

RAPPORT

# CYCLE DU COMBUSTIBLE NUCLEAIRE

IMPACT DES SCÉNARIOS DE MIX ÉNERGÉTIQUE ET  
DE LA PRODUCTION ACTUELLE DE L'USINE MELOX

Pôle Sûreté Nucléaire

Rapport IRSN N° 2022-00180

Rapport établi en support à l'avis IRSN N° 2022-00049 du 4 mars 2022

# TABLE DES MATIÈRES

<b>1. INTRODUCTION.....</b>	<b>3</b>
<b>2. CONTEXTE.....</b>	<b>3</b>
<b>3. EFFETS DE LA PPE SUR LA COHÉRENCE DU CYCLE DU COMBUSTIBLE.....</b>	<b>6</b>
<b>3.1. Scénarios définis par l’ASN .....</b>	<b>6</b>
<b>3.2. Hypothèses retenues par les exploitants .....</b>	<b>7</b>
3.2.1. Chroniques d’arrêt définitif des réacteurs .....	7
3.2.2. Durée d’évacuation des assemblages combustibles d’une tranche après son arrêt définitif.....	8
3.2.3. Caractéristiques des gestions des combustibles mises en œuvre sur le parc REP .....	8
3.2.4. Cadencement des « sauts d’hiver ».....	9
3.2.5. Teneur moyenne en plutonium des assemblages combustibles usés traités .....	9
3.2.6. Teneur moyenne en plutonium dans les assemblages combustibles MOX neufs .....	9
3.2.7. Rebut de fabrication de l’usine MELOX .....	10
3.2.8. Rénovation des racks de stockage des combustibles usés (RSCU) affectés par l’effet “Boral” et gestions de déchets activés d’exploitation (DAE) .....	10
3.2.9. Autres hypothèses .....	10
3.2.10. Conclusion sur les hypothèses.....	10
<b>3.3. Résultats présentés par les exploitants .....</b>	<b>10</b>
3.3.1. Entreposage des assemblages combustibles usés .....	11
3.3.2. Entreposages de plutonium de l’établissement Orano Recyclage de La Hague .....	13
3.3.3. Entreposages d’uranium de retraitement de l’établissement Orano Chimie-Enrichissement du Tricastin.....	14
3.3.4. Entreposages des déchets de l’établissement Orano Recyclage de La Hague .....	15
3.3.5. Autres résultats.....	15
<b>3.4. Conclusion sur les résultats présentés par les exploitants .....</b>	<b>15</b>
<b>4. RÉCENT RETOUR D’EXPÉRIENCE (2020-2021) D’EXPLOITATION DES INSTALLATIONS.....</b>	<b>16</b>
4.1.1. Usine MELOX .....	16
4.1.2. Évaporateurs de concentration des produits de fission de l’établissement Orano Recyclage de La Hague.....	18
4.1.3. Évaluations de l’IRSN .....	19
<b>5. CONCLUSION.....</b>	<b>22</b>
<b>RÉFÉRENCES .....</b>	<b>24</b>

# 1. INTRODUCTION

Par la lettre en référence [1], l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) sollicite l'avis et les observations de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur les réponses transmises par les exploitants du cycle du combustible français (Andra, EDF, Framatome et Orano) aux demandes D14 et D5 formulées par l'ASN, dans son courrier en référence [2], à l'issue de l'instruction du dossier « Impact Cycle 2016 » (IC2016).

La demande D14 concerne l'analyse des effets sur la cohérence du cycle du combustible des scénarios de mix énergétique retenus dans le décret fixant la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE). En complément à cette demande, l'ASN a défini dans la note de cadrage en référence [3] les scénarios à retenir pour cette étude. En réponse, les exploitants ont transmis l'étude référencée [4] en décembre 2020.

La demande D5 concerne la transmission du bilan annuel de production des rebuts de l'usine MELOX. Ces éléments ont été transmis par Orano Recyclage par des fiches réponses référencées pour les années 2018 à 2020 [5].

Dans ce contexte, l'ASN demande à l'IRSN d'examiner plus particulièrement :

- la pertinence des hypothèses retenues par les exploitants au regard des scénarios de mix énergétique spécifiés par l'ASN dans le courrier [3] et de la production de l'usine de MELOX ;
- l'évolution dans la durée des flux et des quantités entreposées de plutonium, y compris sous forme de rebuts de fabrication de combustibles MOX (dits rebuts MOX), au regard des capacités d'entreposage disponibles et de leur saturation possible ;
- l'identification des éventuelles difficultés ou contraintes liées aux évolutions présentées par les exploitants qui pourraient entraîner des conséquences, d'une part sur les capacités des installations de traitement des assemblages combustibles usés, de fabrication d'assemblages combustibles à base d'oxydes mixtes d'uranium et de plutonium (MOX) et des transports, d'autre part sur le fonctionnement du cycle du combustible ;
- la gestion des rebuts MOX conditionnés en boîtes, en se fondant sur les bilans annuels présentés par l'exploitant Orano Recyclage et les perspectives de production de l'usine MELOX, ainsi que la pertinence des scénarios prévus pour la reprise de ces rebuts.

De l'évaluation des documents transmis, tenant compte des éléments apportés par les exploitants du cycle du combustible au cours de l'expertise, l'IRSN retient les principaux points suivants.

