

12

**Les installations du  
« cycle du combustible  
nucléaire »**



# 1

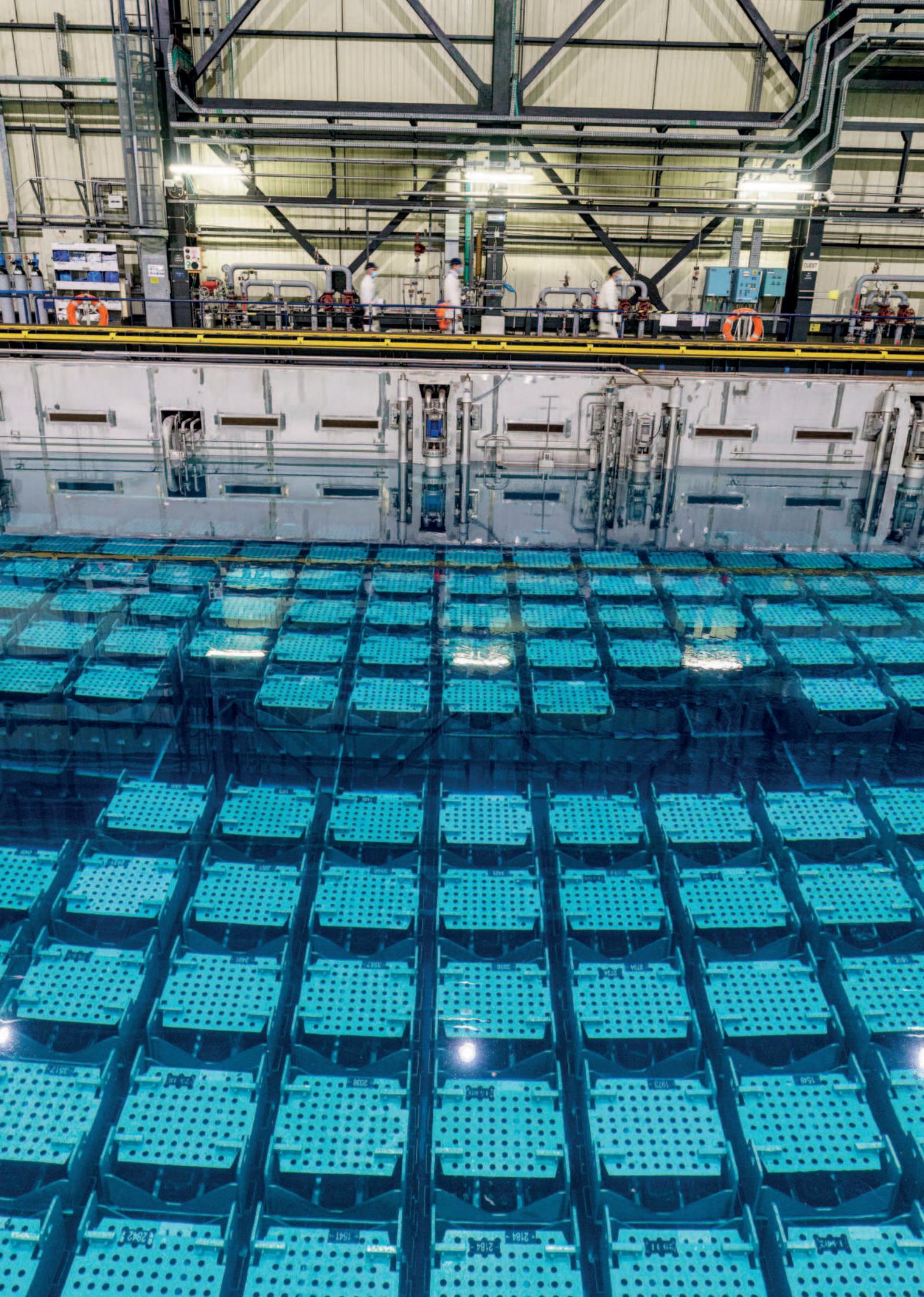
## **Le « cycle du combustible »** p. 344

- 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. 349

- 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 du retraitement 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 par ailleurs la cohérence globale des choix industriels faits en matière de « cycle du combustible » qui pourraient avoir des conséquences sur la sûreté.

