

CHAPITRE 11

LES INSTALLATIONS DU « CYCLE DU COMBUSTIBLE NUCLÉAIRE »



1 | Le « cycle du combustible » P.326

- 1.1 Amont du « cycle du combustible »
- 1.2 Fabrication du combustible
- 1.3 Aval du « cycle du combustible » – retraitement
- 1.4 La cohérence du « cycle du combustible » du point de vue de la sûreté et de la radioprotection
- 1.5 Perspectives : les installations en projet

2 | Les actions de l'ASN dans le champ des installations du « cycle du combustible » : une approche graduée P.332

- 2.1 L'approche graduée en fonction des enjeux des installations
- 2.2 Le retour d'expérience de Fukushima
- 2.3 Les réexamens périodiques des installations du « cycle du combustible »
- 2.4 Les actions particulières de contrôle menées en concertation avec l'Autorité de sûreté nucléaire de défense

Les installations du « cycle du combustible nucléaire »

Le « [cycle du combustible nucléaire](#) » débute avec l'extraction du minerai d'uranium et s'achève avec le conditionnement, en vue de leur stockage, des [déchets radioactifs](#) provenant des combustibles usés. En France, les dernières mines d'uranium étant fermées depuis 2000, le « cycle du combustible » concerne la fabrication du combustible, puis son traitement à l'issue de son utilisation dans les réacteurs nucléaires.

Les exploitants des usines du cycle font partie des groupes Orano ou EDF (Framatome) : Orano exploite Melox à Marcoule, les usines de La Hague, l'ensemble des usines du Tricastin ainsi que les installations de Malvési. Framatome exploite les installations du site de Romans-sur-Isère.

L'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) contrôle la sûreté de ces installations industrielles, qui manipulent des substances radioactives comme de l'uranium ou du plutonium et présentent des enjeux de sûreté spécifiques, notamment des risques radiologiques associés à des risques toxiques.

L'ASN contrôle la cohérence globale des choix industriels faits en matière de gestion du combustible qui pourraient avoir des conséquences sur la sûreté. Dans ce cadre, l'ASN demande périodiquement qu'EDF transmette un dossier dit « [Impact cycle](#) », rédigé conjointement avec les acteurs du cycle, présentant les conséquences sur chaque étape du « cycle du combustible » de la stratégie d'EDF quant à l'utilisation, dans ses réacteurs, des différents types de combustible.

1. Le « cycle du combustible »

Le minerai d'uranium est extrait, puis purifié et concentré sous forme de « [yellow cake](#) » sur les sites miniers. Le concentré solide est ensuite transformé en hexafluorure d'uranium (UF_6) à la suite d'opérations de conversion. Ces opérations sont réalisées dans les usines Orano de Malvési et du Tricastin. Ces usines, réglementées au titre de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement ([ICPE](#)), mettent en œuvre de l'uranium naturel dont la teneur en uranium-235 est de l'ordre de 0,7%.

La plupart des réacteurs électronucléaires dans le monde utilisent de l'uranium légèrement enrichi en uranium-235. La filière des réacteurs à eau sous pression ([REP](#)) nécessite, par exemple, de l'uranium enrichi en isotope-235. En France, l'enrichissement de l' UF_6 entre 3% et 6% est réalisé par ultracentrifugation dans l'[usine Georges Besse II](#) du Tricastin.

Puis, cet UF_6 enrichi est transformé en oxyde d'uranium sous forme de poudre dans l'usine Framatome de Romans-sur-Isère. Les pastilles de combustible fabriquées avec cet oxyde sont introduites dans des gaines pour constituer des « crayons », lesquels sont réunis pour former les assemblages de combustible. Ces assemblages sont alors introduits dans le cœur des réacteurs où ils délivrent de l'énergie, notamment par fission des noyaux d'uranium-235. Avant leur utilisation dans les réacteurs, les combustibles nucléaires neufs peuvent être entreposés dans un des deux magasins interrégionaux (MIR) exploités par EDF au [Bugey](#) et à [Chinon](#).

Après une période d'utilisation de l'ordre de 3 à 4 ans, les assemblages de combustible usés sont extraits du réacteur pour refroidir en piscine, d'abord sur le site même de la centrale où ils ont été mis en œuvre, puis dans l'[usine de retraitement Orano de La Hague](#).

Dans cette usine, l'uranium et le plutonium des combustibles usés sont séparés des produits de fission et des autres éléments transuraniens¹⁾. L'uranium et le plutonium sont conditionnés puis entreposés en vue d'une réutilisation ultérieure. Cependant, l'uranium issu de ce retraitement n'est plus utilisé à ce jour pour produire de nouveaux combustibles. EDF a annoncé son intention d'en reprendre l'utilisation en 2023, après réenrichissement de l'uranium de retraitement en Russie.

Le plutonium issu du traitement des combustibles d'oxyde d'uranium est utilisé dans l'usine Orano de Marcoule, dite « [Melox](#) », pour fabriquer du combustible MOX (Mélange d'Oxydes d'uranium et de plutonium) qui est utilisé dans des réacteurs électronucléaires de 900 mégawatts électriques (MWe) en France. Les combustibles nucléaires MOX ne sont actuellement pas retraités après avoir été utilisés dans les réacteurs. Dans l'attente de leur retraitement ou de leur stockage, les combustibles MOX irradiés sont entreposés dans l'usine de La Hague.

Les principaux flux liés au « cycle du combustible » sont présentés dans le tableau 1.

D'autres installations sont nécessaires au fonctionnement des installations nucléaires de base (INB) citées ci-dessus, notamment l'installation dite « [Socatri](#) » qui assure la maintenance et le démantèlement d'équipements nucléaires ainsi que le traitement des effluents nucléaires et industriels de la plateforme Orano du Tricastin.

