

Voici la chaîne de désintégration radioactif de l'uranium-238

Le tableau ci-dessous énumère, dans leur ordre d'apparition, tous les produits de désintégration de l'uranium-238. Chaque élément radioactif présenté ici émet de la radiation alpha ou bêta -- et quelquefois de la radiation gamma également -- et se transforme donc en l'élément qui le suit dans la liste.

Pendant l'étape de broyage de l'uranium, presque tout l'uranium lui-même est extrait de la roche écrasée, mais les produits de désintégration sont laissés dans les résidus -- ce qui fait en sorte que 85 pour cent de la radioactivité du minerai originel est abandonnée dans les résidus.

Dans le tableau, la bande horizontale à côté du nom de chaque produit de désintégration indique la « demi-vie » de cette substance, selon une échelle logarithmique -- où chaque demi-pouce vers la droite représente une multiplication par un facteur de mille.

Le plomb-206, dernier élément de la liste, n'est pas radioactif. Il ne fait pas l'objet de désintégration et n'a donc pas de demi-vie.

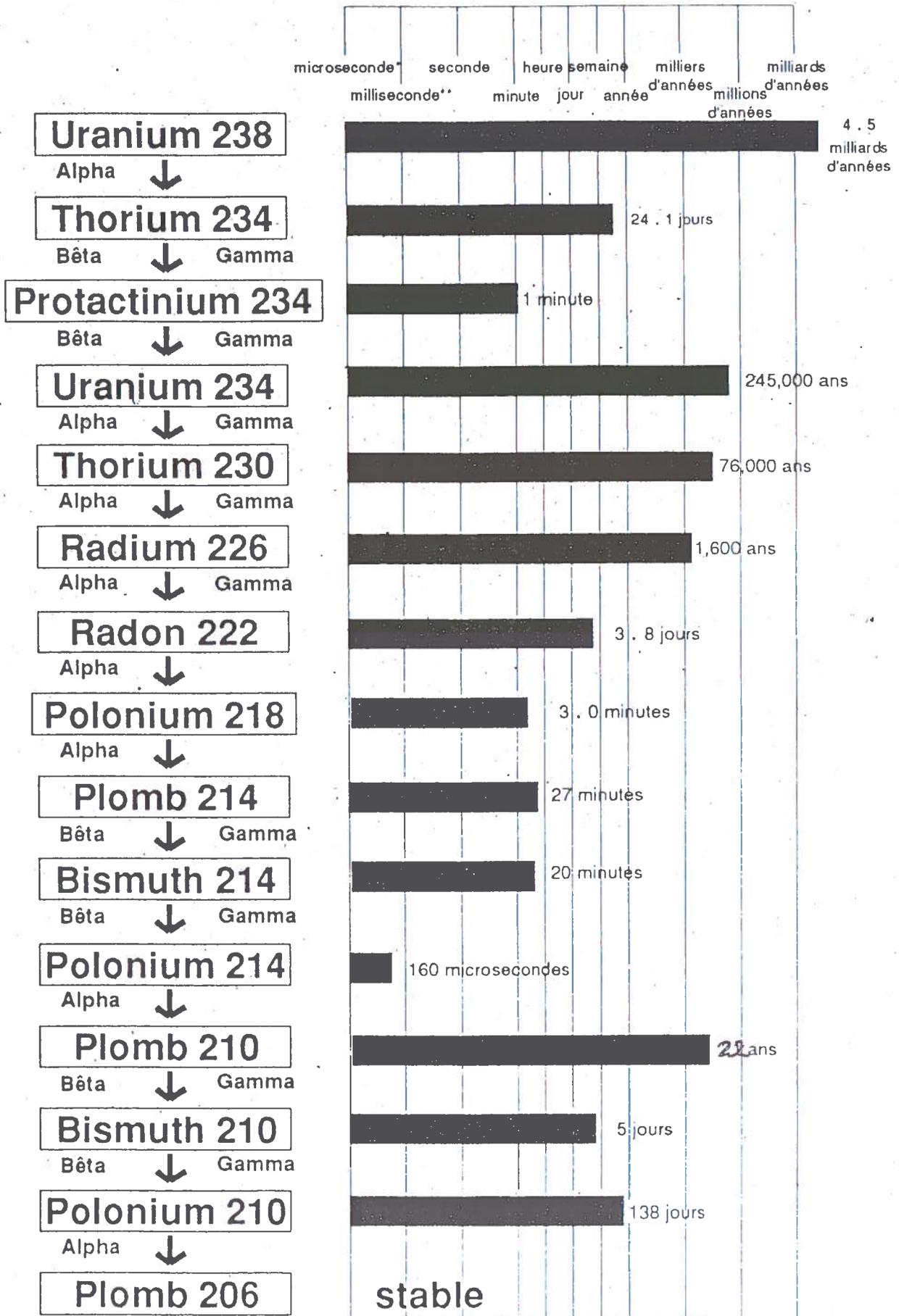
Qu'est-ce que la « demi-vie » d'un élément radioactif?

