

# Uranium, radioactivité et rayonnement ionisant

## Un diaporama

préparé pour le

## Symposium sur le Nucléarisation de l'Afrique

*Johannesburg, Afrique du sud  
le 16 novembre 2015*

Gordon Edwards, Ph.D., Président,  
Regroupement pour la surveillance du nucléaire

**courriel: [ccnr@web.ca](mailto:ccnr@web.ca)**

[www.ccnr.org](http://www.ccnr.org)

# La radioactivité est une forme d'énergie nucléaire



*Photo: Robert Del Tredici*

Tous les atomes ont un centre minuscule qu'on appelle **LE NOYAU** [en anglais : « nucleus »]  
Un ou plusieurs électrons orbitent autour de lui.

L'énergie chimique n'implique que les électrons .



L'énergie chimique n'implique que les électrons .



L'énergie nucléaire provient directement du noyau – elle est des millions de fois plus puissante que l'énergie chimique.





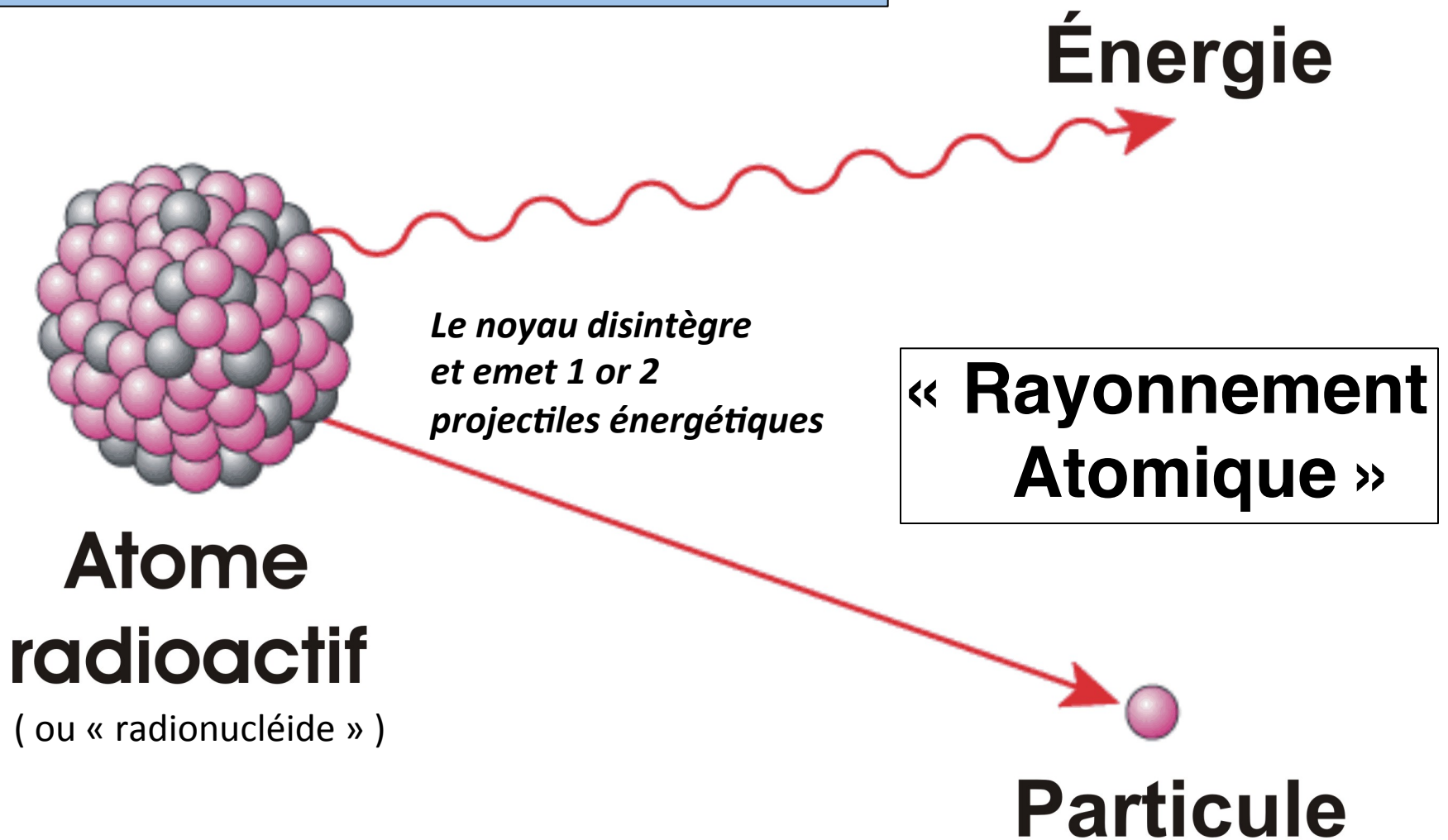
# ***Première leçon***

Un atome radioactif est **instable**

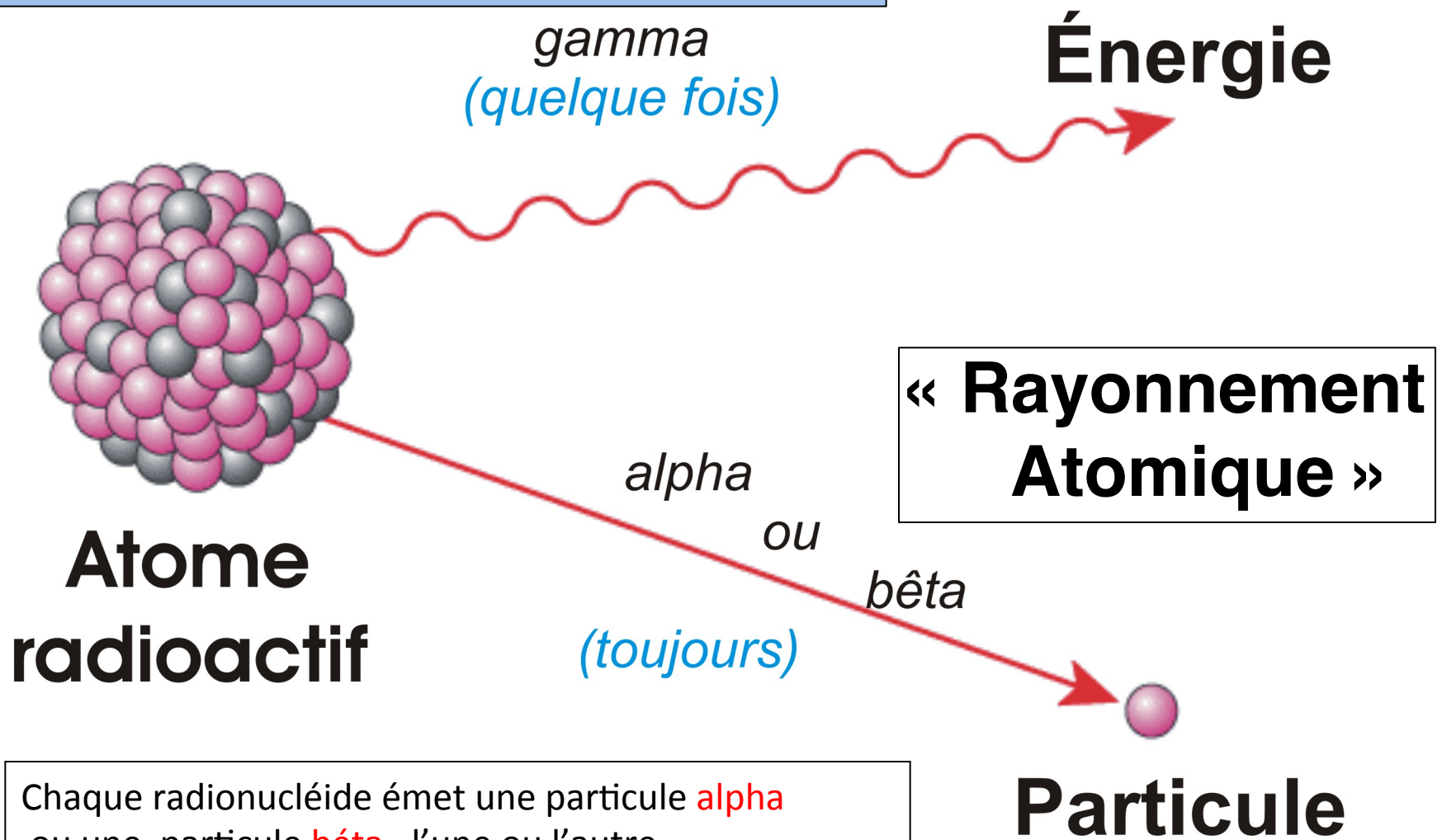
il **désintègre** de façon  
soudaine et violente

émettant du « **rayonnement atomique** »

# Emissions radioactives



# Alpha, Béta et Gamma



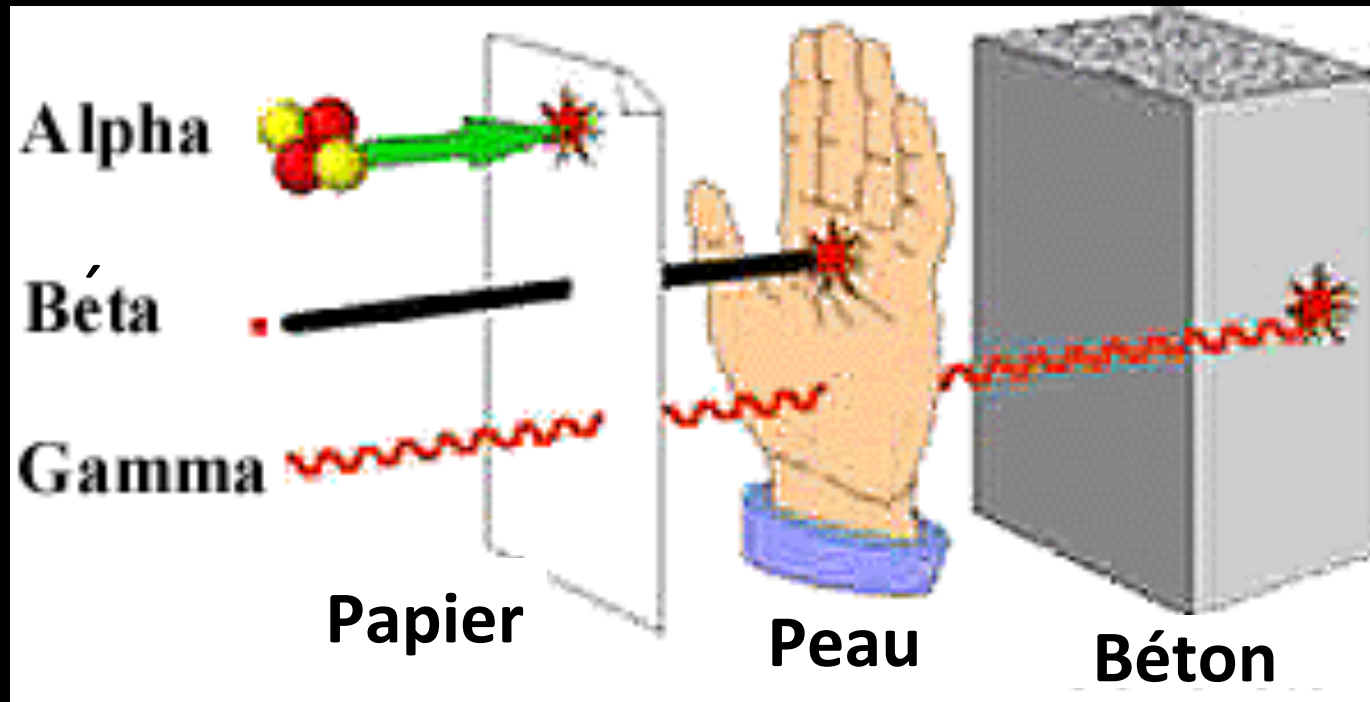
Chaque radionucléide émet une particule **alpha** ou une particule **béta**, l'une ou l'autre. Dans certains cas un rayon **gamma** est émis aussi. Tous les trois vont endommager des cellules vivantes.





Dans une « chambre nuage » on peut voir les émissions radioactives du minerai d'uranium.

Une particule alpha est arrêtée par une feuille de papier.  
Les émetteurs alpha sont inoffensifs à l'extérieur,  
**mais extrêmement dangereux si ingérés ou inhalés.**



Une particule bêta pénètre partiellement.  
Elle peut endommager les yeux ou la peau,  
mais le grand risque est l'exposition interne.

Les rayons gamma sont très pénétrants.  
Ils entraînent une exposition du corps  
entier. Le blindage est souvent nécessaire.



Un rayon gamma est comme un rayon x, mais plus puissant.  
*très pénétrant – facile à détecter*

Une particule bêta est comme un balle sous-atomique.  
*modérément pénétrant – plus difficile à détecter*

Une particule alpha est comme un boulet de canon sous-atomique.  
*pas très pénétrant ~ mais extrêmement dommageable!*  
*souvent manque de détection*

*Les particules alpha et bêta constituent une menace  
interne pour les organismes vivants.*

## ***Deuxième leçon***

Les éléments radioactifs ont différentes  
**trajectoires dans le corps humain**

Leurs émissions brisent les liens moléculaires,  
**créant des fragments moléculaires chargés (des ions)**

Les molécules d'ADN sont endommagées et  
ces **cellules peut se développer anormalement**

## Les matières radioactives

sont des substances chimiques qui sont également radioactives.

# CONTAMINATION RADIOACTIVE

## THYROÏDE

iode-131  
beta (gamma) ; 8 jours

## PEAU

soufre-35  
beta ; 87 jours

## FOIE

cobalt-60  
beta (gamma) ; 5 ans

## OVAIRES

iode-131  
beta (gamma) ; 8 jours

cobalt-60  
beta (gamma) ; 5 ans

krypton-85  
gamma ; 10 ans

ruthenium-106  
gamma ; 1 an

zinc-65  
gamma ; 245 jours

barium-140  
gamma ; 13 jours

potassium-42  
gamma ; 12 heures

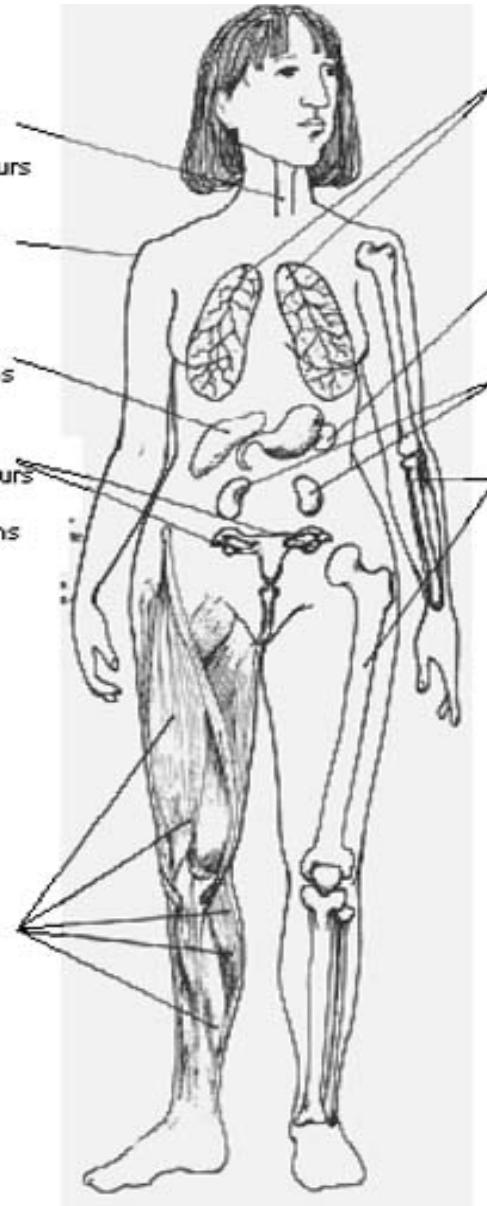
cesium-137  
gamma ; 30 ans

plutonium-239  
alpha ; 24 000 ans

## MUSCLE

potassium-42  
gamma ; 12 heures

cesium-137  
gamma ; 30 ans



## POUMONS

radon-222 (et corps entier)  
alpha ; 3,8 jours

uranium-233 (et os)  
alpha ; 162 000 ans

plutonium-239 (et os)  
alpha ; 24 000 ans

## RATE

polonium-210 (et corps entier)  
alpha ; 138 jours

## REIN

uranium-238 (et os)  
alpha ; 4 500 000 ans

ruthenium-106 (et os)  
gamma (beta) ; 1 an

## OS

radium-226  
alpha ; 1 620 ans

zinc-65  
gamma ; 245 jours

strontium-90  
beta ; 28 ans

yttrium-90  
beta ; 64 heures

promethium-147  
beta ; 2 ans

barium-140  
beta (gamma) ; 13 jours

thorium-234  
beta ; 24,1 jours

phosphore-32  
beta ; 14 jours

carbon-14 (et graisse)  
beta ; 5 600 ans

# CONTAMINATION RADIOACTIVE

**L'iode 131** se rend dans la glande thyroïde (dans la gorge) et puis l'endommagement (aussi dans les ovaires des femmes)