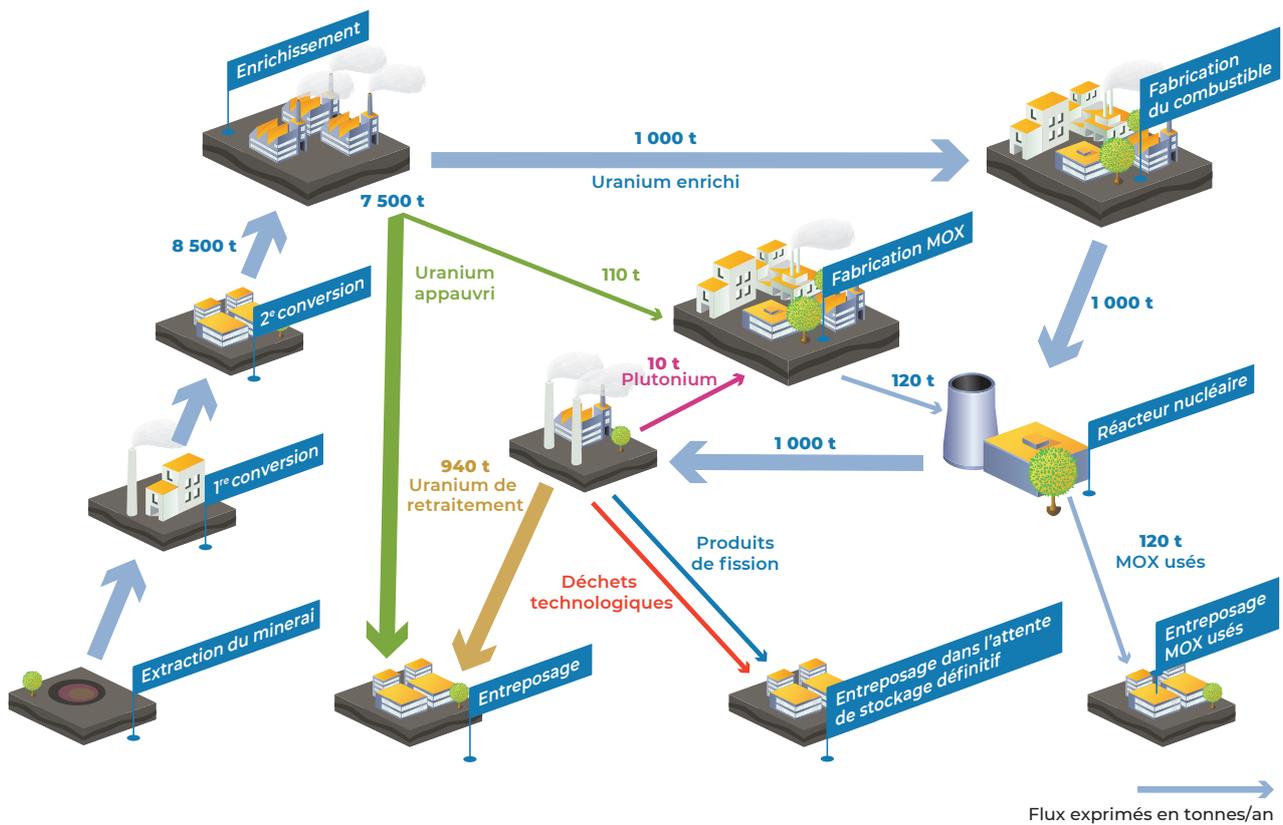
1. Les transuraniens sont les éléments chimiques qui sont plus lourds que l'uranium (numéro atomique 92). Les principaux sont le neptunium (93), le plutonium (94), l'américium (95), le curium (96). Dans un réacteur, ils dérivent de l'uranium lors de réactions secondaires, autres que la fission.

TABLEAU 1

Flux de l'industrie du « cycle du combustible » en 2020

INSTALLATION	PRODUIT TRAITÉ			PRODUIT ÉLABORÉ		PRODUIT EXPÉDIÉ	
	ORIGINE	PRODUIT TRAITÉ	TONNAGE MÉTAL LOURD	PRODUIT ÉLABORÉ	TONNAGE MÉTAL LOURD	DESTINATION	TONNAGE MÉTAL LOURD
Orano Ex-Comurhex Tricastin	ICPE Malvésí	UF ₄	1704	UF ₆	3581	Parcs Orano Tricastin	3581
Orano Atelier TU5 Tricastin	Orano La Hague	Nitrate d'uranyle	4480	U ₃ O ₈	1303	Parcs Orano Tricastin	1303
Orano Usine W Tricastin	GB II	UF ₆ appauvri	8154	U ₃ O ₈	6510	Parcs Orano Tricastin	6510
Orano GB II Tricastin	Orano Tricastin ou Cameco (Canada)	UF ₆	10146 (dont 3038 provenant de Cameco)	UF ₆ appauvri	8671	Défluoration	8671
				UF ₆ enrichi	1410	Fabricants de combustible	1410
Framatome Romans	GB II Tricastin	UF ₆ enrichi	614	Assemblages à base d'uranium naturel enrichi	705	Afrique du sud	26
						EDF	615
	Urenco (Royaume-Uni)	106			Chine	38	
	Framatome Lingen (Allemagne)	Crayons UO ₂ à base d'uranium naturel	10	Poudre UO ₂ et U ₃ O ₈ à base d'uranium naturel enrichi	4,5	CEA	5
						Areva NP Richland (États-Unis)	2,5
Orano Marcoule Melox	Framatome Lingen (Allemagne)	UO ₂ appauvri	80	Éléments combustibles MOX	79	EDF	71
	WSE vasteras (Suède)		1				
	Orano La Hague	PuO ₂	7			EPZ (Pays-Bas)	12
Orano La Hague	Combustibles traités dans l'établissement de La Hague						
	EDF et autres exploitants	UOX et MOX	1035	Nitrate d'uranyle	1068	Orano Tricastin	1131
	Réacteur BR2 Mol	RTR	0,03	PuO ₂	12	Melox Marcoule	9
	Combustibles entreposés dans les piscines de l'établissement de La Hague						
EDF et autres exploitants	Eléments combustibles irradiés	9955	-	-	-	-	

Schéma du « cycle du combustible »



1.1 Amont du « cycle du combustible »

En amont de la fabrication de combustibles pour les réacteurs, le minerai d'uranium doit subir un certain nombre de transformations chimiques, de la préparation du « yellow cake » jusqu'à la conversion en UF_6 , forme sous laquelle il est enrichi. Ces opérations se déroulent principalement sur les sites Orano de [Malvési](#), dans l'Aude, et du [Tricastin](#) dans la Drôme et le Vaucluse (également connu sous le nom de site de Pierrelatte).