La demi-vie d'un élément radioactif c'est le temps que ça prend pour que la moitié de ses atomes se désintègrent -- et se transforment en quelque chose d'autre. Par exemple, la demi-vie du radium-226 est de 1 600 ans (tel qu'indiqué sur le tableau ci-dessous). Par conséquent, en 1 600 ans, un gramme de radium-226 va se transformer en un demi-gramme de radium-226 et en un demi-gramme de quelque chose d'autre (d'autres produits de désintégration radioactif). Après qu'un autre 1 600 ans se sont écoulés, il ne reste qu'un quart de gramme du radium-226 originel.

Une quantité de n'importe quel élément radioactif diminue d'un facteur de mille (1 000) en l'espace de 10 demi-vies. Par conséquent, en 16 000 ans, un gramme de radium-226 se décomposera en un milligramme de radium-226 et en 999 milligrammes d'autres produits de désintégration. De même, en 760 000 ans, un gramme de thorium-230 sera réduit à un milligramme, à cause de la demi-vie de 76 000 ans du thorium-230, tel qu'indiqué dans le tableau ci-dessous.

Les produits de désintégration de l'uranium

Demi-vie



*Microseconde: 1/1,000,000 de seconde.

**Milliseconde: 1/1,000 de seconde

Recherche, conception graphique: Gordon Edwards, Ph.D., et Robert Del Tredici
 Graphisme additionnel: James Chisholm et Peter Edwards
 Fondé sur des données publiées de source gouvernementale et industrielle
 Traduction de l'anglais: Marc Chénier
 octobre 1998

Carte nucléaire du Canada

UTILISATION DE L'URANIUM CANADIEN		UTILISATION	
CONCENTRATEUR	UTILISATION	CONCENTRATEUR	UTILISATION
▼ PORT RADIUM, T.N.-O.	☞	▼ ELLIOT LAKE, ONT.	☞
▼ RAYROCK, T.N.-O.	☞	▼ LACROIX	☞
▼ URANIUM CITY, SASK.	☞	▼ NORDIC	☞
▼ BEAVER LODGE	☞	▼ STANROCK	☞
▼ GUNNAR	☞	▼ SPANISH-AMERICAN	☞
▼ LARADO	☞	▼ MILLIKEN	☞
AUTRES (SASKATCHEWAN)	☞	▼ STANLEIGH	☞
▼ CLUFF LAKE	☞	▼ QUIRKE	☞
▼ RABBIT LAKE	☞	▼ PANEL	☞
▼ KEY LAKE	☞	▼ DENISON	☞
▲ MCCLEAN LAKE	☞	▼ BANCROFT, ONT.	☞
AUTRES (ONTARIO)	☞	▼ DYNO	☞
▼ AGNEW LAKE, ESPANOLA	☞	▼ BICROFT	☞
▼ PRONTO, BLIND RIVER	☞	▼ FARADAY	☞
		▼ MADAWASKA	☞

☞ uranium pour les bombes (1941-1968) ☞ pour exportation (à partir de 1968) ☞ pour les CANDU (à partir de 1968)

INVENTAIRE RADIOACTIF

PRINCIPALES COMPOSANTES:

RÉSIDUS MINIERES RADIOACTIFS

TERRITOIRES DU NORD-OUEST 2,7 MILLIONS DE TONNES

ONTARIO

ELLIOT LAKE 145,3 MILLIONS DE TONNES

BANCROFT 6,2 MILLIONS DE TONNES

AUTRES (ONTARIO) 5,0 MILLIONS DE TONNES

SASKATCHEWAN

URANIUM CITY 14,8 MILLIONS DE TONNES

CLUFF LAKE 2,2 MILLIONS DE TONNES

RABBIT LAKE 10,1 MILLIONS DE TONNES

KEY LAKE 3,9 MILLIONS DE TONNES

AUTRES (CANADA) 3,0 MILLIONS DE TONNES

TOTAL 193,2 MILLIONS DE TONNES

DÉCHETS NUCLÉAIRES HAUTEMENT RADIOACTIFS

BRUCE 11,1 MILLIONS DE KILOGRAMMES

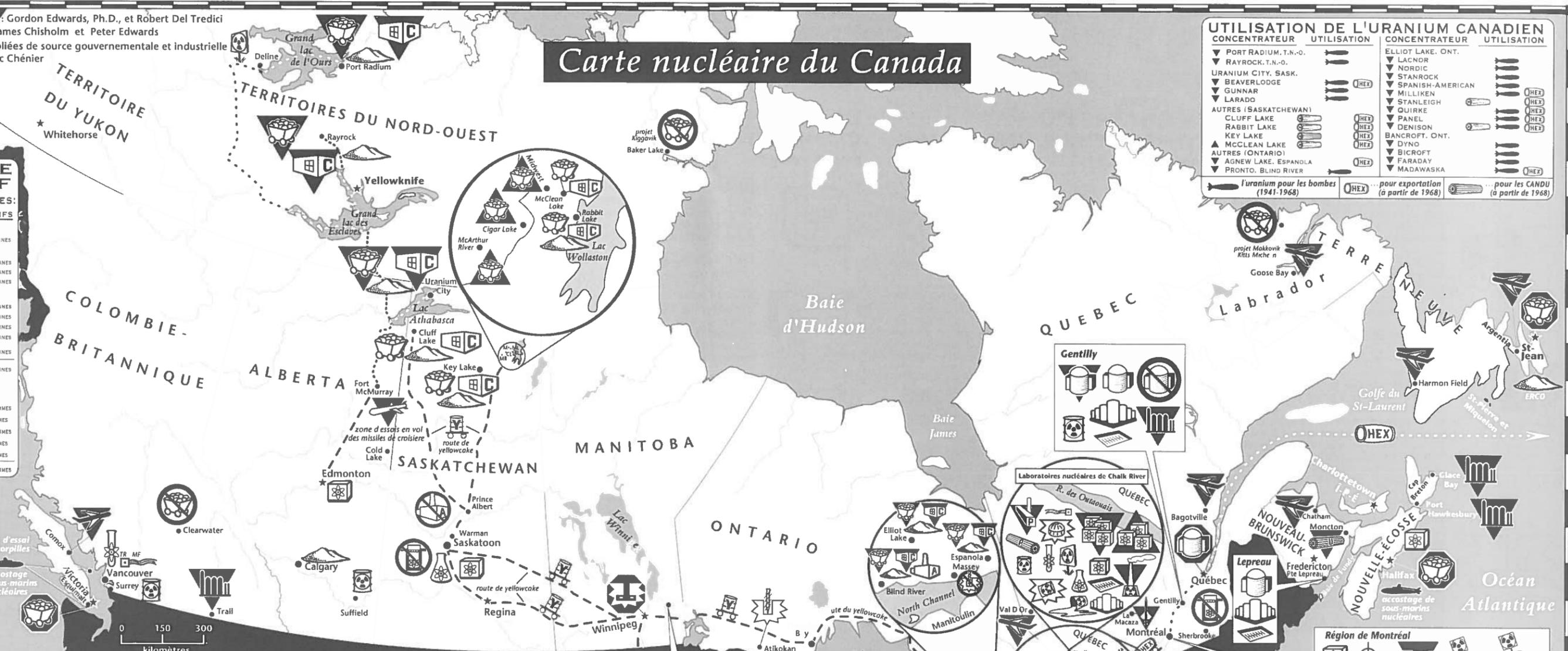
DARLINGTON 1,8 MILLION DE KILOGRAMMES

PICKERING 8,4 MILLIONS DE KILOGRAMMES

GENTILLY 1,1 MILLION DE KILOGRAMMES

PTE LÉPREAU 1,3 MILLION DE KILOGRAMMES

TOTAL 23,7 MILLIONS DE KILOGRAMMES



LÉGENDE

PROJETS IMMINENTS

- combustible à plutonium (MOX)
- stockage permanent des déchets hautement radioactifs
- puits d'essai pour le stockage permanent des déchets hautement radioactifs
- forages d'essai pour le stockage permanent des déchets hautement radioactifs
- réacteur de chauffage à distance
- recherche sur la fusion
- usine-pilote d'irradiation des aliments

LA CHAÎNE DU COMBUSTIBLE NUCLÉAIRE

PARTIE INITIALE

- mine d'uranium
- concentrateur d'uranium
- résidus miniers radioactifs
- route du yellowcake
- "yellowcake"
- affinerie d'uranium
- usine d'eau lourde
- enrichissement de l'uranium

PARTIE FINALE

- réacteur de recherche
- réacteur CANDU
- bâtiment sous vide
- piscine de stockage du combustible usé
- stockage à sec du combustible usé
- usine d'extraction de tritium
- retraitement (séparation du plutonium)
- enfouissement des déchets hautement radioactifs

AUTRES

- recherche sur le nucléaire
- production de radio-isotopes
- fabrique de composantes de réacteurs
- accélérateur de particules nucléaires
- contamination sol/eau
