

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	Les réexamens périodiques des installations du « cycle du combustible »

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, son retraitement à l'issue de son utilisation dans les réacteurs nucléaires, la valorisation des produits issus du retraitement qui peuvent l'être et la gestion des déchets.

Les installations nucléaires concourant au « cycle du combustible », dont chacune est unique, constituent les maillons d'une chaîne dont le fonctionnement peut être significativement perturbé si l'une d'entre elles est défaillante.

Les exploitants des usines du cycle font partie des groupes Orano ou EDF (Framatome) : Orano exploite l'usine 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.

En 2022, Orano a mis en service de nouvelles capacités d'entreposage pour les matières et déchets issus du retraitement des combustibles usés (installation FLEUR sur le site du Tricastin, fosse d'entreposage de colis standards de déchets vitrifiés (CSD-V) sur le site de La Hague), et a augmenté les capacités d'entreposage des matières plutonifères rendues nécessaires par les difficultés de production de l'usine Melox. L'ASN considère que ces nouvelles capacités participent à améliorer la gestion des matières et des déchets. Toutefois, les parades à mettre en place pour pallier la saturation des piscines d'entreposage restent à déployer. Aussi, l'ASN constate que le fonctionnement du « cycle du combustible » présente toujours très peu de marges. Elle renouvelle sa demande que les exploitants renforcent notablement leur démarche d'anticipation et mettent en œuvre les dispositions nécessaires pour faire face aux risques de situations bloquantes pour le « cycle » et la production d'électricité nucléaire.

Au regard des performances des sites en 2022 et des actions entreprises par leurs exploitants pour les améliorer, l'ASN considère que le fonctionnement d'ensemble du « cycle du combustible » demeure fragile.

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), utilisent 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.

Cet UF_6 enrichi est ensuite 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 trois à quatre ans, les assemblages de combustibles usés sont extraits du réacteur puis refroidis 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](#).

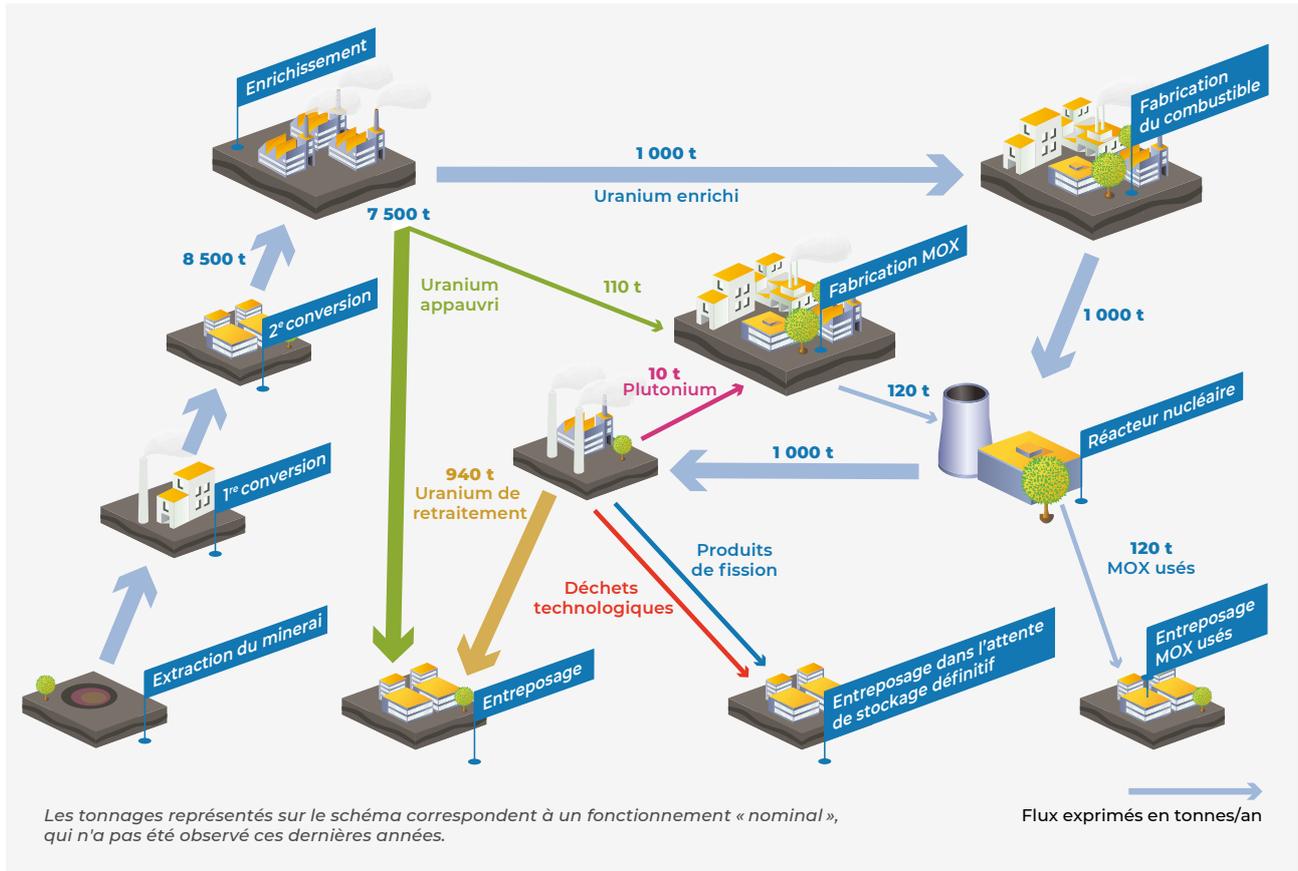
Dans cette usine, l'uranium et le plutonium des combustibles usés sont alors séparés des produits de fission et des autres éléments transuraniens⁽¹⁾. L'uranium et le plutonium sont conditionnés puis entreposés en vue d'une réutilisation ultérieure.

