

CHAPITRE 13

LE DÉMANTÈLEMENT DES INSTALLATIONS NUCLÉAIRES DE BASE



1 Le cadre juridique et technique du démantèlement P.344

- 1.1 Les enjeux du démantèlement
- 1.2 La doctrine de l'ASN en matière de démantèlement
 - 1.2.1 Le démantèlement immédiat
 - 1.2.2 L'assainissement complet
- 1.3 L'encadrement du démantèlement
- 1.4 Le financement du démantèlement et de la gestion des déchets radioactifs

2 La situation des installations nucléaires en démantèlement : enjeux spécifiques P.347

- 2.1 Les réacteurs électronucléaires
 - 2.1.1 Les réacteurs électronucléaires à eau sous pression
 - 2.1.2 Les réacteurs électronucléaires autres que les réacteurs à eau sous pression
- 2.2 Les installations de recherche
 - 2.2.1 Les laboratoires de recherche
 - 2.2.2 Les réacteurs de recherche
- 2.3 Les installations de l'amont du « cycle du combustible nucléaire »
- 2.4 Les installations de l'aval du « cycle du combustible nucléaire »
- 2.5 Les installations support (entreposage, traitement des effluents et de déchets radioactifs)

3 Les actions de l'ASN dans le champ des installations en démantèlement : une approche graduée P.352

- 3.1 L'approche graduée en fonction des enjeux des installations
- 3.2 Le retour d'expérience de Fukushima
- 3.3 Les réexamens périodiques des installations en démantèlement
- 3.4 Financement du démantèlement : avis de l'ASN sur les rapports triennaux

4 Évaluation des stratégies de démantèlement des exploitants P.353

- 4.1 Évaluation de la stratégie d'EDF
- 4.2 Évaluation de la stratégie d'Orano
- 4.3 Évaluation de la stratégie du CEA

Annexe P.355

Liste des installations nucléaires de base en cours de démantèlement ou déclassées au 31 décembre 2020

Le démantèlement des installations nucléaires de base

Le terme de [démantèlement](#) couvre l'ensemble des activités, techniques et administratives, réalisées après l'arrêt définitif d'une installation nucléaire à l'issue desquelles l'installation peut être déclassée, opération administrative consistant à retirer l'installation de la liste des installations nucléaires de base (INB). Ces activités comprennent l'évacuation des [matières radioactives et des déchets](#) encore présents dans l'installation et les opérations de démontage des matériels, composants et équipements utilisés pendant le fonctionnement. L'exploitant procède, ensuite, à l'assainissement des locaux et des sols et réalise, éventuellement, des opérations de destruction de structures de génie civil.

Les opérations de démantèlement et d'assainissement visent à atteindre un état final prédéfini pour lequel la totalité des substances dangereuses, y compris non radioactives, a été évacuée de l'installation nucléaire.

Le démantèlement d'une installation nucléaire est prescrit par décret pris après avis de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN). Cette phase de vie des installations est caractérisée

par une succession d'opérations souvent longues, coûteuses, produisant des quantités massives de déchets. Les installations en démantèlement subissent des changements continus, qui modifient la nature des risques et constituent des défis pour les exploitants en matière de gestion de projet.

En 2020, 36 installations nucléaires de tout type (réacteurs de production d'électricité ou de recherche, laboratoires, usine de retraitement de combustible, installations de traitement de déchets, etc.) étaient arrêtées ou en cours de démantèlement en France, ce qui correspond à plus du quart des INB en exploitation. L'ASN instruit, au 31 décembre 2020, 18 dossiers de démantèlement d'installation définitivement arrêtée, dont le démantèlement n'a pas été encore prescrit ou dont les conditions de démantèlement sont substantiellement modifiées.

L'année 2020 a notamment été marquée par l'arrêt des deux réacteurs de la centrale nucléaire de Fessenheim d'EDF en février et juin 2020, suivi du dépôt du dossier de démantèlement de l'INB.

1. Le cadre juridique et technique du démantèlement

1.1 Les enjeux du démantèlement

La réalisation dans les délais des opérations de démantèlement, souvent longues et coûteuses, constitue un défi pour les exploitants en matière de gestion de projet, de maintien des compétences ainsi que de coordination des différents travaux, qui font intervenir de nombreuses entreprises spécialisées. En effet, le démantèlement est plutôt caractérisé par une succession d'opérations que par un état de production, et donc par des risques évolutifs. Certains risques, notamment le risque de rejets importants hors du site, diminuent car la quantité de substances radioactives diminue. Mais les travaux réalisés, parfois au plus près des substances radioactives, présentent des enjeux de radioprotection importants pour les travailleurs. D'autres risques augmentent, comme le risque de dissémination de substances radioactives dans l'environnement ou certains risques classiques, comme les risques de chutes de charges liées aux manutentions de gros composants sur des chantiers en hauteur, d'incendies ou de brûlures lors de travaux par points chauds avec présence de matériaux combustibles, d'anoxie lors de chantiers confinés, d'instabilité de structures partiellement démontées, de risques chimiques durant les opérations de décontamination.

L'un des enjeux majeurs du démantèlement d'une installation est lié à la production d'un grand volume de [déchets](#) au regard de celui lié au fonctionnement. Il est nécessaire d'apprécier l'ampleur et la difficulté des travaux dès que possible dans la

vie des installations (dès la conception si possible), afin d'assurer le démantèlement des installations en toute sûreté et dans des délais aussi courts que possible.

Le bon déroulement des opérations de démantèlement est également conditionné par la disponibilité des installations « support » au démantèlement (installations d'entreposage, de traitement et de conditionnement des déchets, installations de traitement d'effluents) et de filières de gestion adaptées à l'ensemble des déchets susceptibles d'être produits. Lorsque la disponibilité des exutoires finaux aux dates annoncées est remise en cause, les exploitants, de façon prudente, doivent mettre en place les installations nécessaires à l'entreposage sûr de leurs déchets, dans l'attente de l'ouverture de la filière de stockage correspondante. Ce point fait d'ailleurs l'objet de prescriptions dans le [décret du 23 février 2017](#) établissant les prescriptions du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs 2016-2018 ([PNGMDR](#)) (voir chapitre 14).

L'ASN considère ainsi que la gestion des déchets issus des opérations de démantèlement constitue un point crucial pour le bon déroulement des programmes de démantèlement (disponibilité des filières, gestion des flux de déchets). Ce sujet fait l'objet d'une attention particulière lors de l'évaluation des stratégies de démantèlement et de gestion des déchets établies par le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA), EDF et Orano (voir point 4).

Les démantèlements des installations anciennes du CEA et des usines de première génération d'Orano (en particulier les usines qui ont concouru à la politique de dissuasion de la France, comme les usines de diffusion gazeuse de l'installation nucléaire de base secrète (INBS, périmètre défense) de Pierrelatte au Tricastin et l'usine UP1 de l'INBS de Marcoule) vont conduire à une production très importante de déchets de très faible activité (TFA). Cette production importante dans les décennies à venir, non anticipée et incompatible avec le dimensionnement actuel du Cires⁽¹⁾, a conduit aux travaux d'un groupe de travail du PNGMDR, dont sont issues plusieurs pistes de réflexion, parmi lesquelles la création d'un nouveau stockage centralisé, le recyclage éventuel de certains déchets ou leur stockage sur place. L'ASN a pris position en 2020 sur les études transmises à ce sujet par les exploitants (voir chapitre 14).

1.2 La doctrine de l'ASN en matière de démantèlement

De nombreux facteurs peuvent influencer le choix d'une stratégie de démantèlement plutôt qu'une autre : la réglementation nationale, les facteurs socio-économiques, le financement des opérations, la disponibilité de filières d'élimination de déchets, de techniques de démantèlement, de personnel qualifié, du personnel présent lors de la phase de fonctionnement, l'exposition du personnel et du public aux rayonnements ionisants induits par les opérations de démantèlement, etc. Ainsi, les pratiques et la réglementation diffèrent d'un pays à l'autre.

1.2.1 Le démantèlement immédiat

Le principe de démantèlement dans des délais aussi courts que possible figure dans la réglementation applicable aux INB ([arrêté du 7 février 2012](#) fixant les règles générales relatives aux INB). Ce principe, affirmé depuis 2009 par l'ASN en matière de démantèlement et de déclassement des INB, a été inscrit au niveau législatif par la [loi n° 2015-992 du 17 août 2015](#) relative à la transition énergétique pour la croissance verte. Cette stratégie permet notamment de ne pas faire porter le poids du démantèlement sur les générations futures, sur les plans technique et financier. Elle permet également de bénéficier des connaissances et compétences des équipes présentes pendant le fonctionnement de l'installation, indispensables notamment lors des premières opérations de démantèlement.

La stratégie adoptée en France vise à ce que :

- l'exploitant prépare le démantèlement de son installation dès la conception de celle-ci ;
- l'exploitant anticipe le démantèlement et envoie son dossier de démantèlement avant l'arrêt du fonctionnement de son installation ;
- l'exploitant dispose de ressources financières pour assurer le financement du démantèlement, en couvrant les charges qu'il anticipe par des actifs dédiés ;
- les opérations de démantèlement se déroulent « dans un délai aussi court que possible » après l'arrêt de l'installation, délai qui peut néanmoins varier de quelques années à quelques décennies selon la complexité de l'installation.

1.2.2 L'assainissement complet

Les opérations de démantèlement et d'assainissement d'une installation nucléaire doivent conduire progressivement à l'élimination des substances dangereuses, en particulier les substances

radioactives issues des phénomènes d'activation ou de dépôt, et d'éventuelles migrations de la contamination, dans les structures des locaux de l'installation, voire dans les sols du site, en vue du déclassement de l'installation.

