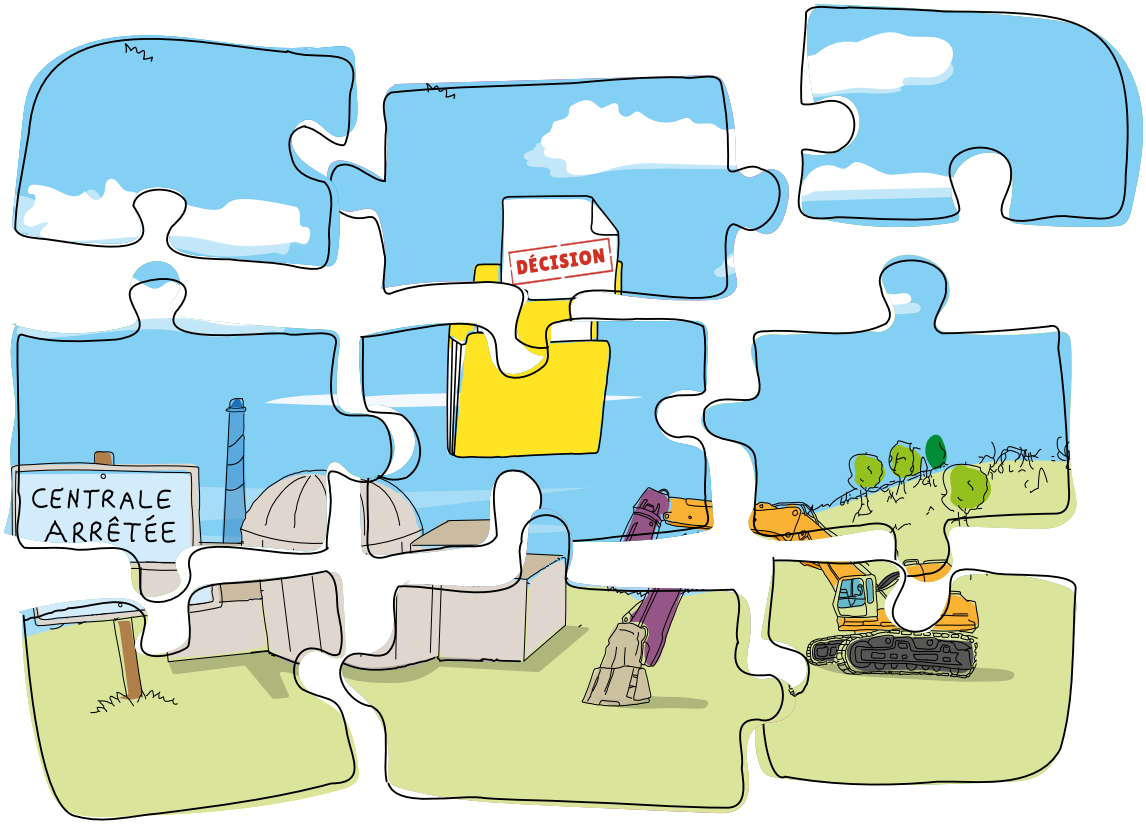
LES ENJEUX DU DÉMANTÈLEMENT

Comment veiller au bon déroulement de cette ultime phase de la vie d'une installation nucléaire ?



Le cadre du démantèlement

Les INB en démantèlement

L'information des publics

Sommaire

LE CADRE DU DÉMANTÈLEMENT

- Le démantèlement, une phase complexe sous surveillance 4
- Que se passe-t-il après l'arrêt définitif ? 6
- Quels types d'installations et quels enjeux ? 8

LES INB EN DÉMANTÈLEMENT

- Les installations nucléaires définitivement arrêtées 10
- Les stratégies de démantèlement des exploitants évaluées par l'ASN 12
- Focus sur quelques INB en cours de démantèlement 16
- Et ailleurs ? 24

L'INFORMATION DES PUBLICS

- Vos questions, nos réponses 26

GLOSSAIRE 30

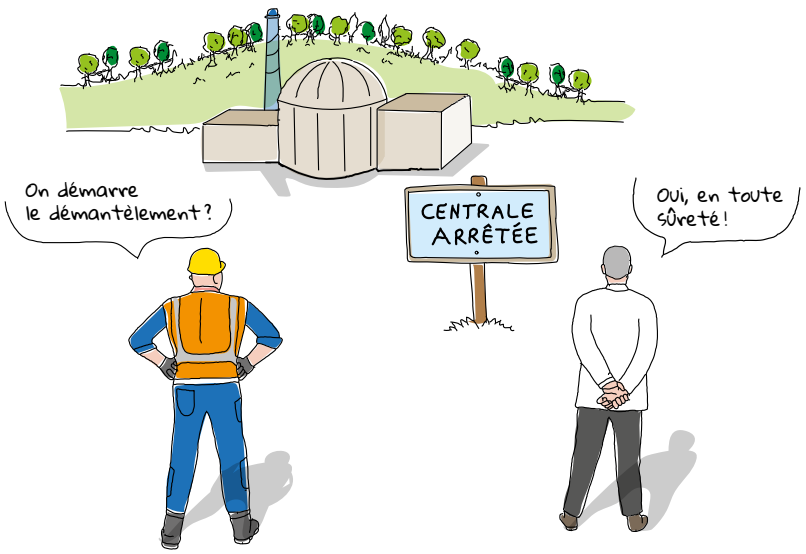
La vie d'une installation nucléaire de base (INB*) comprend **quatre phases majeures :** sa conception, sa construction, son fonctionnement et son démantèlement.

L'ASN intervient à chacune de ces phases. Elle émet un avis sur les projets de décret d'autorisation de création ou de démantèlement de l'installation et encadre l'exploitation par des prescriptions.

Le démantèlement concerne à la fois l'évacuation des substances radioactives et des déchets, les opérations de démontage des équipements et l'assainissement des structures et des sols. **Sa responsabilité incombe aux exploitants des sites.**

Le démantèlement d'une INB* est encadré, en France, par une réglementation fondée sur le principe d'un démantèlement dans un délai aussi court que possible et dans des conditions économiques acceptables.

Le processus de démantèlement concerne un grand nombre d'installations en France. Il comporte des enjeux techniques sur les aspects de sûreté, environnementaux ou de radioprotection. Il peut s'étendre sur une ou plusieurs dizaines d'années.



** Voir glossaire page 30*

Le démantèlement, **une phase complexe sous surveillance**

L'arrêt définitif d'une INB* marque le début d'une phase souvent longue, qui comporte des risques nouveaux et évolutifs. L'ASN exerce son contrôle dans le cadre de décrets qui fixent les principales étapes du démantèlement, la date de fin de celui-ci et l'état final à atteindre.

Le cadre réglementaire : faire aussi vite et aussi bien que possible…

Le démantèlement d'une INB* est encadré par le code de l'environnement et l'arrêté du 7 février 2012 « fixant les règles générales relatives aux INB* ». Il repose sur deux objectifs majeurs :

« **Faire vite** » pour que les générations futures ne supportent pas le poids du démantèlement, tout en bénéficiant des connaissances et compétences des équipes présentes pendant le fonctionnement de l'installation ;

« **Faire bien** », c'est retirer progressivement les substances radioactives ou dangereuses des structures et des sols, en vue du déclassement* de l'installation. L'assainissement sera mené aussi loin que raisonnablement possible.

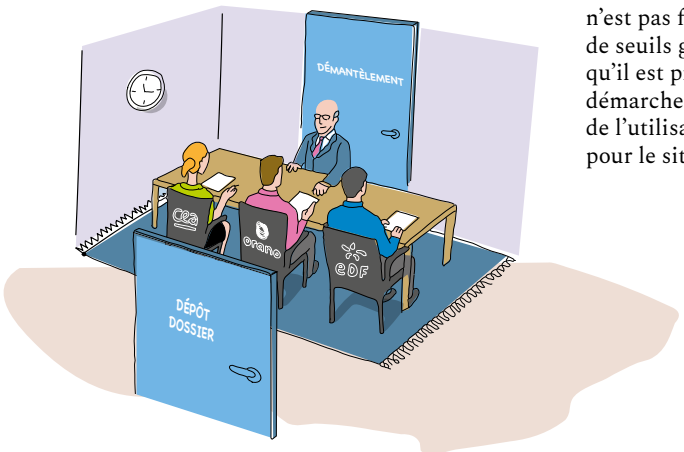
• Sur le plan du « faire vite », les opérations de démantèlement sont souvent longues et coûteuses. Elles constituent un défi pour l'exploitant. Celui-ci doit s'appuyer sur l'historique d'exploitation de l'installation, en particulier sur le savoir-faire et les connaissances des équipes présentes pendant son fonctionnement.
Depuis 2015, la stratégie adoptée en France vise en effet à ce que :

• l'exploitant prévoie le démantèlement de son installation dès la conception de celle-ci ;

• la durée entre l'arrêt définitif de l'installation et les premières opérations de démantèlement soit la plus courte possible.

• Sur le plan du « faire bien », l'ASN demande que les exploitants étudient un scénario d'assainissement complet. Ce scénario vise à garantir la protection pérenne des personnes et de l'environnement dans le temps.

Dans l'hypothèse où, en fonction des caractéristiques de la pollution, cette démarche poserait des difficultés de mise en œuvre, l'ASN considère que l'exploitant doit aller aussi loin que raisonnablement possible dans le processus d'assainissement du site. De la même façon, conformément aux principes généraux de radioprotection, l'impact dosimétrique du site après déclassement* devra être *« aussi faible que raisonnablement possible »* selon le principe ALARA* *(As Low As Reasonably Achievable)*. L'ASN n'est pas favorable à l'introduction de seuils généralisés et considère qu'il est préférable d'adopter une démarche au cas par cas, en fonction de l'utilisation qui sera envisagée pour le site une fois assaini.



* Voir glossaire page 30

...en respectant un processus rigoureux

Dès lors qu'une INB* est définitivement arrêtée, elle doit être démantelée. Le démantèlement d'une INB* est prescrit par un décret, pris après un avis de l'ASN.

Un dossier de démantèlement décrit l'ensemble des travaux envisagés et explicite, pour chaque étape, la nature et l'ampleur des risques présentés par l'installation, ainsi que les moyens mis en œuvre pour les maîtriser. Ce dossier fait l'objet d'une enquête publique auprès des riverains, des associations et des autorités administratives compétentes.
Le décret de démantèlement précise, sur la base du dossier, les principales étapes du démantèlement, sa date d'achèvement et l'état final à atteindre.

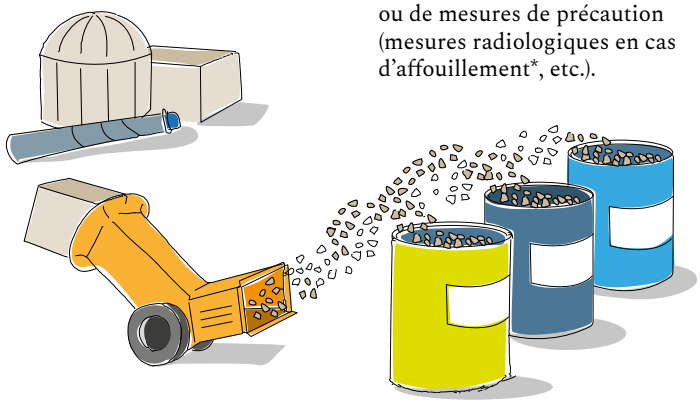
Par ailleurs, le code de l'environnement prévoit que la sûreté d'une installation en démantèlement, comme celle de toutes les autres INB*, doit faire l'objet d'un réexamen périodique. **Ce réexamen doit avoir lieu tous les 10 ans.**

L'ASN s'assure que l'installation respecte les dispositions de son décret de démantèlement et les exigences de sûreté et de radioprotection jusqu'à son déclassement*. Ces exigences s'inscrivent dans la logique d'une approche proportionnée aux enjeux de l'installation.

À l'issue de son démantèlement, une INB* peut être déclassée, sur décision de l'ASN et homologation par le ministre chargé de la sûreté nucléaire. Elle est alors retirée de la liste des INB* et ne relève plus de ce régime.

L'exploitant doit notamment fournir, à l'appui de sa demande de déclassement*, un dossier comprenant une description de l'état du site après démantèlement (analyse de l'état des sols, bâtiments ou équipements subsistant, etc.) et démontrant que l'état final prévu a bien été atteint.

En fonction de l'état final atteint, l'ASN peut conditionner le déclassement* d'une INB* à la mise en place de servitudes d'utilité publique*. Celles-ci peuvent fixer un certain nombre de restrictions d'usage du site et des bâtiments – comme cela se pratique pour certains sites industriels (limitation à un usage industriel par exemple) – ou de mesures de précaution (mesures radiologiques en cas d'affouillement*, etc.).



QUI FINANCE ?

Le code de l'environnement définit le dispositif relatif à la sécurisation des charges nucléaires liées au démantèlement des installations nucléaires, à la gestion des combustibles usés et à la gestion des déchets radioactifs.

