

PIECE JOINTE

1°) – IDENTIFICATION DES BESOINS EN NOUVELLES CAPACITES D'ENTREPOSAGE DES COMBUSTIBLES USES

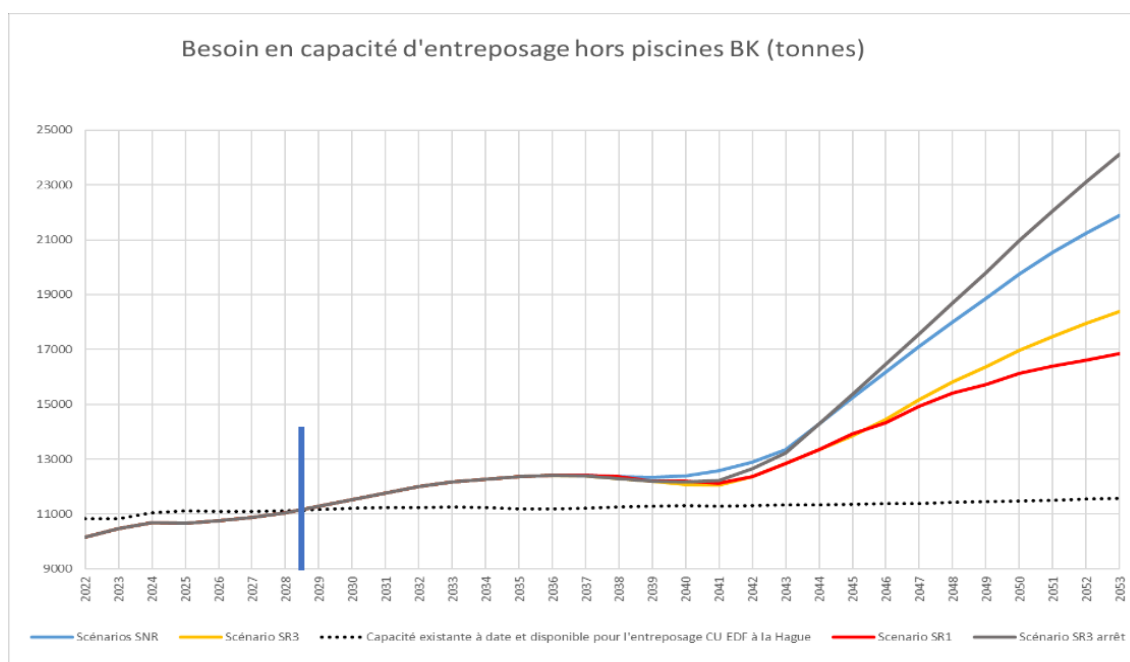
Pour fonctionner, les réacteurs nucléaires utilisent du combustible sous forme d'assemblages, composé d'uranium naturel enrichi (UNE) ou d'oxydes mixtes d'uranium et de plutonium (MOX) ou encore d'uranium de retraitement enrichi (URE).

Une fois usés après leur utilisation dans les réacteurs, les assemblages sont temporairement entreposés dans les piscines dites "piscines BK" situées au niveau de chaque réacteur, sur les Centres Nucléaires de Production d'Electricité (CNPE) d'EDF. Après cet entreposage temporaire permettant aux assemblages de refroidir suffisamment avant de pouvoir être transportés, ils sont évacués vers les piscines de l'usine de La Hague exploitée par Orano. La durée d'entreposage dans ces piscines diffère selon le type d'assemblages combustibles :

- les assemblages UNE usés sont traités après un entreposage d'une durée moyenne de 8 ans et les matières valorisables qu'ils contiennent, à savoir le plutonium et l'uranium de retraitement, sont recyclées respectivement sous forme de combustible MOX et de combustible URE,
- les assemblages MOX et URE usés restent pour l'instant entreposés dans la perspective d'une valorisation des matières qu'ils contiennent au travers du multi-recyclage dont les études de faisabilité sont en cours. L'objectif est une mise en œuvre du multi-recyclage et le chargement d'assemblages combustibles issus de ce multi-recyclage dans les Réacteurs à Eau Pressurisée dits REP (Multi-recyclage en REP dit MRREP) à l'horizon 2050 dans l'attente de pouvoir disposer de la technologie RNR pleinement adaptée au multi-recyclage des matières de l'ensemble des combustibles usés. Le multi-recyclage vise en effet à fermer complètement le cycle en n'utilisant plus de ressources naturelles en uranium mais les matières recyclables des combustibles usés.

