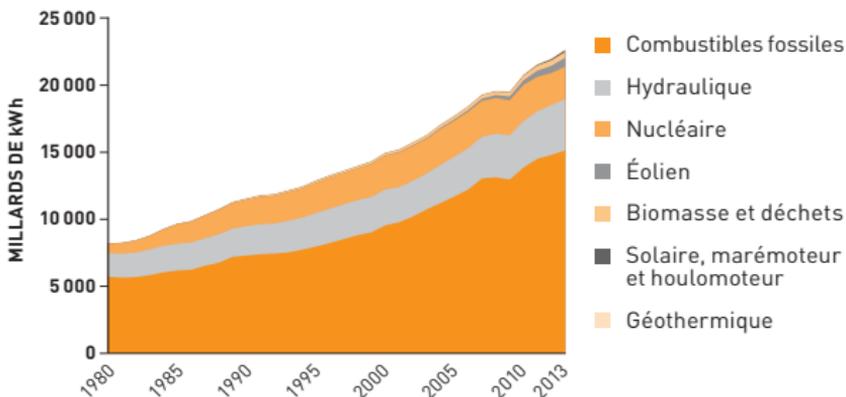
En 2013, le nucléaire assurait 10,7 % de la production mondiale d'électricité.

À hauteur de 66,7 %, les combustibles fossiles constituent de loin la source de production d'électricité la plus largement utilisée. Cette filière demeure également celle dont la production augmente le plus rapidement.

À l'échelle mondiale, l'énergie hydraulique reste la principale source de production d'électricité à faible intensité carbonique.

Les filières d'énergie renouvelables, autres que l'énergie hydraulique, notamment l'éolien, la biomasse, les déchets, le solaire, le marémoteur, le houlomoteur et le géothermique, assurent ensemble 5,7 % de la production mondiale d'électricité.

### PRODUCTION MONDIALE D'ÉLECTRICITÉ DEPUIS 1980



LE SAVIEZ-VOUS ?

**SELON LES ESTIMATIONS, EN 2030, LA DEMANDE MONDIALE D'ÉLECTRICITÉ AURA ATTEINT PRESQUE LE DOUBLE DE LA DEMANDE PRÉSENTE.**

**SOURCE** | ADMINISTRATION DE L'INFORMATION SUR L'ÉNERGIE (US EIA - ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION). « International Energy Statistics [statistiques internationales sur l'énergie] ». 2016, [www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm?tid=2&pid=2&aid=12](http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm?tid=2&pid=2&aid=12).

## L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE AU CANADA

Le Canada compte 19 réacteurs nucléaires actuellement en exploitation dans quatre centrales.

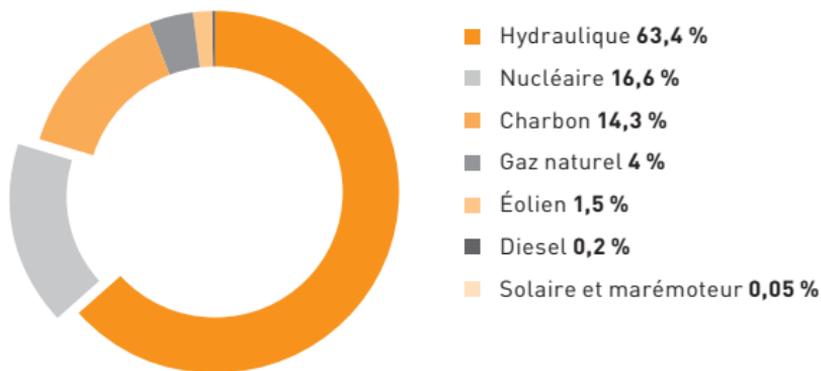
En 2015, l'énergie nucléaire a assuré environ 16,6 % de la production canadienne d'électricité.

L'énergie hydraulique, la filière la plus utilisée au pays, a assuré environ 63,4 % de la production canadienne d'électricité en 2015.

La filière du charbon a été complètement éliminée en Ontario en 2014, mais elle demeure très répandue ailleurs au pays, particulièrement en Alberta et en Saskatchewan.

Ensemble, les filières éolienne, solaire et marémotrice ont assuré environ 1,5 % de la production canadienne d'électricité en 2015.

### SOURCES D'APPROVISIONNEMENT EN ÉLECTRICITÉ AU CANADA EN 2015



LE SAVIEZ-VOUS?

**EN 2014, LE GOUVERNEMENT DE L'ONTARIO A ÉTÉ LE PREMIER EN AMÉRIQUE DU NORD À CESSER COMPLÈTEMENT D'EXPLOITER LES CENTRALES AU CHARBON.**

**SOURCE** | STATISTIQUE CANADA. « Production de l'énergie électrique, selon la classe de producteur d'électricité ». 2016, <http://www5.statcan.gc.ca/cansim/a26?id=1270002&retrLang=fra&lang=fra>.

## RÉACTEURS NUCLÉAIRES DE PUISSANCE AU CANADA

RÉACTEUR	ÉTAT	PUISSANCE NETTE (MWÉ)	MISE EN SERVICE
Bruce A : tranche 1	En exploitation	750	1977
Bruce A : tranche 2	En exploitation	750	1977
Bruce A : tranche 3	En exploitation	750	1978
Bruce A : tranche 4	En exploitation	750	1979
Bruce B : tranche 5	En exploitation	817	1985
Bruce B : tranche 6	En exploitation	817	1984
Bruce B : tranche 7	En exploitation	817	1986
Bruce B : tranche 8	En exploitation	787	1987
Darlington : tranche 1	En exploitation	881	1992
Darlington : tranche 2	En exploitation	881	1990
Darlington : tranche 3	En exploitation	881	1993
Darlington : tranche 4	En exploitation	881	1993
Pickering A : tranche 1	En exploitation	515	1971
Pickering A : tranche 2	Arrêt du réacteur	515	1971
Pickering A : tranche 3	Arrêt du réacteur	515	1972
Pickering A : tranche 4	En exploitation	515	1973
Pickering B : tranche 5	En exploitation	515	1983
Pickering B : tranche 6	En exploitation	515	1984
Pickering B : tranche 7	En exploitation	515	1985
Pickering B : tranche 8	En exploitation	515	1986
Point Lepreau	En exploitation	635	1983
Gentilly 2	Arrêt du réacteur	635	1983

LE SAVIEZ-VOUS?

LA PRODUCTION DU PARC NUCLÉAIRE CANADIEN EST SUFFISANTE POUR ALIMENTER PRÈS DE 10,5 MILLIONS DES 13,3 MILLIONS DE MÉNAGES AU PAYS.

## CENTRALE BRUCE POWER

La centrale nucléaire Bruce Power, centrale nucléaire en exploitation la plus puissante du monde, est située sur la rive du lac Huron, à 190 km du centre-ville de Toronto, en Ontario. Elle a commencé à alimenter le réseau d'électricité en 1977.

Avec ses huit réacteurs totalisant une puissance de 6 238 MWé, tous en exploitation à l'heure actuelle, elle peut produire près de 55 milliards de kilowattheures par an, soit assez d'électricité pour alimenter 4,9 millions de ménages au pays. (En moyenne, un ménage canadien consomme environ 11 100 kWh par an.)



- PUISSANCE : 6 238 MWé
- NOMBRE DE MÉNAGES CANADIENS ALIMENTÉS : 4,9 MILLIONS
- MISE EN EXPLOITATION : 1977
- ACTUELLEMENT LA CENTRALE NUCLÉAIRE EN EXPLOITATION LA PLUS PUISSANTE DU MONDE!

## CENTRALE DARLINGTON

La centrale Darlington, la deuxième centrale nucléaire au Canada en termes de puissance, est située sur la rive du lac Ontario, à 60 km du centre-ville de Toronto, en Ontario.

Avec ses quatre réacteurs actuellement en exploitation, totalisant une puissance de 3 524 MWé, cette centrale peut produire 31 milliards de kilowattheures par an, soit assez d'électricité pour alimenter plus de 2,7 millions de ménages au pays.



- PUISSANCE : 3 524 MWé
- NOMBRE DE MÉNAGES CANADIENS ALIMENTÉS : 2,7 MILLIONS
- MISE EN EXPLOITATION : 1990

## CENTRALE PICKERING

En 1973, au moment de l'achèvement de sa construction, la centrale Pickering A était la plus puissante du monde. Elle est située à 30 km du centre-ville de Toronto, en Ontario.

Dotés d'une puissance de 3 094 MWé, les six réacteurs de Pickering A et B peuvent actuellement produire 27 milliards de kilowattheures par an, soit assez d'électricité pour alimenter 2,4 millions de ménages au pays.

La centrale Pickering comptait huit réacteurs jusqu'à l'arrêt définitif des tranches 2 et 3 de Pickering A en 2005.

Les six réacteurs restants seront en exploitation jusqu'en 2024, année où ils seront déclassés.



- PUISSANCE : 3 094 MWé
- NOMBRE DE MÉNAGES CANADIENS ALIMENTÉS : 2,4 MILLIONS
- MISE EN EXPLOITATION : 1971

## CENTRALE POINTE LEPREAU

La centrale nucléaire Pointe Lepreau est située au Nouveau-Brunswick, à une trentaine de kilomètres au sud-ouest de Saint John. Son réacteur a été le premier CANDU 6 à produire de l'électricité sur une base commerciale.

Après une réfection visant à prolonger sa durée de vie utile, cette centrale a été remise en exploitation en novembre 2012. Aujourd'hui, elle assure environ 33 % de la production néo-brunswickoise d'électricité.

Dotée d'une puissance de 635 MWé, Pointe Lepreau produit 5,5 milliards de kilowattheures par an, soit assez d'électricité pour alimenter 500 000 ménages au pays.



- PUISSANCE : 635 MWé
- NOMBRE DE MÉNAGES CANADIENS ALIMENTÉS : 500 000
- MISE EN EXPLOITATION : 1983

**SOURCE** | STATISTIQUE CANADA. « Production de l'énergie électrique, selon la classe de producteur d'électricité ». 2016, <http://www5.statcan.gc.ca/cansim/a26?id=1270002&retrLang=fra&lang=fra>.

## RÉFECTION DES CENTRALES NUCLÉAIRES

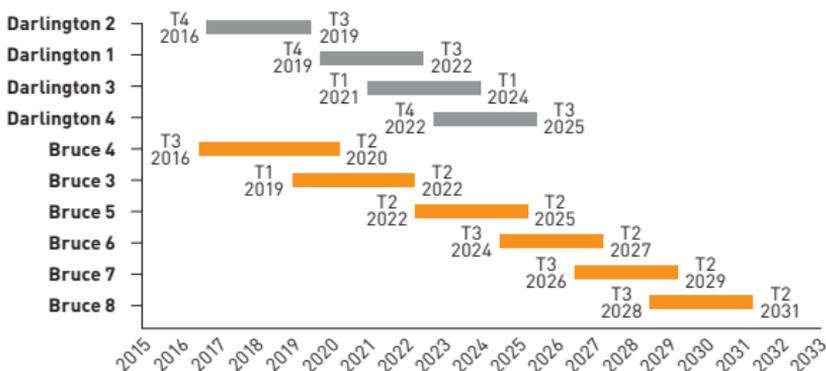
Il est possible de prolonger la durée de vie d'une centrale nucléaire de plusieurs décennies grâce à des projets de réfection visant à moderniser et à améliorer l'équipement et les systèmes importants afin de soutenir l'exploitation à long terme.

Le Canada a entrepris la réfection d'une dizaine de ses 19 tranches afin de prolonger leur durée de vie utile d'une trentaine d'années. Ces projets de réfection devraient s'échelonner sur une quinzaine d'années et créer des milliers d'emplois.

La réfection du réacteur de la centrale Pointe Lepreau et des tranches 1 et 2 de la centrale Bruce Power, est déjà terminée. Ces trois réacteurs ont été remis en service en 2012.

Selon une étude menée par Le Conference Board du Canada, les retombées économiques découlant de la réfection des quatre réacteurs de la centrale Darlington et des 30 années d'exploitation supplémentaires qui s'ensuivront, se chiffrent à 89,9 milliards de dollars.

### CHRONOLOGIE DE LA RÉFECTION DES CENTRALES NUCLÉAIRES



\* La chronologie des réfections prévues fait actuellement l'objet d'une révision afin de refléter les modifications apportées au calendrier.

**SOURCE** | LE MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE DE L'ONTARIO. « Séquence de remise à neuf des centrales nucléaires ». 2015, <http://www.energy.gov.on.ca/fr/ltep/achieving-balance-ontarios-long-term-energy-plan/ltep-fig14/>.

LE CONFERENCE BOARD DU CANADA. « Poursuite de l'exploitation de la centrale nucléaire de Darlington : analyse de retombées sur l'économie de l'Ontario ». 2016, p. 12.

# LE NUCLÉAIRE

## ET L'ENVIRONNEMENT



## LE NUCLÉAIRE ET L'ENVIRONNEMENT

Quelle que soit la filière de production d'électricité choisie, son exploitation génère une certaine quantité de CO<sub>2</sub> ainsi que d'autres gaz à effet de serre (GES), même lorsqu'aucun combustible fossile n'est brûlé. Par exemple, la construction d'une centrale ou d'un équipement nécessite le coulage de ciment et l'utilisation de véhicules, chacun ayant sa propre empreinte carbonique.

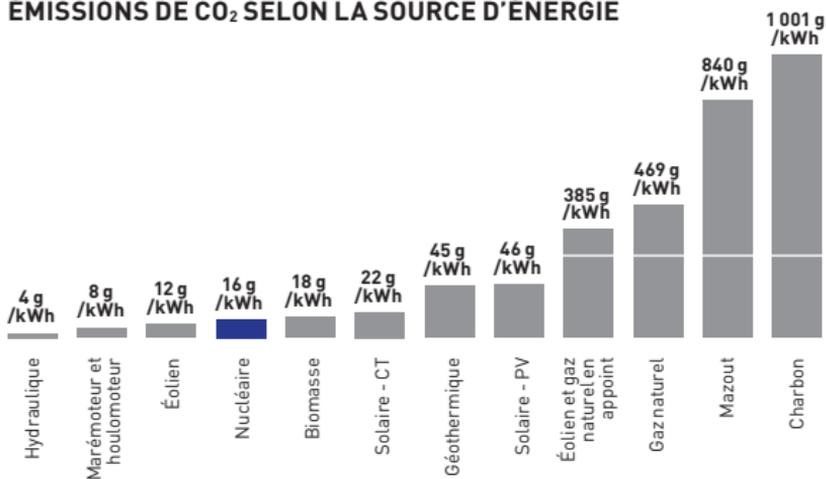
L'ensemble du cycle de vie de la production d'électricité pris en compte (construction, extraction, exploitation et déclassé y compris), la filière nucléaire est l'une des technologies les plus propres disponibles.