# 2. CONTEXTE

EDF exploite actuellement 56 réacteurs nucléaires à eau sous pression (REP), répartis sur 18 centres nucléaires de production d'électricité (CNPE) relevant de trois paliers principaux :

- 32 réacteurs de 900 MWe (comprenant 4 réacteurs du palier dit CP0<sup>1</sup> et 28 réacteurs du palier dit CPY<sup>2</sup>) ;
- 20 réacteurs du palier 1 300 MWe ;
- 4 réacteurs du palier 1 450 MWe.

Les assemblages combustibles actuellement prévus d'être chargés dans les réacteurs sont à base d'oxyde d'uranium naturel enrichi en isotope 235 (UNE) et, pour 22 réacteurs du palier CPY, à base d'oxydes mixtes d'uranium et de plutonium (MOX) pour environ 1/3 des assemblages combustibles. À noter que 24 réacteurs du palier CPY sont autorisés à utiliser des assemblages combustibles MOX.

Le fonctionnement des réacteurs nucléaires d'EDF s'appuie sur des installations et des moyens logistiques (emballages de transport...) assurant notamment la fourniture aux réacteurs des assemblages combustibles neufs, l'entreposage et le traitement des assemblages combustibles usés, le recyclage de certaines de leurs

<sup>1</sup> CP0 : le palier CP0 correspond aux réacteurs les plus anciens, construits dans le cadre du Contrat Programme 0 entre 1976 et 1980.

<sup>2</sup> CPY : le palier CPY correspond aux autres réacteurs de 900 MWe construits dans le cadre des Contrats Programme suivants.

matières et la gestion des déchets générés par les réacteurs et les installations précitées. Le terme « cycle du combustible nucléaire des réacteurs de puissance à eau sous pression français » (dit « cycle du combustible » par la suite) désigne l'ensemble de ces opérations (cf. schéma présenté ci-après). Dans sa partie « amont », il comporte en particulier les étapes de conversion et d'enrichissement de l'uranium en isotope fissile et celles de fabrication des assemblages combustibles, qu'ils soient à base d'oxyde d'uranium (UOX) ou d'un mélange d'oxydes d'uranium et de plutonium (MOX). La partie « aval » du cycle regroupe les opérations d'entreposage et de traitement des assemblages combustibles usés, ainsi que la gestion des matières valorisables issues de ce traitement (uranium et plutonium) et des entreposages de déchets radioactifs en attente de leur stockage.

