

Energie Nucléaire

Adrien Bidaud¹

Avec de nombreux emprunts à A. Nuttin, O. Meplan, S. David

¹ Laboratoire de Physique Subatomique et Cosmologie (CNRS/UJF/INPG)

bidaud@lpsc.in2p3.fr





Combien de nucléaire en France, Mr Sarkozy ?

Heum, heu... 50% de l'électricité Mme Royal

Non !! 17 % !!

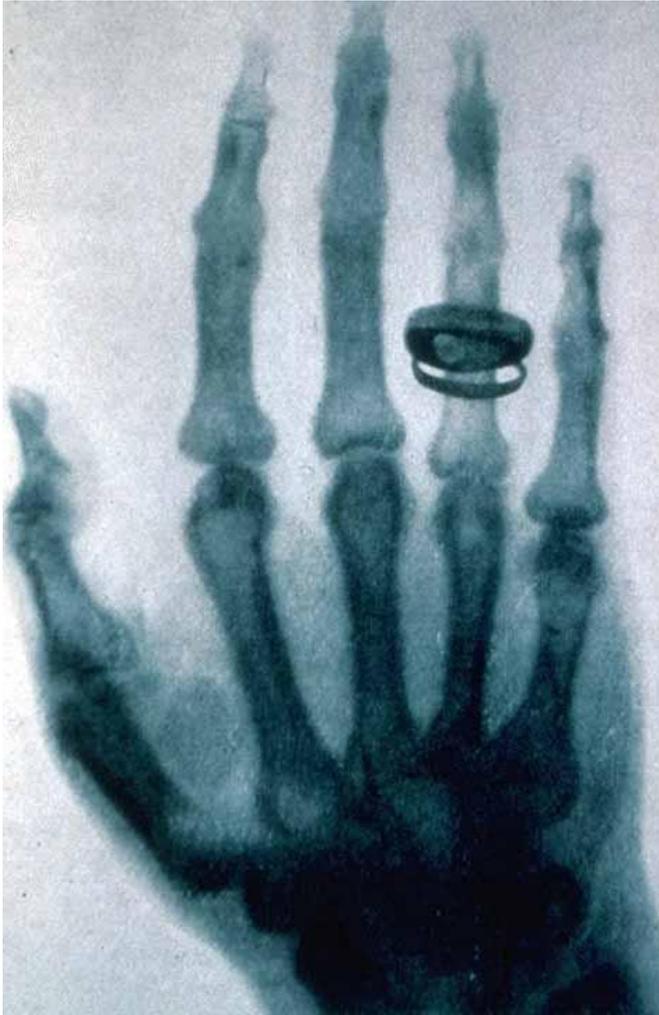
Mais l'EPR c'est génération 3 !

Heu non pas 17%, mais en tout cas il faut lancer la génération 4, l'EPR !

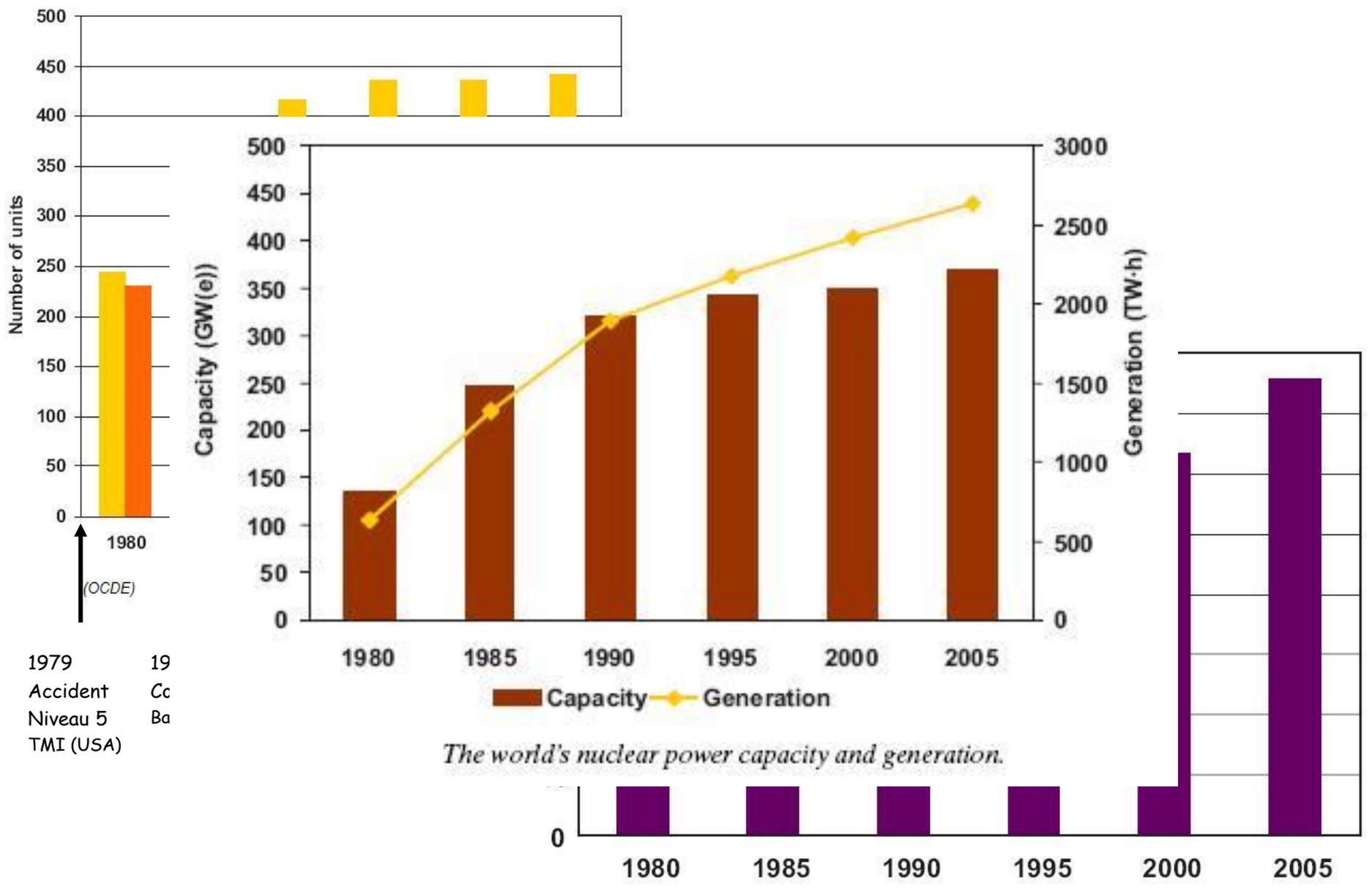
Mais il vaudrait mieux la 4^{ème} génération, car le combustible, c'est les déchets d'aujourd'hui !!