### POURQUOI NE PAS SE LIMITER AUX SOURCES D'ÉNERGIE RENOUVELABLES?

Une source intermittente comme l'énergie éolienne ou solaire ne peut alimenter un réseau à elle seule de façon efficace. Une source d'appoint est nécessaire environ 80 % du temps.

Les centrales au gaz naturel constituent le plus souvent la source d'appoint, ce qui a pour effet d'augmenter considérablement les émissions de CO<sub>2</sub>.

### ÉMISSIONS DE CO<sub>2</sub> SELON LA SOURCE D'ÉNERGIE



**SOURCE** | GROUPE D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTAL SUR L'ÉVOLUTION DU CLIMAT.

« Sources d'énergie renouvelables et atténuation du changement climatique ». 2011, p. 19.

## L'INTENSITÉ CARBONIQUE

Les filières nucléaire, éolienne, solaire et hydraulique sont considérées comme des sources d'électricité à faible intensité carbonique, car elles ne génèrent pratiquement aucune émission de CO<sub>2</sub> ou de GES pendant la production.

Toutes les sources d'électricité à faible intensité carbonique requièrent l'utilisation de combustibles fossiles dans une certaine mesure (p. ex. lors d'une construction ou comme source d'appoint).

Lorsqu'on tient compte de l'ensemble du cycle de vie de la production d'électricité, il est possible de calculer la quantité de CO<sub>2</sub> émise par unité d'électricité produite.

### QUANTITÉ DE CO<sub>2</sub> ÉMISE

Comme un ménage canadien moyen consomme environ 30 kWh par jour, l'utilisation d'électricité produite à partir de sources à faible intensité carbonique réduit considérablement l'incidence de ses activités sur le climat.

### MASSE DE CO<sub>2</sub> ÉMIS QUOTIDIENNEMENT PAR UN MÉNAGE CANADIEN SELON LA SOURCE D'ÉNERGIE



**COUGUAR**  
Charbon  
30 030 g/jour



**LOUP GRIS**  
Gaz naturel  
14 070 g/jour



**COBAYE**  
Source à faible intensité  
carbonique, comme le nucléaire  
600 g/jour

SOURCE | STATISTIQUE CANADA. « Les ménages et l'environnement : utilisation de l'énergie ». 2015, <http://www.statcan.gc.ca/pub/11-526-s/2013002/part-partie1-fra.htm>.

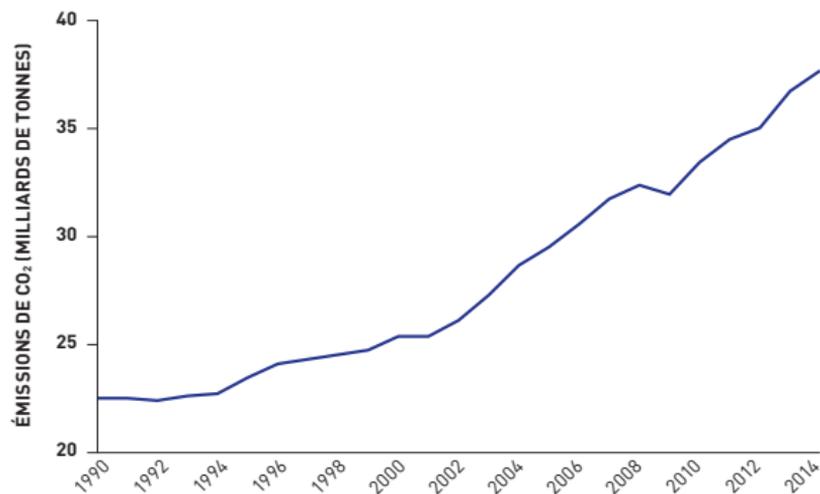
## TENDANCES RÉTROSPECTIVES DES ÉMISSIONS DE CO<sub>2</sub>

Les émissions globales de CO<sub>2</sub> ont atteint un niveau record en 2014, soit 37 milliards de tonnes.

En remplaçant toutes les centrales au charbon et au gaz naturel par des centrales nucléaires, produisant une énergie à faible intensité carbonique, on ferait baisser les émissions mondiales de CO<sub>2</sub> de 22,2 %.

Aujourd'hui, si l'on remplaçait le charbon et le gaz naturel par l'énergie nucléaire, on éviterait l'émission d'environ 2,5 milliards de tonnes de CO<sub>2</sub> par an. C'est autant que si l'on retirait environ 520 000 000 automobiles de la route – soit plus de la moitié des automobiles dans le monde entier!

### ÉMISSIONS GLOBALES DE CO<sub>2</sub> DEPUIS 1990



**EN REMPLAÇANT LE CHARBON ET LE GAZ NATUREL PAR LE NUCLÉAIRE, NOTRE CLIMAT REVIENDRAIT À CE QU'IL ÉTAIT IL Y A PLUS D'UNE DÉCENNIE!**

**SOURCE** | COMMISSION EUROPÉENNE, CENTRE COMMUN DE RECHERCHE (CCR), AGENCE NÉERLANDAISE D'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE (PBL). « Trends in Global CO<sub>2</sub> Emissions: 2015 Report (rapport 2015 sur les tendances en matière d'émissions mondiales de CO<sub>2</sub>) ». 2015, p. 28-29.

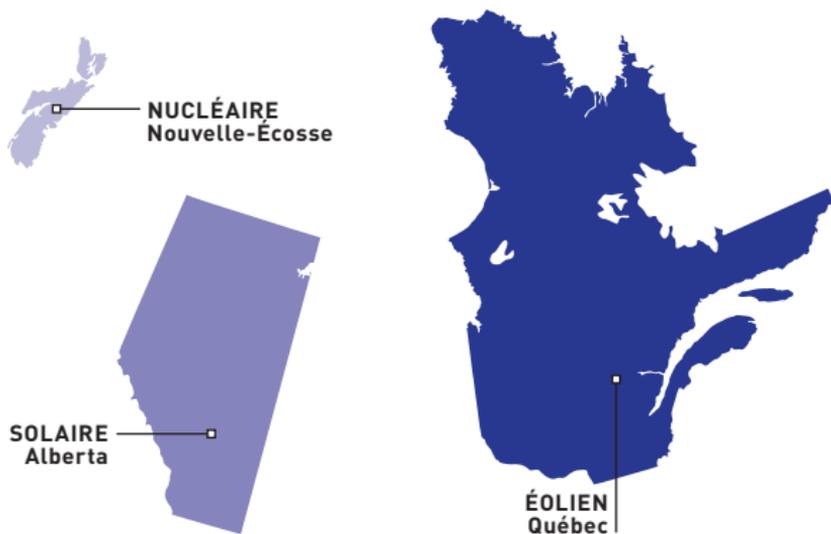
## EMPREINTE TERRESTRE DU NUCLÉAIRE

La filière nucléaire est la technique la plus efficace pour produire de l'électricité en proportion de la superficie terrestre occupée. Elle génère 47,6 MWé par kilomètre carré (tous les aspects liés à la production, comme l'extraction minière d'uranium et la fabrication de combustible nucléaire, y compris).

Les autres filières à faible intensité carbonique telles que l'énergie solaire ou éolienne, produisent beaucoup moins d'énergie par unité de surface, soit 3,1 MWé pour le solaire et 1,6 MWé pour l'éolien.

Si l'on devait utiliser une seule source d'énergie pour assurer la totalité de la production mondiale d'électricité, la superficie de la Nouvelle-Écosse suffirait. Il faudrait la superficie de l'Alberta pour l'énergie solaire et celle du Québec pour l'énergie éolienne.

### SUPERFICIE DE TERRE REQUISE POUR ASSURER L'APPROVISIONNEMENT MONDIAL EN ÉLECTRICITÉ



**SOURCE** | MCDONALD, Robert, et coll. « Energy Sprawl or Energy Efficiency: Climate Policy Impacts on Natural Habitat for the United States of America (expansion ou efficacité énergétique : incidence de la politique climatique sur l'habitat naturel aux États-Unis) ». PLoS ONE, 2009.

# L'URANIUM

## ET LES RÉACTEURS NUCLÉAIRES



## L'URANIUM

L'uranium est l'un des nombreux éléments radioactifs présents dans la nature. Ce métal lourd, à peu près aussi commun que l'étain, se trouve dans la plupart des sols et des roches à une concentration d'environ deux à quatre parties par million.

Comme d'autres éléments, l'uranium se présente sous diverses formes appelées « isotopes ».

Son isotope le plus courant est l'uranium 238 ou  $^{238}\text{U}$  (99,28 %), suivi de l'uranium 235 ou  $^{235}\text{U}$  (0,71 %). Le nombre qui accompagne le symbole « U » indique la masse atomique de l'isotope.

$^{235}\text{U}$  est le principal isotope de l'uranium utilisé pour produire de l'électricité, car il est fissile (c'est-à-dire qu'il « fissionne » facilement). La fission de  $^{235}\text{U}$  en fragments plus petits libère 100 millions de fois plus d'énergie que la rupture d'une liaison chimique au cours de la combustion.



MINÉRAI D'URANIUM

LE SAVIEZ-VOUS ?

LES RÉACTEURS CANDU UTILISENT  $^{235}\text{U}$  À SA CONCENTRATION NATURELLE. D'AUTRES TYPES DE RÉACTEURS UTILISENT  $^{235}\text{U}$  ENRICHÉ À UNE CONCENTRATION D'ENVIRON 3 %, VOIRE PLUS.

## CONVERSION DE L'URANIUM EN COMBUSTIBLE POUR LES RÉACTEURS CANDU

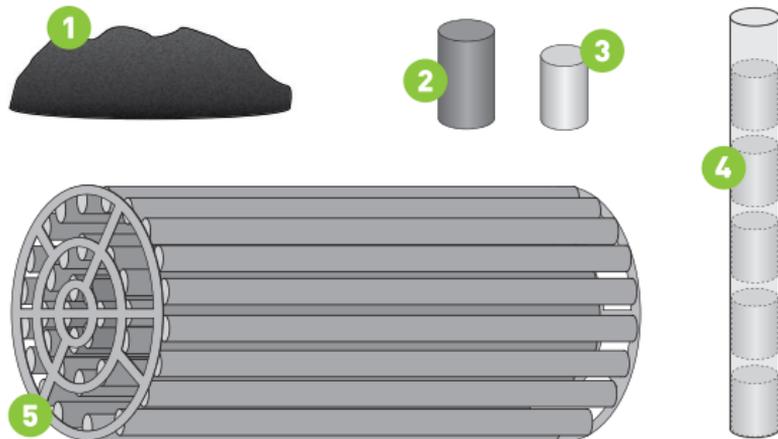
**Extraction** Il existe trois façons d'extraire le minerai d'uranium du sol : l'exploitation de mines à ciel ouvert, l'exploitation minière souterraine et la récupération sur place (ou lixiviation *in situ*).

**Concentration** Le minerai est broyé dans un concentrateur, puis réduit en une boue fine. Cette boue est ensuite lixiviée (c'est-à-dire lessivée) à l'aide d'une solution acide afin de séparer l'uranium des autres minerais, puis on l'épure en vue d'obtenir de la poudre d'oxyde d'uranium.

**Raffinage** On utilise des processus chimiques pour débarrasser l'oxyde d'uranium de ses impuretés, ce qui permet de produire du trioxyde d'uranium de grande pureté.

**Conversion** Le trioxyde d'uranium est transformé en dioxyde d'uranium pour servir de combustible dans les réacteurs CANDU.

**Fabrication de combustible** La poudre de dioxyde d'uranium **1** est pressée pour fabriquer un compacté de combustible sous la forme de pastilles cylindriques **2**, lesquelles seront cuites à haute température en vue d'obtenir un produit fini aux dimensions précises **3**. Ces pastilles sont alors introduites dans des tubes de combustible **4**, lesquels sont ensuite assemblés en grappes de combustible pour réacteur prêtes-à-l'emploi **5**.



## LES MÉTHODES D'EXPLOITATION MINIÈRE DE L'URANIUM

Il existe trois façons d'extraire le minerai d'uranium du sol :

On a recours à **l'exploitation de mines à ciel ouvert** lorsque les gisements d'uranium se trouvent près de la surface. Cela implique de retirer une couche de terre et de débris de roche, puis de creuser une fosse pour accéder au minerai. Les parois de la fosse sont aménagées en gradins afin de prévenir les affaissements.

**L'exploitation minière souterraine** est la méthode à privilégier lorsque les gisements se trouvent à grande profondeur. Elle implique de forer un puits vertical selon la profondeur à laquelle se trouve le minerai, puis de percer un tunnel afin de pouvoir accéder directement au minerai.

**La récupération sur place** (ou lixiviation *in situ*) consiste à dissoudre le minerai d'uranium dans un gisement souterrain, en y injectant des solutions facilitant l'extraction, puis en les pompant vers la surface afin d'en extraire l'uranium dissous. Bien qu'elle ne soit pas encore utilisée au Canada, cette méthode d'exploitation minière est celle qui connaît le plus grand essor.



GALERIE HYDRAULIQUE DE LA MINE DE CIGAR LAKE

PHOTO | Cameco

## L'INDUSTRIE MINIÈRE DE L'URANIUM AU CANADA

Presque tout l'uranium canadien est extrait et broyé dans le nord de la Saskatchewan, dans la région du bassin d'Athabasca.