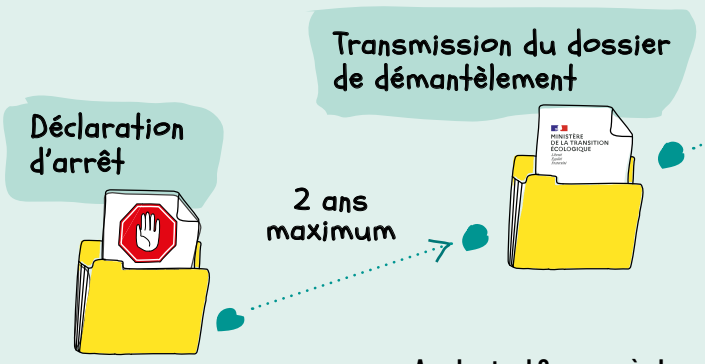
Le financement du démantèlement est inspiré par le principe du « pollueur-payeur ». Les exploitants nucléaires doivent prendre à leur charge ce financement, en prenant la précaution de provisionner, dès la création de l'installation, les fonds nécessaires à son démantèlement.

Ils sont tenus de remettre au Gouvernement des rapports triennaux relatifs à ces charges et des notes d'actualisation annuelles. Le provisionnement se fait sous le contrôle direct de l'État, qui analyse la situation des exploitants et peut prescrire les mesures nécessaires en cas d'insuffisance ou d'inadéquation. Dans tous les cas, ce sont les exploitants nucléaires qui restent responsables du bon financement des charges liées au démantèlement.

Que se passe-t-il après l'arrêt définitif ?

Dès lors qu'une INB* est définitivement arrêtée, celle-ci doit être démantelée. La France a fait le choix du démantèlement « immédiat ». Une procédure réglementaire est mise en œuvre pour encadrer le démantèlement de l'installation, jusqu'à son déclassement*.

FIN DU FONCTIONNEMENT

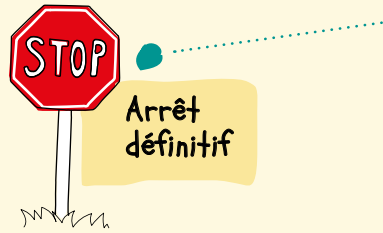


Au moins 2 ans avant la date envisagée pour l'arrêt définitif, l'exploitant déclare au ministre chargé de la sûreté nucléaire et à l'ASN son intention d'arrêter définitivement son installation. Cette déclaration est portée à la connaissance du public.

Au plus tard 2 ans après la déclaration d'arrêt, l'exploitant doit transmettre au ministre son dossier de démantèlement.

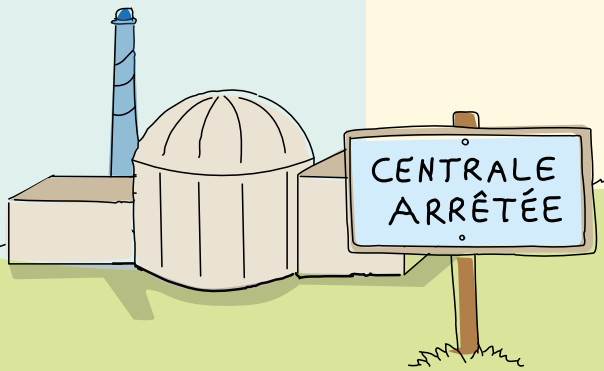
Ce dossier présente les opérations de démantèlement proposées par l'exploitant, ainsi que les dispositions qu'il prend pour en limiter les impacts sur les personnes et l'environnement.

PHASE PRÉPARATOIRE AU DÉMANTÈLEMENT



À compter de la date d'arrêt définitif, l'exploitant n'est plus autorisé à faire fonctionner son installation.
Il commence à en préparer le démantèlement.

Les opérations préparatoires au démantèlement consistent souvent à évacuer les substances radioactives et chimiques présentes dans l'installation (combustible usé), à aménager les locaux (aménagement d'aires d'entreposage) ou à adapter les réseaux d'utilité (ventilation, distribution électrique).



* *Voir glossaire page 30*

Du point de vue juridique, les « opérations de démantèlement » ne débutent qu'après l'entrée en vigueur du décret de démantèlement. Entre l'arrêt définitif de l'installation et cette entrée en vigueur, l'exploitant réalise des « opérations préparatoires au démantèlement ».

Dans ce cahier, pour des raisons de simplification, l'ensemble des opérations conduites après l'arrêt définitif sont décrites sous le terme d'« opérations de démantèlement ».

Démantèlement

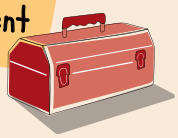
Décret de démantèlement



Sur la base du dossier de démantèlement déposé par l'exploitant, le ministre prescrit par décret les opérations de démantèlement qui seront réalisées sur l'installation, ainsi que la durée du démantèlement.

L'ASN peut également, par décision, prendre des prescriptions techniques visant à encadrer davantage le démantèlement.

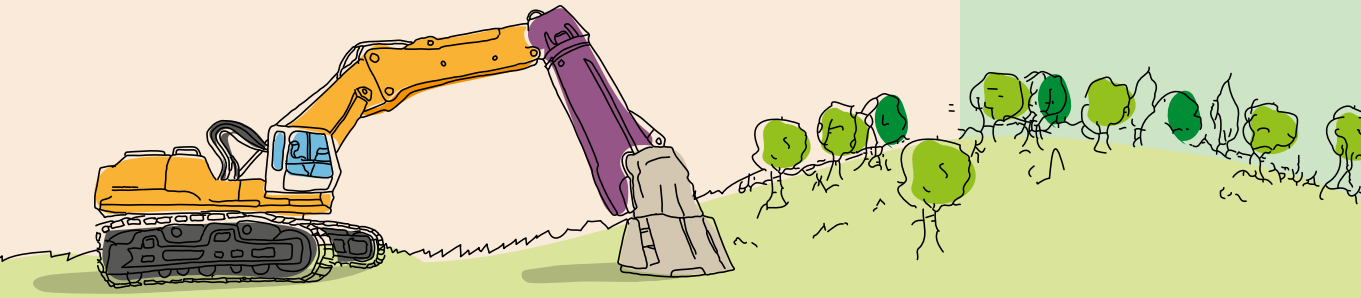
Opérations de démantèlement



Le démantèlement concerne l'ensemble des opérations techniques effectuées en vue d'atteindre un état final permettant le déclassement* de l'installation.

Il concerne le démantèlement électromécanique et l'assainissement des sols et des structures.





Déclassement*

Décision de déclassement*

Le déclassement* consiste à retirer une installation de la liste des INB*, ce qui suppose que l'installation n'est plus soumise au régime juridique et administratif des INB*.

Le déclassement* a lieu après la fin des opérations de démantèlement, sur la base d'un dossier présentant l'état final de l'installation.

En tant que de besoin, des restrictions d'usage peuvent être instaurées si certaines pollutions n'ont pas pu être retirées. En ce cas, les services déconcentrés de l'État s'assurent du respect de ces restrictions.



La mission de contrôle de l'ASN s'arrête.

Quels types d'installations et quels enjeux ?

À l'exception des réacteurs à eau sous pression (REP) des centrales électronucléaires, conçus sur un même modèle, la plupart des INB* en démantèlement présente une variété de technologies, d'usages et d'historiques qui complique souvent les opérations de démantèlement.



RÉACTEURS ÉLECTRONUCLÉAIRES

Différentes technologies de réacteurs ont été mises en œuvre pour la production d'électricité en France. Leur démantèlement doit prendre en compte leurs caractéristiques spécifiques.

Dès l'arrêt définitif de ces réacteurs, l'évacuation du combustible permet de diminuer de 99 % la radioactivité présente dans l'installation.

Réacteurs à eau sous pression

Après le démantèlement du réacteur de Chooz A (Ardennes), qui a débuté en 2007, celui des deux réacteurs de la centrale nucléaire de Fessenheim (Haut-Rhin), arrêtée en 2020, a commencé. Les démantèlements des REP bénéficient d'un retour d'expérience important : on dénombre 42 REP en démantèlement dans le monde en 2021. Le démantèlement de ces installations, qui dure environ une vingtaine d'années, ne présente pas de difficulté technique majeure.

Autres réacteurs

En France, plusieurs réacteurs électronucléaires en cours de démantèlement reposaient sur des technologies qui ne sont plus utilisées : réacteurs « uranium naturel-graphite-gaz » (UNGG – situés au Bugey, à Chinon et à Saint-Laurent-des-Eaux), réacteur à eau lourde (Brennilis), réacteurs à neutrons rapides (Phénix et Superphénix). Ces réacteurs, qui pour certains ne fonctionnent plus depuis plusieurs décennies, ne bénéficient pas d'un retour d'expérience significatif, contrairement aux REP. Leur caractère unique nécessite de concevoir des opérations spécifiques et souvent complexes pour le démantèlement, tels que des moyens téléopérés spécifiques.



RÉACTEURS DE RECHERCHE

Ils sont caractérisés par une puissance beaucoup plus faible que les réacteurs électronucléaires (de 100 Watts thermiques – Wth – à 70 Mégawatts thermiques – MWth). Neuf réacteurs expérimentaux, exploités par le CEA, sont actuellement à l'arrêt définitif ; leur démantèlement n'avait pas été anticipé au moment de leur conception, dans les années 1960 à 1980.

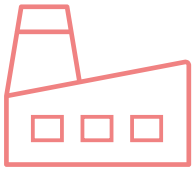
Le démantèlement des réacteurs de recherche bénéficie d'un retour d'expérience significatif, lié au démantèlement de nombreuses installations similaires en France, notamment sur le site CEA de Grenoble.
Les risques liés à la radioactivité évoluent rapidement, au cours du démantèlement, vers des risques industriels conventionnels, par exemple le risque chimique lors de la phase d'assainissement, ou encore celui lié à la gestion de plusieurs chantiers simultanés.

* *Voir glossaire page 30*

PRODUCTION DU COMBUSTIBLE

Deux installations conçues et utilisées pour la fabrication du combustible nucléaire sont en démantèlement sur le site du Tricastin (Drôme) : l'une était spécialisée dans la conversion* de l'uranium (Comurhex), l'autre dans l'enrichissement* de l'uranium par diffusion gazeuse (Eurodif).

L'historique de fonctionnement de ces installations anciennes est mal connu ; la détermination des pollutions présentes dans les sols sous les structures, demeure donc un enjeu important. De plus, les procédés industriels mis en œuvre à l'époque impliquaient l'utilisation de substances chimiques toxiques en quantités importantes (uranium, trifluorure de chlore ou fluorure d'hydrogène, par exemple) : le confinement de ces substances chimiques représente également un enjeu, de même que les risques liés à la contamination interne des travailleurs.



RETRAITEMENT DU COMBUSTIBLE ET GESTION DES DÉCHETS

Il s'agit des installations d'entreposage et de traitement des combustibles usés et des déchets, situées sur le site de La Hague et exploitées par Orano.
Leur démantèlement nécessite le plus souvent, en préalable, la reprise et le conditionnement de déchets nucléaires anciens (RCD*).

Parmi ces installations, l'usine UP2-400, première usine de traitement du combustible des réacteurs de première génération (UNGG), est en démantèlement. Elle contient des déchets très irradiants, tels que des déchets technologiques, gravats, terres et boues, parfois entreposés en vrac, sans tri préalable. Le démantèlement se fait donc en parallèle des opérations de RCD* qui exigent la mise en œuvre de procédés d'ingénierie complexes et uniques.

INSTALLATIONS SUPPORT

On appelle « installations support » certaines installations destinées à l'entreposage et au traitement des effluents et déchets radioactifs. La plupart ont été mises en service dans les années 1960 ; elles sont situées à Cadarache, Fontenay-aux-Roses, La Hague et Saint-Laurent-des-Eaux.

Ces installations n'ont pas initialement été conçues pour permettre l'évacuation de leurs déchets et, pour certaines, le stockage de ces déchets y était envisagé comme définitif. La reprise des déchets y est d'autant plus complexe et s'étendra sur plusieurs décennies. Les opérations de démantèlement doivent prendre en compte des phénomènes de corrosion sévère et de pollution des sols, dus au vieillissement des installations et à des événements survenus lors de leur exploitation. À ces difficultés s'ajoute la méconnaissance de l'historique d'exploitation et de l'état de l'installation à démanteler.

