



Les déchets radioactifs : Une bonne raison de s'opposer au nucléaire ?

Par Guy BRUNEL

AACLE Marseille 12 décembre 2025

© www.monsieur-legionnaire.org





M. Guy BRUNEL



« Les déchets radioactifs, une bonne raison de s'opposer au nucléaire ? »

Une conférence de Guy Brunel, ingénieur, retraité du Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives, ancien directeur de la communication du CEA Cadarache, le vendredi 12 décembre 2025, au profit de l'AACLE, à l'amphithéâtre du Lycée-Hôtelier Aix-Marseille.

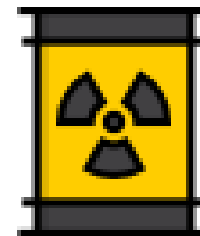


M. Guy BRUNEL



« Les déchets radioactifs, une bonne raison de s'opposer au nucléaire ? »

Guy Brunel est ingénieur retraité du CEA (Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives), il a passé la moitié de sa carrière professionnelle dans des laboratoires de recherche et de développement dans le domaine de la gestion des déchets radioactifs et l'autre moitié respectivement comme directeur de la communication des centres CEA de Marcoule et de Cadarache.





Les activités nucléaires génèrent des déchets radioactifs, principalement dans le cadre de la production d'électricité par les centrales nucléaires (déchets d'exploitation et de maintenance) mais également dans les activités de l'ensemble du cycle nucléaire, dont le recyclage des combustibles usés.

Historiquement, l'industrie nucléaire fut une des premières à se préoccuper de l'avenir de ses déchets et à chercher des solutions pour leur gestion et leur stockage. Aujourd'hui, plusieurs filières de stockage définitif sont déjà pleinement opérationnelles. D'autres, si les solutions sont connues, font encore l'objet de recherches et de débats : une problématique nationale, prise en compte par les pouvoirs publics, et encadrée par la loi.

Dans ce contexte, on situera la stratégie française dans le domaine de la gestion des déchets radioactifs et abordera les questions suivantes : Qui sont-ils ? Quelle est leur quantité ? D'où viennent-ils ? Qu'en fait-on ? Où sont-ils ? Quel est leur impact sur l'environnement ? Dans quel cadre sont-ils gérés ? Quel sont les acteurs opérationnels et réglementaires qui interviennent dans la gestion des déchets radioactifs ?



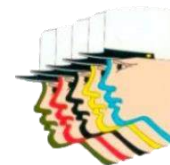
Plan



- Présentation de M. Guy BRUNEL
- Intervention de Guy BRUNEL
- Conclusion de l'intervenant
- Questions - réponses
- Conclusion générale par le Gal Jean-Paul ANDREOLI
- Remerciements de l'organisateur
- Annonce de la prochaine activité



- Compte rendu écrit: Pr. José d'ARRIGO
- Modérateur : Lcl Constantin LIANOS

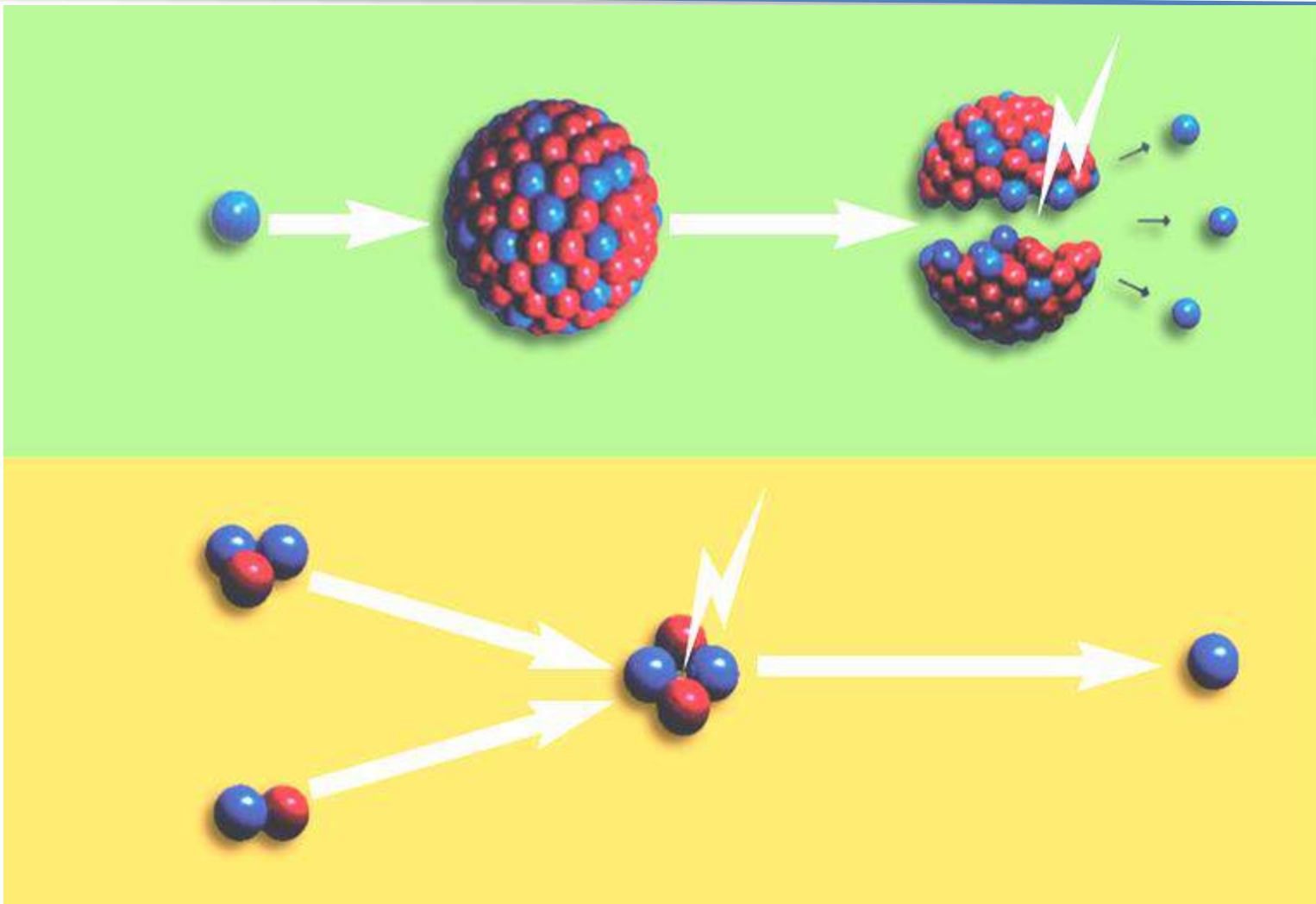


Quelques généralités sur l'énergie nucléaire

guy.brunel@cea.fr

BNL | 12 décembre 2025

Fission et fusion nucléaires



BNL, 12 décembre 2025





L'énergie nucléaire



ATOUTS :

- densité énergétique
- pas de CO2
- coût peu dépendant du coût du combustible
- Indépendance énergétique du pays à 50%
- ressources : millénaire avec concepts avancés



MAIS :

- des matières dangereuses
- sûreté des réacteurs
- risque de prolifération
- les déchets nucléaires



La centrale de Tchernobyl compte quatre réacteurs.
Le 26 avril 1986, le réacteur n°4 explose.





La spécificité du nucléaire : une énergie très concentrée

Combustible classique

- Energie produite de l'ordre de :

$\text{H}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2$ H_2O 1,4 eV/atome H

$\text{C} + \text{O}_2$ CO_2 4 EV/ atome de **soit**

quelques « grains d'énergie » (eV par atome brûlé

Combustible nucléaire

- Energie produite de l'ordre de :

U fissionné → 2 « produits de fission » + 200 **Mev**/atome lourd
soit quelques millions de « grains d'énergie par atome fissionné





Pour produire un GWe il faut ...

(Consommation française annuelle 500 000 Gwe = 500 TWh)

GAZ \Rightarrow 1,8 milliard de m³



30 méthaniers

PÉTROLE \Rightarrow 1 300 000 tonnes



15 à 45 pétroliers

CHARBON \Rightarrow 2 000 000 tonnes



600 trains

URANIUM (REP) \Rightarrow 150 t d'U naturel
(25 t U enrichi à 4 %)



6 semi-remorques





Premier réacteur nucléaire !

Le 20 décembre 1951, le Réacteur expérimental Eleveur CDE à Arco, Idaho, Etats-Unis :
Pour la première fois de l'électricité - illuminant quatre ampoules - a été produite par
l'énergie nucléaire



Production d'électricité par l'énergie nucléaire
Experimental Reactor Eleveur CDE-I, 20 Dec. 1951, Arco, Idaho, Etats-Unis

NUCLEAR POWER STATUS 2021



PRIS



IN OPERATION

389.5 GW(e)
total net capacity

437 reactors

UNDER CONSTRUCTION

58.1 GW(e)
total net capacity

56 reactors

STATUS CHANGES



6.8 GW(e)
construction starts

Construction starts:
Kutaisi-1 (PWR 1,200 MW)
Sensu-1 (PWR 1,175 MW)
Changsheng-2 (PWR 1,175 MW)
Changsheng-4 (PWR 1,000 MW)
Changsheng-5 (PWR 1,000 MW)
Kutaisi-4 (PWR 875 MW)
Kutaisi-5 (PWR 875 MW)
Sensu-2 (PWR 1,175 MW)
Sensu-3 (PWR 1,175 MW)
Sensu-4 (PWR 1,175 MW)
Sensu-5 (PWR 1,175 MW)
Sensu-6 (PWR 1,175 MW)
Sensu-7 (PWR 1,175 MW)
Sensu-8 (PWR 1,175 MW)
Sensu-9 (PWR 1,175 MW)
Sensu-10 (PWR 1,175 MW)
Sensu-11 (PWR 1,175 MW)
Sensu-12 (PWR 1,175 MW)
Sensu-13 (PWR 1,175 MW)
Sensu-14 (PWR 1,175 MW)
Sensu-15 (PWR 1,175 MW)
Sensu-16 (PWR 1,175 MW)
Sensu-17 (PWR 1,175 MW)
Sensu-18 (PWR 1,175 MW)
Sensu-19 (PWR 1,175 MW)
Sensu-20 (PWR 1,175 MW)
Sensu-21 (PWR 1,175 MW)
Sensu-22 (PWR 1,175 MW)
Sensu-23 (PWR 1,175 MW)
Sensu-24 (PWR 1,175 MW)
Sensu-25 (PWR 1,175 MW)
Sensu-26 (PWR 1,175 MW)
Sensu-27 (PWR 1,175 MW)
Sensu-28 (PWR 1,175 MW)
Sensu-29 (PWR 1,175 MW)
Sensu-30 (PWR 1,175 MW)
Sensu-31 (PWR 1,175 MW)
Sensu-32 (PWR 1,175 MW)
Sensu-33 (PWR 1,175 MW)
Sensu-34 (PWR 1,175 MW)
Sensu-35 (PWR 1,175 MW)
Sensu-36 (PWR 1,175 MW)
Sensu-37 (PWR 1,175 MW)
Sensu-38 (PWR 1,175 MW)
Sensu-39 (PWR 1,175 MW)
Sensu-40 (PWR 1,175 MW)
Sensu-41 (PWR 1,175 MW)
Sensu-42 (PWR 1,175 MW)
Sensu-43 (PWR 1,175 MW)
Sensu-44 (PWR 1,175 MW)
Sensu-45 (PWR 1,175 MW)
Sensu-46 (PWR 1,175 MW)
Sensu-47 (PWR 1,175 MW)
Sensu-48 (PWR 1,175 MW)
Sensu-49 (PWR 1,175 MW)
Sensu-50 (PWR 1,175 MW)
Sensu-51 (PWR 1,175 MW)
Sensu-52 (PWR 1,175 MW)
Sensu-53 (PWR 1,175 MW)
Sensu-54 (PWR 1,175 MW)
Sensu-55 (PWR 1,175 MW)
Sensu-56 (PWR 1,175 MW)
Sensu-57 (PWR 1,175 MW)
Sensu-58 (PWR 1,175 MW)
Sensu-59 (PWR 1,175 MW)
Sensu-60 (PWR 1,175 MW)
Sensu-61 (PWR 1,175 MW)
Sensu-62 (PWR 1,175 MW)
Sensu-63 (PWR 1,175 MW)
Sensu-64 (PWR 1,175 MW)
Sensu-65 (PWR 1,175 MW)
Sensu-66 (PWR 1,175 MW)
Sensu-67 (PWR 1,175 MW)
Sensu-68 (PWR 1,175 MW)
Sensu-69 (PWR 1,175 MW)
Sensu-70 (PWR 1,175 MW)
Sensu-71 (PWR 1,175 MW)
Sensu-72 (PWR 1,175 MW)
Sensu-73 (PWR 1,175 MW)
Sensu-74 (PWR 1,175 MW)
Sensu-75 (PWR 1,175 MW)
Sensu-76 (PWR 1,175 MW)
Sensu-77 (PWR 1,175 MW)
Sensu-78 (PWR 1,175 MW)
Sensu-79 (PWR 1,175 MW)
Sensu-80 (PWR 1,175 MW)
Sensu-81 (PWR 1,175 MW)
Sensu-82 (PWR 1,175 MW)
Sensu-83 (PWR 1,175 MW)
Sensu-84 (PWR 1,175 MW)
Sensu-85 (PWR 1,175 MW)
Sensu-86 (PWR 1,175 MW)
Sensu-87 (PWR 1,175 MW)
Sensu-88 (PWR 1,175 MW)
Sensu-89 (PWR 1,175 MW)
Sensu-90 (PWR 1,175 MW)
Sensu-91 (PWR 1,175 MW)
Sensu-92 (PWR 1,175 MW)
Sensu-93 (PWR 1,175 MW)
Sensu-94 (PWR 1,175 MW)
Sensu-95 (PWR 1,175 MW)
Sensu-96 (PWR 1,175 MW)
Sensu-97 (PWR 1,175 MW)
Sensu-98 (PWR 1,175 MW)
Sensu-99 (PWR 1,175 MW)
Sensu-100 (PWR 1,175 MW)



