

Quelques Précisions sur le Nucléaire

Gregory Kennedy, Ph.D.

Institut de génie nucléaire

Département de génie physique

École Polytechnique de Montréal

COLLOQUE Choix énergétiques, environnement et santé globale

UQAM 17 novembre 2007

Le Nucléaire Aujourd'hui

- 442 réacteurs nucléaires dans le monde
- 39 en construction
- produisent 16% de l'électricité

Le Nucléaire Aujourd'hui

- 442 réacteurs nucléaires dans le monde
- 39 en construction
- produisent 16% de l'électricité

Deux raisons pour le nouvel intérêt dans le nucléaire:

- Demande accrue d'énergie dans le monde (Chine, Inde)
- Réalité des changements climatiques

Le Nucléaire Aujourd'hui

- 442 réacteurs nucléaires dans le monde
- 39 en construction
- produisent 16% de l'électricité

Pour limiter les changements climatiques causés par le CO₂ :

- Éliminer les centrales au charbon
- Éliminer les centrales au mazout
- Voitures électriques ou à l'hydrogène

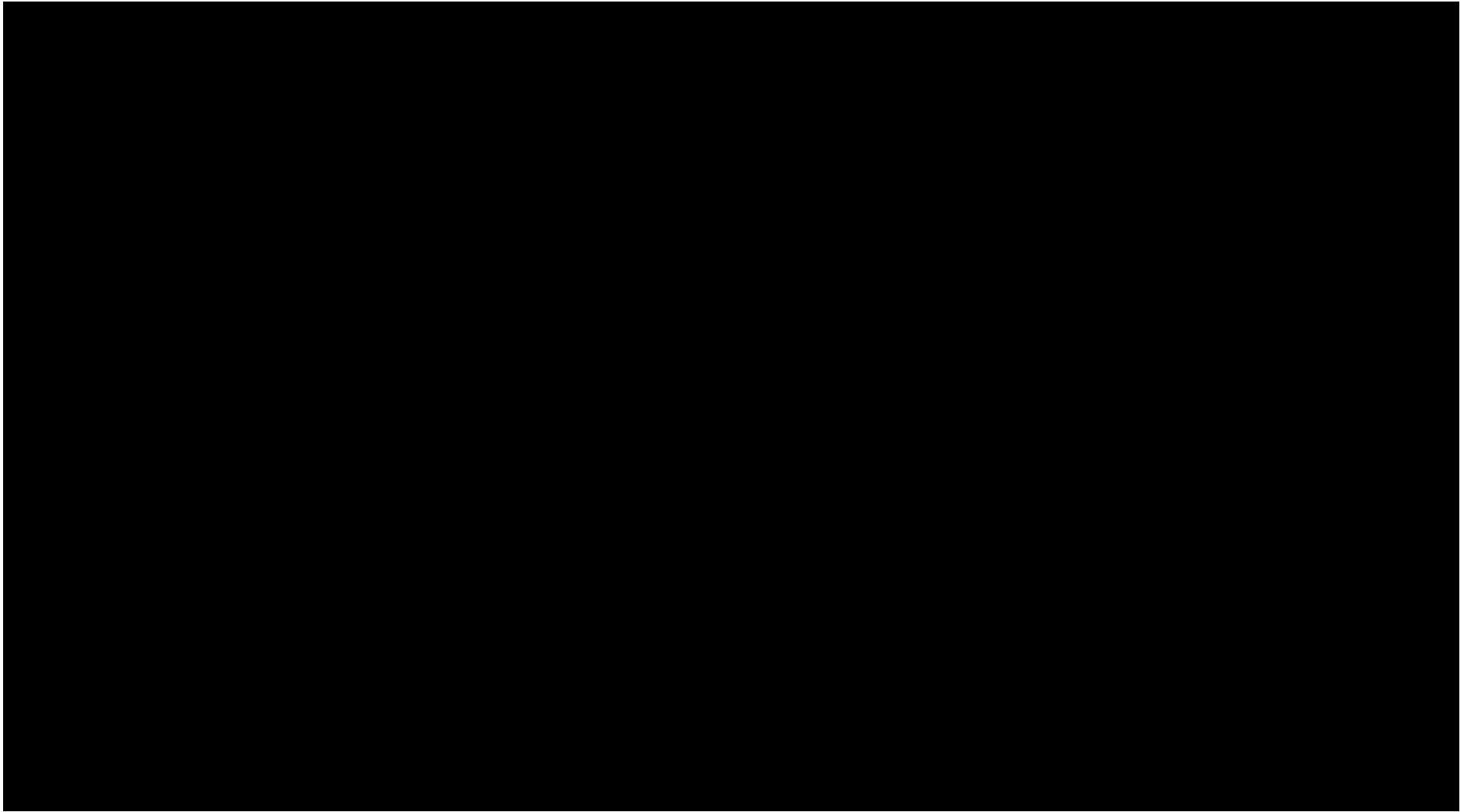
Le Nucléaire Aujourd'hui

- 442 réacteurs nucléaires dans le monde
- 39 en construction
- produisent 16% de l'électricité

Pour limiter les changements climatiques causés par le CO₂ :

- Éliminer les centrales au charbon
- Éliminer les centrales au mazout
- Voitures électriques ou à l'hydrogène

Nous aurons besoin de 4000 réacteurs nucléaires.