LABORATOIRES

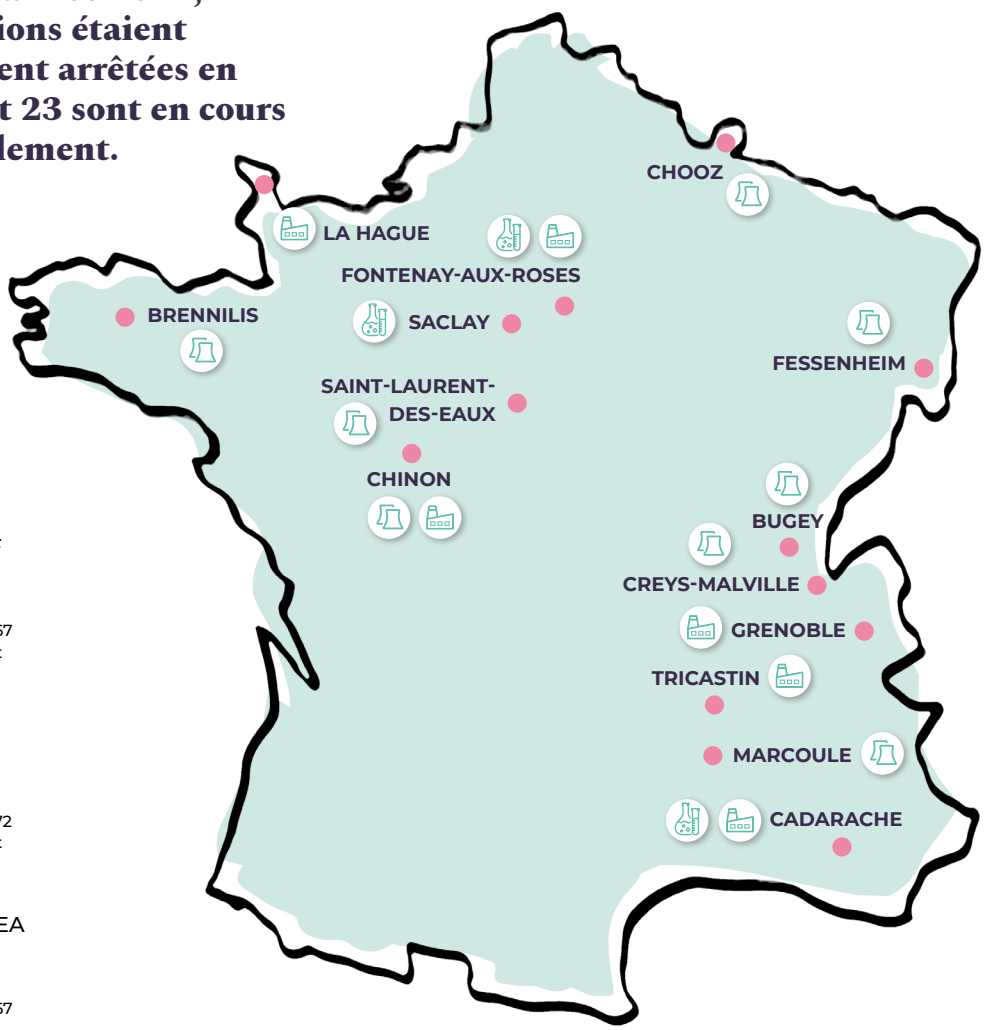
Ces installations, qui datent des années 1960, étaient consacrées à la recherche, en appui d'une industrie électronucléaire en développement.

Quatre laboratoires civils sont actuellement à l'arrêt définitif en France.

Du fait d'un historique incomplet, l'inventaire des déchets et l'état radiologique de ces installations sont difficiles à établir. Les laboratoires sont confrontés à la problématique de gestion de déchets entreposés sur site à une époque où les solutions d'entreposage ou de stockage n'avaient pas encore été mises en place.

Les installations nucléaires définitivement arrêtées

À la fin de l'année 2021, 35 installations étaient définitivement arrêtées en France, dont 23 sont en cours de démantèlement.



BRENNILIS – EDF

RÉACTEUR

INB 162 • EL4-D
- Mise en service : 1967
- En démantèlement

BUGEY – EDF

RÉACTEUR

INB 45 • Bugey 1
- Mise en service : 1972
- En démantèlement

CADARACHE – CEA

RÉACTEURS

INB 25 • Rapsodie
- Mise en service : 1967
- Arrêt définitif

INB 39 • Masurca
- Mise en service : 1966
- Arrêt définitif

INB 42 • ÉOLE
- Mise en service : 1965
- Arrêt définitif

INB 92 • Phébus
- Mise en service : 1978
- Arrêt définitif

INB 95 • Minerve
- Mise en service : 1977
- Arrêt définitif

FABRICATION, TRANSFORMATION OU ENTREPOSAGE DE SUBSTANCES RADIOACTIVES

INB 32 • Atelier de technologie du plutonium (ATPu)
- Mise en service : 1962
- En démantèlement

INB 52 • Atelier d'uranium enrichi (ATUe)
- Mise en service : 1963
- En démantèlement

INB 37-B • Station de traitement des effluents (STE)
- Mise en service : 2015 [1]
- Arrêt définitif

INB 53 • Magasin central des matières fissiles (MCMF)
- Mise en service : 1966
- Arrêt définitif

INB 54 • Laboratoire de purification chimique (LPC)
- Mise en service : 1966
- En démantèlement

* Voir glossaire page 30

CHINON – EDF

UTILISATION DE SUBSTANCES RADIOACTIVES

INB 94 • Atelier des matériaux irradiés (AMI)
- Mise en service : 1964
- En démantèlement

RÉACTEURS

INB 133 – INB 153 – INB 161 Chinon A1D – A2D – A3D
- Mise en service : 1963 – 1965 – 1966
- A1D et A2D : arrêt définitif
- A3D : en démantèlement

CHOOZ – EDF

RÉACTEUR

INB 163 • Chooz A
- Mise en service : 1967
- En démantèlement

CREYS-MALVILLE – EDF

RÉACTEUR

INB 91 • Superphénix
- Mise en service : 1985
- En démantèlement

FESSENHEIM – EDF

RÉACTEURS

INB 75 • Fessenheim 1 – 2
- Mise en service : 1977
- Arrêt définitif

FONTENAY-AUX-ROSES – CEA

INSTALLATION DE RECHERCHE

INB 165 • Procédé
- Mise en service : 2006 [2]
- En démantèlement

INSTALLATION DE TRAITEMENT D'EFFLUENTS ET D'ENTREPOSAGE DE DÉCHETS

INB 166 • Support
- Mise en service : 2006 [2]
- En démantèlement

GRENOBLE – CEA

TRANSFORMATION DE SUBSTANCES RADIOACTIVES

INB 36 • Station de traitement des effluents et déchets solides (STED)
- Mise en service : 1964
- En démantèlement

INB 79 • Unité d'entreposage de déchets de haute activité
- Mise en service : 1972
- En démantèlement

LA HAGUE – Orano Recyclage

TRANSFORMATION DE SUBSTANCES RADIOACTIVES

INB 33 • Usine de traitement des combustibles irradiés (UP2-400)
- Mise en service : 1964
- En démantèlement

INB 38 • Station de traitement des effluents et déchets solides (STE2)
- Mise en service : 1964
- En démantèlement

INB 47 • Atelier ELAN IIB
- Mise en service : 1970
- En démantèlement

INB 80 • Atelier haute activité oxyde (HAO)
- Mise en service : 1974
- En démantèlement

MARCOULE – CEA

RÉACTEUR

INB 71 • Phénix
- Mise en service : 1973
- En démantèlement

SACLAY – CEA

RÉACTEURS DE RECHERCHE

INB 18 • Ulysse
- Mise en service : 1961
- En démantèlement

INB 40 • Osiris et Isis
- Mise en service : 1966
- Arrêt définitif

INB 101 • Orphée
- Mise en service : 1980
- Arrêt définitif

UTILISATION DE SUBSTANCES RADIOACTIVES

INB 49 • Laboratoire de haute activité (LHA)
- Mise en service : 1954
- En démantèlement

SAINT-LAURENT-DES-EAUX – EDF

RÉACTEURS

INB 46 • Saint-Laurent A1 – A2
- Mise en service : 1969 et 1971
- En démantèlement

TRICASTIN – Orano Chimie enrichissement

TRANSFORMATION DE SUBSTANCES RADIOACTIVES

INB 105 • Usine Comurhex de préparation d'hexafluorure d'uranium*
- Mise en service : 1978
- En démantèlement

INB 93 • Usine Georges Besse de séparation des isotopes de l'uranium par diffusion
- Mise en service : 1979
- En démantèlement

Légende

Réacteur

Usine

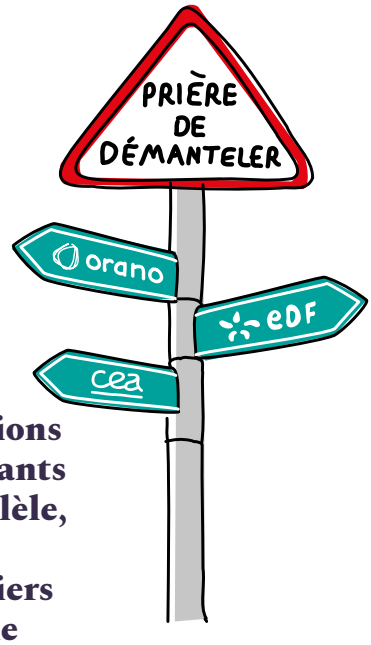
Laboratoire et réacteur de recherche

1. Cette date résulte de la séparation de l'INB 37 (mise en service en 1964) en deux INB : 37-A et 37-B.

2. Cette date résulte de la réunion des anciennes INB mises en service en 1966 et 1968.

Pour plus d'informations, scannez ce QRcode.

Les stratégies de démantèlement des exploitants évaluées par l'ASN



Avec l'arrêt définitif d'un grand nombre d'installations au cours de ces dernières années, les grands exploitants nucléaires sont confrontés à la réalisation, en parallèle, de plusieurs chantiers de démantèlement.
Afin d'avoir une vue globale de ces différents chantiers et de leurs interfaces, l'ASN instruit les stratégies de démantèlement et de gestion des déchets et matières des exploitants.

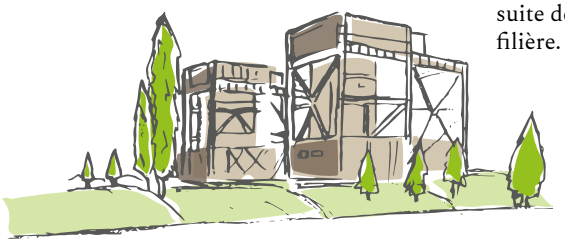
EDF

Des stratégies de démantèlement adaptées aux modèles des réacteurs et aux progrès de la technologie

Exploitant du parc nucléaire français comprenant 56 réacteurs REP en fonctionnement, répartis dans 18 centrales nucléaires, EDF doit également gérer le démantèlement d'une douzaine d'installations.

La stratégie de démantèlement des réacteurs UNGG

Les réacteurs nucléaires de première génération d'EDF sont des réacteurs de type UNGG, fonctionnant avec de l'uranium naturel. Le premier réacteur UNGG a été mis en service en 1963 à Chinon (Indre-et-Loire). Au total, six réacteurs de ce type ont été construits en France. Ces réacteurs ont été arrêtés entre 1973 et 1994, à la suite de l'abandon de cette filière. Le combustible, qui constituait la quasi-totalité du risque pour la sûreté de ces installations, en a été évacué. Toutefois, certaines de ces installations n'ont été que partiellement démantelées avant d'être placées sous surveillance, dans l'attente de leur démantèlement. En effet, la pertinence d'un démantèlement « immédiat » des installations nucléaires n'a été reconnue par l'ensemble des acteurs qu'au début des années 2000.



Un premier scénario étudié par EDF consistait à remplir d'eau le cœur du réacteur pour réaliser les opérations de démantèlement, afin de diminuer les risques liés à la radioactivité. EDF prévoyait initialement de finir le démantèlement de ces réacteurs entre 2024 et 2031. Compte tenu de difficultés techniques majeures (étanchéité du caisson et traitement de l'eau contaminée), mais également des avancées technologiques apportant d'autres solutions, notamment

* *Voir glossaire page 30*

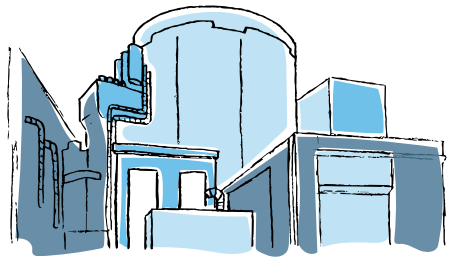
la téléopération, EDF a annoncé en 2016 que le scénario « sous eau* » n'était plus la solution de référence, entraînant un changement de stratégie.
EDF a ainsi retenu un scénario de démantèlement « en air* », qui permet de s'affranchir des problématiques liées à l'utilisation d'eau. Ce changement s'accompagne d'un report important des opérations de démantèlement. En effet, EDF a décidé de valider avec un démonstrateur industriel la faisabilité de certaines opérations complexes, puis de réaliser le démantèlement complet d'un caisson avant d'entamer celui des cinq autres. Par ailleurs, EDF a augmenté significativement la durée nécessaire au démantèlement d'un réacteur.

Pour plus d'informations, scannez ce QRcode.

La stratégie de démantèlement des REP

Les REP constituent la totalité du parc électronucléaire français actuel. Ils fonctionnent avec de l'uranium enrichi. Le démantèlement de ces réacteurs bénéficie d'un retour d'expérience important, acquis sur de nombreux projets à l'international : dans le monde, 42 réacteurs de ce type sont actuellement en démantèlement et six ont déjà été démantelés aux États-Unis. Ainsi, il n'y a pas d'enjeu technique majeur pour la faisabilité des opérations de démantèlement qui, selon le retour d'expérience international, durent environ une vingtaine d'années. Elles débutent après la parution du décret de démantèlement, qui en prescrit les principales étapes : dans le bâtiment réacteur, dépose du circuit primaire après décontamination éventuelle, puis découpe de la cuve.