L'évolution de la quantité d'assemblages combustibles usés à entreposer résulte donc au premier ordre du différentiel entre la quantité d'assemblages usés générés chaque année et la quantité d'assemblages usés traités annuellement. Elle dépend de divers paramètres comme le nombre de réacteurs en exploitation, leur production, leur gestion combustible (UNE, URE, MOX), ou encore la production des usines du cycle.

Le graphe ci-dessous représente, sur une période de 30 ans, l'évolution du besoin en entreposage d'assemblages combustibles usés (hors piscines BK), tous types confondus (UNE, URE, MOX), selon les 4 scénarios prescrits à l'action POL2 du PNGMDR 2022-2026.



Pour rappel, les 4 scénarios du PNGMR, contrastés en termes de parc installé et de stratégie de traitement-recyclage, se définissent comme suit :

- **Scénario "SNR"** : arrêt du traitement-mono-recyclage à l'horizon 2040 et sans futur parc nucléaire,
- **Scénario "SR3 arrêt du retraitement"** : arrêt du traitement-mono-recyclage à l'horizon 2040 et avec futur parc nucléaire,
- **Scénario "SR3"** : poursuite du traitement-mono-recyclage post 2040 et avec futur parc nucléaire EPR2,
- **Scénario "SR1"** : poursuite du traitement-mono-recyclage post 2040 puis multi-recyclage en REP (MRREP) à l'horizon 2050 dans un futur parc nucléaire EPR2 avant multi-recyclage en RNR à l'horizon 2090.

Etudiés en 2022 sur la base de données disponibles fin 2021, ces scénarios s'appuient tous sur la PPE 2019-28 actuelle qui prévoit la fermeture anticipée de 12 réacteurs 900 MWe entre 2027 et 2035 et sur un fonctionnement normal des usines du cycle que sont l'usine de traitement de La Hague et l'usine de fabrication du combustible MOX de Melox. Par ailleurs, ils s'appuient sur des hypothèses de mise en œuvre du moxage d'une partie du palier 1300 MWe (en compensation des tranches moxées prévues d'être fermées conformément à la PPE 2019-28 actuelle) et de l'urtage d'une partie du palier 900 MWe et 1300 MWe (compte tenu de la relance de la filière URE désormais industriellement engagée par EDF), cohérentes avec la stratégie de valorisation des matières (plutonium et uranium de retraitement) visée par EDF et qui feront l'objet de plans de valorisation en réponse à l'action MAT1 du PNGMDR.

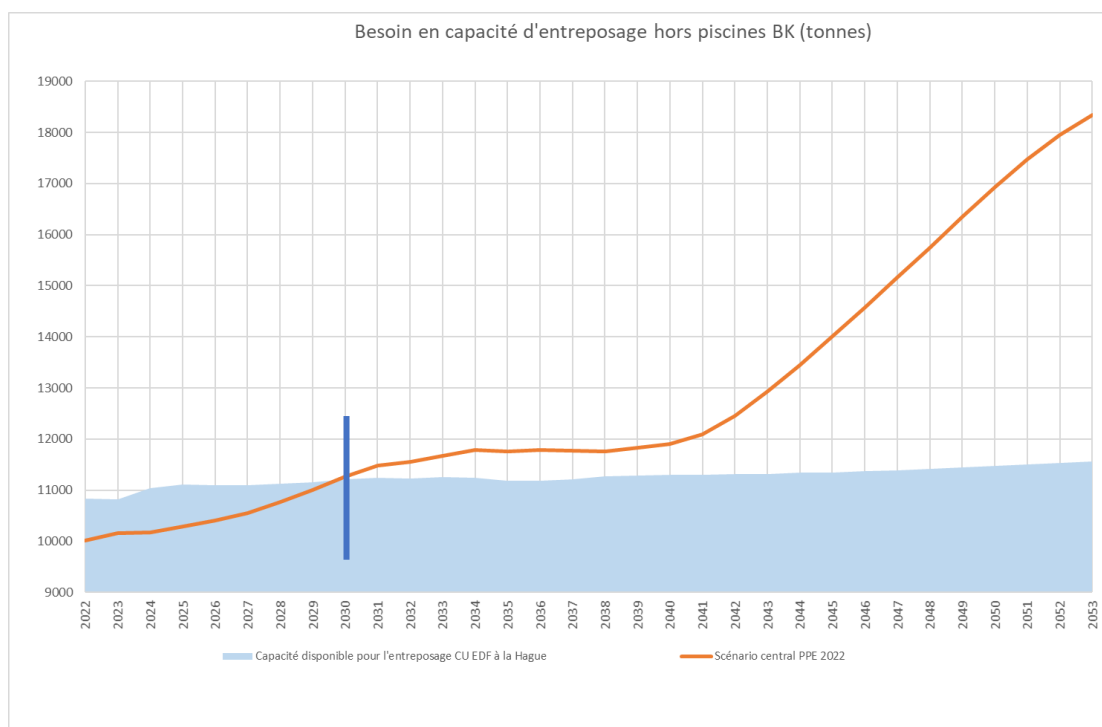
Quels que soient les scénarios, qui ne se différencient pas avant 2040 du fait des mêmes hypothèses qu'ils partagent jusqu'à cet horizon, le graphe montre une saturation des capacités existantes de La Hague à l'horizon mi 2029.