4000 réacteurs nucléaires

Est-ce qu'il y a les réserves d'uranium nécessaires?

- 33 MT à un coût d'environ 100\$/kg
- Bon pour 90 ans avec 4000 réacteurs de type actuel
- 2700 ans avec réacteurs futurs (brûler U-238 et Pu)

A yellow, jagged, starburst-shaped border surrounds the text. The border consists of multiple sharp peaks and valleys, creating a dynamic, vibrating effect.

la peur des radiations

Les Rayonnements Ionisants

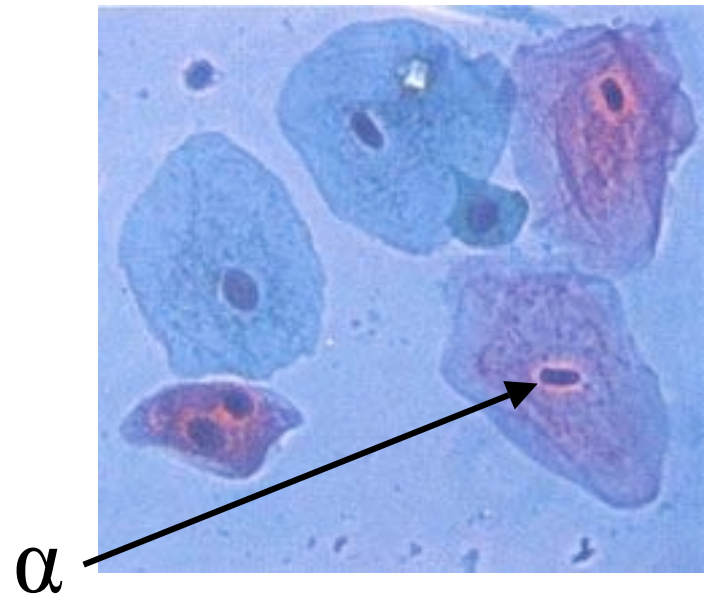
α Th-232, U-238, Rn-222, Pu-239

β γ Cs-137, I-131, K-40, C-14

Effet le plus important des rayonnements ionisants: risque de cancer

Le rayon α , β ou γ :

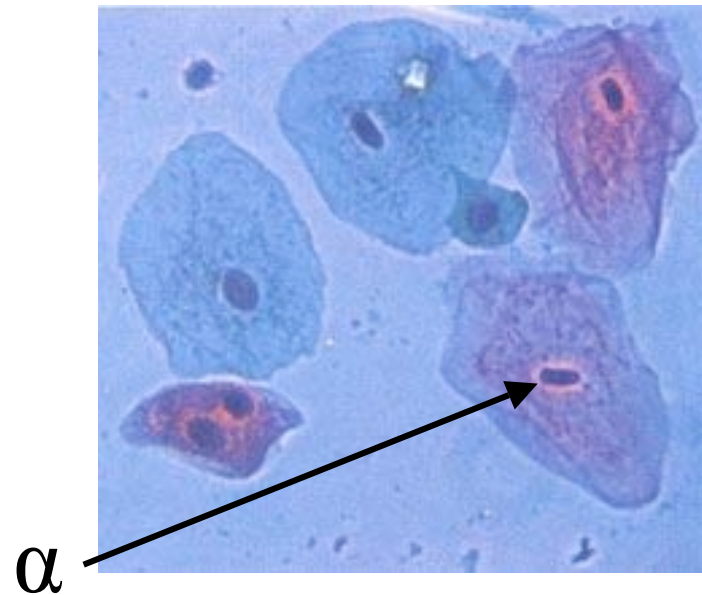
- Perd son énergie en brisant les molécules sur son parcours
- Peut briser une molécule d'ADN dans le noyau d'une cellule
- La molécule d'ADN se répare
- Si la réparation est imparfaite, la cellule peut devenir cancéreuse



Effet le plus important des rayonnements ionisants: risque de cancer

Le rayon α , β ou γ :

