



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

Par Guy BRUNEL



AACLE Marseille 12 décembre 2025

© [www.monsieur-legionnaire.org](http://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.

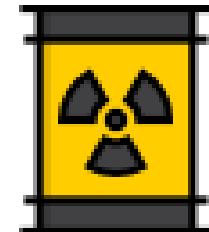


M. Guy BRUNEL



## « 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



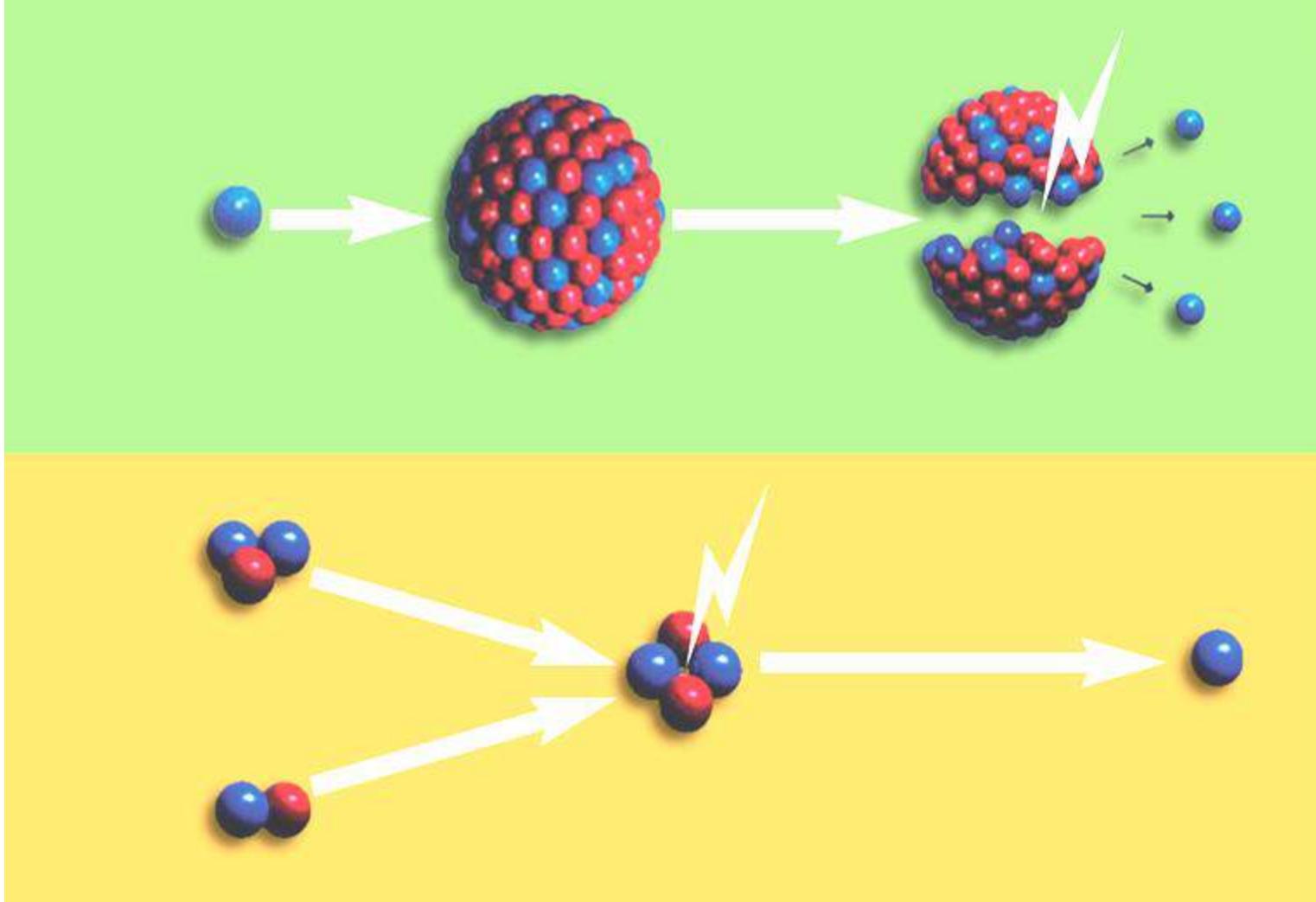
# *Quelques généralités sur l'énergie nucléaire*

[guy.brunel@cea.fr](mailto:guy.brunel@cea.fr)

BNL | 12 décembre 2025



# Fission et fusion nucléaires



BNL, 12 décembre 2025



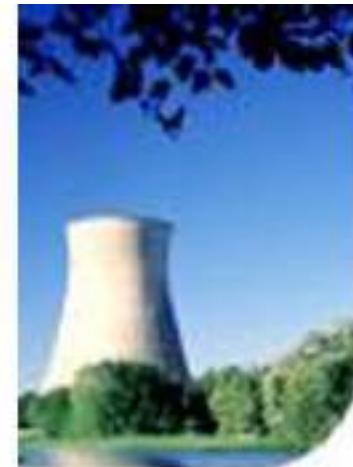


# L'énergie nucléaire



## ATOITS :

- densité énergétique
- pas de CO<sub>2</sub>
- 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 :



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

## Combustible nucléaire

- Energie produite de l'ordre de :

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





# Pour produire un GWe il faut ...

( Consommation française annuelle 500 000 Gwe = 500 TWh)

**GAZ** ⇒ 1,8 milliard de m<sup>3</sup>



30 méthaniers

**PÉTROLE** ⇒ 1 300 000 tonnes



15 à 45 pétroliers

**CHARBON** ⇒ 2 000 000 tonnes



600 trains

**URANIUM (REP)** ⇒ 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*



# L'énergie nucléaire dans le monde





# 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





# Électricité : 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





# France : Echanges transfrontaliers, émissions de GES



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

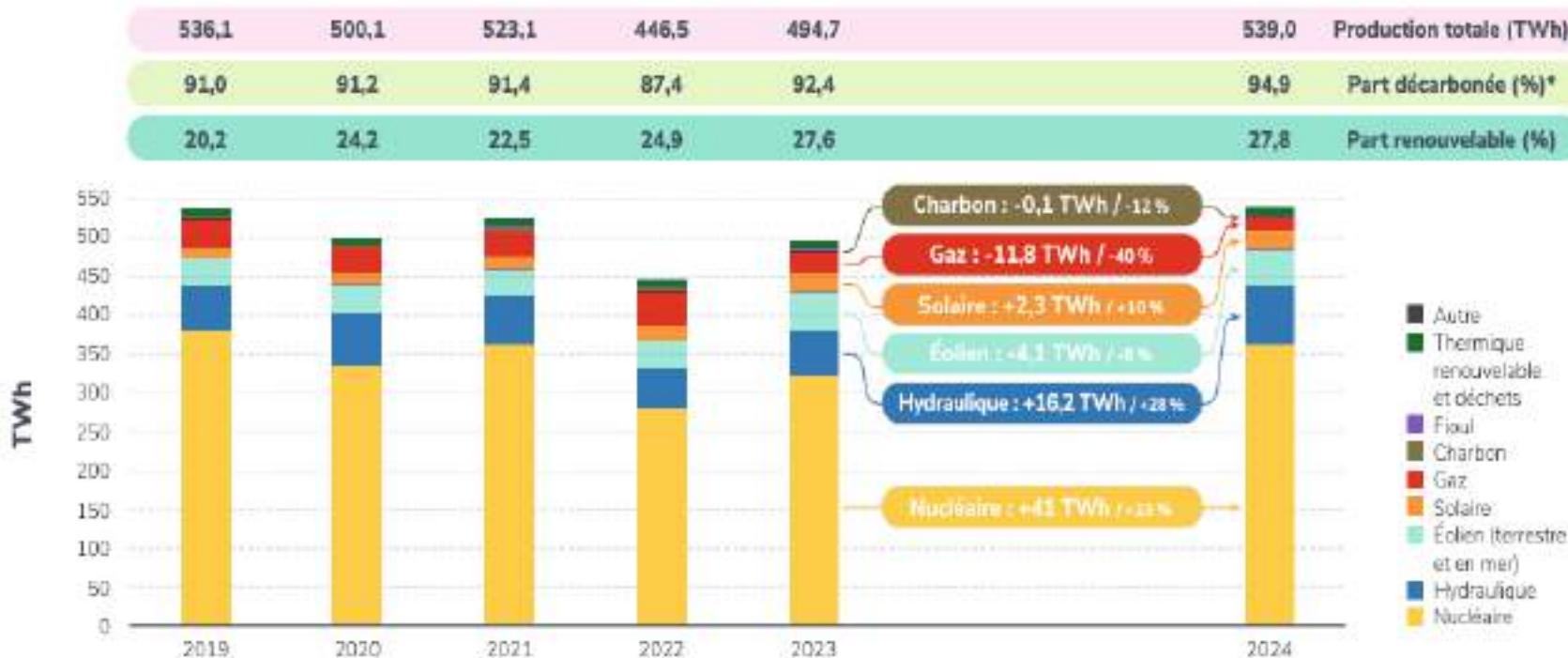
- France : 49g de CO2 au KWh
  - Espagne : 103 g/KWh
  - Allemagne : 309 g/KWh
  - Pologne : 736 g/KWh
- Electricitymaps





# 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



\* 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 à 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 au nom d'AFP

Le 27 novembre 2018 à 11h30 modifié le 27 novembre 2018 à 19h18

3 ans 2 mois



LA TRIBUNE



S'abonner

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.