Post 2040, le besoin d'entreposage est très dépendant des hypothèses des scénarios en termes de parc installé et de stratégie de traitement recyclage : il varie du simple au double entre un scénario avec futur parc et mono puis multi-recyclage (SR1) et un scénario avec futur parc sans mono-recyclage après 2040 (SR3 arrêt du retraitement). Les tableaux ci-dessous résumés, en cohérence avec la réponse à l'action POL4 fournie début 2023 sur les besoins prospectifs en entreposage, le niveau de besoin en 2030, 2040 et 2050 selon les scénarios, et les besoins en capacités complémentaires correspondants.

Quantité de combustible usés EDF à entreposer hors BK (en tonnes de métal lourd)	Fin 2030	Fin 2040	Fin 2050
Scénario SNR	11523	~ 12200	19745
Scénario SR3 arrêt retraitement			20983
Scénario SR3			16964
Scénario SR1			16125

		Fin 2030	Fin 2040	Fin 2050
Capacités existantes à La Hague		11206	11296	11471
Taux d'occupation des piscines existantes de La Hague (% de la capacité disponible)		100	100	100
Besoin complémentaire hors BK en capacité d'entreposage CU EDF (en tonnes)	Scénario SNR	+ 317	+ 920 en moyenne	+ 8274
	Scénario SR3 arrêt retraitement			+ 9511
	Scénario SR3			+ 5493
	Scénario SR1			+ 4654

Selon les dernières estimations faites fin 2022 par EDF, en prenant en compte le retour d'expérience le plus récent et les perspectives disponibles à date, la saturation des capacités de La Hague est estimée à l'horizon 2030 dans un scénario industriel prenant en compte les mêmes hypothèses PPE, de moxage et d'urtage prises en compte dans les scénarios PNGMDR.



Ces dernières années, les usines de La Hague et de Melox exploitées par Orano ont dû faire face à divers aléas ayant entaché leurs niveaux de production respectifs. Les aléas génèrent des risques sur le maintien du flux de traitement (capacité du traitement elle-même ou réduction du traitement du fait de la saturation des entreposages de plutonium) et en conséquence un risque d'anticipation de la saturation des capacités d'entreposage des combustibles usés actuelles.

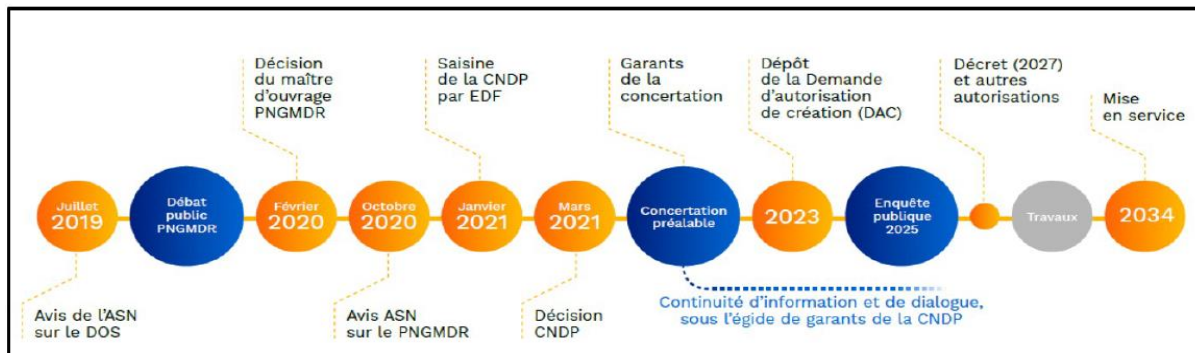
Des programmes sont déployés par Orano au niveau de ses usines, en lien avec EDF (notamment le programme "Relançons Melox" et le projet "NCPF" de renouvellement des évaporateurs de concentration des produits de fission à La Hague) afin que ces dernières puissent renouer durablement avec un niveau nominal de production. Afin de prendre en compte des aléas susceptibles d'intervenir sur les usines du cycle, EDF avec Orano, ont étudié des cas de fonctionnement dégradés des usines de La Hague et de Melox, dimensionnés au regard du retour d'expérience de production enregistré ces dernières années mais aussi d'aléas hypothétiques. Les hypothèses de ces scénarios étudiés dans le cadre d'une task-force EDF-Orano dans le but en particulier de tester la résilience du cycle, sont actualisées régulièrement pour prendre en compte le retour d'expérience le plus récent et les prévisions de production actualisées des usines. Les résultats de ces études sont présentés conjointement par EDF et Orano à l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN). Les derniers résultats disponibles, présentés en mars 2023, montrent que dans le cas le plus pessimiste reposant (compte tenu en particulier du retour d'expérience de ces dernières années et des risques identifiables à date) sur une situation dégradée de production de La Hague et très dégradée et durable à Melox, la saturation des capacités actuelles de La Hague pourrait intervenir fin 2023. L'excédent de combustible usé à entreposer dans un tel scénario étant limité (inférieur à 100 tonnes), l'ensemble des piscines BK des CNPE aurait la capacité de l'absorber sans risque déraisonnable vis-à-vis de la disponibilité des tranches, en limitant au juste nécessaire les évacuations de combustible usés vers La Hague.