1. Les éléments transuraniens sont des 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 2022

INSTALLATION	PRODUIT TRAITÉ			PRODUIT ÉLABORÉ		PRODUIT EXPÉDIÉ	
	ORIGINE	PRODUIT TRAITÉ	TONNAGE	PRODUIT ÉLABORÉ	TONNAGE	DESTINATION	TONNAGE
Orano Tricastin Conversion	Orano Malvésí	UF ₄	12248	UF ₆	13107	Parcs Orano Tricastin	13107
Orano Tricastin Atelier TU5	Orano La Hague	Nitrate d'uranyle	3610	U ₃ O ₈	1078	Parcs Orano Tricastin	1078
Orano Tricastin Usine W	Orano Tricastin GB II	UF ₆ appauvri	9537	U ₃ O ₈	7604	Parcs Orano Tricastin	7604
Orano Tricastin GB II	Orano Tricastin Conversion	UF ₆	10430	UF ₆ appauvri	8878	Orano Usine W Tricastin	8878
				UF ₆ enrichi	1369	Usines de fabrication de combustibles	1369
Framatome Romans	Orano Tricastin GB II	UF ₆ enrichi	550	Assemblages combustibles	709	EDF	583
	Urenco (Pays-Bas, Allemagne et Royaume-Uni)		90			Taishan (Chine)	44
	Tenex (Russie)		40			Tihange (Belgique)	30
	ANF Lingen (Allemagne)	Crayons gadolinium	20	Poudre UO ₂ et U ₃ O ₈	3	CEA	3
	Framatome Richland (États-Unis)		2			Framatome Richland (États-Unis)	2
Orano Melox Marcoule	Framatome Lingen (Allemagne)	UO ₂ appauvri	5	Éléments combustibles MOX	54	EDF	47
	WSE Vasteras (Suède)		73				
	Orano La Hague	PuO ₂	5			Kansai (Japon)	7
Orano La Hague	Combustibles traités dans l'établissement de La Hague						
	EDF et autres exploitants	UOX et MOX	925	Nitrate d'uranyle	953	Orano Tricastin	902
				PuO ₂	12	Melox Marcoule	6
	Combustibles entreposés dans les piscines de l'établissement de La Hague						
EDF et autres exploitants	Éléments combustibles irradiés	10071	-	-	-	-	

SCHÉMA DU « CYCLE DU COMBUSTIBLE »



S'agissant de l'uranium issu du retraitement, EDF avait annoncé son intention d'en reprendre l'utilisation à l'horizon 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 Melox exploitée par Orano à Marcoule, 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 les piscines du site 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-après, notamment l'installation IARU (ex-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.