- stockage des déchets radioactifs*
- enfouissement des déchets rad.
- dispersion des déchets rad. liquides
- incinérateur de déchets radioactifs*

*pas radioactifs de haut niveau

Établissement de recherches nucléaires de Whiteshell

L'industrie nucléaire canadienne est née dans le secret, il y a plus de 50 ans, en temps de guerre. Mais la technologie qui y est associée et ses conséquences sont encore à ce jour à peu près invisibles pour la plupart des Canadiens.

La présente carte est une publication du Projet Inventaire Radioactif. On y indique les sites radioactifs et les endroits où il y a une activité nucléaire quelconque partout au Canada. On peut voir à quel point tout est relié en suivant les maillons de la chaîne du combustible nucléaire. On y indique aussi l'emplacement des activités liées à l'armement nucléaire.

La carte vise d'abord à rendre l'industrie nucléaire canadienne plus visible.

Le Complexe électronucléaire de Bruce

Le Complexe électronucléaire de Bruce Douglas Point

A B

Région de Toronto

Région de Toronto

Port Hope

Port Hope

Darlington

Darlington

Pickering

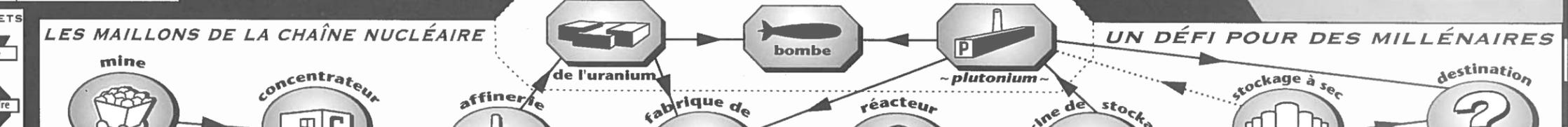
Pickering

SYSTÈMES D'ARMEMENT NUCLÉAIRE

- avion américain (CF-101) porteur de charge nucléaire
- sous-marin nucléaire américain
- missile américain (BOMARC) porteur de charge nucléaire
- missile de croisière américain
- systèmes de guidage ou autres composantes pour les armes nucléaires américaines
- bombe nucléaire américaine

ÉTAT DES PROJETS

- proposé
- fermé
- empêché
- moratoire



UN DÉFI POUR DES MILLÉNAIRES

pour obtenir des exemplaires de cette carte, prendre contact avec:
 Projet Inventaire Radioactif, 412-1, rue Nicholas, Ottawa ON, K1N 7B7
 (613)789-3634. Sites web: www.cnp.ca et www.ccnr.org C.-élect.: cnp@web.net