2°) – STRATEGIE D'ENTREPOSAGE DES COMBUSTIBLES USES AU REGARD DES BESOINS

Compte tenu de l'ensemble des résultats des études menées sur les besoins en entreposage des combustibles usés dont les résultats fondamentaux sont présentés ci-dessus, EDF développe, en lien avec Orano, différentes solutions techniques d'entreposage de ses combustibles usés visant à garantir la robustesse du cycle du combustible à court, moyen et long terme.

La stratégie d'EDF repose en premier lieu sur le développement d'une nouvelle piscine d'entreposage centralisé sous eau pour répondre au besoin long terme. Suite au débat public de 2019 sur la 5^{ème} édition du PNGMDR, durant lequel les différentes solutions techniques (entreposage sous eau ou à sec, localisé ou centralisé) pour répondre au besoin partagé de nouvelles capacités d'entreposage à l'horizon 2030 ont été présentées et argumentées de manière contradictoire, le Ministère de la Transition Ecologique et l'ASN ont demandé, par décision du 21 février 2020, «*la poursuite des travaux liés à la mise en œuvre de nouvelles capacités d'entreposage centralisées sous eau*». Pilier central et pérenne de la stratégie d'EDF, le développement de cette piscine avec la mise en service d'un bassin d'une capacité de 6500 tonnes pouvant répondre au besoin sur le long terme est prévu en 2034.

Après un avis favorable de l'ASN en 2019 sur le Dossier d'Options de Sûreté, ce projet envisagé sur le site de La Hague a fait l'objet d'une concertation préalable du 22 novembre 2021 au 8 juillet 2022 sous l'égide de la Commission Nationale du Débat Public (CNDP). Conformément aux conclusions de la concertation, un processus de concertation continue durant le projet est désormais en place. Le calendrier prévisionnel des grandes étapes du projet de développement de la piscine jusqu'à sa mise en service (sous réserve de l'obtention des autorisations nécessaires), objet de la réponse d'EDF à l'action ENT5 visant à garantir la mise à disposition d'une nouvelle piscine d'entreposage centralisé dans les meilleurs délais, est rappelé ci-dessous. En particulier, le dépôt par EDF de la demande d'autorisation de création (DAC) de la piscine d'entreposage centralisé destinée à accueillir les combustibles usés UNE, URE, MOX ainsi que les combustibles RNR de Superphénix le cas échéant, est prévu pour fin 2023. Quant aux travaux de construction, ils sont projetés entre 2027 et 2034 moyennant l'obtention préalable des décrets et autres autorisations nécessaires.



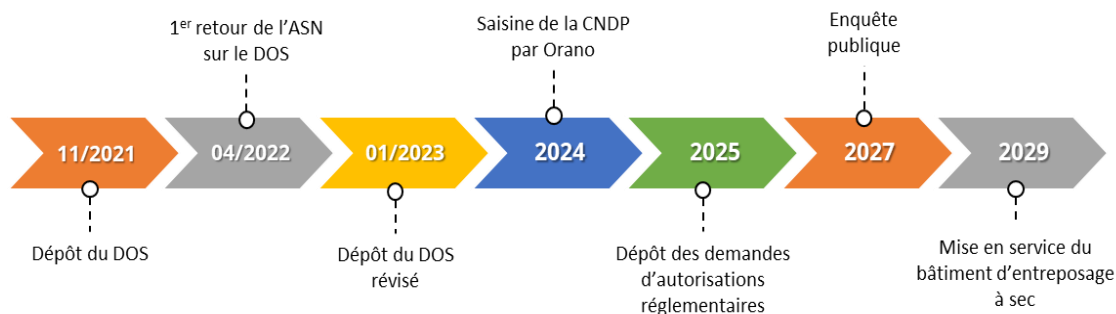
La mise en service de la piscine d'entreposage centralisé étant postérieure à l'horizon de saturation estimée à 2029-2030 en considérant la PPE 2019-28, voire plus tôt dans l'hypothèse d'un fonctionnement dégradé du cycle au niveau des usines du cycle, Orano, en lien avec EDF, prévoit de **mettre en œuvre deux solutions techniques complémentaires pour répondre au besoin d'entreposage à court/moyen terme**. Ces solutions, modulables, réversibles et transitoires, dont les développements sont en cours d'étude depuis plusieurs années, sont les suivantes :