**Le cycle du combustible** (tous les entreposages intermédiaires ne sont pas représentés)

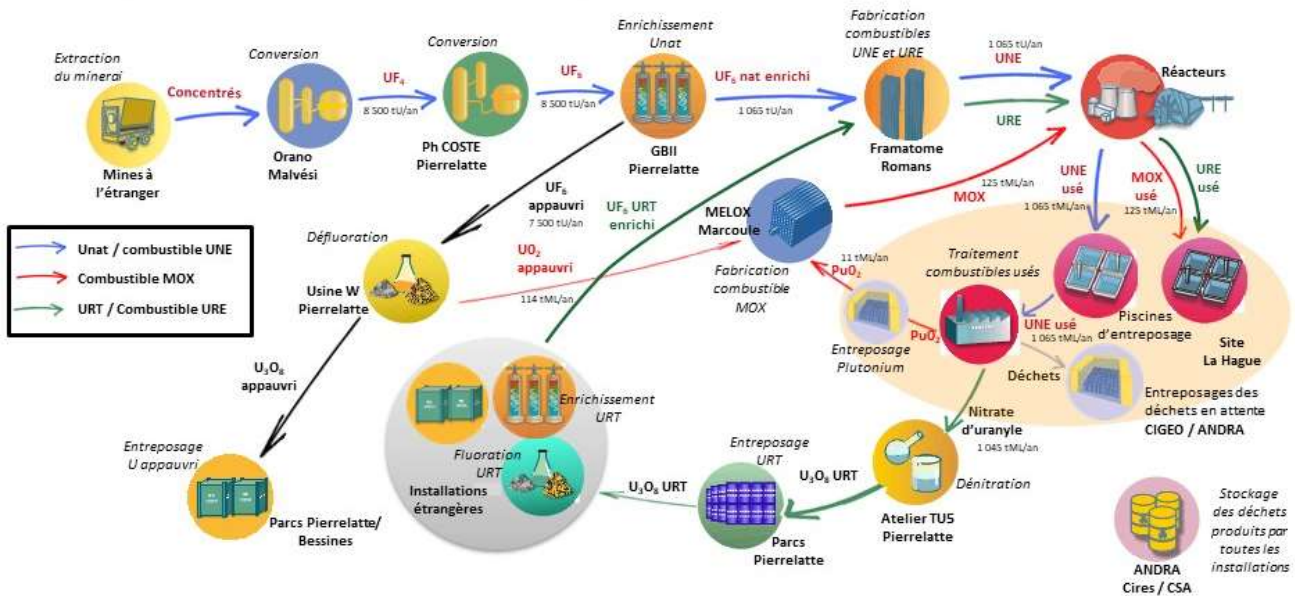


Figure 1 : Schéma du cycle du combustible

Le « fonctionnement » du cycle du combustible nécessite que chacun de ses moyens (installations de production ou d'entreposage, moyens logistiques...) soit adapté aux besoins (adéquation des domaines de fonctionnement aux caractéristiques et aux flux des matières mis en œuvre). Par ailleurs, les évolutions pouvant survenir (liées à un changement de type de combustible ou à des conditions d'exploitation des réacteurs, à la modification d'installations...), qui sont susceptibles d'impacter un ensemble d'installations et de moyens logistiques, doivent être anticipées, compte tenu des délais d'études et de mise en œuvre nécessaires. Cette anticipation doit notamment permettre une prise en compte adaptée des problématiques de sûreté et de radioprotection. En ce sens, en 1999, l'autorité de sûreté de l'époque a demandé à EDF de piloter, en liaison avec les autres exploitants concernés, une analyse, sous l'angle de la sûreté et de la radioprotection, du fonctionnement de ce cycle pour une période prospective d'une dizaine d'années. Cette analyse, objet du dossier « Cycle 2000 », a été mise à jour en 2007 et 2016 (dossiers dénommés « Impact Cycle 2007 » et « Impact Cycle 2016 »). Ces dossiers ont fait l'objet d'expertises de l'IRSN dont les conclusions ont été présentées lors de réunions des groupes permanents d'experts respectivement en 2002, 2010 et 2018.

Le dossier « Impact cycle 2016 » visait à analyser la cohérence du cycle du combustible au regard des évolutions politiques, industrielles et techniques intervenues depuis le précédent dossier. Il incluait notamment l'étude de scénarios prospectifs d'évolution du parc électronucléaire spécifiés par l'ASN, une étude d'aléas de fonctionnement pour chaque étape du cycle, ainsi qu'une analyse des inflexions majeures et des « effets falaise » pouvant apparaître d'ici 2040.

Dans son avis cité en référence [6] concernant le dossier « Impact Cycle 2016 », l'IRSN a conclu que, du point de vue de la sûreté et de la radioprotection, l'analyse de l'impact des gestions actuelles des combustibles des réacteurs et de celles envisagées jusqu'en 2025, prolongées jusqu'en 2030, ne fait pas apparaître de difficulté

technique majeure pour les installations du cycle du combustible français. Toutefois, l'IRSN estimait que les exploitants devaient porter une attention particulière aux capacités de certains entreposages (uranium appauvri en isotope 235, assemblages combustibles usés, uranium provenant du traitement de combustibles usés et certains déchets issus de ce traitement). L'IRSN soulignait également que l'impact sur le cycle du combustible de l'arrêt de réacteurs, introduit dans la loi de transition énergétique pour la croissance verte (TECV), devrait être analysé.

En effet, la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE), définie par le décret cité en référence [7] et publiée en avril 2020, énonce les principes d'un programme d'arrêt des réacteurs jusqu'en 2035 et indique que la stratégie de traitement-recyclage du combustible nucléaire sera préservée jusqu'à l'horizon des années 2040.

À la suite de l'instruction du dossier « Impact Cycle 2016 », par lettre citée en référence [2], l'ASN a publié son avis et demandé à EDF, en lien avec les exploitants concernés, de transmettre notamment :

- une analyse des effets des scénarios de mix énergétique retenus dans les décrets fixant la PPE, sur la cohérence du cycle du combustible (demande D14) ;
- un bilan annuel de la production, du recyclage et de l'entreposage des rebuts MOX dans l'usine MELOX et dans les usines de l'établissement Orano Recyclage de La Hague (demande D5).

Il convient de noter que le retour d'expérience d'exploitation (2017-2020) de certaines installations du cycle du combustible met en cause des hypothèses prises en compte dans le dossier « Impact cycle 2016 » :

- depuis 2018, la production d'électricité réelle d'EDF est inférieure à l'hypothèse de référence retenue dans le dossier « Impact cycle 2016 » (420 TWh/an). Par ailleurs, la crise sanitaire liée au COVID 19 a conduit EDF à replanifier des arrêts de tranches. Ces points vont modifier, sur plusieurs années, le flux d'assemblages combustibles neufs fournis aux réacteurs et le flux d'assemblages combustibles usés reçus dans les usines de La Hague ;
- depuis 2018, l'usine MELOX rencontre des difficultés d'exploitation liées à des pannes et des problèmes de qualité produit (homogénéité de la teneur en Pu et détection d'îlots riches en plutonium dits PRI<sup>3</sup>). Ces difficultés ont conduit à une production d'assemblages combustibles MOX inférieure à l'hypothèse de référence retenue dans le dossier « Impact cycle 2016 » et à la génération d'une importante quantité de rebuts. Pour rappel, le recyclage d'une certaine quantité de rebuts est nécessaire à la fabrication des pastilles combustibles. Les rebuts non recyclés dans le procédé de l'usine MELOX sont conditionnés, puis expédiés vers les entreposages de l'établissement Orano Recyclage de La Hague (entreposages de plutonium pour les rebuts conditionnés en boîtes (RBM) et piscines d'entreposage des assemblages combustibles pour ceux conditionnés sous forme d'assemblages de crayons (RAM)) en attente d'un potentiel traitement.