En parallèle, les circuits des autres bâtiments de l'îlot nucléaire sont également décontaminés. Après avoir évacué la totalité des matériels démantelés et des déchets, l'exploitant procède à l'assainissement des différents bâtiments, puis à leur démolition en vue du déclassement* de l'INB* et de la réhabilitation du site.
En France, le premier décret de démantèlement d'un REP a concerné, en 2007, le réacteur Chooz A, installé dans une caverne dans les Ardennes.
Le prochain concernera la centrale nucléaire de Fessenheim.



LA POSITION DE L'ASN



- **Pour les UNGG,** l'ASN prend acte des difficultés rencontrées pour la poursuite du démantèlement « sous eau* » et considère acceptable le changement de scénario. Elle examinera la sûreté des opérations prévues « en air* » et les délais associés.
  Après consultation du public, l'ASN a prescrit à EDF, dans des décisions de mars 2020, de déposer un dossier de demande de modification des décrets de démantèlement existants pour les réacteurs Bugey 1, Saint-Laurent A1 et A2, Chinon A3, et de déposer les dossiers de démantèlement des réacteurs ne possédant pas encore de décret de démantèlement (Chinon A1 et Chinon A2), au plus tard fin 2022. L'ASN a par ailleurs indiqué qu'EDF devra raccourcir les délais de démantèlement prévus dans sa stratégie, en vue de respecter l'obligation législative du démantèlement dans un délai aussi court que possible pour chaque réacteur. Enfin, en vue de fiabiliser le calendrier de démantèlement des réacteurs, l'ASN demande à EDF de retenir des filières de gestion des déchets adéquates, ce qui pourrait nécessiter la création de nouveaux entreposages de déchets.
- **Pour les REP,** quelle que soit la durée de vie des réacteurs actuellement en fonctionnement, EDF sera confrontée au démantèlement simultané de plusieurs REP dans les prochaines années. EDF devra donc s'organiser pour industrialiser le démantèlement, afin de respecter l'obligation de démantèlement de chaque installation dans un délai aussi court que possible. Le démantèlement de la centrale nucléaire de Fessenheim constituera à ce titre une expérience industrielle importante.

orano

Une stratégie qui, pour faire face à une complexité industrielle élevée, envisage le réemploi de certaines structures

Orano doit mener dans le futur plusieurs projets de démantèlement de grande envergure : celui de la première génération d'usine de traitement de combustible de La Hague (UP2-400 et ses ateliers supports), ainsi que celui des usines de conversion* et d'enrichissement* de l'uranium du Tricastin. **L'exploitant s'inscrit dans un principe de démantèlement immédiat** ; il doit réaliser certaines opérations particulièrement complexes, notamment celles liées à la RCD*, dont les enjeux de sûreté et de radioprotection sont majeurs. Ces opérations doivent reposer sur une caractérisation des déchets et une qualification des procédés envisagés pour lesquelles l'exploitant doit renforcer ses méthodes pour confirmer la faisabilité des solutions envisagées.

Les chantiers de RCD* revêtent une importance particulière, compte tenu de l'inventaire de substances radioactives présentes et du caractère ancien des installations les entreposant, qui ne répondent plus aux normes de sûreté actuelles. Les projets de RCD* se caractérisent, de plus, par une complexité importante, du fait des interactions avec les usines en fonctionnement sur le site. Certains travaux pourront s'étendre sur une période de plusieurs dizaines d'années. En outre, Orano n'envisage pas systématiquement la déconstruction des structures des installations : celles-ci conserveront, pour certaines, leur usage industriel (entreposage de matériel, etc.). Afin d'atteindre l'état final visé, l'assainissement des structures et des sols constitue l'option de référence d'Orano. Cependant, l'exploitant n'exclut pas de le réaliser en deux temps pour répondre à un besoin d'utilisation momentanée de tout ou partie de l'installation. Les opérations de démantèlement et de RCD* vont générer une quantité importante de déchets, qui ne disposent pas de filières de gestion. Lorsque les exutoires ne sont pas encore disponibles, la solution de gestion retenue par Orano est l'entreposage.

Pour plus d'informations, scannez ce QRcode.

LA POSITION DE L'ASN

En 2016, Orano a transmis sa stratégie de démantèlement et de gestion des déchets pour les sites de La Hague et du Tricastin. Après l'instruction de ces éléments, qui a donné lieu à un cycle d'échanges avec Orano, l'ASN note des progrès dans l'appropriation des objectifs de démantèlement immédiat, l'avancement des opérations de démantèlement de plusieurs installations du Tricastin et la définition de procédés de conditionnement des déchets radioactifs du site de La Hague. Néanmoins, l'ASN lui a demandé d'améliorer sa stratégie sur les quatre axes suivants :

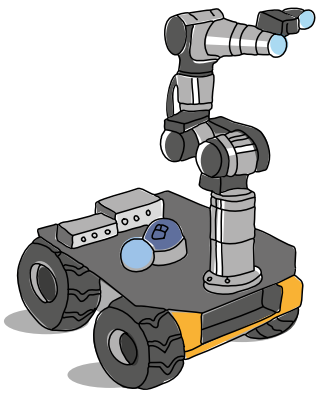
- **la mise en œuvre du démantèlement et de la gestion des déchets doit être priorisée selon les risques** et Orano doit concevoir de nouvelles capacités de traitement, conditionnement, d'entreposage et de transport des effluents et déchets, afin de remplacer certains équipements vieillissants et augmenter les capacités d'entreposage ;
- **la mise en œuvre de l'assainissement doit reposer sur une connaissance suffisante de l'état actuel des installations** et, plus particulièrement, des structures de génie civil et des sols. Il doit en outre répondre à un assainissement mené aussi loin que raisonnablement possible si la mise en œuvre d'un assainissement complet n'est pas envisageable pour des raisons techniques ou économiques ;



- **la mise en œuvre de la RCD* doit être mieux maîtrisée :** l'enjeu est de caractériser les déchets et de qualifier des procédés pour assurer leur retrait et leur conditionnement dans le but de réduire au plus tôt les risques liés à leur radioactivité ;
- **le pilotage des projets complexes* doit être amélioré :** Orano doit analyser les causes des retards des projets prioritaires et s'assurer du caractère suffisant des ressources consacrées à ces projets pour proposer à l'ASN des plannings d'activité détaillés, sur 5 ans, présentant des jalons structurants.

* Voir glossaire page 30

Une stratégie qui hiérarchise les priorités en fonction des risques, compte tenu de moyens limités



Pour plus d'informations, scannez ce QRcode.

En France, près de 40 installations nucléaires du CEA, dans les domaines civil et militaire, sont définitivement arrêtées ou en démantèlement. La conception ancienne et variée de ces installations n'avait pas pris en considération le démantèlement, ni la gestion des déchets radioactifs selon les exigences actuelles. Compte tenu du nombre et de la complexité des opérations à réaliser, le CEA a défini des priorités, reposant principalement sur l'analyse des potentiels de danger, afin de diminuer les risques présentés par ces installations.

Les opérations les plus prioritaires portent sur certaines installations individuelles de l'installation nucléaire de base secrète (INBS) de Marcoule (Gard), ainsi que sur les INB* situées à Saclay (Essonne) et à Cadarache (Bouches-du-Rhône). Un accident dans l'une de ces installations pourrait conduire à des conséquences notables du point de vue de la sûreté nucléaire et de la radioprotection.

Concernant les installations de priorité moindre, le CEA s'oriente vers un démantèlement « en deux temps » de chaque installation. Dans un premier temps, il sera procédé à l'évacuation de l'inventaire radiologique dispersable*. Dans un second temps, à l'issue d'une période d'interruption pouvant être longue, aura lieu l'achèvement des opérations. En conséquence, la surveillance, l'entretien et l'exploitation nécessaires pour maintenir ces installations dans un état de sûreté suffisant, et ce pendant des décennies jusqu'à leur déclassement*, feront augmenter de manière significative le coût à terme du démantèlement de l'ensemble des installations du CEA. De plus, le démantèlement prioritaire des installations à forts enjeux de sûreté induira, pour les autres installations dont le démantèlement serait différé, la modification d'exigences réglementaires déjà édictées.

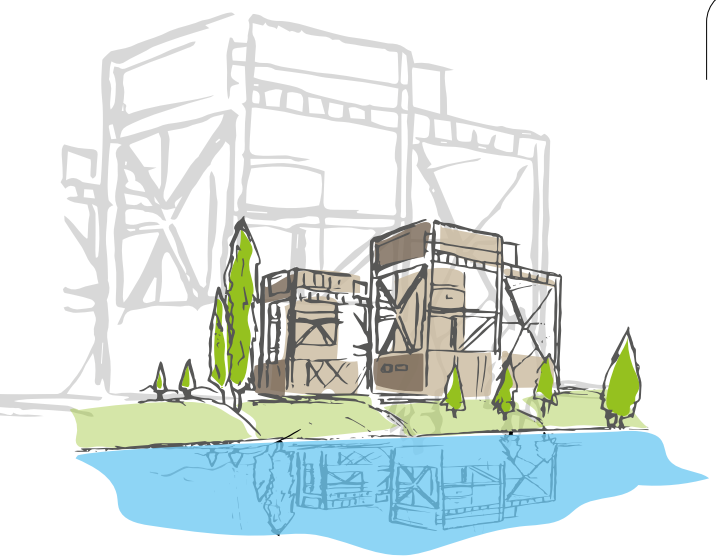
LA POSITION DE L'ASN



- **Dans leur avis conjoint du 27 mai 2019**, l'ASN et l'Autorité de sûreté nucléaire de défense (ASND) ont confirmé la pertinence globale de la priorisation proposée par le CEA, compte tenu des moyens alloués par l'État et du nombre important d'installations nucléaires en démantèlement, nécessitant de lourds investissements.
- **L'ASN et l'ASND s'interrogent sur les moyens humains et financiers** prévus pour traiter l'ensemble des situations présentant les enjeux de sûreté ou les nuisances les plus importants pour l'environnement dans les 10 ans à venir. Un effort d'investissement spécifique, ainsi que la constitution d'unités d'ingénierie et le renforcement des équipes de sûreté dédiées à ces projets, semblent nécessaires.
- **L'avancement des projets nécessitera un renforcement de la capacité de pilotage** de l'exploitant, et un contrôle rigoureux et transparent par les services de l'État des actions du CEA, en matière de coûts, de délais et d'efficacité.
- **Une communication vers le public** de l'état d'avancement de l'ensemble du programme devra être régulièrement réalisée.

Focus sur quelques INB en cours de démantèlement

Les installations sont très variées et les contraintes du démantèlement peuvent être différentes d'une INB* à une autre.



Saint-Laurent A

Installation : deux réacteurs de type UNGG de 500 mégawatts électriques (MWe) chacun à Saint-Laurent-Nouan (Loir-et-Cher)
Exploitant : EDF
Mise en service : 1969 et 1971
Arrêt définitif : 1990 et 1992

Phases du démantèlement

- Le combustible est évacué et le démantèlement est en cours pour certains équipements « hors caisson réacteur » (piscine de désactivation du combustible, etc.).
- Le démantèlement, initialement prévu « sous eau* », est désormais envisagé « en air* ».
- Nouveau dossier de démantèlement prévu fin 2022.
- Fin du démantèlement envisagée par EDF : fin du siècle.

Enjeux du démantèlement

L'exploitant doit s'assurer de la disponibilité des filières de gestion des composants en graphite et réduire le délai global du démantèlement.

Brennilis

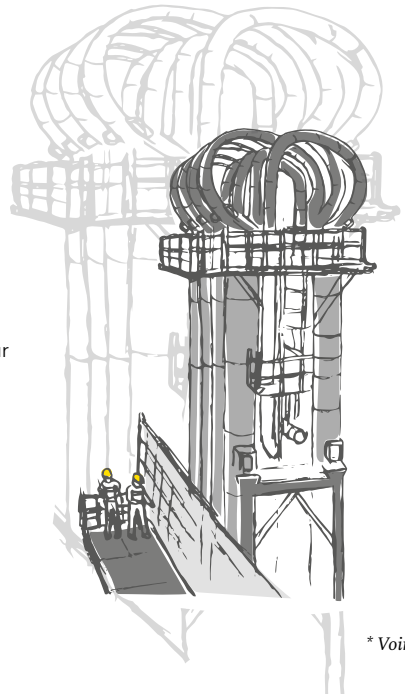
Installation : réacteur à eau lourde refroidi au CO_2, de 70 MWe à Brennilis (Finistère)
Exploitants : CEA, puis EDF
Mise en service : 1967
Arrêt définitif : 1985

Phases du démantèlement

- Le combustible est évacué et le démantèlement est achevé pour les bâtiments « hors bloc réacteur » (échangeurs, station de traitement des effluents, hangar à déchets, etc.).
- Depuis 2018, un nouveau dossier est en cours d'instruction pour encadrer les opérations de démantèlement du bloc réacteur.
- Fin du démantèlement envisagée par EDF : années 2040.