Carte Nucléaire du Canada - Glossaire des Icones

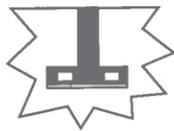
PROJETS IMMINENTS

LA CHAÎNE DU COMBUSTIBLE NUCLÉAIRE PHASE INITIALE

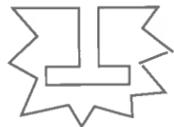
LE COMBUSTIBLE À PLUTONIUM, aussi appelé combustible MOX (ou à oxydes mixtes), est un mélange d'oxydes de plutonium et d'uranium que l'on prépare pour servir de combustible. Le plutonium qui entre dans la fabrication du MOX peut venir soit d'ogives nucléaires démantelées, soit de combustible usé qui a été retraité. À la différence du combustible à l'uranium du CANDU, le combustible à plutonium est une substance stratégique; il peut servir à fabriquer une bombe atomique.



L'INSTALLATION DE STOCKAGE PERMANENT DES DÉCHETS HAUTEMENT RADIOACTIFS L'industrie nucléaire a l'intention d'enfouir les déchets nucléaires hautement radioactifs (le combustible usé) dans des voûtes souterraines creusées dans le roc à grande profondeur. Elle maintient cette façon d'enfouir les déchets est sécuritaire et le demeurera à jamais. Mais puisque le danger persiste pour des millions d'années, cela n'est sûrement pas possible. L'industrie maintient qu'elle pourrait extraire le plutonium du combustible usé avant d'en enfouir les déchets.



UN Puits D'ESSAI a été foncé au Manitoba dans la roche du Bouclier canadien afin d'y étudier la possibilité d'une installation de stockage de déchets nucléaires hautement radioactifs. Jusqu'à ce jour, on a dépensé 700 millions de dollars pour la recherche associée au Laboratoire de recherche souterrain. Le Japon et les États-Unis ont aussi participé au financement de ce laboratoire d'essais. Le Manitoba a déclaré illicite toute importation de déchets hautement radioactifs pour enfouissement.



FORAGES D'ESSAI. Plusieurs communautés de l'Ontario (par exemple Madoc et Massey) ont empêché que se fassent des essais de sondage pour la recherche sur le stockage permanent des déchets nucléaires hautement radioactifs. Ils craignent que ce genre de recherche mène à l'établissement d'un site de stockage permanent près de chez eux.



L'IRRADIATION DES ALIMENTS. On utilise le rayonnement gamma du cobalt-60 pour tuer insectes et microbes se trouvant dans les épices, les fruits, la volaille, les céréales et autres denrées alimentaires. Le but est d'en prolonger la durée de conservation. On utilise une technologie semblable pour stériliser les équipements médicaux.



LES RÉACTEURS DE CHAUFFAGE À DISTANCE produisent de la chaleur et de la vapeur, mais peu ou pas d'électricité. Ils servent à fournir de la chaleur à un ensemble d'édifices et sont conçus pour fonctionner sans surveillance.



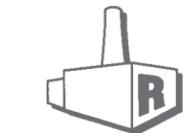
LA RECHERCHE SUR LA FUSION. Les réacteurs nucléaires contemporains ont recours à la «fission» pour faire éclater des atomes lourds, comme l'uranium et le plutonium. On peut aussi obtenir de l'énergie en fusionnant des atomes légers. Mais cette «fusion» est difficile à démarrer et à maintenir. Après des dizaines d'années de recherche qui ont coûté des milliards de dollars, il y a peu d'espoir que la fusion puisse un jour fonctionner à l'échelle commerciale. De tels réacteurs produiraient de grandes quantités de tritium radioactif et l'enceinte deviendrait elle aussi radioactive. La recherche sur la fusion a aussi des retombées technologiques militaires.



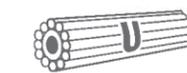
MINE D'URANIUM. L'uranium est un métal radioactif réparti un peu partout dans la croûte terrestre. C'est un mélange de deux isotopes. Le plus léger, l'uranium-235, est le seul élément naturel qui puisse soutenir une réaction en chaîne. On l'utilise comme explosif nucléaire ou comme combustible de réacteur.