3/ Nucléaire

Quelle est la 1ere application des rayonnements ?



- La médecine nucléaire !
- 1ere radio par Rontgen (Novembre 1895)
- Aujourd'hui CA
médecine nucléaire >
électricité nucléaire
- 200 000 traitements
par irradiation / an
dans les hôpitaux en
France



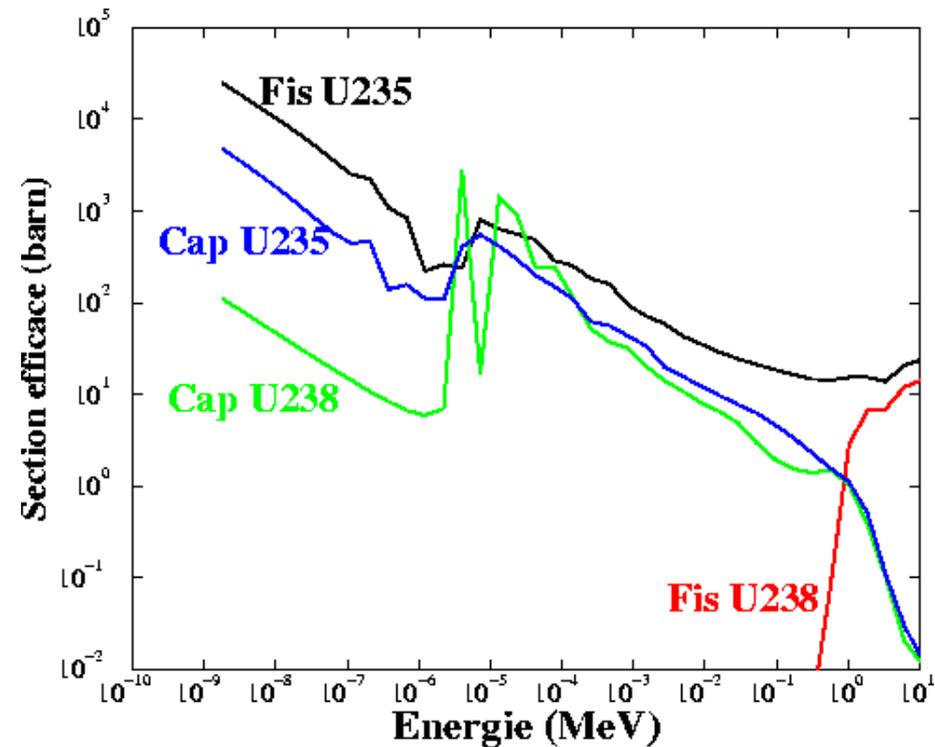
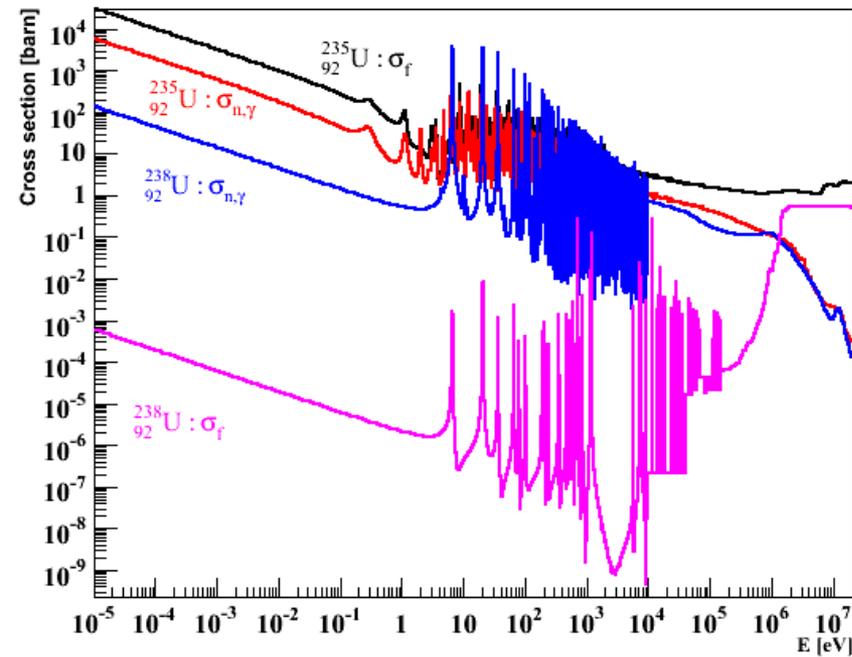
The world's nuclear power capacity and generation.