5.2 GW(e)
new connections to the grid

New connections to the grid:
Sensu-1 (PWR 1,175 MW)
Sensu-2 (PWR 1,175 MW)
Sensu-3 (PWR 1,175 MW)
Sensu-4 (PWR 1,175 MW)
Sensu-5 (PWR 1,175 MW)
Sensu-6 (PWR 1,175 MW)
Sensu-7 (PWR 1,175 MW)
Sensu-8 (PWR 1,175 MW)
Sensu-9 (PWR 1,175 MW)
Sensu-10 (PWR 1,175 MW)
Sensu-11 (PWR 1,175 MW)
Sensu-12 (PWR 1,175 MW)
Sensu-13 (PWR 1,175 MW)
Sensu-14 (PWR 1,175 MW)
Sensu-15 (PWR 1,175 MW)
Sensu-16 (PWR 1,175 MW)
Sensu-17 (PWR 1,175 MW)
Sensu-18 (PWR 1,175 MW)
Sensu-19 (PWR 1,175 MW)
Sensu-20 (PWR 1,175 MW)
Sensu-21 (PWR 1,175 MW)
Sensu-22 (PWR 1,175 MW)
Sensu-23 (PWR 1,175 MW)
Sensu-24 (PWR 1,175 MW)
Sensu-25 (PWR 1,175 MW)
Sensu-26 (PWR 1,175 MW)
Sensu-27 (PWR 1,175 MW)
Sensu-28 (PWR 1,175 MW)
Sensu-29 (PWR 1,175 MW)
Sensu-30 (PWR 1,175 MW)
Sensu-31 (PWR 1,175 MW)
Sensu-32 (PWR 1,175 MW)
Sensu-33 (PWR 1,175 MW)
Sensu-34 (PWR 1,175 MW)
Sensu-35 (PWR 1,175 MW)
Sensu-36 (PWR 1,175 MW)
Sensu-37 (PWR 1,175 MW)
Sensu-38 (PWR 1,175 MW)
Sensu-39 (PWR 1,175 MW)
Sensu-40 (PWR 1,175 MW)
Sensu-41 (PWR 1,175 MW)
Sensu-42 (PWR 1,175 MW)
Sensu-43 (PWR 1,175 MW)
Sensu-44 (PWR 1,175 MW)
Sensu-45 (PWR 1,175 MW)
Sensu-46 (PWR 1,175 MW)
Sensu-47 (PWR 1,175 MW)
Sensu-48 (PWR 1,175 MW)
Sensu-49 (PWR 1,175 MW)
Sensu-50 (PWR 1,175 MW)
Sensu-51 (PWR 1,175 MW)
Sensu-52 (PWR 1,175 MW)
Sensu-53 (PWR 1,175 MW)
Sensu-54 (PWR 1,175 MW)
Sensu-55 (PWR 1,175 MW)
Sensu-56 (PWR 1,175 MW)
Sensu-57 (PWR 1,175 MW)
Sensu-58 (PWR 1,175 MW)
Sensu-59 (PWR 1,175 MW)
Sensu-60 (PWR 1,175 MW)
Sensu-61 (PWR 1,175 MW)
Sensu-62 (PWR 1,175 MW)
Sensu-63 (PWR 1,175 MW)
Sensu-64 (PWR 1,175 MW)
Sensu-65 (PWR 1,175 MW)
Sensu-66 (PWR 1,175 MW)
Sensu-67 (PWR 1,175 MW)
Sensu-68 (PWR 1,175 MW)
Sensu-69 (PWR 1,175 MW)
Sensu-70 (PWR 1,175 MW)
Sensu-71 (PWR 1,175 MW)
Sensu-72 (PWR 1,175 MW)
Sensu-73 (PWR 1,175 MW)
Sensu-74 (PWR 1,175 MW)
Sensu-75 (PWR 1,175 MW)
Sensu-76 (PWR 1,175 MW)
Sensu-77 (PWR 1,175 MW)
Sensu-78 (PWR 1,175 MW)
Sensu-79 (PWR 1,175 MW)
Sensu-80 (PWR 1,175 MW)
Sensu-81 (PWR 1,175 MW)
Sensu-82 (PWR 1,175 MW)
Sensu-83 (PWR 1,175 MW)
Sensu-84 (PWR 1,175 MW)
Sensu-85 (PWR 1,175 MW)
Sensu-86 (PWR 1,175 MW)
Sensu-87 (PWR 1,175 MW)
Sensu-88 (PWR 1,175 MW)
Sensu-89 (PWR 1,175 MW)
Sensu-90 (PWR 1,175 MW)
Sensu-91 (PWR 1,175 MW)
Sensu-92 (PWR 1,175 MW)
Sensu-93 (PWR 1,175 MW)
Sensu-94 (PWR 1,175 MW)
Sensu-95 (PWR 1,175 MW)
Sensu-96 (PWR 1,175 MW)
Sensu-97 (PWR 1,175 MW)
Sensu-98 (PWR 1,175 MW)
Sensu-99 (PWR 1,175 MW)
Sensu-100 (PWR 1,175 MW)

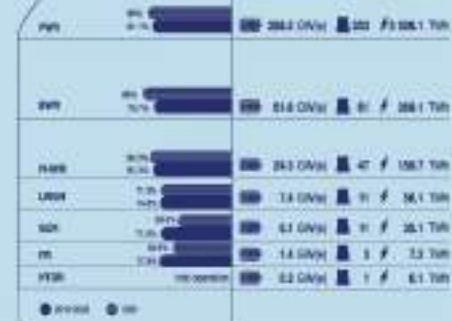


6.7 GW(e)
permanent shutdowns

Permanent shutdowns:
Sensu-1 (PWR 1,175 MW)
Sensu-2 (PWR 1,175 MW)
Sensu-3 (PWR 1,175 MW)
Sensu-4 (PWR 1,175 MW)
Sensu-5 (PWR 1,175 MW)
Sensu-6 (PWR 1,175 MW)
Sensu-7 (PWR 1,175 MW)
Sensu-8 (PWR 1,175 MW)
Sensu-9 (PWR 1,175 MW)
Sensu-10 (PWR 1,175 MW)
Sensu-11 (PWR 1,175 MW)
Sensu-12 (PWR 1,175 MW)
Sensu-13 (PWR 1,175 MW)
Sensu-14 (PWR 1,175 MW)
Sensu-15 (PWR 1,175 MW)
Sensu-16 (PWR 1,175 MW)
Sensu-17 (PWR 1,175 MW)
Sensu-18 (PWR 1,175 MW)
Sensu-19 (PWR 1,175 MW)
Sensu-20 (PWR 1,175 MW)
Sensu-21 (PWR 1,175 MW)
Sensu-22 (PWR 1,175 MW)
Sensu-23 (PWR 1,175 MW)
Sensu-24 (PWR 1,175 MW)
Sensu-25 (PWR 1,175 MW)
Sensu-26 (PWR 1,175 MW)
Sensu-27 (PWR 1,175 MW)
Sensu-28 (PWR 1,175 MW)
Sensu-29 (PWR 1,175 MW)
Sensu-30 (PWR 1,175 MW)
Sensu-31 (PWR 1,175 MW)
Sensu-32 (PWR 1,175 MW)
Sensu-33 (PWR 1,175 MW)
Sensu-34 (PWR 1,175 MW)
Sensu-35 (PWR 1,175 MW)
Sensu-36 (PWR 1,175 MW)
Sensu-37 (PWR 1,175 MW)
Sensu-38 (PWR 1,175 MW)
Sensu-39 (PWR 1,175 MW)
Sensu-40 (PWR 1,175 MW)
Sensu-41 (PWR 1,175 MW)
Sensu-42 (PWR 1,175 MW)
Sensu-43 (PWR 1,175 MW)
Sensu-44 (PWR 1,175 MW)
Sensu-45 (PWR 1,175 MW)
Sensu-46 (PWR 1,175 MW)
Sensu-47 (PWR 1,175 MW)
Sensu-48 (PWR 1,175 MW)
Sensu-49 (PWR 1,175 MW)
Sensu-50 (PWR 1,175 MW)
Sensu-51 (PWR 1,175 MW)
Sensu-52 (PWR 1,175 MW)
Sensu-53 (PWR 1,175 MW)
Sensu-54 (PWR 1,175 MW)
Sensu-55 (PWR 1,175 MW)
Sensu-56 (PWR 1,175 MW)
Sensu-57 (PWR 1,175 MW)
Sensu-58 (PWR 1,175 MW)
Sensu-59 (PWR 1,175 MW)
Sensu-60 (PWR 1,175 MW)
Sensu-61 (PWR 1,175 MW)
Sensu-62 (PWR 1,175 MW)
Sensu-63 (PWR 1,175 MW)
Sensu-64 (PWR 1,175 MW)
Sensu-65 (PWR 1,175 MW)
Sensu-66 (PWR 1,175 MW)
Sensu-67 (PWR 1,175 MW)
Sensu-68 (PWR 1,175 MW)
Sensu-69 (PWR 1,175 MW)
Sensu-70 (PWR 1,175 MW)
Sensu-71 (PWR 1,175 MW)
Sensu-72 (PWR 1,175 MW)
Sensu-73 (PWR 1,175 MW)
Sensu-74 (PWR 1,175 MW)
Sensu-75 (PWR 1,175 MW)
Sensu-76 (PWR 1,175 MW)
Sensu-77 (PWR 1,175 MW)
Sensu-78 (PWR 1,175 MW)
Sensu-79 (PWR 1,175 MW)
Sensu-80 (PWR 1,175 MW)
Sensu-81 (PWR 1,175 MW)
Sensu-82 (PWR 1,175 MW)
Sensu-83 (PWR 1,175 MW)
Sensu-84 (PWR 1,175 MW)
Sensu-85 (PWR 1,175 MW)
Sensu-86 (PWR 1,175 MW)
Sensu-87 (PWR 1,175 MW)
Sensu-88 (PWR 1,175 MW)
Sensu-89 (PWR 1,175 MW)
Sensu-90 (PWR 1,175 MW)
Sensu-91 (PWR 1,175 MW)
Sensu-92 (PWR 1,175 MW)
Sensu-93 (PWR 1,175 MW)
Sensu-94 (PWR 1,175 MW)
Sensu-95 (PWR 1,175 MW)
Sensu-96 (PWR 1,175 MW)
Sensu-97 (PWR 1,175 MW)
Sensu-98 (PWR 1,175 MW)
Sensu-99 (PWR 1,175 MW)
Sensu-100 (PWR 1,175 MW)



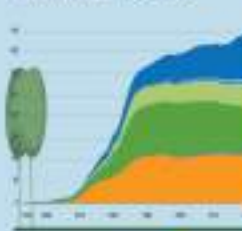
STATUS BY REACTOR TYPE



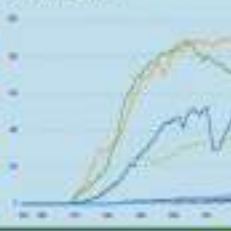
2653.3 TWh
Electricity produced

CO₂ avoided
1.26 Gt

REGIONAL NUCLEAR POWER CAPACITY OVER TIME - GW(e)

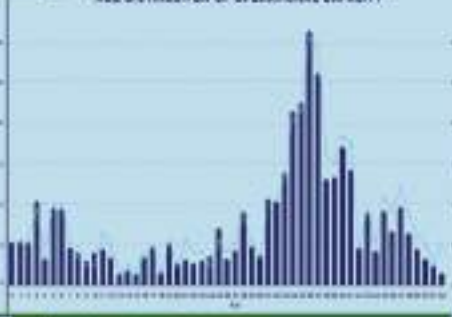


REGIONAL ELECTRICITY PRODUCTION OVER TIME - TWh



Legend:
 - Grey: Asia
 - Blue: Americas - Latin
 - Orange: Americas - Northern
 - Green: Asia - Far East
 - Light Blue: Asia - Middle East & North Africa
 - Yellow: Europe - Central & Eastern
 - Dark Green: Europe - Western
 - Dark Blue: Africa
 - Light Green: Oceania
 - Dark Red: Electricity produced
 - Light Red: Electricity consumed
 - Grey: Nuclear share
 - Dark Blue: In operation
 - Light Blue: Under construction

AGE DISTRIBUTION OF OPERATIONAL CAPACITY



19 170
reactor-years of operation completed



La production électrique en France, en 2024

2. LA PRODUCTION

La production électrique retrouve des niveaux importants tout en atteignant un taux inédit de décarbonation

Une production nucléaire qui a désormais retrouvé un niveau normal, après la crise

La production hydraulique a atteint le niveau le plus élevé des dix dernières années

Une année peu favorable pour l'éolien terrestre, avec un faible facteur de charge et un développement des capacités qui ralentit

Deux nouveaux parcs éoliens en mer en service et une trajectoire de développement qui se précise

La production solaire photovoltaïque continue de progresser sous l'effet d'un développement record des capacités de production

Les écrêtements de la production éolienne et solaire ont été plus importants en 2024 que dans le passé

La production thermique renouvelable et à partir de déchets est restée stable en 2024

La production d'électricité d'origine fossile a atteint un minimum plus vu depuis 1952



Electricité : capacité installée fin 2024

Figure 2.3 : Parc de production d'électricité en France à fin 2024 et répartition par filière





France : Production d'électricité par source



CHIFFRES CLÉS DE LA PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ FRANÇAISE EN 2024

Données provisoires – janvier 2025

Production totale d'électricité

536,5 TWh

Taux de décarbonation

95 %

Nucléaire

361,7 TWh / 67,4 %
(+41,3 TWh / +12,9 %)

Éolien (terrestre et en mer)

46,6 TWh / 8,7 % (+4,3 TWh / +10,4 %)

Hydraulique

74,7 TWh / 13,9 %
(+10,8 TWh / +26,3 %)

Gaz

17,4 TWh
3,2 %
(+11,8 TWh / +104 %)

Solaire **23,3 TWh** / 4,3 % (+1,8 TWh / +8,4 %)

Thermique renouvelable et déchets

10,2 TWh / 1,9 %
(+0,1 TWh / +1,2 %)

Autre
0,1 TWh
<0,1 %
(+0,0 TWh)

Charbon
0,7 TWh
0,1 %
(+0,1 TWh)

Pétrole
1,8 TWh
0,3 %
(+0,3 TWh)

Légende :

Filigrane :

Volume de production en 2024 / Part dans le mix électrique en 2024

(Montant par rapport à la valeur 2023 en volume / en pourcentage)