1.1 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 Malvézi, 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 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 ;
- l'installation ex-Comurhex (INB 105) de conversion de tétrafluorure d'uranium (UF_4) en UF_6 qui comprend l'usine Philippe Coste;
- l'installation d'enrichissement de l' UF_6 par ultracentrifugation Georges Besse II (INB 168);
- le laboratoire d'analyse Atlas (INB 176);
- des parcs d'entreposage d'uranium et de thorium sous diverses formes (INB 93, 178, 179 et 180);
- l'installation IARU (INB 138) qui assure la gestion de déchets du site du Tricastin, ainsi que la maintenance et le démantèlement d'équipements nucléaires (ex-Socatri);
- 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 TU5 et l'usine W d'Orano – INB 155

L'INB 155, dénommée TU5, peut mettre en œuvre jusqu'à 2 000 tonnes (t) 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 a une capacité de production de l'ordre de 14 000 tonnes d' UF_6 à partir de l' UF_4 provenant de l'établissement Orano de Malvézi. 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 d'uranium enrichi en isotope 235 fissile et d'un flux appauvri. L'usine GB II est composée de deux unités d'enrichissement (unité Sud et unité Nord) et d'un atelier support, REC II.

L'enrichissement d'uranium issu du retraitement, qui serait soumis à autorisation préalable de l'ASN, n'est pas mis en œuvre actuellement dans cette usine.

En 2022, Orano a saisi la Commission nationale du débat public en application de l'article L.121-12 du code de l'environnement sur le projet d'augmentation de capacité d'environ 30% de l'usine Georges Besse II. La Commission nationale du débat public (CNDP) a décidé d'organiser une concertation préalable car des modifications substantielles des circonstances justifiant le projet d'extension des capacités de l'usine sont intervenues depuis le premier débat public qui s'est terminé en 2004.

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, mise en service en 2017, répond aux exigences de sûreté les plus récentes.

L'installation 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.

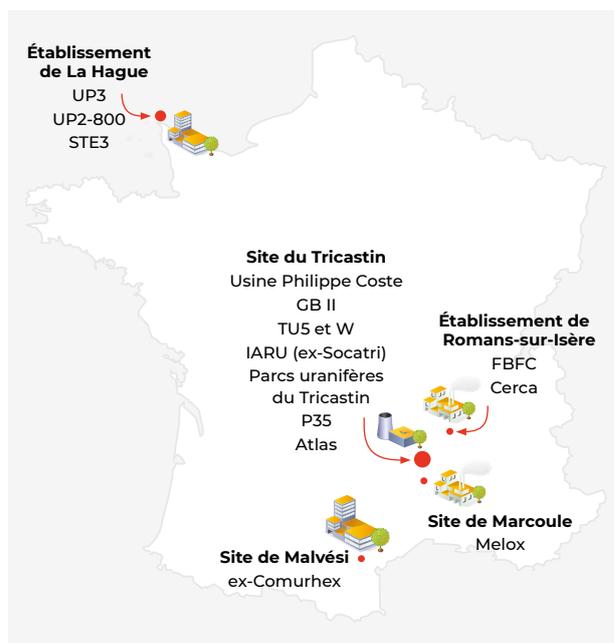
L'installation P35 – INB 179

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.

L'installation FLEUR – INB 180

Le [décret n° 2022-391 du 18 mars 2022](#) autorise la société Orano Chimie-Enrichissement à créer une installation nucléaire de base d'entreposage dénommée « Fourniture locale d'entreposage d'uranium de retraitement » (FLEUR), destinée à l'entreposage de conteneurs d'uranium appauvri principalement issu du retraitement des combustibles usés. Elle est actuellement composée de deux bâtiments, et pourra, à terme, contenir jusqu'à quatre bâtiments.