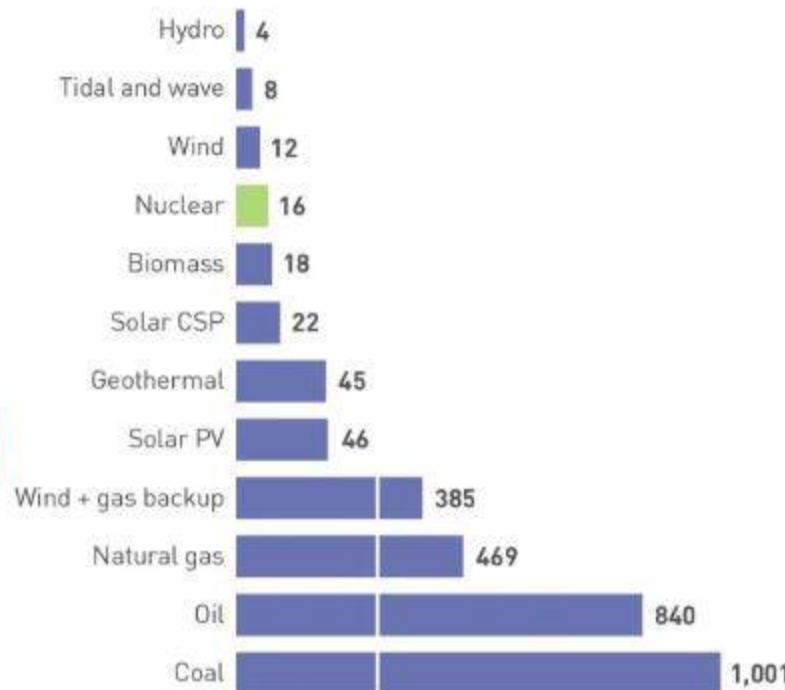
Marine Godelier

Publié le 10/02/22 à 18:12 - Mis à jour le 11/02/22 à 07:29



# Les émissions de CO<sub>2</sub> par source d'énergie

CO<sub>2</sub> EMISSIONS BY ENERGY SOURCE



Lifecycle Greenhouse Gas Emissions [g CO<sub>2</sub> equivalent/kWh]

SOURCE: Intergovernmental Panel on Climate Change.<sup>7</sup>



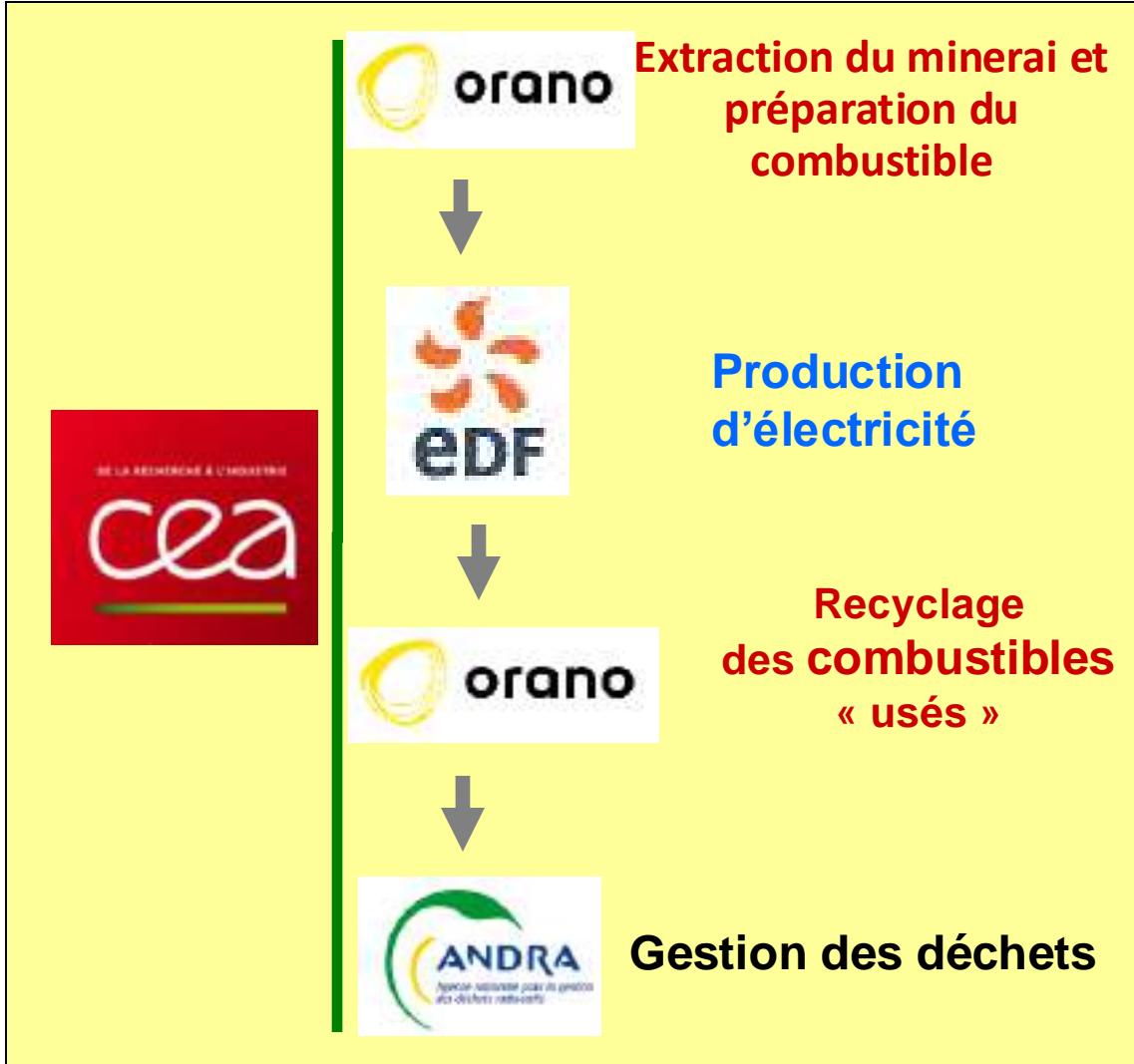


# Quels sont les acteurs du nucléaire en France ?





# Les acteurs du nucléaire français et leurs missions



**CONTROLE**



=



+





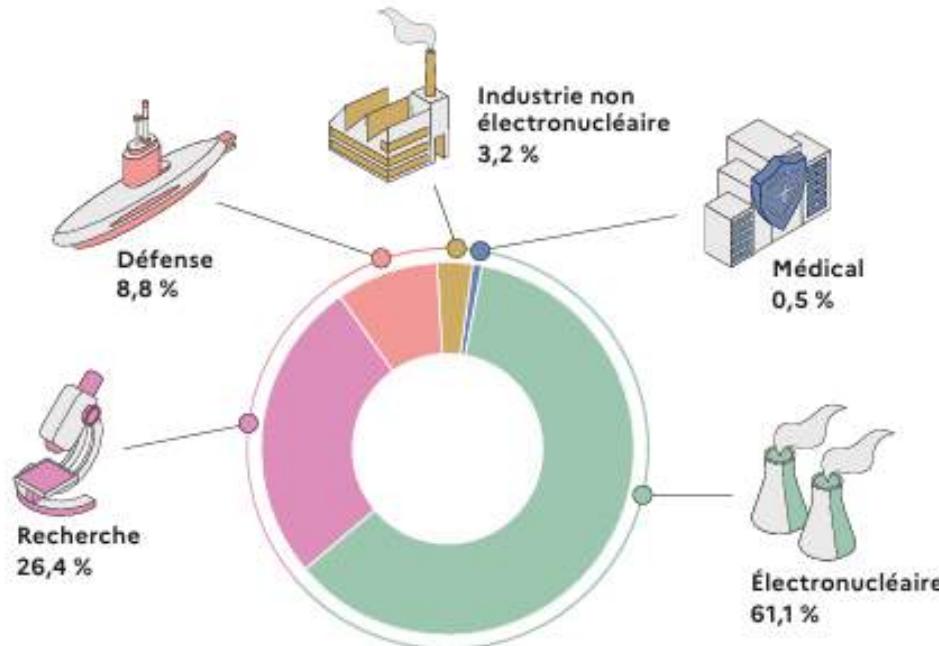
# *D'où viennent les déchets radioactifs ?*