France : Echanges transfortaliers, émissions de GES



Le 22 novembre à 12h15 :
Vague de froid !
5°C à 12h15 à Arles

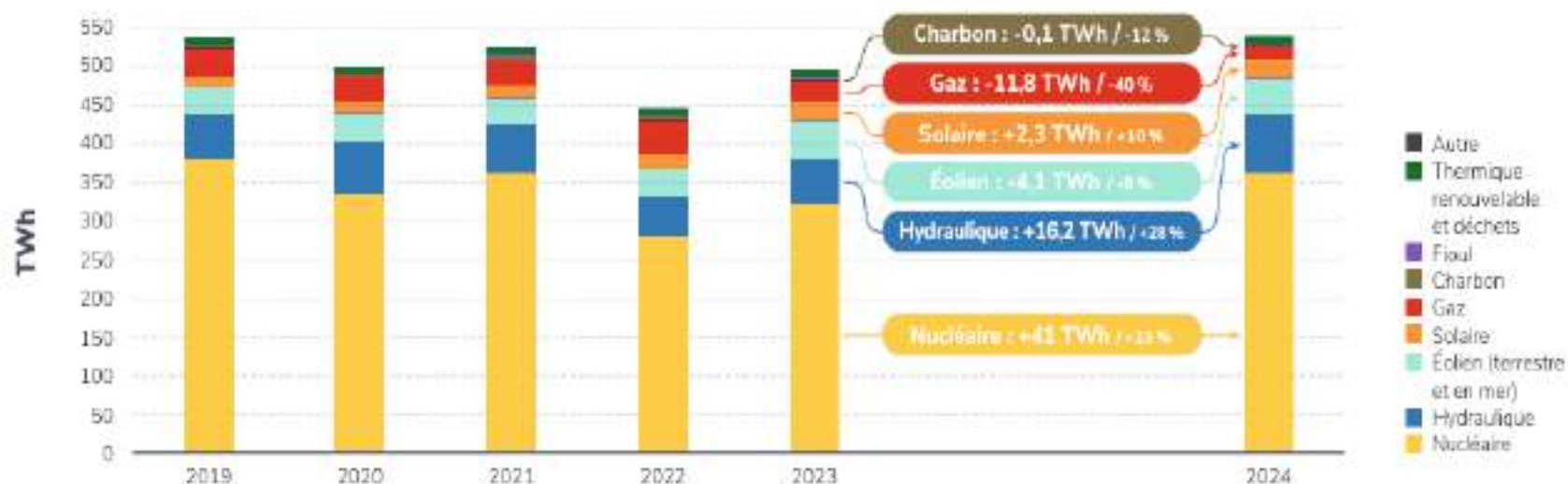
- France : 49g de CO₂ au KWh
 - Espagne : 103 g/KWh
 - Allemagne : 309 g/KWh
 - Pologne : 736 g/KWh
- Electricitymaps



Evolution de la production d'électricité par source

Figure 2.1 : Évolution de la production d'électricité par filière, en France, entre 2019 et 2024, part de production décarbonée et part renouvelable

536,1	500,1	523,1	446,5	494,7	539,0	Production totale (TWh)
91,0	91,2	91,4	87,4	92,4	94,9	Part décarbonée (%)*
20,2	24,2	22,5	24,9	27,6	27,8	Part renouvelable (%)



* La production à partir de déchets ménagers est considérée renouvelable à 50 %. La production hydraulique est retranchée de 20 % de la consommation de pompage des STEP selon la Directive européenne 2009/28/CE.





Une stratégie nationale peu claire pour une technologie a constante de temps élevée

Le Parisien



Économie

Emmanuel Macron annonce la fermeture de 14 réacteurs nucléaires d'ici 2035

Le président de la République a présenté ce mardi les grandes orientations de la Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE), une feuille de route pour les dix prochaines années.

Par R.T. avec AFP

Le 27 novembre 2018 à 11h31 - modifié le 27 novembre 2018 à 19h18

Nucléaire : Emmanuel Macron annonce la construction de 14 réacteurs (dont 8 en option)

Ce contenu est réservé aux abonnés

En déplacement à Belfort pour acter le rachat des activités nucléaires de General Electric par EDF, le chef de l'Etat en a profité pour déployer sa stratégie énergétique sur le long terme, et annoncé un plan de construction de six réacteurs EPR (plus huit posés en option). Un projet gigantesque pour l'instant suspendu à son éventuelle réélection au scrutin présidentiel, et qui soulève des défis à la fois financiers et industriels. Explications.

Marine Godelier

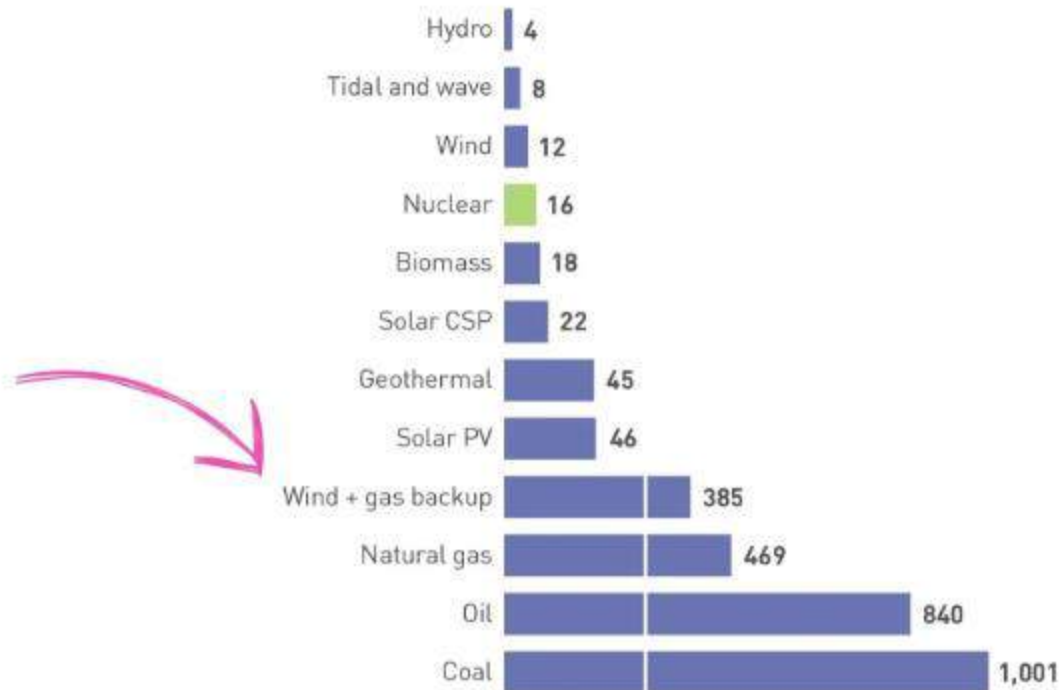
Publié le 10/02/22 à 18:31 - Mis à jour le 11/02/22 à 07:29

3 ans 2 mois



Les émissions de CO₂ par source d'énergie

CO₂ EMISSIONS BY ENERGY SOURCE



Lifecycle Greenhouse Gas Emissions (g CO₂ equivalent/kWh)

SOURCE: Intergovernmental Panel on Climate Change.*





Quels sont les acteurs du nucléaire en France ?





Les acteurs du nucléaire français et leurs missions



Extraction du minerai et
préparation du
combustible



Production
d'électricité



Recyclage
des combustibles
« usés »



Gestion des déchets

CONTROLE



=



+



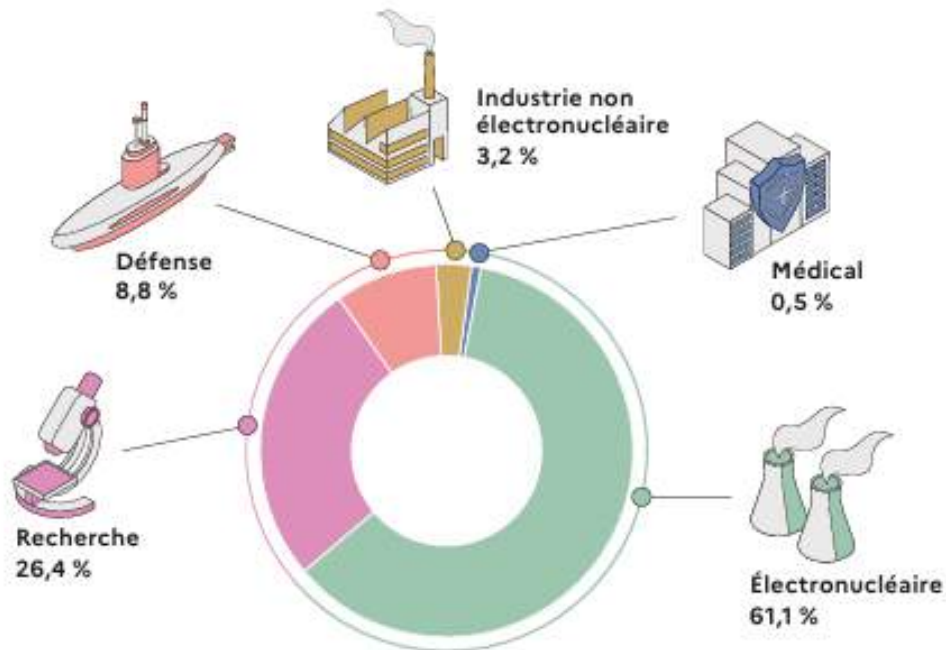


D'où viennent les déchets radioactifs ?



D'où viennent les déchets radioactifs

► RÉPARTITION PAR SECTEUR ÉCONOMIQUE DU VOLUME DE DÉCHETS (en équivalent conditionné) DÉJÀ STOCKÉS OU DESTINÉS À ÊTRE PRIS EN CHARGE PAR L'ANDRA À FIN 2023



Les pourcentages ont été calculés sur la base des chiffres exacts, puis arrondis.





Quelle différence entre une centrale nucléaire et une centrale au charbon ?



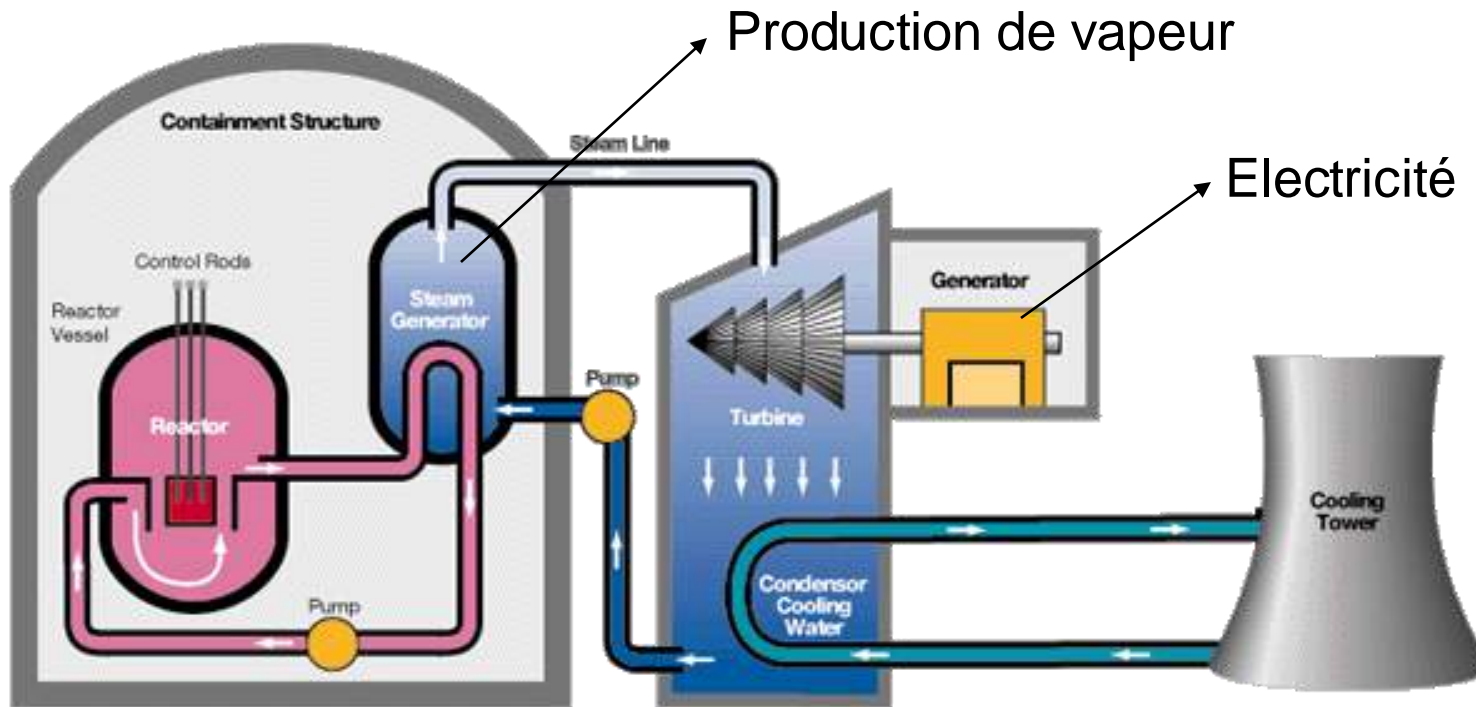
Centrale nucléaire type REP



Centrale de Gardanne (13)
... au charbon



Réacteur nucléaire : comment ça marche ?

