

# Information relative à l'entreposage des combustibles usés en France

## Synthèse de la 60e réunion plénière du Haut comité du 8 mars 2022 – révision septembre 2023

### **1. Introduction**

L'industrie du « cycle du combustible » est constituée de l'ensemble des installations nucléaires concourant à la production des combustibles neufs, au retraitement de certains combustibles usés à la suite de leur utilisation en réacteurs, à leur entreposage en attente de définition de leur devenir, à la valorisation des produits issus du retraitement, y compris leur entreposage en l'attente de perspectives de réutilisation ou de requalification comme déchets, et à la gestion des déchets. Ces installations, dont chacune est quasi unique, constituent les maillons d'une chaîne dont le fonctionnement peut être perturbé si l'une d'entre elles est défaillante.

Le fonctionnement global du « cycle du combustible » et des installations associées pouvant avoir un impact sur l'inventaire des entreposages, ils constituent un point d'attention stratégique majeur pour le Haut comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire (HCTISN), ainsi que pour l'ensemble de ses parties prenantes. En effet, une accumulation non maîtrisée ou non anticipée de matières ou déchets radioactifs dans les installations (les piscines de refroidissement notamment) pourrait conduire à devoir les faire évoluer à court terme et avoir des répercussions sur le fonctionnement des centrales nucléaires.

À la suite de difficultés industrielles rencontrées principalement sur l'aval du cycle depuis plusieurs années et qui perturbent ces équilibres, le Haut comité a souhaité consacrer sa réunion plénière du 8 mars 2022 à un bilan d'ensemble de la gestion des combustibles usés, avec tous les acteurs concernés. L'objectif est de disposer, dans la continuité du rapport du Haut comité intitulé « Présentation du « Cycle du combustible » français en 2018 », d'une information complète sur les capacités d'entreposage actuelles, les scénarios d'évolution de ces capacités à court et moyen terme au regard de l'état des installations du « cycle » et les solutions envisagées par les exploitants (EDF et Orano) pour prévenir notamment la saturation des entreposages de ces installations.

La présente note est une mise à jour à septembre 2023 du résumé des enseignements de la journée du 8 mars 2022 et présente les travaux envisagés par le Haut comité pour maintenir une dynamique de transparence sur ce sujet d'intérêt majeur.

Il convient de noter que le plan national de gestion des matières et déchets radioactifs (PNGMDR), dont la dernière version en vigueur date de décembre 2022, a renforcé le suivi de l'état des entreposages et de stockage des matières et des déchets radioactifs ainsi que les travaux visant à anticiper les futurs besoins en capacités dont celles relatives à l'entreposage du combustibles usés. L'ensemble de ses travaux sont publics.

## **2. Rappels concernant le fonctionnement nominal du « cycle du combustible »**

La gestion des combustibles usés mise en œuvre en France est qualifiée de « cycle du combustible ». Il s'agit en effet d'une gestion pour laquelle une partie des combustibles usés sortant des réacteurs (combustibles usés à base d'uranium naturel enrichi (dits UNE) et plutonium extrait de ces combustibles) subissent un retraitement dans des usines spécialisées. Cette gestion diffère des pratiques mises en œuvre dans d'autres pays, qui consistent à ne pas recycler les combustibles usés et à les entreposer d'emblée en tant que déchets en attendant un stockage définitif.

Le parc nucléaire français utilise en premier lieu du combustible obtenu à partir de l'enrichissement d'uranium naturel (UNE). Après avoir été utilisé dans un réacteur et jusqu'à son épuisement pendant 4 ans environ, ce combustible UNE est d'abord entreposé dans une piscine adossée à ce réacteur (piscine dite BK) pour permettre sa désactivation, puis transporté vers l'usine d'Orano à La Hague où il est entreposé sous eau. Il fait alors l'objet d'un retraitement à l'issue duquel sont séparés l'uranium résiduel (95 % du combustible irradié), qui est alors dit de retraitement ou « URT », le plutonium (1 %) et les déchets ultimes (4 % constitués de produits de fission et d'actinides mineurs) destinés, en l'état des projets, à être stockés dans l'installation Cigéo.