# 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

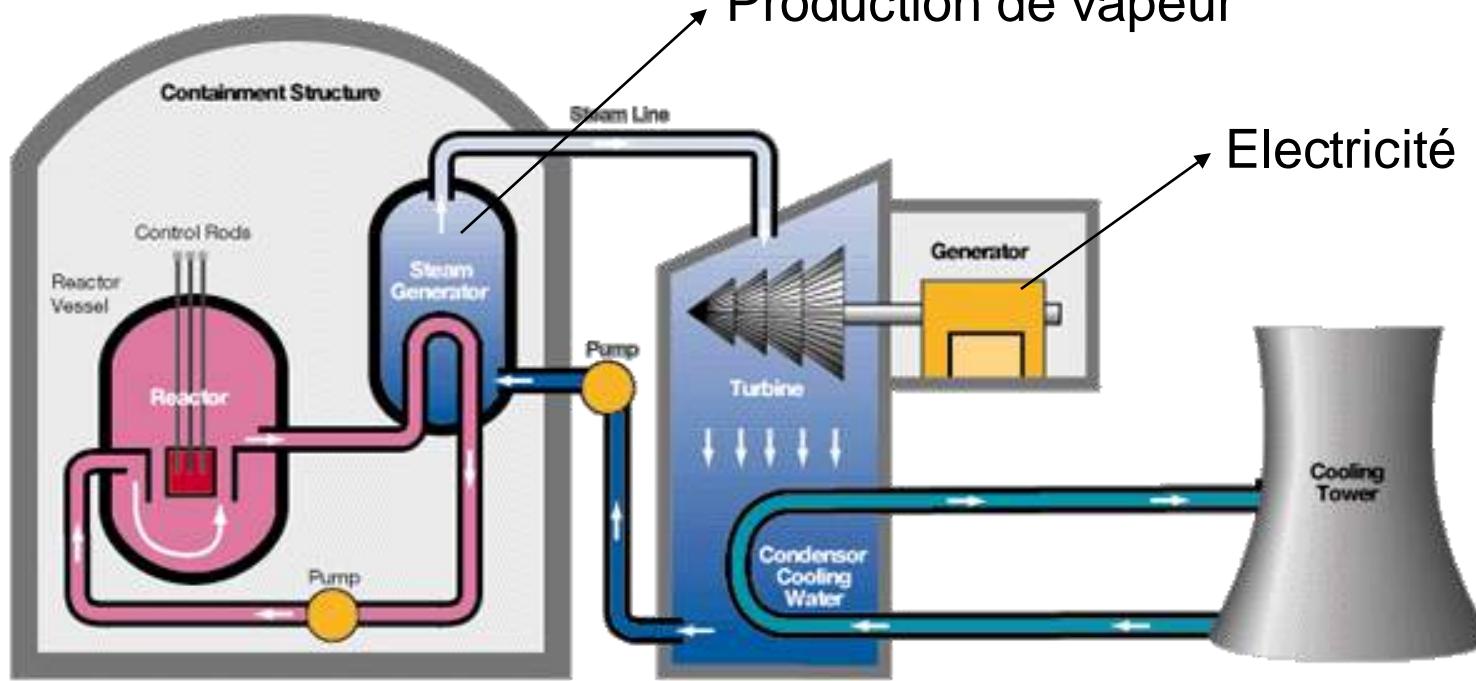


Centrale de Gardanne (13)  
... au charbon





# Réacteur nucléaire : comment ça marche ?

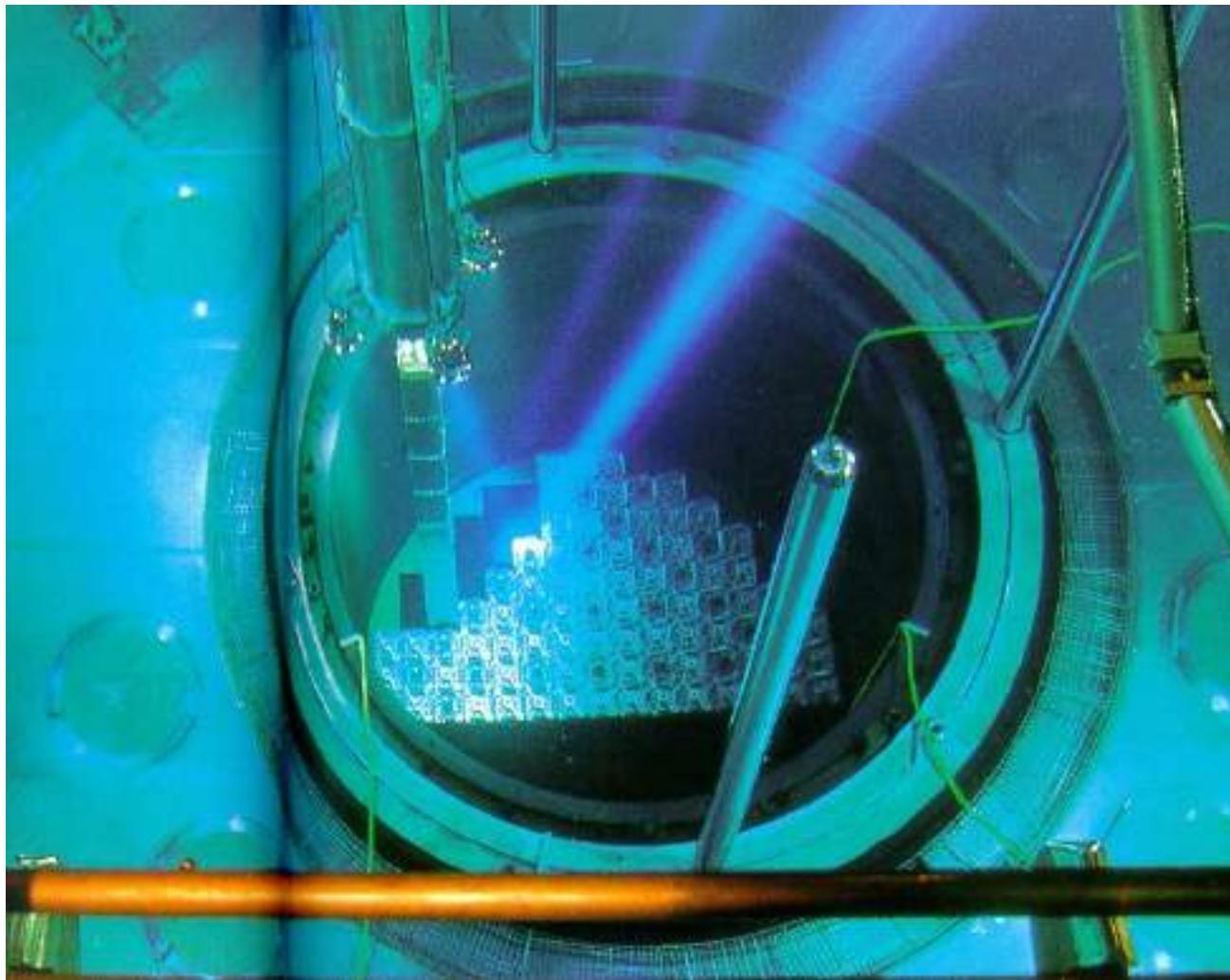


Réacteur nucléaire → Production de chaleur  
Thermodynamique : 33% rendement



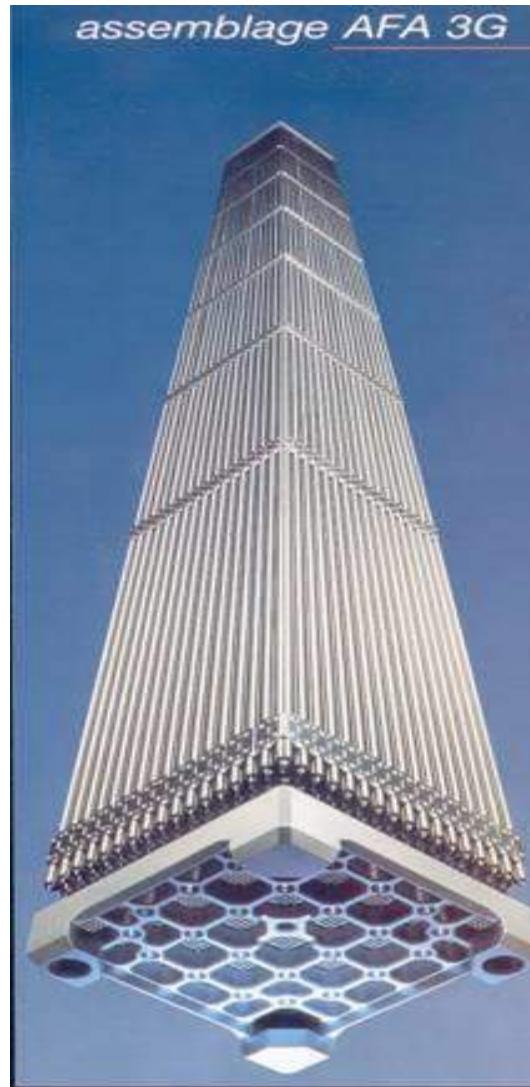


# Cœur d'un réacteur nucléaire à eau pressurisé ( REP )





# 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

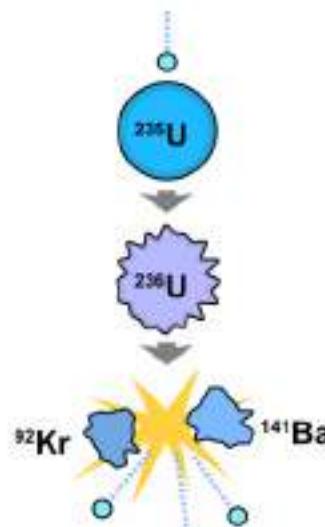
Masse de l'assemblage :  
670 Kg dont 460 Kg d'U pour un 900 Mwe  
765 Kg dont 538 Kg d'U pour un 1300 MWe



# Quels radioéléments sont produits par la réaction nucléaire ?

- **Fission nucléaire :**

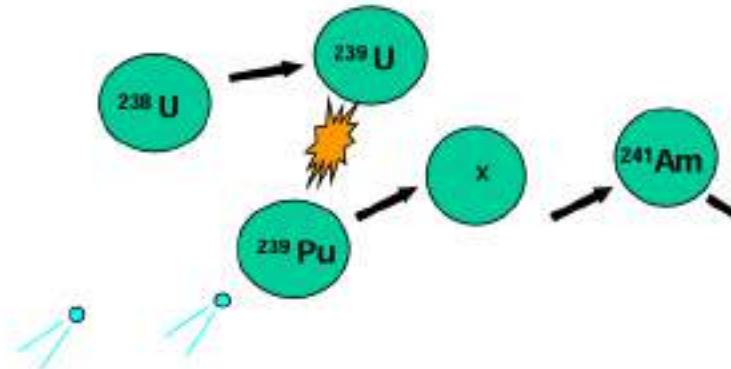
Un neutron est absorbé par le noyau d' $^{235}\text{U}$  qui se casse en deux, produisant deux éléments plus légers (produits de fission), en émettant des neutrons.