- **Le développement de la densification des piscines d'entreposage actuelles d'Orano à La Hague** : cette solution consiste à augmenter, dans les limites autorisées par leur décret actuel, les capacités des piscines C, D, E actuelles d'Orano à La Hague (hors piscine NPH), en utilisant des nouveaux paniers de section réduite, et en diminuant le pas d'entreposage. Ce levier, dénommé « densification » et dont l'étude est commanditée par EDF, a fait l'objet d'un dépôt d'un dossier d'options de sûreté auprès de l'ASN en 2020. En 2021, ce dossier et l'analyse qui en a été faite par l'IRSN ont été présentés en sous-groupe de travail du PNGMDR ouvert au public. L'autorisation par l'ASN de mise en œuvre de ce levier est visée début 2024 sur la base de la demande de modification notable qui a été déposée fin 2022 par Orano. Le début de mise en œuvre progressive du levier dans les piscines C, D, E de La Hague est ainsi envisagé en 2024. Le potentiel de ce levier représente environ 3200 tonnes de capacités supplémentaires. A date, il est envisagé de démarrer la densification des piscines d'Orano La Hague jusqu'à un premier palier d'environ 1500 tonnes de capacités supplémentaires permettant de couvrir, jusqu'à l'horizon 2036 les besoins en capacité d'entreposage intégrant des aléas de fonctionnement de La Hague et Melox. Un second palier de densification de tout ou partie des piscines C, D et E de La Hague pourra éventuellement être réalisé en fonction de l'évolution du besoin en capacité supplémentaire, dans la limite du tonnage autorisée. Cette stratégie permet un développement de capacité ajustée aux besoins de mitigation des risques de saturation tel qu'EDF et Orano les évaluent. Le planning de développement de la solution "densification" est présenté par la frise ci-dessous.