Orano Recyclage attribue les difficultés rencontrées par l'usine MELOX notamment à l'utilisation, à partir de 2013, d'une poudre d'UO<sub>2</sub> issue d'un procédé dit « voie sèche » (usine Framatome de Lingén), à la place d'une poudre issue d'un procédé dit « voie humide » (usine TU2 à Tricastin aujourd'hui arrêtée). Par ailleurs, indépendamment des problèmes de qualité produit, l'usine MELOX est également confrontée à l'apparition de pannes fréquentes. À cet égard, les débits de doses ambiants aux postes de travail (essentiellement au niveau des équipements en boîte à gants) augmentent régulièrement, ce qui impacte la réalisation de la maintenance de l'usine.

Dès 2019, Orano Recyclage a défini un plan d'actions pour rétablir la production de l'usine MELOX, qui repose principalement sur (i) le retour à l'utilisation à l'horizon 2023 d'une poudre d'UO<sub>2</sub> issue d'un procédé « voie humide », aménagé dans une nouvelle installation du site de Malvési (projet lancé dès 2017 par Orano Recyclage), (ii) un programme visant à rattraper le retard de maintenance des équipements de l'usine en intégrant la problématique liée aux débits de dose et (iii) le renforcement des compétences des intervenants impliqués dans la production et la maintenance ;

<sup>3</sup> PRI : Pu rich island

- depuis 2018, les difficultés de production de l'usine MELOX ont conduit EDF à remplacer des assemblages combustibles MOX par des assemblages combustibles UNE lors de recharges de réacteurs (2 en 2018, 8 en 2019).

Pour rappel, pour notamment définir les quantités d'assemblages combustibles usés retraitées annuellement, EDF s'appuie sur un objectif (désigné par la notion d'équilibre du cycle combustible dans la suite) de ne pas accumuler de plutonium séparé (sous forme de PuO<sub>2</sub>) dans les entreposages de l'établissement Orano Cycle de La Hague et de l'usine MELOX, au-delà des quantités nécessaires à la fabrication des assemblages combustibles MOX. Ainsi, la quantité d'assemblages combustibles MOX utilisée dans les réacteurs d'EDF pilote théoriquement la quantité d'assemblages combustibles usés retraitée. Ceci limite de fait les risques de saturation des entreposages de plutonium. Toutefois, les difficultés rencontrées par l'usine MELOX mettent en cause ce principe. En effet, compte tenu de la marge disponible dans les piscines d'entreposage d'assemblages combustibles, les exploitants n'ont pas baissé le flux de traitement des assemblages combustibles usés, ce qui conduit à une production de PuO<sub>2</sub> supérieure au besoin.

La prise en compte de ces éléments met en cause certaines des conclusions du dossier « Impact cycle 2016 », notamment celles relatives à la saturation des piscines d'entreposage des assemblages combustibles et à l'évolution des capacités d'entreposage de plutonium.

En réponse à la demande D14 de l'ASN, les exploitants ont transmis en décembre 2020 une étude citée en référence [4] analysant, sur la base de scénarios spécifiés par l'ASN, les effets de la PPE sur la cohérence du cycle du combustible français. Ces scénarios prennent en compte le retour d'expérience d'exploitation évoqué ci-avant.

L'IRSN a examiné, dans un premier temps, l'étude transmise par les exploitants en réponse à la demande D14 de l'ASN, intégrant les réponses à la demande D5 de l'ASN, et, a analysé dans un second temps les effets du retour d'expérience plus récent (2020-2021) d'exploitation des installations sur le cycle du combustible.

### 3. EFFETS DE LA PPE SUR LA COHÉRENCE DU CYCLE DU COMBUSTIBLE

La PPE présente les principales mesures pour porter à 50 % la part du nucléaire dans la production d'électricité française à l'échéance 2035 :

- 14 réacteurs nucléaires, dont ceux de la centrale de Fessenheim, arrêtés d'ici 2035 ;
- 12 réacteurs (hors ceux de Fessenheim) arrêtés au plus tard à l'échéance de leur 5<sup>ème</sup> visite décennale ;
- deux réacteurs arrêtés par anticipation de leur 5<sup>ème</sup> visite décennale en 2027 et 2028 ;
- deux réacteurs potentiellement arrêtés en 2025-2026 (sous conditions) ;
- la stratégie de traitement-recyclage des assemblages combustibles UOX usés préservée jusqu'à l'horizon des années 2040. À cette fin, l'utilisation d'assemblages combustibles MOX (« moxage ») dans des réacteurs du palier 1 300 MWe sera entreprise par EDF.