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

- ❖ **Transmutation par capture**

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



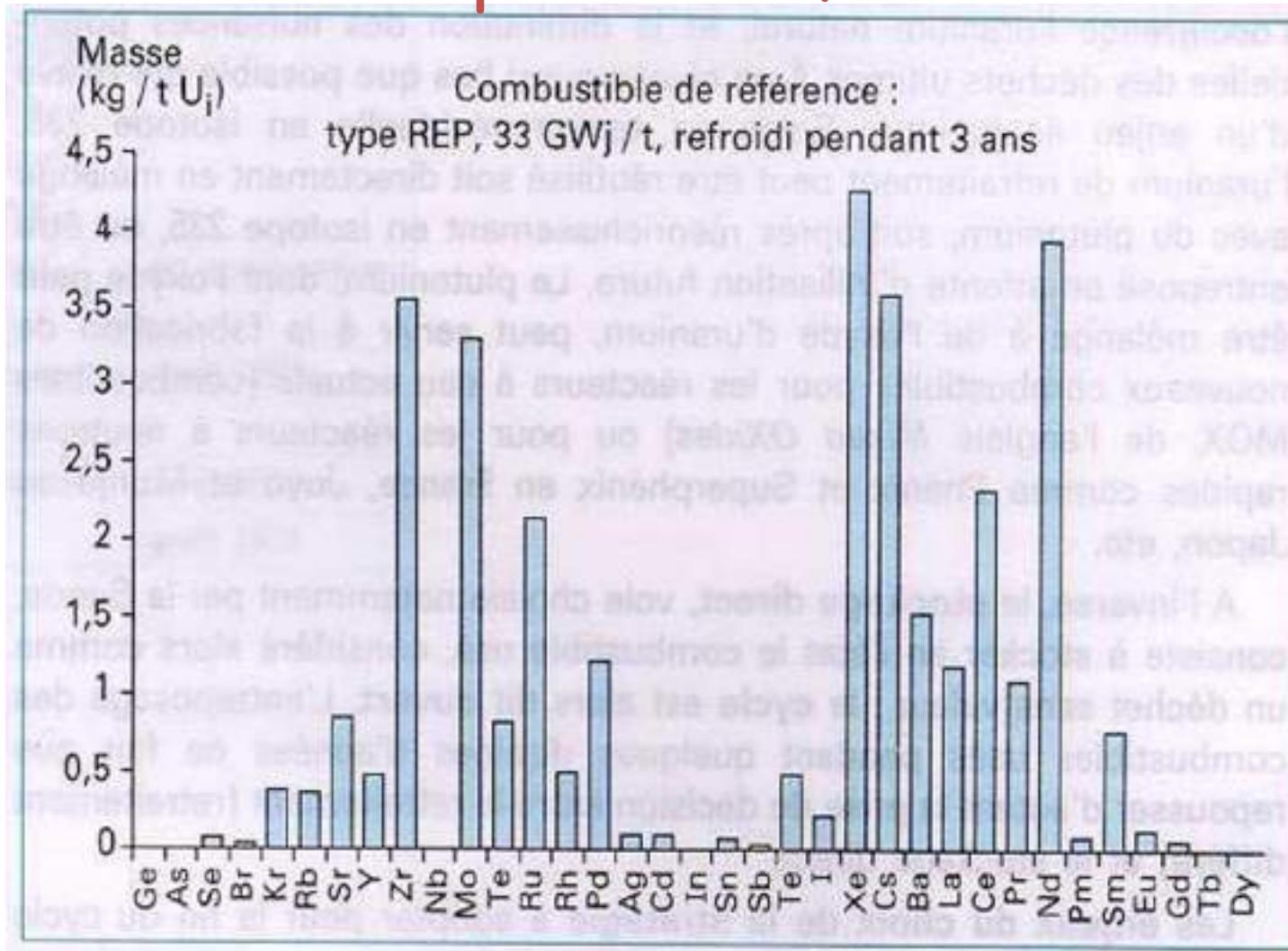
Produit du « Plutonium », et quelques « actinides mineurs » qui peuvent être considérés

- soit comme un déchet
- soit comme une ressource





# masse des éléments chimiques constituant les produits de fission



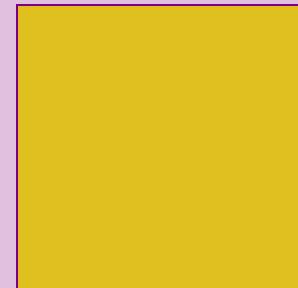


# Recyclage/Déchets radioactifs

## Déchet ?



Après 4 ans en réacteur



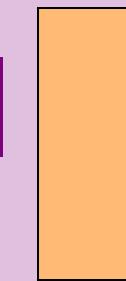
94 % d'uranium



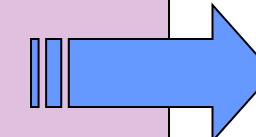
1 % plutonium



5 % autres  
(Produits de fission  
& actinides mineurs)