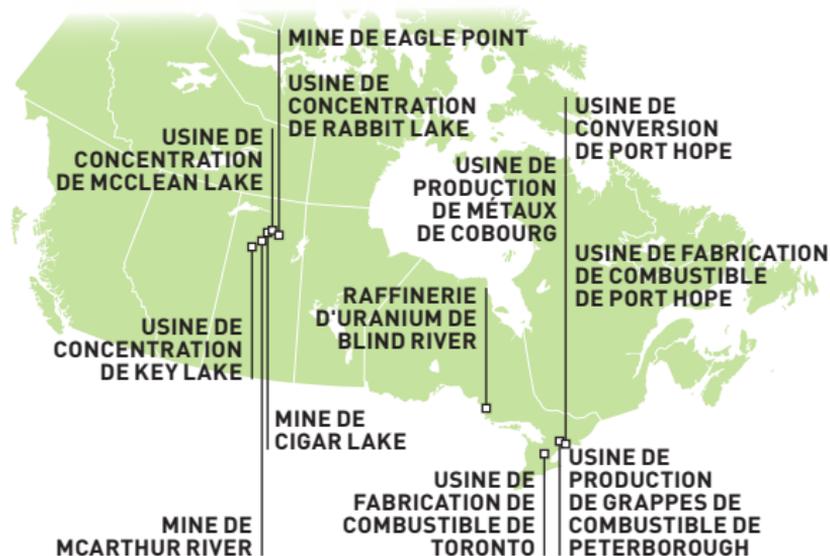
Le Canada renferme les plus riches gisements à forte teneur en uranium au monde, dont la concentration en uranium est cent fois supérieure à la moyenne mondiale.

Blind River, en Ontario, abrite la seule raffinerie d'uranium au Canada. Détenue et exploitée par Cameco, il s'agit de la plus importante installation du genre au monde.

Port Hope, en Ontario, abrite la seule usine de conversion d'uranium au Canada. Celle-ci est également détenue et exploitée par Cameco.

On trouve également des usines qui transforment la poudre d'uranium naturel et qui procèdent à l'assemblage en grappes de combustible pour réacteur CANDU à Port Hope (Cameco), à Toronto et à Peterborough (GE Hitachi Nuclear Energy Canada).

### CARTE DE LA RÉPARTITION DES INSTALLATIONS D'URANIUM AU CANADA



## L'URANIUM COMME COMBUSTIBLE NUCLÉAIRE

La fission nucléaire est une source d'énergie très efficace, ce qui fait que les réacteurs nucléaires consomment très peu de combustible.

Chaque pastille d'uranium pèse environ 20 grammes, et il en faut moins de dix pour alimenter en électricité un ménage canadien moyen pendant un an.

Pour produire la même quantité d'électricité qu'une pastille de 20 grammes d'uranium, il faudrait brûler 400 kilogrammes de charbon ou 410 litres de pétrole ou 350 mètres cubes de gaz naturel.

### COMBUSTIBLE REQUIS POUR PRODUIRE LA MÊME QUANTITÉ D'ÉLECTRICITÉ



20 g  
D'URANIUM  
(taille réelle)

OU



400 kg de  
CHARBON

OU



410 l de  
PÉTROLE

OU



350 m<sup>3</sup> de  
GAZ  
NATURAL



GRAPPE DE COMBUSTIBLE POUR RÉACTEUR CANDU

PHOTO | La Société de gestion des déchets nucléaires

## LA FISSION NUCLÉAIRE

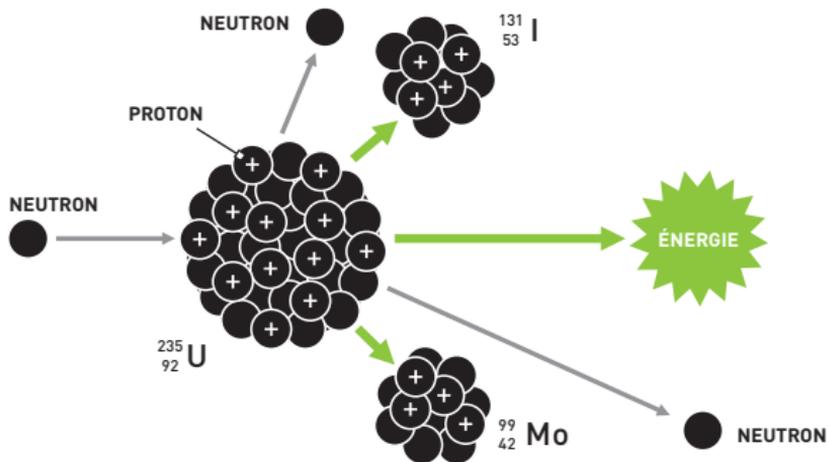
Les deux principaux isotopes de l'uranium, soit  $^{235}\text{U}$  et  $^{238}\text{U}$ , sont relativement stables avant le chargement du combustible dans le réacteur, c'est-à-dire qu'ils n'émettent pas beaucoup de rayonnement – si peu que l'on peut manutentionner sans danger les grappes de combustible inutilisées.

Toutefois, lorsqu'un atome de  $^{235}\text{U}$  et un neutron s'entrechoquent, l'atome se fissionne en plusieurs fragments, dont deux ou trois neutrons supplémentaires. Il dégage alors de la chaleur, qui peut être transformée en électricité.

Ces neutrons entrent en collision avec d'autres atomes de  $^{235}\text{U}$  à proximité, si bien que la réaction se poursuit, un peu comme la chaleur dégagée par la mèche d'une chandelle lui permet de continuer à brûler. Les réacteurs nucléaires contrôlent cette « réaction en chaîne » de manière à obtenir la production stable souhaitée.

Ce processus génère également d'autres isotopes plus petits, tels l'iode 131, le césium 137 et le molybdène 99, qui trouvent des applications utiles dans les domaines médical et industriel.

### FISSION NUCLÉAIRE



## LES RÉACTEURS NUCLÉAIRES

Un réacteur nucléaire est une machine à vapeur perfectionnée qui actionne un alternateur. C'est l'énergie libérée par la réaction de fission qui procure la chaleur voulue pour dégager la vapeur.

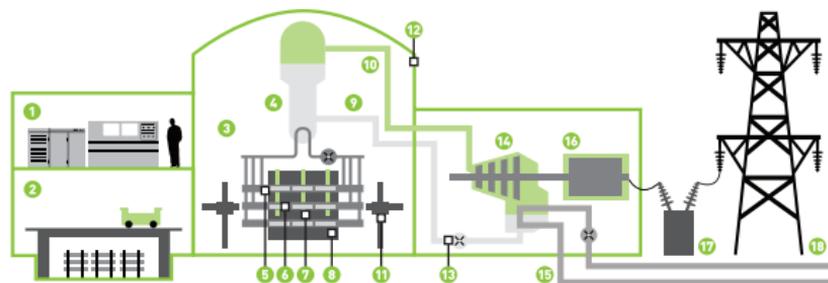
Le combustible d'uranium, le modérateur et le caloporteur sont trois composants essentiels d'un réacteur nucléaire.

Selon le type de réacteur, l'uranium utilisé peut être naturel (0,71 % de  $^{235}\text{U}$ ) ou enrichi (3 % de  $^{235}\text{U}$  ou plus).

Le modérateur, matériau léger comme l'eau, ralentit les neutrons sans les absorber. Le ralentissement des neutrons libérés au cours de la fission accroît la possibilité de fission supplémentaire.

Le caloporteur est un fluide qui circule dans le cœur du réacteur et qui permet l'absorption et le transfert de la chaleur produite par la fission nucléaire. Il permet également de maintenir la température du combustible dans les limites acceptables souhaitées.

### DIAGRAMME DU RÉACTEUR CANDU



1 RÉGIE DE CONTRÔLE CENTRALE

2 GESTION DES COMBUSTIBLES IRRADIÉS

3 CŒUR DU RÉACTEUR

4 GÉNÉRATEUR DE VAPEUR (CHAUDIÈRE)

5 CALOporteur (EAU LOURDE)

6 COMBUSTIBLE (URANIUM)

7 BARRES DE CONTRÔLE

8 MODÉRATEUR (EAU LOURDE)

9 EAU

10 VAPEUR

11 MACHINE À COMBUSTIBLE

12 PROTECTION

13 CONDENSATEUR

14 TURBINE À VAPEUR

15 CONDENSATEUR (EAU DE RÉFRIGÉRATION)

16 GÉNÉRATEUR ÉLECTRIQUE

17 TRANSFORMATEUR

18 RÉSEAU ÉLECTRIQUE

## LES RÉACTEURS CANDU

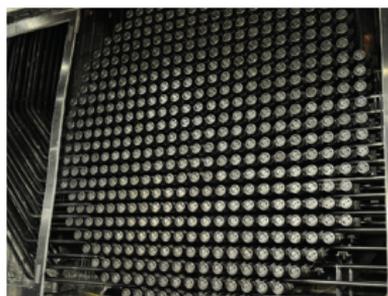
Le réacteur « CANDU » (CANada Deutérium Uranium) se nomme ainsi parce qu'il a été conçu au Canada et qu'il utilise de l'oxyde de deutérium (aussi appelé « eau lourde ») comme modérateur et caloporteur, ainsi que de l'uranium comme combustible.

Les réacteurs CANDU sont les seuls qui utilisent comme combustible de l'uranium naturel – c'est-à-dire non enrichi – ou, moyennant certaines modifications, de l'uranium recyclé, un mélange de combustibles, voire du thorium.

Comme il n'est pas nécessaire d'enrichir l'uranium naturel, le coût de combustible des réacteurs CANDU est très faible.

On peut recharger les réacteurs CANDU sans stopper la réaction, alors que la plupart des autres modèles doivent être mis à l'arrêt avant le rechargement.

Les réacteurs CANDU sont particulièrement sûrs. Ils font appel à des systèmes de sûreté indépendants du reste de la centrale. En outre, trois dispositifs d'urgence sont prévus pour chaque dispositif de sûreté clé (on emploie souvent les termes « redondance » ou « défense en profondeur » pour désigner les mesures de sûreté multiples). Ces dispositifs renforcent la sûreté générale, tout en permettant de tester le système de sûreté pendant que le réacteur fonctionne à plein régime.



LE DEVANT DU RÉACTEUR  
CANDU À LA CENTRALE  
BRUCE A

LE SAVIEZ-  
-VOUS?

**UN SEUL RÉACTEUR  
CANDU PEUT ÊTRE  
ALIMENTÉ EN  
URANIUM RECYCLÉ  
EN PROVENANCE DE  
QUATRE RÉACTEURS  
À EAU LÉGÈRE SANS  
COMBUSTIBLE  
SUPPLÉMENTAIRE.**

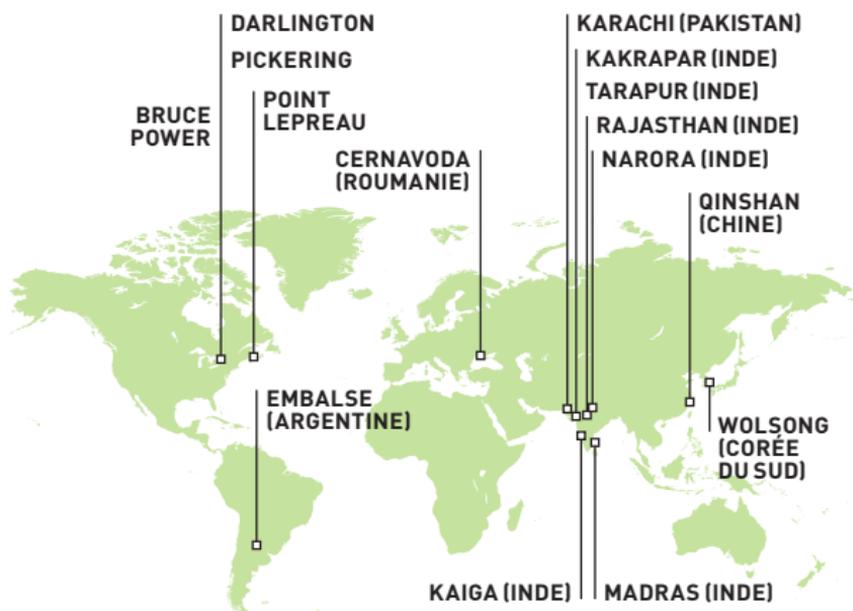
PHOTO | Bruce Power

## LES PAYS QUI EXPLOITENT DES RÉACTEURS CANDU

Le Canada a exporté des réacteurs CANDU en Argentine, en Chine, en Inde, au Pakistan, en Roumanie et en Corée du Sud. Au total, il y a 34 réacteurs CANDU dans le monde, dont 30 sont actuellement en exploitation.

À cela s'ajoutent les 16 réacteurs construits en Inde d'après la technologie CANDU mais non considérés comme de véritables réacteurs CANDU sur le plan technique.

### CARTE RÉPARTITION DES RÉACTEURS CANDU



## LES RÉACTEURS CANDU ET LES RÉACTEURS CONÇUS D'APRÈS LA TECHNOLOGIE CANDU

RÉACTEUR	RÉACTEUR(S)	ÉTAT	PUISSANCE NETTE (MWé)
Bruce Power	8 réacteurs CANDU	En exploitation	6 238
Darlington	4 réacteurs CANDU	En exploitation	3 524
Pickering	6 réacteurs CANDU	En exploitation	3 094
	2 réacteurs CANDU	Arrêt du réacteur	1 030
Point Lepreau	1 réacteur CANDU	En exploitation	635
Gentilly 2	1 réacteur CANDU	Arrêt du réacteur	635
Cernavoda (Roumanie)	2 réacteurs CANDU	En exploitation	1 305
Embalse (Argentine)	1 réacteur CANDU	En exploitation	600
Karachi (Pakistan)	1 réacteur CANDU	En exploitation	125
Kaiga (Inde)	4 réacteurs conçus d'après la technologie CANDU	En exploitation	808
Kakrapar (Inde)	2 réacteurs conçus d'après la technologie CANDU	En exploitation	404
Madras (Inde)	2 réacteurs conçus d'après la technologie CANDU	En exploitation	357
Narora (Inde)	2 réacteurs conçus d'après la technologie CANDU	En exploitation	404
Rajasthan (Inde)	1 réacteur CANDU	En exploitation	187
	1 réacteur CANDU	Arrêt du réacteur	90
	4 réacteurs conçus d'après la technologie CANDU	En exploitation	808
Tarapur (Inde)	2 réacteurs conçus d'après la technologie CANDU	En exploitation	980
Qinshan (Chine)	2 réacteurs CANDU	En exploitation	1 280
Wolsong (Corée du Sud)	4 réacteurs CANDU	En exploitation	2 579

LE SAVIEZ-VOUS?