## THYROÏDE

iode-131  
beta (gamma) ; 8 jours

## PEAU

soufre-35  
beta ; 87 jours

## FOIE

cobalt-60  
beta (gamma) ; 5 ans

## OVAIRES

iode-131  
beta (gamma) ; 8 jours

cobalt-60  
beta (gamma) ; 5 ans

krypton-85  
gamma ; 10 ans

ruthenium-106  
gamma ; 1 an

zinc-65  
gamma ; 245 jours

barium-140  
gamma ; 13 jours

potassium-42  
gamma ; 12 heures

cesium-137  
gamma ; 30 ans

plutonium-239  
alpha ; 24 000 ans

## MUSCLE

potassium-42  
gamma ; 12 heures

cesium-137  
gamma ; 30 ans

## POUMONS

radon-222 (et corps entier)  
alpha ; 3,8 jours

uranium-233 (et os)  
alpha ; 162 000 ans

plutonium-239 (et os)  
alpha ; 24 000 ans

## RATE

polonium-210 (et corps entier)  
alpha ; 138 jours

## REIN

uranium-238 (et os)  
alpha ; 4 500 000 ans

ruthenium-106 (et os)  
gamma (beta) ; 1 an

## OS

radium-226  
alpha ; 1 620 ans

zinc-65  
gamma ; 245 jours

strontium-90  
beta ; 28 ans

yttrium-90  
beta ; 64 heures

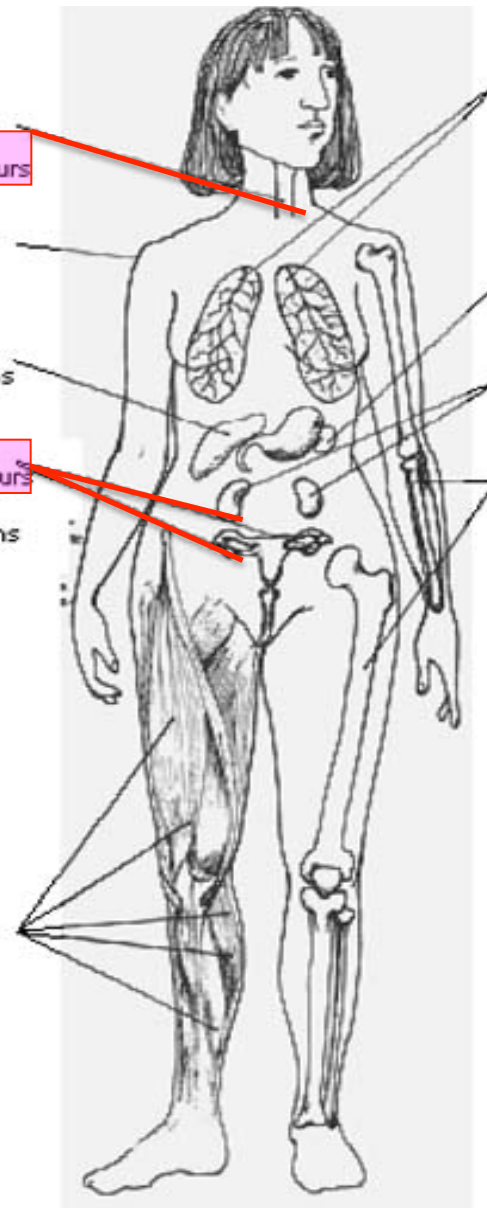
promethium-147  
beta ; 2 ans

barium-140  
beta (gamma) ; 13 jours

thorium-234  
beta ; 24,1 jours

phosphore-32  
beta ; 14 jours

carbon-14 (et graisse)  
beta ; 5 600 ans



# CONTAMINATION RADIOACTIVE

## THYROÏDE

iode-131  
beta (gamma) ; 8 jours

## PEAU

soufre-35  
beta ; 87 jours

## FOIE

cobalt-60  
beta (gamma) ; 5 ans

## OVAIRES

iode-131  
beta (gamma) ; 8 jours

cobalt-60  
beta (gamma) ; 5 ans

krypton-85  
gamma ; 10 ans

ruthenium-106  
gamma ; 1 an

zinc-65  
gamma ; 245 jours

barium-140  
gamma ; 13 jours

potassium-42  
gamma ; 12 heures

cesium-137  
gamma ; 30 ans

plutonium-239  
alpha ; 24 000 ans

## MUSCLE

potassium-42  
gamma ; 12 heures

cesium-137  
gamma ; 30 ans

## POUMONS

radon-222 (et corps entier)  
alpha ; 3,8 jours

uranium-233 (et os)  
alpha ; 162 000 ans

plutonium-239 (et os)  
alpha ; 24 000 ans

## RATE

polonium-210 (et corps entier)  
alpha ; 138 jours

## REIN

uranium-238 (et os)  
alpha ; 4 500 000 ans

ruthenium-106 (et os)  
gamma (beta) ; 1 an

## OS

radium-226  
alpha ; 1 620 ans

zinc-65  
gamma ; 245 jours

strontium-90  
beta ; 28 ans

yttrium-90  
beta ; 64 heures

promethium-147  
beta ; 2 ans

barium-140  
beta (gamma) ; 13 jours

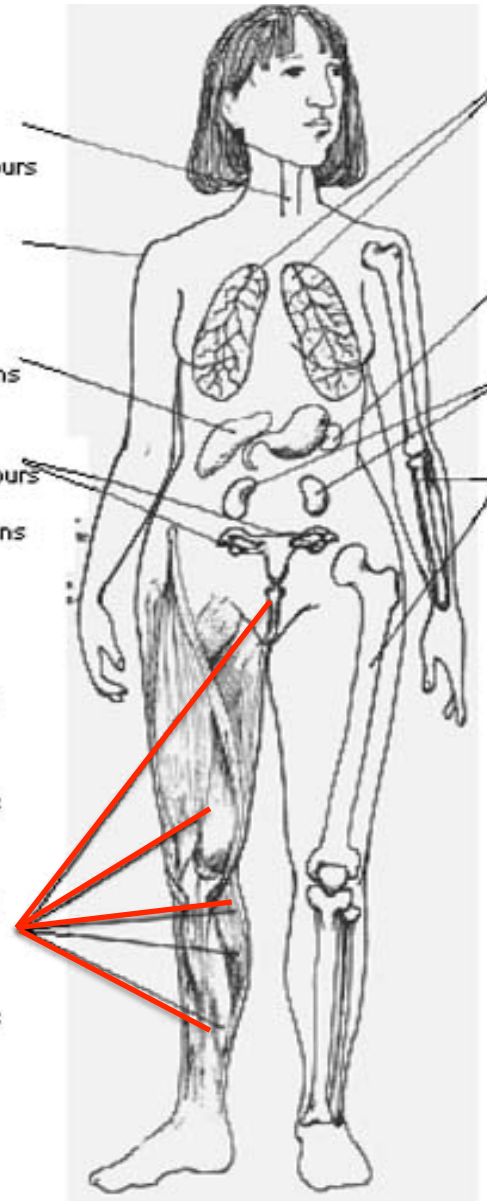
thorium-234  
beta ; 24,1 jours

phosphore-32  
beta ; 14 jours

carbon-14 (et graisse)  
beta ; 5 600 ans

**Le césium 137**  
se comporte  
comme le  
potassium; il se  
rend dans le sang  
et les tissus mous

(Il rend la viande  
impropre à la  
consommation)





# CONTAMINATION RADIOACTIVE

## THYROÏDE

iode-131  
beta (gamma) ; 8 jours

## PEAU

soufre-35  
beta ; 87 jours

## FOIE

cobalt-60  
beta (gamma) ; 5 ans

## OVAIRES

iode-131  
beta (gamma) ; 8 jours

cobalt-60  
beta (gamma) ; 5 ans

krypton-85  
gamma ; 10 ans

ruthenium-106  
gamma ; 1 an

zinc-65  
gamma ; 245 jours

barium-140  
gamma ; 13 jours

potassium-42  
gamma ; 12 heures

cesium-137  
gamma ; 30 ans

plutonium-239  
alpha ; 24 000 ans

## MUSCLE

potassium-42  
gamma ; 12 heures

cesium-137  
gamma ; 30 ans

## POUMONS

radon-222 (et corps entier)  
alpha ; 3,8 jours

uranium-233 (et os)  
alpha ; 162 000 ans

plutonium-239 (et os)  
alpha ; 24 000 ans

## RATE

polonium-210 (et corps entier)  
alpha ; 138 jours

## REIN

uranium-238 (et os)  
alpha ; 4 500 000 ans

ruthenium-106 (et os)  
gamma (beta) ; 1 an

## OS

radium-226  
alpha ; 1 620 ans

zinc-65  
gamma ; 245 jours

strontium-90  
beta ; 28 ans

yttrium-90  
beta ; 64 heures

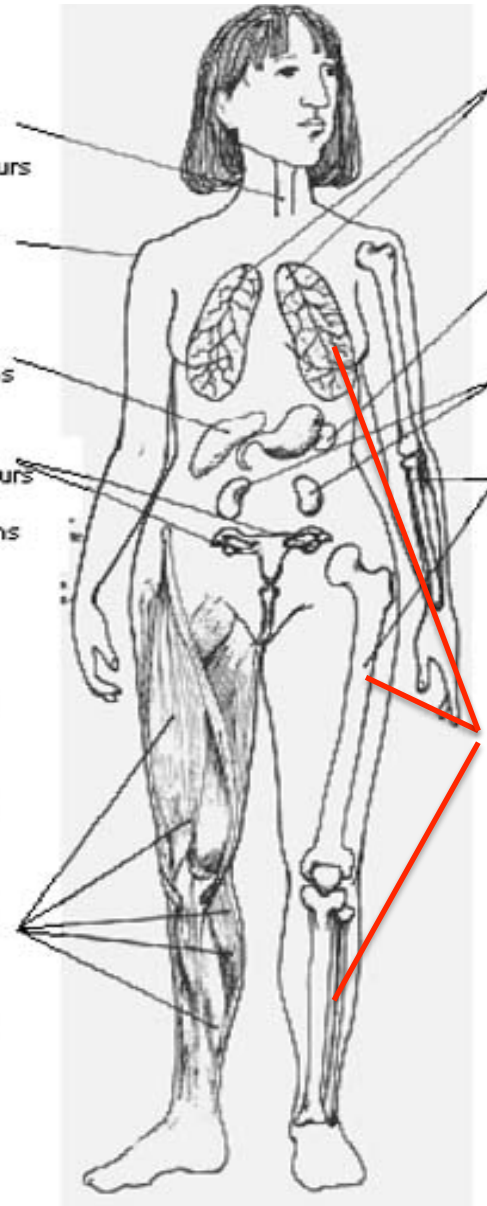
promethium-147  
beta ; 2 ans

barium-140  
beta (gamma) ; 13 jours

thorium-234  
beta ; 24,1 jours

phosphore-32  
beta ; 14 jours

carbon-14 (et graisse)  
beta ; 5 600 ans



**Le strontium 90** se comporte comme le calcium; il se rend dans les os, les dents et le lait maternel.

## ***Troisième leçon***

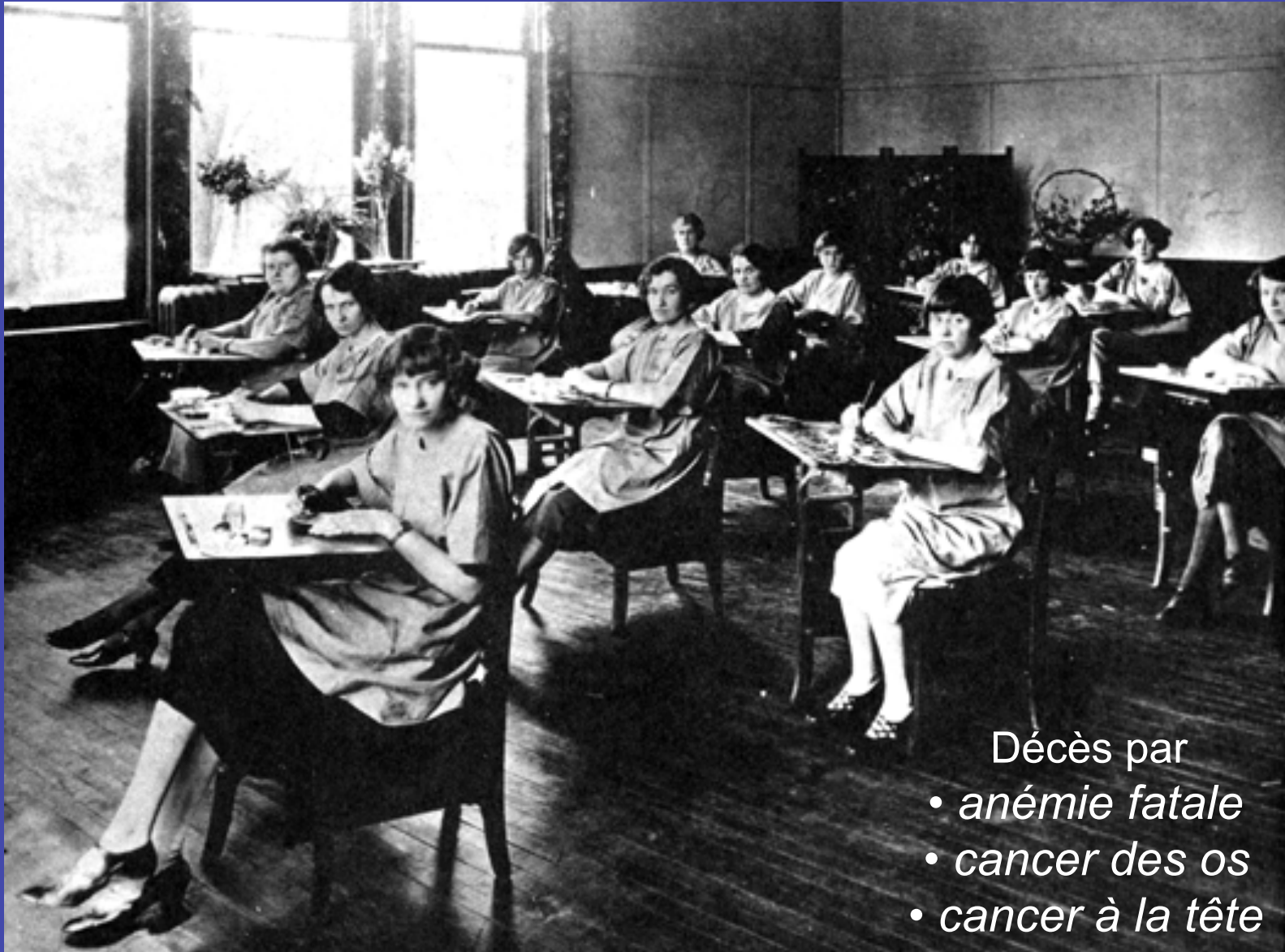
L' exposition chronique augmente l' incidence  
du cancer, de la leucémie, des dommages génétiques,  
des paralysies cérébrales, des crises cardiaques,  
d'autres maladies du sang, et des déficiences de  
l' intelligence dans les embryons exposés

mais il y a une « période de latence » ;  
ces maladies ne se manifestent qu'après  
des années ou des décennies  
suivant l'exposition



Marie Curie 1898

*elle a découvert le radium et le polonium,  
deux « produits de désintégration » de l'uranium*



- Décès par
- *anémie fatale*
  - *cancer des os*
  - *cancer à la tête*

Peinture de cadrans 1920

**Radium 226**



## Polonium-210

*... des milliards de fois plus toxique que le cyanure*

*... cause de 90% des décès chez les fumeurs*

Alexandre Litvinenko 2006

*assassiné avec du*

**Polonium-210**



***Los Alamos National Laboratory  
Division des produits chimiques***

*<http://periodic.lanl.gov/elements/84.html>*

***polonium 210***

au même poids

il est **250 milliards de fois**

plus toxique que le cyanure d'hydrogène.

