

# LE CYCLE DU COMBUSTIBLE NUCLEAIRE

## De la mine d'uranium au stockage des déchets

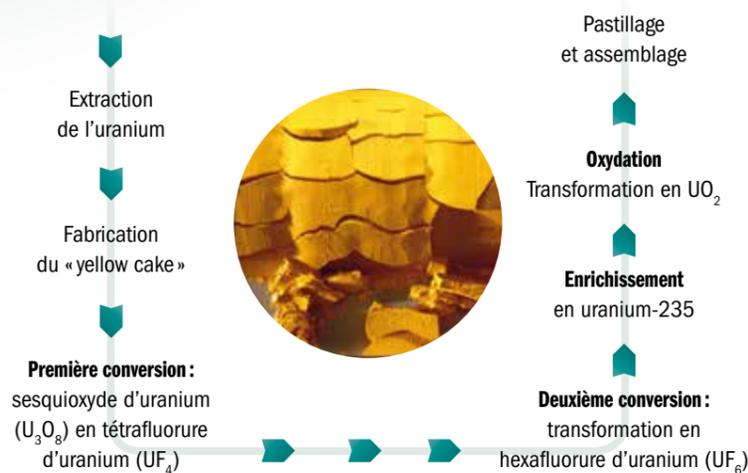
FICHE  
D'INFORMATION  
N°5



Le cycle du combustible nucléaire débute par l'extraction du minéral d'uranium. Il s'achève avec le stockage des déchets radioactifs provenant des combustibles usés. L'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) assure, au nom de l'État, le contrôle réglementaire de la sûreté nucléaire et de la radioprotection dans les installations du cycle et dans les transports de substances radioactives.

# LE CYCLE DU COMBUSTIBLE EN FRANCE

## De l'extraction de l'uranium à la fabrication du combustible



## La fabrication du combustible

L'hexafluorure d'uranium enrichi ( $UF_6$ ) est transformé en oxyde d'uranium. Il sert à fabriquer le combustible destiné aux réacteurs. Il est produit sous forme de pastilles que l'on conditionne en crayon, à Romans-sur-Isère (26).



## Risques liés à la transformation de l'uranium

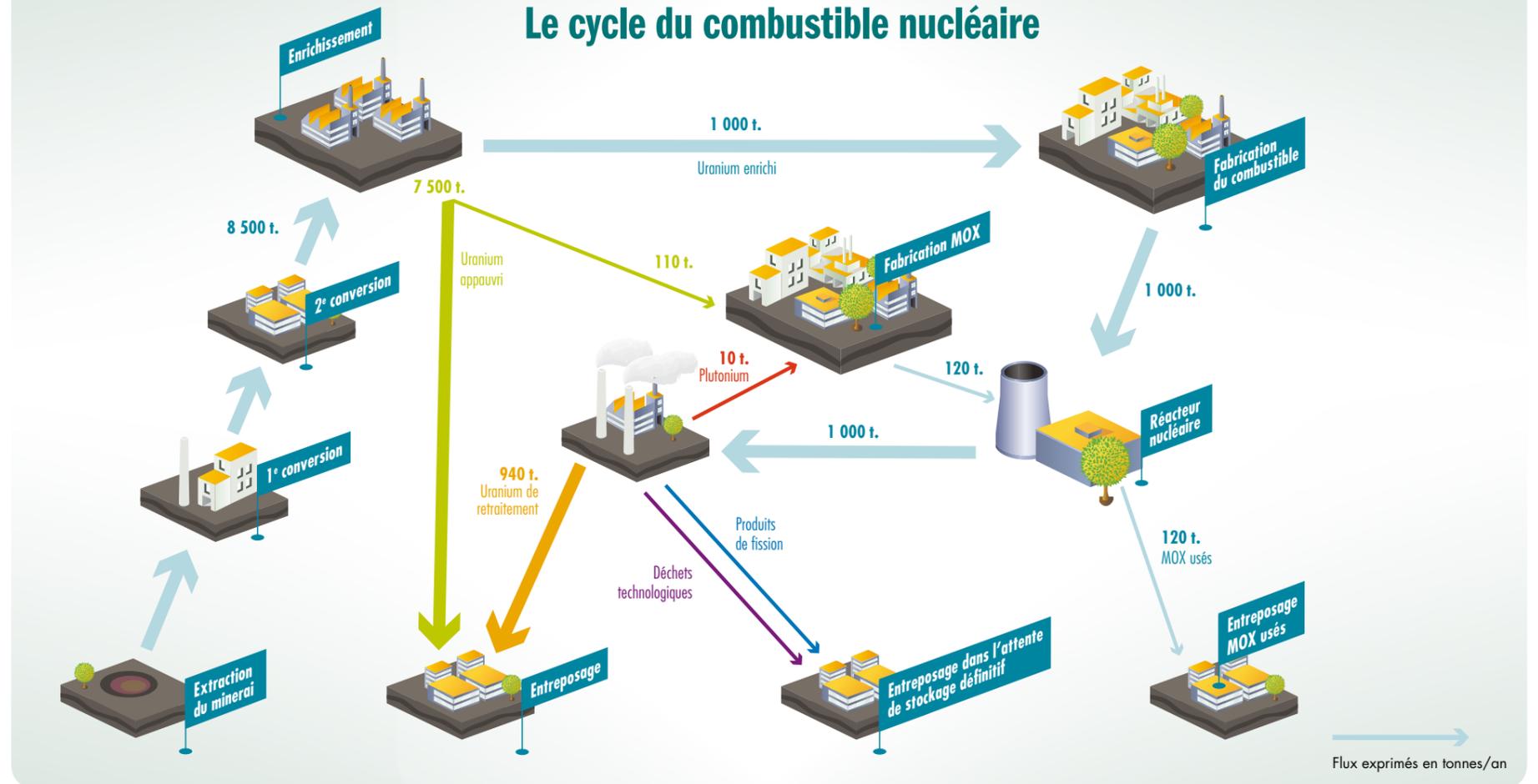
L'hexafluorure d'uranium est un produit très toxique : il réagit avec l'eau de l'atmosphère. Cette réaction est rapide et forte, elle s'accompagne d'émissions de fumées irritantes et suffocantes.