La démarche de référence de l'ASN, déclinée dans sa doctrine, demande que les exploitants mettent en œuvre des pratiques de démantèlement et d'assainissement, tenant compte des meilleures connaissances scientifiques et techniques du moment et dans des conditions économiques acceptables, visant à atteindre un état final pour lequel la totalité des substances dangereuses et radioactives a été évacuée de l'INB. 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. Il doit en tout état de cause apporter les éléments, d'ordre technique ou économique, justifiant que cette première solution de gestion ne peut être mise en œuvre et que les opérations d'assainissement ne peuvent être davantage poussées avec les meilleures méthodes et techniques d'assainissement et de démantèlement disponibles dans des conditions économiques acceptables.

Conformément aux principes généraux de radioprotection, l'impact dosimétrique du site sur les travailleurs et le public après déclassement doit être aussi faible que raisonnablement possible (principe ALARA⁽²⁾). 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 la réutilisation du site. En particulier, l'atteinte d'un seuil avec une exposition conduisant à une dose efficace annuelle de 300 microsieverts (μSv) – le tiers de la dose limite annuelle de 1 millisievert (mSv) pour le public –, dans toutes les situations envisagées et envisageables n'est acceptable qu'après la démonstration de la prise en compte d'un processus d'optimisation, conformément aux textes de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) sur la libération inconditionnelle d'un site pollué par des substances radioactives.

L'ASN a ainsi mis à jour et publié en 2016 le guide relatif aux opérations d'assainissement des structures ([Guide n°14](#), disponible sur [asn.fr](#)). Les dispositions de ce guide ont déjà été mises en œuvre dans de nombreuses installations, présentant des caractéristiques variées : réacteurs de recherche, laboratoires, usines de fabrication de combustible, etc. L'ASN a également publié en 2016 un guide relatif à la gestion des sols pollués dans les installations nucléaires ([Guide n°24](#), disponible sur [asn.fr](#)).

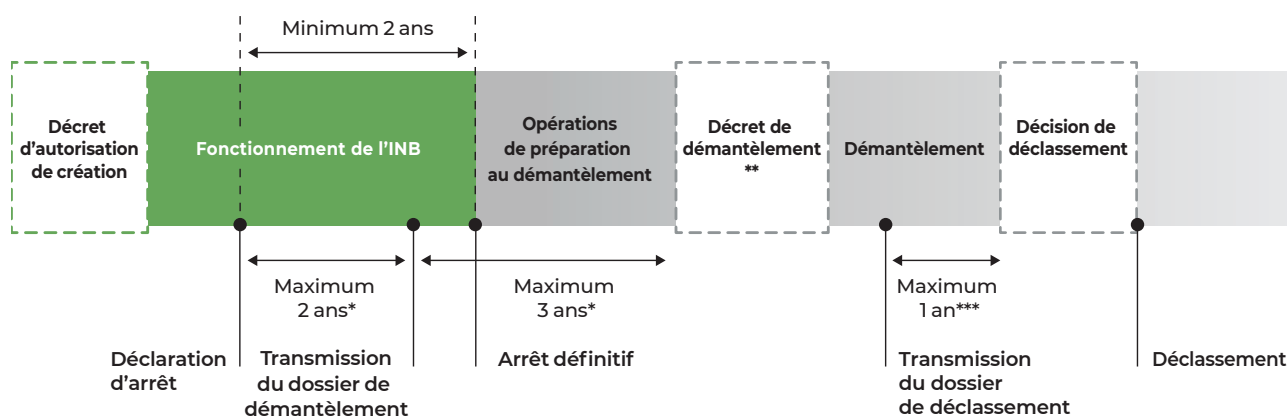
1.3 L'encadrement du démantèlement

Dès lors qu'une INB est définitivement arrêtée, celle-ci doit être démantelée. Elle change donc de finalité par rapport à ce pour quoi sa création a été autorisée, le décret d'autorisation de création spécifiant notamment les conditions de fonctionnement de l'installation. Par ailleurs, les opérations de démantèlement impliquent une évolution des risques présentés par l'installation. En conséquence, ces opérations ne peuvent être réalisées dans le cadre fixé par le décret d'autorisation de création. Le démantèlement d'une installation nucléaire est donc prescrit par un nouveau décret, pris après avis de l'ASN. Ce décret fixe, entre autres, les principales étapes du démantèlement, la date de fin du démantèlement et l'état final à atteindre. Dans le cadre de ses missions de contrôle, l'ASN vérifie la bonne mise en œuvre des opérations de démantèlement telles que prescrites par le décret de démantèlement.

1. Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (Cires) de Morvilliers (Aube), ainsi dénommé depuis octobre 2012. Il a été mis en service en 2003 sous le nom de centre de stockage des déchets de très faible activité (CSTFA).

2. Principe ALARA (As Low As Reasonably Achievable – au plus faible niveau que l'on peut raisonnablement atteindre).

Phases de vie d'une installation nucléaire de base



* Délai prorogeable de 2 ans dans certains cas.

** Le décret de démantèlement prend effet à la date à laquelle l'ASN approuve la révision des règles générales d'exploitation et au plus tard un an après la publication du décret.

*** Délai prorogeable d'un an.

Afin d'éviter le fractionnement des projets de démantèlement et d'améliorer leur cohérence d'ensemble, le dossier de démantèlement doit décrire explicitement l'ensemble des travaux envisagés, depuis l'arrêt définitif jusqu'à l'atteinte de l'état final visé, et expliciter, 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.

Compte tenu du fait que les opérations de démantèlement des installations complexes sont souvent très longues, le décret prescrivant le démantèlement peut prévoir qu'un certain nombre d'étapes feront l'objet, le moment venu, d'un accord préalable de l'ASN, sur la base de dossiers de sûreté spécifiques.

Le schéma ci-dessus décrit la procédure réglementaire associée.

L'exploitant doit justifier dans son dossier de démantèlement que les opérations de démantèlement seront réalisées dans un délai aussi court que possible.

La phase de démantèlement peut être précédée d'une étape de préparation au démantèlement, réalisée dans le cadre de l'autorisation d'exploitation initiale. Cette phase préparatoire permet notamment l'évacuation d'une partie des substances radioactives et chimiques, ainsi que la préparation des opérations de démantèlement (aménagement de locaux, préparation de chantiers, formation des équipes, etc.). C'est également lors de cette phase préparatoire que peuvent être réalisées les opérations de caractérisation de l'installation : cartographies radiologiques, collecte d'éléments pertinents (historique de l'exploitation) en vue du démantèlement. Le combustible d'un réacteur nucléaire peut être évacué lors de cette phase.

Le [code de l'environnement](#) prévoit que la sûreté d'une installation en phase de démantèlement, comme celle de toutes les autres INB, soit réexaminée périodiquement, au moins tous les 10 ans. L'objectif de l'ASN est de s'assurer par ces [réexamens périodiques](#) que l'installation respecte les dispositions de son décret de démantèlement et les exigences de sûreté et de radioprotection associées jusqu'à son déclasser, en appliquant les principes de la [défense en profondeur](#) propres à la sûreté nucléaire.

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

plus du régime concerné. L'exploitant doit notamment fournir, à l'appui de sa demande de déclasser, 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 déclasser 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 (limitation à un usage industriel, par exemple) ou de mesures de précaution (mesures radiologiques en cas d'affouillement³, etc.).

1.4 Le financement du démantèlement et de la gestion des déchets radioactifs

Le [code de l'environnement](#), dans ses articles L. 594-1 à L. 594-10 et D. 594-1 à D. 594-18, 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. Ce dispositif est précisé par l'[arrêté du 21 mars 2007](#) relatif à la sécurisation du financement des charges nucléaires.

Il vise à sécuriser le financement des charges nucléaires, en respectant le principe « pollueur-payeur ». Les exploitants nucléaires doivent ainsi prendre en charge ce financement, par la constitution d'un portefeuille d'actifs dédiés, à hauteur des charges anticipées. 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. La direction générale du trésor (DGT) et la direction générale de l'énergie et du climat (DGE) constituent l'autorité administrative compétente pour ce contrôle. Dans tous les cas, ce sont les exploitants nucléaires qui restent responsables du bon financement de leurs charges de long terme.

Ces charges se répartissent en cinq catégories :

- les charges de démantèlement, hors gestion à long terme des colis de déchets radioactifs ;
- les charges de gestion des combustibles usés, hors gestion à long terme des colis de déchets radioactifs ;

3. L'affouillement est le creusement volontaire d'un sol par extraction de terre en raison de travaux sur un terrain (par exemple creusement des fondations d'une construction).

- les charges de reprise et conditionnement de déchets anciens, hors gestion à long terme des colis de déchets radioactifs ;
- les charges de gestion à long terme des colis de déchets radioactifs ;
- les charges de surveillance après fermeture des stockages.

L'évaluation des charges considérées doit être effectuée selon une méthode reposant sur une analyse des options raisonnablement envisageables pour conduire les opérations, sur le choix prudent d'une stratégie de référence, sur la prise en compte des incertitudes techniques et des aléas de réalisation et sur la prise en compte du retour d'expérience.

2. La situation des installations nucléaires en démantèlement : enjeux spécifiques

À la fin de l'année 2020, 36 installations sont définitivement arrêtées ou en cours de démantèlement en France. Il est prévu qu'une dizaine d'installations supplémentaires soient arrêtées dans les années qui viennent (voir carte ci-après). Ces installations sont très variées (réacteurs électronucléaires, réacteurs de recherche, installations du « cycle du combustible », installations support, etc.) et les enjeux du démantèlement peuvent être très différents d'une installation à l'autre. Ces enjeux sont cependant tous liés à la quantité importante de déchets à gérer pendant le démantèlement. Les enjeux de sûreté et de radioprotection sont d'autant plus élevés que les installations contiennent des déchets historiques ; c'est le cas, en particulier, des anciennes usines de traitement de combustibles irradiés d'Orano Cycle ou des anciennes installations d'entreposage du CEA.

2.1 Les réacteurs électronucléaires

2.1.1 Les réacteurs électronucléaires à eau sous pression

Le premier chantier de démantèlement des réacteurs électronucléaires à eau sous pression (REP) en France est celui du réacteur [Chooz A](#) (INB 163). Il s'agit d'un modèle réduit par rapport aux 56 réacteurs électronucléaires en fonctionnement. Le démantèlement de Chooz A est autorisé par décret depuis 2007. Il présente quelques difficultés techniques particulières liées à sa construction dans une caverne ; certaines opérations sont plus complexes, telle l'extraction de gros composants comme les générateurs de vapeur. Le démantèlement de la cuve de Chooz A et de ses équipements internes est en cours et devrait se poursuivre dans les délais prescrits par le décret. Le démantèlement des REP est détaillé dans l'encadré ci-après.