#### 3.1. Scénarios définis par l'ASN

Afin de préciser les hypothèses de l'analyse attendue en réponse à la demande D14, l'ASN a spécifié, dans la note de cadrage [3], cinq scénarios de mix énergétique qui intègrent les éléments de la PPE. Ces scénarios définissent des hypothèses visant à évaluer les effets de certains paramètres sur le système industriel que constitue le cycle du combustible :

Le scénario 1, constituant le scénario de référence, considère les principales hypothèses suivantes :

- la prise en compte de l'impact de la crise sanitaire liée au Covid (baisse de la production électrique, décalage d'arrêt de réacteur...);
- l'évolution de la production électrique d'origine nucléaire tel que précisée dans la PPE ;

- le démarrage de l'EPR Flamanville 3 en 2022<sup>4</sup> ;
- la mise en œuvre d'assemblages combustibles MOX dans deux réacteurs 900 MWe du Blayais (3 et 4) respectivement en 2023 et en 2024 (soit un total de 24 réacteurs utilisant des assemblages combustibles MOX à partir de 2024) ;
- la mise en œuvre d'assemblages combustibles MOX dans des réacteurs du palier 1 300 MWe à partir de 2028 ;
- la mise en œuvre d'assemblages à base d'uranium de retraitement enrichi (URE) dans deux réacteurs de 900 MWe (Cruas), respectivement en 2023 et 2024, et dans quatre réacteurs de 1 300 MWe entre 2027 et 2030 ;
- une chronique de fermeture des réacteurs entre 2027 et 2030, commençant par un réacteur du palier CPO (non moxé) ;
- la chronique de production de MELOX (110 t/an en 2020, 120 t/an en 2021-2023, puis au-delà une production adaptée au besoin du parc en assemblages combustibles MOX) ;
- la définition d'un flux de traitement des assemblages combustibles usés fixé à 1 100 t/an en 2020-2021, à 1 000 t/an en 2022-2023, puis au-delà adapté au nombre de réacteurs chargés en assemblages combustibles MOX en fonctionnement selon la chronique de fermeture des réacteurs définie ci-dessus.

Les différences des quatre autres scénarios avec ce scénario de référence sont les suivantes :

- le scénario 2 considère, dans la chronique de fermeture des réacteurs, un arrêt en premier d'un réacteur de 900 MWe utilisant des assemblages combustibles MOX (contrairement au scénario 1 qui considère la fermeture en premier de réacteurs de 900 MWe chargés en assemblages combustibles UNE) ;
- le scénario 3 prend en compte une production « pessimiste » de l'usine MELOX (90 t/an en 2020 puis 100 t/an en 2021-2023) ;
- le scénario 4 prend en compte un retard de deux ans de la mise en œuvre du moxage des réacteurs de 1 300 MWe ;
- le scénario 5 prend en compte une fermeture anticipée de deux réacteurs de 900 MWe en 2025 et 2026.

## 3.2. Hypothèses retenues par les exploitants

Dans l'étude [4], les exploitants ont décliné les scénarios spécifiés par l'ASN et ont présenté des hypothèses additionnelles retenues dans les simulations pour chacun de ces scénarios.

À cet égard, l'étude transmise montre des conséquences potentielles des scénarios étudiés sur le fonctionnement du cycle du combustible pouvant survenir à court ou moyen terme (inférieur à 10 ans). Cela induit une plus grande sensibilité de ces études aux hypothèses retenues, par rapport aux précédents dossiers d'analyse du fonctionnement du cycle du combustible. Dans ce contexte, de l'analyse de ces hypothèses, l'IRSN retient les points suivants.

### 3.2.1. Chroniques d'arrêt définitif des réacteurs

L'ASN spécifie l'arrêt pour les scénarios 1 à 4 :

- des deux réacteurs de Fessenheim en 2020,
- de 12 réacteurs de 900 MWe entre 2027 et 2035 avec un rythme d'un par an, sauf sur la période 2033-2034 où le rythme sera de deux par an ; les réacteurs arrêtés sont des réacteurs chargés en assemblages combustibles MOX, à l'exception des réacteurs arrêtés en 2027 et 2033 qui sont des réacteurs du palier CPO.

Dans le scénario 5, la fermeture du premier réacteur du palier CPO est anticipée en 2025.

<sup>4</sup> EDF a annoncé le mercredi 12 janvier 2022 que la date de chargement du combustible dans l'EPR de Flamanville est décalée de fin 2022 au second trimestre 2023.

Dans l'étude [4], les exploitants présentent les chroniques de fermeture des réacteurs pour les différents scénarios spécifiés par l'ASN. Ils précisent qu'il s'agit de chroniques "type" permettant d'analyser les effets de la PPE. Elles ne traduisent pas la stratégie d'EDF d'arrêt de réacteurs, cette dernière n'étant pas arrêtée à ce stade.

### 3.2.2. Durée d'évacuation des assemblages combustibles d'une tranche après son arrêt définitif

Les exploitants retiennent une durée de 4 ans pour l'évacuation des assemblages combustibles usés d'une tranche après son arrêt définitif pour l'ensemble des tranches, sauf pour celles de la centrale de Fessenheim considérées sans assemblage combustible au bout de 3 ans. Pour rappel, dans le dossier « Impact cycle 2016 », la durée d'évacuation retenue était de 5 ans. La réduction de cette durée exerce une influence mineure sur les flux de transports d'assemblages combustibles usés. **La durée de 4 ans retenue n'appelle pas de remarque.**

### 3.2.3. Caractéristiques des gestions des combustibles mises en œuvre sur le parc REP

Les exploitants présentent les caractéristiques des gestions des combustibles mises en œuvre sur le parc REP actuelles (cf. Tableau 1 ci-dessous).