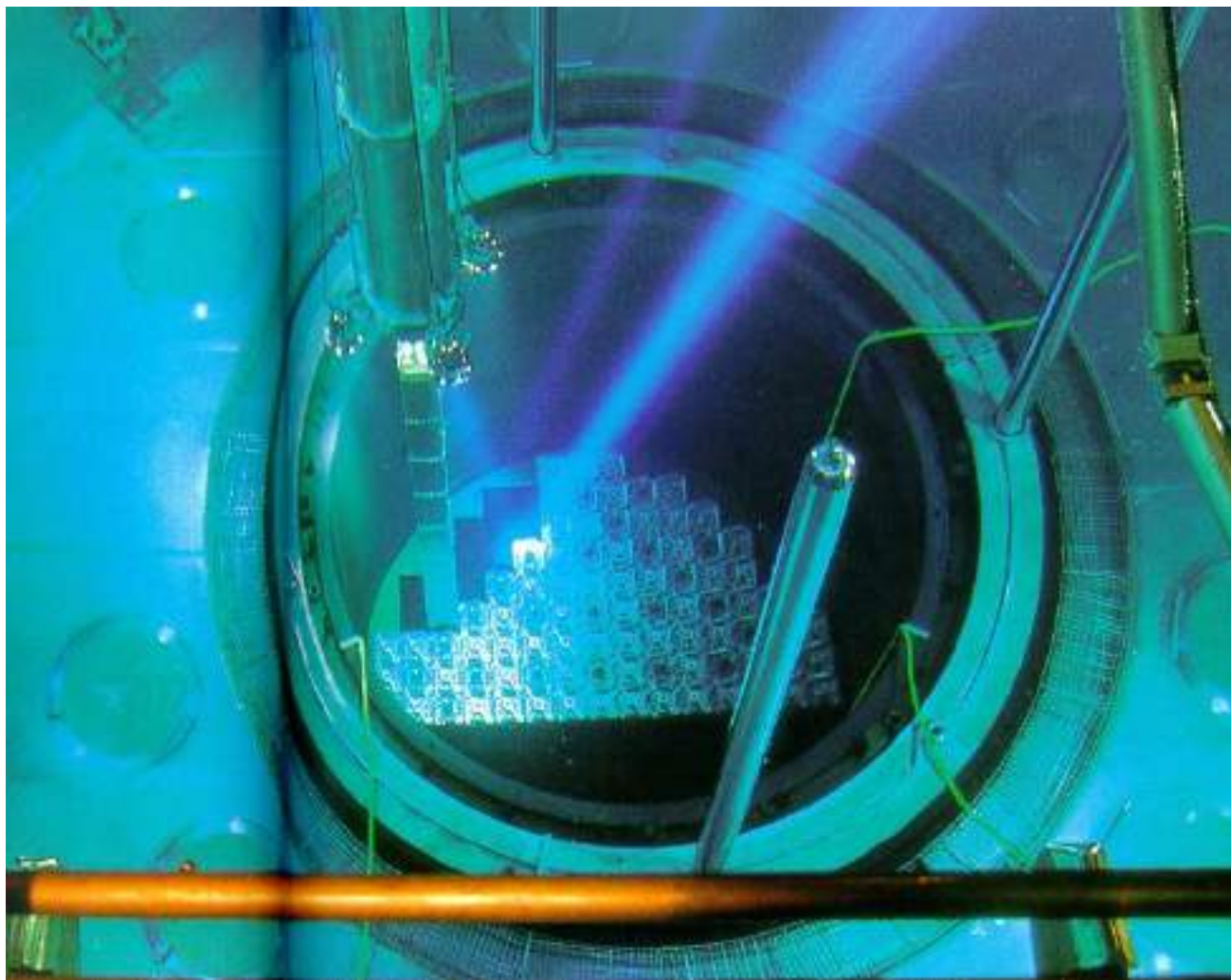


Réacteur nucléaire → Production de chaleur
Thermodynamique : 33% rendement



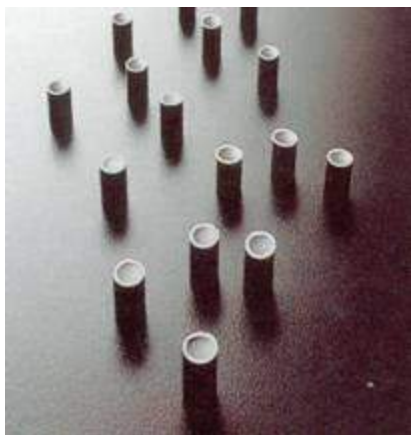


Cœur d'un réacteur nucléaire à eau pressurisé (REP)





Assemblage et combustible d'un réacteur REP



157 pour un 900 MWe
193 pour un 1300 MWe

Longueur de l'assemblage :
4058 mm pour un 900 Mwe
4796 mm pour un 1300 MWe

Masse de l'assemblage :
670 Kg dont 460 Kg d'U pour un 900 Mwe
765 Kg dont 538 Kg d'U pour un 1300 MWe

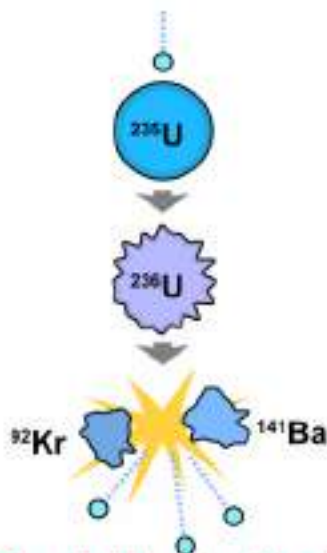




Quels radioéléments sont produits par la réaction nucléaire ?

- **Fission nucléaire :**

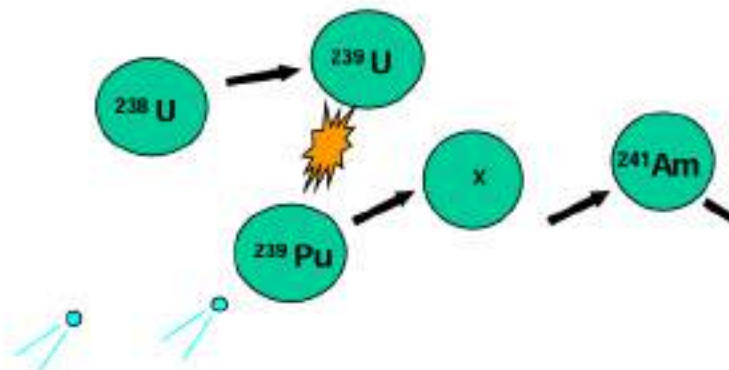
Un neutron est absorbé par le noyau d' ^{235}U qui se casse en deux, produisant deux éléments plus légers (produits de fission), en émettant des neutrons.



Les « Produits de Fission » constituent le principal déchet ultime de la fission nucléaire.

- ❖ **Transmutation par capture**

Par exemple ^{238}U capture un neutron, se transforme en ^{239}U , qui se transforme en plutonium 239 par 2 désintégrations β



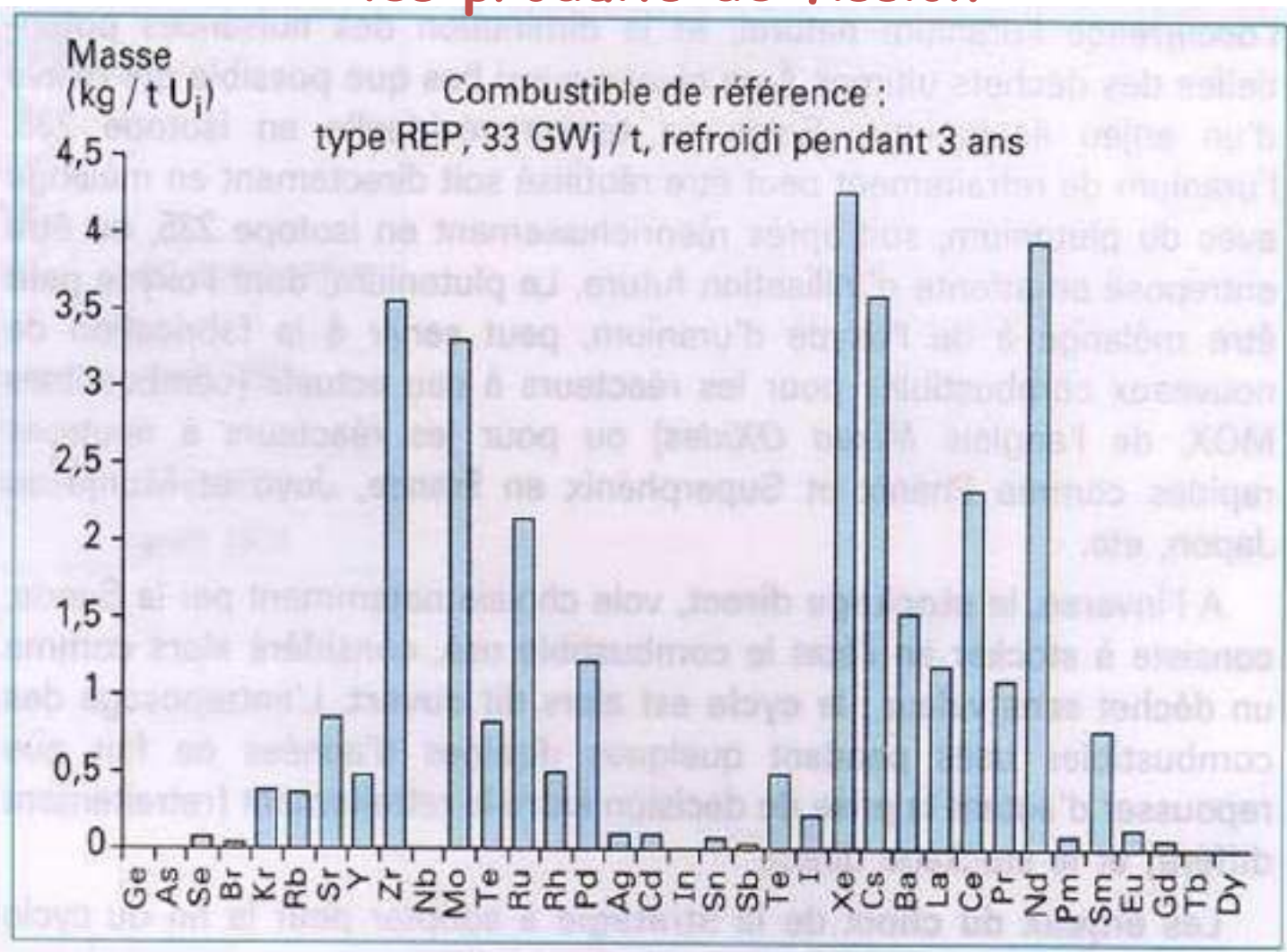
Produit du « Plutonium », et quelques «actinides mineurs» qui peuvent être considérés

- soit comme un déchet
- soit comme une ressource



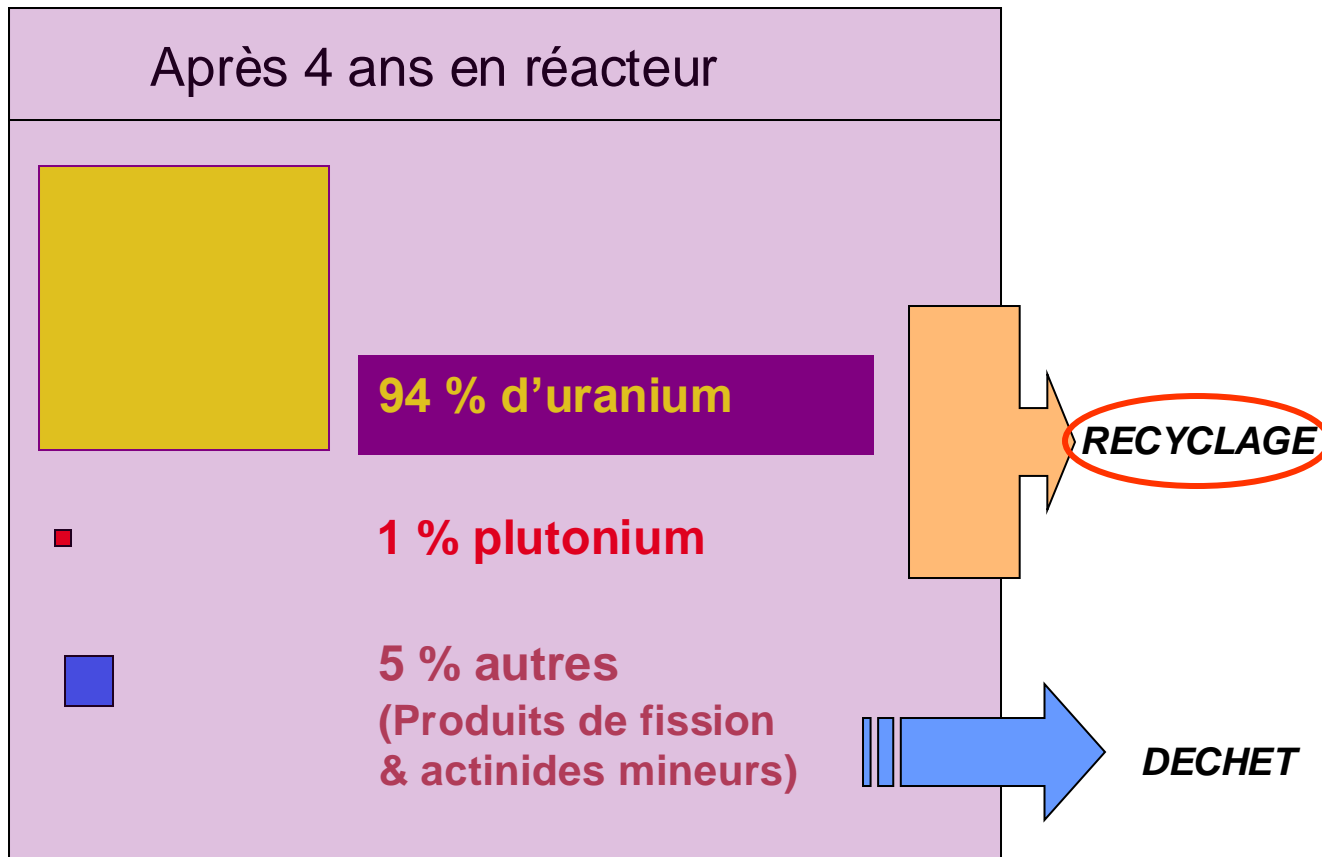


Masse des éléments chimiques constituant les produits de fission



Recyclage/Déchets radioactifs

Déchet ?