Orano exploite sur le site du Tricastin :

- l'installation ex-Comurhex (INB 105) de conversion de tétrafluorure d'uranium (UF_4) en UF_6 qui contient l'usine Philippe Coste ;
- l'installation d'enrichissement de l' UF_6 par ultracentrifugation Georges Besse II (INB 168) ;
- l'installation TU5 (INB 155) de conversion de nitrate d'uranyle $UO_2(NO_3)_2$, issu du retraitement de combustibles usés à La Hague, en sesquioxyde d'uranium (U_3O_8) ;
- l'usine W (ICPE dans le périmètre de l'INB 155) de conversion d' UF_6 appauvri en U_3O_8 ;
- des parcs d'entreposage d'uranium et de thorium sous diverses formes (INB 93, 178 et 179) ;
- le laboratoire d'analyse Atlas (INB 176) ;
- une installation nucléaire de base secrète (INBS), qui regroupe notamment des parcs d'entreposage de substances radioactives, pour la quasi-totalité à usage civil ;
- l'installation Socatri (INB 138) qui assure la gestion de déchets du site du Tricastin, ainsi que la maintenance et le démantèlement d'équipements nucléaires.

L'installation TU5 et l'usine W d'Orano – INB 155

L'INB 155, dénommée [TU5](#), peut mettre en œuvre jusqu'à 2000 tonnes d'uranium par an, ce qui permet de traiter la totalité du nitrate d'uranyle ($UO_2(NO_3)_2$) issu de l'usine Orano de La Hague pour le convertir en U_3O_8 (composé solide stable

permettant de garantir des conditions d'entreposage de l'uranium plus sûres que sous forme liquide ou gazeuse). Une fois converti, l'uranium de retraitement est entreposé sur le site du Tricastin.

Les usines de conversion de l'uranium d'Orano – INB 105

L'[INB 105](#), qui transformait notamment le nitrate d'uranyle de retraitement en UF_4 ou en U_3O_8 , est en démantèlement (voir chapitre 13).

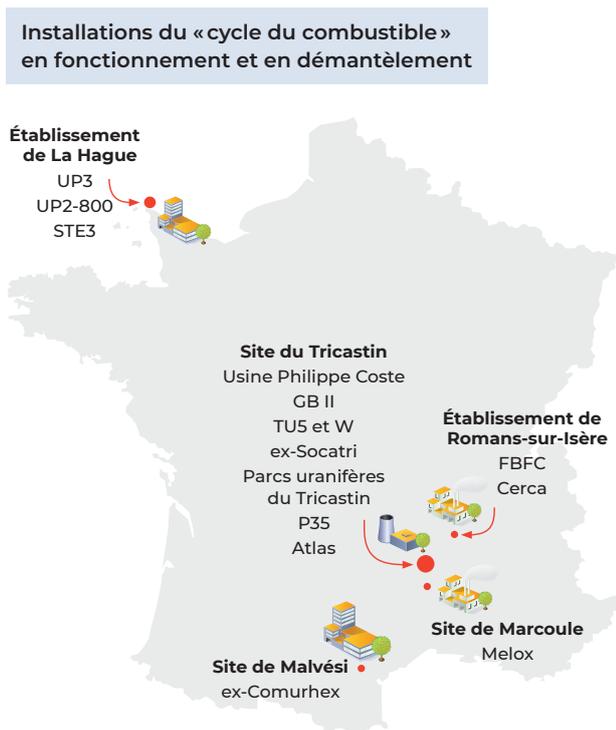
L'usine Philippe Coste, est incluse dans son périmètre et est dédiée à la fluoration de l' UF_4 en UF_6 , pour permettre son enrichissement ultérieur dans l'usine Georges Besse II (GB II). Elle produit chaque année de l'ordre de 14 000 tonnes de UF_6 à partir de l' UF_4 provenant de l'établissement Orano de Malvési. Elle relève du statut des ICPE soumises à autorisation avec servitude (installations dites « Seveso ») et est contrôlée par l'ASN sous ce régime.

L'usine d'enrichissement par ultracentrifugation

Georges Besse II – INB 168

L'INB 168, dénommée [Georges Besse II](#) (GB II), dont la création a été autorisée en 2007, est une usine d'enrichissement de l'uranium par ultracentrifugation gazeuse. Ce procédé consiste à injecter de l' UF_6 dans un cylindre en rotation à très grande vitesse. Sous l'effet de la force centrifuge, les molécules les plus lourdes (contenant l'uranium-238) sont séparées des plus légères (contenant l'uranium-235). En associant plusieurs centrifugeuses, qui constituent une cascade, il est possible de disposer d'un flux enrichi en isotope-235 [fissile](#) et d'un flux appauvri. GB II est composée de deux unités d'enrichissement (unité Sud et unité Nord) et d'un atelier support, REC II.

L'ASN a autorisé la mise en service, début 2009, de l'unité Sud, composée de huit modules et, en 2013, de l'unité Nord, composée de six modules, dont les deux premiers sont prévus pour enrichir de l'uranium issu du traitement de combustibles usés. L'ASN a autorisé en 2014 la mise en service de l'atelier support. L'enrichissement



d'uranium issu du retraitement, qui est soumis à autorisation préalable de l'ASN, n'est pas mis en œuvre.