Pallier	900			1 300	1 450
	CPO	CPY non moxés	CPY moxés	P4/P'4	N4
Gestion	Cyclades	Garance UNE	Parité MOX	Gemmes	Alcade
Taux de renouvellement du cœur	1/3	1/4	1/4	1/3	1/3
Nombre d'AC par recharge	52	40	28 UNE 12 MOX	64	68
Enrichissement en U235 AC UNE (%)	4,2	3,7	3,7	4	4
Teneur moyenne Pu AC MOX (%)			8,75		
Taux d'épuisement moyen (GWj/t)	46	43	44 (UNE) 46 (MOX)	45	46

Tableau 1 : Gestions des combustibles mises en œuvre sur le parc actuel

Dans le dossier « Impact cycle 2016 », la gestion dite « Parité MOX » prévoyait une augmentation progressive de la teneur en plutonium jusqu'à atteindre 9,08 % en 2025. L'IRSN relève que cette variation de la teneur en plutonium n'est pas reprise dans l'étude examinée (cf. §3.2.6 du présent rapport). **Outre ce point, les gestions des combustibles sont cohérentes avec celles présentées dans le dossier « Impact cycle 2016 ».**

Les exploitants présentent également les caractéristiques des nouvelles gestions des combustibles envisagées pour les réacteurs du palier 1 300 MWe qu'EDF prévoit de charger avec des assemblages combustibles URE ou MOX, ainsi que pour le réacteur EPR (cf. Tableau 2 ci-dessous). **Ces éléments n'appellent pas de remarque de la part de l'IRSN.**



Palier	900 MWe	1 300 MWe		EPR FLA3
Gestion	Garance URE	URE	MOX	UNE
Taux de renouvellement du cœur	1/4	1/3	1/3	1/3
Nombre d'AC par recharge	40	64	40 UNE 24 MOX	84 à l'équilibre
Enrichissement en U235 AC UNE (%)	4,1 puis 4,25	4,758	4	4,2
Teneur moyenne Pu AC MOX (%)			8,75	
Taux d'épuisement moyen (GWj/t)	43	45	45 (UNE) 45 (MOX)	51

Tableau 2 : Gestion des combustibles prévisionnelles

### 3.2.4. Cadencement des « sauts d'hiver »

Les exploitants précisent que les « sauts d'hiver » se caractérisent par le fait que le nombre d'arrêts de tranches, et donc de recharges neuves, varie d'une année à l'autre. Cette variation dépend notamment du niveau de production électrique, lequel est dépendant de l'équilibre entre l'offre et la demande en énergie électrique, ainsi que des durées d'arrêts (visites décennales...). Ces « sauts d'hiver » revêtent une importance particulière pour les réacteurs chargés en assemblages combustibles MOX, puisque le nombre de recharges neuves contenant des assemblages combustibles MOX conditionnent la production de l'usine MELOX et donc le flux de plutonium.

Dans l'étude [4], les exploitants retiennent, pour les réacteurs de 900 MWe chargés en assemblages combustibles MOX, en moyenne deux sauts d'hivers par an au regard du retour d'expérience. **Ces éléments n'appellent pas de remarque.**

### 3.2.5. Teneur moyenne en plutonium des assemblages combustibles usés traités

Les exploitants ont retenu dans leur étude une teneur moyenne en plutonium de 1,05 % des assemblages combustibles UNE usés traités sur le site de La Hague. Au regard du retour d'expérience des six dernières années de production de ces usines, le ratio entre la quantité annuelle de plutonium produit et la quantité d'assemblages combustibles usés traités fluctue annuellement et sa valeur a déjà dépassé 1,10 %. **Une variation de la teneur moyenne en plutonium des assemblages combustibles UNE usés peut induire une sous-estimation du flux de plutonium produit, valeur utilisée pour apprécier l'occupation des entreposages de plutonium.**

### 3.2.6. Teneur moyenne en plutonium dans les assemblages combustibles MOX neufs

Dans l'étude [4], les exploitants ont retenu comme hypothèse pour la teneur moyenne en plutonium des assemblages combustibles MOX neufs, une valeur fixe sur toute la période étudiée (8,75% hors tolérances), correspondant à celle des assemblages combustibles MOX actuellement fabriqués dans l'usine MELOX. Or, le dossier « Impact cycle 2016 » indique que la teneur en plutonium contenue dans les assemblages combustibles MOX augmentera progressivement à partir de 2018, passant de 8,65 % à 9,08 %. De plus, dans le dossier de réexamen périodique de la sûreté de l'usine MELOX transmis en 2021, Orano Recyclage définit un nouveau vecteur isotopique enveloppe, pour la production des assemblages combustibles MOX sur la période s'étendant jusqu'en 2031, avec une teneur moyenne en plutonium supérieure à la valeur retenue dans le dossier examiné (8,877 % (« MOX NT 2031 »)) [8].