Enjeux du démantèlement

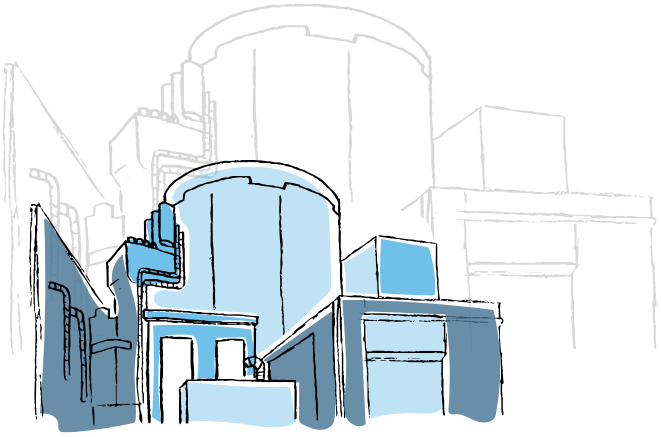
Le démantèlement de ce réacteur unique en son genre a lieu dans un espace restreint, qui exige notamment des moyens téléopérés.



* Voir glossaire page 30

Fessenheim

Installation : deux REP de 900 MWe (Haut-Rhin)
Exploitant : EDF
Mise en service : 1977 et 1978
Arrêt définitif : 2020

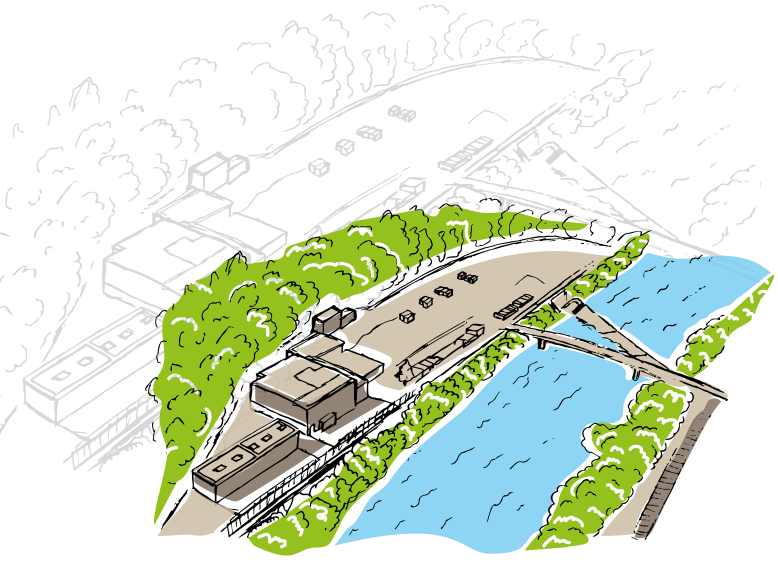


Phases du démantèlement

- Le combustible usé du réacteur 1 a été totalement évacué en 2021 ; l'évacuation du combustible usé du réacteur 2 devrait être achevée en 2023.
- En 2022, l'ASN poursuit l'instruction du dossier de démantèlement transmis par EDF, et sollicitera notamment l'expertise du dossier par ses appuis techniques : l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) et le Groupe permanent d'experts pour le démantèlement (GPDEM).
- L'exploitant réalise actuellement un certain nombre d'opérations préparatoires au démantèlement : vidange et décontamination des circuits, élimination de déchets et produits chimiques, aménagement d'espaces pour le traitement des déchets futurs issus du démantèlement, prélèvement de pièces de rechange pour d'autres sites, etc.
- Fin du démantèlement envisagé par EDF : fin des années 2040.

Enjeux du démantèlement

Une fois le combustible évacué, les principaux enjeux du démantèlement se concentreront autour de la maîtrise d'un chantier de grande ampleur à dimension radiologique : radioprotection des travailleurs, sécurité des chantiers, gestion des déchets en cohérence avec les installations de conditionnement, entreposage et stockage, etc., sans oublier la maîtrise de la gestion de projet, ainsi que la capitalisation d'une expérience aussi exemplaire que possible en vue des futurs démantèlements d'autres réacteurs.



Chooz A

Installation : premier REP à être exploité en France, d'une puissance d'environ 300 MWe (Ardennes)
Exploitant : EDF
Mise en service : 1967
Arrêt définitif : 1991

Phases du démantèlement

- Des installations en partie implantées dans des cavernes souterraines.
- Le combustible est évacué, les circuits sont vidangés, la salle des machines, la station de pompage, ainsi que des bâtiments extérieurs ont été démontés ; les opérations de décontamination et d'évacuation des générateurs de vapeur, ainsi que des composants du circuit primaire (hormis la cuve) ont d'ores et déjà été réalisées. La piscine de désactivation et l'ensemble des circuits auxiliaires sont en grande partie démantelés. En 2021, les travaux de démantèlement des « internes de la cuve » se sont achevés.
- Prochaine étape : en vue du démantèlement de la cuve, installation d'un évaporateur permettant de traiter l'eau de la piscine avant rejet (réalisation en cours). Début d'exploitation prévu au premier trimestre 2022.

Enjeux du démantèlement

L'enjeu principal de ce démantèlement porte sur la maîtrise de la radioprotection, en particulier le risque de contamination des travailleurs aux particules alpha*.

UP2-400
La Hague

Installation : l'usine UP2-400 est constituée de quatre INB* exploitées sur le site de La Hague (Manche). Les installations étaient destinées au traitement de certains combustibles des réacteurs (ceux issus des réacteurs UNGG par exemple – INB 33), au traitement d'effluents et à l'entreposage de déchets et résidus issus des activités des différents ateliers (INB 38), à la fabrication de sources radioactives scellées* (INB 47) ou encore au traitement de combustibles des réacteurs à eau légère (INB 80).
Les ateliers, constitués de cellules, de silos et de piscines, contiennent de grandes quantités de déchets et résidus issus des activités de l'UP2-400 : boues et résines, équipements (mélangeurs-décanteurs, cuve, etc.), résidus de produits chimiques de traitement des déchets, etc.
Exploitant : Orano
Mise en service : 1964 (à l'exception de l'INB 47 et de l'INB 80, qui ont été mises en service respectivement en 1970 et 1974)
Arrêt définitif : 2004 (1973 pour l'INB 47)

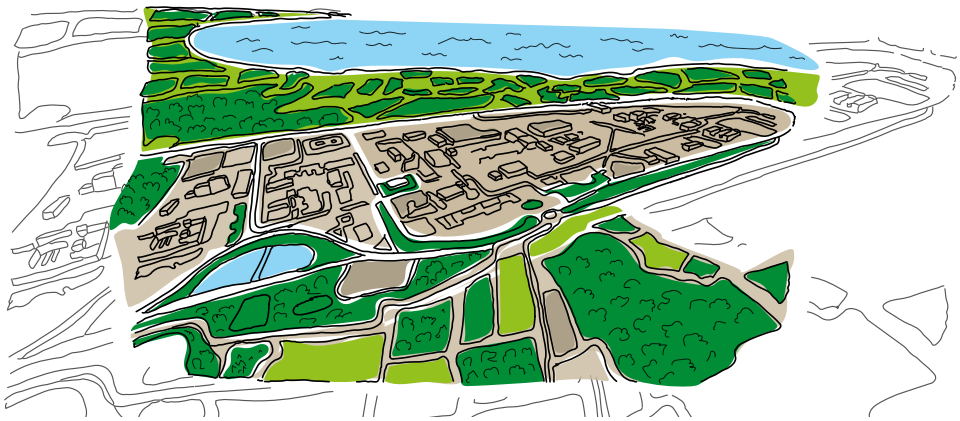
Phases de démantèlement

- Pour l'INB 33, les opérations de démantèlement des principaux ateliers consistent à démanteler les nombreux locaux, ainsi que les nombreuses cellules blindées, cuves, tuyauteries, boîtes à gant, qui servaient au procédé. Il reste également à achever les opérations de reprise et conditionnement des résines échangeuses d'ions qui filtraient les eaux des piscines d'entreposage.
- Pour l'INB 80, les opérations de démantèlement consistent principalement à reprendre les déchets entreposés en piscine et dans un silo au moyen d'une cellule blindée dédiée, qui sera mise en service dans quelques années. Les combustibles entreposés dans les piscines de l'atelier HAO/Nord ont été évacués.
- Pour l'INB 47, les opérations de démantèlement consistent à finir la dépose des derniers équipements du procédé, puis à réaliser les opérations d'assainissement.
- Pour l'INB 38, actuellement, les opérations de démantèlement se concentrent sur la reprise et l'évacuation des déchets radioactifs anciens, notamment les déchets solides et boues entreposés en vrac dans des silos.

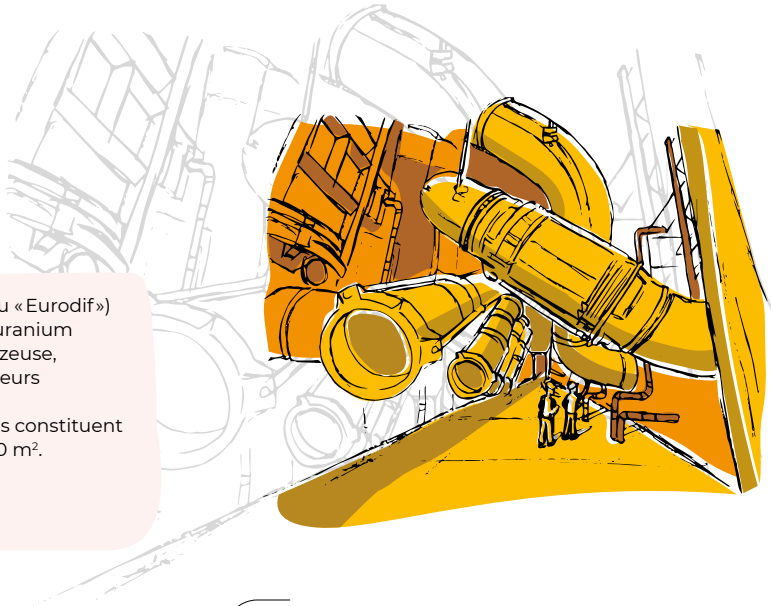
Enjeux du démantèlement

L'ensemble des quatre INB* constitue un complexe industriel abritant une dizaine d'ateliers principaux, des milliers de locaux contenant chacun de nombreux équipements de procédé (cellules blindées, silos, cuves, boîtes à gants, piscines, etc.) dans lesquels étaient manipulées des substances hautement radioactives et chimiques.

Les opérations de RCD* constituent un préalable aux opérations de démantèlement et d'assainissement et s'étendront sur plusieurs décennies. Elles nécessitent la réalisation d'opérations complémentaires de caractérisation des déchets, la mise en œuvre de nouveaux équipements s'appuyant sur des moyens téléopérés, ainsi que le développement de procédés de reprise et de conditionnement spécifiques, parfois encore à l'étude.



* Voir glossaire page 30



Eurodif
Tricastin

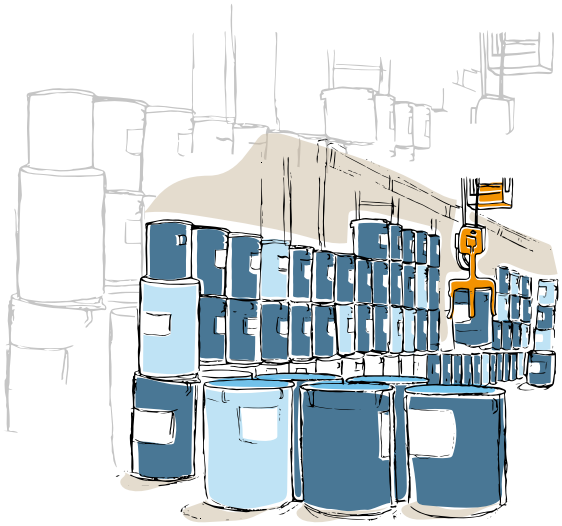
Installation : l'usine Georges Besse 1 (ou « Eurodif ») était destinée à l'enrichissement* de l'uranium naturel par un procédé de diffusion gazeuse, en vue de son utilisation dans les réacteurs électronucléaires (Drôme).
Sur le site du Tricastin, les quatre usines constituent l'INB 93, d'une surface totale de 190 000 m².
Exploitant : Orano
Mise en service : 1978
Arrêt définitif : 2012

Phases de démantèlement

- Durée prévue pour le démantèlement complet de l'installation : 15 ans après la phase d'étude.
- Rinçage des cascades de diffuseurs* au cours des opérations de préparation au démantèlement (baisse de la quantité d'uranium).
- À partir de 2024 : déconstruction des deux tours aéroréfrigérantes.
- Des études sont en cours pour concevoir les futurs équipements de découpe et de conditionnement des cascades de diffuseurs*.

Enjeux du démantèlement

Les enjeux de démantèlement concerneront tout d'abord les diffuseurs, notamment leur démontage, leur découpe et le compactage des pièces massives. Ces opérations nécessiteront l'utilisation d'outillages spécifiques, ainsi que l'exploitation de nouveaux ateliers. L'exploitant devra assurer le flux d'expédition des déchets vers l'exutoire final (environ 8 000 m³/an en moyenne). Le démantèlement d'Eurodif pourrait générer 130 000 tonnes de déchets métalliques de très faible activité (TFA), potentiellement valorisables.