En 2024, Orano a procédé à la mise en service, sur le site de La Hague, de trois nouveaux évaporateurs concentrateurs de produits de fission (NCPF R2) de l'usine [UP2-800](#), achevant ainsi le remplacement des équipements précédents qui présentaient une corrosion plus avancée que prévue à leur conception. Les projets visant à retrouver des marges pour l'entreposage de combustibles usés et de matières plutonifères se sont poursuivis en vue d'une mise en œuvre possible en 2025 après obtention des autorisations de l'ASN. L'amélioration de la situation de l'usine [Melox](#), constatée en 2023, s'est confirmée en 2024. Ces éléments contribuent à stabiliser le fonctionnement du « cycle du combustible », même si celui-ci présente toujours des marges limitées en cas d'aléas et que la mise en place de parades restituant de telles marges reste à déployer, notamment la densification des piscines de La Hague, autorisée par l'ASN en décembre 2024.

En 2024, Orano et EDF ont présenté une mise à jour des projections de volumes de combustibles usés à entreposer selon différents scénarios prospectifs de production des usines de La Hague et de Melox, au regard des orientations nouvelles de politique nucléaire, et notamment dans l'hypothèse d'une poursuite de fonctionnement des réacteurs de 900 mégawatts électriques (MWe) d'EDF au-delà de 50 ans. Ces projections conduisent à repousser la perspective de saturation des capacités d'entreposage de combustibles usés à l'horizon 2040. EDF a également annoncé l'abandon du projet de piscine d'entreposage centralisé au profit de nouvelles capacités d'entreposage exploitées par Orano dont la mise en service interviendrait également à l'horizon 2040.

Dans ce contexte, l'ASN considère que le fonctionnement d'ensemble du « cycle du combustible » est stabilisé. Néanmoins, l'ASN reste vigilante compte tenu des marges durablement limitées, de l'absence de redondance d'un certain nombre d'équipements et du caractère ambitieux des hypothèses de production et d'absence d'aléas bloquant des usines de La Hague et de Melox.

01

02

03

04

05

06

07

08

09

10

11

12

13

14

15

AN

# 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](#) (GB 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 ensuite introduits dans le cœur des réacteurs où ils délivrent de l'énergie, notamment par fission des noyaux d'uranium-235. L'irradiation de ces assemblages en cœur conduit à la création de plutonium. 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](#). Par ailleurs, Framatome a repris en 2023 la fabrication d'assemblages combustibles à base d'uranium issu du retraitement enrichi (URE) à destination de la centrale nucléaire de [Cruas-Meysse](#).

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<sup>(1)</sup>. L'uranium et le plutonium sont conditionnés puis entreposés en vue d'une réutilisation ultérieure.

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](#) (Mélanges d'Oxydes) qui est utilisé dans des réacteurs électronucléaires de 900 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 ([voir page suivante](#)).

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 [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 TU5 (INB 155) de conversion de nitrate d'uranyle, 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 GB 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 2000 tonnes d'uranium par an, ce qui permet de traiter la totalité du nitrate d'uranyle 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 14](#)).

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 GB II.

Elle a une capacité de production de l'ordre de 14000 tonnes d' $UF_6$  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 [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. Le 19 juin 2023, Orano a transmis à la ministre chargée de la sûreté nucléaire une demande d'autorisation de modification substantielle visant à augmenter la capacité nominale de production de l'usine GB II de 30%.

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.

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.

### 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. Elle comprend l'atelier de maintenance des conteneurs 2 (AMC2), destiné au lavage et au

rinçage de conteneurs dédiés au transport et à l'entreposage d' $UF_6$ , autorisé par [décret n° 2023-1220 du 19 décembre 2023](#).