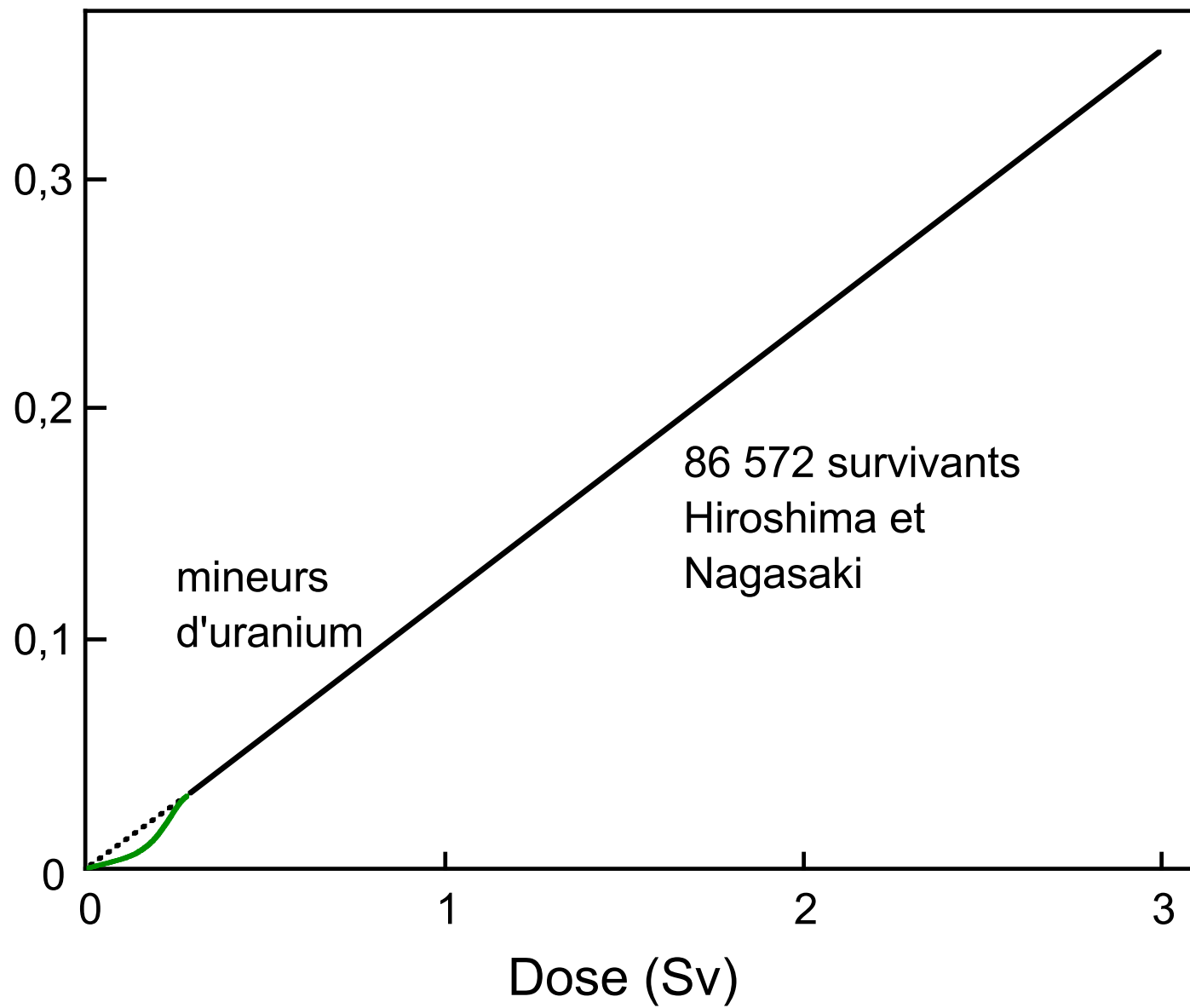
- Perd son énergie en brisant les molécules sur son parcours
- Peut briser une molécule d'ADN dans le noyau d'une cellule
- La molécule d'ADN se répare
- Si la réparation est imparfaite, la cellule peut devenir cancéreuse



Le risque augmente avec la dose. en Sievert (Sv)

- jusqu'à 3 Sv risque de cancer
- plus de 3 Sv syndrome d'irradiation aiguë

Hypothèse linéaire



Doses de rayonnements ionisants de sources naturelles

Source	Dose efficace annuelle (mSv)
Rayons cosmiques	0,4
Rayons gamma terrestres	0,5
Inhalation (radon)	1,2
Ingestion (K-40)	0,3
total	2,4

Doses de rayonnements ionisants de sources naturelles

Source	Dose efficace annuelle (mSv)
Rayons cosmiques	0,4
Rayons gamma terrestres	0,5
Inhalation (radon)	1,2
Ingestion (K-40)	0,3
total	2,4

Doses de rayonnements ionisants de sources non-naturelles

Examens médicaux	0,4
Voyages en avion	0,001
Centrales nucléaires	0,0002

Source: UNSCEAR2000

United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation

Doses occupationnelles

Industrie	Nombre de personnes	Dose annuelle moyenne (mSv)
Centrales nucléaires (incluant mineurs d'uranium)	800 000	1,8
Autres industries	700 000	0,5
Défense	420 000	0,2
Utilisations médicales	2 320 000	0,3
Éducation	360 000	0,1
Équipages d'avions	250 000	3,0
Mines (autre que charbon)	760 000	2,7
Mines de charbon	3 910 000	0,7
Raffinage de minéraux	300 000	1,0
Autres lieux de travail (radon)	1 250 000	4,8