## *American Health Physics Society*

*polonium 210*

... est probablement la cause de **90%** des  
**morts attribuables au tabac**

(cancer du poumon, accident vasculaire cérébrale, attaque cardiaque)

Photo: Robert Del Tredici



Mineurs souterrains

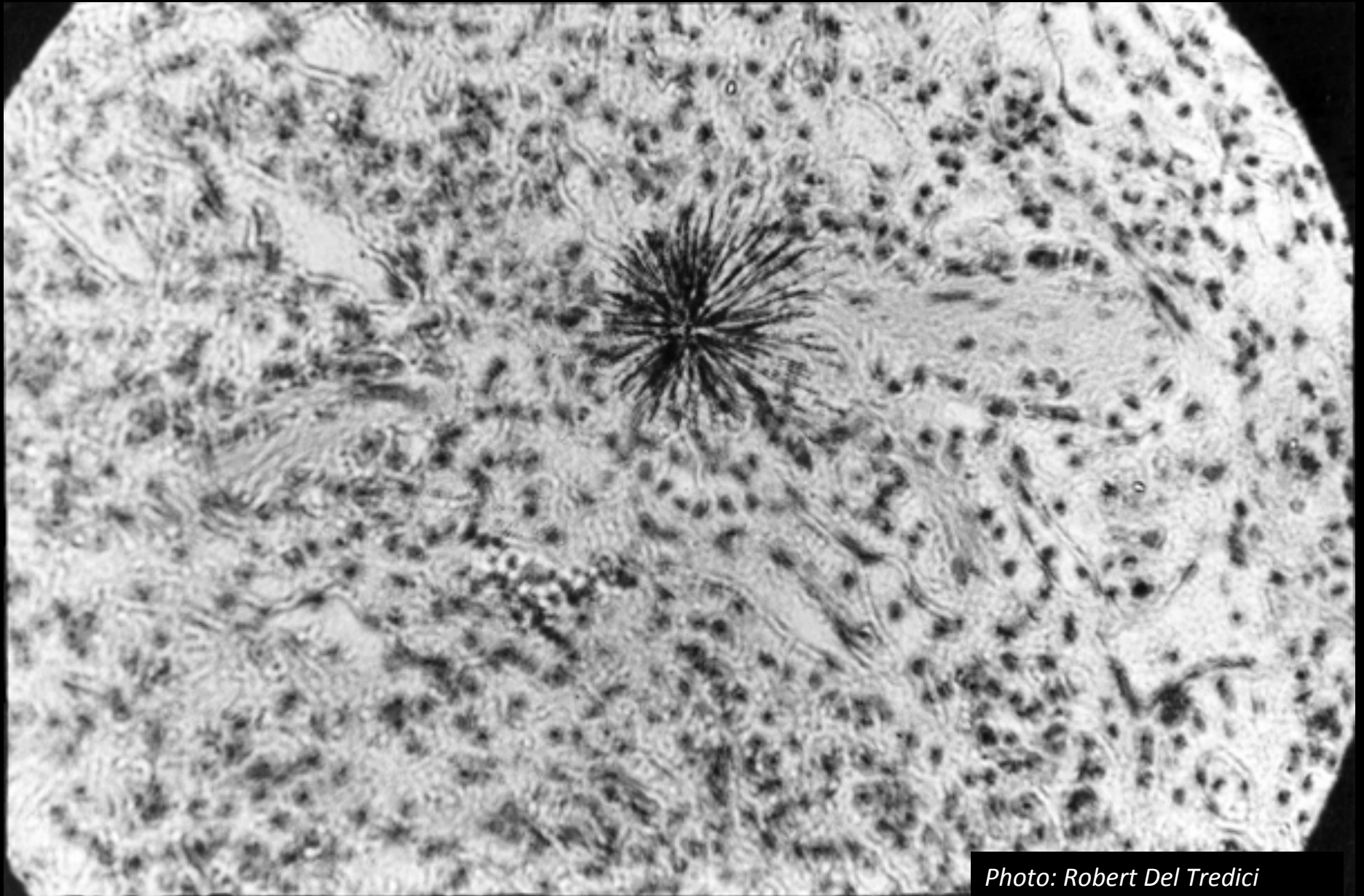
Gas radon

Ce mineur d'uranium  
Navajo a le cancer  
du poumon

Le radon

- . . . tue 20-30 mille Américains  
chaque année chez eux  
(EPA des É-U)
- . . . est la principale cause de  
cancer du poumon chez  
les non-fumeurs

La rayonnement alpha ~ inoffensif à l'extérieur, mortel à l'intérieur.



*Photo: Robert Del Tredici*

Le radium, le radon, le polonium, le thorium, l'uranium, le plutonium ~ tous sont des émetteurs alpha

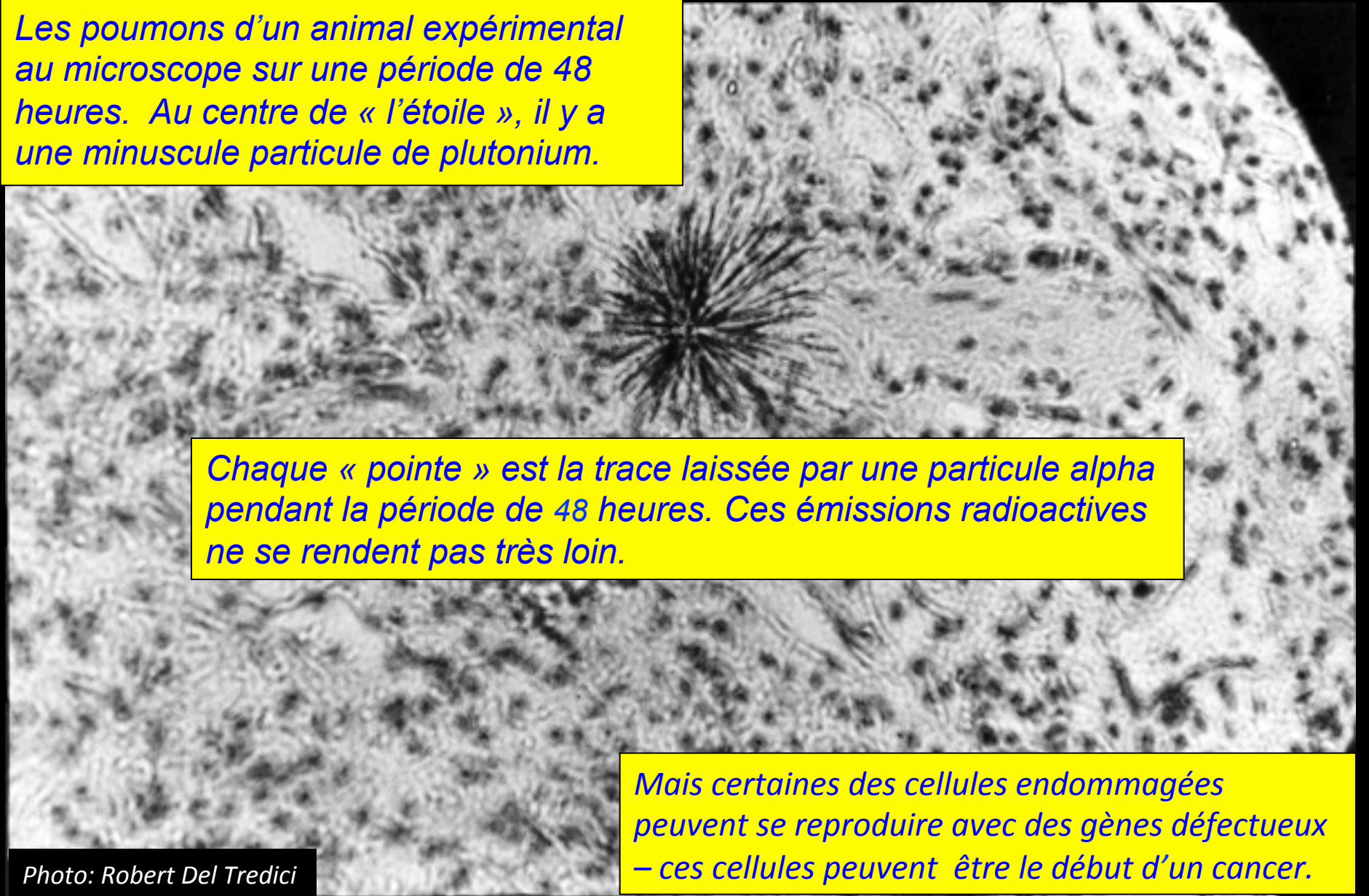


*Les poumons d'un animal expérimental au microscope sur une période de 48 heures. Au centre de « l'étoile », il y a une minuscule particule de plutonium.*

*Chaque « pointe » est la trace laissée par une particule alpha pendant la période de 48 heures. Ces émissions radioactives ne se rendent pas très loin.*

*Mais certaines des cellules endommagées peuvent se reproduire avec des gènes défectueux – ces cellules peuvent être le début d'un cancer.*

*Photo: Robert Del Tredici*





## ***Quatrième leçon***

L' incidence de la maladie dépend de la « dose à la population ».

Plus la population est grande, plus grands sont les cas de maladies.

Le modèle « linéaire sans seuil » s'applique.



À de faibles niveaux d'exposition, des effets biologiques dommageables comme le cancer **ne se manifestent que plusieurs années après l'exposition.**



graphisme: Robert Del Tredici

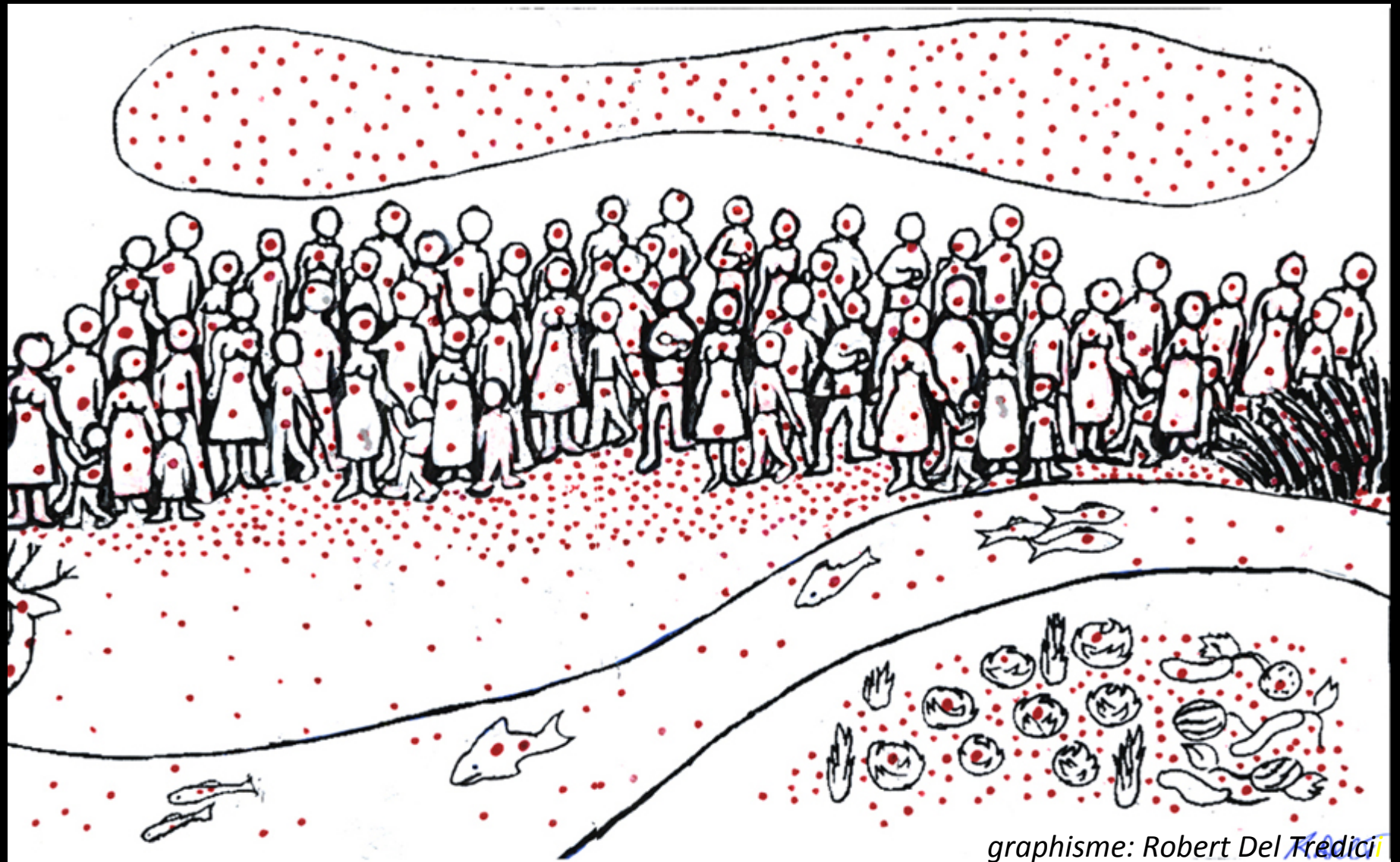
Les matières radioactives se retrouvent dans l'air, dans l'eau et dans le sol.  
Ils s'introduisent **dans les poissons, les plantes, les animaux et les humains.**





graphisme: Robert Del Tredici

Une petite partie de la population va développer un cancer, des années plus tard.  
**Les nouveaux-nés et les enfants sont particulièrement vulnérables**



graphisme: Robert Del Tredici

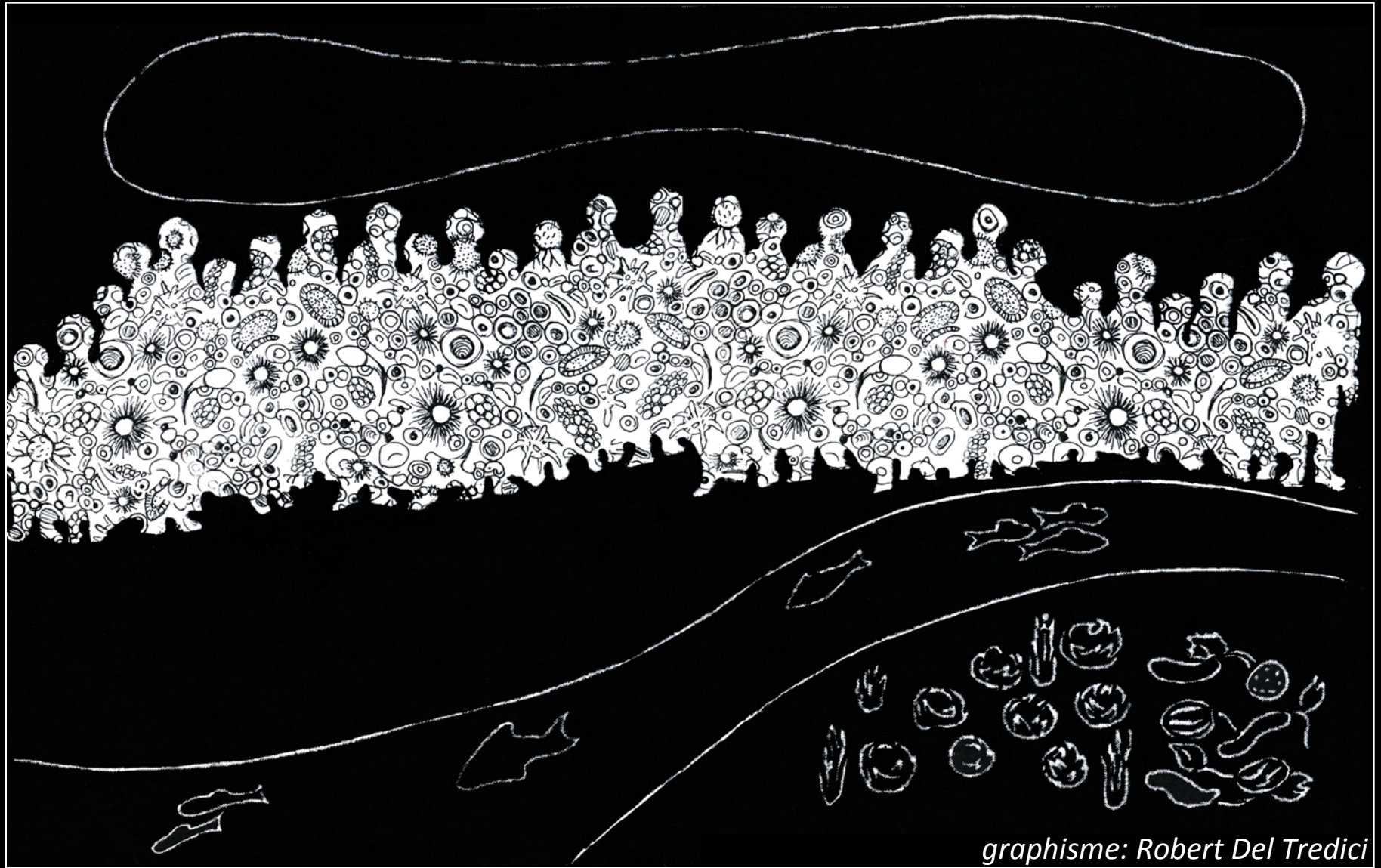
Si une plus grande population est exposée au *même* niveau de contamination, on dit que « la dose population » est plus importante.





Plus la dose population est importante,  
plus il y aura d'effets adverses pour la santé – comme le cancer.