Parc d'entreposage
Cadarache

Installation : l'INB 56 consiste en un ensemble d'installations d'entreposage de déchets radioactifs produits sur le site de Cadarache (Bouches-du-Rhône) : fosses (6), piscines (3), tranchées (5) et hangars (11).
Exploitant : CEA
Mise en service : 1965
Arrêt définitif : prévu en 2023

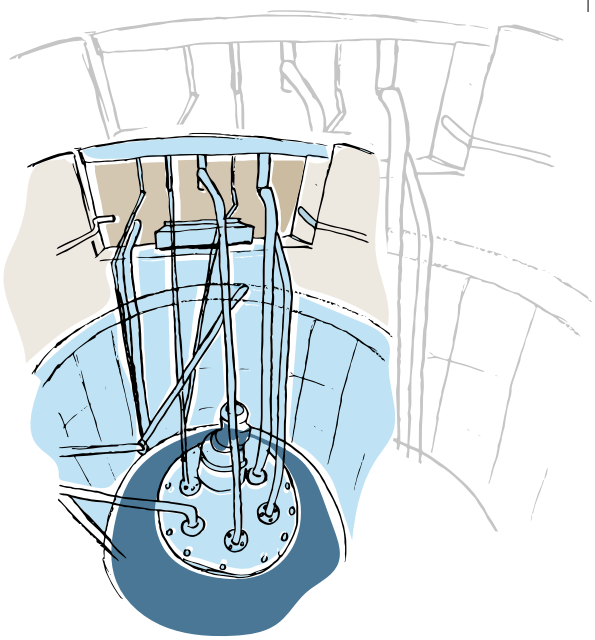
Phases de démantèlement

En vue du démantèlement, les opérations de préparation ont été engagées.

- La reprise et l'évacuation des déchets des piscines sont achevées ; celles-ci sont en cours d'assainissement.
- La tranchée T2 a été vidée des déchets qu'elle contenait. Le scénario de reprise des déchets des autres tranchées (T1, T3, T4 et T5) est en cours de définition ; il s'appuiera sur le retour d'expérience des opérations effectuées pour la tranchée T2, qui ont été fortement ralenties par des difficultés liées notamment aux incertitudes sur l'état physique et l'inventaire radiologique* des colis de déchets.
- Actuellement, les opérations de démantèlement se concentrent sur la reprise et l'évacuation de déchets radioactifs « moyennement irradiants » issus des fosses récentes, les déchets « faiblement irradiants » étant déjà évacués.
- La reprise, l'évacuation et le conditionnement des déchets des fosses anciennes devraient achever les opérations de démantèlement de l'INB 56. Ils nécessiteront notamment la construction de bâtiments adaptés pour assurer les manipulations et le conditionnement de ces déchets très radioactifs.

Enjeux du démantèlement

Ils sont liés à la reprise et au conditionnement de déchets anciens dans une installation qui, jusqu'en 1983, était conçue pour assurer leur stockage définitif. Ces déchets en vrac représentent un inventaire radiologique dispersable* important. Les conditions d'entreposage ont entraîné des pollutions des sols significatives. L'assainissement est également un enjeu important.



Laboratoire de haute activité
Saclay

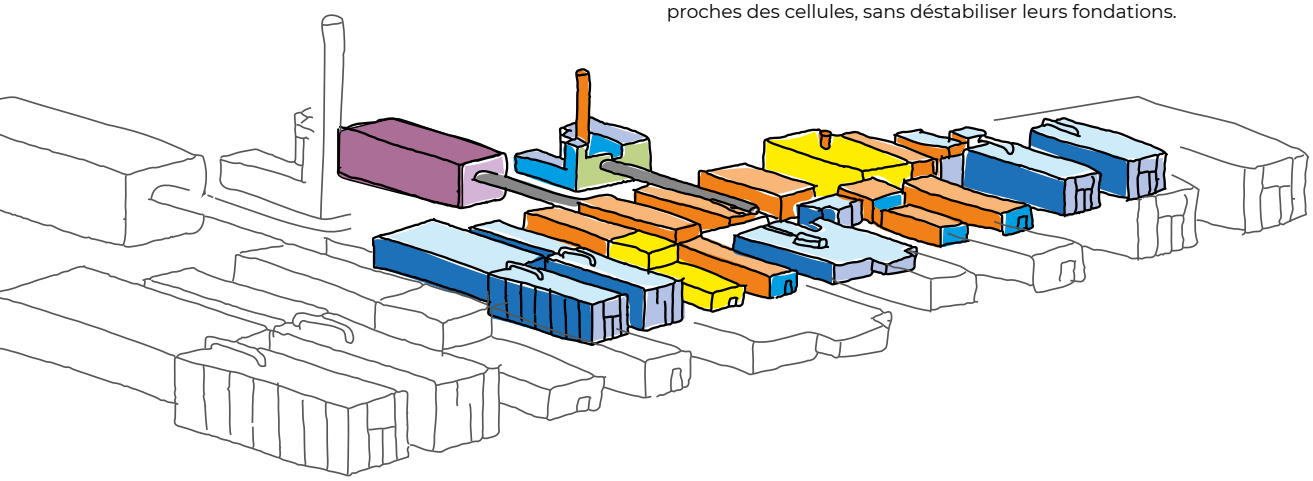
Installation : 18 laboratoires (appelés « cellules ») constituent le Laboratoire de haute activité (LHA) du site de Saclay (Essonne). Réalisation de travaux de recherche ou de production de différents radionucléides.
Exploitant : CEA
Mise en service : 1954
Arrêt définitif : 1996

Phases de démantèlement

- Le démantèlement des laboratoires est autorisé depuis 2008.
- L'exploitant a procédé au retrait des procédés radioactifs et des équipements présents dans l'ensemble des cellules (à l'exception de la chaîne blindée* dans la cellule 10). Certaines cellules ont été totalement assainies et déclassées.
- En 2022, l'ASN instruira le dossier de demande de modification du décret de démantèlement. Ce dossier a été déposé par l'exploitant du LHA à la suite de la découverte, en 2017, d'une pollution significative des sols situés entre certaines cellules.
- Le CEA envisage l'achèvement des opérations de démantèlement et d'assainissement à l'horizon 2040.
- Trois laboratoires encore exploités devraient subsister, mais sous le régime des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE*). Certaines cellules seront conservées, après assainissement, pour l'entreposage de certains matériels et de fûts de déchets de moyenne activité à vie longue (MA-VL).

Enjeux du démantèlement

L'exploitant doit assainir des sols jusqu'à des profondeurs allant de 1 à 10 m, sous confinement, avec des fouilles proches des cellules, sans déstabiliser leurs fondations.

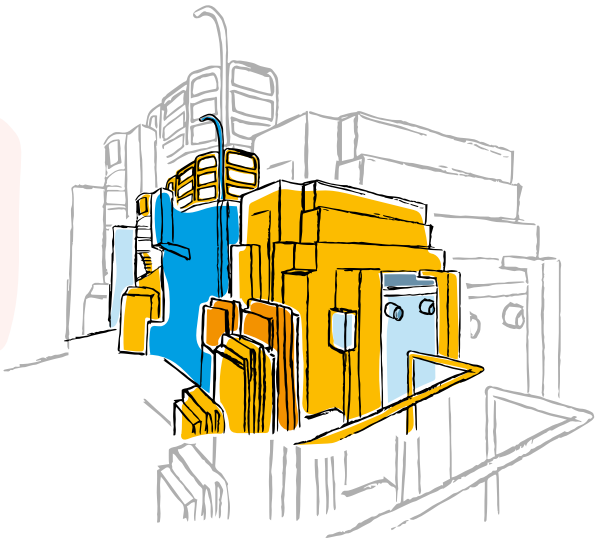


* Voir glossaire page 30

À l'issue de 5 ans de travaux, le démantèlement du réacteur nucléaire Ulysse a été achevé en 2019. Les travaux ont été réalisés dans les délais prescrits.

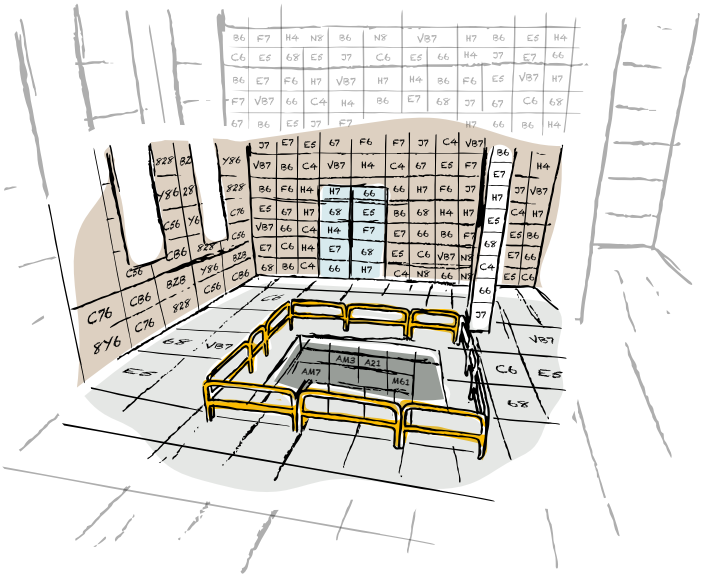
Ulysse
Saclay

Installation : réacteur Ulysse de recherche de faible puissance (100 kilowatts thermiques – kWth), utilisé pour des activités d'enseignement et d'expérimentation, à Saclay (Essonne)
Exploitant : CEA
Mise en service : 1961
Arrêt définitif : 2007
Début du démantèlement : 2014
Démantèlement achevé : août 2019



Phases de démantèlement

- Le combustible est évacué, les opérations d'assainissement ont été achevées en 2019, complétées par des contrôles radiologiques de propreté des bâtiments et des sols.
- Au terme des opérations de démantèlement, le bâtiment de l'installation est conservé et il ne subsiste aucune zone présentant un risque d'irradiation ou de contamination.



Enjeux du démantèlement

Outre un enjeu organisationnel, lié à la sous-traitance d'exploitation, le démantèlement du réacteur Ulysse a représenté 1 200 jours de travail. Compte tenu de la faible puissance du réacteur, les enjeux de sûreté et de radioprotection ont été faibles. Aucun événement significatif n'a été déclaré pendant les opérations de démantèlement.

- 226 tonnes de déchets radioactifs ont été évacuées vers la filière de gestion des déchets TFA.
- 512 tonnes de déchets conventionnels ont été évacuées.
- La demande de déclassement* de l'INB* est en cours d'instruction par l'ASN.

S'appuyer sur des outils ou des technologies spécifiques

Les chantiers de démantèlement des INB* nécessitent en partie la mise en œuvre de techniques courantes, adaptées toutefois au milieu nucléaire. Cependant, certaines opérations requièrent des technologies et outils innovants (robotique, réalité virtuelle, téléopération, nouveaux procédés de décontamination, etc.), spécialement développés pour suppléer l'homme en milieux irradiants ou inaccessibles, ou répondre au cas par cas à des besoins complexes. Panorama de quelques pratiques utilisées.

OUTIL DE DÉCOUPE CONÇU POUR LE DÉMANTÈLEMENT

Dans la caverne des auxiliaires, un opérateur pilote à distance les opérations de démantèlement de cuves contaminées. Vue sur l'écran de contrôle d'une cuve en cours de découpe. Ici à la centrale nucléaire de Chooz A.

©Philippe Dureuil/Médiathèque IRSN





DÉMANTÈLEMENT DE LA CUVE DU RÉACTEUR DE CHOOZ A

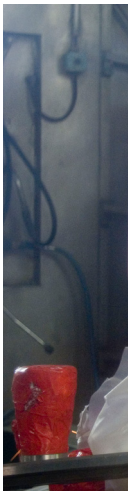
Chantier de déconstruction. Levée et dépose du couvercle de la cuve du réacteur.

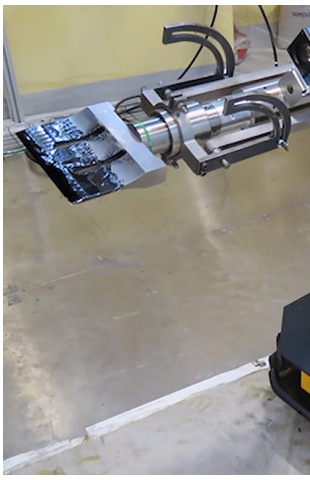
©EDF

OPÉRATEURS INTERVENANT EN ZONE CONTAMINÉE EN TENUE ÉTANCHE ET VENTILÉE

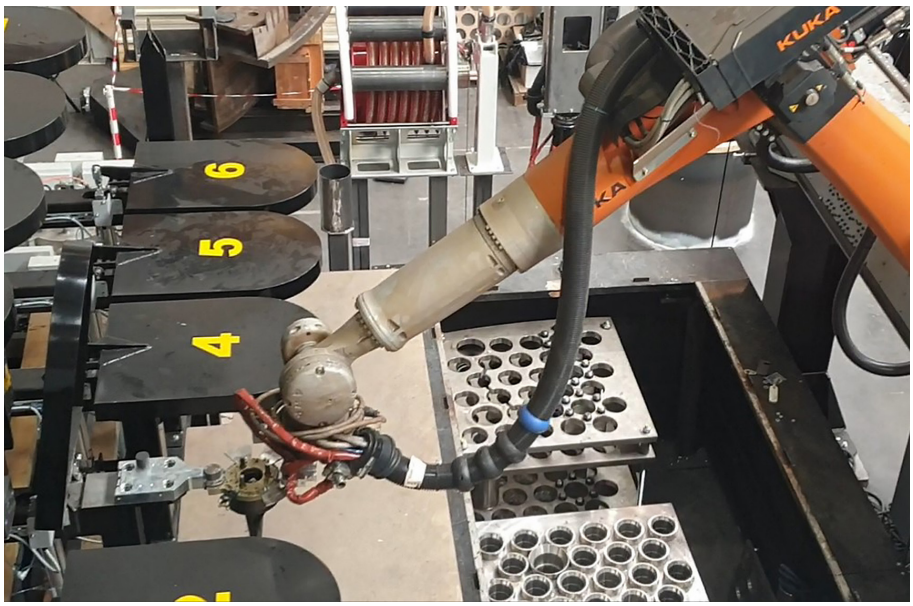
La combinaison étanche et ventilée, branchée à une centrale de production d'air respirable, est en légère surpression par rapport à l'environnement contaminé extérieur ; elle permet à l'opérateur de respirer et le protège de contaminations éventuelles.