**EN CHINE, L'APPROVISIONNEMENT EN ÉLECTRICITÉ A QUADRUPLE DEPUIS 2000. CELA ÉQUIVAUT À L'AJOUT DE SIX FOIS LA PRODUCTION CANADIENNE D'ÉLECTRICITÉ.**

## TYPES DE RÉACTEURS DE PUISSANCE EXPLOITÉS DANS LE MONDE

Les réacteurs CANDU ne sont que l'un des nombreux types de réacteurs de puissance exploités à l'heure actuelle dans le monde.

La concentration de l'uranium utilisé comme combustible, ainsi que le modérateur et le caloporteur employés dans le cœur, varient selon le type de réacteurs.

Le type de réacteur le plus courant dans le monde est le réacteur à eau sous pression – 290 des 446 réacteurs nucléaires de puissance actuellement en exploitation dans le monde.

### DIFFÉRENCES ENTRE LES DIVERS TYPES DE RÉACTEURS

TYPE DE RÉACTEUR	COMBUSTIBLE	MODÉRATEUR	CALOPORTEUR	NOMBRE
Réacteur à eau sous pression	UO <sub>2</sub> enrichi	Eau	Eau	290
Réacteur à eau bouillante	UO <sub>2</sub> enrichi	Eau	Eau	78
Réacteur à eau lourde sous pression	UO <sub>2</sub> naturel	Eau lourde	Eau lourde	46
Réacteur à eau ordinaire modéré au graphite	UO <sub>2</sub> enrichi	Graphite	Eau	15
Réacteur refroidi par gaz	U naturel, UO <sub>2</sub> enrichi	Graphite	Dioxyde de carbone	14
Réacteur surgénérateur à neutrons rapides	PuO <sub>2</sub> et UO <sub>2</sub>	Aucun	Sodium fondu	3

LE SAVIEZ-VOUS ?

**LES RÉACTEURS À EAU SOUS PRESSION REPRÉSENTENT ENVIRON LES DEUX TIERS DES RÉACTEURS DE PUISSANCE À L'HEURE ACTUELLE. C'EST AUX ÉTATS-UNIS, EN FRANCE, AU JAPON, EN RUSSIE ET EN CHINE QU'ILS SONT LE PLUS FRÉQUEMMENT UTILISÉS.**

**SOURCE** | ASSOCIATION NUCLÉAIRE MONDIALE (WNA – WORLD NUCLEAR ASSOCIATION).  
« Nuclear Power Reactors (les réacteurs nucléaires de puissance) ». 2016,  
[www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-power-reactors/nuclear-power-reactors.aspx](http://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-power-reactors/nuclear-power-reactors.aspx).

## LES PETITS RÉACTEURS MODULAIRES

Les petits réacteurs modulaires (PRM) sont des appareils modernes dont la conception permet de les construire économiquement dans des conditions similaires à celles d'une usine (plutôt qu'entièrement sur place). Leur puissance est de l'ordre d'environ 10 à 300 MWé.

Parmi les possibilités que présentent les PRM au Canada, mentionnons la production d'électricité pour des collectivités éloignées ou plus petites et la production de chaleur industrielle pour l'industrie primaire (p. ex. le Cercle de feu de l'Ontario ou les sables bitumineux de l'Alberta).

Le déploiement de PRM au Canada permettrait de réduire considérablement les émissions de gaz à effet de serre, puisque la production de diesel et d'autres combustibles fossiles serait remplacée par le nucléaire.

En fonction de la participation du Canada au développement et au déploiement de cette technologie, les PRM sont également susceptibles d'avoir une incidence socioéconomique positive au pays.

Plus de 45 types de PRM sont en cours de développement à l'heure actuelle et quatre d'entre eux sont déjà en construction en Argentine, en Russie et en Chine.



DIAGRAMME DU PRM DE WESTINGHOUSE

**PHOTO** | Compagnie d'électricité Westinghouse SARL

**SOURCE** | AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE. « Small and Medium Sized Reactors (SMRs) Development, Assessment and Deployment [développement, évaluation et déploiement de réacteurs de petite et moyenne tailles] ». 2014, [www.iaea.org/NuclearPower/SMR/](http://www.iaea.org/NuclearPower/SMR/).

HATCH. « Ontario Ministry of Energy – SMR Deployment Feasibility Study [étude de faisabilité du ministère de l'Énergie de l'Ontario sur les PRM [petits réacteurs modulaires]] ». 2016, p. 6.

LES DÉCHETS  
**RADIOACTIFS**  
ET LES MOYENS DE TRANSPORT



## LES DÉCHETS RADIOACTIFS

Toutes les matières solides issues d'activités de postproduction, ainsi que tous les liquides ou gaz émettant un rayonnement, sont considérés comme des déchets radioactifs.

Ces déchets proviennent de l'activité industrielle générée par les mines d'uranium, les usines de concentration, les centrales nucléaires, les installations de recherche et les installations de soins de santé.

Il existe quatre catégories de déchets radioactifs :

**Les déchets radioactifs de faible activité (DRFA)** comprennent des articles comme des têtes de balai à franges, des chiffons, des gants et d'autres vêtements de protection susceptibles d'avoir été contaminés pendant leur utilisation au travail. Au Canada, plus de 98 % des déchets radioactifs sont des DRFA.

**Les déchets radioactifs de moyenne activité (DRMA)** comprennent des articles qui ont été en contact plus direct avec des matières radioactives telles que des résines échangeuses d'ions ou les composants d'un réacteur.

**Les déchets radioactifs de haute activité (DRHA)** consistent en du combustible irradié. Ce type de déchet est généré par des centrales nucléaires et est fortement radioactif.

**Les déchets radioactifs en provenance de mines d'uranium et d'usines de concentration** se composent de débris de roche issus de l'extraction minière d'uranium et de stériles issus des procédés de concentration de l'uranium. Un débris de roche est simplement un matériel rocheux qui a été extrait d'une mine afin de pouvoir accéder au minerai d'uranium. Les stériles sont ce qui reste du minerai une fois que l'on en a extrait l'uranium à l'aide de procédés chimiques.

## LES DÉCHETS RADIOACTIFS AU CANADA

CATÉGORIE DE DÉCHETS	STOCKS À LA FIN DE 2013
Déchets radioactifs de faible activité	2 352 672 m <sup>3</sup>
Déchets radioactifs de moyenne activité	34 770 m <sup>3</sup>
Déchets radioactifs de haute activité	10 021 m <sup>3</sup>
Débris de roche	179 000 000 tonnes
Stériles en provenance d'usines de concentration	216 000 000 tonnes

**SOURCE** | LABORATOIRES NUCLÉAIRES CANADIENS. BUREAU DE GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS DE FAIBLE ACTIVITÉ. « 2013 Inventory Summary Report (rapport sommaire sur les stocks de déchets radioactifs en 2013) ». 2015, p. 3.

## LE COMBUSTIBLE IRRADIÉ

L'expression « combustible nucléaire irradié » désigne le combustible retiré d'un réacteur nucléaire après utilisation.

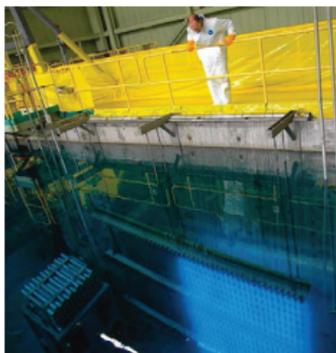
On retire les grappes de combustible du réacteur lorsque la concentration de  $^{235}\text{U}$  à l'intérieur devient trop faible pour entretenir une réaction de fission au niveau de puissance souhaité.

Le combustible retiré du réacteur est immergé dans une piscine de stockage pendant 7 à 10 ans, le temps qu'il refroidisse et que sa radioactivité diminue.

Après environ un an, les grappes de combustible nucléaire émettent moins de 0,1 % de la chaleur qu'elles dégageaient dans le réacteur.

Une fois les grappes suffisamment refroidies, on les transfère dans un grand silo de stockage à sec en béton qui les protège tout en confinant le rayonnement et où elles continuent de refroidir.

Le combustible irradié peut être recyclé et réutilisé, mais le Canada n'a pas adopté cette pratique. Plusieurs programmes nucléaires recyclent le combustible avec succès, notamment en France.



TRAVÉE DE COMBUSTIBLE IRRADIÉ À LA CENTRALE BRUCE B

LE SAVIEZ-VOUS?

**SEULEMENT 1 % ENVIRON DE L'ÉNERGIE POTENTIELLE DE L'URANIUM EST CONSOMMÉE AVANT LE RETRAIT DU COMBUSTIBLE DU RÉACTEUR. ON PEUT RECYCLER LE COMBUSTIBLE IRRADIÉ EN VUE DE LE RÉUTILISER COMME CELA SE FAIT DANS D'AUTRES PAYS. C'EST POURQUOI LES SCIENTIFIQUES NE CONSIDÈRENT PAS LE COMBUSTIBLE IRRADIÉ COMME UN « DÉCHET ».**

## LA GESTION DU COMBUSTIBLE IRRADIÉ

Au Canada, tout le combustible nucléaire irradié est placé dans des installations de stockage autorisées.

Des mesures de sécurité rigoureuses sont mises en œuvre afin que les grappes de combustible irradié stockées ne présentent aucun danger pour la santé de la population.

Le stockage du combustible nucléaire irradié est géré par l'entreprise de services publics et les laboratoires qui en sont propriétaires. Il est réglementé, autorisé et surveillé de près par la Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN) en étroite collaboration avec l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA).

La Société de gestion des déchets nucléaires (SGDN) gère le stockage à long terme du combustible nucléaire irradié au Canada.



CONTENEUR D'ENTREPOSAGE DU COMBUSTIBLE IRRADIÉ

LE SAVIEZ-VOUS?

**LE NUCLÉAIRE GÉNÈRE TRÈS PEU DE DÉCHETS. TELLEMENT PEU, DE FAIT, QUE SI TOUTE L'ÉLECTRICITÉ QUE VOUS CONSOMMEZ AU COURS DE VOTRE VIE ÉTAIT PRODUITE À PARTIR DE NUCLÉAIRE, LES DÉCHETS TIENDRAIENT DANS UNE CANNETTE DE BOISSON GAZEUSE.**

PHOTO | Ontario Power Generation

## LA SOCIÉTÉ DE GESTION DES DÉCHETS NUCLÉAIRES

En 2002, la Société de gestion des déchets nucléaires (SGDN) a été créée afin de mettre au point une méthode pour le stockage à long terme du combustible nucléaire irradié du pays.

En 2007, le gouvernement du Canada a approuvé la méthode recommandée par la SGDN, soit la gestion adaptative progressive. La SGDN met actuellement en œuvre cette méthode.

L'objectif final de la gestion adaptative progressive consiste à centraliser le confinement et l'isolement du combustible nucléaire irradié dans une formation rocheuse appropriée.

Le processus de sélection d'un site pour le dépôt géologique en profondeur (DGP) a été conçu de sorte que, par-dessus tout, le lieu choisi permette d'assurer la sûreté et la sécurité.

En outre, le site choisi se situera dans une zone où l'hôte sera disposé à l'accueillir en toute connaissance de cause.

Une série de mesures et de points de décision modulables selon les besoins permettront d'atteindre l'objectif final :

- Les citoyens participeront à la mise en œuvre pendant toute sa durée et auront l'occasion d'exprimer leur opinion.
- Ce plan nécessite que le combustible irradié soit accessible et récupérable pendant toute la durée de sa mise en œuvre.

La gestion adaptative progressive prévoit des garanties financières – comme l'exige la loi – et un financement soutenu du programme afin d'assurer que l'on disposera des fonds nécessaires pour le stockage à long terme du combustible irradié.

LE SAVIEZ-VOUS?

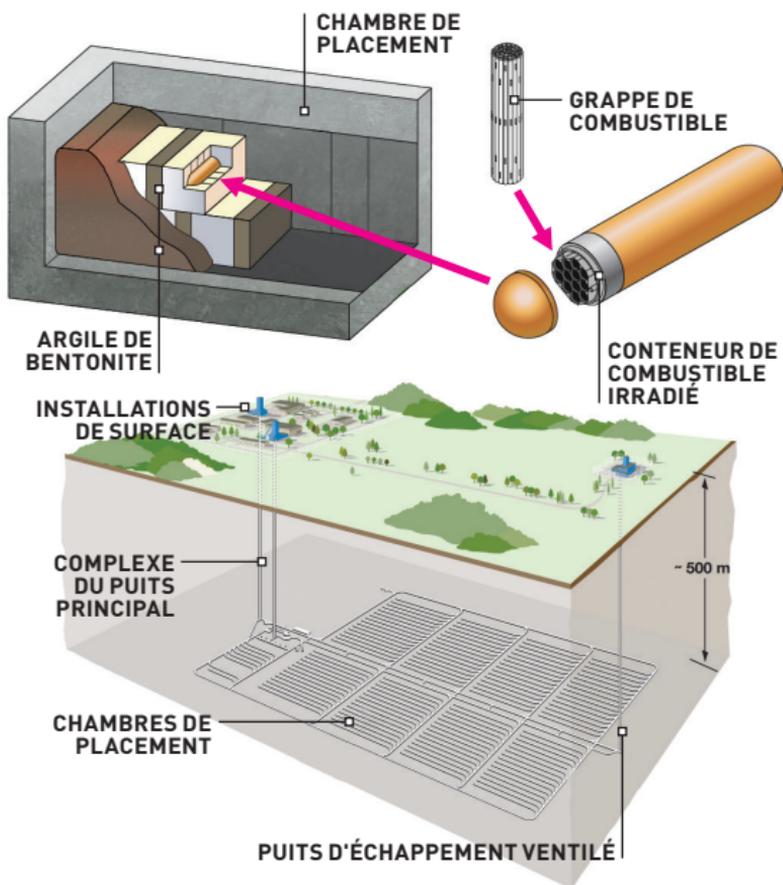
**LE COÛT DE LA GESTION DES FUTURS DÉCHETS NUCLÉAIRES EST DÉJÀ PRIS EN CHARGE AU MOMENT DE LA PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ. EN VERTU DE LA LOI SUR LES DÉCHETS DE COMBUSTIBLE NUCLÉAIRE, LES SOCIÉTÉS QUI GÉNÈRENT DU COMBUSTIBLE IRRADIÉ SONT TENUES DE CONTRIBUER À UN FONDS EN FIDUCIE AFIN DE GARANTIR QUE L'ON DISPOSERA DES FONDS NÉCESSAIRES POUR LA GESTION À LONG TERME DU COMBUSTIBLE NUCLÉAIRE IRRADIÉ.**

## DÉPÔT GÉOLOGIQUE EN PROFONDEUR

Le combustible nucléaire irradié stocké dans le DGP sera placé dans un conteneur sécuritaire à 500 mètres sous la surface du sol.