L'installation Atlas – INB 176

L'installation [Atlas](#) a pour fonction :

- la réalisation d'analyses physico-chimiques et radiochimiques industrielles ;
- le suivi des rejets liquides et atmosphériques et la surveillance de l'environnement des installations du Tricastin.

L'installation Atlas, qui répond aux exigences de sûreté les plus récentes, présente une robustesse aux agressions externes. L'ASN a autorisé le 7 mars 2017 sa mise en service.

L'installation dite « Parcs uranifères du Tricastin » – INB 178

À la suite du déclassement d'une partie de l'INBS de Pierrelatte par décision du Premier ministre, l'INB 178, dite « [Parcs uranifères du Tricastin](#) », a été créée. Cette installation regroupe des parcs d'entreposage d'uranium, ainsi que les nouveaux locaux de gestion de crise de la plateforme. L'ASN a enregistré cette installation en décembre 2016.

L'installation P35 – INB 179

Dans la continuité du processus de déclassement de l'INBS de Pierrelatte par décision du Premier ministre, l'INB 179, dite « [P35](#) » a été créée. Cette installation regroupe dix bâtiments d'entreposage d'uranium. L'ASN a enregistré cette installation en janvier 2018.

1.2 Fabrication du combustible

La fabrication du combustible pour les réacteurs électronucléaires nécessite de transformer l' UF_6 en poudre d'oxyde d'uranium. Les pastilles fabriquées à partir de cette poudre dans l'usine Framatome de Romans-sur-Isère, dite « [FBFC](#) » (INB 98), sont placées dans des gaines métalliques en zirconium pour constituer les crayons de combustible, ensuite réunis pour former les assemblages.

Les combustibles utilisés dans les réacteurs expérimentaux sont plus variés, certains d'entre eux utilisent, par exemple, de l'uranium très enrichi sous forme métallique. Ces combustibles

sont fabriqués dans l'usine Framatome de Romans-sur-Isère usuellement appelée [Cerca](#) (INB 63).

Le combustible MOX est fabriqué dans l'INB 151 [Melox](#), exploitée par Orano et située sur le site nucléaire de Marcoule.

1.3 Aval du « cycle du combustible » – retraitement

Les usines de retraitement Orano de La Hague en fonctionnement

Les usines de La Hague, destinées au traitement des assemblages de combustibles usés dans les réacteurs nucléaires, sont exploitées par Orano.

La mise en service des différents ateliers des usines [UP3-A](#) (INB 116) et [UP2-800](#) (INB 117) et de la station de traitement des effluents [STE3](#) (INB 118) s'est déroulée de 1986 (réception et entreposage des assemblages combustibles usés) à 2002 (atelier de traitement du plutonium R4), avec la mise en service de la majorité des ateliers de procédé en 1989-1990.

Les [décrets du 10 janvier 2003](#) fixent la capacité individuelle de traitement de chacune des deux usines à 1 000 tonnes par an, comptées en quantité d'uranium et de plutonium contenus dans les assemblages combustibles avant irradiation (passage en réacteur) et limitent la capacité totale des deux usines à 1 700 tonnes par an. Les limites et conditions de rejet et de prélèvement d'eau du site sont définies par deux décisions de l'ASN du 22 décembre 2015 ([décision n° 2015-DC-0535](#) et [décision n° 2015-DC-0536](#)).

Les opérations réalisées dans les usines

Les [usines de retraitement](#) comprennent plusieurs unités industrielles, chacune destinée à une opération particulière. On distingue ainsi les installations de réception et d'entreposage des assemblages de combustibles usés, de cisailage et de dissolution de ceux-ci, de séparation chimique des produits de fission, de l'uranium et du plutonium, de purification de l'uranium et du plutonium et de traitement des effluents, ainsi que de conditionnement des déchets.

À leur arrivée dans les usines, les assemblages de combustibles usés disposés dans leurs emballages de transport sont déchargés soit « sous eau » en piscine, soit à sec en cellule blindée étanche. Les assemblages sont alors entreposés dans des piscines pour leur refroidissement.

Les assemblages sont ensuite cisailés et dissous dans l'acide nitrique afin de séparer les morceaux de gaine métallique du combustible nucléaire usé. Les morceaux de gaine, insolubles dans l'acide nitrique, sont évacués du dissolvant, rincés à l'acide puis à l'eau et transférés vers une unité de compactage et de conditionnement.

La solution d'acide nitrique comprenant les substances radioactives dissoutes est ensuite traitée afin d'en extraire l'uranium et le plutonium, et d'y laisser les produits de fission et les autres éléments transuraniens.

Après purification, l'uranium est concentré et entreposé sous forme de nitrate d'uranyle $UO_2(NO_3)_2$. Il est destiné à être converti dans l'installation TU5 du site du Tricastin en un composé solide (U_3O_8), dit « uranium de retraitement ».

Après purification et concentration, le plutonium est précipité par de l'acide oxalique, séché, calciné en oxyde de plutonium, conditionné en boîtes étanches et entreposé. Il est ensuite destiné à la fabrication de combustibles MOX dans l'usine Orano de Marcoule (Melox).

Les effluents et les déchets produits par le fonctionnement des usines

Les produits de fission et autres éléments transuraniens issus du retraitement sont concentrés, vitrifiés et conditionnés en colis standards de déchets vitrifiés (CSD-V). Les morceaux de gaines métalliques sont compactés et conditionnés en colis standards de déchets compactés (CSD-C).

Par ailleurs, ces opérations de retraitement mettent en œuvre des procédés chimiques et mécaniques qui, par leur exploitation, produisent des effluents gazeux et liquides ainsi que des déchets solides.

Les effluents gazeux se dégagent principalement lors du cisailage des assemblages et pendant l'opération de dissolution. Le traitement de ces effluents gazeux s'effectue par lavage dans une unité de traitement des gaz. Les gaz radioactifs résiduels, en particulier le krypton et le tritium, sont contrôlés avant d'être rejetés dans l'atmosphère.