©C.Jandaureck/Cadam/ CEA – CEA Valduc





* Voir glossaire page 30



ROBOT DE DÉCOUPE « RODEC » AVEC SON RÂTELIER ET SES ACCESSOIRES

Trois procédés de découpes utilisés : plasma, tréfilage, laser. Ici à la centrale nucléaire de Creys-Malville.

©EDF – Creys-Malville

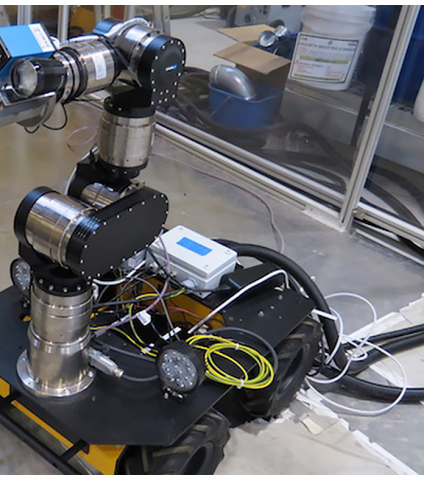




INTERVENTION EN TENUE DE PROTECTION

Ici dans la zone à déchets nucléaires du site de la centrale de Brennilis.

©EDF



ROBOT « SERVAL » POUR LA DÉCOUPE DE MATÉRIAUX RADIOACTIFS

Ce robot permet à un opérateur distant d'effectuer des opérations de démantèlement par téléopération d'un bras robotique monté sur une plateforme mobile. Il dispose de deux caméras.

©CEA

Et ailleurs ?

Les stratégies de démantèlement peuvent être différentes d'un pays à l'autre. Cependant, la plupart font référence aux standards édictés par l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA).

En ce qui concerne le démantèlement des installations nucléaires après leur arrêt définitif, le consensus international, tel que formulé par les standards de sûreté de l'AIEA, reconnaît deux stratégies :

- **le démantèlement différé :** les parties de l'installation contenant des substances radioactives sont maintenues ou placées dans un état sûr pendant plusieurs décennies avant le démarrage des opérations de démantèlement ;
- **le démantèlement immédiat :** le démantèlement est engagé dès l'arrêt de l'installation, sans période d'attente, les opérations de démantèlement pouvant toutefois s'étendre sur une longue période.



Canada

Au Canada, les plans de déclassement* des centrales nucléaires s'échelonnent sur 50 ans. L'exploitant qui souhaite obtenir un permis d'exploitation de centrale nucléaire est tenu de présenter un plan de déclassement* qui précise la façon dont il compte gérer le démantèlement et la décontamination de son installation. Dès l'obtention du permis de déclassement*, la mise en œuvre du plan peut commencer. Les activités de cette phase comprennent la décontamination et le démantèlement de l'installation. À ce jour, 6 réacteurs nucléaires à eau lourde sous pression sont en cours de démantèlement.

États-Unis

Aux États-Unis, les exploitants d'installations nucléaires (civiles ou militaires) peuvent choisir parmi trois stratégies de démantèlement : le démantèlement immédiat, le démantèlement différé ou l'isolation de l'installation par encapsulage jusqu'à l'atteinte de niveaux radiologiques compatibles avec un déclassement*.
À ce jour, une dizaine d'installations nucléaires ont été démantelées et une vingtaine sont en cours de démantèlement. Douze réacteurs, dont 6 REP et 4 réacteurs à eau bouillante (REB), sont en démantèlement différé et 10 autres sont en démantèlement immédiat, dont 4 REP et 5 REB.

Royaume-Uni

Le Royaume-Uni compte une trentaine de réacteurs de puissance à l'arrêt définitif, dont la grande majorité sont des réacteurs refroidis au gaz, mais aussi quelques réacteurs d'autres filières (réacteurs avancés refroidis au gaz, réacteurs à eau lourde, réacteurs à neutrons rapides), ainsi qu'une demi-douzaine de réacteurs de recherche à l'arrêt définitif.

Bien que le démantèlement immédiat soit légalement possible, la stratégie largement dominante au Royaume-Uni pour les réacteurs de puissance est actuellement le démantèlement différé. Les principales raisons avancées sont le haut niveau d'activation de certaines matières (comme le graphite), qui nécessite des temps de désactivation de plusieurs dizaines d'années avant manipulation, et l'absence d'exutoire pour les déchets radioactifs en général.

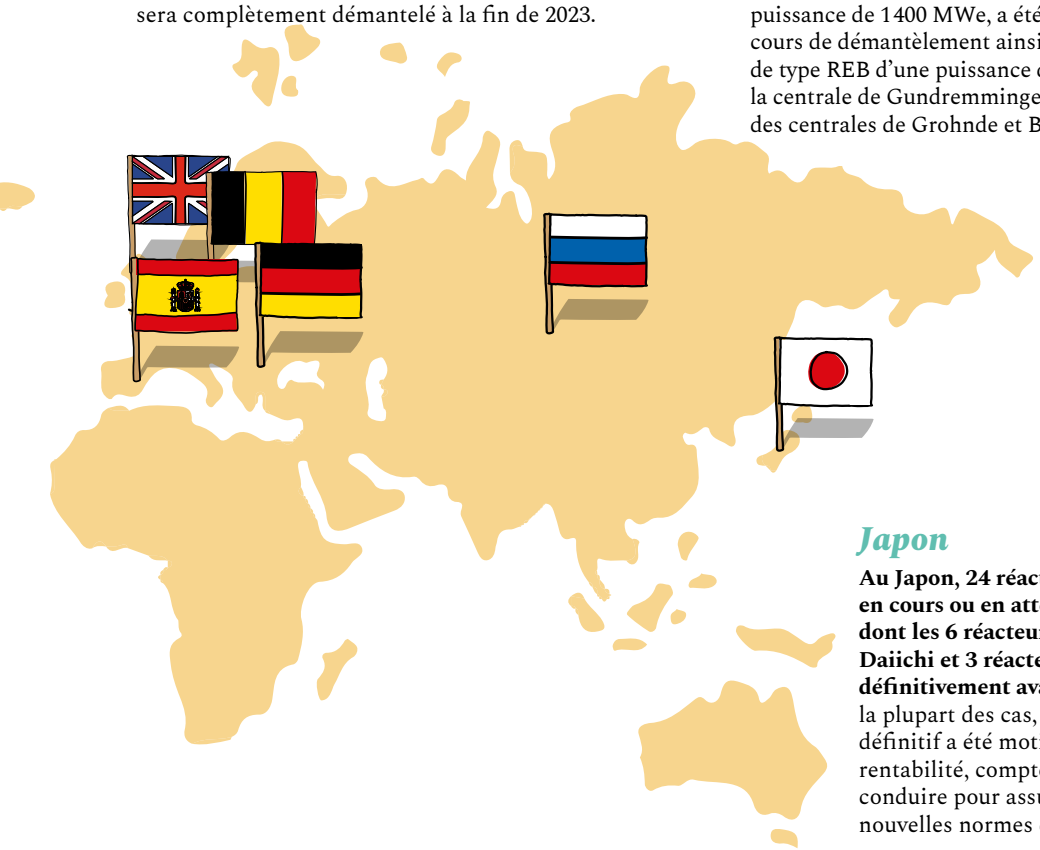
* *Voir glossaire page 30*

Belgique

Le démantèlement du réacteur à eau sous pression BR3, qui a commencé en juin 1987, est une première en Belgique et à l'échelle de l'Europe occidentale. La Commission européenne avait sélectionné le BR3 comme projet pilote pour démontrer la faisabilité technique et économique du démantèlement des réacteurs en conditions réelles. Selon le plan de démantèlement, le réacteur sera complètement démantelé à la fin de 2023.

Allemagne

Après l'accident de Fukushima, l'Allemagne a décidé l'abandon du nucléaire avant fin 2022. Au total, 29 réacteurs sont actuellement en cours de démantèlement. Le site du réacteur à eau lourde de 100 MWe de Niederaichbach a été totalement assaini et, pour 3 autres réacteurs, le démantèlement est achevé. Récemment le réacteur de Phillipsburg 2, de type REP et d'une puissance de 1400 MWe, a été arrêté et est en cours de démantèlement ainsi que le réacteur C, de type REB d'une puissance de 1344 MWe, de la centrale de Gundremmingen et les réacteurs des centrales de Grohnde et Brokdorf.



Japon

Au Japon, 24 réacteurs sont actuellement en cours ou en attente de démantèlement dont les 6 réacteurs du site de Fukushima Daiichi et 3 réacteurs déjà arrêtés définitivement avant l'accident. Dans la plupart des cas, la décision de l'arrêt définitif a été motivée par l'absence de rentabilité, compte tenu des travaux à conduire pour assurer la conformité aux nouvelles normes de sûreté.

La stratégie généralement suivie comprend une phase de maintien en condition de sûreté d'une dizaine d'années avant le début des opérations de démantèlement.

Espagne

En Espagne, 3 réacteurs ont été définitivement arrêtés mais les stratégies de démantèlement sont différentes en fonction des filières des réacteurs. Le réacteur graphite-gaz de Vandellós 1 est en démantèlement différé pour cause d'absence de filière de gestion des déchets graphite. Le réacteur de Santa María de Garoña, arrêté en 2013, est également en démantèlement différé.
En 2011, le démantèlement de la centrale nucléaire de José Cabrera à Zorita a débuté après son arrêt, en 2006.
Au 31 décembre 2020, on estime que plus de 90% des opérations de démantèlement envisagées ont été réalisées.

Russie

En Russie, plusieurs réacteurs de production d'électricité, sont en cours ou en attente de démantèlement. Il s'agit essentiellement de REP et de réacteurs à modérateur graphite. Bien que des opérations préparatoires au démantèlement aient déjà été réalisées, la stratégie de démantèlement de ces réacteurs n'est pas encore complètement arrêtée.

Vos questions, nos réponses



Combien de temps faut-il pour démanteler une installation nucléaire ?

La durée pour la réalisation des opérations de démantèlement d'une INB* peut varier significativement d'une installation à l'autre et dépend de multiples facteurs ; tous ont une incidence sur la complexité des démantèlements. Il faut compter une vingtaine d'années pour démanteler les réacteurs à eau sous pression, pour lesquels l'effet de série favorise le retour d'expérience.

À l'inverse, les réacteurs de recherche étant le plus souvent des prototypes uniques, leur démantèlement nécessite des moyens propres à chacun d'eux : pour certains (Ulysse, réacteur universitaire de Strasbourg), le démantèlement dure entre 5 à 10 ans ; il pourra s'étendre sur plusieurs dizaines d'années pour d'autres types de réacteurs.

De même, certaines installations de La Hague ou d'anciennes installations d'entreposage de déchets, par exemple à Cadarache, contiennent encore une quantité importante de déchets qu'il faut reprendre et conditionner : pour ces installations, de nouveaux matériels et procédés sont nécessaires, entraînant des démantèlements longs et complexes.

Quel est le rôle de l'ASN vis-à-vis des installations en démantèlement ?

L'ASN est chargée du contrôle de l'ensemble des INB*, y compris celles en démantèlement. L'ASN suit les opérations de démantèlement qui y sont menées, en réalisant des inspections et en instruisant les dossiers techniques déposés par les exploitants.

En particulier, l'ASN, en soutien au ministère de la Transition écologique, réalise l'instruction technique des dossiers de démantèlement. Pour ce faire, elle peut faire appel à l'expertise de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), son principal appui technique pour préparer ses positions. Elle peut également solliciter, pour les dossiers à forts enjeux, l'avis du Groupe permanent d'experts pour le démantèlement, réunissant des personnes qualifiées issues, par exemple, de la société civile ou d'organismes institutionnels.

Quels sont les points d'attention particuliers de l'ASN pour un démantèlement ?

L'ASN encadre l'ensemble du processus de démantèlement, qui fait l'objet d'inspections au même titre que lors du fonctionnement de l'installation. Elle s'assure que les mesures de prévention des risques prévues par la réglementation sont respectées, ainsi que les échéances fixées pour la réalisation du démantèlement.

Elle porte une attention particulière à la radioprotection des travailleurs, compte tenu des risques nouveaux engendrés par les opérations de démantèlement, et à la réduction de leurs conséquences sur l'environnement. Enfin, elle encadre et surveille la gestion des déchets radioactifs de l'installation.