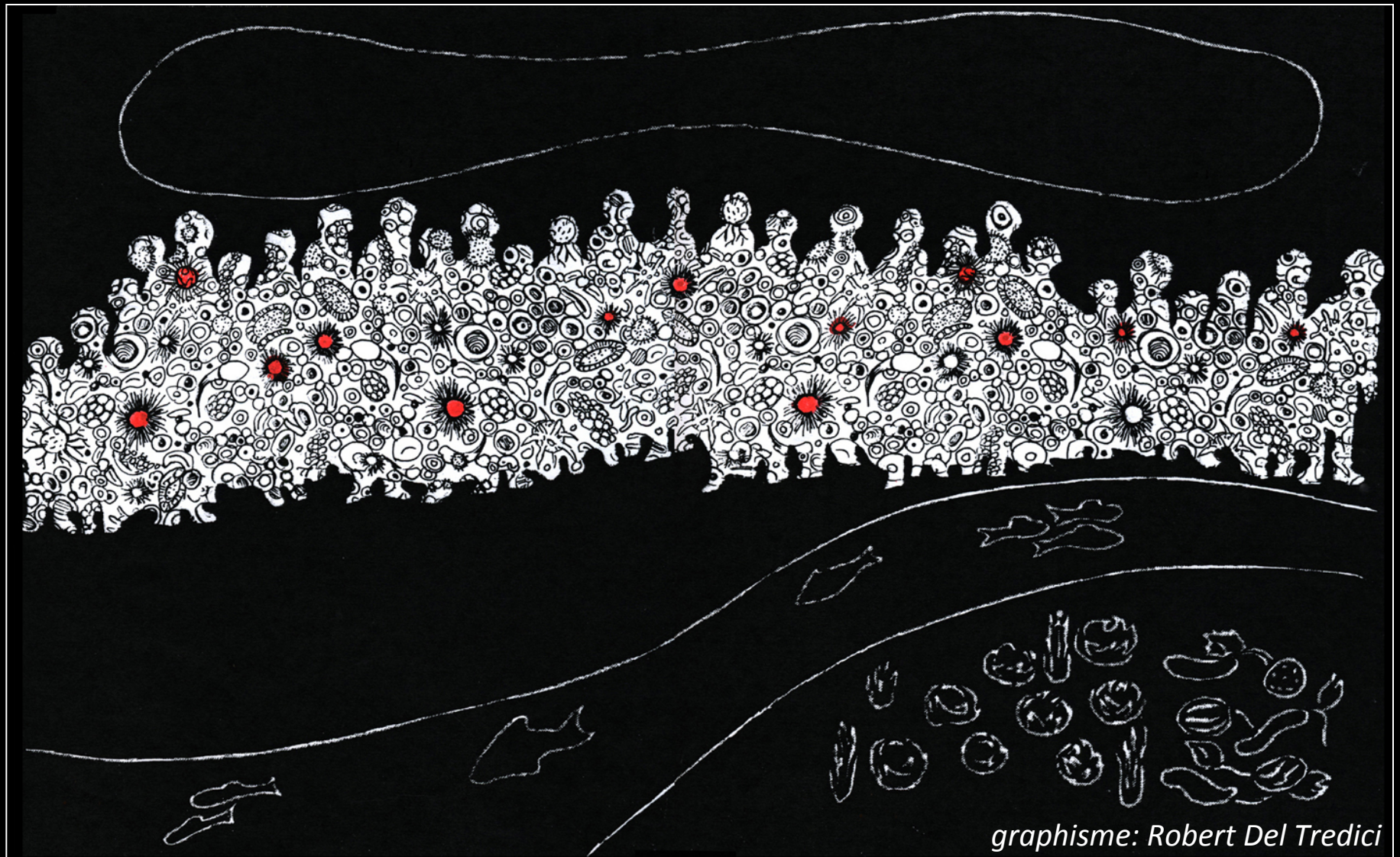




*graphisme: Robert Del Tredici*

À de faibles niveaux, la radioactivité n'attaque pas les humains directement – elle endommage les cellules. **Une population est comme un océan de cellules.**





Une partie de ces cellules va se développer en cancers. **C'est largement une question de hasard** qui fera en sorte qu'un organisme aura un cancer.

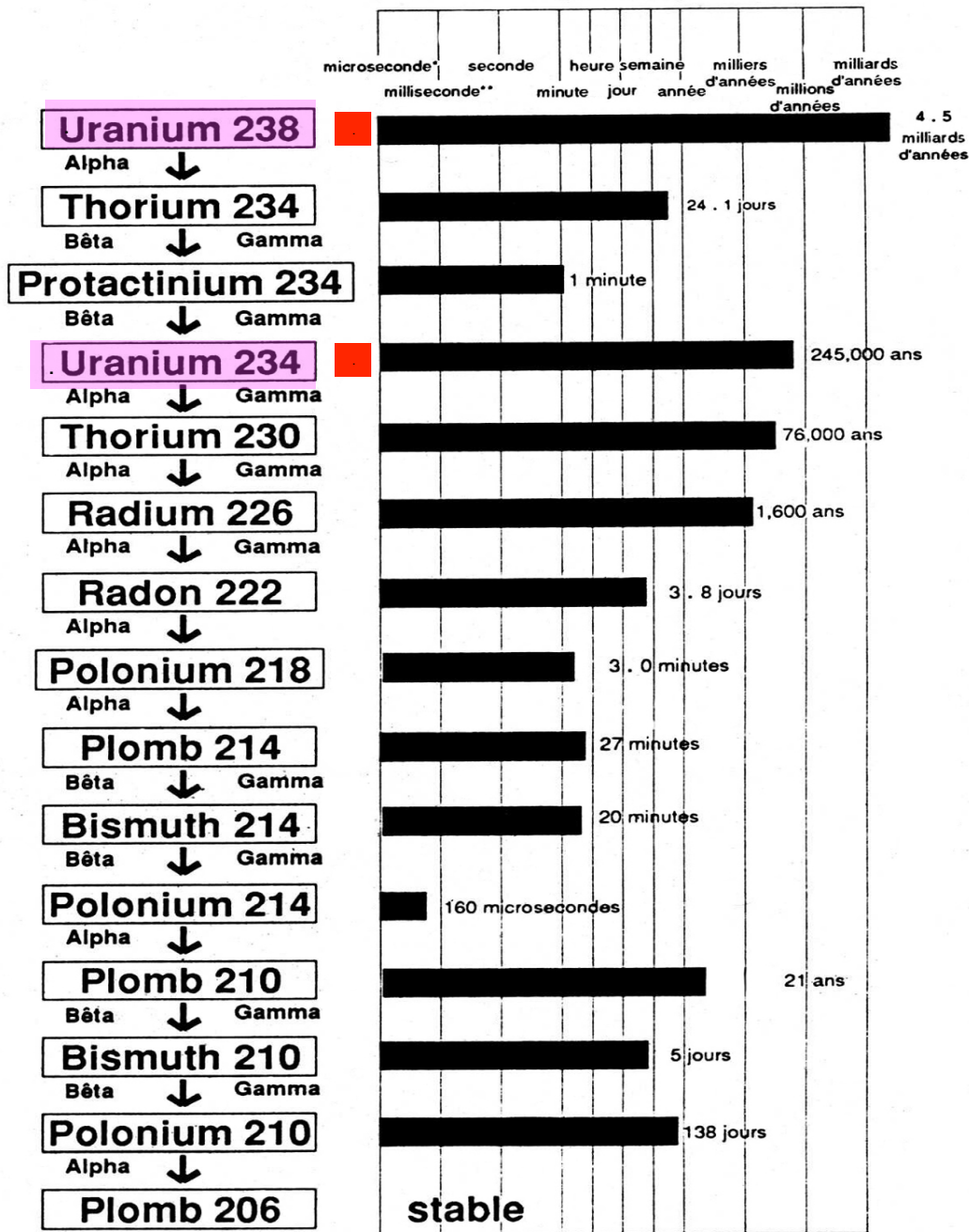
# *Cinquième leçon*

Chaque désintégration produit un nouvel élément qu' on appelle «produit de désintégration»

L' uranium a une longue «chaîne de désintégration».

Ses produits de désintégration sont beaucoup plus radioactifs que l' uranium lui-même.

### Demi-vie

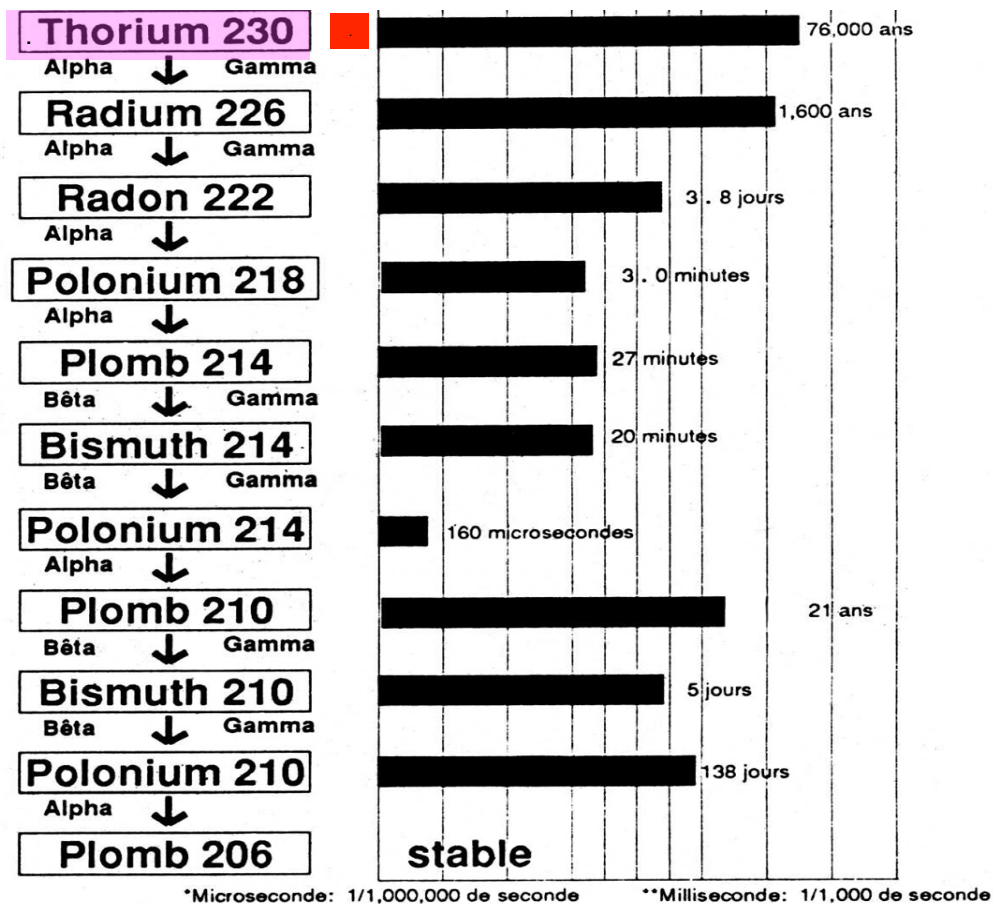


\*Microseconde: 1/1,000,000 de seconde      \*\*Milliseconde: 1/1,000 de seconde

## Les produits de désintégration de l'uranium



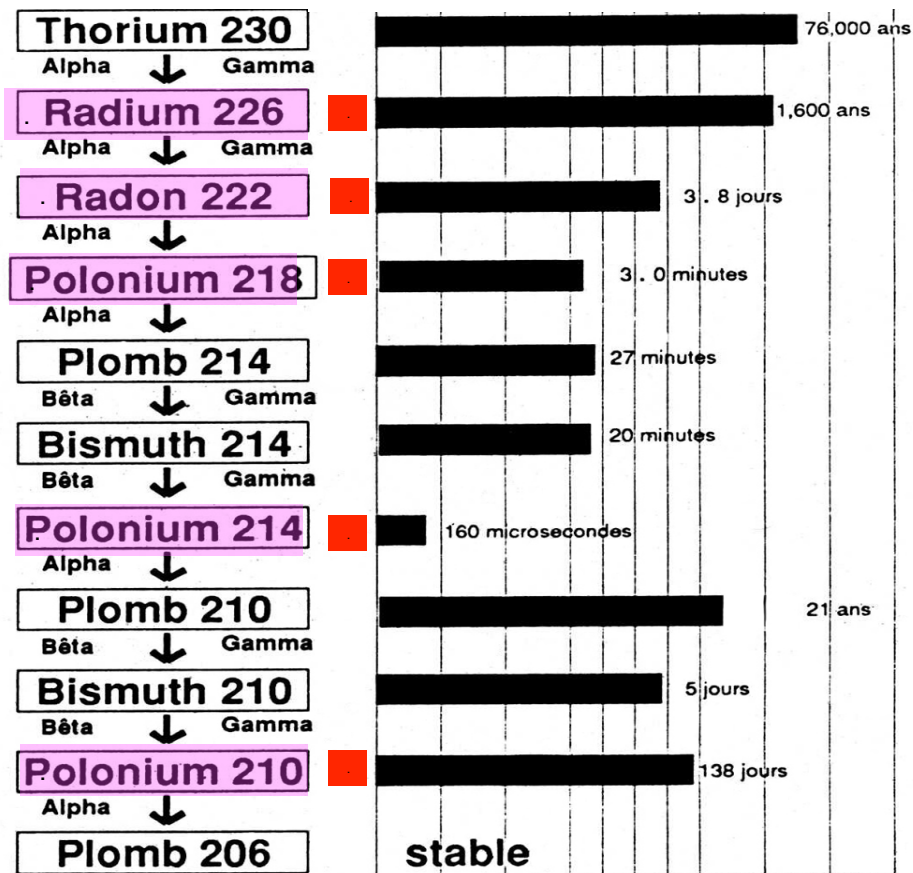
Après l'extraction de l'uranium du minerai  
85 % de la radioactivité contenue dans le  
minerai reste dans les résidus miniers



Les produits de désintégration de l'uranium

Dans les résidus miniers radioactifs  
le thorium 230 réapprovisionne l'inventaire  
du radium, du radon et du polonium  
pour des centaines de milliers d'années

*demi-vie = 76 000 ans*

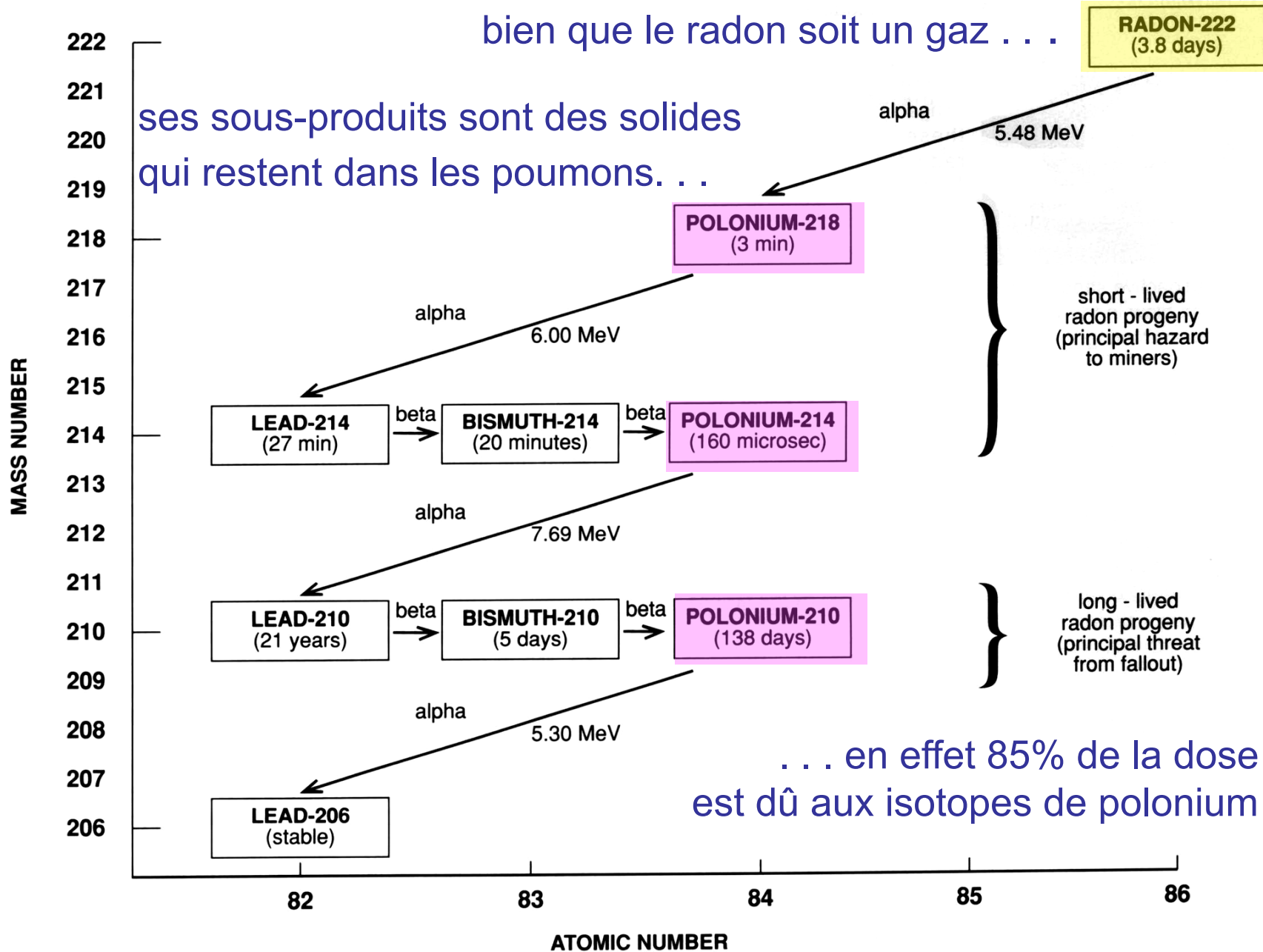


\*Microseconde: 1/1,000,000 de seconde    \*\*Milliseconde: 1/1,000 de seconde

**Les produits de désintégration de l'uranium**

bien que le radon soit un gaz . . .

ses sous-produits sont des solides  
qui restent dans les poumons. . .