INSTALLATIONS DU « CYCLE DU COMBUSTIBLE » EN FONCTIONNEMENT



L'installation IARU (ex-Socatri) – INB 138

L'installation réalise principalement des activités de réparation, de décontamination et de démantèlement de matériels industriels ou nucléaires, des activités de traitement d'effluents liquides radioactifs et industriels, et des activités de traitement et de conditionnement de déchets radioactifs.

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](#) », 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](#).

Les usines FBFC et Cerca ont été réunies en une seule INB (63-U), par décret du 23 décembre 2021.

Le combustible MOX est fabriqué dans l'INB 151 [Melox](#), exploitée par Orano, située sur le site nucléaire de Marcoule, par mélange et pastillage de poudres d'oxyde d'uranium et d'oxyde de plutonium, ensuite placées dans des gaines et assemblages de même géométrie que ceux produits par FBFC.

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 fixées en 2015 ont été mises à jour par deux décisions de l'ASN du 16 juin 2022 ([décision n°2022-DC-0724](#) et [décision n°2022-DC-0725](#)). Les décisions modifient notamment la valeur maximale mensuelle de l'activité volumique des gaz rares, dont le krypton-85, ainsi que l'encadrement des limites et modalités de contrôle des rejets en mer de onze substances chimiques, détectées par l'exploitant en faible quantité dans les rejets dans le cadre d'une démarche d'évaluation de la conformité réglementaire.

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 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 retransformé 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 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 [Soulaines](#) (voir chapitre 14) ou entreposés sur le site Orano de La Hague dans l'attente d'une filière pour leur stockage définitif ; c'est notamment le cas pour les CSD-V et CSD-C, dont le stockage définitif est envisagé dans l'installation Cigéo en projet (voir chapitre 14). 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 vers le pays producteur. 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 « 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, son retraitement après irradiation et la gestion des déchets qui en proviennent constituent le « cycle du combustible nucléaire ». Il implique différents exploitants : Orano, Framatome, EDF et l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (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.

L'ASN a rendu le 18 octobre 2018 son [avis n°2018-AV-0316](#) sur le dossier « Impact cycle 2016 », rédigé conjointement avec les acteurs industriels du « cycle ». Ce dossier présente les conséquences sur chaque étape du « cycle du combustible » de la stratégie mise en œuvre par EDF pour l'utilisation des différents types de combustibles dans ses réacteurs, de différents scénarios de mix énergétique envisagés par la programmation pluriannuelle de l'énergie, ou encore d'aléas de fonctionnement d'usines contribuant au « cycle du combustible ».

Elle 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'emballages de transport, sont suffisamment anticipés.

En décembre 2020, EDF, en collaboration avec Framatome, Orano et l'Andra, a mis à jour ses perspectives de gestion du

« cycle du combustible » selon des scénarios de mix énergétique cohérents avec la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) publiée en avril 2020. Au regard de ces perspectives, la saturation des capacités d'entreposage de combustibles usés pourrait survenir dès 2030, voire 2029. EDF a également annoncé en 2020 un report de la mise en service de son projet de piscine d'entreposage centralisée, maintenant prévue pour 2034, ce qui rend nécessaire le déploiement de parades pour faire face au retard de ce projet : ces parades sont la densification des piscines d'entreposage de La Hague, l'entreposage à sec des combustibles usés et l'utilisation accrue de combustible MOX en réacteur. L'ASN rappelle qu'aucune de ces parades ne présente les mêmes avantages établis en matière de sûreté que le projet de piscine d'entreposage centralisée, qui reste à ce jour une solution de référence sans alternative équivalente sur le plan de la sûreté.