**RECYCLAGE**



**DECHET**

# *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

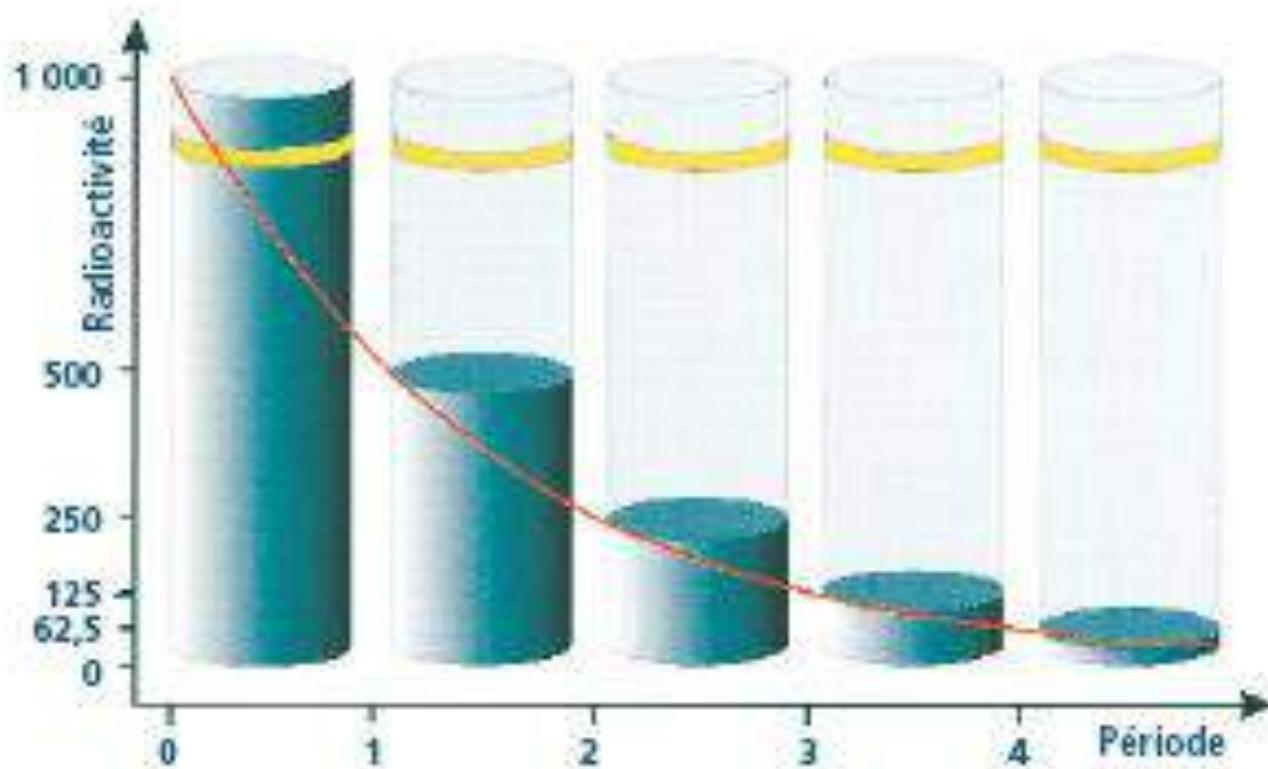
---





# La décroissance, une propriété intéressante de la radioactivité !

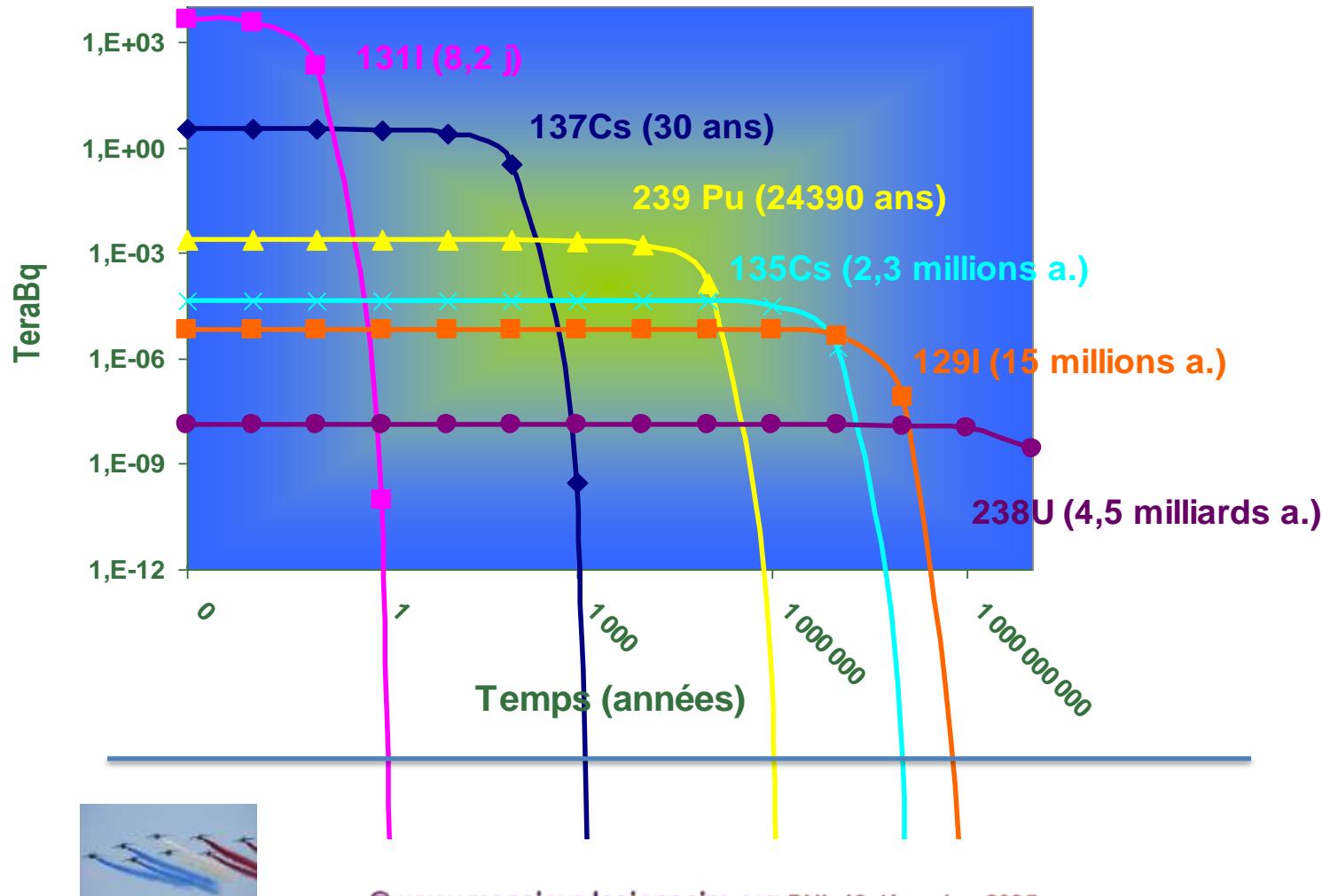
## COURBE DE DÉCROISSANCE DE LA RADIOACTIVITÉ





# 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)**
- **Mineraï 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<sup>re</sup> barrière : le colis

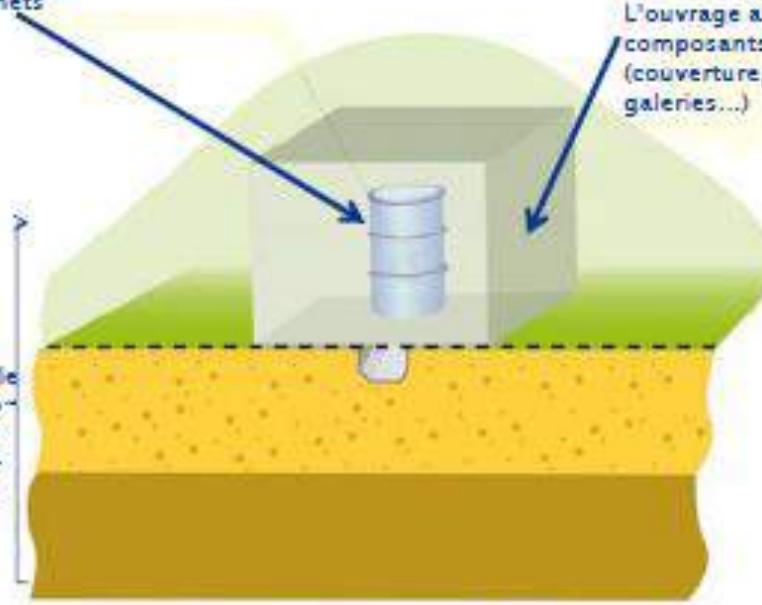
A l'intérieur duquel un matériau de confinement enrobe les déchets

### 2<sup>e</sup> barrière : l'ouvrage de stockage

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

### 3<sup>e</sup> 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



CSD C : 175l

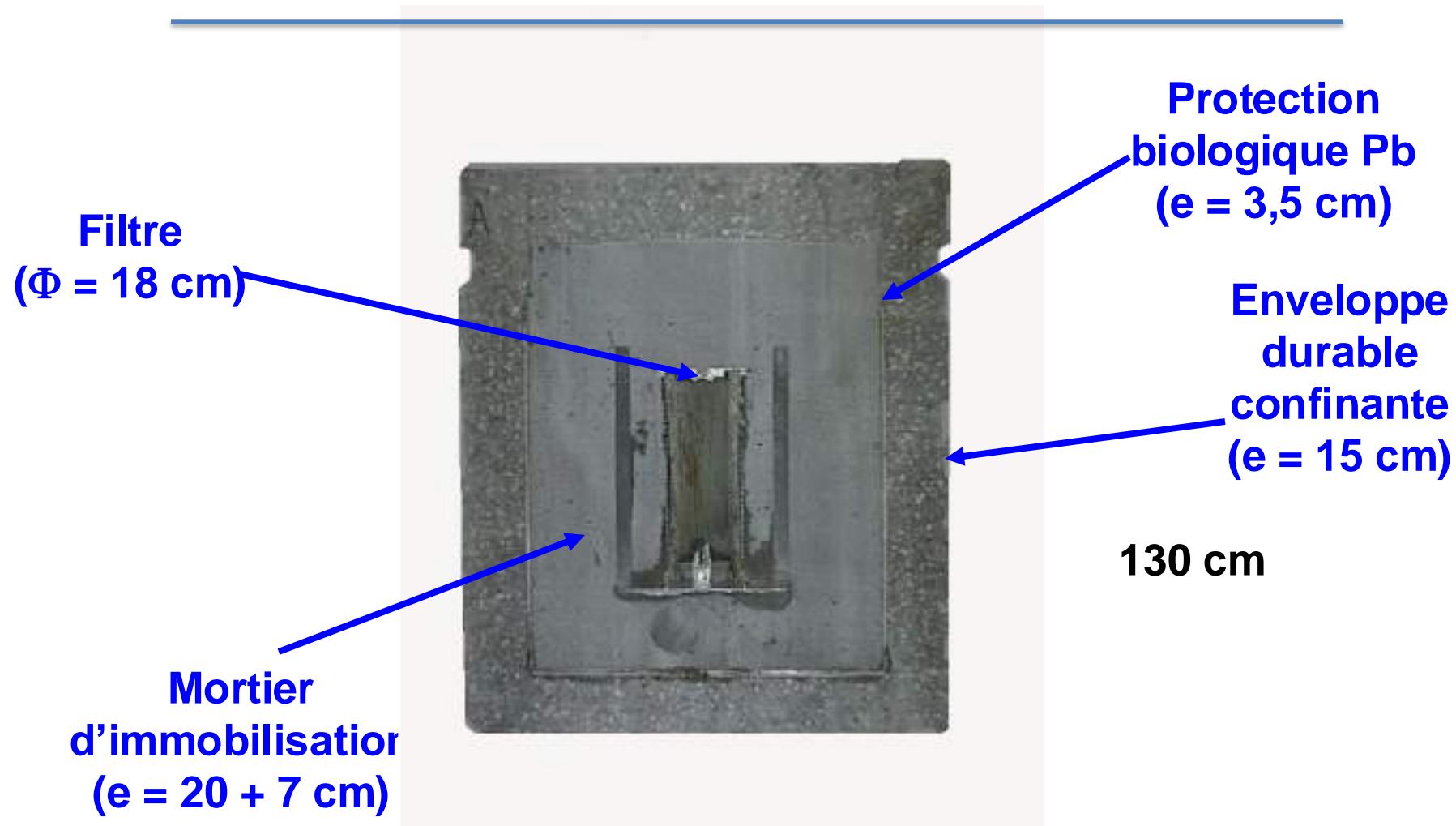


CSD V : 175l





# 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 MECANIQUES :

- 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			<b>TFA</b> 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		<b>VTC</b> Gestion par décroissance radioactive	<b>FMA-VC</b> Stockage de surface (centres de stockage de l'Aube et de la Manche)	<b>FA-VL</b> Modes de gestion à l'étude
Moyenne activité (MA) de l'ordre d'un million à un milliard de Bq/g				<b>MA-VL</b> Stockage géologique profond à l'étude (projet Cigéo)
Haute activité (HA) de l'ordre de plusieurs milliards de Bq/g	Non applicable***		<b>HA</b> Stockage géologique profond à l'étude (projet Cigéo)	

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

\*\* Niveau d'activité des déchets radioactifs.