Nuclear power generating capacity in the Far East.

Sections efficaces

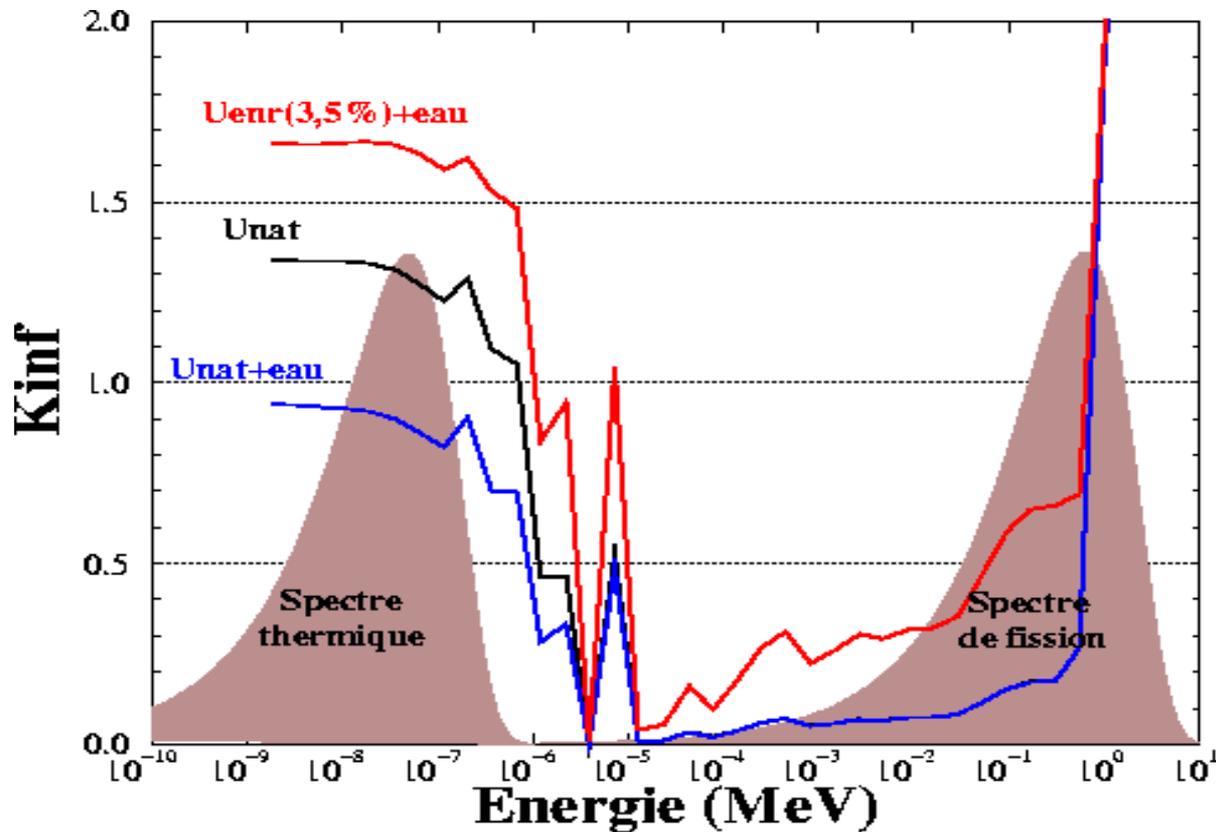
- de fission
- de capture (ex: $^{235}\text{U} + n \rightarrow ^{236}\text{U}$)
- de diffusion (ralentissement des neutrons)

• Lissage des résonances



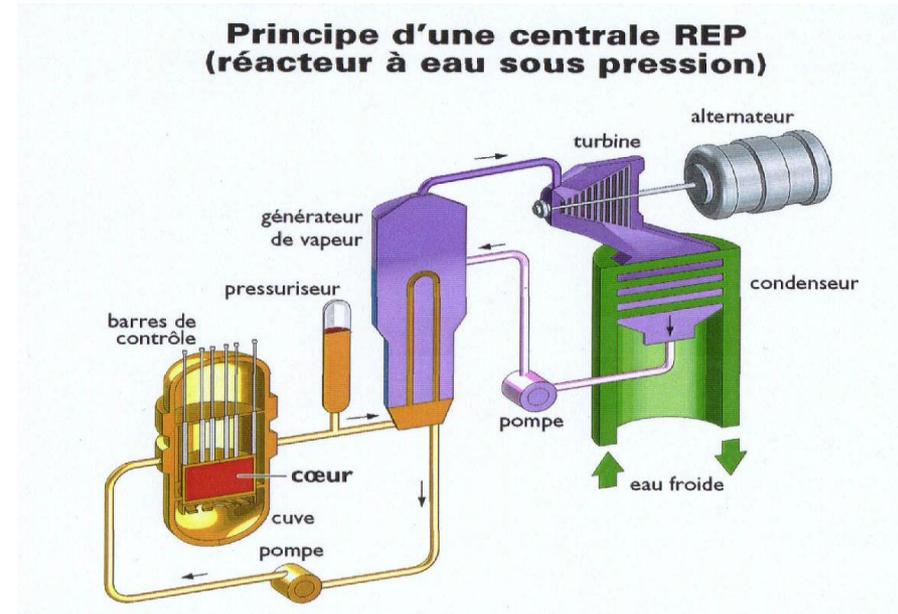
Le facteur de multiplication

$$k = \frac{\text{neutrons produits}}{\text{neutrons absorbés}} = \frac{\nu N_{U-235} \sigma^{\text{fission}} \phi}{N_{U-238} \sigma^{\text{capture}} \phi + N_{U-235} (\sigma^{\text{fission}} + \sigma^{\text{capture}}) \phi}$$



Et pour un réacteur de Puissance >0 ??