### 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 INB 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.

### 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.

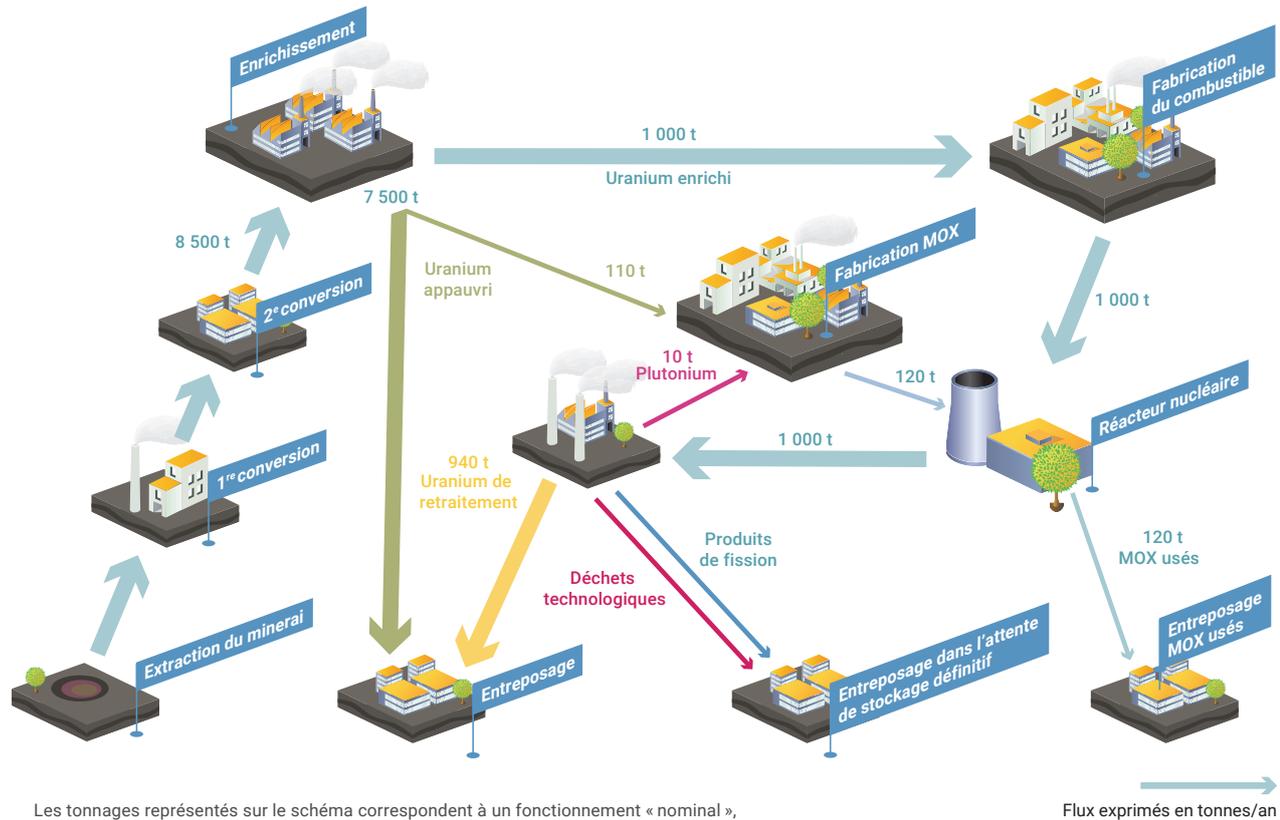
## 1.2 Fabrication du combustible

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.