La France a un cycle en circuit fermé qui retire au maximum ce qui peut l'être. Ce cycle induit des risques spécifiques, tels que la proximité de substances toxiques et radioactives.

## Le MOX

96% du combustible utilisé est recyclable. On utilise l'oxyde d'uranium appauvri, mélangé à de l'oxyde de plutonium présent dans l'ancien combustible pour fabriquer le « MOX », dans l'usine Mélox de Marcoule dans le Gard. Cette technique permet de consommer du plutonium qui est un radionucléide particulièrement dangereux. En France, 28 réacteurs de 900 MWe peuvent utiliser du MOX. Les MOX ne sont pas retraités aujourd'hui.

## Le cycle du combustible nucléaire



## Les déchets et effluents liés à la fabrication et au retraitement des combustibles nucléaires

Pour chaque installation nucléaire et pour chaque catégorie d'effluents radioactifs, une réglementation fixe les limites de rejets annuels, définies pour ne pas menacer l'environnement et la santé des populations.



## Risques liés à l'utilisation du plutonium

- L'utilisation du plutonium présente des risques importants du fait de sa radioactivité et de sa toxicité très élevées.

## Risques liés aux combustibles usés et à leur gestion

- Dissémination de matières radioactives et exposition aux rayonnements ionisants
- Démarrage d'une réaction nucléaire en chaîne
- Explosion liée aux gaz émis, en présence d'eau
- Dégradation d'équipements ou de matériaux induite par le dégagement de chaleur des matières radioactives.



## Le retraitement des combustibles usés

En France, le combustible est recyclé après sa première utilisation. Deux matériaux en sont extraits : le plutonium (qui sert à fabriquer le MOX) et l'uranium de retraitement (qui peut être réenrichi). Ce dernier n'est plus utilisé aujourd'hui pour des raisons économiques. Pour ces deux matériaux, le recyclage n'est réalisé qu'une seule fois.

### Qu'est-ce que le retraitement des combustibles usés ?

La teneur en uranium-235 des pastilles de combustible diminue au fil de leur irradiation. Ces isotopes se transforment en radioéléments artificiels, tels que l'américium, le neptunium ou encore le plutonium. Le retraitement sépare le plutonium et l'uranium des autres produits.

### Comment les combustibles usés sont-ils retraités ?

Après trois à quatre ans d'exploitation, on extrait le combustible des réacteurs qui est mis à refroidir en piscine sur place.



Le combustible usé est acheminé vers une deuxième piscine.



La Hague

Extraction du reste d'uranium et du plutonium du combustible usé.



Utilisation du plutonium utilisable dans un réacteur nucléaire. On le mélange à l'uranium appauvri pour fabriquer le MOX.