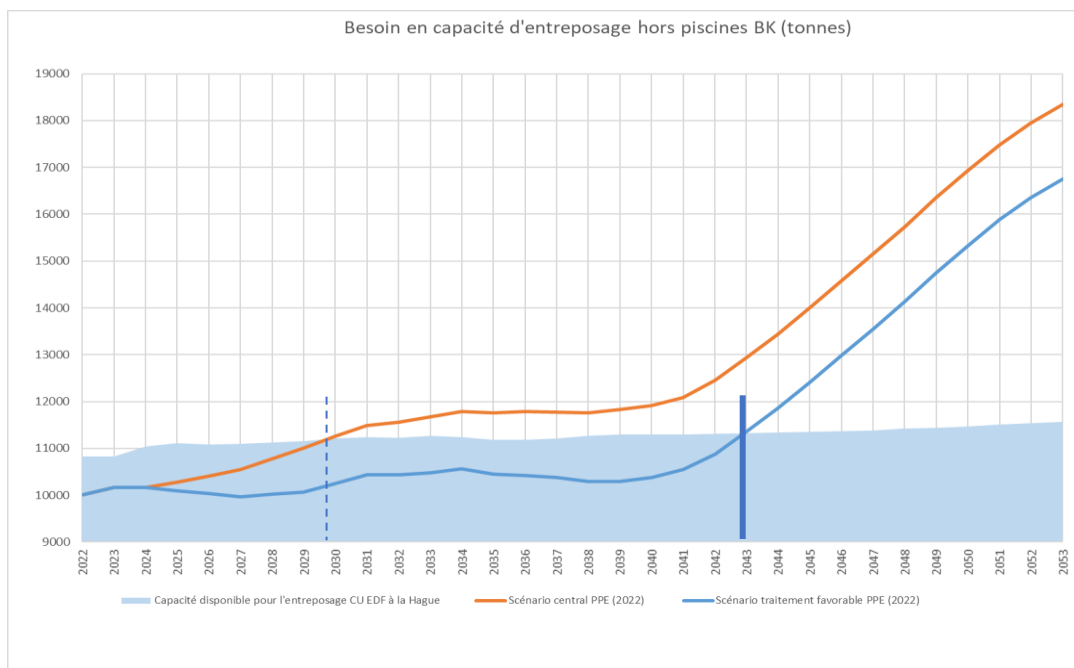


- **Le développement de l'entreposage à sec d'assemblages usés URE et MOX (voire UNE si besoin impérieux)** qui sont aujourd'hui entreposés dans les piscines Orano de La Hague et suffisamment refroidis. Cette solution, dont la mise en œuvre est envisagée sur le site Orano de La Hague, vise à compléter les précédentes et apporter de la

résilience à la stratégie d'entreposage si besoin. Elle a fait l'objet d'un dossier d'options de sûreté, déposé et présenté par Orano à l'ASN en novembre 2021. L'ASN a formulé des demandes de compléments et Orano a remis à l'ASN le dossier d'options de sûreté révisé en janvier 2023. Compte tenu des études en cours, la mise en service d'un entreposage à sec sur le site de La Hague, une fois les autorisations nécessaires obtenues par Orano - commandités par EDF pour mettre en place ce levier -, est envisagée à partir de 2029. Le potentiel d'entreposage de cette solution sur la base d'emballages de type TN Eagle de conception Orano NPS est d'environ 900 tonnes de combustibles usés suffisamment refroidis à horizon 2029 comme le précise la réponse à l'action ENT3, fournie fin décembre 2022.



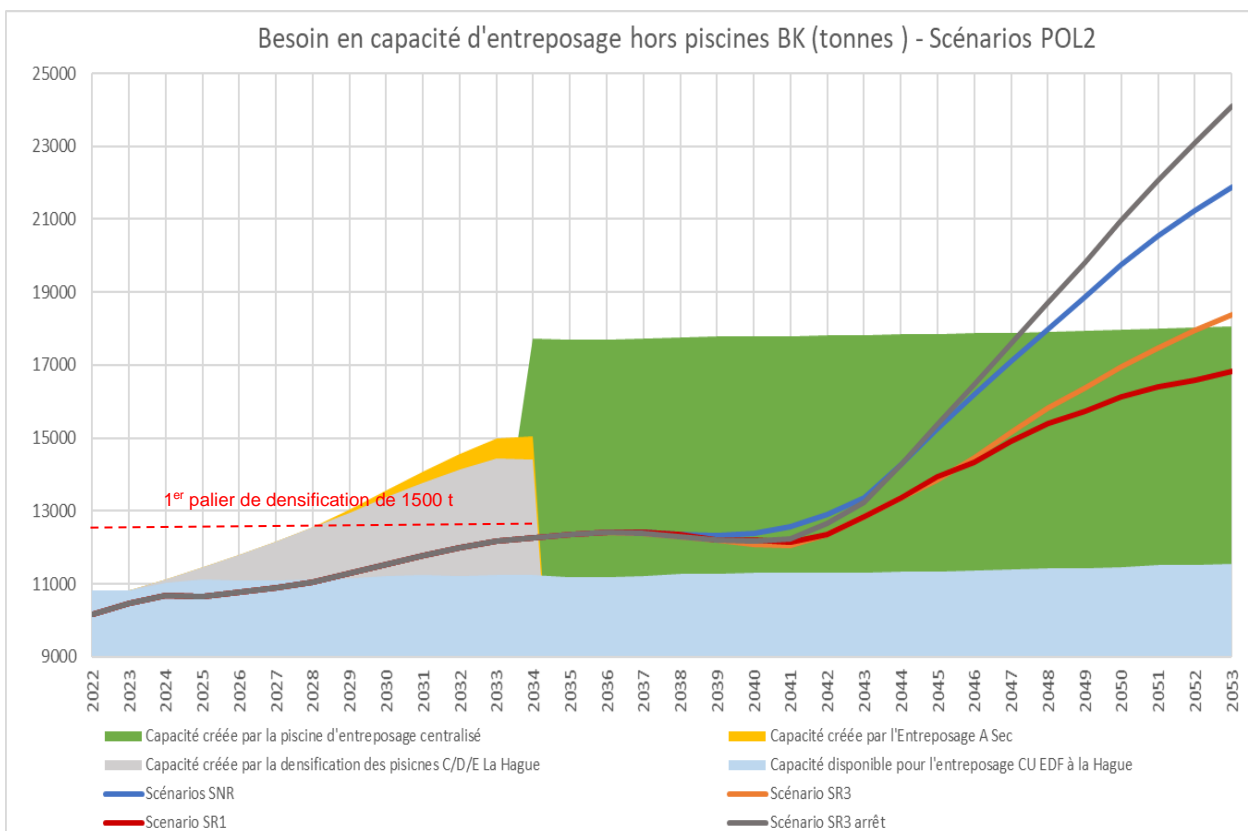