Source: UNSCEAR2000

United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation

Public : décès annuels dus au cancer causé par le rayonnement ionisant

Source	Dose annuelle (mSv)	Décès/année
Naturel	2,4	2 016 000
Examens médicaux	0,4	336 000
Voyages en avion	0,001	800
Centrales nucléaires	0,0002	168

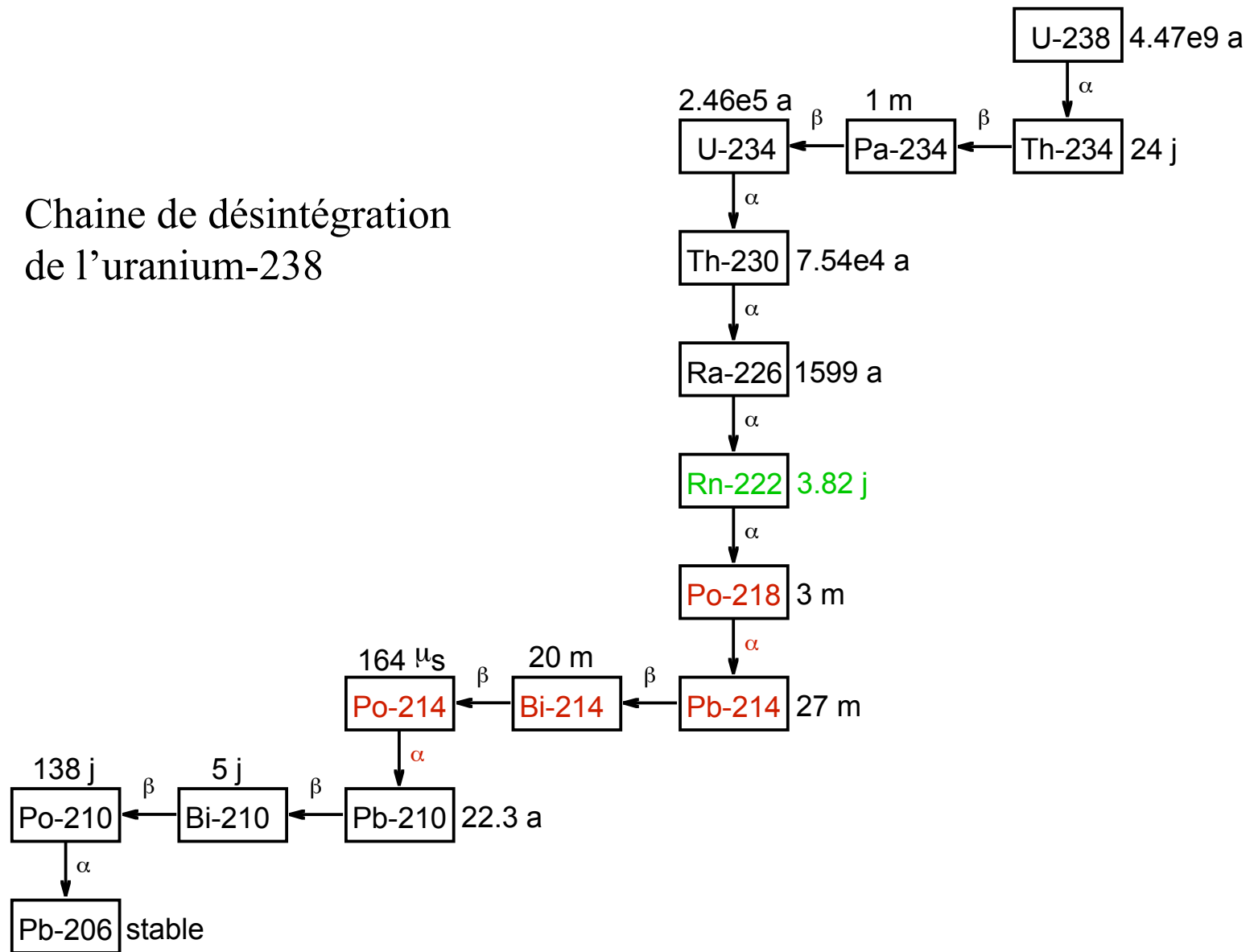
Public : décès annuels dus au cancer causé par le rayonnement ionisant

Source	Dose annuelle (mSv)	Décès/année
Naturel	2,4	2 016 000
Examens médicaux	0,4	336 000
Voyages en avion	0,001	800
Centrales nucléaires	0,0002	168

Radon

1 000 000

Chaine de désintégration de l'uranium-238



Public : décès annuels dus au cancer causé par le rayonnement ionisant

Source	Dose annuelle (mSv)	Décès/année
Naturel	2,4	2 016 000
Examens médicaux	0,4	336 000
Voyages en avion	0,001	800
Centrales nucléaires	0,0002	168

Radon

1 000 000

Public : décès annuels dus au cancer causé par le rayonnement ionisant

Source	Dose annuelle (mSv)	Décès/année
Naturel	2,4	2 016 000
Examens médicaux	0,4	336 000
Voyages en avion	0,001	800
Centrales nucléaires	0,0002	168