Les effluents liquides sont traités et généralement recyclés. Certains radionucléides, tels que l'iode et le tritium, sont dirigés, après contrôle et dans le respect des limites de rejet, vers l'émissaire marin de rejet en mer. Les autres sont dirigés vers des unités de conditionnement du site (en matrice solide de verre ou de bitume).

Les déchets solides sont conditionnés sur le site soit par compactage, soit par enrobage dans du ciment, soit par vitrification. Les déchets radioactifs solides issus du traitement des assemblages de combustibles usés dans des réacteurs français sont, selon leur composition, envoyés au Centre de stockage des déchets de faible et moyenne activité à vie courte (FMA-VC) de [Soulaïnes](#) (voir chapitre 14) ou entreposés sur le site Orano de La Hague dans l'attente d'une solution pour leur stockage définitif (notamment les CSD-V et CSD-C). Conformément à l'[article L. 542-2 du code de l'environnement](#), les déchets radioactifs issus du traitement des assemblages de combustibles usés d'origine étrangère sont réexpédiés à leurs propriétaires. Cependant, il est impossible de séparer physiquement les déchets en fonction des combustibles dont ils proviennent. Afin de garantir une répartition équitable des déchets issus du traitement des combustibles de ses différents clients, l'exploitant a proposé un système comptable permettant le suivi des entrées et des sorties de l'usine de La Hague. Ce système, appelé système Exper, a été approuvé par [arrêté du ministre chargé de l'énergie du 2 octobre 2008](#).

1.4 La cohérence du « cycle du combustible » du point de vue de la sûreté et de la radioprotection

La fabrication du combustible nucléaire utilisé dans les réacteurs des centrales nucléaires produisant de l'électricité, son entreposage et son retraitement après irradiation constituent le « cycle du combustible nucléaire ». Il implique différents exploitants : Orano, Framatome, EDF et l'Andra.

L'ASN contrôle la cohérence globale des choix industriels faits en matière de gestion du combustible qui pourraient avoir des conséquences sur la sûreté. Dans ce cadre, l'ASN demande périodiquement qu'EDF transmette un dossier dit « Impact cycle », rédigé conjointement avec les acteurs du cycle, présentant les conséquences sur chaque étape du « cycle du combustible » de la stratégie d'EDF d'utilisation, dans ses réacteurs, des différents types de combustibles.

Le dernier dossier « Impact cycle 2016 » pour la période 2016-2030, élaboré en collaboration avec Framatome, Orano et l'Andra, identifie notamment les seuils de rupture (saturation de capacités, limite de teneur isotopique de combustible atteinte, etc.) prévisibles jusqu'en 2040 en prenant en compte

plusieurs scénarios d'évolution du mix énergétique. Cette mise à jour présente plusieurs nouveautés par rapport aux démarches antérieures engagées en 1999 et 2006 :

- la période d'étude couvrant habituellement 10 ans a été portée à 15 ans, afin de tenir compte des délais effectivement constatés dans l'industrie nucléaire pour concevoir et construire de nouvelles installations qui seraient identifiées comme nécessaires à la mise en œuvre de la stratégie ;
- les aléas sur les transports de substances radioactives ont été explicitement pris en compte ;
- la fermeture de réacteurs nucléaires a été étudiée sur la période de temps considérée, notamment dans l'hypothèse d'une demande électrique stable jusqu'en 2025 pour tenir compte de la programmation prévue par la [loi n° 2015-992 du 17 août 2015](#) sur la transition énergétique pour la croissance verte ;
- la stratégie de gestion et d'entreposage des combustibles usés dans l'attente de leur traitement ou de leur stockage a été explicitée.

Après instruction, l'ASN a rendu le [18 octobre 2018 son avis](#), dont les principales conclusions sont les suivantes.

L'ASN estime que le dossier « Impact cycle 2016 » présente de manière satisfaisante les conséquences de différents scénarios d'évolution du « cycle du combustible nucléaire » sur les installations, les transports et les déchets. L'étude des conséquences d'aléas pouvant affecter le fonctionnement du cycle doit en revanche être approfondie.

L'ASN souligne le besoin d'anticiper au minimum d'une dizaine d'années toute évolution stratégique du fonctionnement du « cycle du combustible », afin qu'elle puisse être conçue et réalisée dans des conditions de sûreté et de radioprotection maîtrisées. Il s'agit, par exemple, de s'assurer que, compte tenu des délais incompressibles de développement des projets industriels, les besoins de création de nouvelles installations d'entreposage de combustibles usés, ou encore d'emballage de transport, sont suffisamment anticipés.

Sur la décennie à venir, il apparaît en particulier qu'afin d'éviter la saturation trop rapide des capacités d'entreposage existantes (piscines des réacteurs nucléaires et de La Hague), toute diminution de la production par des réacteurs consommant du combustible MOX doit être accompagnée d'une diminution de celle des réacteurs consommant du combustible issu d'uranium naturel enrichi (UNE), de manière que l'ensemble des combustibles UNE usés soient retraités.

À plus long terme, il convient soit de disposer de nouvelles capacités d'entreposage très significativement supérieures au volume actuel et projeté, soit de pouvoir consommer du combustible MOX dans d'autres réacteurs que ceux de 900 MWe, qui sont les plus anciens. Ces options nécessitent, pour leur conception et leur réalisation, des délais de l'ordre de la décennie. L'ASN demande donc dès maintenant aux industriels d'étudier ces deux options.

Le Gouvernement réactualise tous les 5 ans la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE). Le fonctionnement du « cycle du combustible nucléaire » est susceptible d'évoluer en fonction des orientations ainsi définies. L'ASN enjoint donc les industriels d'étudier, en matière de sûreté et de radioprotection, les conséquences de la mise en œuvre de la PPE sur le « cycle du combustible nucléaire », et sa cohérence, à l'occasion de chacune de ses révisions.