. . . en effet 85% de la dose  
est dû aux isotopes de polonium

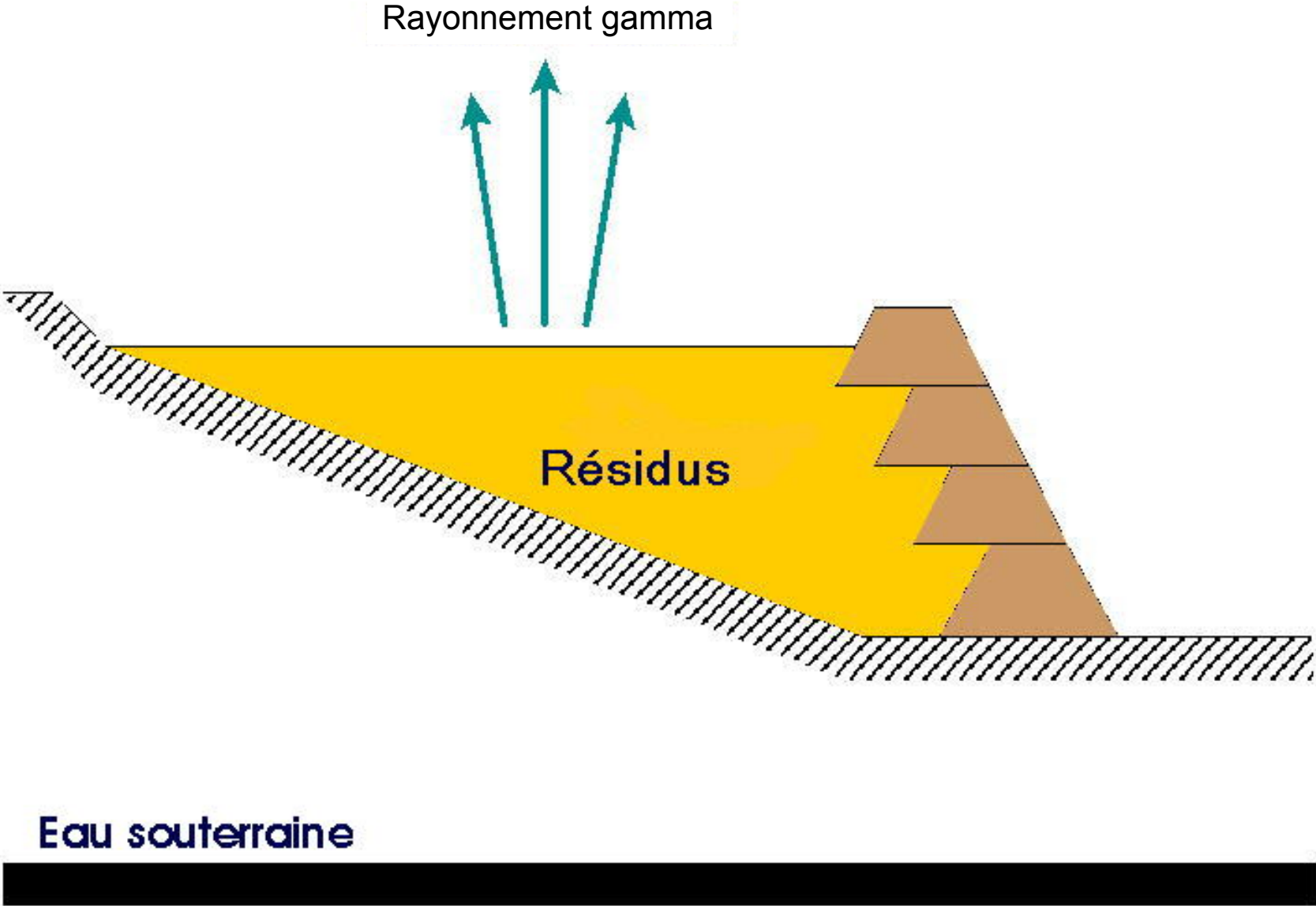
## ***Sixième leçon***

Les déchets d'uranium  
demeurent dangereux pendant 500,000 ans.

La contamination se répand  
par le vent, la pluie, l'érosion,  
les animaux, les travaux d'excavation...

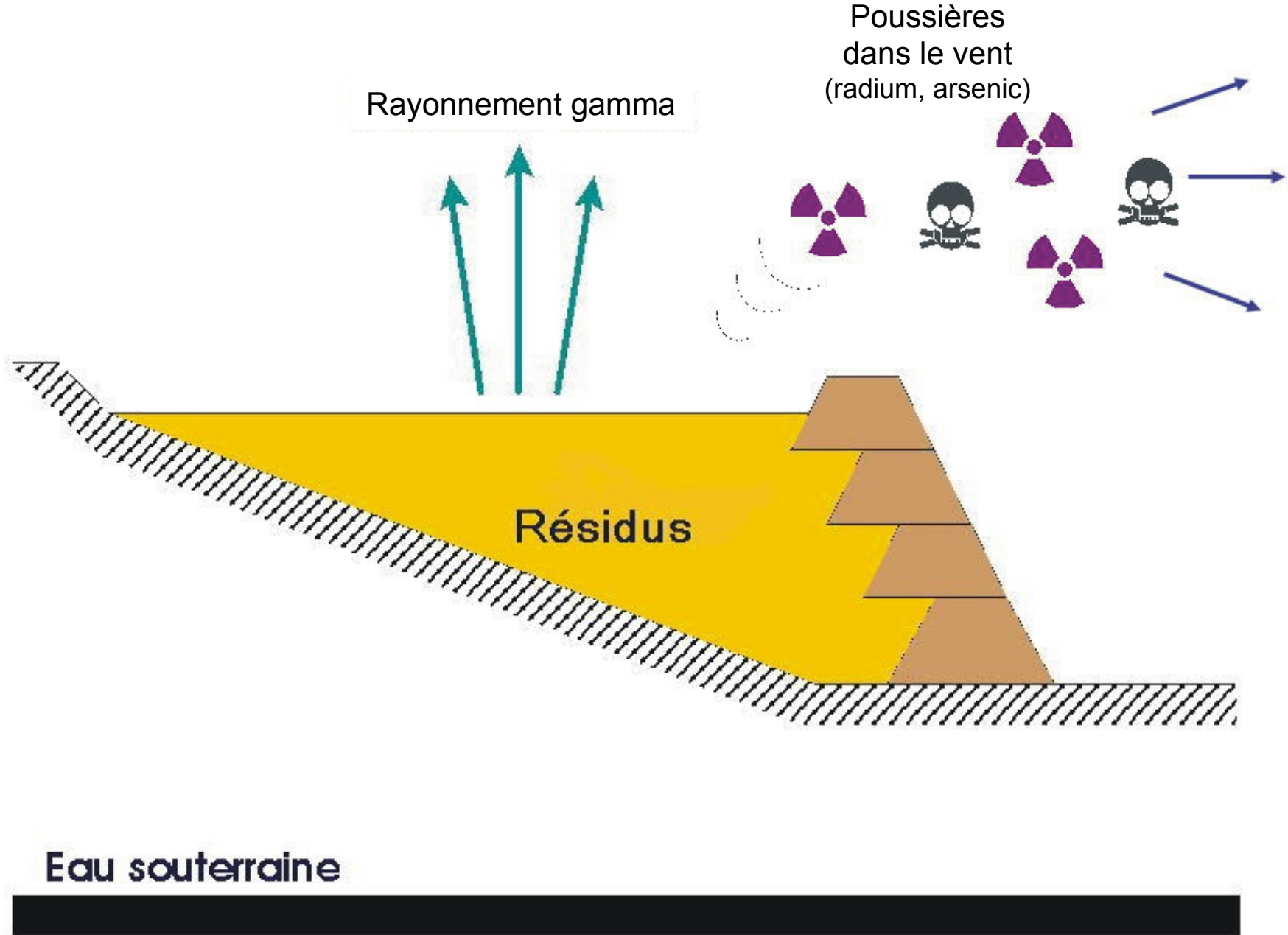
Sans équipement spécialisé,  
c'est impossible de se rendre compte du danger.

# Dangers des residus miniers de l'uranium

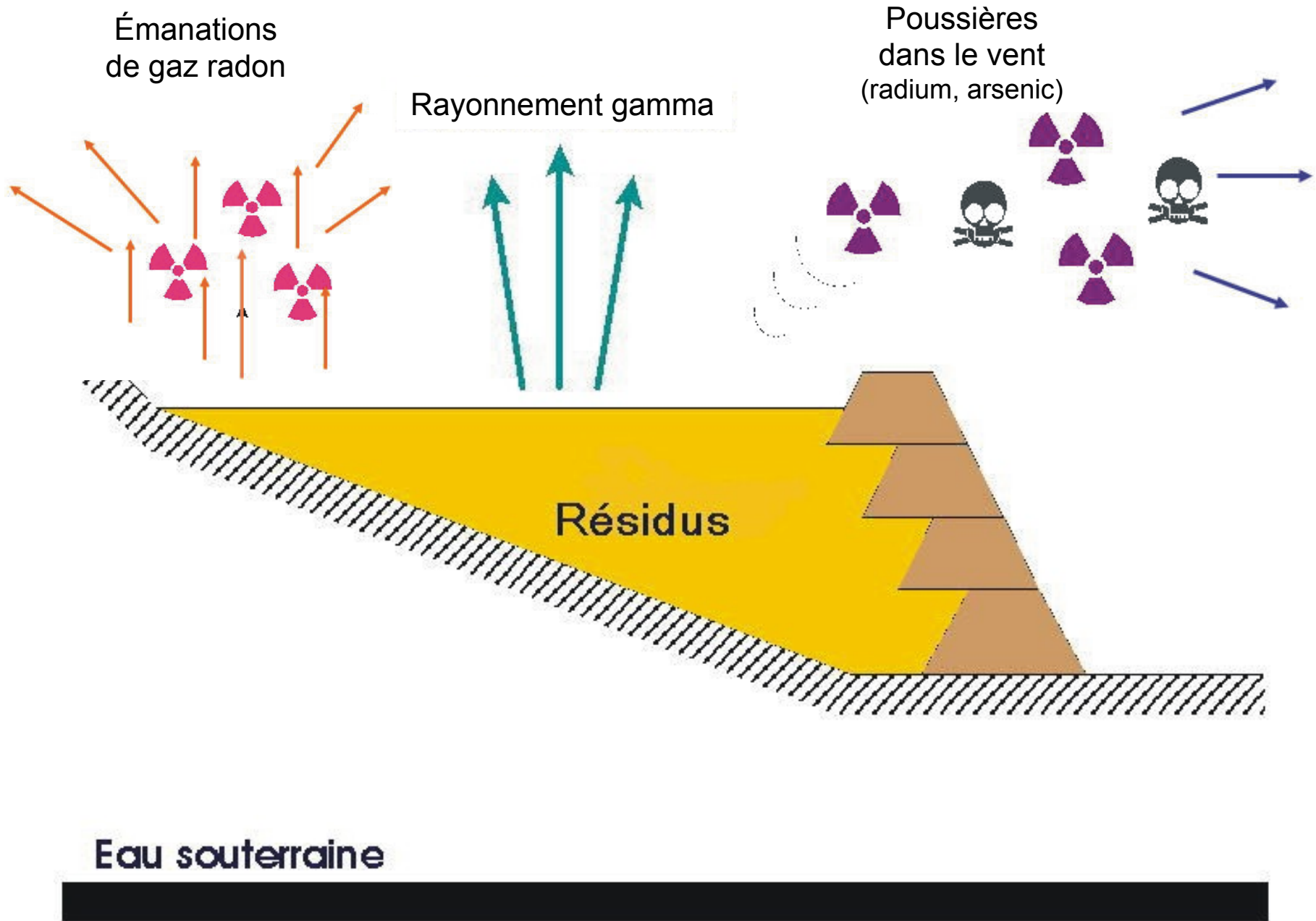




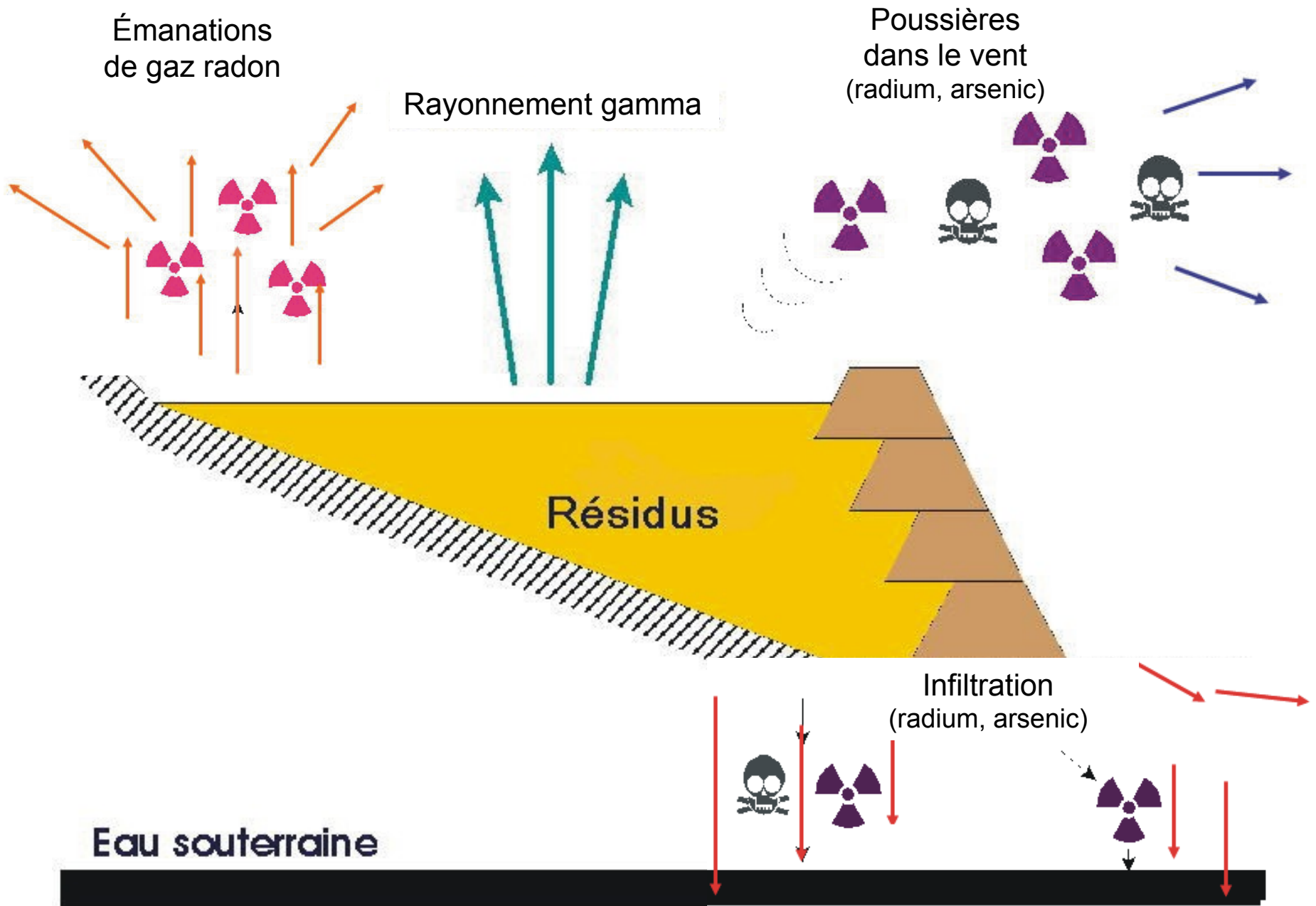
# Dangers des residus miniers de l'uranium



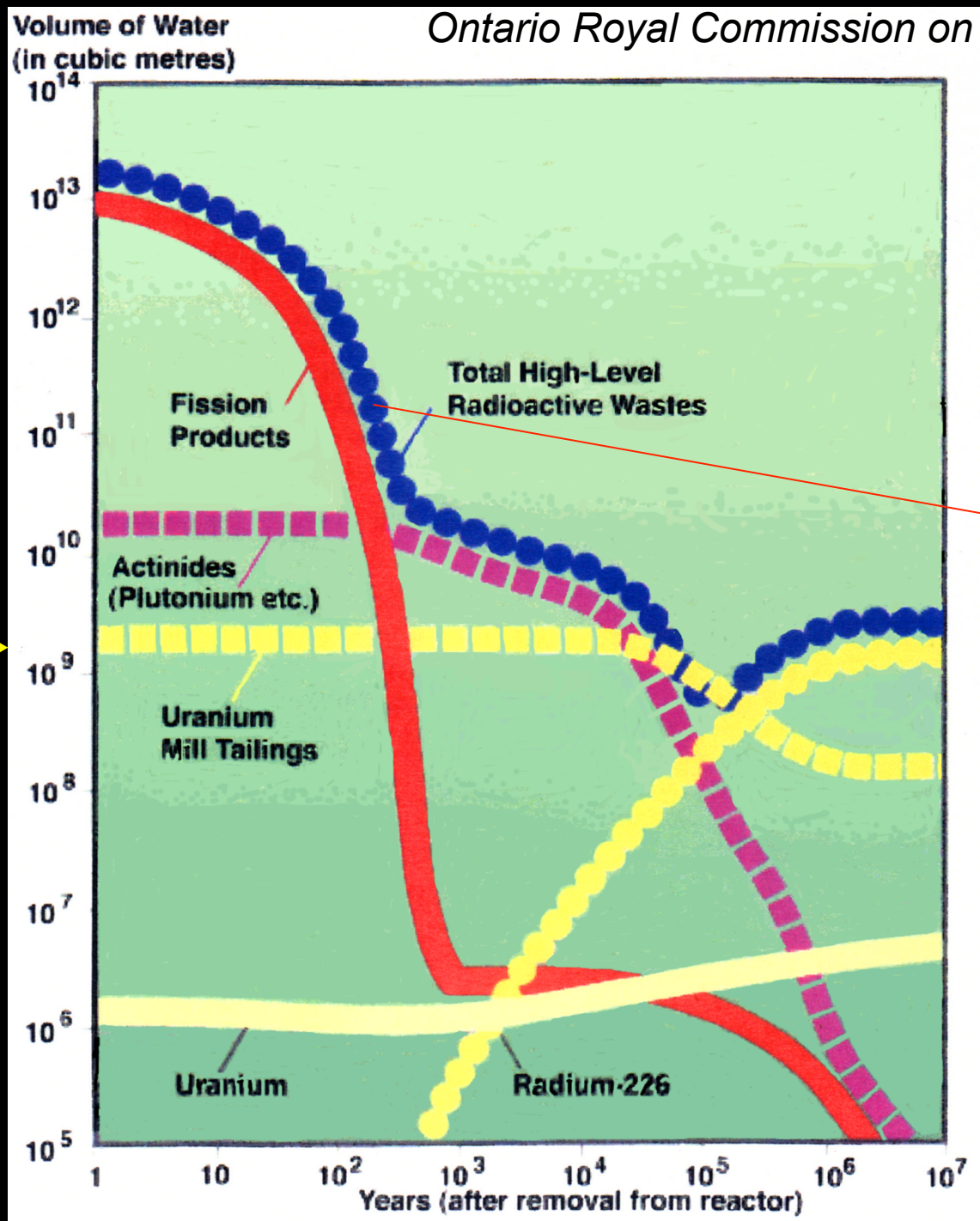
# Dangers des résidus miniers de l'uranium



# Dangers des résidus miniers de l'uranium



Ontario Royal Commission on Electric Power Planning (1978)



À NOTER:

Après 1000 ans, les résidus miniers sont aussi toxique comme les déchets nucléaires à haute niveau

Les lignes rouges et bleus representent le toxicité de combustible nucléaire sur 10 million d'années.