Après les dysfonctionnements concernant certaines étapes du « cycle du combustible » qui se sont manifestés et aggravés en 2021, la situation en 2022 demeure fragile :

- l'usine Melox connaît toujours des difficultés pour produire du combustible MOX avec la qualité et dans les quantités attendues. Ces difficultés entraînent la production d'une quantité importante de matières radioactives contenant du plutonium non conformes pour une utilisation comme combustible dans des réacteurs, qualifiées de « rebuts MOX », qui sont ensuite entreposées dans l'usine de La Hague, soit sous forme de poudre, soit sous forme d'assemblages ;
- un plan d'action est mis en œuvre par Orano depuis 2019 pour surmonter les difficultés de production de Melox. L'utilisation d'une poudre d'uranium appauvrie dite « voie humide » a pu être qualifiée en septembre 2022. La production de l'usine Melox a ainsi pu être légèrement supérieure à celle de 2021, qui avait alors atteint un très bas niveau. La production de rebuts MOX a également été contenue. L'utilisation de cette poudre permet ainsi de ne pas dégrader davantage la situation, dans l'attente de l'utilisation d'une poudre d'uranium « voie humide » provenant d'un nouvel atelier appelé « nouvelle voie humide » (NVH) de l'usine Orano de Malvési. Cet atelier est actuellement en cours de construction, en vue d'une production d'uranium appauvri « voie humide » fin 2023 ;
- les dysfonctionnements de Melox entraînent toujours une saturation plus rapide que prévue des capacités d'entreposage des matières plutonifères, qui nécessite la création de nouveaux locaux d'entreposage pour ces matières à La Hague. Une première extension a été autorisée par l'ASN en avril 2022, une seconde est en cours d'instruction par l'ASN ;
- la situation des capacités des évaporateurs de La Hague, utilisés pour la concentration des solutions nitriques de produits de fission et transuraniens, demeure un sujet d'attention :
 - dans le cadre du remplacement des capacités d'évaporation d'UP3 (chantier « NCPF »), les évaporateurs concentrateurs de produit de fission de l'usine UP3 ont été définitivement arrêtés en septembre 2022. Leur remplacement par trois nouveaux évaporateurs est en voie d'achèvement, avec la réalisation depuis septembre 2022 des phases d'essais, en vue d'un démarrage prévu en mars 2023,
 - les dysfonctionnements des capacités d'évaporation de l'atelier R7 ont conduit Orano à demander une quatrième prolongation du recours à des évaporateurs de l'usine UP2-400 pour pouvoir réaliser les programmes de traitement et de vitrification de l'usine UP2-800 conformément aux prévisions ;
- le dossier de demande d'autorisation de densification des piscines de La Hague a été déposé fin décembre 2022, en vue d'un déploiement prévu au mieux mi-2024. Ce projet, consistant à remplacer les paniers actuellement utilisés dans les piscines C, D et E par des paniers plus compacts et dans

le respect des limites fixées par les décrets d'autorisation de création des INB 116 et 117, constitue une des parades pour faire face au retard de la mise en service d'une piscine d'entreposage centralisée ;

- la mise en service de deux des quatre bâtiments d'entreposage d'uranium de la nouvelle INB FLEUR sur le site du Tricastin, ainsi que la mise en service en septembre 2022 d'une nouvelle fosse d'entreposage de déchets CSD-V à La Hague permettent de disposer de capacités d'entreposage supplémentaires pour l'uranium de retraitement et les déchets de haute activité à vie longue (HA-VL) issus du retraitement des combustibles usés.

1.5 Perspectives: les installations en projet

Projet de « nouvelle concentration des produits de fission » (NCPF) sur le site de La Hague

Afin de remplacer les évaporateurs concentrateurs de produits 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 2022](#) portant sur la mise en service de trois de ces évaporateurs (NCPF T2) en vue d'un démarrage prévu en mars 2023. L'autorisation de mise en service des trois autres évaporateurs (NCPF R2) est envisagée au cours de l'année 2023.

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 constitués module par module, par construction successive d'unités identiques appelées « fosses ». Le [8 septembre 2022](#), l'ASN a autorisé l'introduction de colis de déchets radioactifs dans la fosse 50 de l'atelier E/EV/LH2. La fosse 60 est en construction pour accroître la capacité d'entreposage.