Au regard de cet examen, l'année 2020 a été marquée par plusieurs événements concourant à un déséquilibre du cycle :

- l'usine de Melox a encore connu des difficultés, moindres qu'en 2019, pour produire du combustible MOX pour les réacteurs d'EDF avec la qualité et dans la quantité attendue. En effet,

le nouveau procédé de production conduit à une hétérogénéité de la taille des grains d'uranium appauvri plus importante et à quantité de rebut plus importante. Ceci a conduit EDF à réduire le nombre d'assemblages MOX présents dans le cœur de certains réacteurs. Cette situation entraîne également une moindre consommation du plutonium produit par les usines de La Hague et un nombre accru d'assemblages de combustibles usés dans les piscines. Les excédents de plutonium pris en propriété par Orano et de MOX non conforme devront à terme être résorbés ;

- un évaporateur concentrateur de produit de fission de La Hague a atteint un niveau de corrosion qui nécessite une surveillance accrue de l'évolution de son épaisseur afin de garantir sa tenue à la pression en situation de séisme. L'ASN a donc autorisé en 2020 des modalités de surveillance particulières de cet évaporateur, qui s'appliquent pour son ultime phase de fonctionnement. L'arrêt de cet évaporateur entraînera une diminution de la capacité de retraitement des usines de La Hague s'il intervient avant son remplacement.

Ces perturbations des usines de l'aval du cycle confirment le besoin identifié par l'ASN dans son avis du 18 octobre 2018 de disposer de parades dans l'hypothèse où la mise en service de la piscine d'entreposage centralisé d'EDF interviendrait après la saturation des capacités françaises d'entreposage de combustibles usés.

1.5 Perspectives : les installations en projet

Projet d'une nouvelle installation d'entreposage d'uranium sur le site du Tricastin

Orano a fait part à l'ASN, en février 2015, de sa volonté de créer une nouvelle INB destinée à l'entreposage, sur le site du Tricastin, de matières uranifères issues du retraitement de combustible. Orano a entrepris des actions d'optimisation des entreposages existants du site pour repousser leur date de saturation de 2019 à 2021 et a déposé en novembre 2017 une demande d'autorisation de création de nouveaux bâtiments d'entreposage. L'ASN a indiqué en 2018 au ministre chargé de la sûreté nucléaire que le contenu de la demande d'autorisation de création était suffisant pour permettre une instruction. Une enquête publique s'est tenue fin 2020 à ce sujet. Le projet devrait faire l'objet d'un décret d'autorisation en 2021.

Projet de « Nouvelle concentration des produits de fission » sur le site de La Hague

Afin de remplacer les évaporateurs concentrateurs de produit de fission de La Hague qui présentent une corrosion plus avancée que prévue à leur conception, Orano construit de nouveaux ateliers, nommés « NCPF », comprenant six nouveaux évaporateurs. Ce projet particulièrement complexe a nécessité plusieurs autorisations et a fait l'objet d'une décision de l'ASN en 2020, portant sur le procédé de trois de ces évaporateurs (NCPF T2). Les autorisations de raccordement de ces nouveaux équipements aux ateliers existants feront l'objet d'autres décisions et autorisations dans les prochains mois.

Construction de nouvelles capacités d'entreposage de colis de déchets

Afin d'anticiper la saturation des capacités d'entreposage des CSD-V (ateliers R7, T7 et E/EV/SE), la construction de nouveaux ateliers d'entreposage dit « extension d'entreposage des verres sur le site de La Hague » (E/EV/LH) a commencé en 2007. Ces ateliers sont construits module par module, par construction d'unités identiques appelées « fosses ». Les fosses 50 et 60 sont en construction pour accroître la capacité d'entreposage.

Par ailleurs, Orano a demandé en avril 2017 une modification du décret de création de l'usine UP3-A pour pouvoir étendre l'entreposage de CSD-C. Cette extension a été autorisée par le décret du 27 novembre 2020, sur lequel l'ASN avait rendu un avis favorable le 8 septembre 2020.

Projet d'unité de traitement de combustibles particuliers

Afin de recevoir et traiter les combustibles particuliers irradiés dans le réacteur [Phénix](#) ou d'autres réacteurs de recherche, Orano a transmis en 2016 le dossier d'options de sûreté d'une nouvelle unité de traitement de combustibles particuliers. Cette unité comporterait de nouveaux équipements de cisailage et de dissolution. En mars 2017, l'ASN a indiqué à l'exploitant que les options de sûreté de cette nouvelle unité étaient globalement satisfaisantes. Orano a toutefois rencontré des difficultés techniques dans le développement du procédé, ce qui a conduit à une modification importante des options de conception initialement retenues. Compte tenu de ces éléments, l'ASN a accordé un délai supplémentaire à Orano pour déposer la demande d'autorisation de cette unité. L'exploitant a transmis de nouvelles options de sûreté pour ce projet en janvier 2020. L'ASN a fait part de ses observations sur ce dossier le 9 décembre 2020.

Projet de piscine d'entreposage centralisé d'EDF

Étant donné les échéances, identifiées par l'instruction du précédent dossier de « cohérence du cycle », de saturation des capacités d'entreposage de combustibles usés et les délais nécessaires à la conception et à la construction d'une nouvelle installation, l'article 10 de l'[arrêté du 23 février 2017](#) établissant des prescriptions du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs ([PNGMDR](#)) prescrit à EDF de transmettre « avant le 30 juin 2017 à l'ASN les options techniques et de sûreté relatives à la création de nouvelles capacités d'entreposage ».

EDF a retenu une piscine d'entreposage centralisé, qui doit permettre l'entreposage des combustibles usés dont le retraitement ou le stockage ne sont envisageables qu'à long terme. La durée d'exploitation envisagée pour cet entreposage est donc de l'ordre du siècle. EDF a transmis en 2017 un dossier d'options de sûreté concernant ce projet, dont la localisation n'a pas été précisée.