Travailleurs : décès annuels dus au cancer causé par le rayonnement ionisant

Industrie	Nombre	Dose moyenne (mSv)	Décès/année
Centrales nucléaires (incluant mineurs d'uranium)	800 000	1,8	158
Autres industries	700 000	0,5	39
Défense	420 000	0,2	9
Utilisations médicales	2 320 000	0,3	84
Éducation	360 000	0,1	4
Équipages d'avions	250 000	3,0	90
Mines (autre que charbon)	760 000	2,7	226
Mines de charbon	3 910 000	0,7	301
Raffinage de minéraux	300 000	1,0	33
Autres lieux de travail (radon)	1 250 000	4,8	720

Énergie nucléaire - Radiations

Mines d'uranium



Fabrication du combustible



Opération normale



Accidents

Déchets



**Health Effects
of the Chernobyl Accident
and
Special Health Care Programmes**

Report of the UN Chernobyl Forum
Expert Group "Health"

Editors:

Burton Bennett
Michael Repacholi
Zhanat Carr

Geneva

2006

Tchernobyl: nombre de décès dû aux radiations , selon OMS 2006

Syndrome d'irradiation aiguë

Liquidateurs	50
--------------	----

Cancer (estimé)

	Nombre de personnes	Décès
Liquidateurs	200 000	2200
Évacués	135 000	160
Zones sévèrement contaminées	270 000	1600
Autres zones contaminées	6 800 000	4970
Total		8980

Tchernobyl: nombre de décès dû aux radiations , selon OMS 2006

Syndrome d'irradiation aiguë

Liquidateurs	50
--------------	----

Cancer (estimé)

	Nombre de personnes	Décès
Liquidateurs	200 000	2200
Évacués	135 000	160
Zones sévèrement contaminées	270 000	1600
Autres zones contaminées	6 800 000	4970
Total		8980

Effets héréditaires

Tchernobyl: nombre de décès dû aux radiations , selon OMS 2006

Syndrome d'irradiation aiguë

Liquidateurs	50
--------------	----

Cancer (estimé)

	Nombre de personnes	Décès
Liquidateurs	200 000	2200
Évacués	135 000	160
Zones sévèrement contaminées	270 000	1600
Autres zones contaminées	6 800 000	4970
Total		8980

Effets héréditaires

Wikipédia

Liquidateurs : Certains de leurs enfants présentent des malformations congénitales à la naissance.

Tchernobyl: nombre de décès dû aux radiations , selon OMS 2006

Syndrome d'irradiation aiguë

Liquidateurs	50
--------------	----

Cancer (estimé)

	Nombre de personnes	Décès
Liquidateurs	200 000	2200
Évacués	135 000	160
Zones sévèrement contaminées	270 000	1600
Autres zones contaminées	6 800 000	4970
Total		8980

Effets héréditaires

Ukraine: fréquence des maladies génétiques	7,50%
Zones sévèrement contaminées (estimé)	7,53%

Décès annuels, centrales nucléaires

Public	168
Travailleurs	158
Accidents	300

Décès annuels, centrales nucléaires

Public	168
Travailleurs	158
Accidents	300 100

Décès annuels, centrales nucléaires

Public	168
Travailleurs	158
Accidents	300 100

monde ~400

Décès annuels, centrales nucléaires

Public	168
Travailleurs	158
Accidents	300 100

monde ~400

Canada 18

Québec 1

Décès annuels, centrales nucléaires

Public	168
Travailleurs	158
Accidents	300 100

monde ~400

Canada 18

Québec 1

Comparer à:

5800 décès par année en Ontario dûs à la pollution atmosphérique.

(plus de la moitié causée par les centrales au charbon)

Source: Ontario Medical Association 2005 www.OMA.org

Énergie nucléaire - Radiations

- Mines d'uranium ✓
- Fabrication du combustible ✓
- Opération normale ✓
- Accidents ✓
- Déchets

Déchets

La stratégie varie d'un pays à l'autre.

- La France recycle le Plutonium.
- Le Canada ne recycle pas.

Déchets

Canada



Stratégie canadienne:

Société de Gestion des Déchets Nucléaires
Rapport d'étude final, novembre 2005

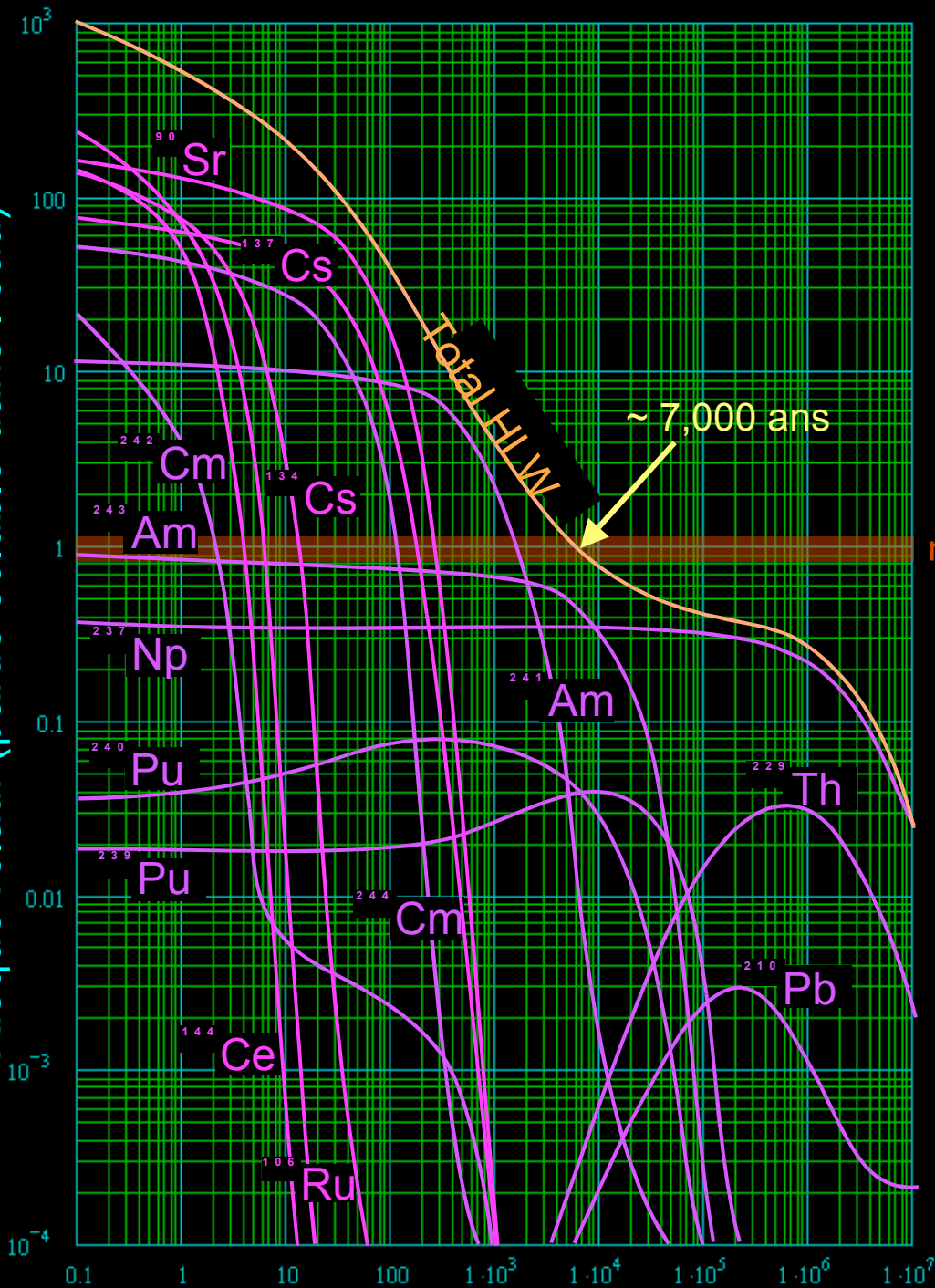
Mission:

- Élaborer de concert avec le public canadien une méthode socialement acceptable, techniquement sûre, écologiquement responsable et économiquement viable de gestion à long terme des déchets de combustible nucléaire du Canada.

Recommandation: **La gestion adaptive progressive**

1. Stockage temporaire sur le site de la centrale
2. Stockage facultatif à moyen terme sur un site central
3. Évacuation définitive au dépôt géologique en profondeur