Principe de gestion des déchets radioactifs





Critères de gestion des déchets radioactifs

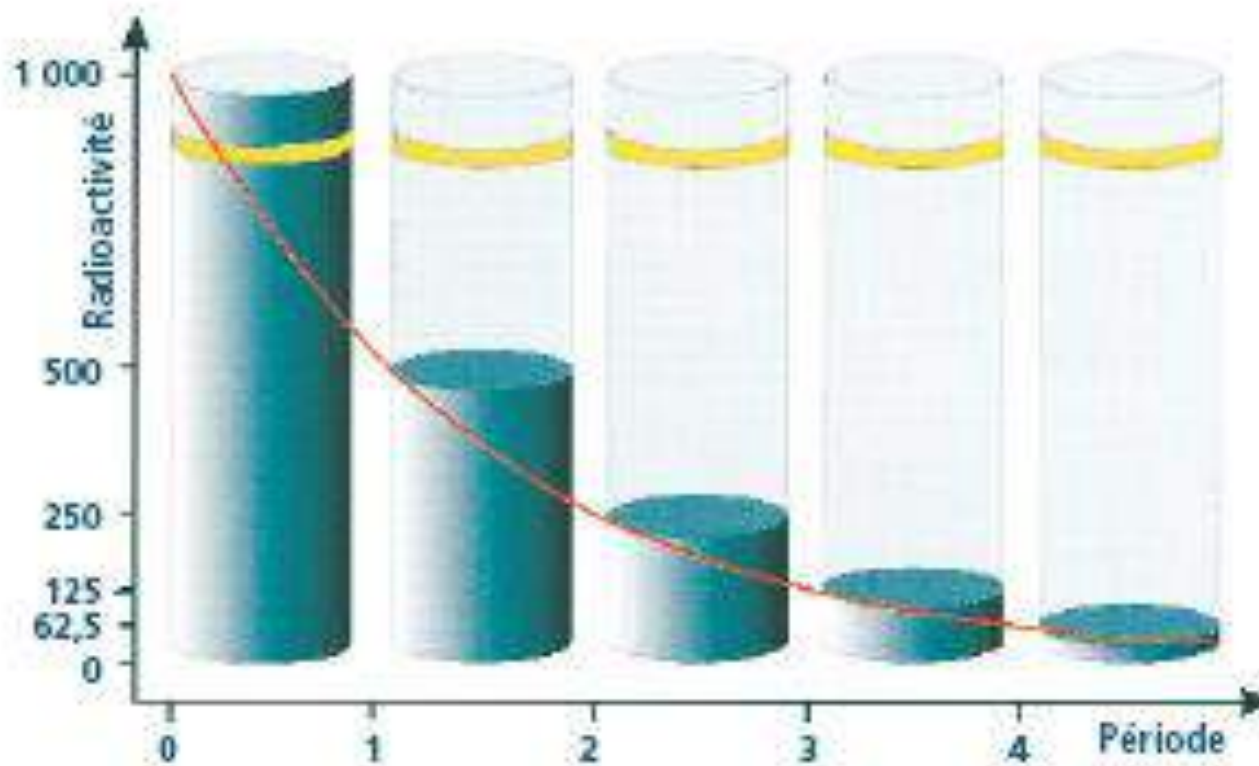
**Le tri des déchets radioactifs
se fait sur la période (demi-vie)
et sur l'activité**





La décroissance, une propriété intéressante de la radioactivité !

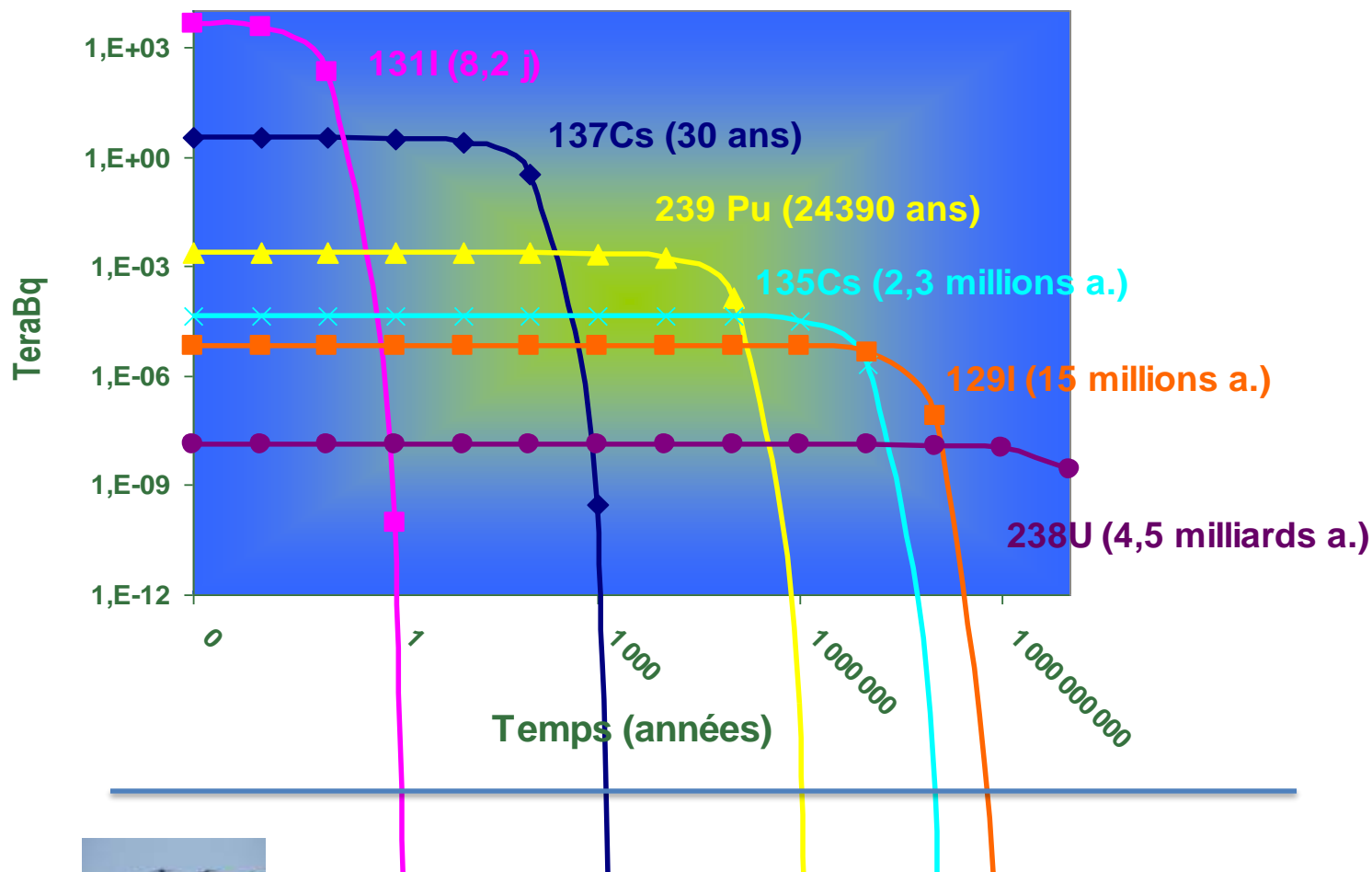
COURBE DE DÉCROISSANCE DE LA RADIOACTIVITÉ





La décroissance, une propriété intéressante de la radioactivité

Activité pour une masse de 1g de radioélément





Le becquerel : une désintégration par seconde

Quelques ordres de grandeurs de radioactivité naturelle :

- Eau de mer : 10 Bq / litre (0,01 Bq/g)**
- Corps humain : 120 Bq / kg (ou 0,12 Bq/g)**
- Pomme de terre : 150 Bq / kg (ou 0,15 Bq/g)**
- Sol granitique : 8 000 Bq / kg (ou 8 Bq/g)**
- Minéral d'uranium à 10 % : 17 millions de Bq / kg
(ou 17000 Bq/g)**





**Face au risque,
la redondance est de rigueur !**



Le principe du stockage des déchets radioactifs



Le principe du stockage : une combinaison de trois éléments, adaptée selon le type de déchet

Le stockage permet d'isoler, durablement, les déchets de l'environnement et de l'homme, en retardant la migration des substances radioactives qu'ils contiennent.

1^{ère} barrière : le colis

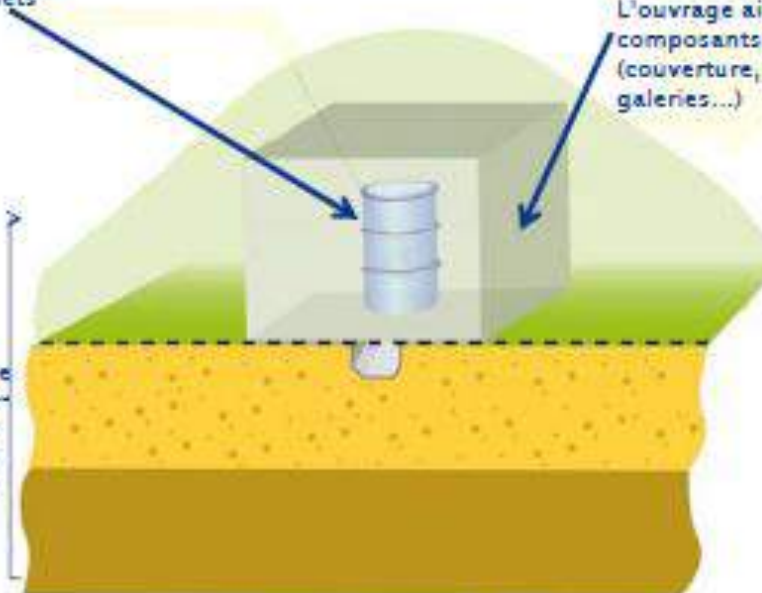
A l'intérieur duquel un matériau de confinement enrobe les déchets

2^e barrière : l'ouvrage de stockage

L'ouvrage ainsi que les composants annexes ouvrés (couverture, scellement de galeries...)

3^e barrière : l'environnement géologique

Une couche d'argile imperméable est une barrière naturelle. Selon les besoins, elle est combinée à un système de drainage ou non. Pour les stockages souterrains, elle entoure complètement les ouvrages





Première barrière : le colis de déchets radioactifs



Première barrière : le colis de déchets



C0 : 213l



CBF C1 : 660l



CBF C2 : 1180l



CBF K : 4900l



Le conditionnement

Le conditionnement est l'opération qui consiste à placer des déchets dans un contenant adapté à leur niveau de radioactivité et à leur durée de vie, et à les immobiliser le cas échéant avec un matériau de blocage ou d'enrobage.



CSD C : 175l

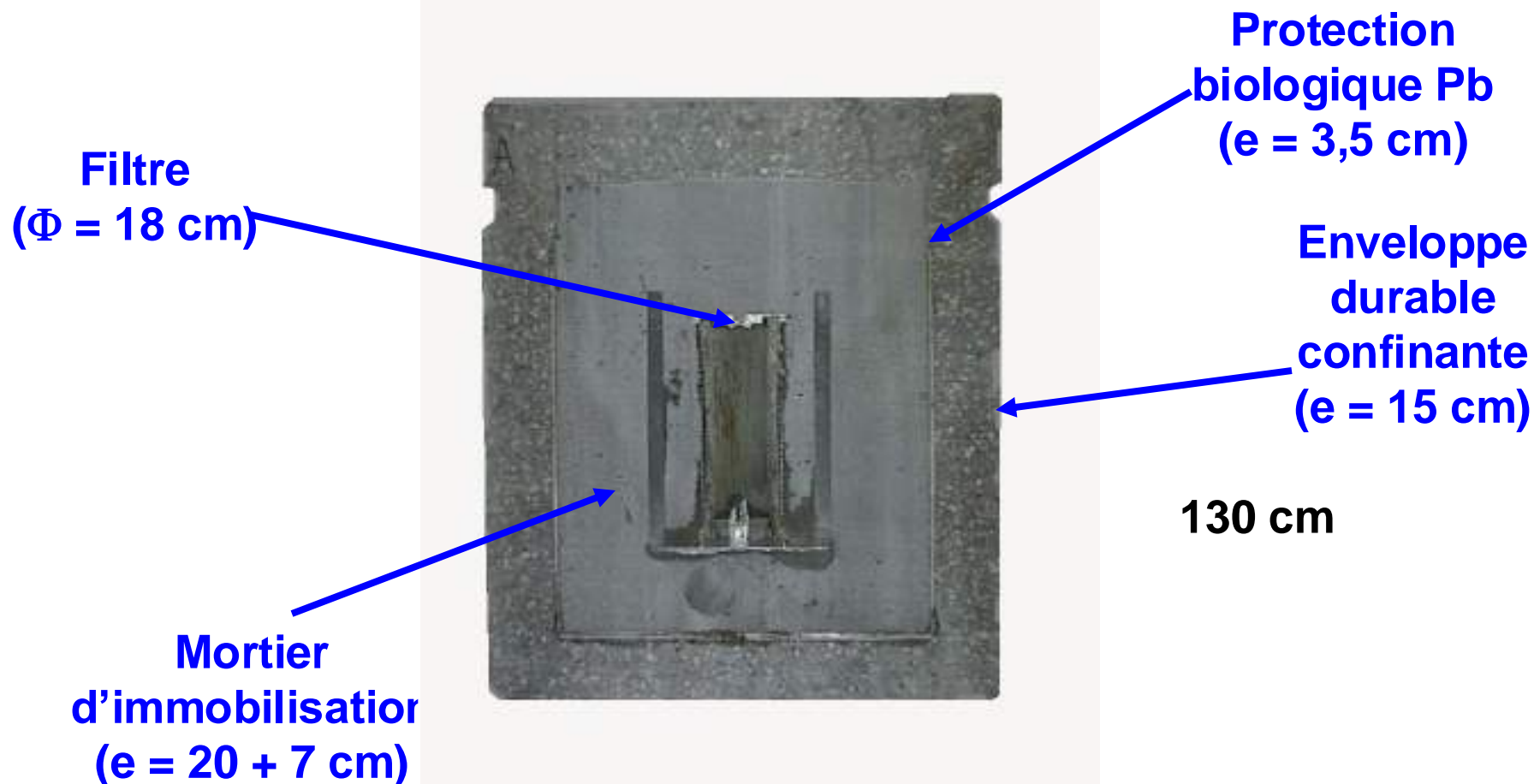


CSD V : 175l





Exemple de déchet radioactif conditionné





Déchets ou produit manufacturé ?

La « Caractérisation » des colis de déchets conditionnés pour démontrer les qualités du colis de déchet conditionné avant leur acceptation en stockage

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES :

- Porosité
- Perméabilité à l'eau
- Perméabilité au gaz
- Densité de l'enrobé
- Retrait
- Température de changement d'état
- Homogénéité du déchet enrobé ou bloqué
- Proportion d'eau incorporée
- Exsudation d'eau sous pression
- Solubilité dans l'eau du matériau d'enrobage
- Taux de remplissage

CARACTERISTIQUES LIEES AU POUVOIR DE CONFINEMENT :

- Résistance à la lixiviation
- Dégazage

CARACTERISTIQUES MECANIKQUES :

- Résistance à la compression
- Résistance en traction par fendage
- Tenue sous charge
- Résistance aux chocs des colis

MAINTIEN DES CARACTERISTIQUES EN CONDITIONS

D'ALTERABILITE :

- Stabilité aux variations de température
- Tenue aux rayonnements
- Comportement au feu des colis





La classification des déchets radioactifs



Catégories de déchets radioactifs et filière de gestion associée

Activité**	Période radioactive*	Vie très courte (VTC) (période < 100 jours)	Principalement vie courte (VC) (période ≤ 31 ans)	Principalement vie longue (VL) (période > 31 ans)
Très faible activité (TFA) < 100 Bq/g	Faible activité (FA) entre quelques centaines de Bq/g et un million de Bq/g	VTC Gestion par décroissance radioactive	TFA Stockage de surface (Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage)	
Faible activité (FA) entre quelques centaines de Bq/g et un million de Bq/g			FMA-VC Stockage de surface (centres de stockage de l'Aube et de la Manche)	FA-VL Modes de gestion à l'étude
Moyenne activité (MA) de l'ordre d'un million à un milliard de Bq/g				MA-VL Stockage géologique profond à l'étude (projet Cigéo)
Haute activité (HA) de l'ordre de plusieurs milliards de Bq/g		Non applicable***	HA Stockage géologique profond à l'étude (projet Cigéo)	

* Période radioactive des éléments radioactifs (radionucléides) contenus dans les déchets.