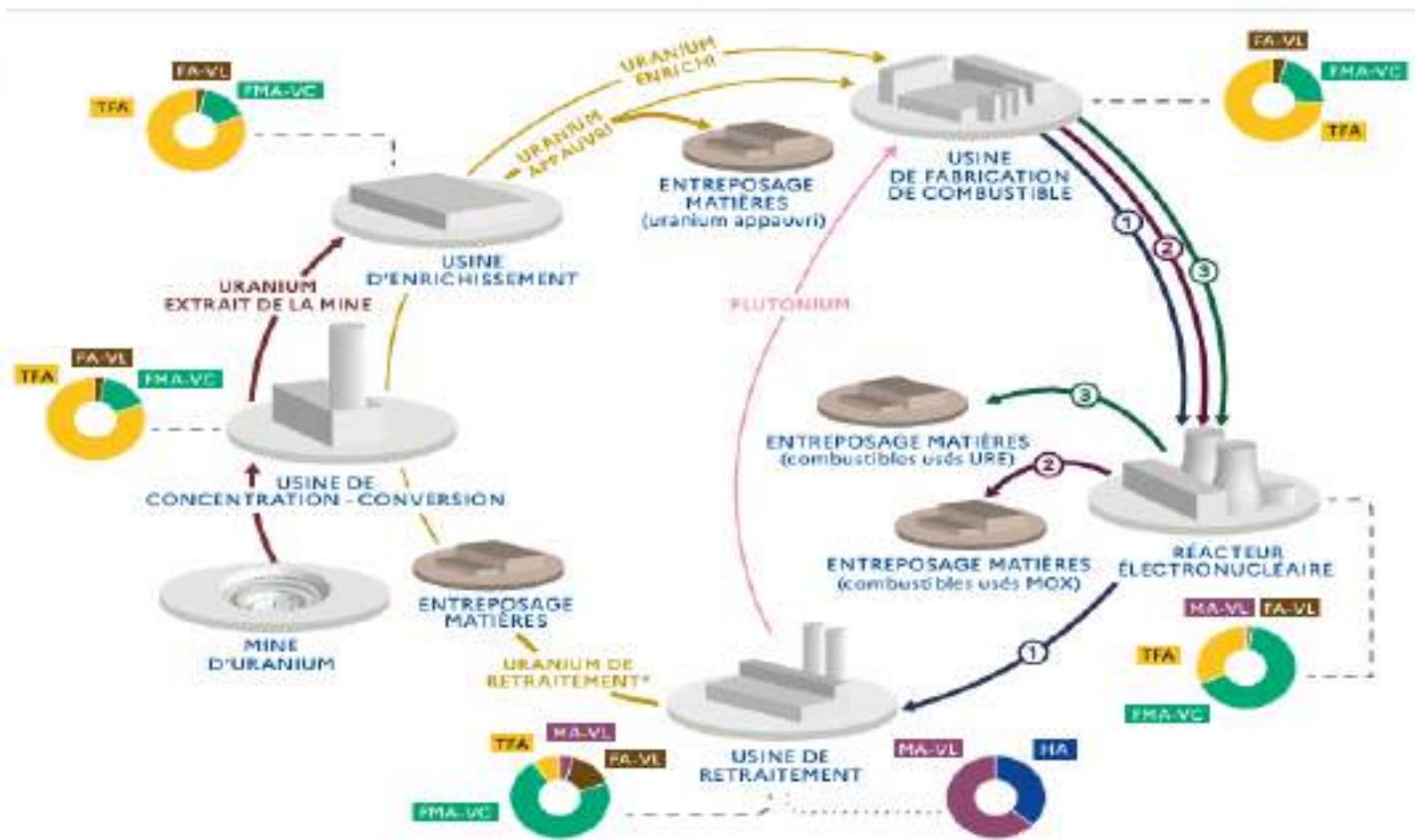
\*\*\* Il n'existe pas de VTC dont la radioactivité est de l'ordre de plusieurs milliards de Bq/g.

*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



- - - Déchets de fonctionnement et de démantèlement - Stocks à fin 2023  
----- Déchets résiduels après retraitement des combustibles usés - Stocks à fin 2023

\* Reprise de la filière URT





# « 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			<b>TFA</b> 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		<b>VTC</b> Gestion par décroissance radioactive		<b>FA-VL</b> Modes de gestion à l'étude
Moyenne activité (MA) de l'ordre d'un million à un milliard de Bq/g			<b>MA-VC</b> Stockage de surface (centres de stockage d'Aube et de la Manche)	<b>MA-VL</b> Stockage géologique profond à l'étude (projet Cigéo)
Haute activité (HA) de l'ordre de plusieurs milliards de Bq/g		Non applicable***		<b>HA</b> 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).



An aerial photograph of a small town nestled on a green hillside. The town features several buildings with red roofs, some with white facades. A winding road leads up the hill from a valley below. To the right, a large blue canal or river curves through the landscape. In the background, more hills and a few buildings are visible under a clear sky.

*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			<b>TFA</b> 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	<b>VTC</b> Gestion par décroissance radioactive		<b>FMA-VC</b> Stockage de surface (centres de stockage de l'Aube et de la Manche)	<b>FA-VL</b> Modèle de gestion à l'étude
Moyenne activité (MA) de l'ordre d'un million à un milliard de Bq/g				<b>MA-VL</b> Stockage géologique profond à l'étude (projet Cigéo)
Haute activité (HA) de l'ordre de plusieurs milliards de Bq/g	Non applicable**	<b>HA</b> Stockage géologique profond à l'étude (projet Cigéo)		

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

\*\* Il existe une autre classification en fonction de la nature des déchets.

\*\*\* 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<sup>(1)</sup>

Ils sont principalement issus du retraitement du combustible usé<sup>(2)</sup> (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<sup>(1)</sup>

Il s'agit majoritairement de déchets de structures métalliques entourant les combustibles (coques et embouts) issus du retraitement du combustible usé<sup>(2)</sup> 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 usé 33MWj/t, refroidissement 3 ans

1	H
3	Li
11	Na
4	Be
12	Mg

U : 955 kg.t<sup>-1</sup>  
Pu : 9.6 kg.t<sup>-1</sup>  
AM : 0.8 kg.t<sup>-1</sup>  
PF : 34 kg.t<sup>-1</sup>

2	He
5	B
13	Al
6	C
14	Si
7	N
15	P
8	O
16	S
9	F
10	Ne
17	Cl
18	A

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	Ln	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	An	104	Rf	105	Db	106	Sg	107	Bh	108	Hs	109	Mt	110	Uun																

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
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

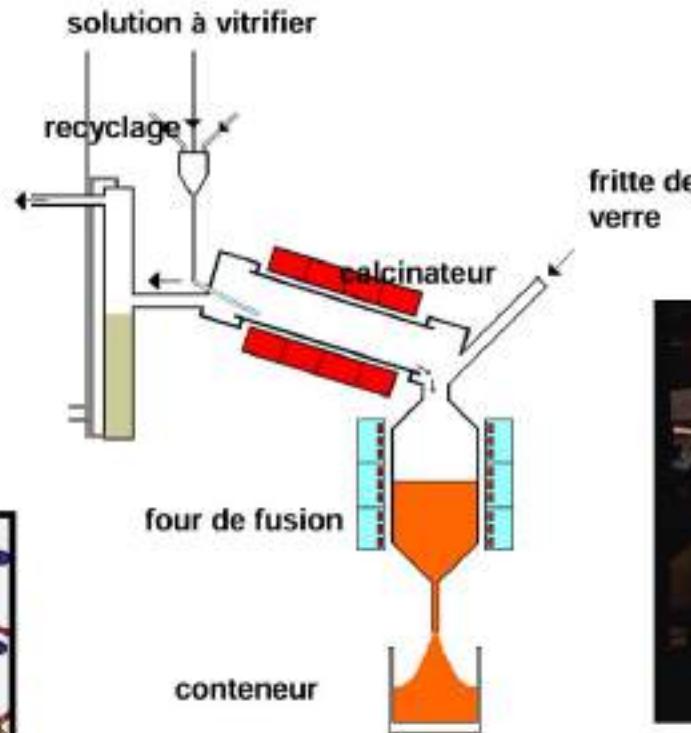
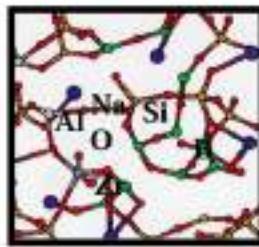
PRODUITS DE FISSION et D'ACTIVATION





# Produits de fission vitrifiés dans un conteneur en acier inox

cea



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			<b>TFA</b> 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		<b>FA-VC</b> Stockage de surface (centres de stockage de l'Aube et de la Manche)	<b>FA-VL</b> Modes de gestion à l'étude
Moyenne activité (MA) de l'ordre d'un million à un milliard de Bq/g				<b>MA-VL</b> Stockage géologique profond à l'étude (projet Cigéo)
Haute activité (HA) de l'ordre de plusieurs milliards de Bq/g	Non applicable***		<b>HA</b> 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 Malvési (voir page 19), des déchets d'exploitation de l'usine de retraitement de La Hague.