Le toxicité des résidus miniers est indiqué par ce ligne jaune.

Extrait de "A Race Against Time", Royal Commission Report, 1978

# ***Septième Leçon***

Personne ne sait pas  
**comment éteindre la radioactivité**

c'est impossible de  
ralentir, d'accélérer ou d'arrêter  
le taux des émissions radioactives

c'est pourquoi **les déchets radioactives**  
**posent un problème irresolu**



## DEUX TYPES d'énergie nucléaire, très différent :

### LA FISSION NUCLÉAIRE –

des noyaux sont « divisés » par les neutrons  
(penser aux Bombes & aux réacteurs nucléaires)  
Découverte : déc 1938 – jan 1939

### LA RADIOACTIVITÉ –

des noyaux disintègrent spontanément  
(penser aux “ clics ” d'un compteur Geiger )  
Découverte: 1896 par Henri Becquerel

---

**La fission nucléaire** : on peut la ralentir, accélérer ou éteindre, par l'exercice de *contrôler le nombre des neutrons*.

**La radioactivité** est imparable. Personne ne sait pas comment de l'éteindre, ou de la ralentir ou de l'accélérer.

**La fission nucléaire crée  
des centaines des  
radionucléides nouveaux,  
très radioactives**

*C'est pourquoi on a  
une problème avec ces déchets . . .*



*Detecting radioactivity requires special equipment & protection*



*Radioactive contamination at West Valley NY from nuclear fuel waste*

**. . . Et personne ne sait pas  
comment d'éteindre la radioactivité**

*Autrefois*

***il n'y aurait pas aucune problème***



Fukushima Dai-Ichi centrale nucléaire, Units 1 – 4

*Tous ces réacteurs étaient éteints après le tremblement de terre le 11 mars 11, 2011.*





Les explosions **étaient provoquées par la radioactivité des déchets nucléaires**  
(chaleur + ionization → réactions chimiques → gaz hydrogène → explosions)





Le chaleur des déchets nucléaires ont causé 3 fontes de coeur et 4 édifices demolis.  
Sans refroidissement, le *chaleur de radioactivité accroit le température vers 2800 degrés*

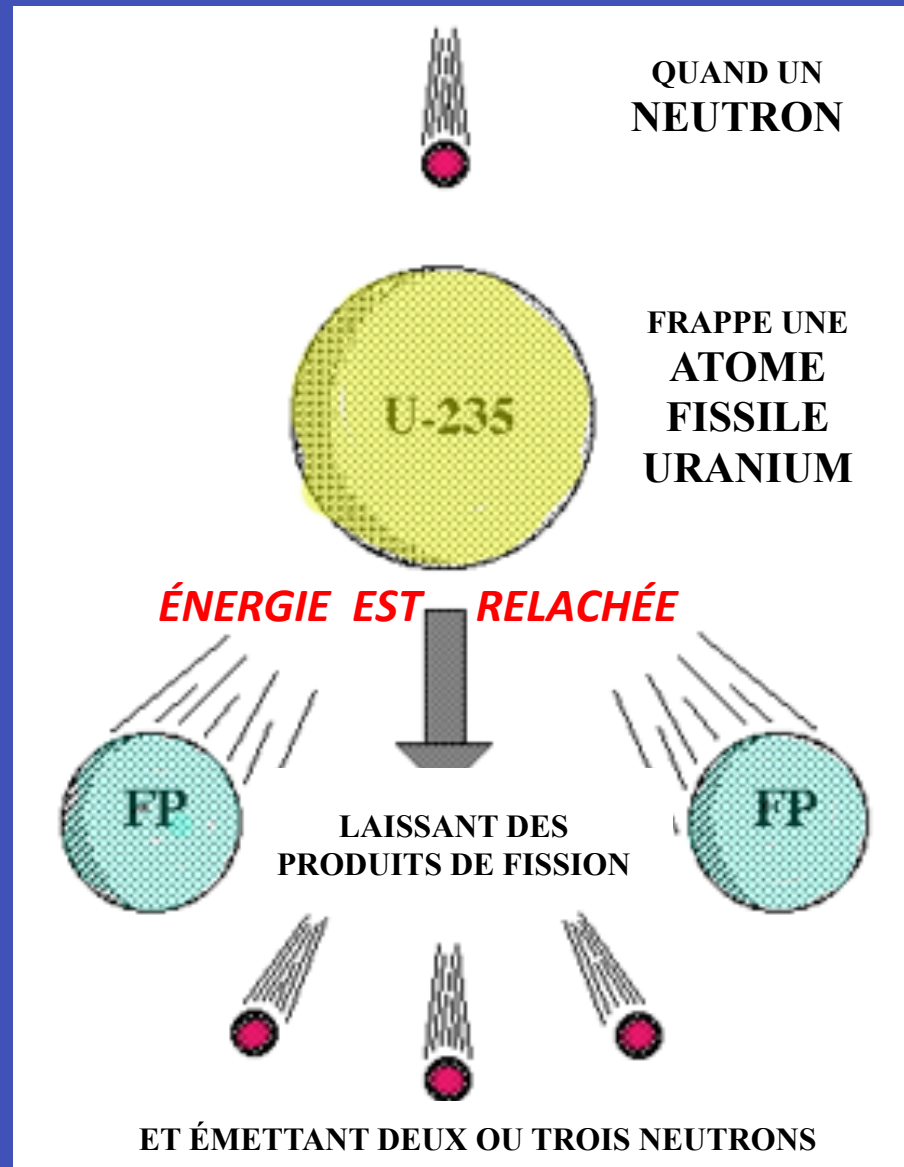
# ***Huitième leçon***

C' est irresponsable d' abandonner  
les déchets nucléaires.

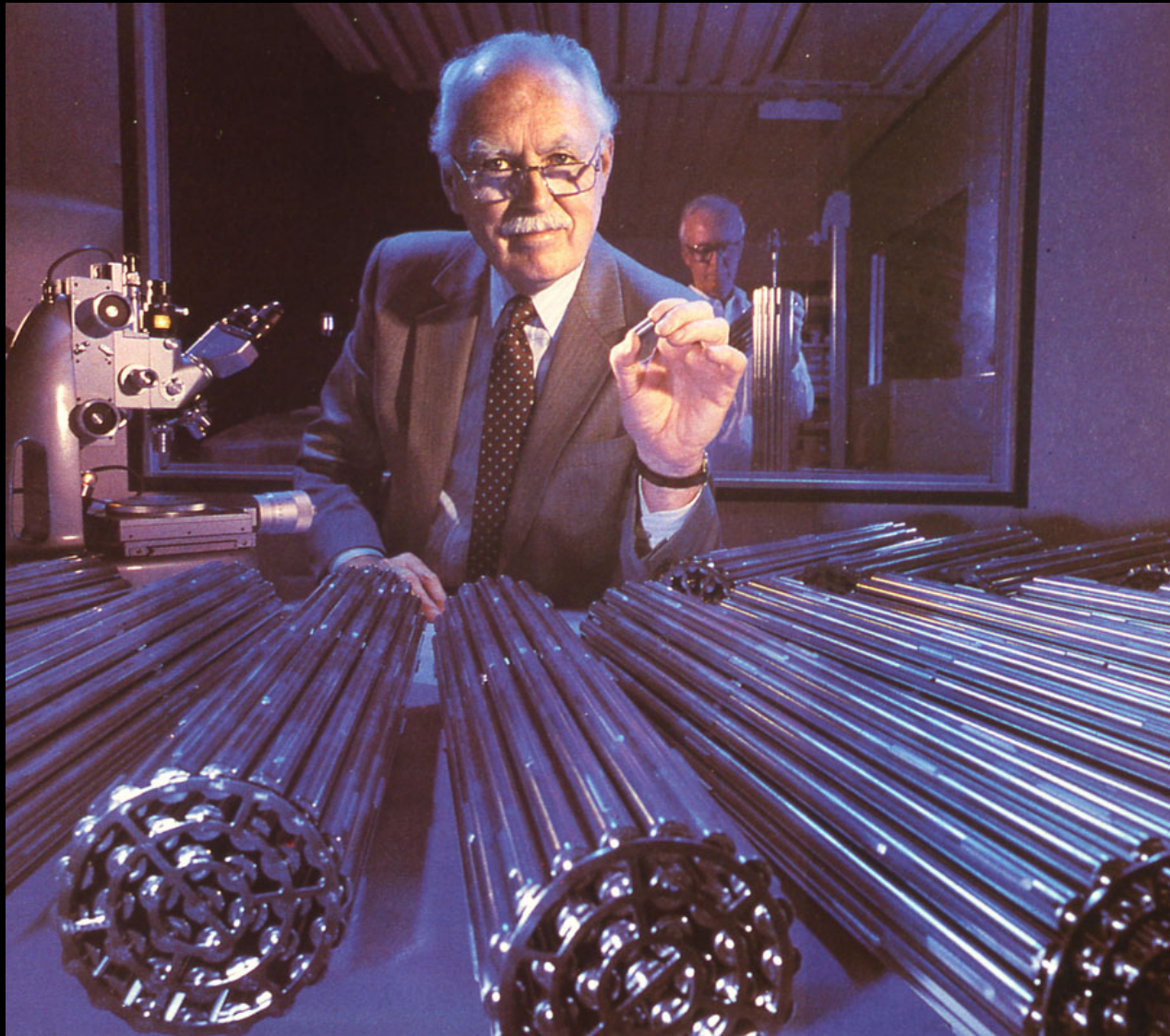
L'intendance continue est obligatoire.

Les déchets nucléaires doivent  
en tout temps être contrôlés et récupérables.

# La Fission Nucléaire





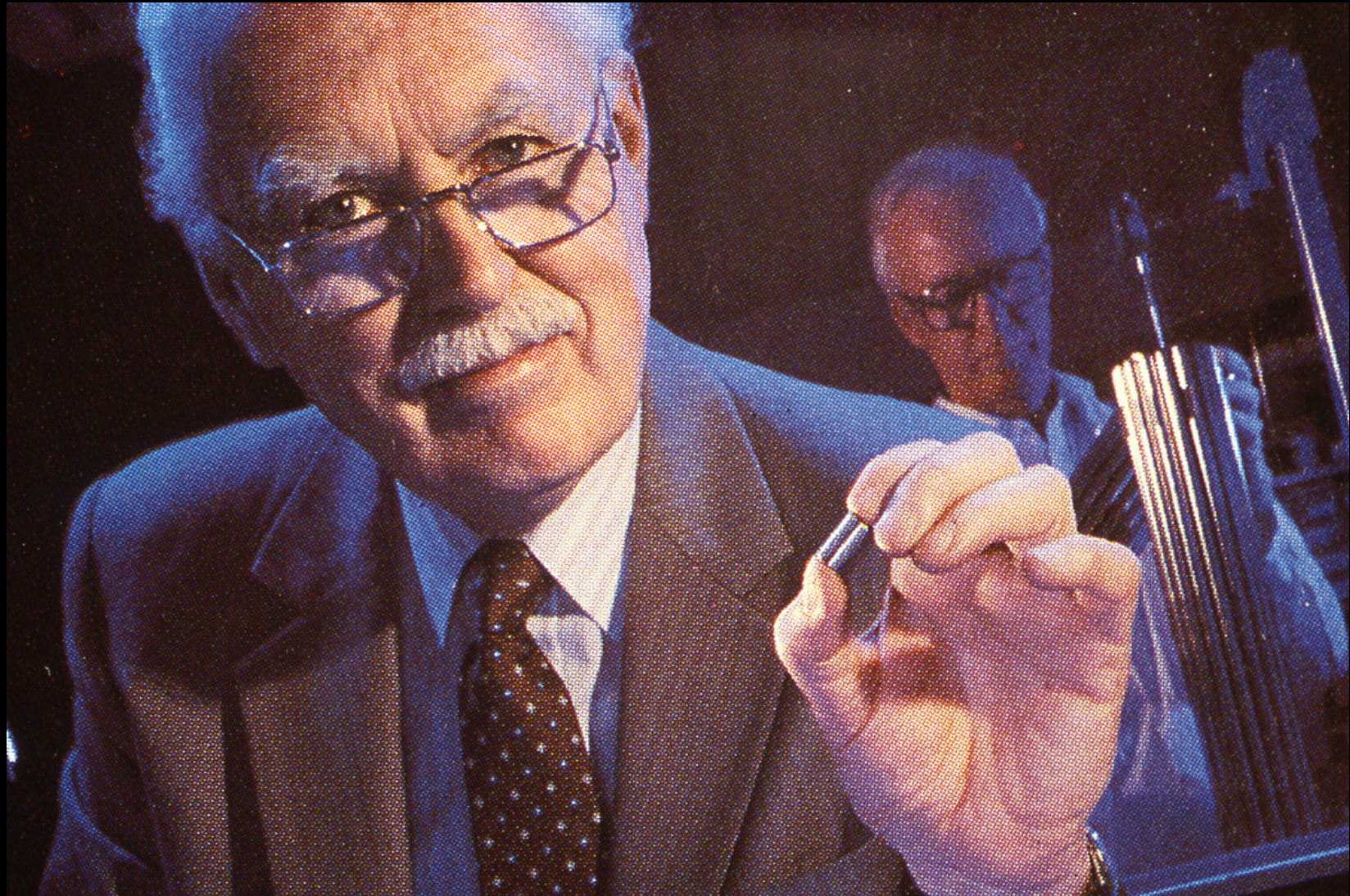


*« Petit merveille » : Canadian Nuclear Association Ad*

Une grappe de combustible peut être touchée sans danger avant l'usage, mais après ça il donnera une **dose léthal de radiation dans quelques secondes**.  
C'est causée par **le rayonnement intense des produits de fission**.



L'avantage principal de l'énergie nucléaire : ce petit grain de combustible nucléaire peut donner la même énergie comme une tonne de charbon.



Le désavantage principal : après qu'il est utilisé, on ne peut pas le jeter dans la poubelle – il faut le garder pour une période de dix million d'années.