2.1.2 Les réacteurs électronucléaires autres que les réacteurs à eau sous pression

Les réacteurs électronucléaires autres que les REP correspondent tous à des prototypes industriels. Ce sont les réacteurs de première génération de type uranium naturel-graphite-gaz ([UNGG](#)) ainsi que le réacteur à eau lourde [EL4-D](#) sur le site de Brennilis, et les réacteurs à neutrons rapides refroidis au sodium, [Phénix](#) et [Superphénix](#).

Certains de ces réacteurs sont arrêtés depuis plusieurs décennies, ce qui a conduit à la perte de la connaissance de l'installation et de son exploitation ainsi que des compétences associées à ces réacteurs.

Le démantèlement de ces réacteurs est caractérisé par l'absence de retours d'expérience national et international.

Comme pour les REP, le démantèlement commence par le retrait du combustible nucléaire, qui permet de retirer 99 % de la radioactivité présente dans l'installation. Les puissances thermiques de ces réacteurs étant assez élevées (toutes supérieures

Une convention, signée entre l'ASN et la DGEC, pour le [contrôle des charges de long terme](#) par l'ASN, définit :

- les conditions dans lesquelles l'ASN produit les avis qu'elle est chargée de remettre, en application de l'article D. 594-13 du code de l'environnement, sur la cohérence de la stratégie de démantèlement et de gestion des combustibles usés et déchets radioactifs ;
- les conditions dans lesquelles la DGEC peut faire appel à l'expertise de l'ASN, en application de l'article L. 594-4 du même code.

à 250 megawatts thermiques – MWth), leur démantèlement nécessite la découpe et le retrait de pièces activées du cœur du réacteur. Des moyens téléopérés sont donc mis en œuvre dans ces zones fortement irradiantes. Compte tenu de leur caractère unique, il est nécessaire de concevoir et réaliser des opérations spécifiques et complexes pour les démanteler.

Les réacteurs UNGG ont la particularité d'être des réacteurs de grandes dimensions et très massifs, nécessitant notamment des techniques de découpe et d'accès innovantes, dans des conditions d'irradiation élevées. Le démantèlement de ces réacteurs conduira EDF à gérer des volumes de déchets significatifs. L'exutoire final de certains de ces déchets est en cours de définition, comme les briques de graphite pour lesquelles un stockage adapté aux déchets nucléaires de faible activité à vie longue (FA-VL) est envisagé.

Le démantèlement du réacteur prototype à eau lourde (EL4-D) a été ralenti, d'une part en raison de l'absence de retour d'expérience concernant les techniques de démantèlement à mettre en œuvre, d'autre part en raison d'aléas concernant l'installation de conditionnement et d'entreposage de déchets activés ([Iceda](#), voir le Panorama régional en introduction de ce rapport et le chapitre 14).

Le démantèlement des réacteurs refroidis au sodium (Phénix et Superphénix) n'est confronté à aucun obstacle technologique majeur. Les enjeux spécifiques résident principalement dans la maîtrise du risque d'incendie lié à la présence de sodium et la sûreté de ses procédés de traitement.

2.2 Les installations de recherche

2.2.1 Les laboratoires de recherche

Quatre laboratoires de recherche sont en cours de démantèlement ou en préparation au démantèlement. Il s'agit du laboratoire de haute activité ([LHA](#)) de Saclay (INB 49), du laboratoire de purification chimique ([LPC](#)) de Cadarache (INB 54), de l'atelier des matériaux irradiés ([AMI](#)) de Chinon (INB 94) et du laboratoire dénommé « [Procédé](#) » de Fontenay-aux-Roses (INB 165). Ces laboratoires ont démarré dans les années 1960 ; ils étaient dédiés à la recherche et développement, réalisée en soutien au développement de la filière électronucléaire en France.

De façon générale, les opérations de démantèlement à réaliser dans les laboratoires de recherche avant le déclassement se font en plusieurs étapes :

- l'évacuation des déchets historiques ou anciens ;
- le démontage des équipements électromécaniques et des enceintes de confinement ;
- l'assainissement des structures et des sols pollués par les activités de l'INB, s'il y a lieu.

Le démantèlement des réacteurs à eau sous pression

Le démantèlement des réacteurs à eau sous pression (REP) 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 6 ont d'ores et déjà été démantelés aux États-Unis. De plus, la conception de ces réacteurs facilite leur démantèlement par rapport à d'autres technologies de réacteur, notamment les réacteurs de première génération uranium naturel-graphite-gaz (UNGG). Le démantèlement de ce type d'installation ne présente ainsi pas d'enjeu technique majeur et sa faisabilité est acquise : selon le retour d'expérience international, la durée des opérations de démantèlement de ces réacteurs est d'environ une vingtaine d'années.

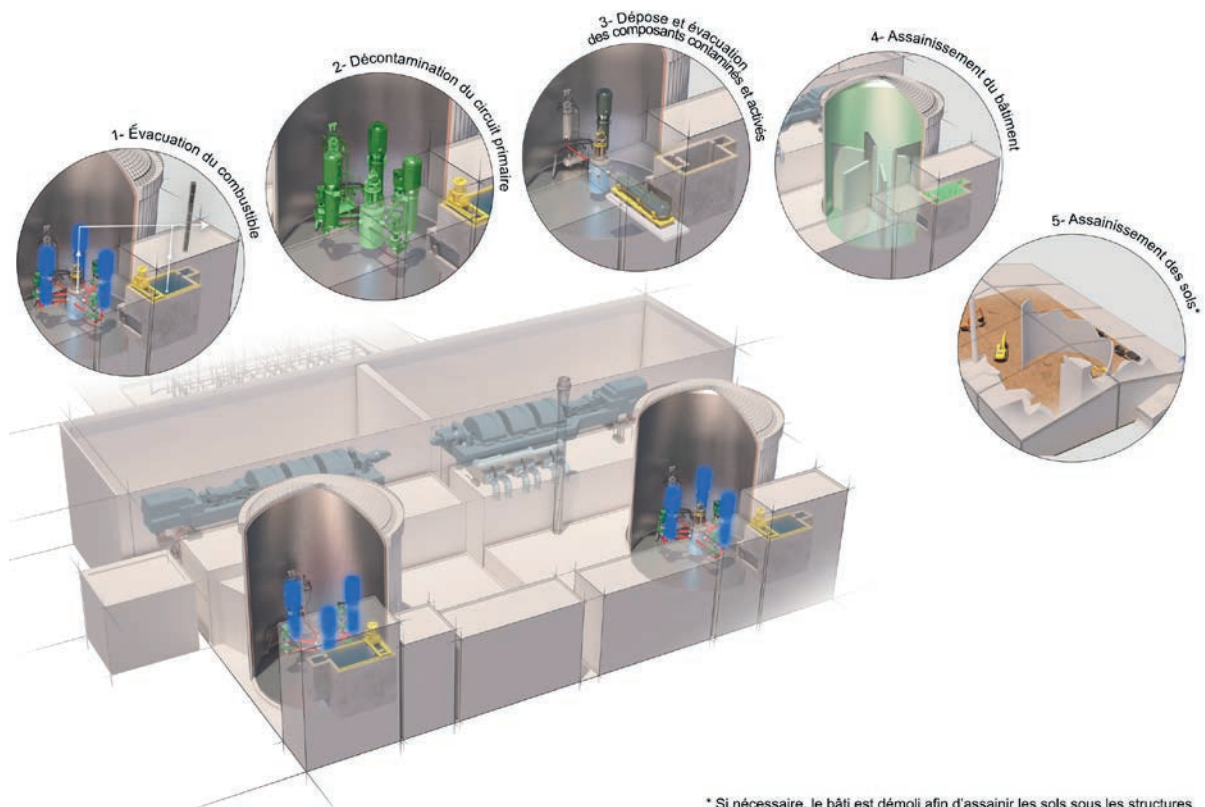
L'îlot nucléaire d'un REP est constitué de trois bâtiments principaux (voir chapitre 10, partie 1) : le bâtiment réacteur, le bâtiment combustible, et le bâtiment des auxiliaires nucléaires, abritant les installations de traitement des effluents, de ventilation et de filtration d'air. L'îlot conventionnel est quant à lui composé d'une salle des machines, abritant la turbine et l'alternateur permettant la production d'électricité.

Le démantèlement des installations nucléaires est précédé par une phase d'opérations préparatoires au démantèlement (OPDEM). Pour un REP, l'opération principale lors de cette phase préparatoire consiste à décharger le combustible du cœur, qui sera entreposé dans la piscine de désactivation, puis évacué de l'installation vers – pour la France – le site de La Hague pour traitement (voir chapitre 11). Le combustible concentre l'essentiel de la radioactivité de l'installation (environ 95%) : son évacuation conduit donc à une diminution notable du risque radiologique. La radioactivité résiduelle se trouve alors principalement dans le

circuit primaire. Dans le cadre du démantèlement de la centrale nucléaire de Fessenheim dont les deux réacteurs ont été définitivement arrêtés en 2020 (voir encadré dans le Panorama régional en introduction de ce rapport – région Grand Est), EDF envisage ainsi la décontamination de ce circuit lors des OPDEM, dans le but de diminuer l'exposition radiologique au cours du démantèlement. La phase de préparation au démantèlement comprendra en outre la transformation de la salle des machines en installation de traitement, conditionnement et entreposage des déchets.