Grâce aux conteneurs de haute technologie et à la protection assurée par la formation géologique, ni le public ni l'environnement ne seront exposés au rayonnement.

### DIAGRAMME D'UN DGP



## LES MOYENS DE TRANSPORT

Chaque année, dans le monde, environ 10 millions de cargaisons de matières radioactives transitent par les réseaux routiers, ferroviaires et portuaires.

Le Canada possède une vaste expérience quant au transport des matières faisant partie du cycle du combustible nucléaire – y compris en ce qui concerne le transport du minerai d'uranium, des grappes de combustible, de l'eau tritiée et du combustible irradié. Il en va de même pour le transport d'autres matières telles que les radio-isotopes.

Voici quelques-unes des mesures qui contribuent à la gestion sûre des matières radioactives :

- Ingénierie des véhicules et des contenants assurant la sûreté
- Personnel dûment qualifié et formé au fait de procédures rigoureuses
- Reddition des comptes et suivi des stocks
- Organismes de réglementation professionnels indépendants
- Analyse et examen attentifs des incidents

Le transport sécuritaire des matières nucléaires est sous la responsabilité commune de la Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN) et de Transports Canada.

À ce jour, au Canada, aucun cas d'accident pendant le transport, ayant généré des émissions radioactives susceptibles d'être nocives pour la santé ou l'environnement, n'a jamais été recensé.

LE SAVIEZ-VOUS?

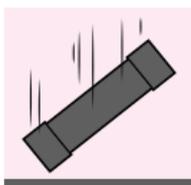
**SEULEMENT 3 % DES CARGAISONS DE MATIÈRES RADIOACTIVES SONT LIÉES AU CYCLE DU COMBUSTIBLE NUCLÉAIRE. LE RESTE SE RATTACHE À DES DOMAINES TELS QUE LA MÉDECINE, LA RECHERCHE, L'AGRICULTURE, LA FABRICATION ET LES ESSAIS NON DESTRUCTIFS.**

## TYPES DE COLIS

Pour l'emballage des matières radioactives, le Canada a adopté les normes de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), qui reposent sur les caractéristiques des matières qu'ils renferment :

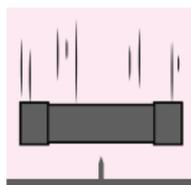
- Les contenants industriels ordinaires suffisent pour les matières de faible activité, comme le minerai d'uranium.
- Les colis de type A sont conçus pour résister à des accidents mineurs et servent au transport de matières de moyenne activité, comme les radio-isotopes.
- Les colis de type B sont des châteaux de transport robustes et très sécuritaires utilisés pour le transport de combustible irradié et de déchets fortement radioactifs. Ces colis doivent être soumis à des essais rigoureux, notamment des épreuves de chute libre, des épreuves de perforation, des épreuves thermiques, des épreuves d'immersion.

### ÉPREUVES AUXQUELLES SONT SOUMIS LES COLIS DE TYPE B



#### ÉPREUVE DE CHUTE LIBRE

Chute d'une hauteur de 9 mètres (30 pieds) sur une surface rigide



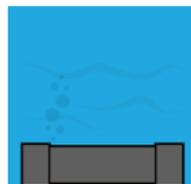
#### ÉPREUVE DE PERFORATION

Chute d'une hauteur de 1 mètre (40 pouces) sur une tige d'acier



#### ÉPREUVE THERMIQUE

Exposition à un brasier d'une température de 800° C (1475° F) pendant 30 minutes



#### ÉPREUVE D'IMMERSION

Immersion sous l'eau pendant 8 heures

LA SCIENCE ET LA TECHNOLOGIE  
**NUCLÉAIRE**



## LA SCIENCE ET LA TECHNOLOGIE NUCLÉAIRE

La science et la technologie nucléaire font partie intégrante de notre capacité de génie et de fabrication du pays. C'est pourquoi le gouvernement du Canada et l'industrie nucléaire canadienne investissent depuis longtemps dans le domaine.

À la grandeur du pays, des initiatives de recherche menées dans les laboratoires et les universités ou sur le site des réacteurs de recherche soutiennent notamment la production d'électricité abordable, le perfectionnement de produits, la prestation de services médicaux et la formation.

Le Canada est depuis toujours un chef de file de la recherche nucléaire. D'ailleurs, quatre chercheurs ont remporté des prix Nobel pour leurs travaux dans le domaine réalisés au Canada :

- **Ernest Rutherford** en 1908 pour ses travaux menés à l'Université McGill sur la désintégration radioactive.
- **Richard E. Taylor** en 1990 pour les premières découvertes sur les quarks en physique des particules.
- **Bertram N. Brockhouse** en 1994 pour la mise au point de nouvelles techniques de diffusion neutronique.
- **Arthur B. McDonald** en 2015 pour la découverte des oscillations de neutrinos, qui montre que les neutrinos ont une masse.

D'un bout à l'autre du Canada, la technologie nucléaire joue un rôle important dans presque tous les domaines techniques, par exemple :

- Électronique et développement des matériaux de pointe
- Extraction minière et ressources naturelles
- Médecine nucléaire
- Produits pharmaceutiques et instruments médicaux
- Science de la Terre et archéologie
- Technologie de l'aérospatiale et de l'automobile
- Technologie environnementale
- Transformation des aliments

## MÉDECINE NUCLÉAIRE

L'utilisation de substances radioactives (appelées « radio-isotopes ») pour diagnostiquer diverses maladies et traiter certains cancers constitue l'une des applications les plus utiles de la technologie nucléaire.

Chaque année, plus de 40 millions de procédures de médecine nucléaire sont pratiquées.

Des radio-isotopes sont produits dans des réacteurs et cyclotrons nucléaires.

### FONCTIONNEMENT DE LA MÉDECINE NUCLÉAIRE

#### Diagnostic

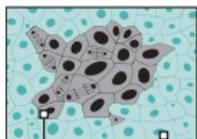
Les radio-isotopes injectés dans le corps du patient s'accumulent dans des tissus importants, par exemple des organes, ou dans une tumeur. Le rayonnement qu'ils émettent est capté par un détecteur à l'extérieur du corps, ce qui aide à poser un diagnostic.

#### Traitement

Les radio-isotopes injectés dans le corps du patient s'accumulent dans la tumeur. Le rayonnement qu'ils émettent détruit les cellules cancéreuses, tout en permettant la guérison des tissus sains.

### TRAITEMENT EFFICACE D'UN CANCER

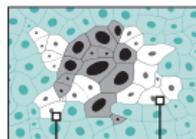
AVANT LE  
TRAITEMENT



CELLULE  
CANCÉREUSE

CELLULE  
NORMALE

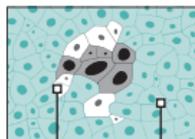
DÉBUT DU  
TRAITEMENT



CELLULE  
CANCÉREUSE  
MOURANTE

CELLULE  
NORMALE  
ENDOMMAGÉE

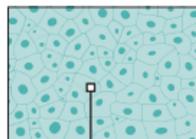
POURSUITE DU  
TRAITEMENT



LES CELLULES  
CANCÉREUSES  
MEURENT

LES CELLULES  
NORMALES SE  
RÉGÈNÈRENT

FIN DU  
TRAITEMENT



LES CELLULES  
NORMALES  
REMPLENT  
LES CELLULES  
CANCÉREUSES

## LES RADIO-ISOTOPES

Les atomes se présentent souvent sous différentes formes appelées « isotopes », dont certains ont un nombre inférieur ou supérieur de neutrons.

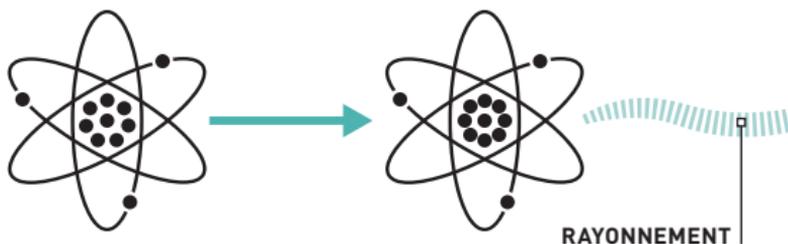
Ce déséquilibre neutronique rend parfois l'atome instable. L'atome se transforme (ou se désintègre) pour devenir stable et, ce faisant, émet un rayonnement. On parle alors de « radio-isotope ».

Certains radio-isotopes se désintègrent plus rapidement que d'autres. Les radio-isotopes ayant une courte période radioactive se désintègrent vite.

### DÉCROISSANCE RADIOACTIVE

RADIO-ISOTOPE INSTABLE

ISOTOPE STABLE



### RADIO-ISOTOPES COURAMMENT UTILISÉS EN MÉDECINE

RADIO-ISOTOPE	PÉRIODE RADIOACTIVE	APPLICATIONS COURANTES
Cobalt 60	5,27 ans	Traitement anticancéreux en radiothérapie externe
Fluor 18	109,77 minutes	Diagnostic de cancers par tomographie par émission de positrons au fluorodésoxyglucose (FDG)
Iode 131	8,02 jours	Diagnostic et traitement de troubles et du cancer de la thyroïde
Technétium 99m	6,0058 heures	Diagnostic de troubles des os et de la tête, de tumeurs cérébrales et d'autres types de cancer

## APPLICATIONS INDUSTRIELLES DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE NUCLÉAIRE

L'industrie emploie diverses techniques faisant appel à la technologie nucléaire pour assurer l'intégrité de composants mécaniques importants sans les endommager. Il s'agit d'une forme d'essais non destructifs.

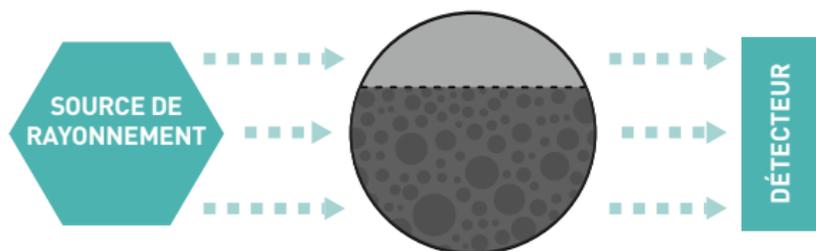
Les neutrons très énergétiques peuvent pénétrer l'acier massif à une profondeur d'environ 50 cm et ainsi donner une image de tuyaux épais et même de moteurs entiers ou simuler leur réponse à la contrainte. Ce type de test est essentiel pour s'assurer que de nombreux articles courants sont sûrs.

L'imagerie nucléaire peut aussi être appliquée dans une jauge, par exemple pour voir dans quelle mesure un tuyau ou un silo est plein.



JAUGE DE DENSITÉ HUMBOLDT

### DIAGRAMME D'UNE JAUGE DE DENSITÉ



## APPLICATIONS DE L'IMAGERIE NUCLÉAIRE



### **Aérospatiale**

Examen de l'intégrité structurelle des composants essentiels d'un avion tels que les rotors, les ailes et le train d'atterrissage afin de réduire le risque de défaillance en vol.



### **Appareils médicaux**

Détection d'irrégularités sur la structure de surface d'implants médicaux (p. ex. stimulateurs cardiaques) afin de les améliorer et d'assurer une plus grande compatibilité avec le corps humain.



### **Automobile**

Examen de la structure moléculaire des moteurs, afin de pouvoir améliorer les procédés de fabrication, dans le but de réduire les malfaçons et d'accroître la fiabilité.



### **Produits pharmaceutiques**

Mise au point de systèmes de libération de médicaments pour les produits pharmaceutiques qui peuvent atténuer les effets secondaires et augmenter l'efficacité.



### **Ressources naturelles**

Approfondissement de l'analyse des conduits et d'autres éléments constitutifs de gaz, afin de réduire les malfaçons et d'accroître le rendement de l'industrie en matière environnementale et de santé humaine.

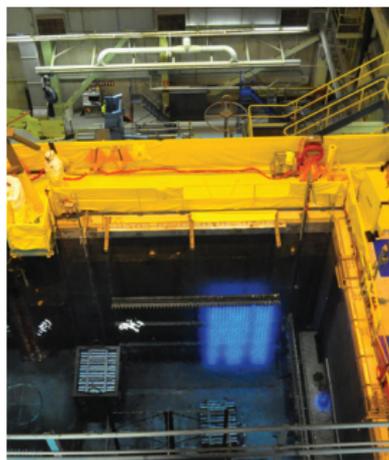
## AGRICULTURE, ALIMENTS ET SANTÉ

Le rayonnement émis par les sources nucléaires est largement utilisé pour stériliser une bonne partie des aliments et des produits que nous consommons à l'heure actuelle.

Les rayons gamma émis par des sources puissantes tuent des bactéries et éliminent d'autres menaces, tout en assurant l'innocuité du produit, qui demeure sûr et inchangé.

Le cobalt 60 est la principale source de rayonnement utilisée pour la stérilisation. Il sert également pour la radiothérapie, mais le rayonnement produit par les accélérateurs linéaires commence à le remplacer pour cette application.

Pour produire le cobalt 60, on expose des « crayons » de cobalt 59, l'isotope non radioactif de cet élément, à une forte dose de rayonnement neutronique à l'intérieur d'un réacteur.



PRODUCTION DE COBALT 60

LE SAVIEZ-VOUS?

**PRESQUE TOUT L'APPROVISIONNEMENT MONDIAL EN COBALT 60 EST PRODUIT PAR DES RÉACTEURS CANDU, NOTAMMENT AUX CENTRALES PICKERING ET BRUCE POWER.**

## APPLICATIONS DE LA STÉRILISATION PAR RAYONNEMENT



### Agriculture

Amélioration du rendement des cultures et de la résistance aux ravageurs, grâce à l'introduction de modifications génétiques. Cette technique a permis de sauver des centaines de millions de vies en Amérique du Sud, en Asie et en Afrique.