Le plutonium produit à l'issue de ce retraitement est associé à de l'uranium appauvri pour être valorisé comme combustible dit MOx (pour Mélange d'Oxydes de plutonium et d'uranium appauvri). Ce combustible MOx est utilisé dans certains réacteurs du parc français (actuellement 22 réacteurs de 900MWe de type CPY). L'uranium de retraitement (URT), s'il est reconverti et réenrichi, peut être valorisé dans un réacteur du parc nucléaire d'EDF à Cruas dans lequel une première recharge a été chargée pour un couplage réseau fin octobre 2023. Le chargement de l'URT sur les trois autres tranches de Cruas est à venir. Pour le parc français, l'utilisation de l'uranium de retraitement permet une économie d'uranium naturel de l'ordre de 10 à 15 % à l'équilibre des flux. En ajoutant la valorisation du plutonium à celle de l'URT, représentant une économie supplémentaire d'environ 10%, on porte l'économie totale à environ 20-25%.

Ces éléments sont schématisés dans l'annexe 1.

## **3. Besoins d'entreposage de combustibles usés à moyen et long terme**

**Le Haut comité a demandé d'une part à la Direction générale de l'énergie et du climat du Ministère de la transition écologique, d'autre part à EDF et Orano, de dresser un état des lieux précis des quantités de matières et déchets radioactifs en France<sup>1</sup>.**

**Il a ensuite invité EDF et Orano à présenter des scénarios d'évolution des flux de matières du « cycle » à court et moyen terme en prenant en compte l'ensemble des éléments de contexte susceptibles d'avoir un impact sur cette évolution.**

- D'abord, le « fonctionnement nominal » du cycle conduit à la production et à l'utilisation, chaque année, de combustibles MOx représentant environ 100 tMLi (tonnes de métal lourd initial). Après évacuation des centrales, ces combustibles usés sont entreposés dans les piscines de La Hague et, dans la mesure où il n'est pas envisagé de les retraiter à court ou moyen terme mais que cette option reste ouverte dans le cadre des décisions industrielles stratégiques à prendre en lien avec les développements de la politique énergétique française, ils requièrent

---

<sup>1</sup> Voir les présentations sur le site du Haut comité : <http://www.hctisn.fr/60e-reunion-ordinaire-du-haut-comite-08-03-2022-a213.html>

une solution d'entreposage de longue durée. Ce fonctionnement nominal conduit donc à une augmentation de l'inventaire de combustibles usés entreposés. C'est pourquoi, dès 2010, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) avait identifié, dans le cadre de l'analyse périodique de la « cohérence du cycle du combustible », la nécessité qu'EDF développe, pour les combustibles qu'elle ne prévoit pas de retraiter à moyen terme, des capacités d'entreposage supplémentaires disposant d'un haut niveau de sûreté.