- Réacteur pas cher ==
Réacteur compact ==
petite cocotte minute +
inventaire de matière
nucléaire faible
- ⇒ Densité de puissance
élevée
- ⇒ Extraction de chaleur
d'un gros massif
d'uranium ???
- ⇒ Petits « crayons »
entourés d'un
caloporteur efficace



International Nuclear Event Scale

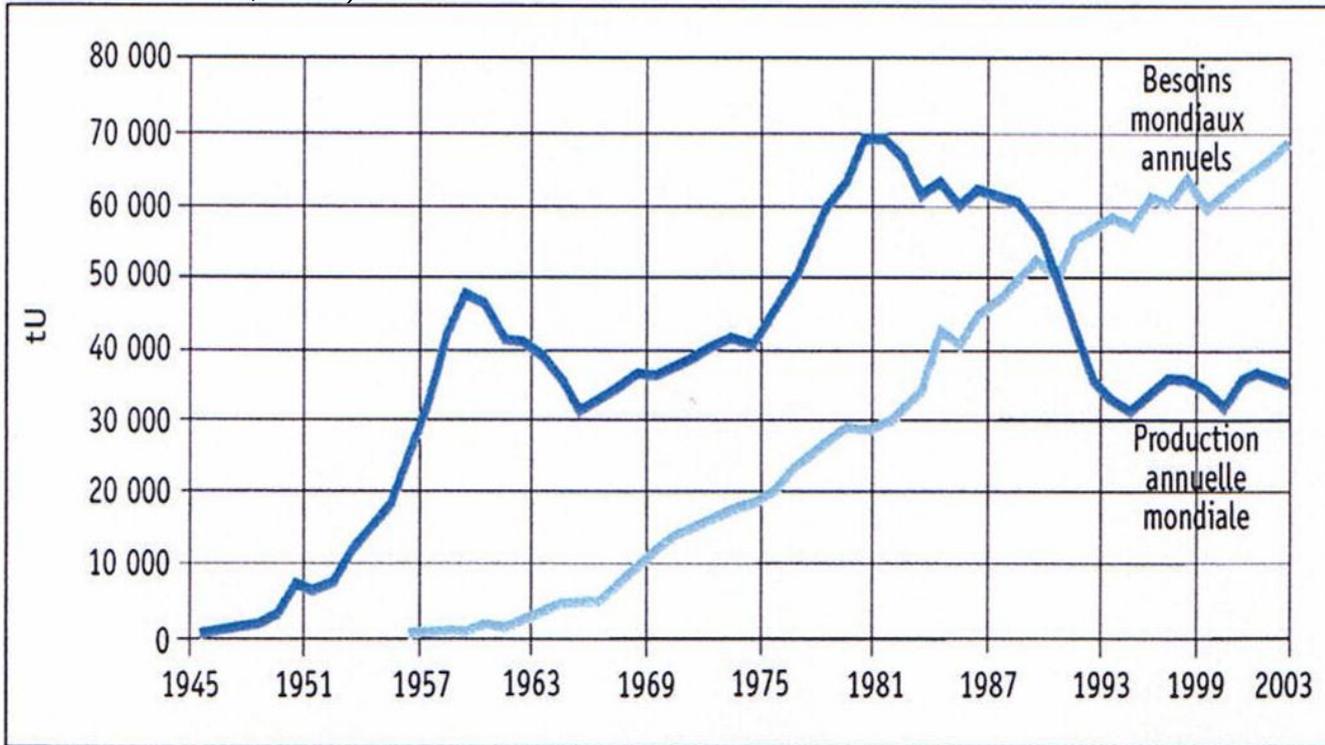
	Conséquences à l'extérieur du site	Conséquences à l'intérieur du site	Dégradation de la défense en profondeur
7 Accident majeur	Rejet majeur : effets étendus sur la santé et l'environnement		
6 Accident grave	Rejet important susceptible d'exiger l'application intégrale des contre-mesures prévues		
5 Accident	Rejet limité susceptible d'exiger l'application partielle des contre-mesures prévues	Endommagement grave du cœur du réacteur/ des barrières radiologiques	
4 Accident	Rejet mineur : exposition du public de l'ordre des limites prescrites	Endommagement important du cœur du réacteur / des barrières radiologiques/ exposition mortelle d'un travailleur	
3 Incident grave	Très faible rejet : exposition du public représentant une fraction des limites prescrites	Contamination grave/effets aigus sur la santé d'un travailleur	Accident évité de peu/perte des barrières
2 Incident		Contamination importante/ surexposition d'un travailleur	Incidents assortis de défaillances importantes des dispositions de sécurité
1 Anomalie			Anomalie sortant du régime de fonctionnement autorisé
0 Ecart		Aucune importance du point de vue de la sûreté	
Evénements hors échelle		Aucune pertinence du point de vue de la sûreté	

Ressources et marché de l'Uranium

La demande est supérieure à la production des mines :