LE CONCENTRATEUR D'URANIUM est une usine où le minerai d'uranium est d'abord concassé, puis broyé jusqu'à ce qu'il ait la consistance d'une fine poudre, et ensuite dissous dans des solvants pour en extraire un concentré riche en uranium, appelé yellowcake. Les déchets venant du concentrateur sont plus radioactifs que l'uranium qu'on y extrait, dû à la présence d'une douzaine d'autres substances radioactives qui accompagnent toujours l'uranium dans le minerai.



terrestre
maritime



LES RÉSIDUS MINIERIS RADIOACTIFS sont des rejets ressemblant à du sable qui sortent du concentrateur d'une mine d'uranium. Ils sont radioactifs et dangereux à perpétuité. D'autres minerais contenant de l'uranium donnent aussi des résidus radioactifs (par exemple, à Oka, Varennes, St-Jean T.-N. et Calgary).

LE YELLOWCAKE est un concentré d'uranium --une poudre radioactive de couleur jaune-- qu'on expédie du concentrateur dans des tonneaux.

L'AFFINERIE est l'usine où on transforme chimiquement le yellowcake en d'autres composés d'uranium, comme le bioxyde (pour le combustible) ou l'hexafluorure (pour enrichissement ultérieur).

LA «ROUTE DU YELLOWCAKE» est le trajet que suit l'uranium, du concentrateur à l'affinerie et ensuite vers les acheteurs, au pays et à l'étranger.

LE COMBUSTIBLE CANDU est fabriqué à partir de pastilles de bioxyde d'uranium insérées dans de minces tubes métalliques soudés ensemble pour former une grappe de combustible qui alimente ensuite les réacteurs CANDU.

L'EAU LOURDE, essentielle en grandes quantités au fonctionnement des réacteurs CANDU, est une variante naturelle et non radioactive de l'eau, ordinaire, et cout très chère à produire.

L'HEXAFLUORURE D'URANIUM (appelée parfois «hex») est le seul composé d'uranium qui puisse facilement être transformé en gaz, ce qui est nécessaire pour réussir à «enrichir» l'uranium.

L'ENRICHISSEMENT DE L'URANIUM est un processus par lequel on fait passer la teneur de l'uranium-235, qui est de 0,7 pour cent dans l'uranium naturel, à des niveaux plus élevés. L'uranium hautement enrichi (plus de 90 pour cent) est utilisé dans certains réacteurs de recherche, comme explosif dans les bombes, et comme combustible de sous-marins nucléaires. L'uranium faiblement enrichi (3-20 pour cent) sert de combustible à la plupart des réacteurs autres que les CANDU. Les usines d'enrichissement sont des installations stratégiques parce qu'elles peuvent produire des matériaux servant à faire des bombes.

LES RÉACTEURS DE RECHERCHE produisent de la chaleur et des neutrons, mais pas d'électricité. On les utilise pour étudier les réactions nucléaires, pour irradier des matériaux ou pour produire des isotopes.

LA CHAÎNE DU COMBUSTIBLE NUCLÉAIRE PHASE FINALE

LES RÉACTEURS CANDU font bouillir de l'eau, et la vapeur qui en résulte fait tourner des turbines qui produisent de l'électricité. D'épais murs de confinement s'avèrent nécessaires afin d'empêcher les substances radioactives de s'échapper dans l'environnement en cas d'accident. Le CANDU est un des rares types de réacteurs qui soit alimenté à l'uranium naturel (c.-à-d. non enrichi).



LES RÉACTEURS CANDU font bouillir de l'eau, et la vapeur qui en résulte fait tourner des turbines qui produisent de l'électricité. D'épais murs de confinement s'avèrent nécessaires afin d'empêcher les substances radioactives de s'échapper dans l'environnement en cas d'accident. Le CANDU est un des rares types de réacteurs qui soit alimenté à l'uranium naturel (c.-à-d. non enrichi).

LE BÂTIMENT SOUS VIDE est conçu pour aspirer la vapeur et les gaz radioactifs lors d'un accident. En Ontario, les groupes de quatre réacteurs sont reliés à un bâtiment sous vide. Sinon, les réacteurs CANDU n'en sont pas dotés, comme à Gentilly et à Pointe Lepreau.