* *Voir glossaire page 30*

Le démantèlement de la centrale nucléaire de Fessenheim servira-t-il de « laboratoire » pour les réacteurs qui seront arrêtés dans les années à venir ?

En France, les 56 réacteurs du parc électronucléaire en fonctionnement* sont tous des REP et, si leur puissance varie d'un réacteur à l'autre, leur conception est similaire.

Le retour d'expérience du démantèlement des deux réacteurs de Fessenheim sera précieux pour ceux qui suivront dans les années à venir. Il viendra compléter celui déjà acquis sur le démantèlement en cours de Chooz A.

En outre, ces démantèlements bénéficient d'un retour d'expérience international significatif : 42 REP sont en cours de démantèlement dans le monde à l'heure actuelle.

Comment le démantèlement est-il financé ? Ces charges sont-elles anticipées ?

Les exploitants doivent prendre en charge le démantèlement (et toutes les opérations qui lui sont liées) de leurs installations, sur la base du principe du « pollueur-payeur ».

Ils sont tenus de provisionner l'ensemble des coûts liés au démantèlement et à la gestion des déchets et doivent donc constituer un « portefeuille d'actifs dédiés à hauteur des charges anticipées ». Celui-ci est sous le contrôle direct de l'État, à partir d'une analyse des options raisonnablement envisageables pour conduire toutes les opérations.

Ce dispositif de sécurisation financière est défini dans le code de l'environnement et prend en compte le démantèlement, y compris l'assainissement des structures et des sols, ainsi que la gestion des déchets et des combustibles usés.

Chaque année, l'ASN réalise un baromètre mesurant l'opinion du grand public et des riverains des centrales nucléaires vis-à-vis de la sûreté nucléaire en France, et leurs positions concernant l'énergie nucléaire.

L'une des questions traite du démantèlement.

Pensez-vous que les installations nucléaires seront démantelées dans des bonnes conditions de sûreté ?

GRAND PUBLIC

Oui	Non
40 %	46 %

RIVERAINS D'INB* 0-10KM

Oui	Non
49 %	40 %

PUBLIC AVERTI

Oui	Non
72 %	26 %

Le grand public et les riverains restent partagés sur le fait que les installations seront démantelées dans de bonnes conditions tandis que le public averti (journalistes, politiques/élus locaux, enseignants, professionnels de la santé, militants associatifs, etc.) est beaucoup plus confiant.

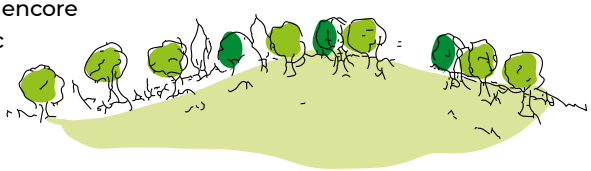
Enquête réalisée par KANTAR Public, entre octobre et décembre 2019, auprès de 2309 personnes : Ensemble – n = 2007 pour le grand public (dont 329 pour les riverains d'INB* 0-10 km) / n = 302 pour le public averti.

VOS QUESTIONS, NOS RÉPONSES

Que peut devenir le site d'une INB* une fois le démantèlement achevé et l'installation « déclassée » ?

À l'issue de son démantèlement, une INB* peut être déclassée sur décision de l'ASN. En vue de ce déclassement*, l'exploitant soumet à l'ASN un dossier faisant le bilan sur les opérations de démantèlement qui ont été conduites et justifiant l'atteinte des objectifs de propreté fixés par l'ASN. Une fois « déclassée », l'installation n'est plus soumise au régime juridique des installations nucléaires.

En fonction de l'état final atteint, l'ASN peut conditionner le déclassement* d'une INB* à la mise en place de servitudes d'utilité publique* qui déterminent **un certain nombre de restrictions d'usage du site (et des bâtiments s'il en reste), ou de mesures de précaution qui devront être respectées.** Une installation déclassée peut par exemple, selon son état de propreté radiologique, avoir vocation à devenir un nouveau site industriel, nucléaire ou non, ou encore accueillir des établissements recevant du public (bureaux, zone d'activité commerciale, etc.).



Où en est le démantèlement du réacteur nucléaire de la centrale de Brennilis, dans les Monts d'Arrée ?

Le réacteur de la centrale nucléaire de Brennilis (INB 162), était un prototype de réacteur de puissance fonctionnant à l'eau lourde. Il a été exploité par le CEA, puis par EDF, et a été arrêté en 1985 après 18 ans de fonctionnement. Le combustible nucléaire a été complètement évacué de l'installation, et le démantèlement des équipements de l'installation à l'exception du « bloc réacteur » (échangeurs, station de traitement des effluents, hangar à déchets, etc.) est aujourd'hui achevé.



Le démantèlement du bâtiment réacteur fait aujourd'hui l'objet de l'instruction d'un dossier spécifique, en vue de la parution d'un nouveau décret de démantèlement. Ce projet a fait l'objet d'une enquête publique. Les opérations de démantèlement du bloc réacteur, réalisées par des moyens téléopérés dans un espace assez restreint, seront complexes en raison de la forte imbrication des matériels. La fin du démantèlement de Brennilis est prévue dans les années 2040 et l'état final envisagé est, à date, la déconstruction complète des bâtiments.

* Voir glossaire page 30

LA PAROLE DES CLI ET DE L'ANCCLI



Depuis plusieurs années, les commissions locales d'information (CLI) et l'Association nationale des comités et commissions locales d'information (Anccli) s'intéressent au suivi du démantèlement (deux Livres Blancs ont été élaborés en 2017 et 2021).

Dans ces ouvrages, la question de la continuité du suivi exercé par les CLI, dont la conservation de la mémoire sur plusieurs générations, s'est posée. Pour préserver cette mémoire, les CLI et l'Anccli se proposent de créer un Comité national d'archivage de leurs travaux.

Pour plus d'informations, scannez ce QRcode.

Les CLI et l'Anccli ont également soulevé la nécessité :

■ de conforter leurs rôles

- Elles souhaiteraient ainsi être mieux informées et plus impliquées, lors des mises à jour du plan de démantèlement et durant les opérations de démantèlement.
- L'ASN a récemment proposé aux CLI et à l'Anccli de travailler à la rédaction du guide « Plan de démantèlement » de l'ASN, à destination des exploitants. La volonté commune est bien une implication des CLI tout au long du processus de démantèlement.

■ de garantir la participation du public

- La perspective de l'arrêt de réacteurs nucléaires entraînera des aspects génériques dans les opérations de démantèlement. Les CLI et l'Anccli demandent la mise en place d'un processus participatif portant, d'une part, sur les aspects génériques des démantèlements de réacteurs appartenant à la même famille ; d'autre part, sur la gestion des déchets de très faible activité issus du démantèlement.
- Par ailleurs, les CLI et l'Anccli seront vigilantes au respect des décisions réglementaires ainsi qu'aux conditions de modifications éventuelles de calendriers (par exemple, le démantèlement des réacteurs UNGG).

■ de s'assurer de pouvoir démanteler

- Les CLI et l'Anccli rappellent que la sécurisation du financement et des moyens humains est une condition clé de la réussite des opérations de démantèlement et du traitement des déchets qui seront produits.

GLOSSAIRE

Affouillement : creusement volontaire d'un sol par extraction de terre en raison de travaux sur un terrain (par exemple, creusement des fondations d'une construction).

ALARA *(As Low As Reasonably Achiveable* – aussi faible que raisonnablement possible) : principe d'optimisation de la protection, qui a pour finalité de réduire l'exposition aux rayonnements ionisants reçue par chaque personne jusqu'au niveau le plus faible qu'il est raisonnablement possible d'atteindre, compte tenu des contraintes techniques et économiques.

Cascade de diffuseurs : ensemble de gros équipements et tuyauteries qui représentent le cœur du procédé de diffusion gazeuse et qui sert à l'enrichissement de l'uranium en isotope 235.

Chaîne blindée : dispositif de radioprotection qui permet de manipuler à distance des produits irradiants ou chimiques.

Conversion : ensemble de transformations chimiques permettant d'obtenir l'hexafluorure d'uranium (UF_6) à partir du minerai d'uranium en vue de son enrichis-sement, de son entreposage, ou pour la fabrication du combustible nucléaire.

Déclassement : consiste à retirer une installation de la liste des INB, ce qui suppose que l'installation n'est plus, dès lors, soumise au régime juridique et administratif des INB.

« En air » (démantèlement) : il s'agit, par opposition à un démantèlement « sous eau », d'opérations de démantèlement qui sont directement réalisées dans l'air ambiant, sans eau pour limiter la dispersion de la contamination ou atténuer le débit de dose.

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 respectivement « enrichie » et « appauvrie » en l'isotope recherché. L'enrichissement de l'uranium en isotope 235 (^{235}U) vise à le rendre efficacement utilisable comme combustible dans les centrales nucléaires. Ainsi l'uranium constitué, à l'état naturel, de 0,7 % d'uranium-235, ^{235}U (fissile) et à 99,3 % d'uranium-238, ^{238}U (non fissile) est enrichi en uranium-235 dont la proportion sera portée de l'ordre de 3 à 4 %.

Hexafluorure d'uranium – UF_6 : l'uranium contenu dans les combustibles nucléaires doit être enrichi en isotope 235 fissile. Avant d'être enrichi, l'uranium est tout d'abord converti en un gaz appelé « hexafluorure d'uranium ».

ICPE : installation classée pour la protection de l'environnement. Installation soumise, du fait de son impact potentiel sur le public et l'environnement, à la réglementation définie par le titre I^{er} du livre V du code de l'environnement.

INB : installation nucléaire de base. Installation soumise, de par sa nature ou en raison de la quantité ou de l'activité des substances radioactives qu'elle contient, à un régime de contrôle particulier, défini par le code de l'environnement et l'arrêté du 7 février 2012.

Inventaire radiologique dispersable : quantité de substances radioactives susceptible d'être impliquée dans un incident ou un accident.

Particules alpha : facilement absorbées par la matière, les particules alpha ne peuvent parcourir que quelques centimètres dans l'air. Elles peuvent être arrêtées par une feuille de papier ou par la partie externe de la peau et ne sont donc, en général, pas dangereuses pour la santé – sauf si la source est inhalée ou ingérée.

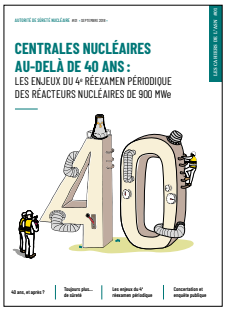
Projet complexe : projet qui présente un grand nombre d'éléments interdépendants pouvant interagir au même moment et conduire à des résultats imprévisibles susceptibles d'impacter fortement les objectifs du projet.

RCD : reprise et conditionnement des déchets anciens. Cette opération consiste à récupérer des déchets historiques, entreposés en vrac, ou dans des colis anciens voire dégradés, et à les reconditionner dans des colis de déchets qui répondent aux normes de sûreté actuelles. À titre d'exemple, ces déchets peuvent être des substances non valorisables issues des combustibles usés des centrales graphite – gaz et à eau légère (produits de fission et structures métalliques des combustibles usés), ainsi que des déchets générés par l'exploitation des procédés de retraitement (solvants, résidus de traitement des effluents, résines échangeuses d'ions, etc.).

Servitudes d'utilité publique : en fonction de l'état final atteint sur un site, des servitudes d'utilité publique peuvent être instituées en tenant compte des prévisions d'utilisation ultérieure du site et des bâtiments. Celles-ci peuvent contenir un certain nombre de mesures de restriction d'usage (limitation à un usage industriel par exemple) ou de mesures de précaution (mesures radiologiques en cas d'affouillement, etc.). L'ASN peut subordonner le déclassement* d'une INB à l'instauration de telles servitudes.

Sources radioactives scellées : sources dont la structure ou le conditionnement empêche, en utilisation normale, toute dispersion de substances radioactives dans le milieu ambiant.

« Sous eau » (démantèlement) : technique de découpe mécanique qui garantit la radioprotection des travailleurs ainsi qu'une visibilité lors des opérations.









Les cahiers de l'ASN sont disponibles
en téléchargement sur ***asn.fr***

Éditeur : Autorité de sûreté nucléaire (ASN)
15-21, rue Louis Lejeune, 92120 Montrouge

Directeur de la publication : Bernard Doroszczuk, Président de l'Autorité de sûreté nucléaire
Rédactrice en chef : Marie-Christine Bardet
Rédacteur en chef adjoint : Max Robin
Secrétaire de rédaction : Fabienne Covard

Ce numéro a été réalisé avec la Direction des déchets, des installations de recherche et du cycle (DRC) de l'ASN.

Remerciements à Sarah Kassimi, Cheffe du bureau des démantèlements de réacteurs et de l'amont du cycle et aux chargé.e.s d'affaires de la DRC et des divisions de l'ASN.

Conception et réalisation : BRIEF

Illustrations : Jonathan Shalev/BRIEF

Impression : Imprimerie Fabrègue, 87500 Saint-Yrieix-la-Perche
ISSN : 2647-8005 (version imprimée)
2648-7683 (version en ligne)

Date de parution : juin 2022

AUTORITÉ
DE SÛRETÉ
NUCLÉAIRE

15-21, rue Louis Lejeune – 92120 Montrouge – Tél. : +33 (0)1 46 16 40 00