Par ailleurs, une extension de l'entreposage de CSD-C a été autorisée par le [décret du 27 novembre 2020](#) ; l'ASN avait rendu un avis favorable le 8 septembre 2020 sur ce projet de texte. La construction est en cours, la première introduction de substances radioactives dans cette extension devra faire l'objet d'une autorisation délivrée par l'ASN.

En 2023, Orano envisage de déposer une demande de modification substantielle du décret d'autorisation de création de l'INB 116 (UP3-A) pour accroître la capacité d'entreposage de colis de déchets CSD-C et de colis de déchets CSD-V. Cette demande fera l'objet d'une enquête publique.

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 (DOS) d'une nouvelle unité de traitement de combustibles particuliers sur lequel l'ASN avait émis un avis en mars 2017. 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. En 2022, Orano a informé l'ASN de l'abandon de ce projet compte tenu de l'absence d'accord de financement avec les détenteurs des combustibles à traiter. Orano envisage désormais un traitement dans le cadre du renouvellement futur des unités de dissolution de La Hague.

Projet de piscine d'entreposage centralisé d'EDF

Lors du débat public préalable à la 5^e édition du Plan national de gestion de matières et déchets radioactifs ([PNGMDR](#)) qui a eu lieu en 2019, EDF a réaffirmé que sa stratégie d'augmentation

des capacités d'entreposage de combustibles usés repose sur la construction d'une nouvelle piscine d'entreposage centralisé. Cette nouvelle installation 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 DOS concernant ce projet. L'ASN a rendu en juillet 2019 son avis sur les options de sûreté présentées par EDF pour une telle installation et considère que les objectifs généraux de sûreté et les options de conception retenues sont satisfaisants.

En 2020, EDF a signalé 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. En 2021, EDF a saisi la CNDP sur ce projet et une concertation préalable sous l'égide de la CNDP a été organisée par EDF du 22 novembre 2021 au 8 juillet 2022, avec une suspension du 2 février au 20 juin 2022. Les garants désignés par la CNDP ont remis le bilan de la concertation le 8 août 2022 auquel EDF a répondu le 7 octobre 2022, en indiquant souhaiter poursuivre le projet et préparer pour fin 2023 le dépôt du dossier de demande d'autorisation de création de l'installation.

L'ASN rappelle l'importance de disposer au plus tôt de nouvelles capacités d'entreposage de combustibles usés répondant aux standards de sûreté les plus récents afin de répondre à la problématique de saturation des capacités actuelles, pour laquelle il n'existe pas d'alternative équivalente au projet de piscine d'entreposage centralisé.

L'ASN avait demandé dès 2018 à EDF de présenter les parades qu'elle envisagerait dans cette situation compte tenu d'une 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, une utilisation accrue des combustibles MOX en réacteurs, sous réserve d'un retour à un fonctionnement nominal de l'usine de Melox, et un entreposage à sec des combustibles usés.

Projet de densification des piscines de La Hague

En novembre 2020, Orano a remis un dossier d'options de sûreté (DOS). Afin de favoriser les échanges techniques sur ce dossier, l'ASN a constitué début 2021 un sous-groupe de travail pluraliste dans le cadre des travaux du groupe de travail PNGMDR, auquel ont été conviés des membres de la commission locale d'information (CLI) de La Hague. [L'ASN a pris position sur le dossier](#) en février 2022. Dans son courrier du 14 février, l'ASN considère ainsi que les options de sûreté présentées par l'exploitant sont globalement satisfaisantes. Des observations et compléments ont été demandés. La demande d'autorisation de modification notable a été transmise par l'exploitant fin 2022 et fera l'objet d'une prise de position de l'ASN en 2024.

Projet d'entreposage à sec des combustibles usés

Orano a remis en novembre 2021 une première version d'un DOS à l'ASN, insuffisante à ce stade pour permettre à l'ASN de se prononcer. Orano prévoit de transmettre un nouveau dossier en 2023.