LES PISCINES DE STOCKAGE DU COMBUSTIBLE USÉ. Lorsque le combustible irradié (ou usé) est enlevé d'un réacteur, il est d'abord entreposé sous l'eau. Le combustible usé est maintes fois plus radioactif que le combustible frais, à cause des nouvelles substances radioactives créées à l'intérieur du réacteur. L'eau de la piscine agit comme écran de protection pour empêcher les travailleurs de recevoir ce qui serait une dose mortelle d'irradiation et empêche aussi le combustible usé de surchauffer à cause de la chaleur produite par la désintégration radioactive.

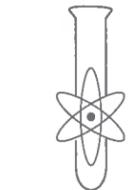
LE STOCKAGE À SEC DU COMBUSTIBLE USÉ se fait dans des silos en béton après une période de refroidissement d'au moins sept ans en piscine. Le niveau de radioactivité a alors suffisamment diminué pour que le refroidissement puisse se faire par circulation d'air à travers des orifices dans le béton des silos. Puisque le combustible usé demeure dangereux pour des millions d'années, le stockage en piscine et en silo n'est qu'une mesure temporaire.

LE TRITIUM est une forme radioactive de l'hydrogène, créé dans tous les réacteurs CANDU à partir de l'eau lourde qui s'y trouve. Le tritium menace la santé des travailleurs et l'environnement. En Ontario, une usine unique en son genre sépare le tritium de l'eau lourde pour fin de commercialisation. On l'utilise dans la fabrication des cadrans lumineux et des enseignes lumineuses indiquant les issues de secours. On l'utilise aussi comme explosif dans les armes thermonucléaires.

LE RETRAITEMENT. Dans tout réacteur alimenté à l'uranium, une partie de celui-ci est transmué en plutonium. Dans une usine de retraitement, on dissout le combustible usé dans de l'acide et on sépare ensuite chimiquement le plutonium qui s'y trouve. Le plutonium est le principal explosif utilisé dans la plupart des bombes; on peut aussi l'utiliser en tant que combustible de réacteur. On a procédé au retraitement du combustible usé à Chalk River dans les années cinquante.

LES DÉCHETS LIQUIDES DE HAUTE ACTIVITÉ sont les liquides radioactifs très corrosifs qui restent une fois le retraitement terminé. Ils contiennent la presque totalité de la radioactivité du combustible usé. À Chalk River, on entrepose ce genre de déchet dans six réservoirs souterrains.

ACTIVITÉS NUCLÉAIRES DIVERSES



LA RECHERCHE SUR LE NUCLÉAIRE comprend la recherche sur les isotopes, la radioécologie, les effets du rayonnement, la chimie nucléaire, la physique des matériaux et la migration des déchets nucléaires, de même que le travail portant sur les réacteurs de fission et de fusion, les accélérateurs et autres processus atomiques ou subatomiques.

LES RADIO-ISOTOPES sont des substances radioactives utilisées depuis 1900 à des fins médicales (diagnostic et thérapie), industrielles et scientifiques (en tant que traceurs). Avant la Deuxième Guerre mondiale, on n'utilisait que les isotopes naturels; mais on peut obtenir depuis des isotopes artificiels en les créant dans des cyclotrons et des réacteurs. Le Canada est le premier fournisseur mondial d'isotopes artificiels, tels que le cobalt-60 et le molybdène-99.

LES COMPOSANTES DES RÉACTEURS CANDU comprennent entre autres les tubes de force en zirconium, les calandres en acier, les machines de chargement de combustible et toute la panoplie de soupapes et d'instruments spécialisés. On les manufacture surtout en Ontario et au Québec.

LA CONTAMINATION DU SOL ET DE L'EAU est le résultat de déversements ou de fuites de substances radioactives. Au Canada, les environs de Chalk River, de Port Hope et de Whiteshell comptent parmi les sites les plus pollués par la radioactivité.

LE STOCKAGE DES DÉCHETS FAIBLEMENT RADIOACTIFS qui proviennent des hôpitaux, des universités, de l'industrie et d'autres sources non identifiées, se fait de différentes façons d'un bout à l'autre du Canada. Ils refont parfois surface chez les ferrailleurs, dans les égouts ou dans les dépotoirs.