Les opérations de démantèlement débutent après la parution du décret de démantèlement, qui prescrit les principales étapes du démantèlement de l'installation. Le démantèlement du bâtiment réacteur débute par la dépose du circuit primaire, puis le démantèlement de la cuve. En parallèle, les circuits des autres bâtiments de l'îlot nucléaire sont également démantelés. Une fois la totalité des matériels démantelés et des déchets évacués, 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, EDF est l'unique exploitant des REP existants. Leur démantèlement a débuté par celui du réacteur Chooz-A en 2007, un REP de puissance limitée situé dans une caverne. 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 un retour d'expérience intéressant.



La déconstruction des structures et du génie civil, s'il y a lieu, peut être réalisée de manière conventionnelle après leur assainissement complet. Néanmoins, dans certains cas de structures très contaminées, il est nécessaire de réaliser cette déconstruction au cours des étapes du démantèlement, leur stabilité ne pouvant plus être garantie une fois qu'elles sont assainies. Dans ce cas, la déconstruction, réalisée avec les techniques spécifiques du nucléaire, est une étape nécessaire au déclassement.

Ces installations très anciennes sont toutes confrontées à la problématique de gestion des déchets dits « historiques », entreposés sur place à une époque où les filières de gestion n'avaient pas été mises en place : déchets nucléaires de moyenne activité à vie longue (MA-VL), déchets sans filière (par exemple : amiante, mercure, etc.). Par ailleurs, des incidents ont eu lieu lors de leur exploitation, contribuant à l'émission de substances radioactives à l'intérieur et à l'extérieur des enceintes de confinement et à des pollutions plus ou moins importantes des structures et des sols, ce qui rend les démantèlements difficiles et longs.

Une des étapes les plus importantes – et parfois difficile du fait d'archives incomplètes – du démantèlement de ce type d'installation, consiste à établir le plus précisément possible l'inventaire des déchets et l'état radiologique de l'installation pour définir les étapes du démantèlement et les filières de gestion des déchets. En effet, des états initiaux incomplets et une caractérisation des déchets insuffisante conduisent à devoir réviser les étapes prévues et à des difficultés de conditionnement des déchets, préjudiciables à l'avancement du démantèlement.

Lorsque les déchets sont évacués, très souvent dans des entreposages intermédiaires, et les principaux équipements démontés à distance avec les moyens de manutention existants, il est le plus souvent nécessaire, pour poursuivre les travaux de démantèlement, d'ouvrir les barrières de confinement des substances radioactives afin d'éliminer les derniers équipements de procédé ou de recherche, ainsi que les tuyauteries, en utilisant, entre autres, des moyens de découpe et des moyens de manutention plus importants. Ces derniers présentent des risques et peuvent conduire à une dissémination de la matière radioactive, source potentielle de contamination interne et externe pour les intervenants qui opèrent au plus près et doivent être protégés. Ces travaux peuvent en outre être réalisés à proximité de sources de rayonnements qui induisent des risques d'exposition externe pour les intervenants.

2.2.2 Les réacteurs de recherche

À la fin de l'année 2020, neuf réacteurs expérimentaux sont définitivement arrêtés : [Rapsodie](#) (réacteur à neutrons rapides refroidi au sodium), [Masurca](#) (maquette critique), [Phébus](#) (réacteur d'essai), [Osiris](#) et [Orphée](#) (réacteurs de type « piscine »), [Éole](#) et [Minerve](#) (maquettes critiques), [Ulysse](#) et [Isis](#) (réacteurs d'enseignement). Tous sont en phase de préparation au démantèlement, sauf Ulysse, dont les opérations de démantèlement se sont achevées en août 2019. Ces réacteurs sont caractérisés par une puissance plus faible (de 100 watts thermiques à 70 mégawatts thermiques – MWth) que pour les réacteurs électronucléaires. Leur démantèlement n'avait pas été anticipé au moment de leur conception, dans les années 1960 à 1980. Par ailleurs, l'une des problématiques majeures du démantèlement est la mémoire de la conception et de l'exploitation de l'installation. Ainsi, le maintien de compétences et la phase de caractérisation de l'installation visant à définir son état initial (état de l'installation au début du démantèlement) présentent une importance cruciale. Au moment du démantèlement, ces installations présentent généralement un

faible terme source radiologique, puisque l'une des premières opérations consiste à évacuer le combustible usé lors des opérations préparatoires au démantèlement.

Les opérations de démantèlement d'un réacteur de recherche entraînent des risques évoluant rapidement du fait des nombreuses modifications de l'installation : peu à peu, les risques nucléaires laissent place aux risques industriels conventionnels, tels que le risque lié à la gestion de plusieurs chantiers simultanés, ou encore le risque chimique lors de la phase d'assainissement. L'un des principaux enjeux réside cependant dans la production importante de déchets TFA et dans leur gestion, afin d'assurer leur entreposage puis leur élimination par une filière appropriée.

Les réacteurs de recherche bénéficient d'un retour d'expérience significatif, lié au démantèlement de nombreuses installations similaires en France ([Siloé](#), [Siloette](#), [Mélusine](#), [Harmonie](#), Triton⁽⁴⁾), le réacteur universitaire de Strasbourg – [RUS](#)) et à l'international. Leur démantèlement se fait habituellement sur des durées de l'ordre de la dizaine d'années. La majorité de ces réacteurs a été démolie en filière conventionnelle après assainissement.

2.3 Les installations de l'amont du « cycle du combustible nucléaire »

Deux installations de l'amont du « cycle du combustible » en exploitation sont en démantèlement. Elles sont situées sur le site du Tricastin, l'une spécialisée dans l'[enrichissement de l'uranium](#) par [diffusion gazeuse \(INB 93\)](#), l'autre dans la conversion de l'uranium ([INB 105](#)).

Les matières radioactives mises en œuvre lors du fonctionnement de ces usines étaient uniquement des substances uranifères. Une des spécificités de ces installations réside dans la présence de contamination radioactive liée à la présence d'isotopes de l'uranium, émetteurs de particule « alpha ». Les enjeux de radioprotection sont donc en grande partie liés au risque de [contamination interne](#).

Par ailleurs, ces installations sont également des installations anciennes, dont l'historique de fonctionnement est mal connu. La détermination de l'état initial, et notamment 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 donc également un enjeu sur ces installations.

2.4 Les installations de l'aval du « cycle du combustible nucléaire »

Les installations civiles de l'aval du « cycle du combustible » sont constituées des piscines d'entreposage des combustibles usés, des usines de traitement des combustibles usés et des entreposages des déchets du procédé de traitement. Ces installations, exploitées par Orano, sont situées sur le site de [La Hague](#).

La première installation de traitement de La Hague a été mise en service en 1966, initialement pour le traitement du combustible des réacteurs de première génération UNGG. Cette installation, l'INB 33, dénommée [UP2-400](#), pour « unité de production 2-400 tonnes » (la première usine de traitement aujourd'hui en démantèlement est UP1, située dans l'INBS de Marcoule), a été définitivement arrêtée le 1^{er} janvier 2004 avec ses ateliers supports : la station de traitement des effluents [STE2](#) et l'atelier de traitement des combustibles usés [AT1](#) (INB 38), l'atelier

4. Triton fut l'un des premiers réacteurs de recherche très compacts et très souples, de type piscine, dénommés « MTR » (Material Test Reactor). Triton (6,5 MWth) fut implanté en 1959, à Fontenay-aux-Roses.



Nouvelle gestion de reprise des déchets à Saclay

L'INB 72, mise en service en 1971, regroupe les installations d'entreposage et de traitement des déchets radioactifs solides produits essentiellement par les réacteurs, laboratoires et ateliers implantés sur le centre de Saclay.

À la suite d'une réunion du groupe permanent d'expert en 2009, le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) s'est engagé dans un processus de reprise et d'évacuation des déchets afin de diminuer le terme source de l'installation. Cette démarche complexe, se poursuit actuellement par le projet de reprise et conditionnement des déchets (RCD) de cette installation, qui durera plusieurs décennies. L'INB 72 étant l'une des installations du CEA qui comporte le terme source mobilisable le plus important en cas d'accident, l'évacuation de ce terme source a été classée parmi les priorités une de la stratégie de démantèlement du CEA.

L'opération notable de cette phase de RCD est le futur procédé d'Évacuation des POUbelles de Combustibles (procédé EPOC), dont le projet et la démonstration de sûreté ont été présentés dans le cadre du dossier de démantèlement de l'INB 72 déposé en 2015.

L'objectif de ce procédé est de pouvoir reprendre, caractériser, trier et conditionner des fûts contenant un mélange de déchets et de morceaux de combustibles, actuellement entreposés dans 15 puits du bâtiment 114 (1). Compte tenu de leur état dégradé et de leur contenu, ces 144 fûts ne peuvent être traités par l'installation avec les moyens existants.

EPOC est une chaîne de procédé complexe composée d'une hotte de reprise (2), positionnée au-dessus des puits, permettant d'extraire les fûts à reprendre jusqu'à une cellule blindée de tri et traitement, à l'aide d'un chariot de transfert. L'ensemble «hotte de reprise»,

sert à définir, grâce à une caméra vidéo, l'état du fût puis sa stratégie de reprise, à l'aide de différents outils adaptés à l'état de dégradation du fût. La chaîne blindée, permet de traiter les fûts et de reconditionner les combustibles et les déchets contenus dans les fûts.

La hotte de reprise se positionne sur la plateforme d'accostage (3) verticalement, le fût est descendu dans la «chapelle», puis transféré jusqu'à la cellule de tri dans laquelle le combustible est mis en étui. Cet étui est transféré dans la cellule combustible adjacente et les autres déchets redescendent dans la chapelle pour être traités et conditionnés (4). Les combustibles reconditionnés sont par la suite introduits dans un emballage de transport, pour leur entreposage dans une installation dédiée.

Le poste de maintenance et d'essais (5) s'élève sur trois niveaux; il permet la maintenance des équipements de reprise et leur décontamination, ainsi que les essais des ponts des équipements et la formation des opérateurs.