Pour renforcer encore sa stratégie reposant sur les solutions techniques pérennes et transitoires exposées précédemment, EDF prévoit enfin de mettre œuvre un **levier dit "levier + 4 AC MOX"**. Il consiste à étendre la variabilité de la gestion Parité MOX sur le palier 900 MWe à des recharges avec 16 AC MOX, au lieu de 12 dans le format standard des recharges Parité MOX. Cette extension vise ainsi à libérer de la place d'entreposage. En effet, par rapport à une recharge MOX standard, ce serait un gain minimum de 32 emplacements supplémentaires d'entreposage de combustible usé qui seraient libérés pour chaque recharge (la fabrication d'un seul assemblage MOX nécessitant en moyenne le traitement de 8 assemblages UNE). Selon l'échéance visée de sa mise en œuvre et sa fréquence d'utilisation sur les tranches 900 MWe moxées, ce levier pourrait à lui seul parer au risque de saturation d'ici la mise en œuvre de la piscine d'entreposage centralisé. L'effet de ce levier sur le besoin en entreposage est illustré par le graphe ci-dessous (scénario « traitement favorable PPE (2022) » présenté à l'ASN en mars 2023). Avec une mise en œuvre de ce levier envisagée dès 2025, la saturation est estimée à l'horizon 2043 au lieu de 2030 dans un scénario industriel central, similaire au scénario SR3 de l'action POL2 du PNGMDR (sans le levier et avec la PPE actuelle et poursuite du mono-recyclage) et actualisé avec la réalité industrielle enregistrée jusqu'en 2022 inclus.