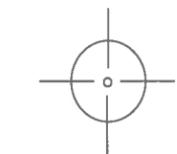
L'ENFOUISSEMENT DES DÉCHETS FAIBLEMENT RADIOACTIFS, tels que vadrouilles, chiffons, gants, souliers, vêtements et outils, de même que des équipements provenant de réacteurs, tels que filtres et tubes de force, sont stockés temporairement dans des contenants qui sont enterrés à peu de profondeur à Bruce et ailleurs.

LA DISPERSION DES DÉCHETS RADIOACTIFS LIQUIDES. À Chalk River, on a déversé des millions de litres de déchets radioactifs liquides dans des tranchées peu profondes dans un sol sablonneux à proximité de la rivière des Outaouais.

L'INCINÉRATEUR DE DÉCHETS FAIBLEMENT RADIOACTIFS réduit le volume des déchets radioactifs combustibles; il en résulte des émissions atmosphériques ainsi que des cendres et des filtres radioactifs. Le seul incinérateur de ce genre en service au Canada se trouve à Bruce, en Ontario.

UN ACCÉLÉRATEUR DE PARTICULES est une machine permettant d'augmenter la vitesse des ions ou des particules élémentaires. Servant plutôt à la recherche, les accélérateurs peuvent aussi servir à irradier des objets et à produire des isotopes radioactifs sans recours à un réacteur.

SYSTEMES ET COMPOSANTES D'ARMEMENT NUCLÉAIRE



LES AVIONS PORTEURS D'ARMES NUCLÉAIRES. À partir du milieu des années soixante et jusqu'au milieu des années quatre-vingt, des avions à réaction américains Voodoo CF-101 équipés d'ogives nucléaires étaient stationnés au Canada, sur pied d'alerte; les pilotes avaient comme consigne d'utiliser leurs bombes nucléaires pour descendre les bombardiers d'attaque soviétiques.

LES SOUS-MARINS NUCLÉAIRES AMÉRICAINS marchent à l'énergie nucléaire produite par des réacteurs alimentés à l'uranium hautement enrichi; ils sont conçus pour porter des missiles balistiques intercontinentaux à ogives nucléaires. Ces sous-marins font des essais de torpilles et autres systèmes d'armement au large de l'île de Vancouver, dans la Baie de Nanouze.

LES MISSILES DE CROISIÈRE AMÉRICAINS sont des avions robots conçus pour envoyer des missiles à charge conventionnelle ou nucléaire. On fait des essais en vol de ces missiles dans le nord de l'Alberta. Les missiles ne sont pas armés pendant ces tests.

LES SYSTEMES AMÉRICAINS DE GUIDAGE DE MISSILES. Les systèmes de guidage par inertie des missiles de croisière et MX étaient manufacturés près de Toronto. On a aussi produit des composants entrant dans la fabrication de bombes nucléaires à d'autres endroits au Canada.

DES MISSILES AMÉRICAINS BOMARC À CHARGE NUCLÉAIRE étaient déployés sur plusieurs bases de l'armée canadienne sous l'administration Pearson. Ils étaient conçus pour intercepter les bombardiers soviétiques porteurs de charges nucléaires en les frappant de petites ogives nucléaires.

LES BOMBES NUCLÉAIRES utilisent toutes comme explosif nucléaire principal soit de l'uranium hautement enrichi, soit du plutonium. C'est pourquoi l'abolition des armes nucléaires exige qu'on mette fin à l'enrichissement de l'uranium et à l'extraction du plutonium.

ÉTAT DES PROJETS



Une icône placée au-dessus de ce triangle pointant vers le haut indique une installation PROPOSÉE, c.-à-d. une installation qui n'était pas encore approuvée ou en service à la date d'impression de la carte.

Une icône placée au-dessus de ce triangle pointant vers le bas indique une installation FERMÉE ou une activité ARRÊTÉE.

Une icône placée sous celle-ci indique une installation ou une activité ARRÊTÉE OU BLOQUÉE suite à l'opposition des citoyens.

Une icône placée au-dessus de cet octogone indique qu'une loi ou une déclaration gouvernementale INTERDIT l'installation ou l'activité en question dans les limites de ce territoire.