Marcoule



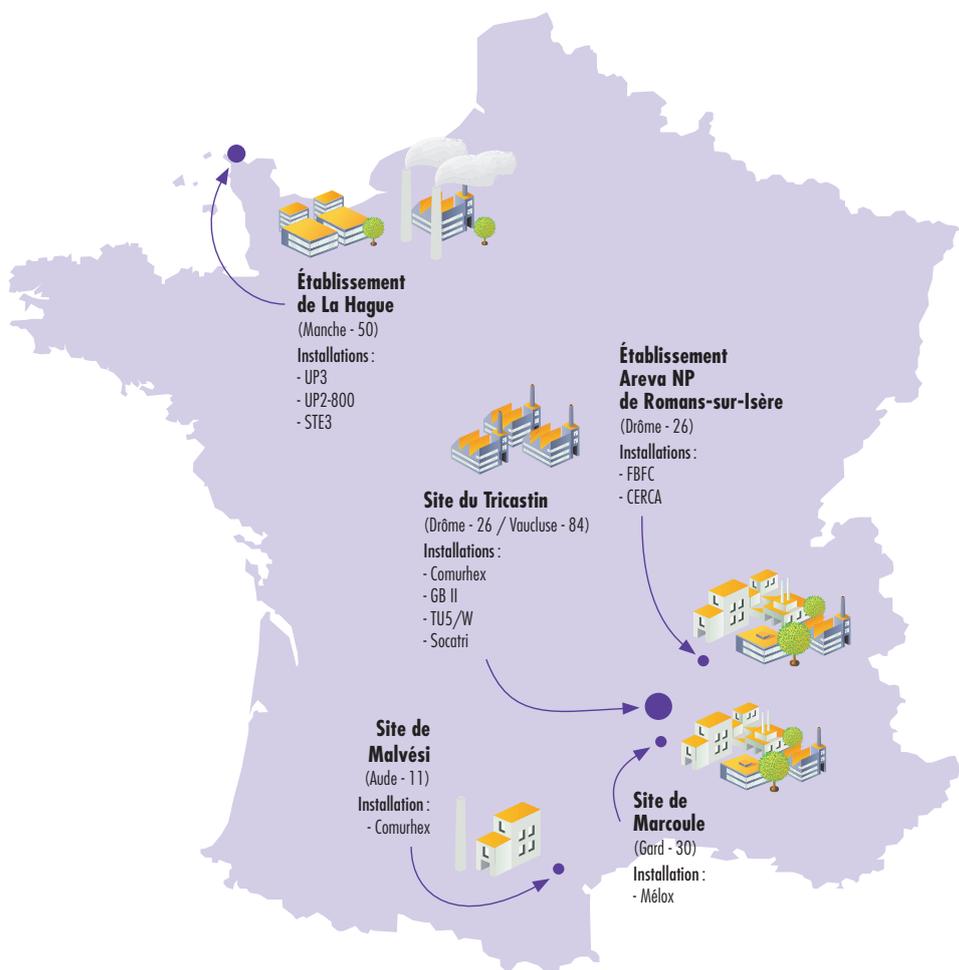
Déchets ultimes.

Les déchets produits en France sont, en fonction de leur radioactivité et de leur durée de vie, envoyés au centre de stockage de l'Aube (CSA), au CIREC ou entreposés à La Hague dans l'attente d'une solution de stockage définitif. Les combustibles MOX usés sont entreposés à La Hague dans l'hypothèse d'un nouveau type de réacteur capable de les consommer. Aujourd'hui, aucun réacteur de ce type ne fonctionne en France.

Les industriels étrangers faisant traiter leurs combustibles en France doivent récupérer leurs déchets radioactifs ultimes.



# LES INSTALLATIONS DU CYCLE DU COMBUSTIBLE



La France est l'un des rares pays présentant sur son territoire l'ensemble des installations permettant la conversion, l'enrichissement, la fabrication, le traitement et le retraitement des matières nucléaires.



**Malvési** : conversion du combustible



**Tricastin** : usine d'enrichissement



**Romans-sur-Isère** : fabrication du combustible



**La Hague** : centre de retraitement et de stockage



**Marcoule** : fabrication du MOX



# LEXIQUE

**Enrichissement** : procédé par lequel on accroît la teneur en isotopes fissiles d'un élément. Le processus conduit à la séparation du produit en deux parties dites enrichie et appauvrie. L'enrichissement de l'uranium en isotope 235 vise à le rendre efficacement utilisable comme combustible dans les centrales nucléaires.