À la suite de l'instruction du dossier d'options de sûreté transmis par EDF, l'ASN a rendu son [avis en juillet 2019](#). Elle a considéré que les objectifs généraux de sûreté et les options de conception retenues sont globalement satisfaisants. Des études et justifications complémentaires sont cependant nécessaires, notamment concernant la conception et la maîtrise de la fabrication pour garantir, sur la durée, l'étanchéité de la piscine ainsi que les niveaux d'aléas retenus pour les agressions externes une fois connu le site d'implantation de l'installation.

EDF a signalé en 2020 un retard concernant ce projet de piscine d'entreposage, qui aurait vocation à être implantée sur le site de La Hague mais ne serait pas mise en service avant 2034.

L'ASN avait demandé dès 2018 à EDF de présenter les parades qu'elle envisagerait dans cette situation compte tenu de possible saturation des capacités françaises d'entreposage de combustibles usés d'ici à cette mise en service.

Les parades envisagées par EDF, en lien avec Orano, sont la densification des piscines de La Hague, un moxage accru des réacteurs de 900 MWe et un entreposage à sec des combustibles usés.

Concernant la densification des piscines de La Hague, Orano a remis en novembre 2020 un dossier d'options de sûreté. Ce dossier a été présenté au groupe de travail PNGMDR et sera instruit par l'ASN.

2. Les actions de l'ASN dans le champ des installations du « cycle du combustible » : une approche graduée

2.1 L'approche graduée en fonction des enjeux des installations

À chaque étape du « cycle du combustible », les installations présentent des enjeux différents :

- les installations de conversion et d'enrichissement induisent principalement des risques toxiques (du fait de la forme chimique des substances radioactives qu'elles mettent en œuvre), des risques de criticité (lorsqu'elles mettent en œuvre des matières enrichies) et de dissémination de substances radioactives (qui se présentent en poudre, sous forme liquide ou cristallisées) ;
- les installations de fabrication de combustible induisent principalement des risques toxiques (quand elles ont des unités de conversion), de criticité, d'incendie ou d'explosion (ce sont des usines de céramique, qui utilisent des procédés de chauffe), de dissémination de substances radioactives (qui se présentent en poudre ou sont cristallisées) et d'exposition à des rayonnements ionisants (lorsqu'elles mettent en œuvre des substances issues du retraitement) ;
- les installations de retraitement de combustible usé induisent principalement des risques de dissémination de substances radioactives (les substances mises en œuvre sont notamment liquides et en poudre), de criticité (les substances fissiles mises en œuvre changent de forme géométrique) et d'exposition à des rayonnements ionisants (les combustibles contiennent des substances très irradiantes).

Leur point commun est que les réactions en chaîne n'y sont jamais recherchées (prévention du risque de criticité) et qu'elles mettent en œuvre des substances dangereuses dans des quantités industrielles. Les risques industriels classiques y sont donc prégnants. Certaines usines d'Orano du Tricastin et à La Hague ou de Framatome à Romans-sur-Isère relèvent à ce titre de la directive Seveso.

L'ASN s'attache à appliquer un contrôle proportionné aux enjeux de chaque installation classée, notamment, par l'ASN dans l'une des trois catégories définies au regard de l'importance des risques et inconvénients qu'elle présente. Cette classification des INB permet d'adapter le contrôle des installations et de renforcer celui des installations à enjeux importants, en matière d'inspection et de profondeur des instructions menées par l'ASN.

Lorsque les installations sont modifiées de manière substantielle ou lorsqu'elles sont définitivement arrêtées, l'ASN est en charge de l'instruction de ces modifications qui font l'objet d'un décret modificatif par le Gouvernement sur lequel l'ASN est préalablement saisie. L'ASN établit aussi les prescriptions qui encadrent ces grandes étapes. Enfin, l'ASN instruit également les dossiers de sûreté justifiant le fonctionnement de chacune des INB.

L'ASN contrôle, pour chaque installation, l'organisation et les moyens retenus par l'exploitant pour lui permettre d'assurer ses responsabilités en matière de sûreté nucléaire, de radioprotection, de gestion de crise en cas d'accident, ainsi que de protection de la nature, de l'environnement, de la santé et de la salubrité publiques. L'ASN contrôle le fonctionnement des organisations mises en place par les exploitants, principalement au travers d'inspections, notamment celles consacrées au management de la sûreté. À cet égard, Orano a déposé en février 2020 des demandes de changement d'exploitant concernant l'ensemble de ses INB. Ce projet, dit « PEARL », a pour but de séparer dans trois filiales distinctes les activités du groupe dans les domaines de l'amont du cycle, de l'aval du cycle et du démantèlement.

L'instruction de cette demande par l'ASN a montré qu'elle induisait un changement d'organisation dans l'exploitation des INB en démantèlement du groupe Orano, susceptible de remettre en cause le principe prévu par le code de l'environnement selon lequel la responsabilité opérationnelle de l'exploitation d'une INB doit revenir à son exploitant nucléaire. Orano a donc déposé en décembre 2020 une demande de dérogation à ce principe sur laquelle l'ASN prendra position en 2021.

2.2 Le retour d'expérience de Fukushima

Le retour d'expérience de l'[accident de la centrale nucléaire de Fukushima](#) a été intégré de façon prioritaire sur l'ensemble des installations du « cycle du combustible ». Les exploitants ont fourni les rapports des évaluations complémentaires de sûreté (ECS) en septembre 2011 pour toutes les installations et sites, à l'exception de l'INB 63 de Romans-sur-Isère, dont le rapport a été remis en septembre 2012.

En juin 2012, l'ASN a fixé aux installations d'Orano et de Framatome évaluées en 2011 des prescriptions complémentaires au vu des conclusions des ECS. Ces prescriptions imposent notamment la mise en œuvre d'un « noyau dur » de dispositions matérielles et organisationnelles visant à prévenir un accident grave ou en limiter la progression, limiter les rejets massifs et permettre à l'exploitant d'assurer les missions qui lui incombent dans la gestion d'une crise.

De façon générale, Orano et Framatome ont conçu et mis en œuvre dans les délais de nouveaux moyens destinés à faire face à des situations extrêmes dans leurs installations.