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			<b>TFA</b> 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	<b>VTC</b> Gestion par décroissance radioactive	<b>FMA-VC</b> Stockage de surface (centres de stockage de l'Aube et de la Manche)	<b>FA-VL</b> Modes de gestion à l'étude
Moyenne activité (MA) de l'ordre d'un million à un milliard de Bq/g			<b>MA-VL</b> Stockage géologique profond à l'étude (projet Cigéo)
Haute activité (HA) de l'ordre de plusieurs milliards de Bq/g	Non applicable***		<b>HA</b> 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<sup>\*\*</sup>



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 conditionnés dans du ciment dans un conteneur en béton fibre



- Canister : fiber concrete
  - Volume : 1.180 m<sup>3</sup>
  - 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/cm<sup>2</sup>, beta< 3.7 Bq/cm<sup>2</sup>





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	VTC Gestion par décroissance radioactive	TFA Stockage de surface (Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage)	FA-VC Modes de gestion à l'étude	
Faible activité (FA) entre quelques centaines de Bq/g et un million de Bq/g			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) contenues 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 déterminé

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.



### VTC LES DÉCHETS À VIE TRÈS COURTE

Très faible à moyen  Gestion par décroissance

Très court (jusqu'à environ 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.





# 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 m<sup>3</sup> de déchets de haute activité (verre)
- 5 m<sup>3</sup> de déchets de moyenne activité (gaines métalliques compactées)
- 12 m<sup>3</sup> de déchets de faible activité (cimentés)





## *Deuxième barrière : la barrière ouvrageée*





# 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).

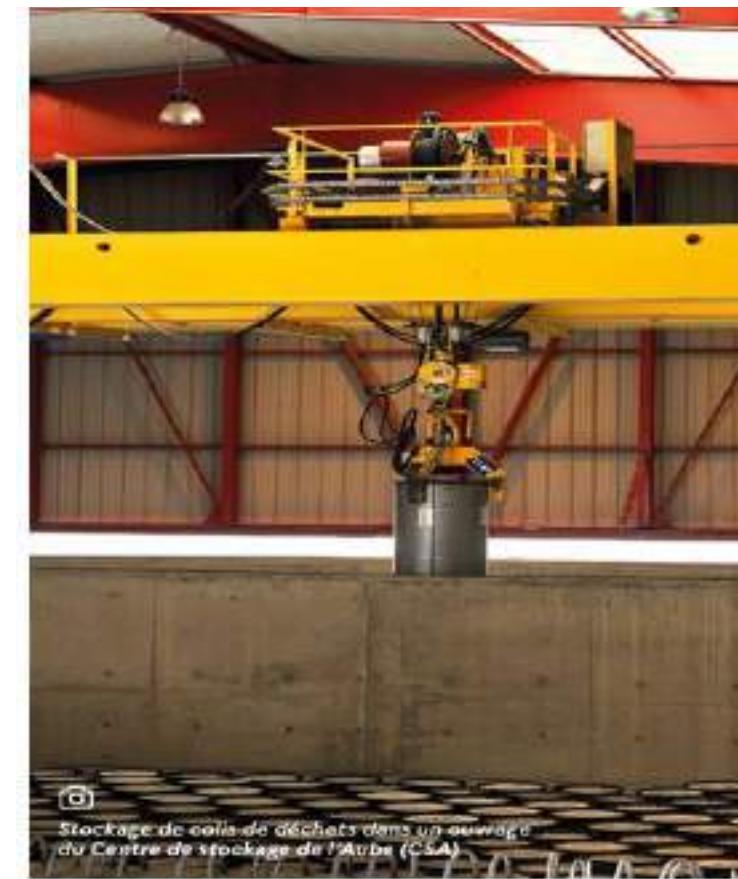
Le stockage visant à accueillir des déchets de faible activité à vie longue (FA-VL) est actuellement à l'étude.



## 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)



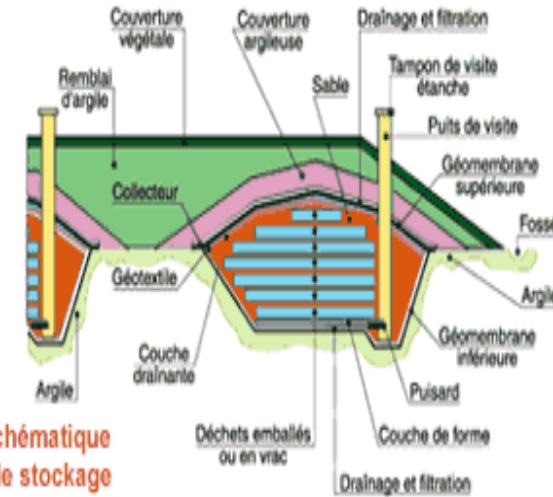
# Quels exutoires pour les « colis » de déchets conditionnés





# 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 m<sup>3</sup>
- fin 2023 : 469 000 m<sup>3</sup>



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 m<sup>3</sup> ( +500 000m<sup>3</sup> centre de la Manche )

- surface 30 Ha

- surveillance après fermeture 300 ans

- livrés fin 2023 : 906 000 m<sup>3</sup> / 15 000 m<sup>3</sup> 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

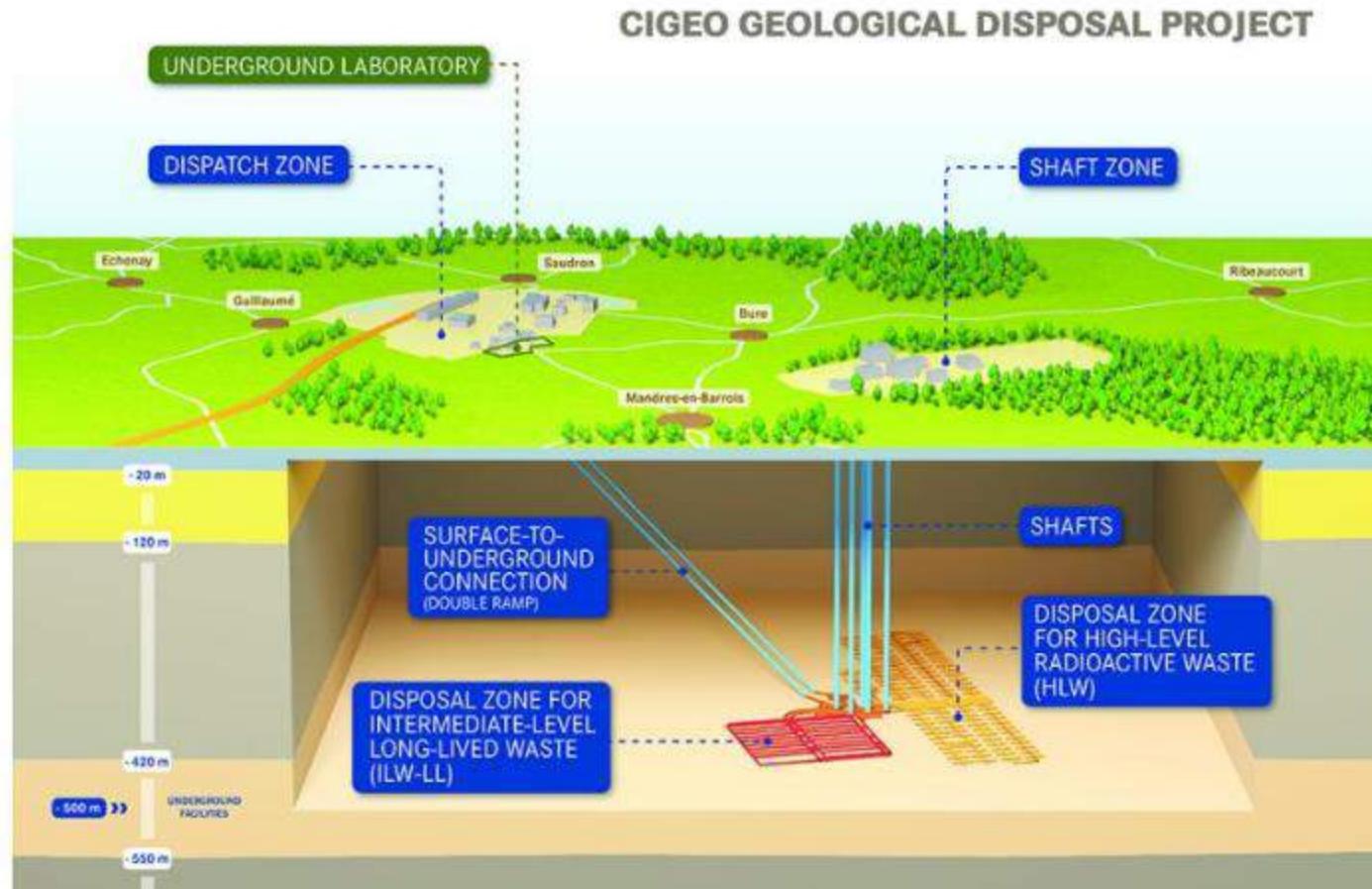
Située à environ 500 mètres de profondeur, l'installation souterraine de Cigéo se développera au fur et à mesure de son exploitation. Elle se composera de zones de stockage pour les déchets de haute activité et de zones de stockage pour les déchets de moyenne activité à vie longue, de galeries de liaison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