**À cet égard, une variation de la teneur moyenne en plutonium des assemblages combustibles MOX neufs induit une variation du flux de plutonium nécessaire à leur fabrication, valeur utilisée pour apprécier l'occupation des entreposages de plutonium et les quantités d'assemblages combustibles usés devant être traitées (ce qui influe sur l'occupation des piscines d'entreposage des assemblages combustibles usés de l'établissement de La Hague).**

De plus, la décision de l'ASN n°2018-DC-0625 de février 2018 limite l'autorisation de réception et d'entreposage des assemblages combustibles MOX sur le site de La Hague à une teneur moyenne maximale de 8,78 % en plutonium avant irradiation. En prenant en compte les tolérances, la teneur moyenne maximale des assemblages combustibles fabriqués actuellement dans l'usine MELOX (8,75 %), et a fortiori ceux produits dans le cadre du déploiement du nouveau vecteur isotopique, pourrait dépasser cette limite. **Il appartient à Orano Recyclage d'anticiper les démarches permettant l'évacuation des piscines des bâtiments « combustibles » des réacteurs, dites « piscines BK », de ces assemblages combustibles MOX.**

### 3.2.7. Rebut de fabrication de l'usine MELOX

Pour tenir compte de la génération de rebuts MOX non recyclés dans l'usine MELOX, les exploitants retiennent [4], par rapport à la quantité nécessaire à la production des assemblages combustibles MOX utilisés dans les réacteurs, une masse de PuO<sub>2</sub> supplémentaire forfaitaire de 5 %. **L'IRSN relève que, si la valeur retenue est cohérente avec un fonctionnement attendu du cycle du combustible, elle n'est pas représentative du fonctionnement actuel de l'usine MELOX.**

### 3.2.8. Rénovation des racks de stockage des combustibles usés (RSCU) affectés par l'effet "Boral" et gestions de déchets activés d'exploitation (DAE)

Après leur déchargement du cœur des réacteurs, les assemblages combustibles usés sont entreposés dans les piscines BK. Afin de restaurer la capacité d'entreposage des piscines BK disponible, EDF a initié, dès 2010, des actions visant :

- à rénover les racks d'entreposage des assemblages combustibles usés (RSCU) de certains réacteurs de 1 300 MWe, affectés par l'effet « Boral »<sup>5</sup> ;
- à améliorer la gestion des déchets activés d'exploitation (DAE) par la mise en place de racks d'entreposage dédiés et l'évacuation progressive des DAE vers l'installation ICEDA du site de Bugey, qui a été mise en service en 2020.

**Les hypothèses retenues relatives au nombre de rénovations de RSCU réalisées sur la période 2025-2035 et à la mise en œuvre des améliorations de la gestion des DAE n'appellent pas de remarque de la part de l'IRSN.**

### 3.2.9. Autres hypothèses

Les difficultés de production de l'usine MELOX ont conduit EDF à remplacer, lors des rechargements de plusieurs réacteurs, des assemblages combustibles MOX par des assemblages combustibles UNE. De plus, dans les années à venir, certains réacteurs du pallier 900 MWe font l'objet d'arrêts prolongés pour les travaux en lien avec leur quatrième visite décennale (VD4). **L'IRSN relève que les exploitants n'ont pas explicitement tenu compte de ces points dans leur étude [4]. Ces éléments influent cependant sur le nombre annuel de réacteurs chargés en assemblages combustibles MOX et par conséquent sur la production de ces assemblages.**

### 3.2.10. Conclusion sur les hypothèses

**L'IRSN estime que certaines hypothèses retenues par les exploitants devraient être mieux justifiées. L'IRSN considère néanmoins que les hypothèses retenues par les exploitants dans l'étude [4] sont globalement adaptées à son objectif.**

## 3.3. Résultats présentés par les exploitants

L'étude des exploitants [4] vise à analyser les effets de la PPE, au regard des limites techniques et réglementaires actuelles des capacités actuelles d'entreposage de combustibles usés, de matières et de déchets, ainsi que des flottes d'emballages de transport disponibles, sur :

<sup>5</sup> Effet « Boral » : détérioration progressive et irréversible du Boral (matériau constituant les racks d'entreposage) entraînant un gonflement rendant les alvéoles d'entreposage inutilisables.

- les besoins de production des usines du cycle, depuis les usines de fabrication jusqu'aux usines de traitement et de recyclage ;
- les besoins en capacités d'entreposage des combustibles, des matières et des déchets ;
- les besoins en transport des assemblages combustibles, des matières et des déchets.

### 3.3.1. Entreposage des assemblages combustibles usés

Après irradiation en réacteur, les assemblages combustibles usés sont entreposés dans les piscines BK, puis transportés et entreposés dans l'une des quatre piscines de l'établissement Orano Recyclage de La Hague. Après quelques années d'entreposage, les assemblages combustibles usés UNE sont traités dans ces usines, ce qui permet notamment d'extraire le plutonium utilisé dans la fabrication des assemblages combustibles MOX. Les assemblages combustibles MOX usés sont entreposés dans ces piscines, en attente de la définition de leur devenir. Les assemblages combustibles à base d'uranium de retraitement réenrichi (URE), utilisés par EDF jusqu'en 2013, sont également entreposés dans ces piscines. Cela conduit à un accroissement dans le temps du nombre d'assemblages combustibles entreposés et à terme à une saturation des capacités d'entreposage existantes. Ce point a été mis en évidence dès le dossier « Cycle 2000 ».