La reprise des fûts se fera différemment selon leur état (6). Lorsque le fût est intègre, la hotte de reprise reprend le fût en un seul bloc et le transfère ainsi vers la cellule blindée. Lorsque le fût est dégradé, la hotte de reprise, munie d'un outil spécifique, découpe le couvercle du fût pour reprendre le contenant. Enfin, lorsque les fûts sont en ruine, le CEA a prévu des équipements spécifiques qui vont permettre de découper les différents contenants au sein du puits, ainsi qu'une pince pour récupérer le contenant et le contenu. Tous les débris sont mis dans des petits conteneurs. Une fois remplis, ils sont transférés jusqu'à la chaîne blindée pour être triés et conditionnés. Dans ce cas, le nombre de transferts est élevé, ce qui augmente le temps de reprise. Le désentreposage EPOC débutera ainsi approximativement en 2029, pour une durée évaluée à 15 ans.

La pandémie de Covid-19 a entraîné l'arrêt de nombreux chantiers de démantèlement au printemps 2020, compte tenu des restrictions de déplacement mises en place par le Gouvernement. Certains chantiers critiques de démantèlement et de reprise et conditionnement des déchets (RCD), notamment au sein des installations exploitées par Orano, à l'instar de celui de la cellule « haute activité oxyde » (HAO), ont tout de même pu poursuivre une partie de leurs activités. Ces arrêts ou ralentissements ont entraîné le décalage de quelques mois de l'atteinte de certains jalons, concernant notamment la réalisation de prélèvements ou encore la conduite effective de certaines opérations de démantèlement.

Par ailleurs, le recours généralisé au télétravail a également pu induire un retard dans la réalisation de certaines études ainsi que pour le dépôt de dossiers appelés par la réglementation. À l'issue du premier confinement, la reprise progressive des chantiers interrompus s'est déroulée de façon satisfaisante dans le respect des règles sanitaires en vigueur. Lors du deuxième confinement, les exploitants ont mis en œuvre des protocoles permettant la poursuite des chantiers, en restreignant le nombre de personnes sur site, conformément aux consignes gouvernementales. Ce fonctionnement adapté a permis aux exploitants de limiter les effets de la crise sur le déroulement des opérations de démantèlement.

de fabrication de sources radioactives [ELAN IIB](#) (INB 47) et l'atelier « haute activité oxyde » ([HAO](#)), créé pour le traitement des combustibles des réacteurs à « eau légère » (INB 80).

Contrairement aux déchets conditionnés directement en ligne que produisent les usines en fonctionnement [UP2-800](#) et [UP3-A](#), la majeure partie des déchets produits par la première usine de retraitement ont été entreposés sans être traités ni conditionnés. Le démantèlement se fait donc en parallèle des opérations de reprise et conditionnement des déchets anciens (RCD). Ces déchets sont très irradiants et sont composés d'éléments de structure issus du traitement de combustibles, de déchets technologiques, de gravats, de terres, de boues. Certains déchets ont été entreposés en vrac, sans tri préalable. Les opérations de reprise nécessitent donc des moyens de préhension téléopérés, des systèmes de convoyage, de tri, des systèmes de pompage des boues et de conditionnement des déchets. Le développement de ces moyens et la réalisation des opérations dans des conditions acceptables de sûreté et de radioprotection constituent un enjeu majeur pour l'exploitant. Ces opérations pouvant durer plusieurs décennies, la maîtrise du vieillissement est aussi un défi. Tenant compte des quantités, des formes physico-chimiques, de la radiotoxicité des déchets contenus dans ces ateliers, l'exploitant doit développer des moyens et des compétences faisant appel à des techniques d'ingénierie complexes (radioprotection, chimie, mécanique, électrochimie, robotique, intelligence artificielle, etc.). Actuellement, une dizaine de projets de ce type sont en cours dans les ateliers anciens. Ils vont se dérouler sur plusieurs décennies et sont un préalable au démantèlement complet de ces ateliers, alors que le démantèlement des parties de procédé de l'usine se poursuit avec des techniques plus classiques.

2.5 Les installations support (entreposage, traitement des effluents et de déchets radioactifs)

Un bon nombre de ces installations, la plupart mises en service dans les années 1960, dont le niveau de sûreté n'est pas conforme aux meilleures pratiques actuelles, ont été arrêtées.

S'agissant des anciennes installations d'entreposage, elles 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. À titre d'exemples, on peut citer les silos de Saint-Laurent-des-Eaux ([INB 74](#)), les silos de l'usine Orano de La Hague (silos 115 et 130 dans l'[INB 38](#), le silo HAO dans l'[INB 80](#)), les fosses et tranchées de l'[INB 56](#), les puits de l'[INB 72](#) et de l'[INB 166](#). La reprise des déchets y est complexe et s'étendra sur plusieurs décennies. Les déchets doivent être

ensuite conditionnés et ré-entreposés dans de bonnes conditions de sûreté. De nouvelles installations de conditionnement et d'entreposage sont ainsi en projet ou en cours de construction.

S'agissant des stations de traitement des effluents (STE), qui procédaient également au conditionnement des concentrats, le vieillissement de ces installations ou l'arrêt du fonctionnement des installations productrices d'effluents a conduit à l'arrêt de ces STE.

À titre d'exemples, on peut citer la station de traitement des effluents et des déchets radioactifs (STED) de Fontenay-aux-Roses, l'INB 37-B de Cadarache, la STE2 de l'usine de La Hague et la STE de Brennilis. Les difficultés associées au démantèlement des STE dépendent étroitement des conditions de l'arrêt de ces dernières, en particulier de leur vidange et du rinçage des cuves.

Les difficultés majeures associées au démantèlement des installations support sont les suivantes :

- la méconnaissance de l'historique d'exploitation et de l'état de l'installation à démanteler, qui nécessite la caractérisation préalable des déchets anciens et des analyses de prélèvement de boues ou dépôts dans les cuves des STE. Cette caractérisation nécessite, d'une part, le développement de méthodes et la mise en œuvre d'équipements spécifiques pour réaliser les prélèvements, d'autre part, la disponibilité de laboratoires d'analyse ;
- la difficulté d'accès aux déchets pour permettre leur reprise, qui n'était pas prise en compte à la conception (silos, tranchées, fosses bétonnées, exigüité des locaux, etc.), nécessitant la construction coûteuse d'infrastructures conformes aux exigences de sûreté actuelles et conduisant à des durées de reprise longues et à des aléas ;
- la prise en compte de la dégradation des barrières de confinement, par exemple la corrosion de fûts de déchets ou de pollution des sols résultant d'événements significatifs survenus lors de l'exploitation.

3. Les actions de l'ASN dans le champ des installations en démantèlement : une approche graduée

3.1 L'approche graduée en fonction des enjeux des installations

L'ASN assure le contrôle des installations en démantèlement, comme elle le fait pour les installations en fonctionnement. En particulier, le [régime des INB](#) s'applique également aux installations arrêtées définitivement. L'ASN a mis en œuvre une approche proportionnée à l'importance des risques ou inconvénients présentés par l'installation. À cet égard, l'ASN a réparti les installations qu'elle contrôle en trois catégories, de 1 à 3 par ordre décroissant d'importance des risques et inconvénients qu'elles présentent pour les intérêts mentionnés à l'article L. 593-1 du code de l'environnement ([décision n° 2015-DC-0523 de l'ASN du 29 septembre 2015](#)). Cette classification des INB permet d'adapter le contrôle des installations et ainsi renforcer celui des installations à enjeux importants en matière d'inspections et d'instructions menées par l'ASN.

Les enjeux associés à ces installations en démantèlement diffèrent de ceux en fonctionnement. Par exemple, les risques de rejets importants hors du site diminuent avec l'avancement du projet de démantèlement car la quantité de substances radioactives décroît. Les exigences associées aux dispositifs permettant de maîtriser les risques induits par les opérations de démantèlement ont donc tendance à décroître avec l'avancement des projets de démantèlement. L'ASN considère qu'il n'est généralement pas opportun d'engager des travaux de renforcement aussi importants sur une installation en démantèlement que sur une installation en fonctionnement, à condition que le démantèlement soit effectivement réalisé et qu'il conduise à une réduction des sources de danger dans des délais courts.

3.2 Le retour d'expérience de Fukushima

Afin de prendre en compte le retour d'expérience de l'[accident nucléaire survenu à la centrale nucléaire de Fukushima](#), au Japon, l'ASN a demandé aux exploitants d'INB de procéder à des évaluations complémentaires de sûreté ([ECS](#)), y compris pour les installations en démantèlement.

La démarche des ECS a été cadencée en trois lots en fonction des enjeux de sûreté des installations. Les installations en démantèlement sont essentiellement dans les lots 2 et 3.

Pour les installations du lot 2, les évaluations post-Fukushima ont conduit l'ASN à demander l'évacuation de substances radioactives ou des renforcements des moyens de gestion de crise sur des centres qui présentent souvent aussi des installations en fonctionnement (voir chapitres 11 et 12).

Pour les installations civiles en démantèlement, les principaux enjeux concernent les installations du site de La Hague. Par exemple, l'exploitant a mis en place des dispositions opérationnelles pour l'extinction d'un incendie dans le silo 130 à la suite d'un séisme « noyau dur »⁵. Le silo 115 doit également faire l'objet d'une sécurisation incendie ; l'ASN a demandé à l'exploitant d'étudier des dispositions permettant d'accélérer la mise en œuvre de ce programme.

La prise en compte du retour d'expérience de l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima pour les installations présentant des risques plus limités est évaluée par l'ASN à l'occasion des réexamens périodiques. Enfin, les installations dont le déman-

tèlement est très avancé et le déclassement proche ne justifiaient pas de procéder à des ECS.

3.3 Les réexamens périodiques des installations en démantèlement

L'examen de conformité vise notamment à s'assurer que les évolutions de l'installation dues aux travaux de démantèlement ou à son vieillissement ne remettent pas en cause sa conformité aux dispositions prévues dans les textes réglementaires et son référentiel technique.

Compte tenu de la diversité des installations et des situations concernées, chaque réexamen demande une instruction spécifique de l'ASN. L'ASN met en œuvre un mode d'instruction adapté aux enjeux des installations : certaines installations méritent une attention particulière au regard des risques qu'elles présentent et peuvent faire l'objet d'un examen par le Groupe permanent d'experts pour les démantèlements ([GPDEM](#)) mis en place en 2018. D'autres installations, présentant moins d'enjeux, font l'objet d'inspections et d'instructions dont l'ampleur est adaptée.