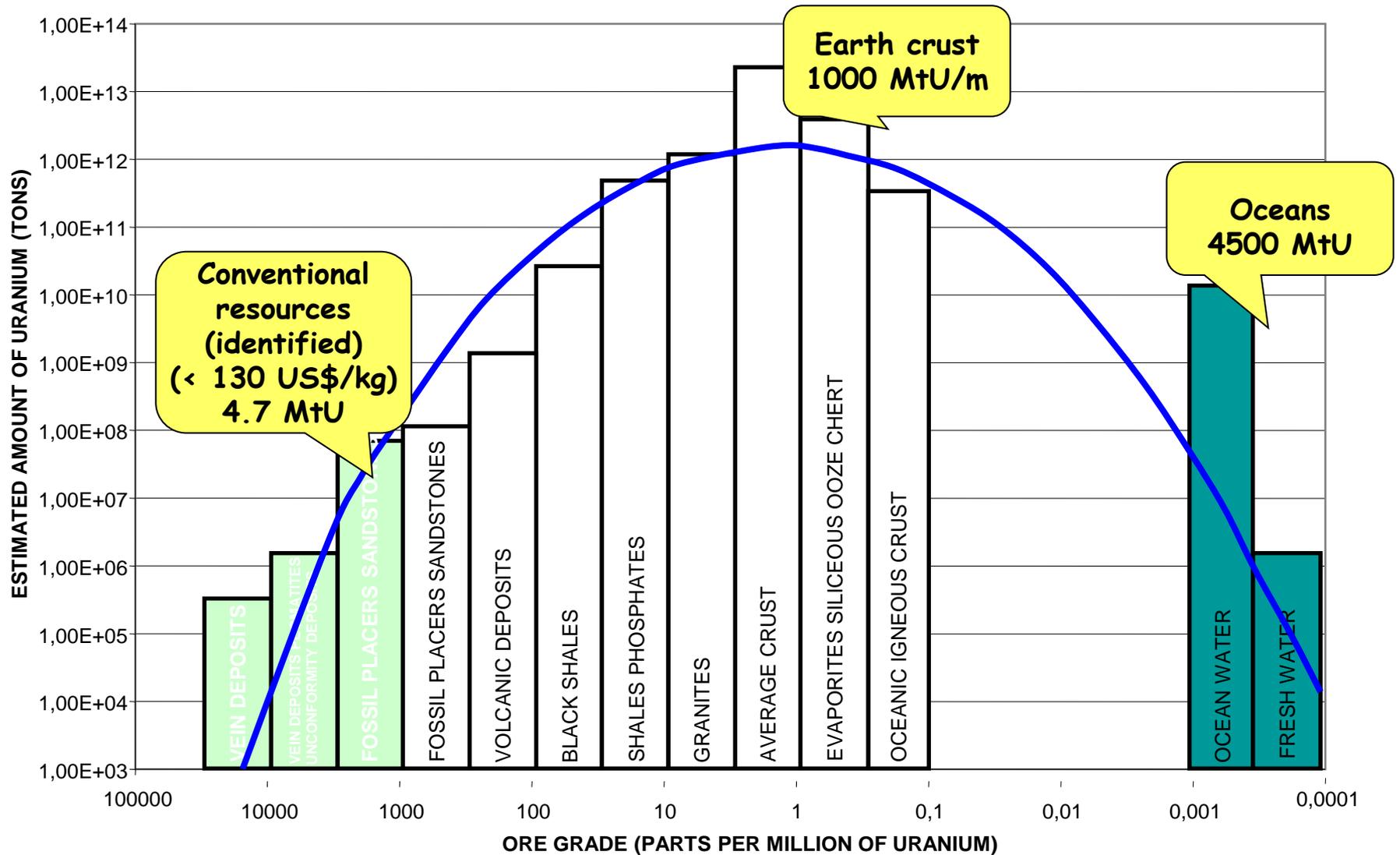
→ *Le complément vient de ressources secondaires :
déstockages militaires, recyclage du plutonium et de
l'uranium*

(source OCDE/AEN, 2006)