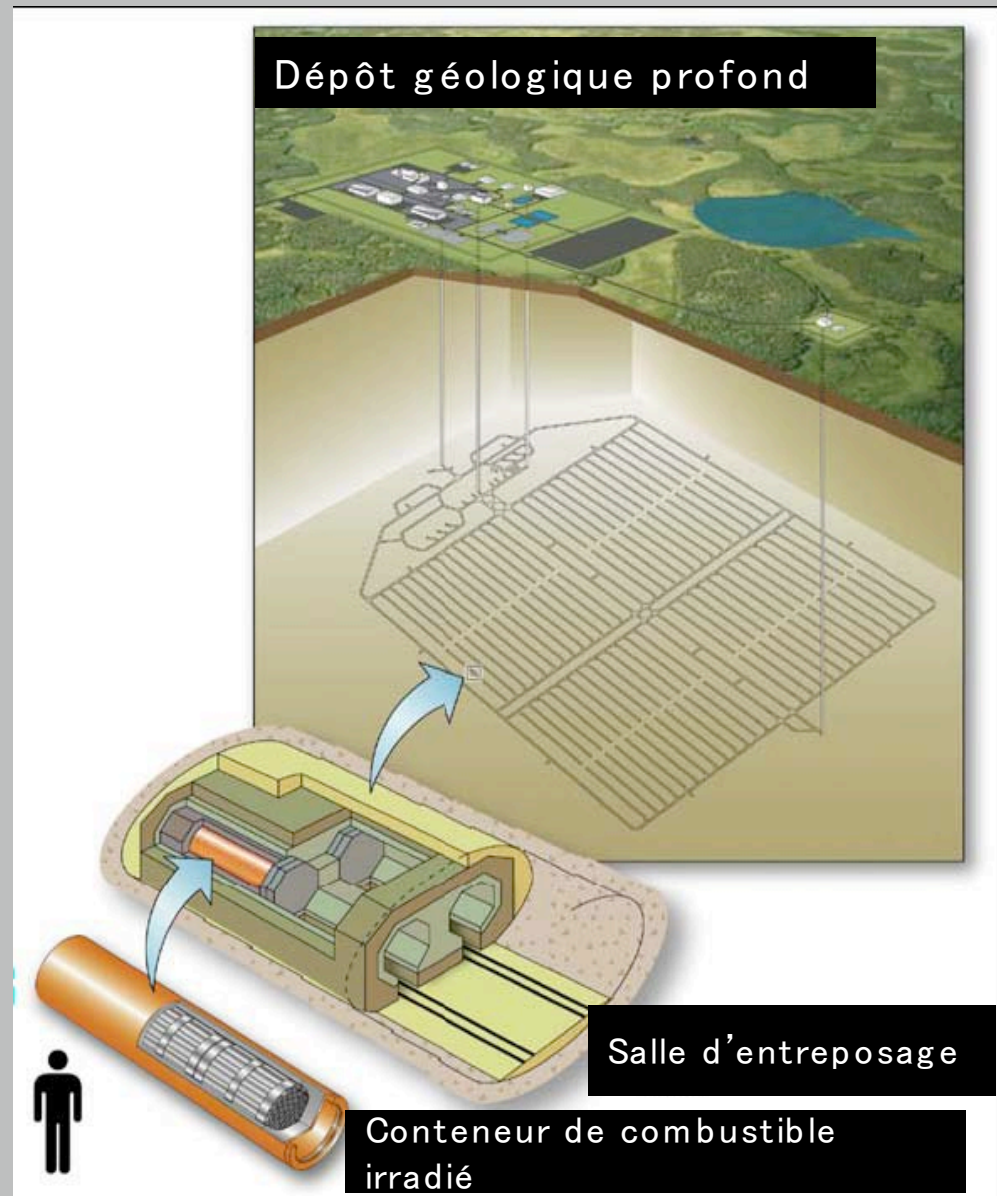
Risque relatif (partie soluble dans l'eau)



minerai d'uranium

Barrières contre la dispersion dans l'environnement

- Céramique UO_2 très peu soluble
- Conteneurs résistants à la corrosion pendant des milliers d'années
- Matériau de remblai choisi pour retarder l'infiltration d'eau et la migration des produits de fission
- Une formation géologique de plusieurs centaines de mètres



Stratégie canadienne:

Société de Gestion des Déchets Nucléaires
Rapport d'étude final, novembre 2005

Mission:

- Élaborer de concert avec le public canadien une méthode socialement acceptable, techniquement sûre, écologiquement responsable et économiquement viable de gestion à long terme des déchets de combustible nucléaire du Canada.

Recommandation: **La gestion adaptive progressive**

1. Stockage temporaire sur le site de la centrale
2. Stockage facultatif à moyen terme sur un site central
3. Évacuation définitive au dépôt géologique en profondeur

Énergie nucléaire - Radiations

- Mines d'uranium ✓
- Fabrication du combustible ✓
- Opération normale ✓
- Accidents ✓
- Déchets ✓

Énergie nucléaire - Radiations

Mines d'uranium ✓
Fabrication du combustible ✓
Opération normale ✓
Accidents ✓
Déchets ✓

Maintenir notre niveau de vie

Réduire la pollution atmosphérique

Réduire les émissions de GES

Accroître l'utilisation du nucléaire

Possibilités pour le Canada

Nouveau Brunswick

1. Finir la réfection de la centrale Point Lepreau
2. Construire une nouvelle centrale et exporter le surplus d'électricité aux États-Unis

Québec

1. Commencer la réfection de la centrale Gentilly
2. Construire le maximum de centrales hydro-électriques et encourager la conservation pour exporter le surplus d'électricité aux États-Unis