Lorsqu'une installation est à l'arrêt définitif et que son dossier de démantèlement doit être transmis au ministre chargé de la sûreté nucléaire et à l'ASN, le dépôt simultané du dossier de démantèlement et du rapport de conclusion du réexamen est une bonne pratique. L'instruction des deux dossiers peut ainsi être menée de manière conjointe sur la base de scénarios techniques cohérents.

En 2020, l'ASN a poursuivi l'instruction des rapports de réexamen d'une vingtaine d'installations en démantèlement reçus depuis 2015. Des inspections sur le thème du réexamen périodique ont eu lieu en 2020 sur trois installations en démantèlement. Ces inspections permettent de contrôler les moyens mis en œuvre par l'exploitant pour mener son réexamen ainsi que le suivi du plan d'action résultant de ses conclusions. Elles ont fait l'objet de différentes demandes d'actions correctives et de compléments.

3.4 Financement du démantèlement : avis de l'ASN sur les rapports triennaux

Le cadre réglementaire de la sécurisation des fonds nécessaires à la gestion des charges de long terme pour le démantèlement et la gestion des déchets est présenté au point 1.4.

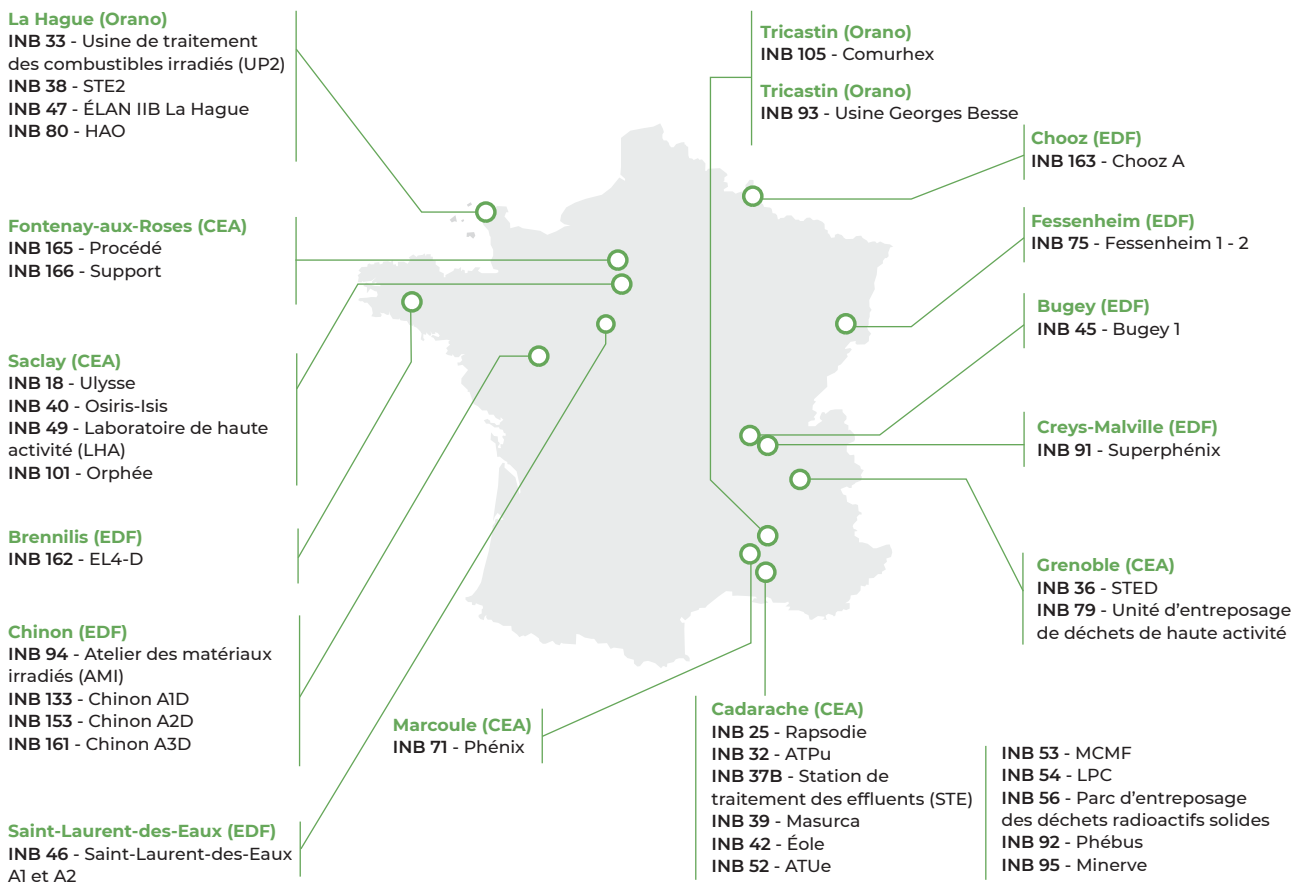
Le 13 août 2020, l'ASN a publié l'[avis n° CODEP-CLG-2020-040124 du 6 août 2020](#) relatif à l'instruction des rapports triennaux remis en 2019 par les exploitants, portant sur les comptes clôturés fin 2018.

L'ASN relève que le périmètre d'évaluation des charges reste incomplet, et n'indique pas certaines opérations à forts enjeux financiers. En particulier, les exploitants sont imprécis sur le financement des opérations préparatoires au démantèlement, et ne prennent pas en compte la caractérisation et la gestion des pollutions des sols et des structures, les opérations d'assainissement complet, ainsi que les coûts des travaux pour maintenir les installations sur l'ensemble de leur durée de vie dans l'évaluation des coûts.

En outre, l'ASN souligne que les hypothèses retenues pour l'évaluation des coûts complets doivent être réévaluées, afin d'être raisonnablement prudentes pour ce qui concerne la planification des projets et programmes de démantèlement, en tenant compte

5. Séisme pris en compte pour les équipements constituant le « noyau dur » des installations. Le terme de « noyau dur » a été défini après l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima afin d'identifier des équipements ultimes permettant la maîtrise des fonctions vitales de sûreté en cas de situation extrême (séisme, vents, tornade, inondations extrêmes, etc.).

Carte des installations définitivement arrêtées ou en cours de démantèlement au 31 décembre 2020



des risques liés à l'indisponibilité des installations d'entreposage, de traitement et de stockage.

De plus, l'ASN estime que les prévisions de coûts à terminaison des projets doivent être plus détaillées et mieux justifiées, notamment au regard de l'avancement constaté des projets, les retards pris dans les calendriers de démantèlement pouvant renchérir les coûts à terminaison.

Enfin, l'ASN considère que les hypothèses d'évaluation de la gestion des matières et déchets radioactifs proposées ne

sont pas suffisamment prudentes. Ainsi, elles n'incluent pas systématiquement la gestion des stockages historiques, ni les incertitudes concernant la gestion des déchets FA-VL. De même, les exploitants ont tendance à surestimer les perspectives de valorisation de certaines matières et à sous-estimer les actions à mener vis-à-vis des déchets bitumés.

L'ASN a instruit en 2020 l'actualisation de ces rapports triennaux, et a transmis en 2021 ses observations au ministère chargé de l'environnement.

4. Évaluation des stratégies de démantèlement des exploitants

Dans un contexte où de nombreuses installations sont arrêtées depuis plusieurs décennies, avec une connaissance de l'installation et de son historique d'exploitation partiellement perdue, des structures vieillissantes et parfois une quantité importante de déchets encore présente, l'avancement des projets de démantèlement fait partie des enjeux majeurs pour la sûreté des installations arrêtées. Or, l'ASN a constaté que la plupart des projets de démantèlement prenaient des retards importants. L'ASN demande donc au CEA, EDF et Orano de présenter périodiquement leur stratégie de démantèlement et de gestion des déchets radioactifs, ce qui permet de disposer d'une vision intégrée des projets de démantèlement, et des exutoires disponibles ou à créer pour l'évacuation des déchets produits pendant les opérations de démantèlement.

En ce qui concerne le démantèlement, les exploitants doivent notamment justifier, principalement par des analyses de sûreté, les opérations prioritaires. Cette hiérarchisation permet de

contrôler que les moyens les plus importants seront consacrés aux opérations à plus fort enjeu, même si certains projets connaissent des retards importants.

En ce qui concerne la gestion des déchets radioactifs, l'ASN vérifie la cohérence avec le cadre réglementaire et les orientations du [PNGMDR](#). L'ASN examine tout particulièrement les parades en cas d'aléas sur une installation de gestion des déchets et la crédibilité des échéances annoncées par les exploitants. Elle s'assure que les exploitants anticipent les études de sûreté des colis et de faisabilité des procédés de conditionnement. L'ASN contrôle également la disponibilité des filières de déchets envisagées ainsi que des moyens support (emballages de transport, installations de traitement et d'entreposage, etc.) qui conditionnent en pratique la pérennité de la stratégie de démantèlement.

L'ASN a pris position en 2019 sur les [dossiers de stratégie de démantèlement et de gestion des déchets du CEA](#). En 2020,

l'ASN a prescrit à EDF, par décision, le dépôt des dossiers de démantèlement des réacteurs UNGG ainsi que l'encadrement des opérations à réaliser dans les prochaines années (voir les Faits marquants 2020 en introduction de ce rapport) compte tenu de l'instruction du changement de [stratégie de démantèlement des réacteurs UNGG d'EDF](#). L'ASN a également poursuivi l'instruction des dossiers de stratégie de démantèlement et de gestion des déchets d'Orano. Le contexte et les premières conclusions des instructions menées sont détaillés ci-après.