- Depuis 2017, la quantité de plutonium à entreposer augmente fortement du fait des difficultés industrielles de l'usine Mélox exploitée par Orano dans le Gard, qui assure la fabrication des assemblages de combustible Mox, notamment pour les réacteurs français qui utilisent ce type de combustibles. En effet, il y a quelques années, Orano est passé, pour cette fabrication, d'un procédé dit « en voie humide » à un procédé dit « en voie sèche ». Orano a présenté au Haut comité la situation de cette usine et exposé les difficultés rencontrées quant à la cadence de production, avec l'uranium provenant de la voie sèche, de combustibles MOx répondant aux exigences de qualité imposées pour la sûreté de leur utilisation en réacteur. Les pastilles qui ne satisfont pas à ces critères de qualité sont qualifiés de « rebuts MOx ». Une partie de cette matière est recyclée à Mélox mais, au-delà d'une certaine quantité correspondant à environ 13% du flux de production, ils sont conditionnés puis envoyés pour entreposage à l'usine de la Hague. Cette situation, qui perdurait depuis plusieurs années, a conduit à un engorgement non anticipé des lieux d'entreposage spécifiques de plutonium dans l'usine de la Hague. Depuis 2022 Melox utilise de nouveau une poudre d'UO<sub>2</sub> provenant d'un procédé dit « voie humide » en provenance d'une usine située en Suède (Vasteras) ; il est envisagé de recourir prochainement à une poudre issue d'un procédé équivalent en cours de mise en place sur le site de Malvési.
- Par ailleurs, du fait de la corrosion plus rapide que prévue des évaporateurs-concentrateurs de produits de fission des deux usines de retraitement des combustibles usés de La Hague, Orano avait dû mettre à l'arrêt une usine de ce site de septembre à décembre 2021. L'usine fonctionnait à nouveau avec deux des trois évaporateurs, ce qui réduisait sa capacité de traitement. Depuis 2015, Orano a entrepris la construction de nouveaux évaporateurs, destinés à prendre le relai des évaporateurs actuels en 2023. En Avril 2023 le raccordement de l'usine UP3 avec la nouvelle unité de concentration des Produits de Fissions NCPF T2 contenant 3 nouveaux évaporateurs a été réalisée selon le planning prévu avec succès. L'impact de l'arrêt de l'usine UP3 pendant un peu moins de 8 mois sur la quantité de combustibles traités par les usines de La Hague est limité puisque la production devrait atteindre 850 tmi en 2023. L'année 2024 verra de la même façon le raccordement de l'usine UP2 800 à l'unité NCPF R2, ce qui permettra aux usines de La Hague de recouvrir leurs pleines capacités de traitement pour les années à venir.
- Enfin, Enfin, des stocks d'uranium de retraitement (URT) sont entreposés sous forme d'oxydes, sur le site de Pierrelatte. La reprise d'une filière industrielle de valorisation de l'uranium de retraitement est aujourd'hui effective avec le chargement sur une tranche de Cruas d'une 1<sup>ère</sup> recharge en URE. Pour sécuriser dans la durée la pérennité de la valorisation de l'uranium de retraitement, des études de diversification des services de conversion en Europe occidentale ont été engagées dans la perspective d'une mise en œuvre d'une nouvelle installation à la fin de la décennie. En parallèle, et pour faire face à tout aléa pouvant affecter la filière, une nouvelle installation d'entreposage de l'uranium de retraitement à Pierrelatte a été mise en service en janvier 2023.

L'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a rendu à l'ASN le 4 mars 2022 un avis relatif au fonctionnement actuel du cycle (IRSN/2022-00049), en lien avec les enjeux de sûreté et de radioprotection des installations associées. Sur la base des analyses réalisées par les exploitants mais aussi de simulations réalisées avec ses propres outils, l'IRSN confirme ces horizons temporels et insiste sur le contexte de grande sensibilité du « cycle du combustible » aux aléas. **La situation des entreposages de plutonium et de combustibles usés présentait ainsi très peu de marges.** En particulier, toute poursuite d'un fonctionnement dégradé de l'usine Mélox pendant plusieurs mois ou années, de même que tout ralentissement de la cadence de traitement des usines de la Hague (qu'il soit le fait d'une saturation des entreposages de plutonium, d'une indisponibilité supplémentaire d'évaporateurs, du retard dans la construction des nouveaux évaporateurs...) se traduirait par l'augmentation des entreposages de combustibles usés de la Hague puis, par répercussion en amont, par le possible remplissage jusqu'au limite d'exploitation des piscines de désactivation des différents réacteurs d'EDF sur le territoire. Dans le cas extrême, ces réacteurs pourraient devoir être mis à l'arrêt, par impossibilité de les recharger à l'échéance prévue. En ce sens, l'IRSN estime nécessaire que les projets mis en œuvre par les exploitants pour faire face à cette situation (cf. infra) fassent l'objet d'un suivi permettant de réagir à d'éventuels aléas affectant leur avancement.

Comme il l'avait fait en janvier 2022 à l'occasion de ses vœux à la presse, le président de l'ASN a alerté, en séance du Haut comité, sur cette fragilité inédite du système de production nucléaire français.

**Afin de disposer de capacités d'entreposage supplémentaires, EDF a fait le choix de construire une nouvelle piscine « centralisée » dont elle a présenté les options de sûreté en 2017.** Cette piscine prendrait en charge l'ensemble des assemblages combustibles MOx usés, ainsi que d'autres combustibles dont EDF ne prévoit pas le retraitement à moyen terme, tels que les assemblages combustibles constitués à base d'uranium de retraitement ré-enrichi (URE).

EDF prévoit actuellement de construire cette installation sur le site de la Hague et a engagé une concertation avec l'appui de garants de la Commission nationale du débat public (CNDP). Cette concertation préalable s'est terminée en juillet 2022. A l'issue, les échanges avec le territoire se poursuivent jusqu'à l'enquête publique prévue en 2025 au travers d'un dispositif de concertation continue.