### Aliments

Élimination de pathogènes dangereux (bactéries, virus, champignons et insectes y compris) pour réduire l'empoisonnement alimentaire et retarder la détérioration des aliments.



### Fournitures médicales

Stérilisation des instruments chirurgicaux et de fournitures médicales jetables – seringues, gants, tubes, fils de suture, etc.



### Produits de santé et de beauté

Stérilisation d'une gamme de produits cosmétiques, de verres de contact et d'autres articles personnels.



### Traitement du cancer

Utilisation des rayons gamma émis par le cobalt 60 pour détruire les cellules cancéreuses, qui sont plus sensibles au rayonnement que les cellules saines – l'une des technologies les plus utilisées en radiothérapie externe à l'échelle mondiale.

## CENTRES DE RECHERCHE NUCLÉAIRE

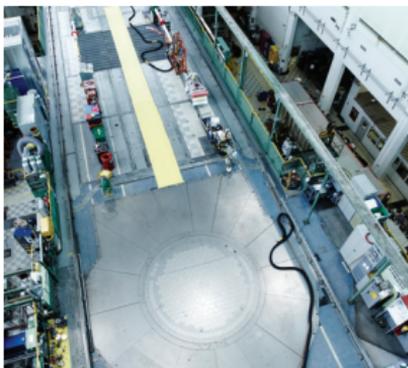
Les centres de recherche nucléaire sont des installations clés pour promouvoir la science et la technologie nucléaire.

Le Canada compte 12 grands centres de recherche, soit sept utilisant des réacteurs de recherche et cinq des cyclotrons.

Les Laboratoires de Chalk River (LCR), détenus par Énergie atomique du Canada Limitée (EACL) et exploités par Laboratoires Nucléaires Canadiens (LNC), sont le principal centre de recherche nucléaire du Canada.

- Les LCR comptent plusieurs installations nucléaires, dont le réacteur national de recherche universel (NRU – National Research Universal) et le réacteur ZED 2, en plus d'autres installations et laboratoires qui soutiennent l'innovation en matière de sûreté, de sécurité, de santé, d'environnement et d'énergie propre.
- Le réacteur national de recherche universel (NRU – National Research Universal) est le plus puissant du Canada et le troisième plus puissant du monde. Il génère notamment des neutrons aux fins d'essais de matériaux et il produit des radio-isotopes aux fins de diagnostic et de traitement de maladies.

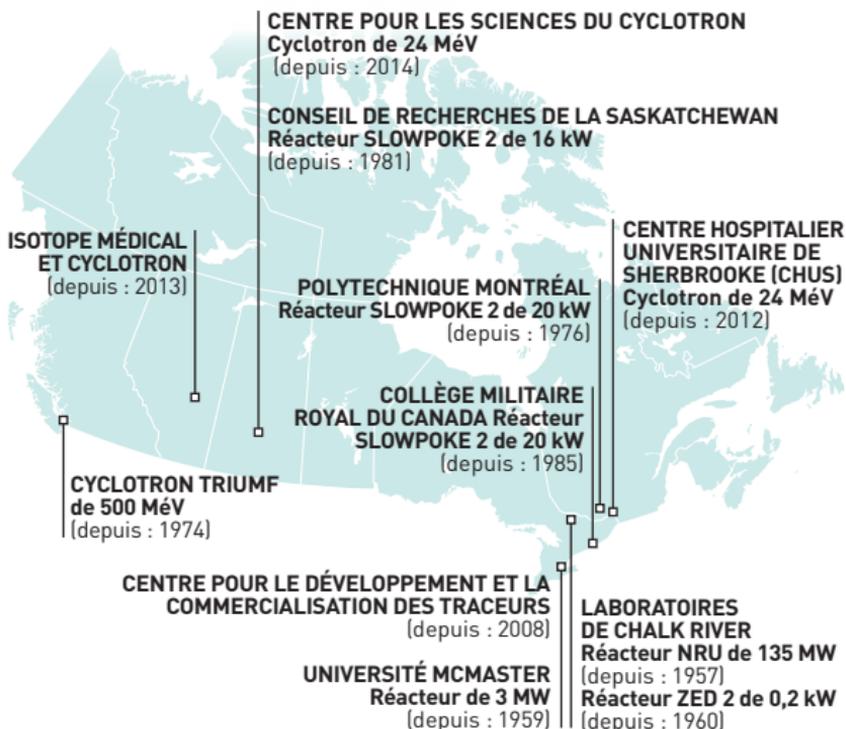
TRIUMF exploite le plus puissant cyclotron du monde, ce qui permet de mener des recherches en physique atomique et de mettre au point de nouveaux procédés de fabrication de radio-isotopes.



RÉACTEUR NRU

## EMPLACEMENT DES CENTRES DE RECHERCHE NUCLÉAIRE AU CANADA

### CARTE DE RÉPARTITION DES CENTRES DE RECHERCHE NUCLÉAIRE



À L'INTÉRIEUR DU CYCLOTRON TRIUMF

PHOTO | TRIUMF

## RECHERCHE SUR LA FUSION THERMONUCLÉAIRE

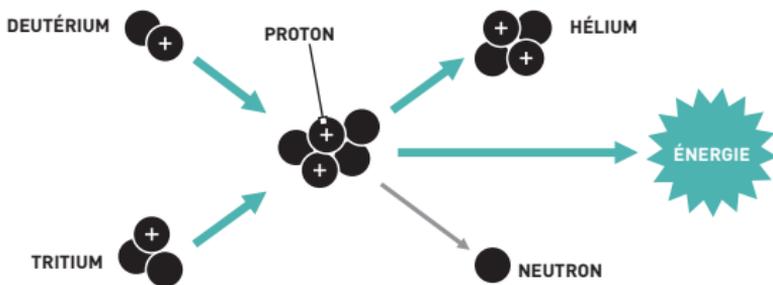
La fusion produit une forme d'énergie nucléaire qui permet de libérer d'énormes quantités de chaleur en provoquant l'union de noyaux atomiques. Il s'agit essentiellement du contraire de la fission, processus dans lequel les atomes se divisent.

Dans le Soleil, la gravité crée les conditions propices à la fusion. Ici, sur la Terre, la difficulté consiste à créer les mêmes conditions en utilisant des champs magnétiques et l'inertie.

L'un des combustibles les plus efficaces pour produire une énergie de fusion est un mélange d'isotopes lourds de l'hydrogène (deutérium et tritium), ce qui signifie que l'eau pourrait devenir une importante source de combustible.

En plus de disposer d'une source de combustible abondante, la fusion pourrait devenir un mode de production d'énergie relativement propre et générer des déchets ayant une période radioactive relativement courte.

### LA FUSION THERMONUCLÉAIRE



LE SAVIEZ-VOUS?

LA RECHERCHE SUR LA FUSION MENÉE DEPUIS DES DIZAINES D'ANNÉES A PERMIS DE RÉALISER RÉCEMMENT DES PROGRÈS FORMIDABLES, ENTRE AUTRES AU SEIN D'ÉTABLISSEMENTS CANADIENS. LA COMMERCIALISATION DE CETTE TECHNOLOGIE RENDRAIT POSSIBLE UNE EFFICACITÉ RÉVOLUTIONNAIRE EN CE QUI A TRAIT À LA CAPACITÉ DE PRODUIRE DE L'ÉLECTRICITÉ, BIEN AU-DELÀ DE CE QUE LA FISSION A DÉJÀ PERMIS DE FAIRE.

# LE NUCLÉAIRE

## ET L'ÉCONOMIE



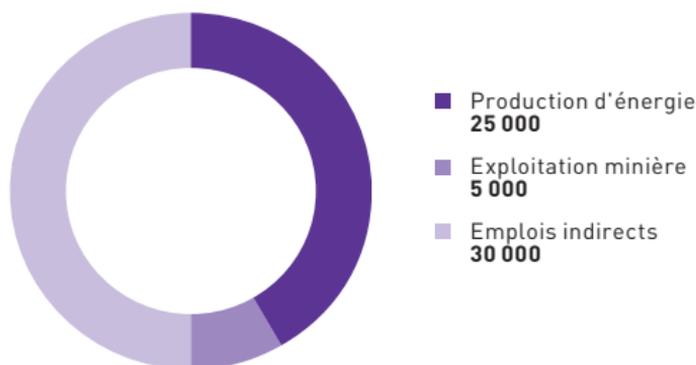
## LE NUCLÉAIRE ET L'ÉCONOMIE

La technologie nucléaire fait partie intégrante de toute économie avancée. Elle vient à l'appui de divers domaines : médecine, science des matériaux, fabrication de pointe, salubrité des aliments et production d'électricité.

L'industrie nucléaire canadienne injecte plus de six milliards de dollars par an dans l'économie canadienne et elle offre des emplois sûrs et bien rémunérés.

La production d'énergie nucléaire procure 60 000 emplois directs et indirects aux Canadiens.

### EMPLOIS SOUTENUS PAR LE NUCLÉAIRE AU CANADA



### CROISSANCE VERTE DU PIB

Les pays dont l'économie est en forte croissance, comme la Chine, l'Inde et le Brésil, doivent augmenter rapidement la production d'électricité de base.

Le nucléaire et le charbon sont généralement privilégiés dans ces scénarios de croissance. Or, le choix entre ces deux filières a d'importantes répercussions environnementales.

**SOURCE** | MANUFACTURIERS ET EXPORTATEURS DU CANADA. « Nuclear: A Canadian Strategy for Energy, Jobs, and Innovation (le nucléaire : une stratégie canadienne en matière d'énergie, d'emploi et d'innovation) ». 2012, p. 7.

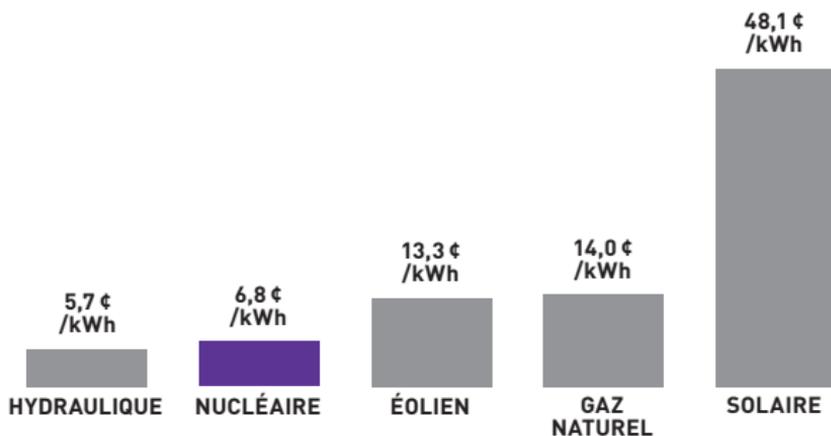
## COÛT DE L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE

Le nucléaire demeure l'une des filières de production d'électricité les plus abordables dans le monde.

Les centrales nucléaires nécessitent un investissement initial élevé, mais leur longue durée de vie et leurs faibles coûts de combustible, d'exploitation et d'entretien permettent de produire de l'électricité de façon économique à long terme.

En Ontario, seule l'énergie hydraulique a un coût plus faible par kilowattheure que le nucléaire. Le gaz naturel et l'éolien coûtent deux fois plus cher que le nucléaire, et le solaire plus de sept fois plus.

### COÛT SELON LA SOURCE D'ÉNERGIE EN ONTARIO, EN 2016



LE SAVIEZ-VOUS?

ENVIRON 60 % DU COÛT DU NUCLÉAIRE EST ATTRIBUABLE À LA CONSTRUCTION DES INSTALLATIONS. PAR LA SUITE, LES COÛTS DE COMBUSTIBLE ET D'ENTRETIEN SONT EXTRÊMEMENT BAS, CE QUI PERMET D'ASSURER LA STABILITÉ DU COÛT DE L'ÉLECTRICITÉ PENDANT LA DURÉE DE VIE D'UNE CENTRALE, SOIT 60 ANS OU PLUS.

SOURCE | COMMISSION DE L'ÉNERGIE DE L'ONTARIO. « Regulated Price Plan: Price Report (grille tarifaire réglementée [GTR] : rapport sur les prix) ». 2016, p. 20.

## L'URANIUM ET L'ÉCONOMIE CANADIENNE

Le Canada occupe le deuxième rang mondial pour la production d'uranium. Cameco et AREVA Resources Canada sont les principales sociétés qui exploitent des mines d'uranium au pays.

Au Canada, l'extraction de l'uranium et le traitement du combustible génèrent plus de 700 millions de dollars par an en salaires et avantages sociaux pour les entrepreneurs et employeurs.

Les exportations d'uranium injectent 1,2 milliard de dollars par an dans l'économie canadienne.

Le secteur de l'extraction de l'uranium est le principal employeur industriel pour les Autochtones en Saskatchewan.

### PRODUCTION DES MINES D'URANIUM DANS LE MONDE EN 2015

PAYS	TONNES D'U PRODUITES	% DE LA PRODUCTION MONDIALE
Kazakhstan	23 800	39 %
Canada	13 325	22 %
Australie	5 654	9 %
Niger	4 116	7 %
Russie	3 055	5 %
Namibie	2 993	5 %
Uzbekistan	2 385	4 %
Chine	1 616	3 %
États-Unis	1 256	2 %
Ukraine	1 200	2 %

LE SAVIEZ-  
VOUS ?

**ON A EXTRAIT PLUS D'URANIUM AU CANADA QUE DANS N'IMPORTE QUEL AUTRE PAYS – SOIT PRESQUE 500 000 TONNES OU LE CINQUIÈME DE LA PRODUCTION MONDIALE.**

**SOURCE** | ASSOCIATION NUCLÉAIRE MONDIALE (WNA – WORLD NUCLEAR ASSOCIATION).  
« World Uranium Mining Production [production mondiale des mines d'uranium dans le monde] ». 2016, [www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/mining-of-uranium/world-uranium-mining-production.aspx](http://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/mining-of-uranium/world-uranium-mining-production.aspx).