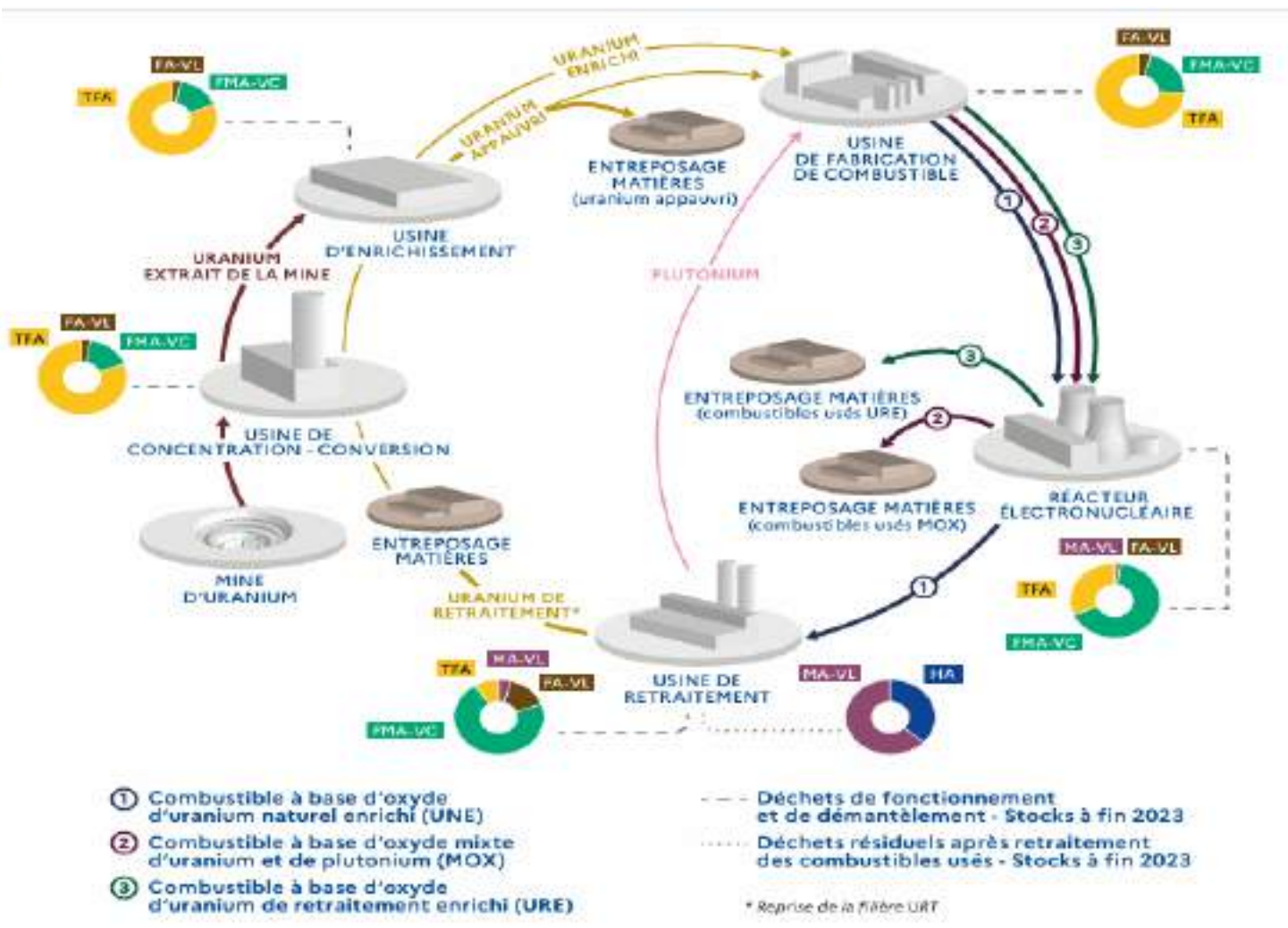
** Niveau d'activité des déchets radioactifs.

*** Il n'existe pas de VTC dont la radioactivité est de l'ordre de plusieurs milliards de Bq/g.

Un déchet peut parfois être classé dans une catégorie définie, mais être géré dans une autre filière de gestion du fait d'autres caractéristiques (par exemple sa composition chimique ou ses propriétés physiques).



Le cycle du combustible nucléaire et ses déchets radioactifs





« La défense est proportionnelle à l'attaque ! »

Activité**	Période radioactive*	Vie très courte (VTC) (période < 100 jours)	Principalement vie courte (VC) (période ≤ 31 ans)	Principalement vie longue (VL) (période > 31 ans)
Très faible activité (TFA) < 100 Bq/g			TFA Stockage de surface (Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage)	
Faible activité (FA) entre quelques centaines de Bq/g et un million de Bq/g	VTC Gestion par décroissance radioactive		FA-VC Stockage de surface (centres de stockage de l'Aube et de la Manche)	FA-VL Modes de gestion à l'étude
Moyenne activité (MA) de l'ordre d'un million à un milliard de Bq/g				MA-VL Stockage géologique profond à l'étude (projet Cigéo)
Haute activité (HA) de l'ordre de plusieurs milliards de Bq/g		Non applicable***	HA Stockage géologique profond à l'étude (projet Cigéo)	

* Période radioactive des éléments radioactifs (radionucléides) contenus dans les déchets.

** Niveau d'activité des déchets radioactifs.

*** Il n'existe pas de VTC dont la radioactivité est de l'ordre de plusieurs milliards de Bq/g.

Un déchet peut parfois être classé dans une catégorie définie, mais être géré dans une autre filière de gestion du fait d'autres caractéristiques (par exemple sa composition chimique ou ses propriétés physiques).





Qui sont ils ?

Activité**	Période radioactive*	Vie très courte (VTC) (période < 100 jours)	Principalement vie courte (VC) (période ≤ 31 ans)	Principalement vie longue (VL) (période > 31 ans)
Très faible activité (TFA) < 100 Bq/g			TFA Stockage de surface (Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage)	
Faible activité (FA) entre quelques centaines de Bq/g et un million de Bq/g		VTC Gestion par décroissance radioactive	FMA-VC Stockage de surface (centres de stockage de l'Aube et de la Manche)	FA-VL Modes de gestion à l'étude MA-VL Stockage géologique profond à l'étude (projet Cigéo)
Moyenne activité (MA) de l'ordre d'un million à un milliard de Bq/g				
Haute activité (HA) de l'ordre de plusieurs milliards de Bq/g		Non applicable***	HA Stockage géologique profond à l'étude (projet Cigéo)	

* Période radioactive des éléments radioactifs (radionucléides) contenus dans les déchets.

** Niveau d'activité des déchets radioactifs.

*** Il n'existe pas de VTC dont la radioactivité est de l'ordre de plusieurs milliards de Bq/g. Un déchet peut parfois être classé dans une catégorie définie, mais être géré dans une autre filière de gestion du fait d'autres caractéristiques (par exemple sa composition chimique ou ses propriétés physiques).

HA LES DÉCHETS DE HAUTE ACTIVITÉ

 Haut: plusieurs milliards de Bq/g

 Jusqu'à très long (jusqu'à plusieurs centaines de milliers d'années)

 Stockage en couche géologique profonde en projet⁽¹⁾

Ils sont principalement issus du retraitement du combustible usé⁽²⁾ (après utilisation dans un réacteur nucléaire). Il s'agit de résidus hautement radioactifs provenant de la dissolution chimique des combustibles usés. Ces déchets sont incorporés dans du verre puis conditionnés dans des conteneurs en acier inoxydable.



 Colis de déchets HA

MA-VL LES DÉCHETS DE MOYENNE ACTIVITÉ À VIE LONGUE


 Moyen: un million à un milliard de Bq/g

 Long à très long (jusqu'à plusieurs centaines de milliers d'années)

 Stockage en couche géologique profonde en projet⁽¹⁾

Il s'agit majoritairement de déchets de structures métalliques entourant les combustibles (coques et embouts) issus du retraitement du combustible usé⁽²⁾ et dans une moindre mesure de déchets technologiques liés à l'usage et à la maintenance des installations nucléaires, des déchets issus du traitement des effluents liquides (boues bitumées) et des déchets activés ayant séjourné dans les réacteurs nucléaires.



 Coques issues des gaines en alliage de zirconium qui entourent les pastilles de combustible



Le combustible utilisé 33MWj/t, refroidissement 3 ans

<div>U : 955 kg.t⁻¹ Pu : 9.6 kg.t⁻¹ AM : 0.8 kg.t⁻¹ PF : 34 kg.t⁻¹</div>																																			
1 H																	2 He																		
3 Li	4 Be															5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne														
11 Na	12 Mg															13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar														
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr																		
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe																		
55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn																		
87 Fr	88 Ra	89 Ac	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Uun																										

LANTHANIDES	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
ACTINIDES	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

URANIUM ET ÉLÉMENTS TRANSURANIENS

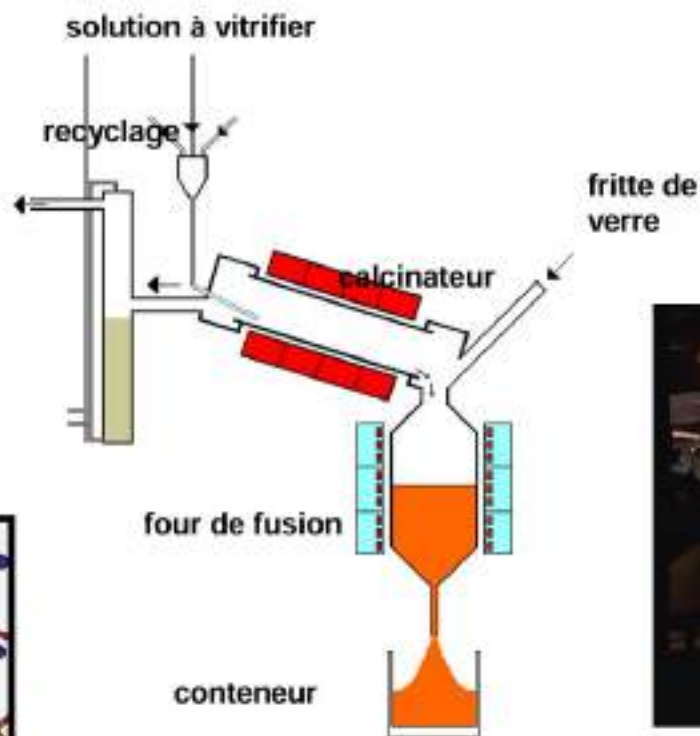
PRODUITS D'ACTIVATION

PRODUITS DE FISSION

PRODUITS DE FISSION et D'ACTIVATION



Produits de fission vitrifiés dans un conteneur en acier inox



Coulée de verre à l'AVM



**Vitrified FP
package**





« Coques et embouts » compactées dans un conteneur en acier inox

Presse de
compactage

(La Hague)



CSC – C

183l – 750 kg





Colis de déchets « MAVL » et « HA » : même dimensions, même forme



Activité**	Période radioactive*	Vie très courte (VTC) (période < 100 jours)	Principalement vie courte (VC) (période ≤ 31 ans)	Principalement vie longue (VL) (période > 31 ans)
Très faible activité (TFA) < 100 Bq/g			TFA Stockage de surface (Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage)	
Faible activité (FA) entre quelques centaines de Bq/g et un million de Bq/g		VTC Gestion par décroissance radioactive	FMA-VC Stockage de surface (centres de stockage de l'Aube et de la Manche)	FA-VL Modes de gestion à l'étude
Moyenne activité (MA) de l'ordre d'un million à un milliard de Bq/g				MA-VL Stockage géologique profond à l'étude (projet Cigéo)
Haute activité (HA) de l'ordre de plusieurs milliards de Bq/g		Non applicable***	HA Stockage géologique profond à l'étude (projet Cigéo)	

* Période radioactive des éléments radioactifs (radionucléides) contenus dans les déchets.

** Niveau d'activité des déchets radioactifs.

*** Il n'existe pas de VTC dont la radioactivité est de l'ordre de plusieurs milliards de Bq/g.

Un déchet peut parfois être classé dans une catégorie définie, mais être géré dans une autre filière de gestion du fait d'autres caractéristiques (par exemple sa composition chimique ou ses propriétés physiques).

FA-VL LES DÉCHETS DE FAIBLE ACTIVITÉ À VIE LONGUE



Faible: quelques dizaines à quelques milliers de Bq/g



Stockage à l'étude



Long à très long (jusqu'à plusieurs centaines de milliers d'années)

Ils regroupent:

- des déchets de graphite provenant du fonctionnement et du démantèlement des premières centrales nucléaires;
- des déchets radifères (contenant du radium) provenant essentiellement d'activités industrielles non électronucléaires telles que l'extraction des terres rares;
- d'autres types de déchets, tels que certains colis de déchets anciens conditionnés dans du bitume, des résidus de traitement de conversion de l'uranium issus de l'usine d'Orano située à Malvézi (voir page 19), des déchets d'exploitation de l'usine de retraitement de La Hague.



Chemise en graphite
avec fils de selles



Activité**	Période radioactive*	Vie très courte (VTC) (période < 100 jours)	Principalement vie courte (VC) (période ≤ 31 ans)	Principalement vie longue (VL) (période > 31 ans)
Très faible activité (TFA) < 100 Bq/g			TFA Stockage de surface (Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage)	
Faible activité (FA) entre quelques centaines de Bq/g et un million de Bq/g		VTC Gestion par décroissance radioactive	FMA-VC Stockage de surface (centres de stockage de l'Aube et de la Manche)	FA-VL Modes de gestion à l'étude
Moyenne activité (MA) de l'ordre d'un million à un milliard de Bq/g				MA-VL Stockage géologique profond à l'étude (projet Cigéo)
Haute activité (HA) de l'ordre de plusieurs milliards de Bq/g		Non applicable***	HA Stockage géologique profond à l'étude (projet Cigéo)	

* Période radioactive des éléments radioactifs (radionucléides) contenus dans les déchets.