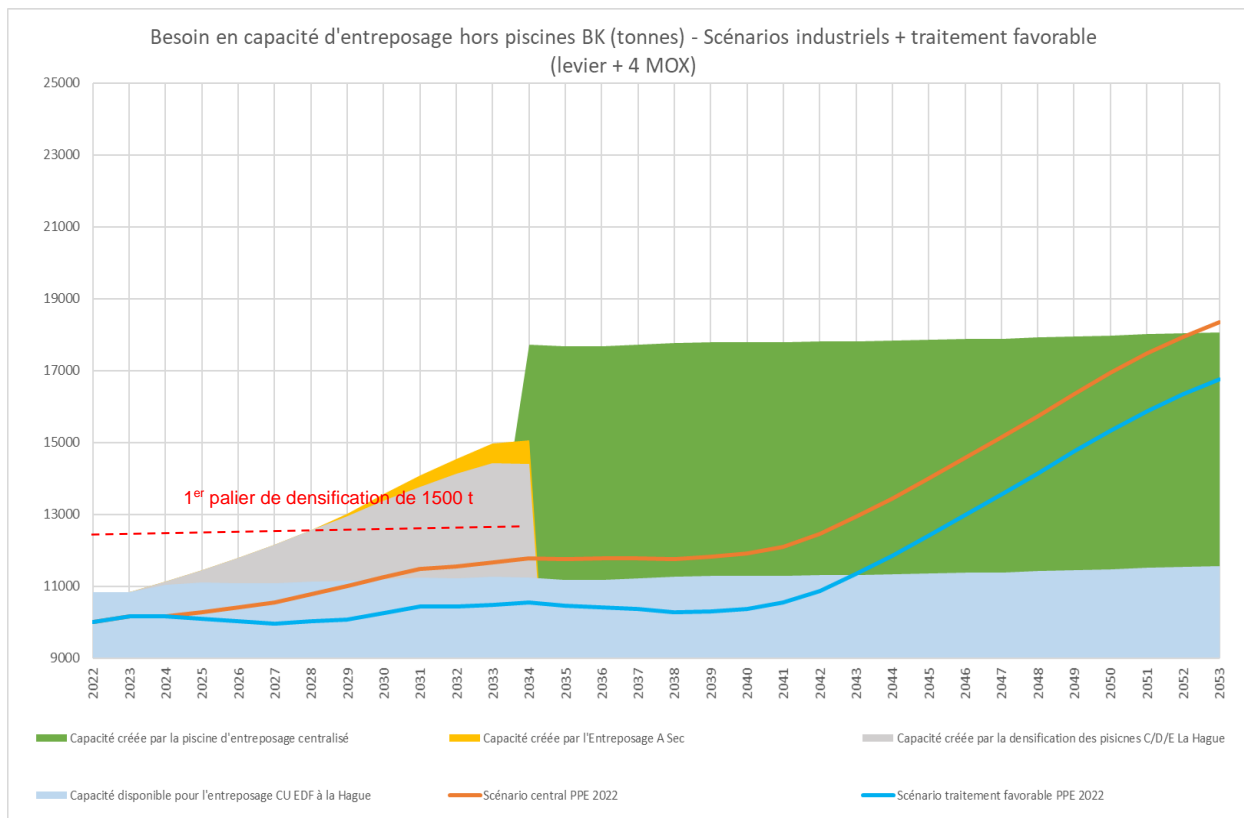


Le dossier justificatif de ce levier ayant vocation à s’inscrire dans le référentiel de sûreté Parité MOX en vigueur, il n’y a pas lieu d’y associer des options de sûreté. Après son contrôle interne indépendant, il est prévu de le transmettre à l’ASN en 2025. Pour une mise en œuvre du levier envisagée dès 2025, l’usine de Melox doit retrouver d’ici là une capacité de production nominale, ce que devrait permettre le programme "Relançons Melox" déployé sur l’usine par Orano.



Les graphes ci-dessous réconcilient, pour les différents scénarios étudiés, les besoins avec l’ensemble des solutions constitutives de la stratégie d’EDF. Ils reposent sur l’hypothèse, arbitraire et conservatrice, d’un arrêt des solutions transitoires que sont la densification et l’entreposage à sec, au moment où la piscine d’entreposage centralisé entre en service.





Ils démontrent la capacité de ces solutions à couvrir le besoin d'entreposage des combustibles usés d'EDF sur le long terme comme sur le court terme et ce, de manière raisonnablement robuste quels que soient les scénarios, dont ceux prenant en compte des aléas sur le fonctionnement des usines du cycle. En effet, les solutions envisagées et leur articulation permettent de retrouver progressivement des marges substantielles permettant assez rapidement et dans la durée, de retrouver un meilleur niveau de résilience du système global d'entreposage, en particulier face aux hypothétiques situations de crise extrêmes et imprévues telles qu'étudiées dans le cadre de l'action POL3. Plus précisément, la marge à la saturation s'établit globalement entre 1000 tonnes en 2024 et plus de 2000 tonnes jusqu'à l'horizon 2048 environ (dans le scénario central PPE (2022)) ; des marges importantes étant apportées dès la mise en service de la piscine d'entreposage centralisé. Ces marges minimales de 1000 à 2000 tonnes de 2027 à 2048 correspondent à 1 à 2 années de traitement en moyenne. Un arrêt total du traitement durant ce temps pourrait donc être absorbé par les capacités actuelles et futures, sans affecter les piscines BK des CNPE qui disposent, pour leur part, d'une marge moyenne de 12 à 24 mois selon les paliers. Le retour d'expérience enregistré sur les usines de La Hague et de Melox après une trentaine d'années de fonctionnement s'inscrit largement dans ces marges avec une durée d'arrêt non programmé de La Hague qui n'a jamais excédé 4 mois tandis que l'usine de Melox n'a pas connu d'arrêt complet et durable non programmé.

Le premier niveau de densification envisagé de 1500 tonnes permet de couvrir quasiment le besoin jusqu'à la mise en service de la piscine d'entreposage dans les scénarios les plus pénalisants. Les estimations de besoin qu'EDF, en lien avec Orano, actualise tous les ans en fonction notamment des choix de politique énergétique, du retour d'expérience et des perspectives de fonctionnement des usines du cycle et de la situation réelle des entreposages confirmeront ou non la nécessité de déployer des parades supplémentaires au-delà de ce palier de densification et de les adapter au juste nécessaire.

Un futur besoin au-delà du premier bassin de 6500 tonnes de la piscine d'entreposage centralisé d'EDF est estimé au plus tôt vers 2047-2048 si le choix de politique énergétique future devait s'orienter vers le non-renouvellement du parc actuel (scénario SR1) ou sur l'arrêt de la stratégie actuelle de traitement-recyclage (scénario SR3 arrêté). Le futur besoin serait post 2050 dans les autres cas. Le projet EDF de développement de la piscine d'entreposage centralisé a pris en compte la perspective d'un besoin post 1^{er} bassin et a pris des dispositions pour être en mesure d'implanter un 2^{ème} bassin à La Hague, dans l'hypothèse où ce site serait finalement retenu pour l'implantation de ce dernier. Le dimensionnement et l'échéance de ce dernier seront affinés au fil des années, en fonction de la réalité industrielle et des futurs choix de politique énergétique, avec l'objectif de conserver un niveau de résilience suffisant de la filière.