**TABEAU 1** Flux de l'industrie du « cycle du combustible » en 2024

Installation	Origine	Produit traité		Produit élaboré		Produit expédié	
		Produit traité	Tonnage	Produit élaboré	Tonnage	Destination	Tonnage
<b>Orano Tricastin Conversion</b>	Orano Malvésí	$UF_4$	13 155	$UF_6$	15 722	Parcs Orano Tricastin	15 722
<b>Orano Tricastin Atelier TU5</b>	Orano La Hague	Nitrate d'uranyle	1 557	$U_3O_8$	462	Parcs Orano Tricastin	444
<b>Orano Tricastin Usine W</b>	Orano Tricastin GB II	$UF_6$ appauvri	8 829	$U_3O_8$	7 023	Parcs Orano Tricastin	7 087
<b>Orano Tricastin GB II</b>	Orano Tricastin Conversion	$UF_6$	11 632	$UF_6$ appauvri	9 948	Orano Usine W Tricastin	9 948
				$UF_6$ enrichi	1 483	Usines de fabrication de combustibles	1 483
<b>Framatome Romans</b>	Orano Tricastin GB II	$UF_6$ enrichi	492	Assemblages combustibles	642	EDF	579
	Urenco (Pays-Bas, Allemagne et États-Unis)		74			Taishan (Chine)	53
	Tenex (Russie)		62			OL3 (Finlande)	4
	ANF Lingén (Allemagne)	Crayons gadolinium	10	Poudre $UO_2$ et $U_3O_8$	4	Framatome Richland (États-Unis)	8
						CEA	4
						Enusa (Espagne)	3
<b>Orano Melox Marcoule</b>	WSE Vasteras (Suède)	$UO_2$ appauvri	72	Assemblages combustibles MOX	63	EDF	70
	Orano La Hague	$PuO_2$	7				
<b>Orano La Hague</b>	<b>Combustibles traités dans l'établissement de La Hague</b>						
	EDF et autres exploitants	UOX et MOX	871	Uranium sous forme de nitrate d'uranyle	882	Orano Tricastin	563
				$PuO_2$	11	Melox Marcoule	8
	<b>Combustibles entreposés dans les piscines de l'établissement de La Hague</b>						
EDF et autres exploitants	Éléments combustibles irradiés	10 156	–	–	–	–	

**Schéma du « cycle du combustible »**



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 placés 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 de traitement d'éléments combustibles irradiés provenant des réacteurs nucléaires à eau ordinaire (**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 (t/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 t/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 11 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 vitrification et 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 pour plusieurs années dans des piscines pour leur refroidissement.

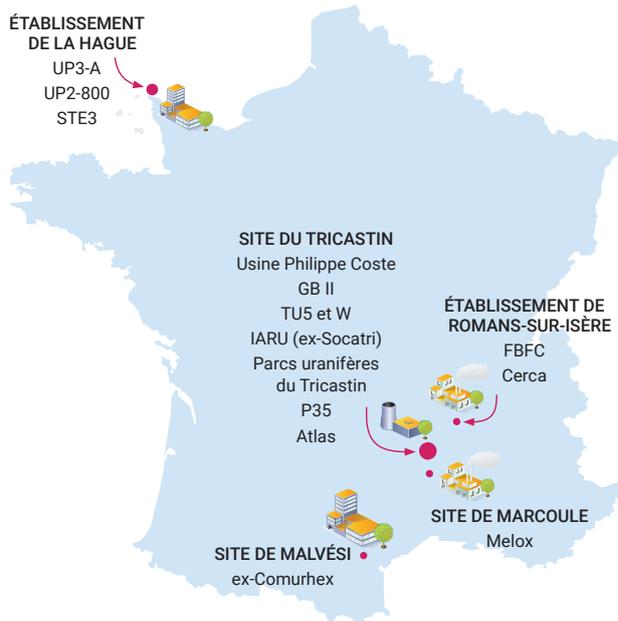
Les assemblages sont ensuite cisailés et dissous dans l'acide nitrique afin de séparer les morceaux de gaine métallique du combustible nucléaire usé. Les morceaux de gaine, ainsi que les grilles de maintien et les embouts des assemblages de combustible insolubles dans l'acide nitrique, sont transférés 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 en solution. Il est destiné à être converti dans l'installation TU5 du site du Tricastin en un composé solide (U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>), 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

## Installations du « cycle du combustible » en fonctionnement



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 [Soulaines](#) (voir chapitre 15) 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 15). 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, 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. Au-delà des enjeux de sûreté propres à chaque installation, le « cycle du combustible » présente en effet des enjeux de sûreté d'ordre systémique, notamment du

point de vue de l'équilibre du fonctionnement des différentes installations, et de la maîtrise des inventaires de substances radioactives et des besoins en entreposage associés.

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 (PPE), 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 de projets industriels, les besoins de création de nouvelles installations d'entreposage de combustibles usés, ou encore d'emballages de transport, sont suffisamment anticipés.