# LE RAYONNEMENT

LA SÛRETÉ NUCLÉAIRE  
ET LA RÉGLEMENTATION



## LE RAYONNEMENT

Le rayonnement est un type d'énergie qui se propage sous forme d'ondes ou de particules. Il est présent partout dans l'Univers, notamment dans les roches terrestres et dans l'espace lointain.

Le son, la lumière et la chaleur sont des types de rayonnement que les humains peuvent observer directement. D'autres types, comme les micro-ondes, les ondes radio et le rayonnement ionisant, ne peuvent être observés qu'indirectement.

Dans le contexte de l'énergie nucléaire, le terme « rayonnement » renvoie habituellement au rayonnement ionisant.

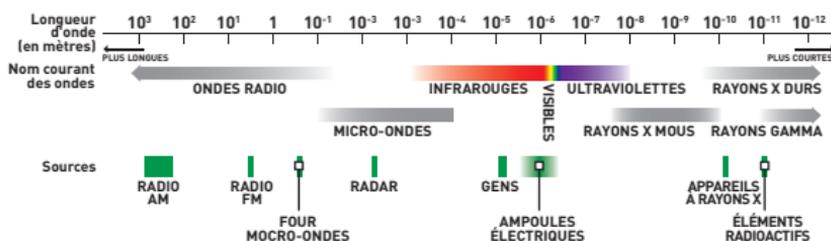
### LE RAYONNEMENT IONISANT

Un rayonnement ionisant est émis lors de la désintégration d'atomes, par exemple au cours d'une réaction de fission dans un réacteur nucléaire. Ce type de rayonnement très énergétique peut arracher des électrons aux atomes.

Partout dans l'Univers, un rayonnement ionisant est aussi émis de façon naturelle. On appelle « rayonnement naturel » le rayonnement de fond dans un endroit donné.

Dans le contexte de la sûreté nucléaire et de la santé humaine, les principaux types de rayonnement ionisant sont les particules alpha et bêta ainsi que les rayons gamma.

### LE SPECTRE ÉLECTROMAGNÉTIQUE



\* Les rayons X sont émis par des appareils et les rayons gamma par des éléments radioactifs. L'énergie des rayons X peut se situer dans la plage d'énergie des rayons gamma, mais uniquement dans les cas de radiothérapie intense.

## MESURE DU RAYONNEMENT

Il existe différentes façons de mesurer le rayonnement. Ainsi, un compteur Geiger permet de mesurer le rayonnement alpha, bêta ou gamma. On peut aussi mesurer des doses de rayonnement cumulatives à l'aide d'un dosimètre personnel.

Les effets biologiques varient selon le type de rayonnement ionisant. Pour tenir compte des différences, on mesure généralement ces effets en millisieverts (mSv).

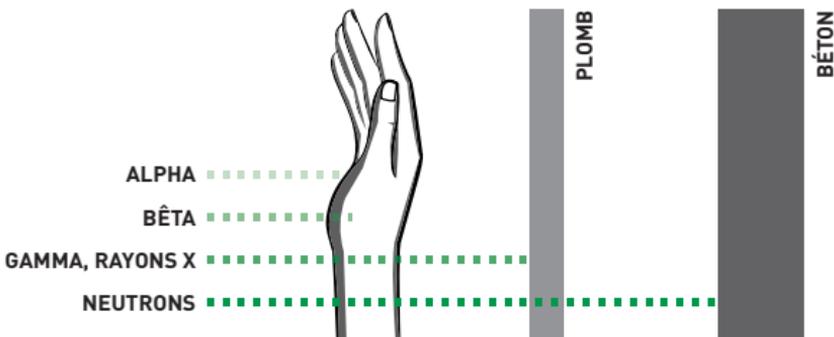
### LES EFFETS DU RAYONNEMENT IONISANT

Un rayonnement ionisant ne peut rendre radioactifs des atomes qui ne le sont pas au départ. C'est pourquoi on peut y avoir recours pour stériliser des aliments ou des fournitures médicales.

Toutefois, à forte dose, le rayonnement ionisant peut endommager des tissus sains et causer des maladies graves.

Personne n'a pu établir avec certitude un niveau de rayonnement inoffensif, mais l'état actuel de la recherche montre qu'une dose allant jusqu'à 100 mSv par an n'a aucun effet mesurable sur la santé humaine.

### ÉCRANS DE PROTECTION CONTRE LE RAYONNEMENT IONISANT



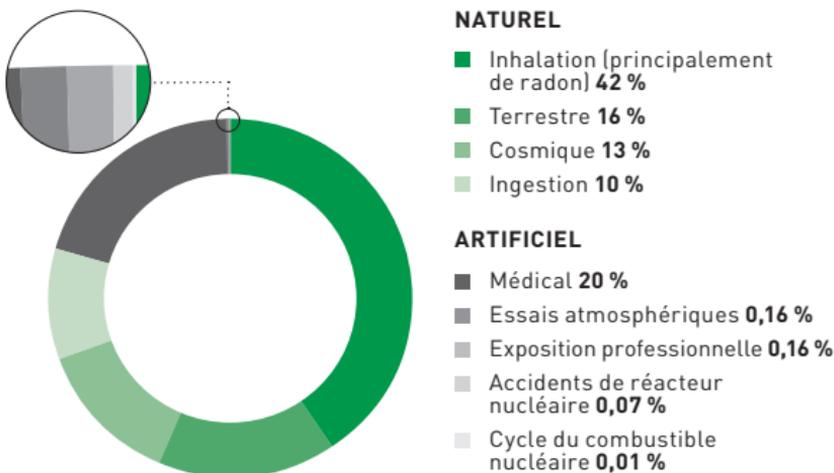
## RAYONNEMENT NATUREL

Le niveau de rayonnement naturel se chiffre à 2,4 mSv par an en moyenne à l'échelle mondiale, mais il peut varier considérablement d'un lieu à l'autre. Par exemple, dans la ville de Ramsar, en Iran, le rayonnement naturel peut atteindre 260 mSv par an, soit près de treize fois le maximum autorisé pour les travailleurs des installations nucléaires canadiennes.

La dose de rayonnement naturel reçue par les Canadiens représente en moyenne environ 1,8 mSv par an. Le niveau de rayonnement naturel varie de 1,3 mSv à Vancouver à environ 4,1 mSv à Winnipeg. La plus grande partie de ce rayonnement est émise par les roches dans le sol et le radon d'origine naturelle.

En général, le rayonnement émis par les réacteurs nucléaires canadiens ajoute moins de 0,1 % au rayonnement naturel à proximité de ces installations.

### SOURCES DE RAYONNEMENT DANS LE MONDE



**SOURCE** | COMMISSION CANADIENNE DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE. « Rayonnement naturel de fond ». 2013, <http://nuclearsafety.gc.ca/fra/resources/fact-sheets/natural-background-radiation.cfm>.

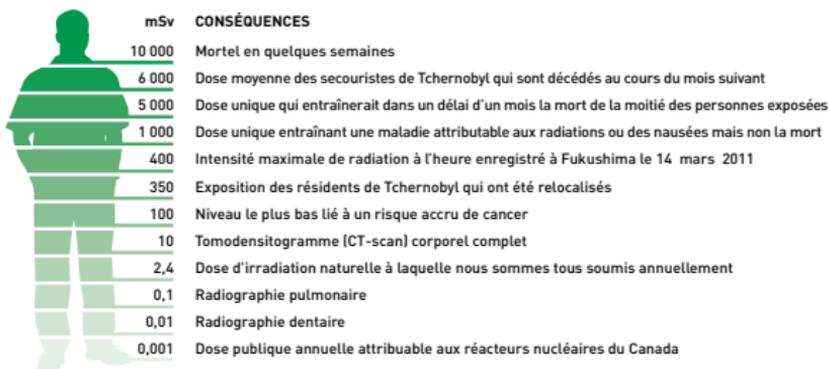
COMITÉ SCIENTIFIQUE DES NATIONS UNIES SUR LES EFFETS DES RAYONNEMENTS NUCLÉAIRES. « Sources and Effects of Ionizing Radiation: UNSCEAR 2008 Report (rapport 2008 du CSNUERN sur les sources et effets du rayonnement ionisant) ». 2010, p. 4

## EFFETS DU RAYONNEMENT SUR LE CORPS

Les faibles doses que nous recevons en raison du rayonnement naturel et des procédures médicales présentent peu de risque pour notre santé, mais une forte dose reçue en peu de temps peut s'avérer très dangereuse.

Une forte dose de rayonnement sur une courte période est associée à une situation extrême, par exemple celle des travailleurs d'urgence à Tchernobyl. Aucun incident entraînant des doses de cette ampleur n'est jamais survenu au Canada.

### DOSES DE RAYONNEMENT ET CONSÉQUENCES



LE SAVIEZ-VOUS?

**LA DOSE DE RAYONNEMENT QUE NOUS RECEVONS EN CONSOMMANT DES ALIMENTS EST PLUS DE 100 FOIS SUPÉRIEURE À CELLE QUI EST ATTRIBUABLE AUX CENTRALES NUCLÉAIRES CANADIENNES.**

## LA SÛRETÉ NUCLÉAIRE ET LA RÉGLEMENTATION

Le Programme électronucléaire du Canada a un bilan exemplaire dans lequel s'inscrivent plus de 50 ans de santé et de sécurité de ses travailleurs et du public, ce qui en fait un chef de file de l'industrie au niveau mondial.

Il existe de nombreuses couches de protection entre l'exploitation nucléaire, les employés, et les collectivités où se déroule ce type d'exploitation. Ces couches de protection permettent d'assurer la sécurité des travailleurs, des collectivités et de l'environnement, afin de les protéger contre les risques inhérents à une erreur humaine, à une défaillance matérielle ou à un risque externe (p. ex. un tremblement de terre).

La production d'énergie nucléaire est la seule technologie faisant l'objet d'une surveillance par un organisme international onusien, l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA).

En raison de cette étroite surveillance et d'une réglementation des plus rigoureuses, tant sur le plan national qu'international, la production d'énergie nucléaire est l'une des technologies les plus sûres et les plus sécuritaires au monde.



**YUKIYA AMANO, DIRECTEUR  
GÉNÉRAL DE L'AIEA**

LE SAVIEZ  
-VOUS?

**LA TECHNOLOGIE  
NUCLÉAIRE PRÉSENTE  
L'UN DES PLUS BAS  
TAUX DE BLESSURES  
OU D'ACCIDENTS  
MORTELS PAR UNITÉ  
D'ÉLECTRICITÉ PRODUITE.**

## LA COMMISSION CANADIENNE DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

La Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN) est un organisme de réglementation indépendant qui relève du Parlement par l'entremise du ministre des Ressources naturelles. Elle possède des pouvoirs quasi judiciaires, comparables à ceux d'une cour de justice, et peut imposer à des particuliers et à des organisations les sanctions prévues par la loi.

Le secteur nucléaire canadien est l'une des industries les plus surveillées et réglementées dans le monde.

### LE MANDAT DE LA CCSN

La CCSN a pour mandat de surveiller et de réglementer l'utilisation de l'énergie et des matières nucléaires afin de préserver la santé, la sûreté et la sécurité des Canadiens et de protéger l'environnement.

Elle surveille et réglemente le cycle complet du combustible nucléaire et les autres applications des matières nucléaires, notamment les mines, les usines de concentration et les installations de traitement de l'uranium, les usines de fabrication de combustible, les centrales nucléaires, les installations de stockage de déchets radioactifs, les installations de recherche nucléaire et les installations de traitement des substances nucléaires.



INSPECTION D'UNE CENTRALE NUCLÉAIRE EFFECTUÉE PAR LE CCSN

PHOTO | Commission canadienne de sûreté nucléaire

## LE RÔLE DE LA CCSN

Toute personne ou organisation qui souhaite posséder, utiliser, transporter ou stocker des matières nucléaires ou encore construire, exploiter, déclasser ou abandonner une installation nucléaire, y compris une centrale nucléaire, doit obtenir au préalable un permis auprès de la CCSN.

La CCSN honore les engagements internationaux du Canada à l'égard de l'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire.

Sur la scène internationale, la CCSN collabore depuis longtemps avec d'autres organismes dans le cadre de partenariats bilatéraux ou multilatéraux. La mise en commun des pratiques exemplaires et les examens par les pairs sont fréquents au sein de l'Agence internationale de l'énergie atomique et de l'Association mondiale des exploitants de centrales nucléaires (WANO – World Association of Nuclear Operators).

La CCSN évalue actuellement les nouveaux projets nucléaires proposés, notamment un projet de dépôt géologique en profondeur permettant le stockage de déchets nucléaires sur le site de Bruce; un projet d'installation de stockage de déchets près de la surface aux Laboratoires de Chalk River; un projet de déclassement sur place du réacteur nucléaire de démonstration (NPD – Nuclear Power Demonstration), à Rolphton, en Ontario; et un projet de déclassement du réacteur WR 1 aux Laboratoires de Whiteshell à Pinawa, Manitoba.

Le CCSN travaille également en collaboration avec le Bureau de gestion des grands projets du gouvernement fédéral, aux termes de Ressources naturelles Canada qui pilote ces grands projets portant sur les ressources naturelles.

LE SAVIEZ-VOUS?

**DES EMPLOYÉS DE LA CCSN TRAVAILLENT SUR LE SITE DE CHAQUE CENTRALE NUCLÉAIRE CANADIENNE.**

---

# LES RESSOURCES



## OUVRAGES CITÉS

ADMINISTRATION DE L'INFORMATION SUR L'ÉNERGIE (US EIA – ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION).

« International Energy Statistics (statistiques internationales sur l'énergie) ». 2016, [www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm?tid=2&pid=2&aid=12](http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm?tid=2&pid=2&aid=12).

ASSOCIATION NUCLÉAIRE MONDIALE (WNA – WORLD NUCLEAR ASSOCIATION). « World Nuclear Power & Uranium Requirements (besoins mondiaux en uranium et énergie nucléaire) ». 2016, [www.world-nuclear.org/information-library/facts-and-figures/world-nuclear-power-reactors-and-uranium-requireme.aspx](http://www.world-nuclear.org/information-library/facts-and-figures/world-nuclear-power-reactors-and-uranium-requireme.aspx).

STATISTIQUE CANADA. « Production de l'énergie électrique, selon la classe de producteur d'électricité ». 2016, <http://www5.statcan.gc.ca/cansim/a26?id=1270002&retrLang=fra&lang=fra>.