** Niveau d'activité des déchets radioactifs.

*** Il n'existe pas de VTC dont la radioactivité est de l'ordre de plusieurs milliards de Bq/g.

Un déchet peut parfois être classé dans une catégorie définie, mais être géré dans une autre filière de gestion du fait d'autres caractéristiques (par exemple sa composition chimique ou ses propriétés physiques).

FMA-VC

LES DÉCHETS DE FAIBLE ET MOYENNE ACTIVITÉ À VIE COURTE



Faible à moyen: quelques centaines à un million de Bq/g



Stockage en surface existant⁽¹⁾



Court (jusqu'à environ 300 ans)

Ils sont principalement issus du fonctionnement (traitement des effluents liquides ou filtrations des effluents gazeux, etc.), de la maintenance (vêtements, outils, gants, filtres, etc.) et du démantèlement des centrales nucléaires, des installations du cycle du combustible, des centres de recherche. Ils proviennent aussi, pour une faible part, de la recherche médicale.



Déchets issus de l'utilisation de produits radioactifs dans un laboratoire



Déchets conditionnés dans du ciment dans un conteneur en béton fibre



- Canister : fiber concrete
- Volume : 1.180 m³
- Weight : < 4000 Kg
- Height : 1.5 m
- Diameter : 1.0 m
- **Activity limits**
 - Alpha : < 0.63 TBq/t
 - Beta : < 74 TBq/t
 - Surfacic contamination : alpha < 0.37 Bq/cm², beta < 3.7 Bq/cm²





Activité**	Période radioactive*	Vie très courte (VTC) (période < 100 jours)	Principalement vie courte (VC) (période ≤ 31 ans)	Principalement vie longue (VL) (période > 31 ans)
Très faible activité (TFA) < 100 Bq/g			TFA Stockage de surface (Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage)	
Faible activité (FA) entre quelques centaines de Bq/g et un million de Bq/g	VTC Gestion par décroissance radioactive		FMA-VC Stockage de surface (centres de stockage de l'Aube et de la Manche)	FA-VL Modes de gestion à l'étude
Moyenne activité (MA) de l'ordre d'un million à un milliard de Bq/g				MA-VL Stockage géologique profond à l'étude (projet Cigéo)
Haute activité (HA) de l'ordre de plusieurs milliards de Bq/g	Non applicable***		HA Stockage géologique profond à l'étude (projet Cigéo)	

* Période radioactive des éléments radioactifs (radionucléides) contenus dans les déchets.

** Niveau d'activité des déchets radioactifs.

*** Il n'existe pas de VTC dont la radioactivité est de l'ordre de plusieurs milliards de Bq/g.

Un déchet peut parfois être classé dans une catégorie définie, mais être géré dans une autre filière de gestion du fait d'autres caractéristiques (par exemple sa composition chimique ou ses propriétés physiques).

TFA LES DÉCHETS DE TRÈS FAIBLE ACTIVITÉ

- Très faible : inférieur à 100 Bq/g
- Non déclassé^{***}
- Stockage en surface existant^{***}

Ils sont majoritairement issus du fonctionnement, de la maintenance et du démantèlement des centrales nucléaires, des installations du cycle du combustible, des centres de recherche.

Les déchets TFA se présentent généralement sous la forme de déchets inertes (béton, gravats, terres, etc.), de déchets métalliques ou plastiques.



Déchets gravats issus de démantèlement

VTC LES DÉCHETS À VIE TRÈS COURTE

- Très faible à moyen
- Gestion par décroissance
- Très court (jusqu'à ans ou trois ans)

Ils proviennent majoritairement du secteur médical ou de la recherche.

Pour le médical, il peut s'agir d'effluents liquides ou gazeux, de déchets solides ou liquides contaminés générés par l'utilisation de radionucléides dans ce domaine.



Cuvées de décroissance



Récapitulatif : les déchets ultimes du retraitement/recyclage

- La solution de produit de fission qui contient aussi les actinides mineurs et environ 0.1% de l'U et du Pu, est vitrifiée
- Les coques et embouts sont rincés puis compactés
- Les déchets technologiques sont cimentés

Le volume annuel de déchets produit par le retraitement du combustible d'un réacteur de 1GWe est :

- 2.5 m³ de déchets de haute activité (verre)
- 5 m³ de déchets de moyenne activité (gaines métalliques compactées)
- 12 m³ de déchets de faible activité (cimentés)





Deuxième barrière : la barrière ouvragée



Le stockage



Afin de confiner les déchets radioactifs et les isoler de l'homme et de l'environnement, la France a fait le choix de les gérer, après entreposage éventuel, dans des stockages dédiés aux caractéristiques adaptées à leur niveau de radioactivité et à leur durée de vie :

- le stockage en surface : deux centres situés dans le département de l'Aube et exploités par l'Andra permettent de stocker, depuis 2003, les déchets de très faible activité (TFA) et, depuis 1992, les déchets de faible et moyenne activité, principalement à vie courte (FMA-VC). Il s'y ajoute le Centre de stockage de la Manche exploité de 1969 à 1994 et qui est actuellement en phase de fermeture ;
- le stockage géologique profond, le projet Cigéo, destiné à stocker les déchets de haute activité (HA) et de moyenne activité à vie longue (MA-VL).

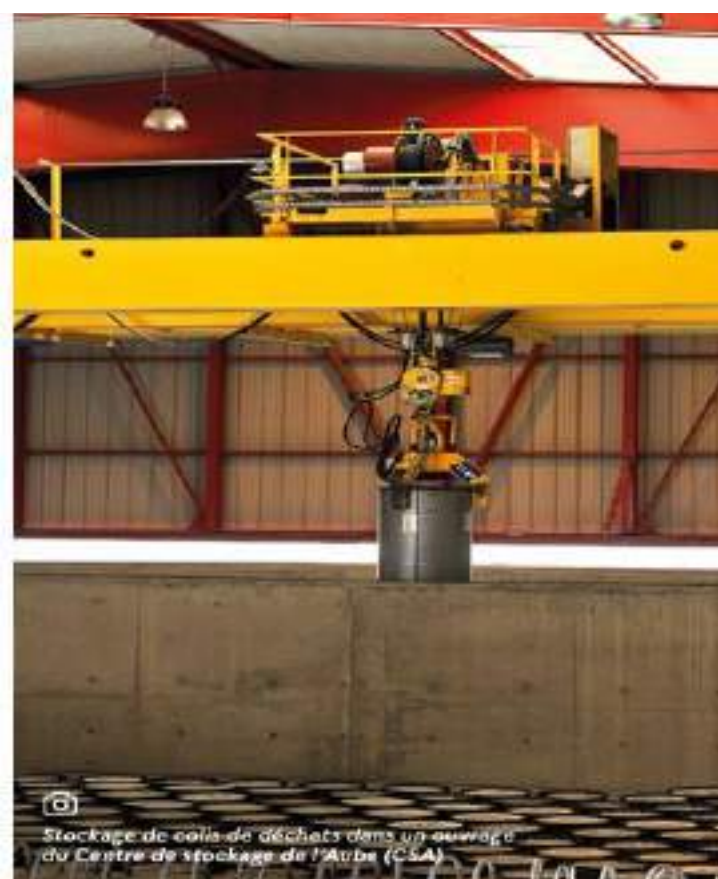
Le stockage visant à accueillir des déchets de faible activité à vie longue (FA-VL) est actuellement à l'étude.




Le stockage

Le stockage de déchets radioactifs est l'opération consistant à placer ces substances dans une installation spécialement aménagée pour les conserver de façon potentiellement définitive [...], sans intention de les retirer ultérieurement.

Article L.542-1-1 du code de l'environnement.



 Stockage de colis de déchets dans un ouvrage du Centre de stockage de l'Aube (CSA)



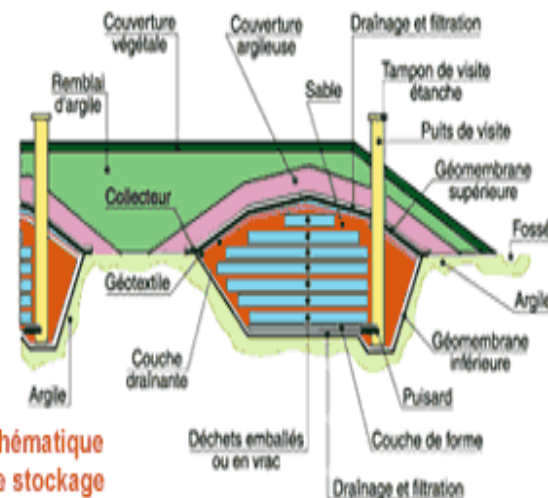
Quels exutoires pour les « colis » de déchets conditionnés





CIRES pour les déchets TFA

- Niveau d'activité : qq dizaines de Bq/g (corps humain 0.1 Bq/g, granite : 3 Bq/g)
- Conditionnés en caissons métalliques ou en big-bag
- Centre CIREs l'ANDRA à Morvilliers
 - Ouverture le 14 août 2003
 - Capacité 650 000 m³
 - fin 2023 : 469 000 m³



Coupe schématique d'une alvéole de stockage

Opérationnel en 2004, reçoit annuellement environ 14-15 000 t





CIRES pour les déchets TFA





CSA pour les déchets FMA-VC





CSA pour les déchets FMA-VC

- ~ 90% du volume total des déchets radioactifs produits en France
- Compactés, conditionnés en fûts ou caissons métalliques, Immobilisés par du béton
- Stockés par l'ANDRA au centre de l'Aube en surface
 - ouverture 1992
 - capacité 1 000 000 m³ (+500 000m³ centre de la Manche)
 - surface 30 Ha
 - surveillance après fermeture 300 ans
 - livrés fin 2023 : 906 000 m³ / 15 000 m³ par an





CSA pour les déchets FMA-VC





CSA pour les déchets FMA-VC





CSA pour les déchets FMA-VC





CIGEO pour les déchets MA-VL et HA





CIGEO pour les déchets MA-VL et HA

L'installation souterraine

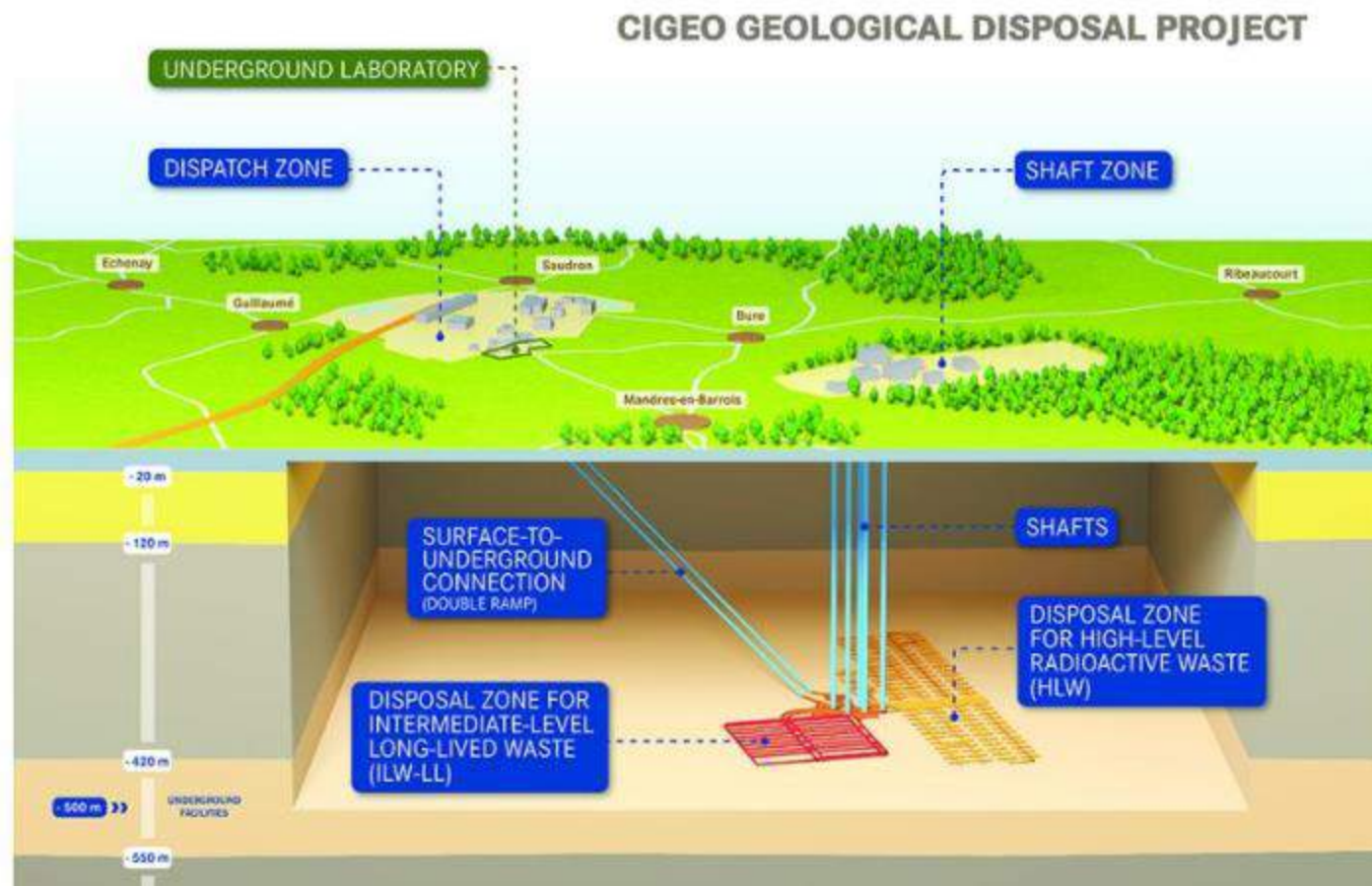
Située à environ 500 mètres de profondeur, l'installation souterraine de Cigéo se développera au fur et à mesure de son exploitation. Elle se composera de zones de stockage pour les déchets de haute activité et de zones de stockage pour les déchets de moyenne activité à vie longue, de galeries de liaison et d'installations techniques.