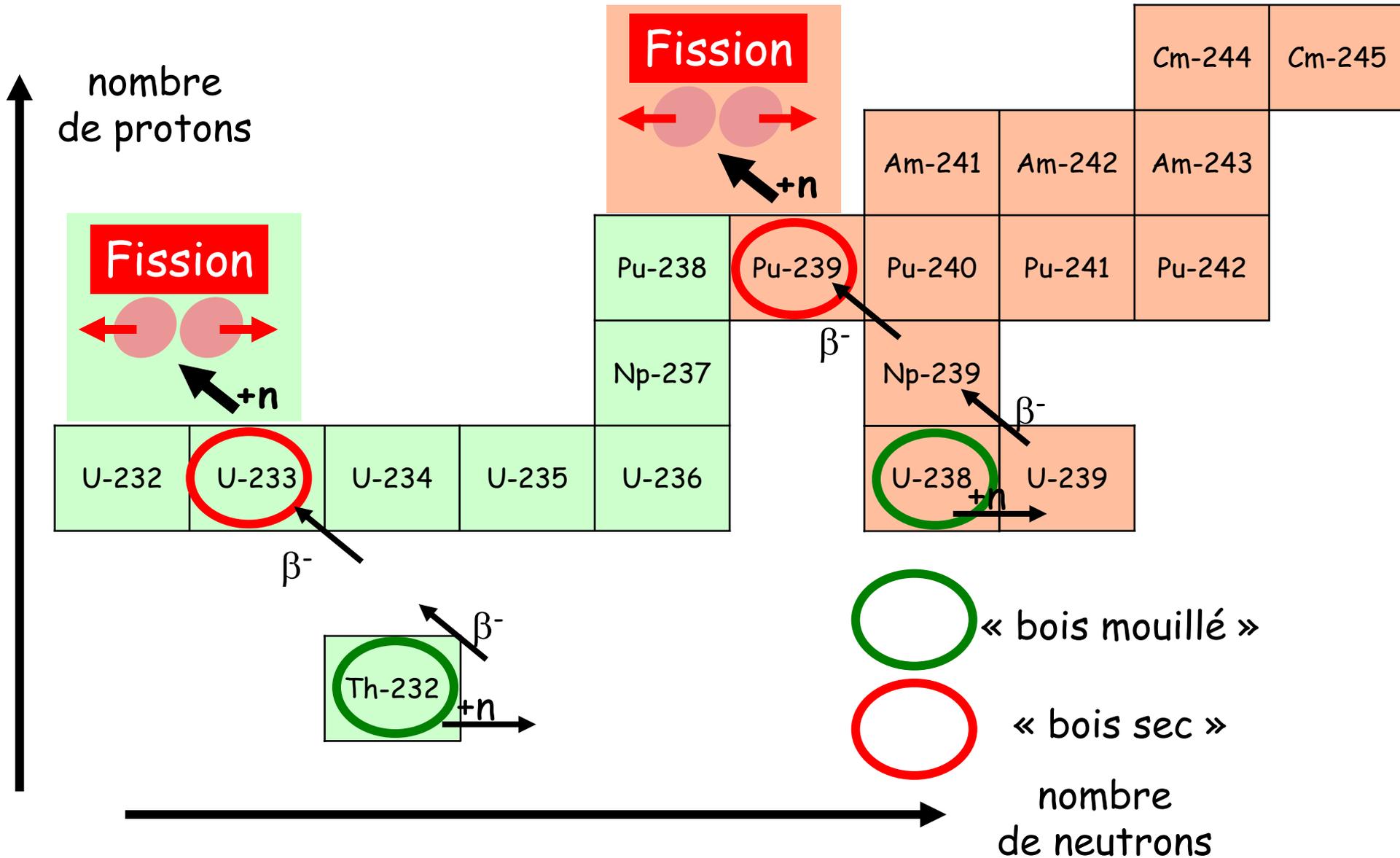
Au rythme actuel de croissance de la consommation, les réserves actuelles seraient engagées dès 2050

URANIUM RESSOURCES



Il y aura toujours de l'uranium. A quel prix ?

Comparaison des cycles uranium et thorium : formation des déchets



La régénération

La régénération a besoin de neutrons

Pour une fission



ν neutrons sont produits



1 neutron induit la fission

α neutrons capturés = $\sigma^{\text{cap}} / \sigma^{\text{fis}}$ du noyau fissile

$1 + \alpha$ neutrons capturés sur le fertile pour régénérer le fissile

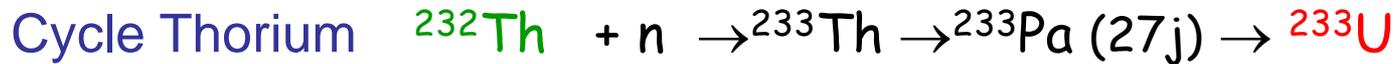
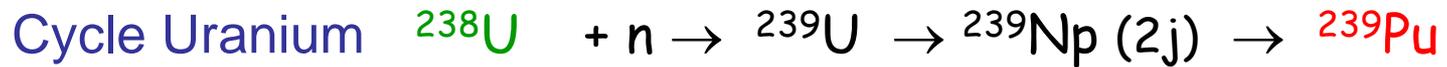
$\nu - 2 (1 + \alpha) > 0 \Rightarrow$ régénération possible

$< 0 \Rightarrow$ régénération impossible

$$\nu \text{ et } \alpha = \frac{\sigma_{\text{capture}}^{\text{fissile}}}{\sigma_{\text{fission}}^{\text{fissile}}}$$