LE MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE DE L'ONTARIO. « Séquence de remise à neuf des centrales nucléaires ». 2015, <http://www.energy.gov.on.ca/fr/ltep/achieving-balance-ontarios-long-term-energy-plan/ltep-fig14/>.

LE CONFERENCE BOARD DU CANADA. « Poursuite de l'exploitation de la centrale nucléaire de Darlington : analyse de retombées sur l'économie de l'Ontario ». 2016, p. 12

GRUPE D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTAL SUR L'ÉVOLUTION DU CLIMAT. « Sources d'énergie renouvelables et atténuation du changement climatique ». 2011, p. 19.

STATISTIQUE CANADA. « Les ménages et l'environnement : utilisation de l'énergie ». 2015, <http://www.statcan.gc.ca/pub/11-526-s/2013002/part-partie1-fra.htm>.

COMMISSION EUROPÉENNE, CENTRE COMMUN DE RECHERCHE (CCR), AGENCE NÉERLANDAISE D'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE (PBL). « Trends in Global CO<sub>2</sub> Emissions: 2015 Report (rapport 2015 sur les tendances en matière d'émissions mondiales de CO<sub>2</sub>) ». 2015, p. 28-29.

MCDONALD, Robert, et coll. « Energy Sprawl or Energy Efficiency: Climate Policy Impacts on Natural Habitat for the United States of America (expansion ou efficacité énergétique : incidence de la politique climatique sur l'habitat naturel aux États-Unis) ». PLoS ONE, 2009.

ASSOCIATION NUCLÉAIRE MONDIALE (WNA – WORLD NUCLEAR ASSOCIATION). « Nuclear Power Reactors (les réacteurs nucléaires de puissance) ». 2016, [www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-power-reactors.aspx](http://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-power-reactors/nuclear-power-reactors.aspx).

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE. « Small and Medium Sized Reactors (SMRs) Development, Assessment and Deployment (développement, évaluation et déploiement de réacteurs de petite et moyenne tailles) ». 2014, [www.iaea.org/NuclearPower/SMR/](http://www.iaea.org/NuclearPower/SMR/).

HATCH. « Ontario Ministry of Energy – SMR Deployment Feasibility Study (étude de faisabilité du ministère de l'Énergie de l'Ontario sur les PRM (petits réacteurs modulaires)) ». 2016, p. 6.

LABORATOIRES NUCLÉAIRES CANADIENS. BUREAU DE GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS DE FAIBLE ACTIVITÉ. « 2013 Inventory Summary Report (rapport sommaire sur les stocks de déchets radioactifs en 2013) ». 2015, p. 3.

MANUFACTURIERS ET EXPORTATEURS DU CANADA. « Nuclear: A Canadian Strategy for Energy, Jobs, and Innovation (le nucléaire : une stratégie canadienne en matière d'énergie, d'emploi et d'innovation) ». 2012, p. 7.

COMMISSION DE L'ÉNERGIE DE L'ONTARIO. « Regulated Price Plan: Price Report (grille tarifaire réglementée [GTR] : rapport sur les prix) ». 2016, p. 20.

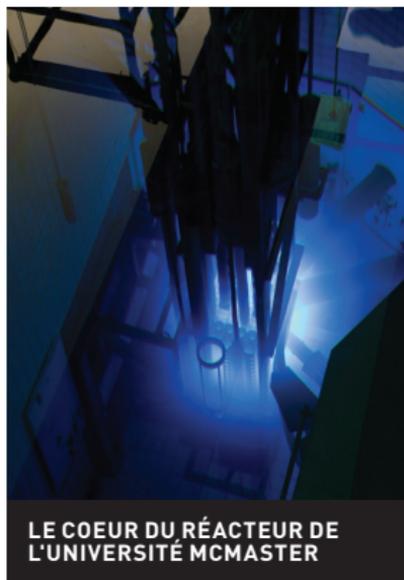
ASSOCIATION NUCLÉAIRE MONDIALE (WNA – WORLD NUCLEAR ASSOCIATION). « World Uranium Mining Production (production mondiale des mines d'uranium dans le monde) ». 2016, [www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/mining-of-uranium/world-uranium-mining-production.aspx](http://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/mining-of-uranium/world-uranium-mining-production.aspx).

COMMISSION CANADIENNE DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE. « Rayonnement naturel de fond ». 2013, <http://nuclearsafety.gc.ca/ra/resources/fact-sheets/natural-background-radiation.cfm>.

COMITÉ SCIENTIFIQUE DES NATIONS UNIES SUR LES EFFETS DES RAYONNEMENTS NUCLÉAIRES. « Sources and Effects of Ionizing Radiation: UNSCEAR 2008 Report (rapport 2008 du CSNUERN sur les sources et effets du rayonnement ionisant) ». 2010, p. 4

## ÉTABLISSEMENTS POSTSECONDAIRES CANADIENS DOTÉS D'UN PROGRAMME DE RECHERCHE NUCLÉAIRE

Collège Algonquin.....	<a href="http://www.algonquincollege.com">www.algonquincollege.com</a>
Collège militaire royal du Canada.....	<a href="http://www.rmcc.ca">www.rmcc.ca</a>
Institut universitaire de technologie de l'Ontario.....	<a href="http://www.uoit.ca">www.uoit.ca</a>
Polytechnique Montréal.....	<a href="http://www.polymtl.ca">www.polymtl.ca</a>
Université Carleton.....	<a href="http://www.carleton.ca">www.carleton.ca</a>
Université de Guelph.....	<a href="http://www.uoguelph.ca">www.uoguelph.ca</a>
Université de Saskatchewan.....	<a href="http://www.usask.ca">www.usask.ca</a>
Université de Toronto.....	<a href="http://www.utoronto.ca">www.utoronto.ca</a>
Université de Waterloo.....	<a href="http://www.uwaterloo.ca">www.uwaterloo.ca</a>
Université de Windsor.....	<a href="http://www.uwindsor.ca">www.uwindsor.ca</a>
Université du Nouveau-Brunswick.....	<a href="http://www.unb.ca">www.unb.ca</a>
Université McMaster.....	<a href="http://www.mcmaster.ca">www.mcmaster.ca</a>
Université Queen's.....	<a href="http://www.queensu.ca">www.queensu.ca</a>
Université Western de l'Ontario.....	<a href="http://www.uwo.ca">www.uwo.ca</a>



VOTRE ÉTABLISSEMENT  
DEVRAIT-IL FIGURER  
SUR CETTE LISTE? SI UN  
PROGRAMME D'ÉTUDES  
SUPÉRIEURES COMPORTANT  
UN VOLET NUCLÉAIRE NOUS A  
ÉCHAPPÉ, VEUILLEZ NOUS EN  
FAIRE PART À [INFO@CNA.CA!](mailto:INFO@CNA.CA)

LE SAVIEZ-  
VOUS?

LE COEUR DU  
RÉACTEUR DE  
L'UNIVERSITÉ  
MCMASTER EST L'UN  
DES RARES AU MONDE  
À ÊTRE VISIBLE ET  
ACCESSIBLE PENDANT  
L'EXPLOITATION.

## AUTRES RESSOURCES

AREVA Canada.....	<a href="http://www.arevacanada.ca">www.arevacanada.ca</a>
Agence internationale de l'Énergie.....	<a href="http://www.iaea.org">www.iaea.org</a>
Agence internationale de l'énergie atomique.....	<a href="http://www.iaea.org">www.iaea.org</a>
Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire.....	<a href="http://www.oecd-nea.org">www.oecd-nea.org</a>
Association de l'industrie nucléaire (NIA – Nuclear Industry Association).....	<a href="http://www.niauk.org">www.niauk.org</a>
Association nucléaire mondiale.....	<a href="http://www.world-nuclear.org">www.world-nuclear.org</a>
Bruce Power.....	<a href="http://www.brucepower.com">www.brucepower.com</a>
Cameco.....	<a href="http://www.cameco.com">www.cameco.com</a>
Candu Énergie.....	<a href="http://www.candu.ca">www.candu.ca</a>
Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants.....	<a href="http://www.unscear.org">www.unscear.org</a>
Commission canadienne de sûreté nucléaire.....	<a href="http://www.nuclearsafety.gc.ca">www.nuclearsafety.gc.ca</a>
Conseil Canadien des Travailleurs du Nucléaire.....	<a href="http://www.cnwc-cctn.ca">www.cnwc-cctn.ca</a>
DOE – Energy Information Administration.....	<a href="http://www.eia.gov">www.eia.gov</a>
Énergie terrestres (TE – Terrestrial Energy).....	<a href="http://www.terrestrialenergy.com">www.terrestrialenergy.com</a>
General Fusion.....	<a href="http://www.generalfusion.com">www.generalfusion.com</a>
Groupe de propriétaires de CANDU.....	<a href="http://www.candu.org">www.candu.org</a>
Hydro-Québec.....	<a href="http://www.hydroquebec.com">www.hydroquebec.com</a>
Institut de l'énergie nucléaire (NEI – Nuclear Energy Institute).....	<a href="http://www.nei.org">www.nei.org</a>
Laboratoires Nucléaires Canadiens.....	<a href="http://www.cnl.ca">www.cnl.ca</a>
La Commission internationale de protection radiologique.....	<a href="http://www.icrp.org">www.icrp.org</a>
Les femmes dans l'industrie nucléaire (WiN – Women in Nuclear).....	<a href="http://www.win-canada.org">www.win-canada.org</a>
Nordion.....	<a href="http://www.nordion.com">www.nordion.com</a>
North American Young Generation in Nuclear.....	<a href="http://www.naygn.org">www.naygn.org</a>
Organisation canadienne des industries nucléaires (OCNI – Organization of Canadian Nuclear Industries).....	<a href="http://www.oci-aic.org">www.oci-aic.org</a>
Organisation mondiale de la Santé.....	<a href="http://www.who.int/ionizing_radiation/en">www.who.int/ionizing_radiation/en</a>
Production d'électricité de l'Ontario (OPG – Ontario Power Generation).....	<a href="http://www.opg.com">www.opg.com</a>
Ressources naturelles Canada.....	<a href="http://www.nuclear.nrcan.gc.ca">www.nuclear.nrcan.gc.ca</a>
SNC-Lavalin Nucléaire.....	<a href="http://www.snc-lavalin.com">www.snc-lavalin.com</a>
Société de gestion des déchets nucléaires.....	<a href="http://www.nwmo.ca">www.nwmo.ca</a>
Société d'Énergie du Nouveau-Brunswick.....	<a href="http://www.nbpower.com">www.nbpower.com</a>
Société indépendante d'exploitation du réseau d'électricité.....	<a href="http://www.ieso.ca">www.ieso.ca</a>
Société Nucléaire Canadienne.....	<a href="http://www.cns-snc.ca">www.cns-snc.ca</a>
Statistique Canada.....	<a href="http://www.statcan.gc.ca">www.statcan.gc.ca</a>
Syndicat des travailleurs et travailleuses du secteur énergétique.....	<a href="http://www.pwu.ca">www.pwu.ca</a>

## À PROPOS DE L'ANC

L'Association nucléaire canadienne, organisme à but non lucratif créé en 1960, représente l'industrie nucléaire au Canada et favorise le développement et l'essor des technologies nucléaires à des fins pacifiques.

L'Association nucléaire canadienne vise à :

- Créer et à encourager un cadre réglementaire raisonnable ainsi qu'un environnement politique favorable à l'avancement de l'industrie nucléaire au Canada.
- Favoriser la coopération entre divers secteurs, services d'utilité publique, établissements d'enseignement, organismes et ministères gouvernementaux, et autres entités compétentes, qui ont un intérêt commun à développer l'usage économique de l'énergie nucléaire et des radio-isotopes.
- Offrir une tribune favorable aux échanges et à la résolution de questions touchant les membres, l'industrie, ou le public canadien.

## À PROPOS DE L'AIDE-MÉMOIRE DU NUCLÉAIRE AU CANADA

Depuis 2004, l'Association nucléaire canadienne publie régulièrement son Aide-mémoire du nucléaire au Canada. Elle en distribue chaque année 30 000 exemplaires à des écoles, des universités, des centres d'information dans les installations nucléaires, des associations industrielles, des parlementaires, etc. Des milliers d'exemplaires sont remis gratuitement sur demande à des particuliers et à des organisations au Canada et ailleurs dans le monde. Pour obtenir sans frais d'autres exemplaires de cet aide-mémoire, il suffit de nous faire parvenir un courriel à [info@cna.ca](mailto:info@cna.ca).

## **PARTICIPEZ À LA CONVERSATION PARLONS NUCLÉAIRE**



### **CONSULTEZ NOTRE BLOGUE**

(EN ANGLAIS SEULEMENT)

[TalkNuclear.ca](http://TalkNuclear.ca)



### **SUIVEZ-NOUS SUR TWITTER**

(EN ANGLAIS SEULEMENT)

@TalkNuclear



### **ABONNEZ-VOUS À NOTRE PAGE FACEBOOK**

[facebook.com/TalkNuclear](https://facebook.com/TalkNuclear)



### **REGARDEZ-NOUS SUR YOUTUBE**

(EN ANGLAIS SEULEMENT)

[YouTube.com/TalkNuclear](https://YouTube.com/TalkNuclear)



### **PARTICIPEZ À NOTRE CONFÉRENCE ANNUELLE**

[cna.ca/conference](http://cna.ca/conference)



**VOUS SOUHAITEZ PARLER NUCLÉAIRE ET  
DONNER DES COURS SUR LE NUCLÉAIRE?  
CONSULTEZ NOS RESSOURCES PÉDAGOGIQUES  
COMPLÈTES À [TEACHNUCLEAR.CA/FR](http://TEACHNUCLEAR.CA/FR)**

© Association nucléaire canadienne 2016

130, rue Albert, bureau 1610, Ottawa (Ontario) K1P 5G4

tél. 613-237-4262 téléc. 613-237-0989 [info@cna.ca](mailto:info@cna.ca) [www.cna.ca](http://www.cna.ca)

CONCEPTION ET MISE EN PAGE DU DOCUMENT  
PAR XQUISIT COMMUNICATIONS

# L'AIDE-MÉMOIRE

DU NUCLÉAIRE AU CANADA

---

2017

---



**ANC** ASSOCIATION  
NUCLÉAIRE  
CANADIENNE