4.1 Évaluation de la stratégie d'EDF

Le premier dossier relatif à la stratégie de démantèlement des réacteurs définitivement à l'arrêt d'EDF (Chinon A1, A2, A3, Saint-Laurent A1 et A2, Bugey 1, EL4-D, Chooz A et Superphénix) a été transmis en 2001 à la demande de l'ASN. Le démantèlement immédiat avait été retenu comme stratégie de référence. Cette stratégie a été régulièrement mise à jour, afin notamment d'ajuster le calendrier de démantèlement, d'y intégrer les études complémentaires demandées par l'ASN et des éléments relatifs au démantèlement futur du parc de réacteurs en fonctionnement.

Pour les six réacteurs de première génération de type UNGG (Chinon A1-A2 et A3, Saint-Laurent A1 et A2 et Bugey 1), EDF a annoncé à l'ASN, en mars 2016, un changement complet de stratégie remettant en cause le principe retenu (« sous eau ») pour réaliser le démantèlement de ces réacteurs et le cadencement des démantèlements, conduisant ainsi à retarder le démantèlement de l'ensemble des réacteurs UNGG de plusieurs décennies (voir Faits marquants). Les délais de démantèlement présentés par EDF ont vocation à être réinterrogés périodiquement par l'ASN et pourront être revus s'il apparaît dans les décennies à venir que des optimisations de ce scénario sont possibles. Cette stratégie de démantèlement des réacteurs UNGG est encadrée par deux [décisions n° 2020-DC-0686 et n° CODEP-CLG-2020-021253 de l'ASN](#), publiées le 3 mars 2020.

Ces décisions fixent les prochaines étapes nécessaires au changement de stratégie de démantèlement : le dépôt des dossiers de démantèlement correspondant à ces nouvelles techniques de démantèlement, la définition d'une stratégie robuste de gestion des déchets, les opérations de démantèlement à poursuivre et la mise en service d'un démonstrateur industriel, ainsi que les informations à transmettre à l'ASN pour contrôler la mise en œuvre effective de la stratégie.

L'ASN considère qu'il est justifié qu'EDF développe un démonstrateur industriel avant le démantèlement des caissons des réacteurs, mais qu'il convient néanmoins que le démantèlement des différents réacteurs soit engagé dans des délais raisonnables au regard de l'obligation de démantèlement dans des délais aussi courts que possible.

Concernant les autres installations d'EDF arrêtées (notamment Chooz A, l'AMI Chinon, EL4-D, Superphénix), leur démantèlement est en cours et l'obligation d'un démantèlement dans un délai aussi court que possible est globalement respectée.

4.2 Évaluation de la stratégie d'Orano

Le démantèlement d'installations anciennes constitue un enjeu majeur pour Orano, qui doit mener, à court, moyen et long termes, plusieurs projets de démantèlement de grande envergure (usine UP2-400 de La Hague, usine Eurodif Production, installations individuelles de l'INBS de Pierrelatte, etc.). La mise en œuvre du démantèlement est étroitement liée à la stratégie de gestion des

déchets radioactifs, compte tenu de la quantité et du caractère non standard et difficilement caractérisable des déchets produits lors des opérations antérieures d'exploitation ainsi que les opérations actuelles de démantèlement.

Par ailleurs, Orano doit réaliser, dans des installations anciennes d'entreposage, des opérations particulières de RCD. Des échéances de réalisation ont été prescrites par l'ASN, en particulier pour le site de La Hague. La réalisation de ces opérations de RCD conditionne, par ailleurs, la progression du démantèlement sur l'usine UP2-400, la RCD figurant parmi les premières étapes du démantèlement de l'usine. 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 et le site.

Orano a transmis en juin 2016, à la demande de l'ASN et de l'Autorité de sûreté nucléaire de défense (ASND), sa stratégie de démantèlement et de gestion des déchets. Le dossier comprend également la déclinaison de cette stratégie sur les sites de La Hague et du Tricastin. Le site du Tricastin inclut une INBS, d'où une démarche de contrôle conjointe d'Orano par l'ASN et l'ASND, qui a mobilisé une expertise importante pour l'instruction conjointe de cette stratégie. Les deux autorités estiment qu'Orano doit renforcer sa capacité à prioriser les opérations en fonction des enjeux des installations à démanteler et à en maîtriser les délais. Par ailleurs, les moyens humains et techniques d'Orano doivent être renforcés pour respecter les échéances des opérations.

4.3 Évaluation de la stratégie du CEA

Compte tenu du nombre et de la complexité des opérations à réaliser pour l'ensemble des installations nucléaires concernées, le CEA vise, en priorité, à réduire le « terme source mobilisable »⁽⁶⁾ actuellement très important dans certaines installations, en particulier dans certaines installations individuelles de l'INBS de Marcoule ainsi que dans les INB 72 et 56.

Dans leur [lettre de position du 27 mai 2019](#), l'ASN et l'ASND ont considéré qu'il était acceptable, compte tenu des moyens alloués par l'État, et du nombre important d'installations en démantèlement, pour lesquelles des capacités de reprise de déchets anciens, ainsi que d'entreposage, devront être construites, que le CEA envisage un échelonnement des opérations de démantèlement et que la priorité soit accordée aux installations aux plus forts enjeux de sûreté. Les autorités ont depuis constaté des évolutions dans les calendriers de RCD présentés par le CEA, notamment des reports d'échéance concernant la gestion des déchets, y compris pour des opérations considérées comme prioritaires. L'ASN, l'ASND et la DGEC seront attentives à ce sujet en 2021 lors de l'instruction des dossiers remis par le CEA, et s'assureront du bon avancement des opérations prioritaires, en diligentant en particulier des inspections ciblées sur la gestion des projets de RCD et de démantèlement des installations précitées.

Concernant les installations classées comme étant de priorité moindre, l'ASN et l'ASND ont également constaté en 2020 des reports importants de certaines échéances de démantèlement annoncées par l'exploitant. Les autorités se prononceront sur les justifications apportées par le CEA sur ces reports lors de la réception des dossiers de démantèlement des installations.

6. Le terme source mobilisable (TSM) correspond à la quantité d'activité susceptible d'être impliquée dans un incident ou un accident. Il est établi à partir du « terme source » (activité de l'ensemble des substances radioactives présentes dans l'installation), pondéré par des facteurs liés à :
 - la dispersabilité de la matrice (en fonction du blocage ou non des substances radioactives dans les matériaux et de la nature de la matrice de blocage) ;
 - l'efficacité des barrières de confinement (en fonction de la tenue au séisme du bâtiment et de la disponibilité opérationnelle ou non de la ventilation) ;
 - la sensibilité du « terme source » aux risques externes (le scénario accidentel retenu est un séisme cumulé à un incendie) ;
 - la radiotoxicité de l'inventaire (spectre β - γ , tritium α).

Annexe

Liste des installations nucléaires de base en cours de démantèlement ou déclassées au 31 décembre 2020

| INSTALLATION LOCALISATION | N° INB | TYPE D'INSTALLATION | MISE EN SERVICE | ARRÊT DÉFINITIF | DERNIERS ACTES RÉGLEMENTAIRES | ÉTAT ACTUEL |
|--------------------------------------|-------------------|--|-----------------------------------|-----------------|--|---|
| IDE Fontenay-aux-Roses (FAR) | (ex-INB 10) | Réacteur (500 kWth) | 1960 | 1981 | 1987: retiré de la liste des INB | Démantelé |
| Triton FAR | (ex-INB 10) | Réacteur (6,5 MWth) | 1959 | 1982 | 1987: retiré de la liste des INB et classé en ICPE | Démantelé |
| ZOÉ FAR | (ex-INB 11) | Réacteur (250 kWth) | 1948 | 1975 | 1978: retiré de la liste des INB et classé en ICPE | Confiné (musée) |
| Minerve FAR | (ex-INB 12) | Réacteur (0,1 kWth) | 1959 | 1976 | 1977: retiré de la liste des INB | Démonté à FAR et remonté à Cadarache |
| EL2 Saclay | (ex-INB 13) | Réacteur (2,8 MWth) | 1952 | 1965 | Retiré de la liste des INB | Partiellement démantelé, parties restantes confinées |
| EL3 Saclay | (ex-INB 14) | Réacteur (18 MWth) | 1957 | 1979 | 1988: retiré de la liste des INB et classé en ICPE | Partiellement démantelé, parties restantes confinées |
| Mélusine Grenoble | (ex-INB 19) | Réacteur (8 MWth) | 1958 | 1988 | 2011: retiré de la liste des INB | Assaini |
| Siloé Grenoble | (ex-INB 20) | Réacteur (35 MWth) | 1963 | 2005 | 2015: retiré de la liste des INB | Assaini-RUCPE ^(*) |
| Silhouette Grenoble | (ex-INB 21) | Réacteur (100 kWth) | 1964 | 2002 | 2007: retiré de la liste des INB | Assaini-RUCPE ^(*) |
| Peggy Cadarache | (ex-INB 23) | Réacteur (1 kWth) | 1961 | 1975 | 1976: retiré de la liste des INB | Démantelé |
| César Cadarache | (ex-INB 26) | Réacteur (10 kWth) | 1964 | 1974 | 1978: retiré de la liste des INB | Démantelé |
| Marius Cadarache | (ex-INB 27) | Réacteur (0,4 kWth) | 1960 à Marcoule, 1964 à Cadarache | 1983 | 1987: retiré de la liste des INB | Démantelé |
| Le Bouchet | (ex-INB 30) | Traitement de minerais | 1953 | 1970 | Retiré de la liste des INB | Démantelé |
| Gueugnon | (ex-INB 31) | Traitement de minerais | 1965 | 1980 | Retiré de la liste des INB | Démantelé |
| STED FAR | (ex-INB 34) | Traitement des déchets solides et liquides | Avant 1964 | 2006 | 2006: retiré de la liste des INB | Intégré à l'INB 166 |
| STED Cadarache | (ex-INB 37) | Transformation de substances radioactives | 1964 | 2015 | 2015: retiré de la liste des INB | Intégré aux INB 37-A et 37-B |
| Harmonie Cadarache | (ex-INB 41) | Réacteur (1 kWth) | 1965 | 1996 | 2009: retiré de la liste des INB | Destruction du bâtiment, servitudes |
| ALS | (ex-INB 43) | Accélérateur | 1958 | 1996 | 2006: retiré de la liste des INB | Assaini-RUCPE ^(*) |
| Réacteur universitaire de Strasbourg | (ex-INB 44) | Réacteur (100 kWth) | 1967 | 1997 | 2012: retiré de la liste des INB | Assaini-RUCPE ^(*) |
| Saturne | (ex-INB 48) | Accélérateur | 1966 | 1997 | 2005: retiré de la liste des INB | Assaini-RUCPE ^(*) |
| Attila ^(*) FAR | (ex-INB 57) | Pilote de retraitement | 1968 | 1975 | 2006: retiré de la liste des INB | Intégré aux INB 165 et 166 |
| LCPu FAR | (ex-INB 57) | Laboratoire de chimie du plutonium | 1966 | 1995 | 2006: retiré de la liste des INB | Intégré aux INB 165 et 166 |
| BAT 19 FAR | (ex-INB 58) | Métallurgie du plutonium | 1968 | 1984 | 1984: retiré de la liste des INB | Démantelé |
| RM2 FAR | (ex-INB 59) | Radio-métallurgie | 1968 | 1982 | 2006: retiré de la liste des INB | Intégré aux INB 165 et 166 |
| LCAC Grenoble | (ex-INB 60) | Analyse de combustibles | 1975 | 1984 | 1997: retiré de la liste des INB | Démantelé |
| LAMA Grenoble | (ex-INB 61) | Laboratoire | 1968 | 2002 | 2017: retiré de la liste des INB | Assaini |
| SICN Veurey-Voroize | (ex-INB 65 et 90) | Usine de fabrication de combustibles | 1963 | 2000 | 2019: retiré de la liste des INB | Bâtiments déconstruits, servitudes d'utilité publique |