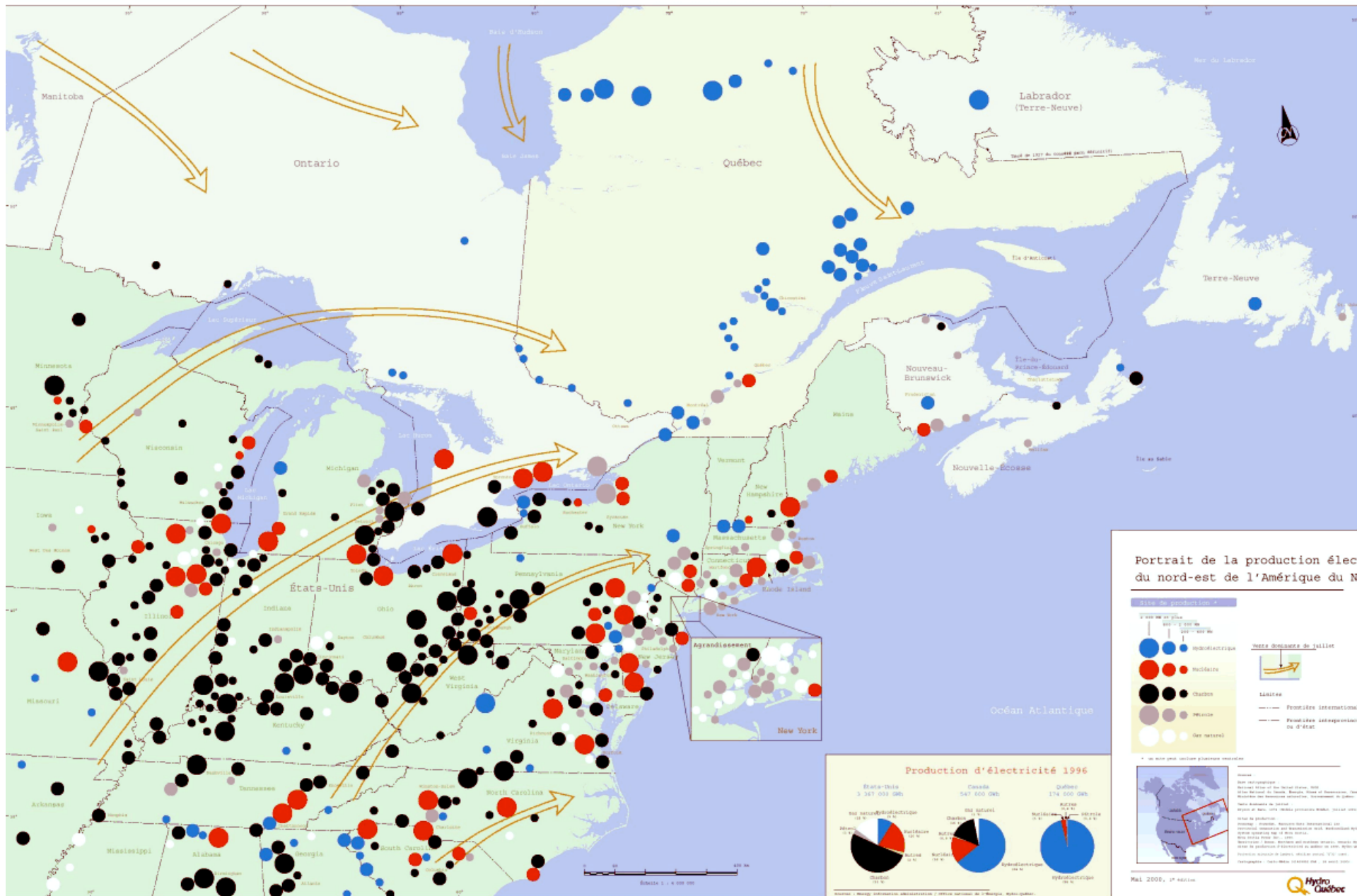
Ontario

1. Remettre en marche les centrales nucléaires fermées
2. Construire de nouvelles centrales nucléaires afin de pouvoir fermer les centrales au charbon

Alberta

1. Construire des centrales nucléaires pour faire de l'électricité
2. Construire des centrales nucléaires pour fournir la vapeur nécessaire pour extraire le pétrole des sables bitumineux

Portrait de la production électrique du nord-est de l'Amérique du Nord et des vents dominants





Possibilités pour le Canada

Nouveau Brunswick

1. Finir la réfection de la centrale Point Lepreau
2. Construire une nouvelle centrale et exporter le surplus d'électricité aux États -Unis

Québec

1. Commencer la réfection de la centrale Gentilly
2. Construire le maximum de centrales hydro -électriques et encourager la conservation pour exporter le surplus d'électricité aux États -Unis

Ontario

1. Remettre en marche les centrales nucléaires fermées
2. Construire de nouvelles centrales nucléaires afin de pouvoir fermer les centrales au charbon

Alberta

1. Construire des centrales nucléaires pour faire de l'électricité
2. Construire des centrales nucléaires pour fournir la vapeur nécessaire pour extraire le pétrole des sables bitumineux

Possibilités pour le Canada

Nouveau Brunswick

1. Finir la réfection de la centrale Point Lepreau
2. Construire une nouvelle centrale et exporter le surplus d'électricité aux États-Unis

Québec

1. Commencer la réfection de la centrale Gentilly
2. Construire le maximum de centrales hydro-électriques et encourager la conservation pour exporter le surplus d'électricité aux États-Unis

Ontario

1. Remettre en marche les centrales nucléaires fermées
2. Construire de nouvelles centrales nucléaires afin de pouvoir fermer les centrales au charbon

Alberta

1. Construire des centrales nucléaires pour faire de l'électricité
2. Construire des centrales nucléaires pour fournir la vapeur nécessaire pour extraire le pétrole des sables bitumineux

plus de nucléaire = moins de charbon