En tout état de cause, la mise en service de cette piscine est prévue en 2034. Cette mise à disposition de capacités d'entreposage supplémentaires avec au mieux 4 à 5 années de retard par rapport au besoin rend nécessaire la mise en œuvre de « parades » par les industriels, besoin déjà souligné par l'ASN dans son rapport d'octobre 2018 sur le « cycle du combustible ».

#### **4. Parades envisagées pour faire face à une saturation des entreposages actuels d'ici la fin de la décennie**

EDF et Orano ont présenté au Haut comité l'actualité de leurs travaux portant sur quatre pistes pouvant constituer de telles parades<sup>2</sup> :

- **le projet de densification des piscines de la Hague**, porté par Orano. Il vise à augmenter d'environ 30 % à terme les capacités d'entreposage de trois des piscines de l'établissement de La Hague par l'usage de nouveaux paniers d'entreposages plus compacts et par la réduction de la distance entre chaque panier. Cette solution vise à permettre l'entreposage d'une plus

---

<sup>2</sup> Voir les présentations sur le site du Haut comité : <http://www.hctisn.fr/60e-reunion-ordinaire-du-haut-comite-08-03-2022-a213.html>

grande quantité de combustibles dans un même volume de piscine (des 12 000 tonnes actuelles à 15 200 tonnes). Les options de sûreté définies par Orano à ce titre ont été présentées et ont fait l'objet de débats pluralistes dans le cadre d'un sous-groupe travail du groupe de suivi du plan national de gestion des matières et déchets radioactifs (PNGMDR) courant 2021. L'ASN a fait part à Orano de sa position sur ces options de sûreté (11 février 2022). Elle a notamment indiqué que cette parade devrait être temporaire et ne pas se substituer à la vocation des piscines précitées qui est d'entreposer « à des fins de retraitement », et qu'elle a l'intention de ne l'autoriser qu'au « juste besoin ». Orano a déposé en décembre 2022. une demande officielle de modification notable de ses installations, en vue d'une mise en œuvre progressive à compter de mi 2025 ; La démonstration de sûreté est basée sur une hypothèse de densification maximale des piscines de La Hague mais Orano prévoit une montée progressive avec un pallier à 1500 tmlr de combustibles usés dans un premier temps.

- **l'augmentation du nombre d'assemblages MOxés dans les cœurs des réacteurs qui peuvent ou pourraient utiliser du MOX et le « moxage » des réacteurs de 1300 MWe** : Ce projet, conduit par EDF et bientôt soumis à l'ASN, consisterait à passer ponctuellement les recharges en MOx de 12 à 16 assemblages dans les réacteurs de 900 MWe capables de recevoir ce combustible. Toujours dans une perspective d'équilibre du « cycle » mais à plus long terme (environ 2031), EDF travaille sur un projet de « moxage » des réacteurs de 1300 MW (avec une première étape d'essais envisagée bientôt à Paluel 4), ce qui constituerait un levier supplémentaire pour consommer le stock de plutonium en économisant des ressources naturelles en uranium naturel et permettre ainsi de réduire la quantité des combustibles usés entreposés. L'introduction de recharges MOX sur des réacteurs de 1300 MWe sera instruite dans le cadre de leur 4<sup>ème</sup> réexamen décennal. Ces leviers supposent également que l'usine Mélox soit en capacité de fournir des assemblages MOx supplémentaires, ce qui n'est pas le cas à date de la réunion du 8 mars 2022 (voir ci-dessus).
- **le projet d'entreposage à sec de combustibles usés**, dans des emballages de transport et d'entreposage développés par Orano : ce projet, inspiré d'entreposages réalisés dans des pays ne pratiquant pas de retraitement, est étudié par Orano en lien avec EDF. Il concernerait notamment des combustibles MOx et URE usés entreposés depuis plus de 15 ans, à faible puissance résiduelle. Orano a déposé en février 2023 auprès de l'ASN une révision d'un dossier d'Options de Sûreté d'une installation d'entreposage à sec dont l'instruction est en cours. L'entreposage à sec demeure une parade de 2<sup>ème</sup> niveau qui ne serait mise en œuvre que dans l'hypothèse de difficultés ou de retards de la solution de densification des piscines de La Hague ;