📍 Bâtiments de contrôle,  
préparation et conditionnement des colis

📍 Tête de descenderie colis

📍 Hall de déchargement

📍 Terminal ferroviaire nucléaire

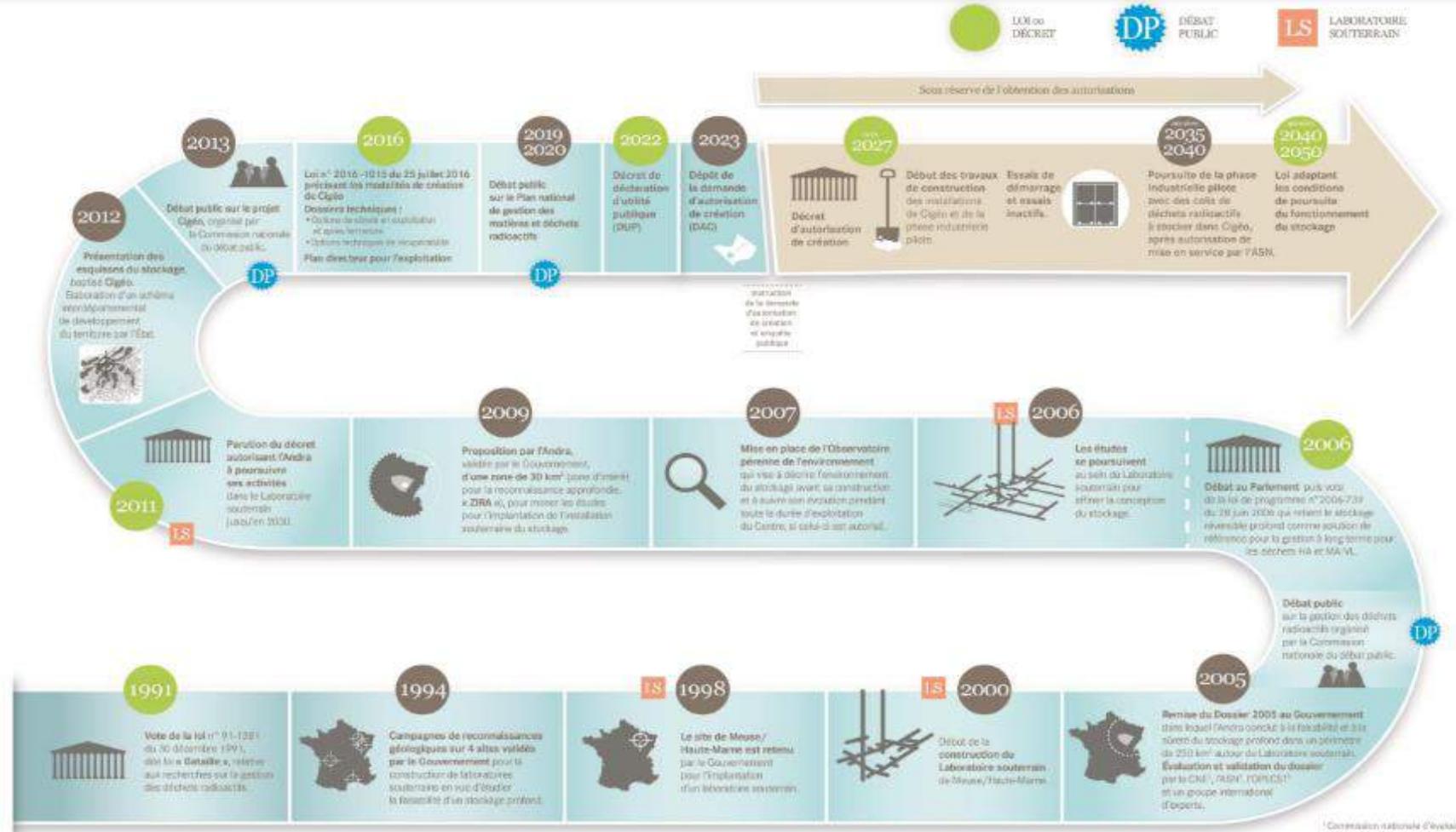


CG-TE-D-MGE-AMOA-ESE 0000-22-0017-B





# 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 m<sup>3</sup> de déchets radioactifs dont **39 000 m<sup>3</sup> de déchets de moyenne et de haute activité (4 550 m<sup>3</sup>)**
  - 9 000 000 m<sup>3</sup> résidus miniers
  - 17 200 t de déchets immergés entre 1967 et 1982





# Les déchets radioactifs : quelles quantités ?

## ► BILAN ET ÉVOLUTION DES VOLUMES (m<sup>3</sup>) 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 !

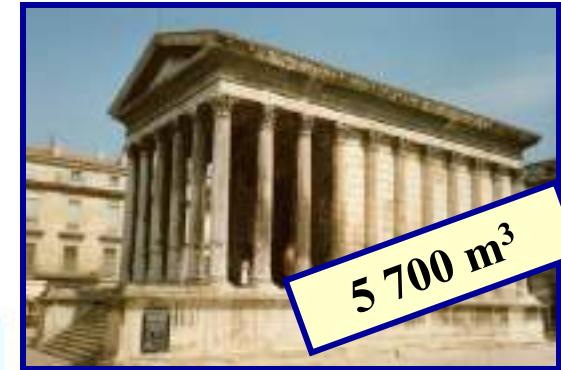
BILAN DES VOLUMES (m<sup>3</sup>) DE DÉCHETS PRÉSENTS SUR LES SITES DES PRODUCTEURS/DÉTENTEURS ET STOCKÉS DANS LES CENTRES DE L'ANDRA À FIN 2023

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	984 000	95 100	906 000	1 530 000
TFA	683 000	233 000	450 000	550 000
DSF	372	372	-*	-
<b>Total</b>	<b>1 850 000</b>	<b>490 000</b>	<b>1 360 000</b>	<b>2 180 000</b>
		26 %	75 %	

\* Ces déchets ne sont actuellement pas stockés : le stockage des déchets HA et MA-VL est actuellement en projet (Cigén).

La 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.

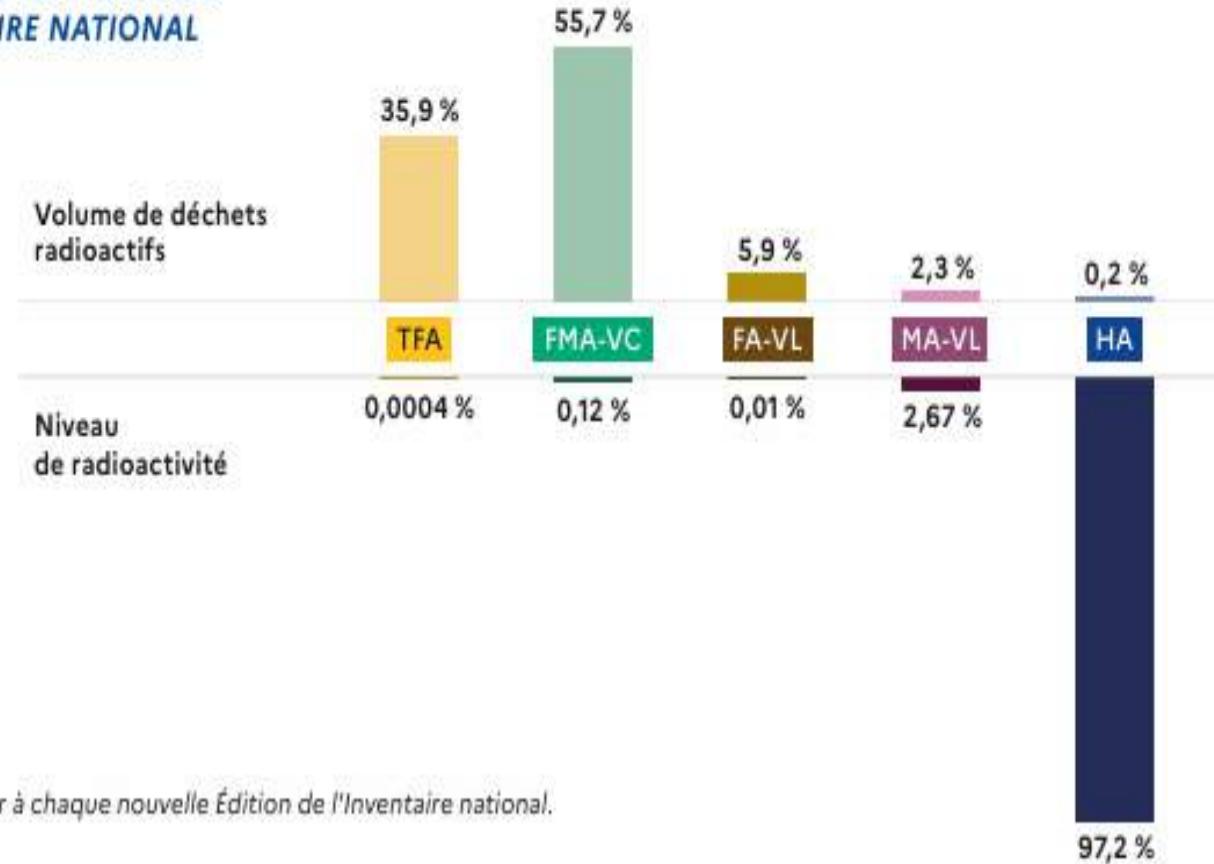
Les déchets FMA-VC et TFA entreposés sur leur site de production sont en attente de reprise, de conditionnement ou d'évacuation vers les centres de stockage de l'Andra.





# 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**





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**