**Fission nucléaire** : éclatement d'un noyau lourd, par exemple d'uranium ou de plutonium, en deux parties sous l'effet d'un bombardement de neutrons. Cette fission s'accompagne d'un important dégagement de chaleur et d'émissions d'autres rayonnements, y compris de neutrons qui peuvent entretenir la réaction. Cette réaction est à la base de la production d'énergie nucléaire.

**MOX** : combustible nucléaire mixte à base d'oxyde d'uranium appauvri et d'oxyde de plutonium issu du retraitement. Sur les 58 réacteurs français, 28 sont autorisés à l'utiliser.

**Oxydation** : réaction, souvent provoquée par l'oxygène, au cours de laquelle un atome perd des électrons.

**Plutonium** : élément de numéro atomique 94 dont aucun isotope n'existe dans la nature. Le plutonium-239, isotope fissile, est produit dans les réacteurs nucléaires à partir de l'uranium-238 par absorption d'un neutron. Sa manipulation exige de strictes précautions en raison de sa toxicité chimique et des dangers présentés par ses rayonnements alpha.

**Uranium appauvri** : uranium dont la teneur en isotope 235, le seul fissile, est inférieure à son niveau naturel (0,72% en masse). Il est obtenu en tant que co-produit d'une opération d'enrichissement.

**Uranium enrichi** : uranium dont la teneur en isotope 235, le seul fissile, a été portée de son faible niveau naturel (0,72% en masse) à, par exemple, 3,5% pour un combustible destiné à un réacteur nucléaire à eau sous pression.

**Yellow cake** : l'uranium est un minerai extrait de gisements à ciel ouvert ou en galeries souterraines. Naturellement pauvre en uranium, le minerai est concentré et transformé en poudre jaune, appelée yellow cake. 1 000 tonnes de minerai traité donnent entre 3 et 200 tonnes de yellow cake, en fonction des mines. Le yellow cake est ensuite converti en gaz, l'hexafluorure d'uranium, lui-même enrichi pour permettre la réaction de fission nucléaire.

# LE RÔLE DE L'ASN

L'ASN est l'autorité administrative indépendante chargée de contrôler la sûreté et la radioprotection des activités nucléaires civiles en France.

À ce titre, elle s'assure, à chaque étape du cycle du combustible, que les questions de sûreté sont analysées et prises en compte de façon approfondie.

Les missions de l'ASN s'articulent autour de trois métiers : la réglementation, le contrôle et l'information du public.

En ce qui concerne le cycle du combustible, l'ASN est chargée de :

- 1 Réglementer et encadrer le fonctionnement des installations nucléaires.**
- 2 Contrôler les installations, notamment par des inspections.**
- 3 Informer le public. L'ASN publie sur son site [www.asn.fr](http://www.asn.fr) les lettres de suite d'inspection et les avis d'incident relatifs aux installations du cycle du combustible.**
- 4 Veiller à la cohérence du cycle dans les installations pour anticiper les enjeux de sûreté futurs.**
- 5 Échanger avec ses homologues étrangères afin de partager les bonnes pratiques en matière de contrôle de la sûreté des installations.**
- 6 Participer à la gestion des situations d'urgence.**

La politique énergétique française ne relève pas de la responsabilité de l'ASN.

Également disponible dans cette collection



Fiche n°1  
LA PRISE D'IODE  
STABLE EN  
CAS D'ACCIDENT  
NUCLÉAIRE



Fiche n°2  
LES PRINCIPES  
DE LA  
RADIOPROTECTION



Fiche n°3  
NUCLÉAIRE OU  
RADIOLOGIQUE:  
QUEL TERME  
UTILISER ?



Fiche n°4  
GRANDEURS  
ET UNITÉS EN  
RADIOPROTECTION



Fiche n°6  
LES SITUATIONS  
D'URGENCE  
NUCLÉAIRE



Fiche n°7  
LE RADON



Fiche n°8  
LES TRANSPORTS  
DE SUBSTANCES  
RADIOACTIVES



**AUTORITÉ DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE**  
Centre d'information du public

15, rue Louis Lejeune - CS 70013 - 92 541 Montrouge CEDEX - Tél.: +33 (0)1 46 16 40 16  
Courriel: [info@asn.fr](mailto:info@asn.fr) - [www.asn.fr](http://www.asn.fr)