**Enfin, pour faire face à la saturation des entrepôts de plutonium, Orano a demandé à l'ASN l'autorisation de modifier certains locaux** attenants à des entreposages déjà dédiés au plutonium, pour en étendre la capacité d'environ 30 % dédiée plus particulièrement à l'entreposage des rebuts MOX en conteneur (RBM)

- Un premier entreposage dans l'atelier BST1 a fait l'objet d'une demande de modification notable autorisée à mi-avril 2022 et été mis en service à fin avril 2022.
- Un second entreposage dans l'atelier R4 a fait l'objet d'une demande de modification notable autorisée en avril 2023 et a été mis en service en aout 2023.
- Une demande de modification notable pour la création d'un troisième entreposage situé aussi dans l'atelier R4 a été déposée par Orano 29 septembre 2023 avec un objectif de mise en service au deuxième semestre 2025.

- Un plan d'actions a été mis en place pour rétablir la production de l'usine Melox
  - Depuis 2022, Melox utilise de nouveau une poudre d'UO<sub>2</sub> provenant d'un procédé à « voie humide » produite par l'usine Westinghouse de Vasteras. Cette évolution a fait l'objet d'une qualification auprès du client EDF/Framatome et a contribué à l'amélioration de la production de Melox depuis 2022 avec une augmentation sensible des rendements et la réduction de la proportion de rebuts. Par ailleurs, Orano a décidé en 2017 la création d'une usine produisant une poudre d'UO<sub>2</sub> selon le procédé voie humide historique à Malvesi. Les essais de mise en service de cette unité sont actuellement en cours et se poursuivront en 2024.
  - Orano a mis en œuvre le projet d'investissement Go Mox dont l'objectif est de doubler les machines critiques de l'usine Melox entre 2025 et 2030. Les équipes des différents projets ont été créées et la première demande de modification notable pour réalisation des travaux a été déposée en novembre 2022. Son instruction est démarrée depuis août 2023 et la fourniture de compléments demandés par l'ASN.
  - Orano a accru de manière très significative les effectifs de maintenance visant à résorber les en cours de maintenance corrective et préventive qui se sont accrus dans la période précédente. Ces actions se sont accompagnées d'un effort de formation tout particulier avec par exemple la création d'une école des métiers à Melox.

A mi- année 2023, le bilan des actions entreprises est positif mais l'effort doit être maintenu jusqu'au retour à une production nominale de combustibles MOX attendue à l'horizon 2026 :

- Le traitement de paniers comprenant des objets autres que des combustibles en piscine et la réussite du raccordement de la nouvelle unité de concentration des produits de fission à l'usine UP3 permettent de disposer d'ores et déjà de places disponibles en piscine pour l'évacuation des combustibles des CNPE capable d'absorber un aléa de production supérieur à 1 an.
- La production de Melox s'améliore régulièrement depuis 2021 en lien avec le changement de poudre UO<sub>2</sub> et les plans d'actions mis en œuvre.
- Les risques de saturation des entreposages de plutonium sont contenus grâce en premier lieu à l'amélioration de la production de Melox, la réduction des rebuts générés et en second lieu la mise en service d'entreposages supplémentaires.

##### **5. Vers un rendez-vous régulier au Haut comité sur l'entreposage des combustibles usés**

Les présentations et les débats qui se sont tenus lors de la réunion plénière du Haut comité le 8 mars 2022 ont conduit les participants à observer que, en complément de la démarche d'analyse à moyen-long terme de la cohérence du « cycle du combustible », qui reste pertinente, il convient d'assurer un suivi de court terme des difficultés rencontrées ces dernières années. Soutenant l'impératif exprimé par l'ASN et l'IRSN d'un suivi stratégique du sujet, Christine Noiville, Présidente du Haut comité, a annoncé qu'elle proposerait au Bureau du Haut Comité la mise en place d'un **rendez-vous régulier destiné à maintenir une dynamique continue de transparence sur la question**. Il s'agira en particulier de suivre l'évolution du calendrier de saturation et des projets proposés par les exploitants, des avis auxquels ils donnent lieu, des consultations du public dont ils font l'objet. Elle insiste sur la nécessité, à cette fin, que tous les acteurs du Haut comité, en premier lieu les industriels concernés, favorisent une mise à disposition rapide des informations et données relatives au fonctionnement du « cycle du combustible »

### Annexe 1 : Schéma du « cycle du combustible »