# QUELQUES RADIONUCLÉIDES DANS LE COMBUSTIBLE NUCLÉAIRE IRRADIÉ

Standard Chemical Symbol	Common Name of element	Atomic Mass Number	F.P. Fission Product	F.I.A.P. Activation Product	Z.A.P. Activation Product	Actinide (includes progeny)
H (T)	Hydrogen (Tritium)	3	YYY	Y	Y	
Be	Beryllium	10		Y	Y	
C	Carbon	14		YYY	YYY	
Si	Silicon	32		Y	Y	
P	Phosphorus	32		Y	Y	
S	Sulphur	35		Y		
Cl	Chlorine	36		Y		
Ar	Argon	39		Y	Y	
Ar	Argon	42		Y	Y	
K	Potassium	40		Y		
K	Potassium	42			Y	
Ca	Calcium	41		Y		
Ca	Calcium	45			Y	
Sc	Scandium	46		Y		
Standard Chemical Symbol	Common Name of element	Atomic Mass Number	F.P. Fission Product	F.I.A.P. Activation Product	Z.A.P. Activation Product	Actinide (includes progeny)
V	Vanadium	50			Y	
Mn	Manganese	54		Y	YYY	
Fe	Iron	55		YYY	YYY	
Fe	Iron	59			Y	
Co	Cobalt	58		Y	Y	
Co	Cobalt	60		YYY	YYY	
Ni	Nickel	59		Y	YYY	
Ni	Nickel	63		YYY	YYY	
Zn	Zinc	65		Y	Y	
Se	Selenium	79	YYY			
Kr	Krypton	81	Y			
Kr	Krypton	85	YYY			
Rb	Rubidium	87	Y			
Sr	Strontium	89	Y		Y	
Sr	Strontium	90	YYY	Y	Y	
Y	Yttrium	90	YYY	Y	Y	

**F.I.A.P. = fuel impurity activation product    Z.A.P. = zirconium cladding activation product    [source: AECL]**



# QUELQUES RADIONUCLÉIDES DANS LE COMBUSTIBLE NUCLÉAIRE IRRADIÉ

<b>Y</b>	<b>Yttrium</b>	<b>91</b>	<b>¥</b>		<b>¥</b>	
<b>Zr</b>	<b>Zirconium</b>	<b>93</b>	<b>¥¥¥</b>	<b>¥</b>	<b>¥¥¥</b>	
<b>Zr</b>	<b>Zirconium</b>	<b>95</b>	<b>¥</b>	<b>¥</b>	<b>¥</b>	
<b>Standard Chemical Symbol</b>	<b>Common Name of element</b>	<b>Atomic Mass Number</b>	<b>F.P. Fission Product</b>	<b>F.I.A.P. Activation Product</b>	<b>Z.A.P. Activation Product</b>	<b>Actinide (includes progeny)</b>
<b>Nb</b>	<b>Niobium</b>	<b>92</b>			<b>¥</b>	
<b>Nb</b>	<b>Niobium</b>	<b>93m</b>	<b>¥¥¥</b>	<b>¥</b>	<b>¥¥¥</b>	
<b>Nb</b>	<b>Niobium</b>	<b>94</b>	<b>¥</b>	<b>¥</b>	<b>¥¥¥</b>	
<b>Nb</b>	<b>Niobium</b>	<b>95</b>	<b>¥</b>	<b>¥</b>	<b>¥</b>	
<b>Nb</b>	<b>Niobium</b>	<b>95m</b>	<b>¥</b>		<b>¥</b>	
<b>Mo</b>	<b>Molybdenum</b>	<b>93</b>		<b>¥</b>	<b>¥</b>	
<b>Tc</b>	<b>Technetium</b>	<b>99</b>	<b>¥¥¥</b>	<b>¥</b>	<b>¥</b>	
<b>Ru</b>	<b>Ruthenium</b>	<b>103</b>	<b>¥</b>			
<b>Ru</b>	<b>Ruthenium</b>	<b>106</b>	<b>¥¥¥</b>			
<b>Rh</b>	<b>Rhodium</b>	<b>103m</b>	<b>¥</b>			
<b>Rh</b>	<b>Rhodium</b>	<b>106</b>	<b>¥¥¥</b>			
<b>Pd</b>	<b>Palladium</b>	<b>107</b>	<b>¥¥¥</b>			
<b>Ag</b>	<b>Silver</b>	<b>108</b>	<b>¥</b>	<b>¥</b>	<b>¥</b>	
<b>Ag</b>	<b>Silver</b>	<b>108m</b>	<b>¥</b>	<b>¥¥¥</b>	<b>¥</b>	
<b>Ag</b>	<b>Silver</b>	<b>109m</b>	<b>¥</b>	<b>¥</b>	<b>¥</b>	
<b>Ag</b>	<b>Silver</b>	<b>110</b>	<b>¥</b>	<b>¥</b>	<b>¥</b>	
<b>Ag</b>	<b>Silver</b>	<b>110m</b>	<b>¥</b>	<b>¥</b>	<b>¥</b>	
<b>Cd</b>	<b>Cadmium</b>	<b>109</b>	<b>¥</b>	<b>¥</b>	<b>¥</b>	
<b>Cd</b>	<b>Cadmium</b>	<b>113</b>	<b>¥</b>		<b>¥</b>	
<b>Cd</b>	<b>Cadmium</b>	<b>113m</b>	<b>¥¥¥</b>		<b>¥</b>	
<b>Cd</b>	<b>Cadmium</b>	<b>115</b>	<b>¥</b>			
<b>Standard Chemical Symbol</b>	<b>Common Name of element</b>	<b>Atomic Mass Number</b>	<b>F.P. Fission Product</b>	<b>F.I.A.P. Activation Product</b>	<b>Z.A.P. Activation Product</b>	<b>Actinide (includes progeny)</b>
<b>In</b>	<b>Indium</b>	<b>113m</b>			<b>¥</b>	
<b>In</b>	<b>Indium</b>	<b>114</b>	<b>¥</b>	<b>¥</b>	<b>¥</b>	
<b>In</b>	<b>Indium</b>	<b>114m</b>			<b>¥</b>	
<b>In</b>	<b>Indium</b>	<b>115</b>			<b>¥</b>	
<b>Sn</b>	<b>Tin</b>	<b>113</b>			<b>¥</b>	
<b>Sn</b>	<b>Tin</b>	<b>117m</b>	<b>¥</b>	<b>¥</b>	<b>¥</b>	
<b>Sn</b>	<b>Tin</b>	<b>119m</b>	<b>¥¥¥</b>		<b>¥¥¥</b>	
<b>Sn</b>	<b>Tin</b>	<b>121m</b>	<b>¥</b>		<b>¥¥¥</b>	
<b>Sn</b>	<b>Tin</b>	<b>123</b>	<b>¥</b>		<b>¥</b>	

# QUELQUES RADIONUCLÉIDES DANS LE COMBUSTIBLE NUCLÉAIRE IRRADIÉ

Sn	Tin	125	¥¥¥		¥	
Sn	Tin	126				
Sb	Antimony	124	¥		¥	
Sb	Antimony	125	¥¥¥		¥¥¥	
Sb	Antimony	126	¥		¥	
Sb	Antimony	126m	¥¥¥			
Te	Tellurium	123	¥		¥	
Te	Tellurium	123m	¥		¥	
Te	Tellurium	125m	¥¥¥		¥¥¥	
Te	Tellurium	127	¥		¥	
Te	Tellurium	127m	¥		¥	
I	Iodine	129	¥		¥	
<b>Standard Chemical Symbol</b>	<b>Common Name of element</b>	<b>Atomic Mass Number</b>	<b>F.P. Fission Product</b>	<b>F.I.A.P. Activation Product</b>	<b>Z.A.P. Activation Product</b>	<b>Actinide (includes progeny)</b>
Cs	Cesium	134	¥			
Cs	Cesium	135	¥¥¥			
Cs	Cesium	137	¥¥¥			
Ba	Barium	137m	¥¥¥			
La	Lanthanum	138	¥			
Ce	Cerium	142	¥			
Ce	Cerium	144	¥¥¥			
Pr	Praseodymium	144	¥¥¥			
Pr	Praseodymium	144m	¥¥¥			
Nd	Neodymium	144	¥			
Pm	Promethium	147	¥¥¥			
Sm	Samarium	147	¥			
Sm	Samarium	148	¥	¥		
Sm	Samarium	149	¥			
Sm	Samarium	151	¥¥¥			
Eu	Europium	152	¥¥¥	¥		
Eu	Europium	154	¥¥¥	¥		
Eu	Europium	155	¥¥¥	¥		
<b>Standard Chemical Symbol</b>	<b>Common Name of element</b>	<b>Atomic Mass Number</b>	<b>F.P. Fission Product</b>	<b>F.I.A.P. Activation Product</b>	<b>Z.A.P. Activation Product</b>	<b>Actinide (includes progeny)</b>
Gd	Gadolinium	152	¥	¥		
Gd	Gadolinium	153	¥	¥		
Tb	Terbium	157		¥		

F.I.A.P. = fuel impurity activation product    Z.A.P. = zirconium cladding activation product    [source: AECL]



# QUELQUES RADIONUCLÉIDES DANS LE COMBUSTIBLE NUCLÉAIRE IRRADIÉ

Tb	Terbium	160		¥		
Dy	Dysprosium	159		¥		
Ho	Holmium	166m	¥	¥		
Tm	Thulium	170		¥		
Tm	Thulium	171		¥		
Lu	Lutetium	176			¥	
Lu	Lutetium	176			¥	
Lu	Lutetium	176			¥	
Hf	Hafnium	175			¥	
Hf	Hafnium	181			¥	
Hf	Hafnium	182			¥	
Ta	Tantalum	180			¥	
Ta	Tantalum	182			¥	
<b>Standard Chemical Symbol</b>	<b>Common Name of element</b>	<b>Atomic Mass Number</b>	<b>F.P. Fission Product</b>	<b>F.I.A.P. Activation Product</b>	<b>Z.A.P. Activation Product</b>	<b>Actinide (includes progeny)</b>
W	Tungsten	181			¥	
W	Tungsten	185			¥	
W	Tungsten	188			¥	
Re	Rhenium	187			¥	
Re	Rhenium	188			¥	
Os	Osmium	194			¥	
Ir	Iridium	192			¥	
Ir	Iridium	192m			¥	
Ir	Iridium	194			¥	
Ir	Iridium	194m			¥	
Pt	Platinum	193			¥	
Tl	Thallium	206			¥	
Tl	Thallium	207				¥
Tl	Thallium	208				¥
Tl	Thallium	209				¥
Pb	Lead	204			¥	
Pb	Lead	205			¥	
Pb	Lead	209				¥
Pb	Lead	210				¥
Pb	Lead	211				¥
Pb	Lead	212				¥
Pb	Lead	214				¥
<b>Standard</b>	<b>Common Name of</b>	<b>Atomic Mass</b>	<b>F.P.</b>	<b>F.I.A.P.</b>	<b>Z.A.P.</b>	<b>Actinide</b>

F.I.A.P. = fuel impurity activation product    Z.A.P. = zirconium cladding activation product    [source: AECL]

# QUELQUES RADIONUCLÉIDES DANS LE COMBUSTIBLE NUCLÉAIRE IRRADIÉ

Chemical Symbol	element	Number	Fission Product	Activation Product	Activation Product	(includes progeny)
Bi	Bismuth	208			¥	
Bi	Bismuth	210			¥	¥
Bi	Bismuth	210m				¥
Bi	Bismuth	211				¥
Bi	Bismuth	212				¥
Bi	Bismuth	213				¥
Bi	Bismuth	214				¥
Po	Polonium	210			¥	¥
Po	Polonium	211				¥
Po	Polonium	212				¥
Po	Polonium	213				¥
Po	Polonium	214				¥
Po	Polonium	215				¥
Po	Polonium	216				¥
Po	Polonium	218				¥
At	Astatine	217				¥
Standard Chemical Symbol	Common Name of element	Atomic Mass Number	F.P. Fission Product	F.I.A.P. Activation Product	Z.A.P. Activation Product	Actinide (includes progeny)
Rn	Radon	219				¥
Rn	Radon	220				¥
Rn	Radon	222				¥
Fr	Francium	221				¥
Fr	Francium	221				¥
Ra	Radium	223				¥
Ra	Radium	224				¥
Ra	Radium	225				¥
Ra	Radium	226				¥
Ra	Radium	228				¥
Ac	Actinium	225				¥
Ac	Actinium	227				¥
Ac	Actinium	228				¥
Th	Thorium	227				¥
Th	Thorium	228				¥
Th	Thorium	229				¥
Th	Thorium	230				¥
Th	Thorium	231				¥
Th	Thorium	232				¥

F.I.A.P. = fuel impurity activation product    Z.A.P. = zirconium cladding activation product    [source: AECL]

# QUELQUES RADIONUCLÉIDES DANS LE COMBUSTIBLE NUCLÉAIRE IRRADIÉ

<b>Th</b>	<b>Thorium</b>	<b>234</b>				<b>YYY</b>
<b>Standard Chemical Symbol</b>	<b>Common Name of element</b>	<b>Atomic Mass Number</b>	<b>F.P. Fission Product</b>	<b>F.I.A.P. Activation Product</b>	<b>Z.A.P. Activation Product</b>	<b>Actinide (includes progeny)</b>
<b>Pa</b>	<b>Protactinium</b>	<b>231</b>				<b>Y</b>
<b>Pa</b>	<b>Protactinium</b>	<b>233</b>				<b>YYY</b>
<b>Pa</b>	<b>Protactinium</b>	<b>234</b>				<b>Y</b>
<b>Pa</b>	<b>Protactinium</b>	<b>234m</b>				<b>YYY</b>
<b>U</b>	<b>Uranium</b>	<b>232</b>				<b>Y</b>
<b>U</b>	<b>Uranium</b>	<b>233</b>				<b>Y</b>
<b>U</b>	<b>Uranium</b>	<b>234</b>				<b>YYY</b>
<b>U</b>	<b>Uranium</b>	<b>235</b>				<b>Y</b>
<b>U</b>	<b>Uranium</b>	<b>236</b>				<b>YYY</b>
<b>U</b>	<b>Uranium</b>	<b>237</b>				<b>YYY</b>
<b>U</b>	<b>Uranium</b>	<b>238</b>				<b>YYY</b>
<b>U</b>	<b>Uranium</b>	<b>240</b>				<b>Y</b>
<b>Np</b>	<b>Neptunium</b>	<b>237</b>				<b>YYY</b>
<b>Np</b>	<b>Neptunium</b>	<b>238</b>				<b>Y</b>
<b>Np</b>	<b>Neptunium</b>	<b>239</b>				<b>YYY</b>
<b>Np</b>	<b>Neptunium</b>	<b>240</b>				<b>Y</b>
<b>Np</b>	<b>Neptunium</b>	<b>240m</b>				<b>Y</b>
<b>Pu</b>	<b>Plutonium</b>	<b>236</b>				<b>Y</b>
<b>Pu</b>	<b>Plutonium</b>	<b>238</b>				<b>YYY</b>
<b>Pu</b>	<b>Plutonium</b>	<b>239</b>				<b>YYY</b>
<b>Pu</b>	<b>Plutonium</b>	<b>240</b>				<b>YYY</b>
<b>Pu</b>	<b>Plutonium</b>	<b>241</b>				<b>YYY</b>
<b>Pu</b>	<b>Plutonium</b>	<b>242</b>				<b>YYY</b>
<b>Pu</b>	<b>Plutonium</b>	<b>243</b>				<b>Y</b>
<b>Pu</b>	<b>Plutonium</b>	<b>244</b>				<b>Y</b>
<b>Standard Chemical Symbol</b>	<b>Common Name of element</b>	<b>Atomic Mass Number</b>	<b>F.P. Fission Product</b>	<b>F.I.A.P. Activation Product</b>	<b>Z.A.P. Activation Product</b>	<b>Actinide (includes progeny)</b>
<b>Am</b>	<b>Americium</b>	<b>241</b>				<b>YYY</b>
<b>Am</b>	<b>Americium</b>	<b>242</b>				<b>YYY</b>
<b>Am</b>	<b>Americium</b>	<b>242m</b>				<b>YYY</b>
<b>Am</b>	<b>Americium</b>	<b>243</b>				<b>YYY</b>
<b>Am</b>	<b>Americium</b>	<b>245</b>				<b>Y</b>
<b>Cm</b>	<b>Curium</b>	<b>242</b>				<b>YYY</b>
<b>Cm</b>	<b>Curium</b>	<b>243</b>				<b>YYY</b>

*F.I.A.P. = fuel impurity activation product    Z.A.P. = zirconium cladding activation product    [source: AECL]*

## QUELQUES RADIONUCLÉIDES DANS LE COMBUSTIBLE NUCLÉAIRE IRRADIÉ

Cm	Curium	244				¥¥¥
Cm	Curium	245				¥
Cm	Curium	246				¥
Cm	Curium	247				¥
Cm	Curium	248				¥
Cm	Curium	250				¥
Bk	Berkelium	249				¥
Bk	Berkelium	250				¥
Cf	Californium	249				¥
Cf	Californium	250				¥
Cf	Californium	251				¥
Cf	Californium	252				¥
<b>Standard Chemical Symbol</b>	<b>Common Name of element</b>	<b>Atomic Mass Number</b>	<b>F.P. Fission Product</b>	<b>F.I.A.P. Activation Product</b>	<b>Z.A.P. Activation Product</b>	<b>Actinide (includes progeny)</b>

*F.I.A.P. = fuel impurity activation product    Z.A.P. = zirconium cladding activation product    [source: AECL]*

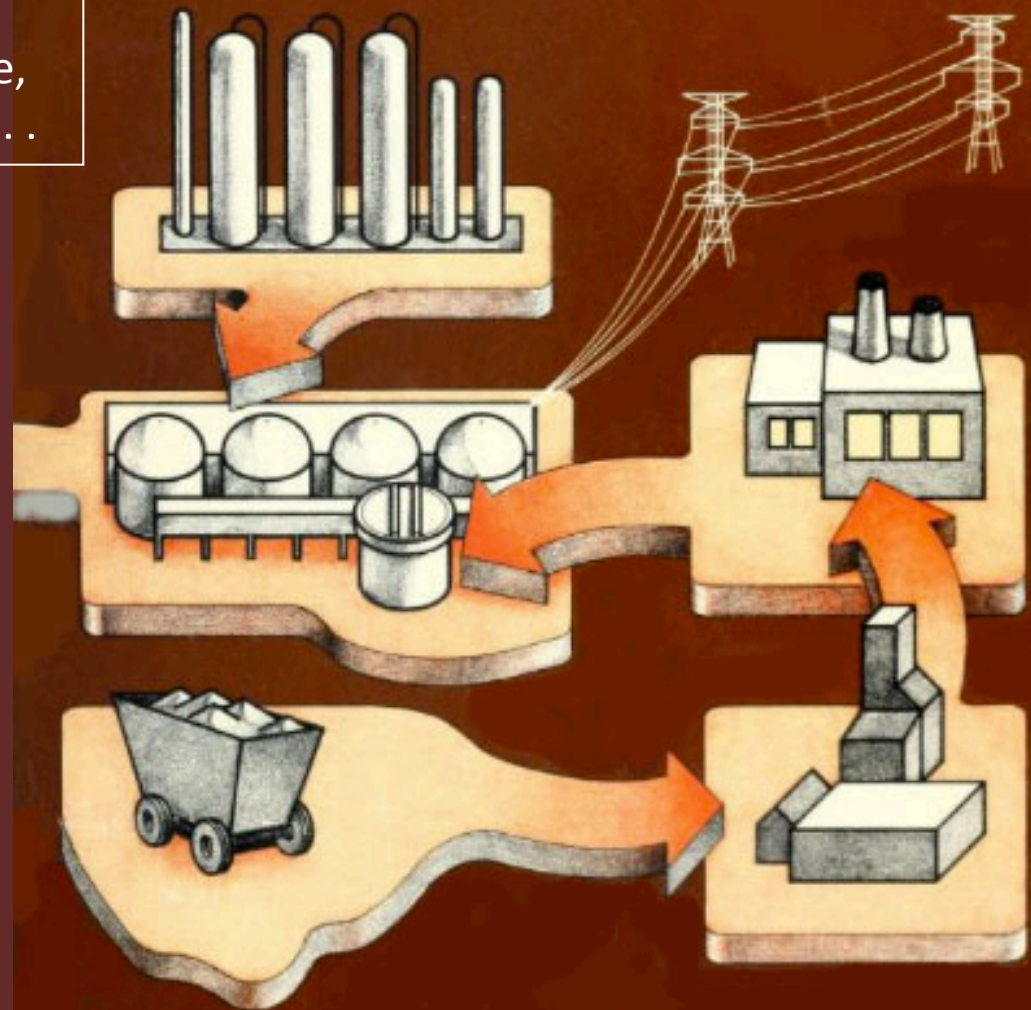
Cet inventaire de 211 radionucléides  
contenus dans le combustible nucléaire irradié  
n'est pas complet – pas de tout ! (ÉACL)

[ÉACL = Énergie Atomique du Canada Limitée]



La couverture du Rapport [1978]  
De la Commission Royale illustre la  
« chaîne du combustible nucléaire » qui  
inclut la mine, le concentration, le  
raffinage, la fabrication du combustible,  
et les réacteurs nucléaires, menant à . . .