→ Caractéristiques du noyau fissile uniquement

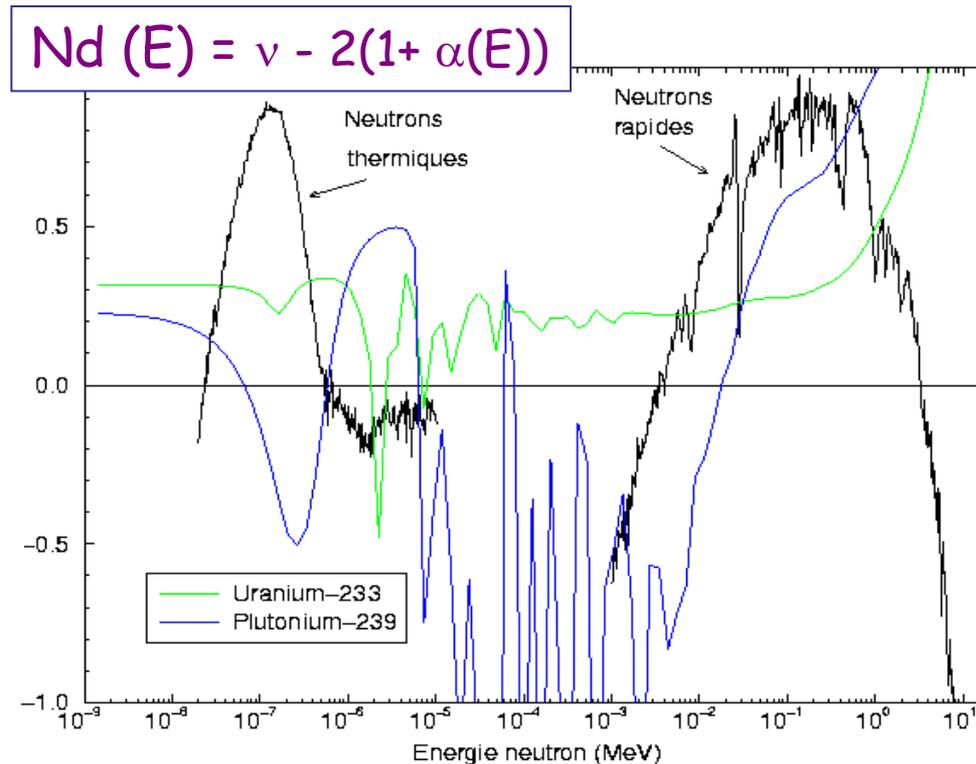
La régénération



Spectre thermique

Th/U Nd > 0

U/Pu Nd < 0



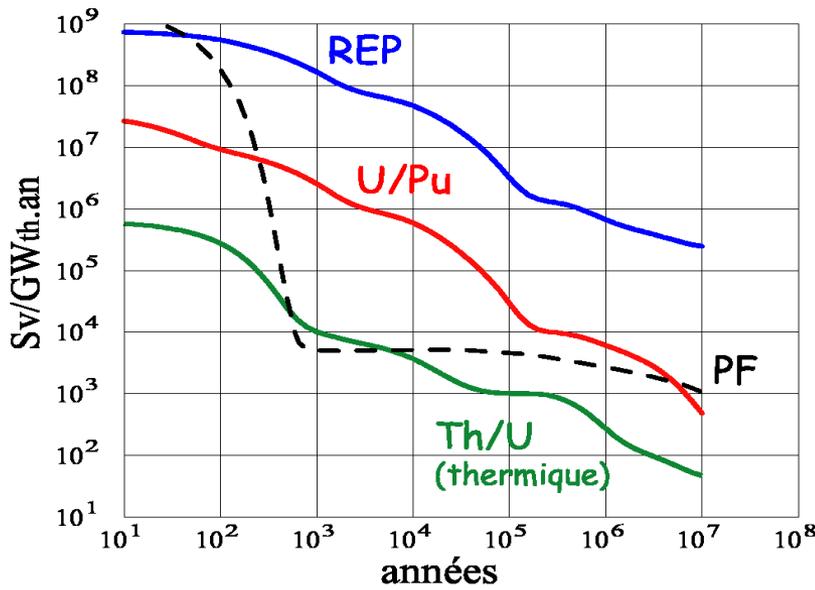
Spectre rapide

Th/U Nd > 0

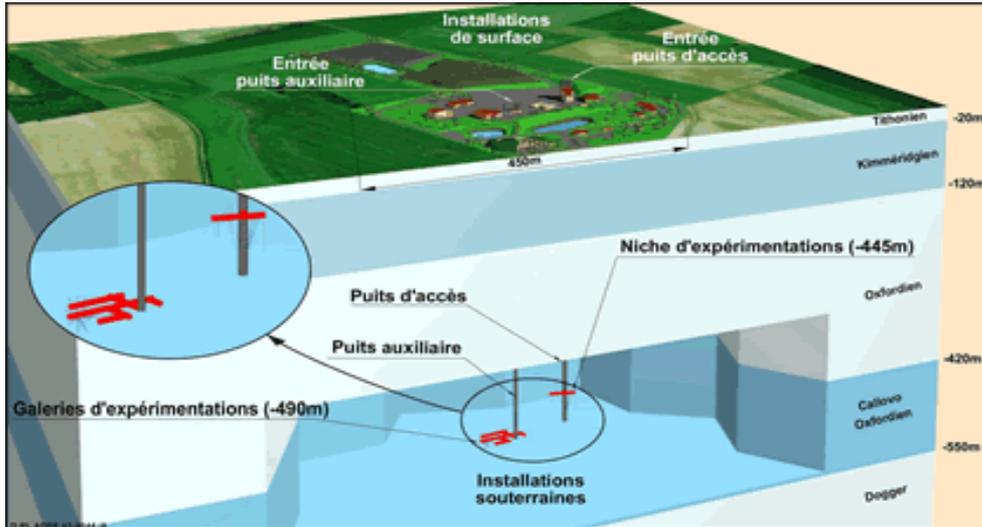
U/Pu Nd > 0

Devenir des déchets (France : 250m³/an)