En particulier, les postes de commandement de crise local (PCD-L) des sites de Romans-sur-Isère et du Tricastin ont été déménagés au sein de nouveaux bâtiments de gestion de crise robustes à l'égard des aléas extrêmes. Ces bâtiments disposent notamment d'un système de ventilation avec filtration permettant de protéger le personnel présent d'un rejet toxique en provenance des installations de ces sites, des installations voisines, ou encore, sur le site du Tricastin, d'un rejet radioactif en provenance de la centrale nucléaire voisine.

Concernant le site de La Hague, Orano a réalisé des travaux et mis en œuvre des moyens afin de disposer de réserves d'eau importantes en cas de situation extrême ainsi que des moyens permettant la recirculation de l'eau sous les piscines d'entreposage et ainsi maintenir un niveau d'eau minimal au-dessus des assemblages combustibles en cas de fuite. Enfin, le nouveau bâtiment de crise du PCD-L du site, robuste vis-à-vis d'aléas extrêmes, est opérationnel depuis 2019.

Sur le site de Marcoule, Orano a commencé la construction de son nouveau bâtiment de crise, robuste aux aléas extrêmes. Ce chantier a cependant pris un retard important du fait de difficultés récurrentes entre l'exploitant et son sous-traitant en génie civil et pourrait ne s'achever qu'en fin d'année 2021.

L'ASN considère néanmoins que l'avancement des travaux post-Fukushima et les dispositions organisationnelles mises en place sont satisfaisantes chez Orano et Framatome.

2.3 Les réexamens périodiques des installations du « cycle du combustible »

Depuis la publication du [décret du 2 novembre 2007](#), l'ensemble des exploitants d'INB doivent réaliser des [réexamens périodiques](#) de leur installation au moins tous les 10 ans. Ces exercices ont

été conduits graduellement sur les installations du cycle. Les premiers ont concerné les INB 151 (Melox) et 138 (Socatri) et ont permis d'identifier de nombreuses actions de renforcement de ces installations, dont l'essentiel est mis en œuvre aujourd'hui.

L'instruction de ces réexamens périodiques a confirmé la pertinence de définir, dans une phase dite d'orientation, les sujets à examiner par l'exploitant durant le réexamen périodique et les méthodologies attendues. Par ailleurs, les démonstrations de sûreté de l'ensemble des INB doivent s'enrichir d'analyses probabilistes. À la suite du réexamen de l'usine UP2-800 (INB 117), Orano a établi une méthodologie d'analyse de sûreté ambitieuse reposant sur les méthodes appliquées aux installations classées pour la protection de l'environnement et l'a présenté en 2020 à l'ASN en vue de l'étendre à l'ensemble de ses INB. Sa mise en application dans le cadre du réexamen à venir de l'INB 116 constituera un progrès significatif pour l'analyse de séquences accidentelles complexes que l'ASN examinera.

Le réexamen de l'INB 98 (FBFC) comprend des améliorations de sûreté de l'installation notamment concernant la maîtrise des risques d'incendie, la maîtrise de la criticité et le renforcement du génie civil. Toutefois, il a montré la nécessité de mieux intégrer les risques liés aux substances dangereuses dans la démonstration de sûreté des installations du cycle, en assurant un niveau d'exigence au moins équivalent aux installations classées relevant du régime Seveso seuil haut. En conséquence, l'ASN a fixé en 2020 une prescription demandant une actualisation de la démonstration de sûreté relative aux risques induits par les substances dangereuses dans sa décision associée à ce réexamen.

Les réexamens montrent l'importance d'une vérification *in situ* de la conformité des éléments importants pour la protection (EIP) la plus exhaustive possible, ou la plus représentative possible des EIP non accessibles. Ils illustrent aussi le besoin de disposer d'une démarche robuste pour la maîtrise du vieillissement des installations du « cycle du combustible ». Le développement de ces démarches peut présenter une certaine complexité car la plupart des installations du « cycle du combustible » sont uniques en leur genre.

Dans le contexte de la corrosion plus rapide que prévu des évaporateurs-concentrateurs de produits de fission et d'autres équipements de l'usine de La Hague, la maîtrise du vieillissement constitue, pour l'ASN, un enjeu prioritaire pour les installations de l'aval du cycle qui fait l'objet d'inspections dédiées et d'une vigilance accrue dans l'instruction des réexamens périodiques en cours.

2.4 Les actions particulières de contrôle menées en concertation avec l'Autorité de sûreté nucléaire de défense

La perspective de déclassement en INB de l'INBS du Tricastin amènera l'ASN à prendre la responsabilité du contrôle d'une partie des installations qu'elle contient. L'ASN veille avec l'Autorité de sûreté nucléaire de défense (ASND) à maintenir une cohérence dans l'application des exigences de sûreté et de radioprotection pour les installations dont elles ont chacune la charge sur le site du Tricastin. En effet, la plupart des installations relevant de l'ASND sont arrêtées ou en démantèlement et ne concourent plus à la défense nationale. Elles ne devraient donc plus faire l'objet de mesures de secret à ce titre et seront donc progressivement déclassées en INB dans les années à venir.

L'ASN et l'ASND ont mis en place un groupe de travail afin de préciser les étapes de la reprise du contrôle de la sûreté des activités de ce site par l'ASN. Il a été retenu que ce transfert s'effectuera progressivement et sera l'occasion de réorganiser le contrôle du site du Tricastin afin que l'ensemble du site, y compris ses sols présentant des pollutions historiques, soit contrôlé par l'une ou l'autre des autorités de sûreté. En 2020, l'ASN a fait part au ministre chargé de la sûreté nucléaire de son avis sur la proposition d'Orano de réorganisation de la plateforme à l'issue du déclassement de l'INBS.

Les diverses installations de l'INBS devraient être regroupées, selon leur finalité, au sein d'INB existantes ou nouvelles. Leurs référentiels de sûreté devront par la suite être mis en conformité avec le régime des INB.