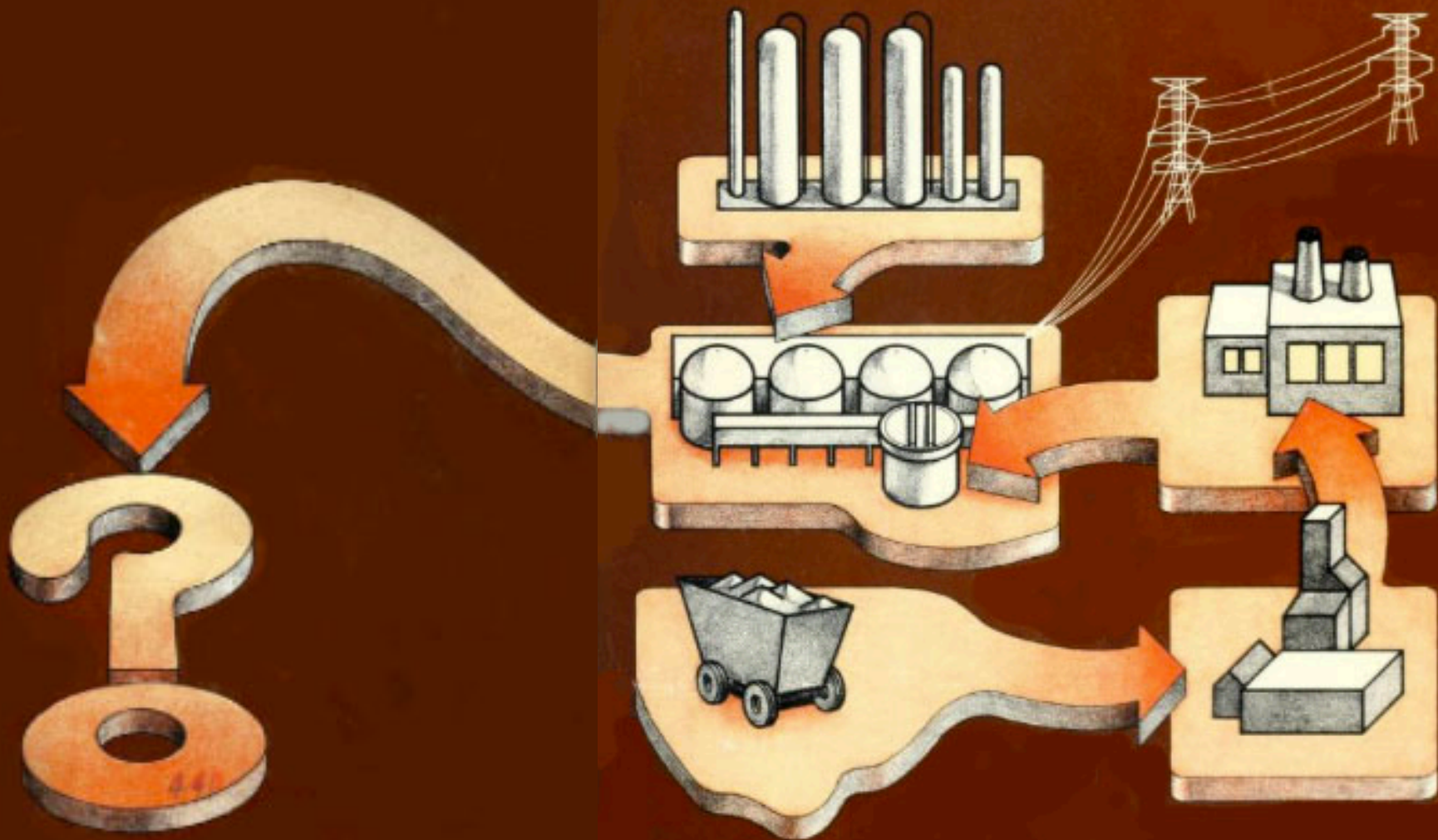
## A Race Against Time



Royal Commission on Electric Power Planning

... la quatrième de couverture, qui pose la question : « où iront ces déchets nucléaires finalement? »

# A Race Against Time



Royal Commission on Electric Power Planning

# DES FAITS:

Il y a des **centaines de poisons radioactifs** avec des trajectoires biologiques distinctes.

On ignore comment **détruire ou neutraliser ces déchets**.

Les déchets nucléaires sont **dangereux pour des milliers ou des millions d'années**.

Se débarrasser = **abandonner** : cette approche est scientifiquement incertaine.

Aucun succès: **on ne s'est jamais débarrassé définitivement de quoi que ce soit**.

Les É.-U. ont essayé 8 fois de trouver un site d'enfouissement et **ont échoué 8 fois**.

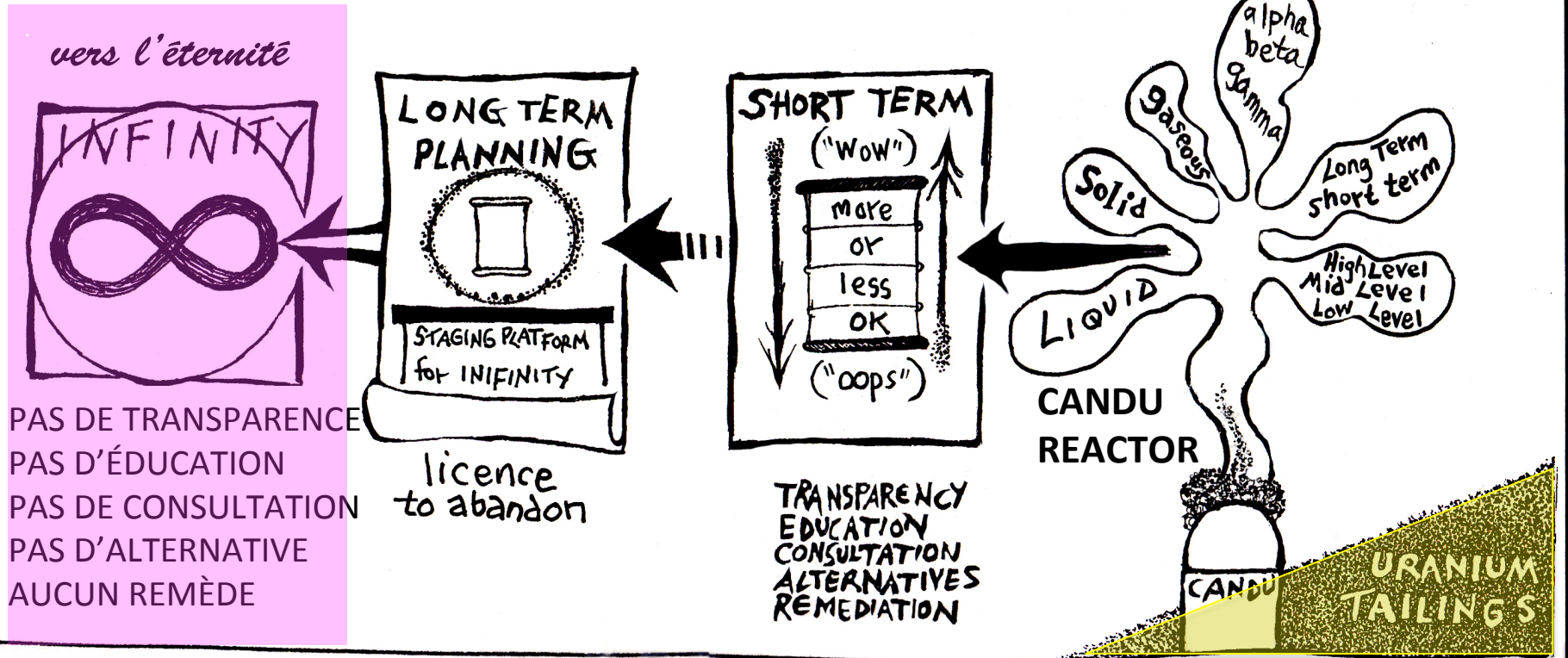
L'Allemagne a **deux sites d'enfouissement qui ont failli**: Asse 2 et Morsleben.

WIPP, l'**unique site d'enfouissement aux É.-U.**, a récemment failli à la tâche.



# ABANDON

À JAMAIS ← PLUS TARD ← MAINTENANT ← DÉCHETS NUCLÉAIRES



menant à *l'amnésie . . .*



# PROPOSITION:

Une politique de gestion des déchets nucléaires basée sur la franchise.

On commence en admettant que nous n' avons aucune solution acceptable.

Une alternative à l' abandon serait « l'intendance continue ».

Les déchets sont contrôlés et récupérables dans l' avenir prévisible.

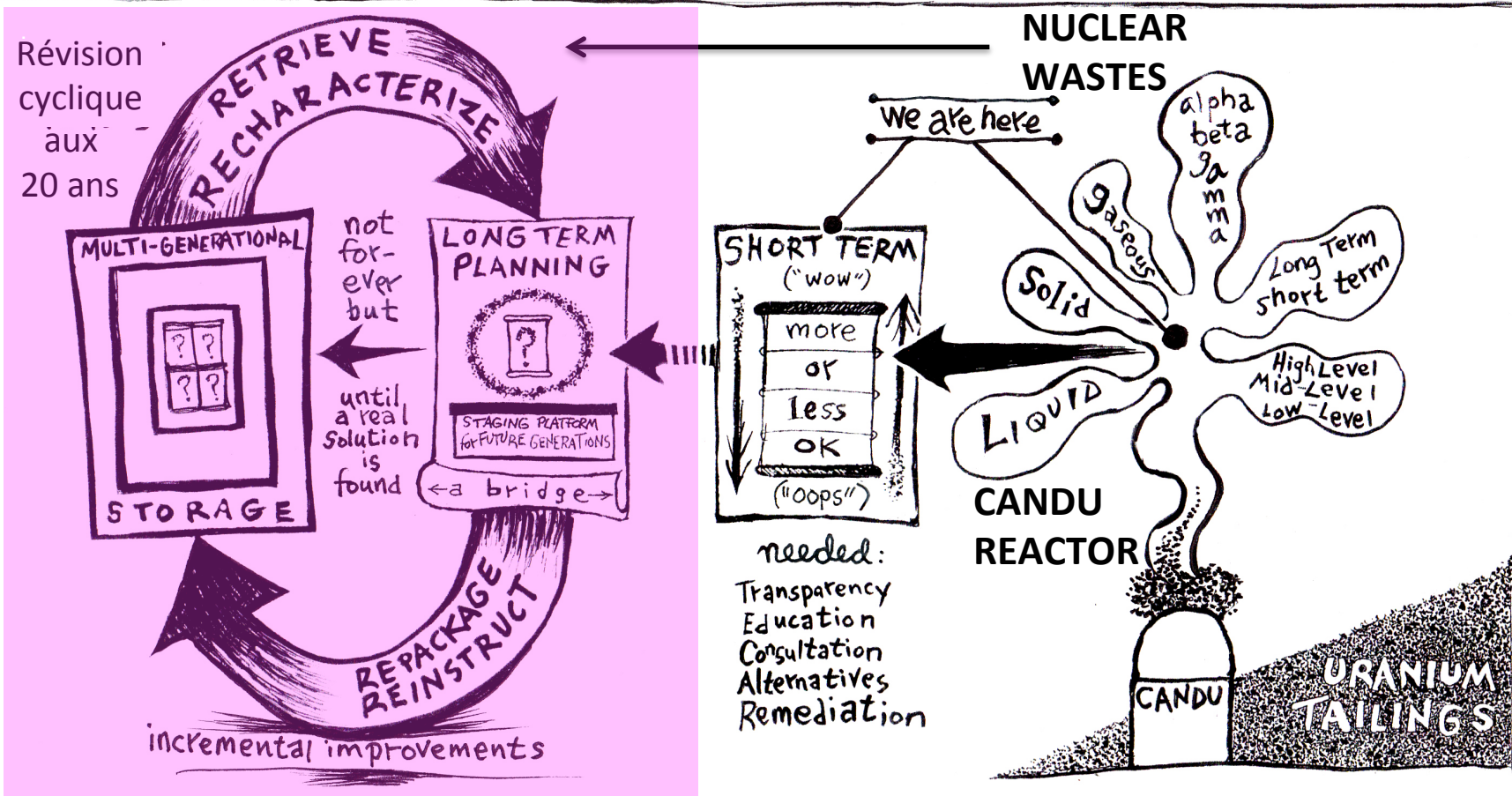
Les déchets sont empaquetés sécuritairement pour de longues périodes.

Ce n' est pas une solution – ce n' est qu' un plan éthique de gestion des déchets.

On a besoin de l'intendance continue jusqu' à ce qu' une «véritable solution» soit trouvée (si jamais!).

On devrait arrêter la production de déchets nucléaires supplémentaires.

# INTENDANCE CONTINUE

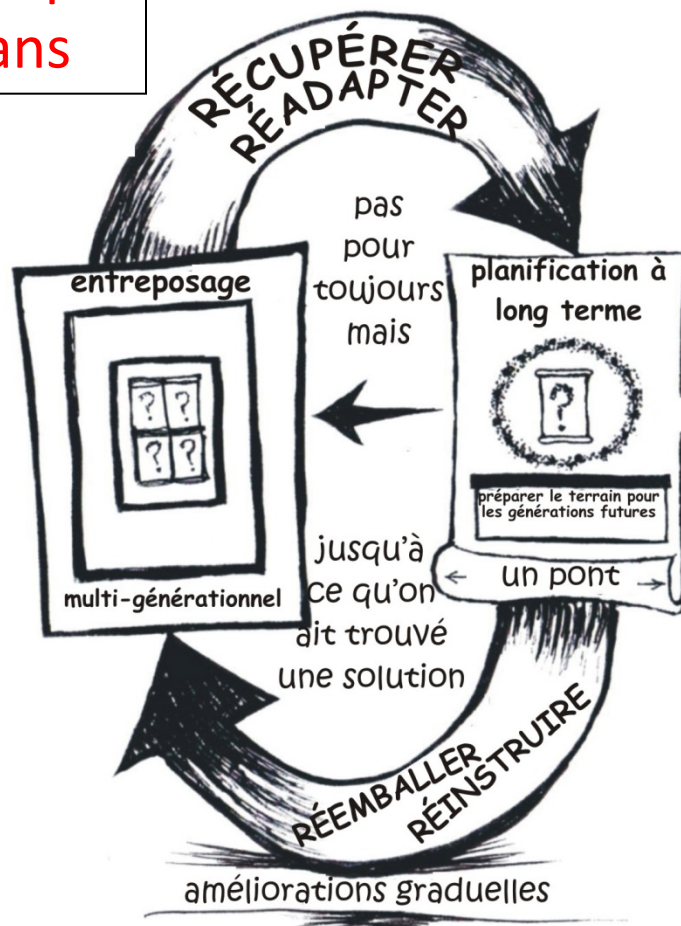


## MAINTIEN DE LA MEMOIRE

Les générations futures ont une bonne raison de chercher une véritable solution

# INTENDANCE CONTINUE

Révision cyclique  
aux vingt ans



## MAINTIEN DE LA MEMOIRE

Les générations futures ont une bonne raison de chercher une véritable solution



Le grand chef des Cris de Québec qui a proclamé une moratoire sur l'extraction d'uranium



U-BAN = Campagne internationale de bannir l'exploitation d'Uranium autour du monde



***FIN***

***site: [www.ccnr.org](http://www.ccnr.org)***

***courriel: [ccnr@web.ca](mailto:ccnr@web.ca)***