radiotoxicité $R(t)$ des rejets d'actinides à l'équilibre

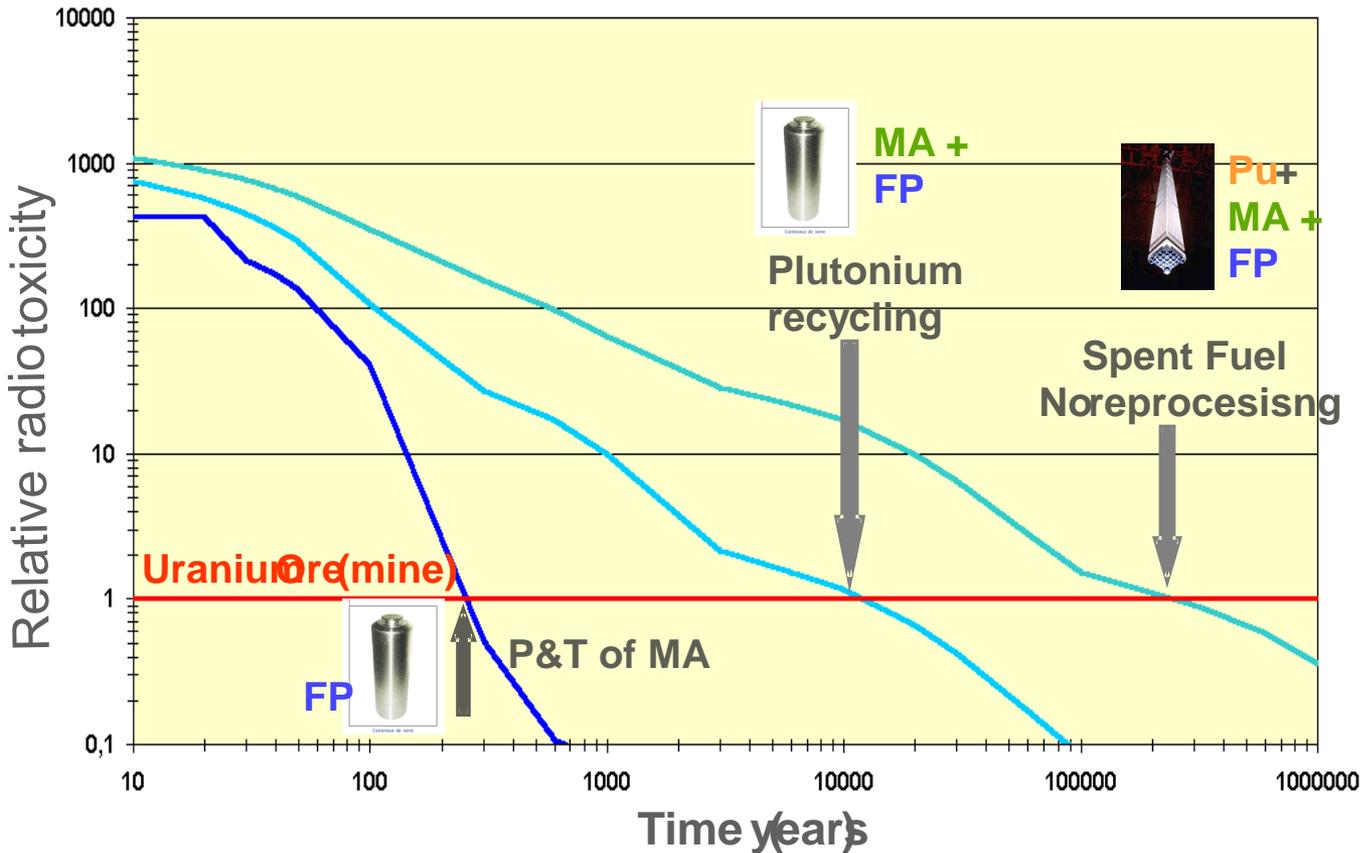


- La Loi Bataille (30/12/1991) définissait 3 axes de recherches pour 15 ans :
- Axe 1 : « Séparation/Transmutation »
- Axe 2 : « Stockage géologique profond »
- Axe 3 : « Entreposage longue durée de surface »
- La nouvelle loi de 2006 annonce que ces voies sont « complémentaires »

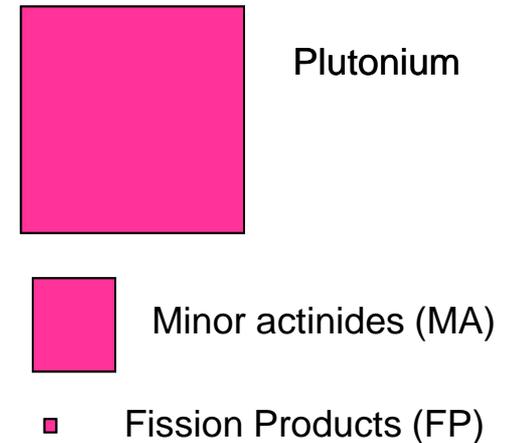


Réduction des déchets par recyclage des actinides

- La radiotoxicité à long terme est dominée par le Plutonium
- Ce plutonium est majoritairement FISSILE et donc « facilement » réutilisable



Radiotoxicity after 1000 years



Cadre réglementaire

- LOI no 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire
 - Création de l'ASN
 - Création des Commissions Locales d'Information
- Loi n°2006-739 du 28 juin 2006 de programme relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs
 - 3 axes de recherche « complémentaires »
 - ANDRA (dont financement=taxe)
 - Financement du démantèlement

Loi Transparence et Sureté Nucléaire (TSN)

Article 2.II

En application du principe de participation et du principe pollueur-payeur, les personnes exerçant des activités nucléaires doivent en particulier respecter les règles suivantes :

- 1 Toute personne a le droit, dans les conditions définies par la présente loi et les décrets pris pour son application, d'être informée sur les risques liés aux activités nucléaires et leur impact sur la santé et la sécurité des personnes ainsi que sur l'environnement, et sur les rejets d'effluents des installations ;
- 2 Les responsables de ces activités supportent le coût des mesures de prévention, et notamment d'analyses, ainsi que des mesures de réduction des risques et des rejets d'effluents que prescrit l'autorité administrative en application de la présente loi.

Article 22. II

II. - **La commission locale d'information comprend** des représentants des conseils généraux, des conseils municipaux ou des assemblées délibérantes des groupements de communes et des conseils régionaux intéressés, des membres du Parlement élus dans le département, **des représentants d'associations de protection de l'environnement**, des intérêts économiques et d'organisations syndicales de salariés représentatives et des professions médicales, ainsi que des personnalités qualifiées.