Les déchets seront stockés, au moyen de dispositifs robotisés, dans des tunnels horizontaux appelés alvéoles, creusées au cœur de la couche d'argile. Les déchets de haute activité seront stockés dans des alvéoles de 150m de longueur et d'environ 80 cm de diamètre revêtus d'un chemisage métallique. Les déchets de moyenne activité à vie longue seront stockés dans des alvéoles de quelques centaines de mètres de longueur et d'une dizaine de mètres de diamètre.





CIGEO pour les déchets MA-VL et HA





CIGEO pour les déchets MA-VL et HA

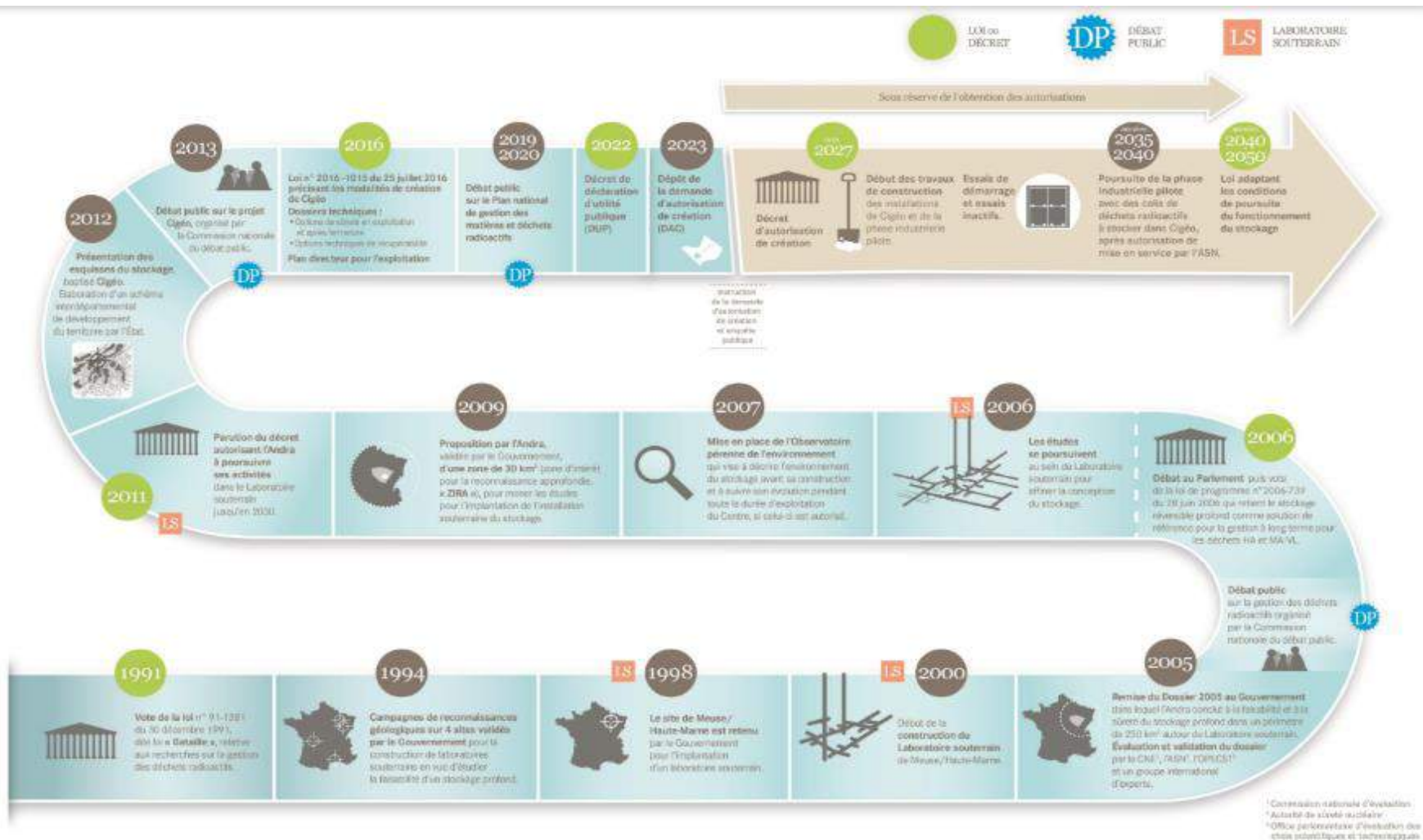
-  Descenderie de Service
-  Tête de descenderie colis
-  Bâtiments de contrôle, préparation et conditionnement des colis
-  Hall de déchargement
-  Terminal ferroviaire nucléaire



CG-TE-D-MCE-AMOA-ESE 0000-22-0017-B



Plus de trente ans de recherche !





Les quantités cumulés de déchets radioactifs





Les déchets NON radioactifs : quelles quantités ?

Production de déchets en France en un an:

➤ non nucléaires = plus de 345 000 000 t déchets **en 2022**, dont:

- 240 000 000 t /an déchets minéraux non dangereux
- 94 000 000 t/an déchets non minéraux non dangereux
- **11 000 000 t/an déchets toxiques et dangereux**

** France deuxième pays européen producteur de déchets derrière l'Allemagne (385 000 000t)*

➤ nucléaires : production CUMULEE sur 60 ans d'activité nucléaire

- 1 850 000 m3 de déchets radioactifs dont **39 000 m3 de déchets de moyenne et de haute activité (4 550 m3)**
- 9 000 000 m3 résidus miniers
- 17 200 t de déchets immergés entre 1967 et 1982





Les déchets radioactifs : quelles quantités ?

► BILAN ET ÉVOLUTION DES VOLUMES (m³) DE DÉCHETS DÉJÀ STOCKÉS OU DESTINÉS À ÊTRE PRIS EN CHARGE PAR L'ANDRA (arrondi somme et différence)

Catégorie	Stock à fin 2023	Évolution 2023/2022
HA	4 550	+ 130
MA-VL	34 800	- 4 800
FA-VL	122 000	+ 18 000
FMA-VC	994 000	+ 5 000
TFA	693 000	+ 39 000
DSF	372	+ 28
Total	1 850 000	+ 60 000

Les stocks publiés sont des valeurs arrondies. Les évolutions sont calculées sur la base des valeurs de stocks arrondies.

Les volumes de déchets recensés correspondent aux volumes de déchets conditionnés, c'est-à-dire pour lesquels aucun traitement complémentaire n'est envisagé par leurs producteurs avant stockage. Les déchets ainsi conditionnés constituent les colis primaires.



Les déchets radioactifs : quelles quantités ? Qu

Volumes cumulés de 1956 jusqu'à 2024 !

► BILAN DES VOLUMES (m³) DE DÉCHETS PRÉSENTS SUR LES SITES DES PRODUCTEURS/DÉTENTEURS ET STOCKÉS DANS LES CENTRES DE L'ANDRA À FIN 2023

Catégorie	Total	Sur sites producteurs/détenteurs	Stockés dans les centres de l'Andra	Capacités des centres de stockages de l'Andra existants
HA	4 550	4 550	..*	..
MA-VL	34 800	34 800	..*	..
FA-VL	122 000	122 000	..*	..
FMA-VC	994 000	95 100	906 000	1 530 000
TFA	653 000	213 000	440 000	650 000
DSF	372	372	..*	..
Total	1 850 000	490 000	1 380 000	2 180 000
		26 %	75 %	

* Ces déchets ne sont actuellement pas stockés : le stockage des déchets HA et MA-VL est actuellement en projet (Cigéo). Le stockage des déchets FA-VL est à l'étude. Les déchets sans filière (DSF) sont destinés à intégrer une filière de gestion après éventuellement traitement ou caractérisation.

Les déchets FMA-VC et TFA entreposés sur leur site de production sont en attente de reprise, de conditionnement ou d'évacuation vers les centres de stockage de l'Andra.



5 700 m³



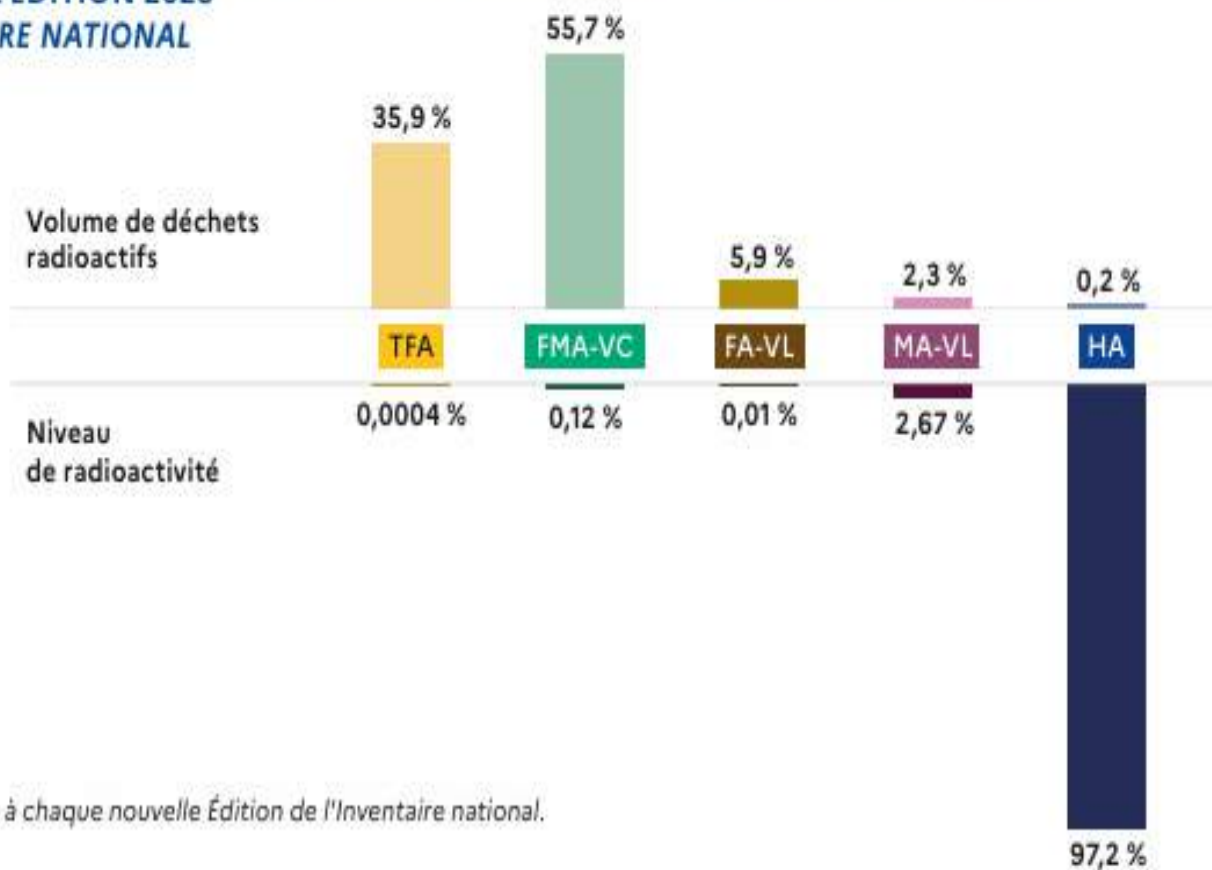
57 800 m³





Répartition des volumes et de la radioactivité par catégorie

► LA RÉPARTITION DES VOLUMES ET NIVEAUX DE RADIOACTIVITÉ PRÉSENTÉE CI-DESSOUS EST ISSUE DE L'ÉDITION 2023 DE L'INVENTAIRE NATIONAL



Données mises à jour à chaque nouvelle Édition de l'Inventaire national.





Interrogation orale !!!

- D'où viennent les déchets radioactifs les plus dangereux ?
- Quels sont les critères de tri des déchets radioactifs ?
- Combien de catégories ? Lesquelles ?
- Combien de lignes de défense ? Lesquelles ?
- La défense est proportionnelle à l'attaque. Un exemple ?
- Où vont déjà et où vont aller les déchets radioactifs ?
- Ordre de grandeur des quantités cumulés depuis le début des centrales nucléaires en 1956 ?
- Quels sont les acteurs du nucléaire français ?





Merci de votre attention



Les devises Shadoks



AVEC UN ESCALIER PRÉVU
POUR LA MONTÉE ON REUSSIT
SOUVENT À MONTER PLUS BAS
QU'ON NE SERAIT DESCENDU AVEC UN
ESCALIER PRÉVU POUR LA DESCENTE.

Des questions ?



- Questions – réponses

**- Conclusion générale
par le**

Général (air) Jean-Paul ANDREOLI





- Remerciements de l'organisateur à :
 - * M Guy BRUNEL qui devient ce jour membre d'honneur,
 - * à M. SCALESSE et aux porte-drapeau.
 - * à tous les auditrices et auditeurs
- Annonce de la prochaine activité

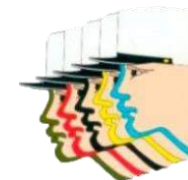




Prochaines activités de l'AACLE et Confrérie de SALG



- ➔ 13 et 14 décembre : Visite à nos Séniors de 9 à 18 h 00.
- ➔ Du 14 décembre 2025 au 6 janvier 2026 le siège de l'AACLE sera fermé
- ➔ 15 décembre : Le site de Monsieur Légionnaire en maintenance
- ➔ 17 janvier 2026 après-midi :
- ➔ 14 à 17h 00 : Nettoyage et préparation de la crypte pour le 18 janvier



18 janvier 2026 :



- ➔ à 8h00 : ouverture de la crypte (MEP pot par l'équipe de X. LAQUIEZE)
- de 8 à 9h45 : préparation et récupération des écussons et écharpes.
- ➔ 10 h 00 : installation dans la basilique Sacré-Cœur, (lumignons statue SALG)
- ➔ 10 h 15 : formation de la procession sur parvis de Sacré-Cœur
- ➔ 10 h 29 : entrée en procession après les porte-drapeau.
- ➔ 11 h 30 : sortie en procession photo sur le parvis puis à la crypte.

Vœux du Président et pot de l'amitié et dans la crypte «galettes des rois, (champagne offerte par l'AACLE) et boissons sans alcool». Inscription payante 10,00€ par personne.

Inscription auprès de la trésorière dès maintenant en espèces, chèque ou virement (avant les 31 décembre 2025)



**Merci de votre attention,
Photo famille
et mise en place
pour le déjeuner de cohésion à 12h15
Finex à 14H45**

**Joyeux Noël, belles fêtes de fin
d'année 2025 et
belle année 2026**