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 (procédés utilisant des moyens de chauffe), de dissémination de substances radioactives (qui se présentent en poudre) 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 étant notamment liquides ou 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, du fait de leurs propriétés radiologiques ou chimiques, dans des quantités industrielles. Les risques industriels classiques y sont souvent prépondérants ; 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. Celles-ci sont ainsi classées par l'ASN dans l'une des trois catégories définies au regard de l'importance des risques et impacts sur la sûreté, la santé et l'environnement qu'elles présentent. 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 chargée de l'instruction de ces modifications qui font l'objet d'un décret modificatif par le Gouvernement, dont 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 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. Le projet, dit « PEARL », a été autorisé par les décrets du 15 décembre 2020 [n°2020-1593](#) et [n°2020-1594](#). Ce projet a conduit à 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 la réglementation selon lequel la responsabilité opérationnelle de l'exploitation d'une INB doit revenir à son exploitant nucléaire (III de l'[article R. 593-10](#) du code de l'environnement). Orano a déposé en conséquence une demande de dérogation à ce principe. L'ASN a accordé cette dérogation par [décision n°2022-DC-0746 du 6 décembre 2022](#), considérant qu'elle s'avérait nécessaire pour des activités se caractérisant notamment par une complexité technique particulière, telle que la conduite de procédés, qui nécessitent un contrôle, une surveillance ou un réglage de paramètres en temps réel, ou lorsque la gestion d'un incident ou la mise en état sûr des équipements nécessitent un enchaînement d'opérations spécifiques pour lesquelles des opérateurs sont spécialement habilités. Cette dérogation concerne l'exploitation de l'atelier « HAPF » de l'INB 33 et du silo 130 de l'INB 38, situés sur le site de La Hague.

2.2 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 leurs installations au moins tous les dix ans. Ces exercices ont été conduits graduellement sur les installations du « cycle du combustible ». Le développement des démarches de réexamen peut présenter une certaine complexité car la plupart de ces installations, contrairement aux réacteurs électronucléaires, sont uniques en leur genre ; il existe donc peu de référentiels ou d'installations avec lesquelles une comparaison soit aisée.

Les premiers réexamens des installations du cycle ont concerné les INB 151 (Melox) et 138 (IARU, ex-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 en amont, dans une phase dite « d'orientation », les sujets prioritaires à examiner par l'exploitant durant le réexamen périodique, et les méthodologies associées. Par ailleurs, les démonstrations de sûreté de l'ensemble des INB doivent s'enrichir d'analyses probabilistes. Le réexamen de l'usine UP2-800 (INB 117) est en voie d'achèvement, avec la finalisation de l'examen des propositions d'amélioration portant sur l'atelier NPH par le Groupe permanent d'experts pour les laboratoires et usines (GPU) en février 2022. En 2023, l'ASN encadrera la poursuite du fonctionnement de cette INB par des prescriptions. Pour l'usine UP3-A (INB 116), Orano a transmis fin 2020 son rapport de conclusion du réexamen, qui fera l'objet d'un examen par le GPU au cours de plusieurs réunions prévues entre 2023 et 2025. En novembre 2022, à l'issue de l'instruction du rapport de conclusion du réexamen de la STE3 (INB 118) et considérant que les dispositions mises en place ou planifiées par l'exploitant dans ce cadre sont appropriées, l'ASN a validé la poursuite du fonctionnement de cette installation. Concernant les usines de fabrication de combustible neuf, l'exploitant de l'usine Melox a remis son rapport de conclusion du réexamen en septembre 2021. L'instruction de ce rapport est en cours par l'ASN en vue d'un examen par le GPU en 2024. Le prochain réexamen périodique des usines FBFC et Cerca, réunies en une seule INB (63-U) par décret du 23 décembre 2021, devra être remis par Framatome en juin 2023.

En octobre 2021, à l'issue de l'instruction du rapport de conclusion du réexamen de TU5 (INB 155), l'ASN a validé la poursuite du fonctionnement de l'INB 155.

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 ». C'est notamment le cas pour les installations de l'aval du « cycle », pour lesquelles la maîtrise du vieillissement constitue un enjeu prioritaire ; celui-ci fait l'objet d'inspections dédiées et d'une vigilance accrue lors de l'instruction des réexamens périodiques en cours.