EDF, en collaboration avec Framatome, Orano et l'Andra, met à jour annuellement ses perspectives de gestion du « cycle du combustible » selon des scénarios de mix énergétique cohérents avec les orientations de la politique énergétique de la France. Des travaux prospectifs de simulation sont régulièrement présentés à l'ASN par les exploitants concernés, notamment dans le cadre d'auditions conjointes d'Orano et d'EDF par le collège de l'ASN. Au regard des orientations nouvelles de politique nucléaire, et notamment dans l'hypothèse d'une poursuite de fonctionnement des réacteurs de 900 MWe d'EDF au-delà de 50 ans, les exploitants auditionnés ont présenté à l'ASN, en 2024, les projections de volumes de combustibles usés à entreposer selon différents scénarios prospectifs de production des usines de La Hague et de Melox.

Dans ce nouveau contexte, l'ASN a pris note que la saturation des capacités d'entreposage de combustibles usés, qui était envisagée avant 2030 sur la base de la PPE publiée en avril 2020, n'interviendrait désormais qu'à l'horizon 2040.

Cependant, l'ASN relève que, si les inventaires de combustibles usés à entreposer paraissent ainsi stabilisés pour environ dix années supplémentaires, les marges disponibles dans les piscines du site de La Hague restent durablement limitées et reposent sur des hypothèses ambitieuses de production et d'absence d'aléas

bloquant des usines de La Hague et de Melox. Par conséquent, l'ASN appelle les exploitants à une grande prudence et souligne la nécessité que les installations du « cycle » et les capacités d'entreposage associées présentent des marges significatives par rapport aux différents scénarios énergétiques envisagés, et vis-à-vis des aléas susceptibles d'affecter leur fonctionnement opérationnel.

Aussi, au regard des enjeux liés au risque de saturation des entreposages de combustibles usés, l'ASN souligne que les nouvelles capacités d'entreposage de long terme de combustibles usés prévues par Orano à La Hague devront être mises en service dans les délais prévus, et avec des objectifs de sûreté de haut niveau. Dans l'attente, la mise en place de parades restituant des marges avant d'atteindre la saturation, et qui pourraient être utilisées en cas d'aléas, doit être considérée comme une priorité.

L'ASN considère que le fonctionnement d'ensemble du « cycle du combustible » est stabilisé, mais reste vigilante. En effet :

- le plan d'action mis en œuvre par Orano depuis 2019 pour surmonter les difficultés de production de Melox est toujours en cours. L'utilisation d'une poudre d'uranium appauvri dite « voie humide », qualifiée en septembre 2022, se poursuit. La production de l'usine Melox en 2024 a été légèrement supérieure à celle de 2023. La production de matières radioactives contenant du plutonium non conformes pour une utilisation comme combustible dans des réacteurs, qualifiées de « rebuts MOX », s'est également stabilisée à un niveau bas. L'utilisation de cette poudre « voie humide » permet ainsi d'améliorer la situation, dans l'attente de l'utilisation d'une poudre d'uranium comparable provenant d'un nouvel atelier appelé « nouvelle voie humide » (NVH) dont Orano prévoit la qualification dans son usine de Malvési en 2025, avant d'entreprendre une phase de qualification à Melox ;
- les difficultés de production de Melox ont entraîné une saturation plus rapide que prévu des capacités d'entreposage des matières plutonifères, ce qui implique 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 en avril 2023 et une troisième est en cours d'instruction par l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASN) en vue d'une mise en service en 2025 ;
- le remplacement des évaporateurs concentrateurs de produits de fission (chantier « NCPF ») de l'usine UP3-A a été achevé en 2023, celui de l'usine UP2-800 a été achevé en 2024. Leur mise en service s'est déroulée de manière satisfaisante ;

- la densification des piscines de La Hague a été [autorisée par l'ASN](#) en décembre 2024, en vue d'un déploiement prévu à partir de juin 2025. Ce projet, consistant à remplacer les paniers actuellement utilisés dans les piscines par des paniers plus compacts et dans le respect des limites fixées par les décrets d'autorisation de création (DAC) des INB 116 et 117, constitue une des parades pour faire face au report de la mise en service de nouvelles capacités d'entreposage de combustibles usés. Ce projet n'implique pas à ce stade de modification des limites relatives à la masse de combustible entreposé, aux puissances thermiques et à la température de l'eau des piscines. La mise en service de ces paniers restituera des marges d'entreposage, qui pourraient être utilisées en dernier recours pour faire face à une éventuelle saturation, mais pas en exploitation courante. Ce recours serait alors soumis à une autorisation spécifique de l'ASNR.