| INSTALLATION LOCALISATION | N° INB | TYPE D'INSTALLATION | MISE EN SERVICE | ARRÊT DÉFINITIF | DERNIERS ACTES RÉGLEMENTAIRES | ÉTAT ACTUEL |
|---|--------------|---|-----------------|-----------------|--|-----------------------------------|
| STEDs FAR | (ex-INB 73) | Entreposage de décroissance de déchets radioactifs | 1971 | 2006 | 2006: retiré de la liste des INB | Intégré à l'INB 166 |
| ARAC Saclay | (ex-INB 81) | Fabrication d'assemblages combustibles | 1981 | 1995 | 1999: retiré de la liste des INB | Assaini |
| LURE | (ex-INB 106) | Accélérateurs de particules | De 1956 à 1987 | 2008 | 2015: retiré de la liste des INB | Assaini-SUP ^(*) |
| IRCA | (ex-INB 121) | Irradiateur | 1983 | 1996 | 2006: retiré de la liste des INB | Assaini-RUCPE ^(*) |
| FBFC Pierrelatte | (ex-INB 131) | Fabrication de combustible | 1990 | 1998 | 2003: retiré de la liste des INB | Assaini-RUCPE ^(*) |
| Magasin d'uranium Miramas | (ex-INB 134) | Magasin de matières uranifères | 1964 | 2004 | 2007: retiré de la liste des INB | Assaini-RUCPE ^(*) |
| SNCS Osmanville | (ex-INB 152) | Ionisateur | 1983 | 1995 | 2002: retiré de la liste des INB | Assaini-RUCPE ^(*) |
| Ulysse Saclay | 18 | Réacteur (100 kWth) | 1967 | 2007 | 2014: décret de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement | En cours de démantèlement |
| Rapsodie Cadarache | 25 | Réacteur (40 MWth) | 1967 | 1983 | | Préparation au démantèlement |
| ATPu Cadarache | 32 | Usine de fabrication de combustibles | 1962 | 2003 | 2009: décret de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement | En cours de démantèlement |
| Usine de traitement des combustibles irradiés (UP2) (La Hague) | 33 | Transformation de substances radioactives | 1964 | 2004 | 2013: décret de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement partiel | En cours de démantèlement partiel |
| STED et Unité d'entreposage de déchets de haute activité (Grenoble) | 36 et 79 | Station de traitement de déchets et entreposage de déchets | 1964/1972 | 2008 | 2008: décret de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement | En cours de démantèlement |
| STE de Cadarache | 37-B | Station de traitement des effluents (partie non pérenne de l'ex-INB 37) | 2015 | 2016 | | Préparation au démantèlement |
| STE2 (La Hague) | 38 | Station de traitement d'effluents | 1964 | 2004 | 2013: décret de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement partiel | En cours de démantèlement |
| Masurca | 39 | Réacteur (5 kWth) | 1966 | 2018 | | Préparation au démantèlement |
| Osiris-Isis | 40 | Réacteur (70 MWth) | 1966 | 2015 | | Préparation au démantèlement |
| Éole | 42 | Réacteur (1 kWth) | 1965 | 2017 | | Préparation au démantèlement |
| Bugey 1 | 45 | Réacteur (1 920 MWth) | 1972 | 1994 | 2008: décret de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement | En cours de démantèlement |
| Saint-Laurent-des-Eaux A1 | 46 | Réacteur (1 662 MWth) | 1969 | 1990 | 2010: décret de démantèlement | En cours de démantèlement |
| Saint-Laurent-des-Eaux A2 | 46 | Réacteur (1 801 MWth) | 1971 | 1992 | 2010: décret de démantèlement | En cours de démantèlement |
| ÉLAN IIB La Hague | 47 | Fabrication de sources de césium-137 | 1970 | 1973 | 2013: décret de démantèlement | En cours de démantèlement |
| Laboratoire de haute activité (LHA) Saclay | 49 | Laboratoire | 1960 | 1996 | 2008: décret de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement | En cours de démantèlement |
| ATUe Cadarache | 52 | Traitement d'uranium | 1963 | 1997 | 2006: décret de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement | En cours de démantèlement |
| MCMF | 53 | Entreposage de substances radioactives | 1968 | 2017 | | Préparation au démantèlement |
| LPC Cadarache | 54 | Laboratoire | 1966 | 2003 | 2009: décret de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement | En cours de démantèlement |

| INSTALLATION LOCALISATION | N° INB | TYPE D'INSTALLATION | MISE EN SERVICE | ARRÊT DÉFINITIF | DERNIERS ACTES RÉGLEMENTAIRES | ÉTAT ACTUEL |
|---|--------------------|---|-----------------|-----------------|---|--|
| Phénix Marcoule | 71 | Réacteur (536 MWth) | 1973 | 2009 | 2016: décret de démantèlement | En cours de démantèlement |
| Centrale nucléaire de Fessenheim | 75 | Réacteur (1 800 MWth) | 1977 | 2020 | 2020: mise à l'arrêt définitif | Préparation au démantèlement |
| Atelier HAO (La Hague) | 80 | Transformation de substances radioactives | 1974 | 2004 | 2009: décret de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement | En cours de démantèlement |
| Superphénix Creys-Malville | 91 | Réacteur (3 000 MWth) | 1985 | 1997 | 2009: décret de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement | En cours de démantèlement |
| Phébus | 92 | Réacteur (40 MWth) | 1978 | 2017 | | Préparation au démantèlement |
| Eurodif | 93 | Transformation de substances radioactives | 1979 | 2012 | 2020: décret de démantèlement | En cours de démantèlement partiel |
| AMI Chinon | 94 | Utilisation de substances radioactives | 1964 | 2015 | 2020: décret de démantèlement | En cours de démantèlement |
| Minerve | 95 | Réacteur (100 Wth) | 1977 | 2017 | | Préparation au démantèlement |
| Orphée | 101 | Réacteur (14 MWth) | 1980 | 2019 | 2019: mise à l'arrêt définitif | Préparation au démantèlement |
| Comurhex Tricastin | 105 | Usine de transformation chimique de l'uranium | 1979 | 2009 | 2019: décret de démantèlement | En cours de démantèlement |
| Chinon A1D (ex-Chinon A1) | 133 (ex-INB 5) | Réacteur (300 MWth) | 1963 | 1973 | 1982: décret de confinement de Chinon A1 et de création de l'INB d'entreposage Chinon A1 D | Partiellement démantelé, modifié en INB d'entreposage des déchets laissés en place. Préparation au démantèlement complet |
| Chinon A2 D (ex-Chinon A2) | 153 (ex-INB 6) | Réacteur (865 MWth) | 1965 | 1985 | 1991: décret de démantèlement partiel de Chinon A2 et de création de l'INB d'entreposage Chinon A2 D | Partiellement démantelé, modifié en INB d'entreposage des déchets laissés en place. Préparation au démantèlement complet |
| Chinon A3 D (ex-Chinon A3) | 161 (ex-INB 7) | Réacteur (1360 MWth) | 1966 | 1990 | 2010: décret de démantèlement | En cours de démantèlement |
| EL4-D (ex-EL4 Brennilis) | 162 (ex-INB 28) | Réacteur (250 MWth) | 1966 | 1985 | 1996: décret de démantèlement et de création de l'INB d'entreposage EL4-D 2006: décret de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement 2007: décision du Conseil d'État annulant le décret de 2006 2011: décret de démantèlement partiel | En cours de démantèlement partiel. Préparation au démantèlement complet |
| Centrale nucléaire des Ardennes (ex-Chooz A) | 163 (ex-INB 1,2,3) | Réacteur (1 040 MWth) | 1967 | 1991 | 2007: décret de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement | En cours de démantèlement |
| Procédé FAR | 165 | Regroupement des anciennes installations (INB 57 et 59) de recherche concernant les procédés de retraitement | 2006 | 2006 | 2006: décret de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement | En cours de démantèlement |
| Support FAR | 166 | Regroupement des anciennes installations (INB 34 et 73) de conditionnement et traitement des déchets et des effluents | 2006 | 2006 | 2006: décret de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement | En cours de démantèlement |

* Attila: pilote de retraitement situé dans une cellule de l'INB 57.

** Restriction d'usage conventionnelle au profit de l'État.

*** Servitude d'utilité publique.