### 1.5 Perspectives : les installations en projet

#### Construction de nouvelles capacités d'entreposage de colis de déchets sur le site de La Hague

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 dits « 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, autorisée par le [décret du 27 novembre 2020](#), est en cours de construction ; la première introduction de substances radioactives dans cette extension est envisagée en 2025 après autorisation délivrée par l'ASNR.

En 2023, Orano a déposé une demande de modification substantielle du DAC 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'extension de l'unité Nord de l'usine George Besse II sur le site du Tricastin

En juillet 2022, Orano a transmis à l'ASN un dossier d'options de sûreté (DOS) portant sur un projet d'extension de l'unité Nord de l'usine GB II afin d'augmenter la

capacité de production de l'usine d'environ 30%. L'ASN a pris position sur le dossier le [7 février 2023](#). Une concertation préalable a été organisée sur ce projet par Orano, sous l'égide de la Commission nationale du débat public (CNDP) du 1<sup>er</sup> février au 9 mars 2023. Les garants désignés par la CNDP ont remis le [bilan de la concertation](#) le 9 mai 2023, auquel Orano a répondu le 13 juin 2023 en indiquant souhaiter poursuivre le projet.

Le 19 juin 2023, Orano a déposé une demande de modification du DAC afin d'augmenter la capacité de production de l'usine GB II d'environ 30%. La demande a fait l'objet d'une enquête publique en 2024 et est en cours d'instruction par l'ASN.

#### Projet de piscine d'entreposage centralisé à La Hague

Lors du débat public préalable à la 5<sup>e</sup> édition du Plan national de gestion de matières et déchets radioactifs ([PNGMDR](#)) qui a eu lieu en 2019, EDF avait 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 devait 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 était donc de l'ordre du siècle.

Le 15 octobre 2024 lors de la réunion plénière du Haut Comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire ([HCTISN](#)), EDF et Orano ont annoncé l'abandon du projet de piscine d'entreposage centralisé des combustibles usés porté par EDF au profit d'un autre projet, toujours à La Hague, mais sous maîtrise d'ouvrage Orano. Ces nouvelles capacités d'entreposage de combustibles usés devraient être mises en service en 2040. L'ASN rappelle l'importance de disposer de nouvelles capacités d'entreposage de combustibles usés répondant aux standards de sûreté les plus récents, afin d'apporter une solution pérenne au risque de saturation des capacités actuelles.

#### Projet d'entreposage à sec des combustibles usés sur le site de La Hague

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. La mise à jour du DOS transmise par Orano en 2023 est en cours d'instruction par l'ASNR et fera l'objet d'une position en 2025.

## 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 présentent 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 cristallisée) ;
- 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.

### 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.

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, telles que les analyses probabilistes qui pourraient enrichir les démonstrations de sûreté. Le réexamen de l'usine UP2-800 (INB 117) s'est achevé en 2024 avec l'édiction par l'ASN de prescriptions techniques

encadrant la poursuite du fonctionnement de cette INB. 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 Groupe permanent d'experts pour les laboratoires et les usines ([GPU](#)) au cours de plusieurs réunions prévues entre 2023 et 2026. 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 (hors séisme) a fait l'objet d'un examen par le GPU en juin 2024. Le réexamen périodique des usines FBFC et Cerca, réunies en une seule INB (63-U) par décret du 23 décembre 2021, remis par Framatome en juin 2023, doit être significativement complété en 2025 avant d'engager son instruction.

Concernant les installations de l'amont du « cycle du combustible », le réexamen périodique des parcs d'entreposage uranifères du Tricastin (INB 178, 179 et 180) s'est conclu en 2023 avec l'édiction par l'ASN de prescriptions techniques encadrant la poursuite du fonctionnement de ces INB. Le réexamen périodique de l'usine GB II (INB 168) et celui de l'installation IARU (INB 138) sont en cours d'instruction par l'ASN. Le réexamen périodique de l'installation TU5 (INB 155) a été remis par Orano en novembre 2024 et fera l'objet d'une instruction par l'ASN.

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.