Pour mémoire, selon l'évaluation réalisée dans le cadre du dossier « Impact Cycle 2016 », cette saturation pouvait survenir un peu après 2030. En 2017, la stratégie d'EDF pour disposer d'une capacité suffisante d'entreposage des combustibles usés se fondait sur la mise en service à l'horizon 2030 d'une nouvelle piscine d'entreposage destinée en particulier à l'entreposage des assemblages combustibles usés MOX et URE, dont le traitement n'est pas envisagé à court ou moyen terme. Dans son avis [6], l'IRSN relevait que l'échéance prévue pour la mise à disposition de capacités supplémentaires d'entreposage d'assemblages combustibles usés présentait peu de marge pour éviter une saturation des piscines, et pourrait s'avérer insuffisante en cas d'arrêt, à court terme, de réacteurs chargés en assemblages combustibles MOX.

Dans la note [4], les exploitants indiquent que le taux de disponibilité des piscines BK augmente légèrement grâce à la mise en œuvre d'actions d'EDF permettant de libérer de la place dans ces piscines par le traitement de déchets qui y sont entreposés et par la remise en état d'alvéoles d'entreposage indisponibles actuellement (cf. 3.2.8).

Dans cette même note, les exploitants présentent l'évolution du remplissage des piscines d'entreposages d'assemblages combustibles de l'établissement Orano Cycle de La Hague pour chacun des cinq scénarios. Ils indiquent que ces résultats tiennent compte des emplacements occupés dans les piscines par les assemblages combustibles n'appartenant pas à EDF (assemblages usés d'électriciens étrangers, assemblages combustibles issus des réacteurs à neutrons rapides (RNR), assemblages de rebuts MELOX (appelés « RAM »), déchets (cartouches, chemises)) sans toutefois détailler les quantités concernées. À cet égard, des programmes de reprise des déchets entreposés et des programmes de traitement des assemblages combustibles non EDF sont en cours, ce qui permet de libérer des emplacements. Les exploitants n'ont toutefois pas présenté l'évolution de cette donnée retenue dans les simulations. **L'IRSN considère que ces données devraient être précisées.**

Les exploitants concluent que l'échéance du besoin en nouvelles capacités d'entreposage est estimée au plus tôt début 2029 dans le scénario anticipant des fermetures de tranches en 2025 et 2026 (scénario 5) et au plus tard en 2030 pour les scénarios 1 et 3. Quant aux capacités supplémentaires nécessaires, le besoin s'établit à l'horizon 2035 entre un minimum d'environ 230 paniers de 9 alvéoles (scénarios 1 et 3) et un maximum d'environ 420 paniers (scénario 4).

L'IRSN a réalisé, avec ses propres outils, différentes simulations. Compte tenu des résultats de production de l'usine MELOX depuis 2018, l'IRSN a étudié plus particulièrement :

- le scénario 3 en considérant des hypothèses prises en compte dans le dossier « Impact cycle 2016 » ou issues du REX concernant le nombre de sauts d'hiver annuel, l'évolution du taux de Pu dans des assemblages combustibles neufs et le taux de Pu dans les assemblages combustibles usés ;
- le scénario 3 avec des hypothèses similaires à celles retenues par les exploitants.

De l'analyse de ces différentes simulations, l'IRSN retient les points suivants :

- une augmentation de la disponibilité dans les piscines en 2019 et 2020 qui traduit un flux important de traitement ;
- une stabilisation de la disponibilité dans les piscines entre 2025 et 2027 qui traduit l'impact de la crise sanitaire du COVID19. En effet, la baisse de la production électrique en 2020 implique une baisse du nombre d'assemblages combustibles usés reçus dans les usines de La Hague entre 2025 et 2027 par rapport aux hypothèses de référence retenues dans le dossier IC2016 ;
- une date de saturation des piscines pour le scénario 3 du même ordre de grandeur que celle définie par les exploitants (2031 pour l'IRSN et 2030 pour les exploitants).

**Les évaluations réalisées par l'IRSN, avec des hypothèses similaires à celles retenues par les exploitants, confirment les dates de saturation des piscines d'entreposages des assemblages combustibles usés évaluées par les exploitants.**

Comme indiqué précédemment, la stratégie d'EDF pour disposer d'une capacité suffisante d'entreposage des assemblages combustibles usés se fonde principalement sur la mise en service à l'horizon 2030 d'une nouvelle piscine d'entreposage destinée à recevoir en particulier les assemblages combustibles usés de types MOX et URE dont le traitement n'est pas envisagé à court ou moyen terme. Toutefois, EDF a annoncé le report à 2034 de la mise en service de cette installation (voir planning ci-dessous).



Figure 3 : Calendrier prévisionnel de la mise en service de la nouvelle piscine d'entreposage

Dans la lettre [2], l'ASN a demandé à EDF « de présenter, en lien avec Orano Cycle, au plus tard le 31 décembre 2020, les parades [envisagées] en cas de retard de la mise en service de [son] projet de piscine d'entreposage centralisé (entreposage de plutonium, adaptations temporaires d'INB, etc.) ainsi que leurs implications techniques et réglementaires. » (demande D9).

En réponse à cette demande, les exploitants ont identifié dans la note [9] des solutions pour pallier le report de la mise en service de sa nouvelle piscine. Les solutions identifiées sont :

- en premier lieu : la densification des piscines C, D et E des usines de La Hague pouvant apporter au total jusqu'à 3 600 tonnes (environ 7 000 assemblages) de capacité d'entreposage complémentaire aux capacités actuelles. Avec un déploiement progressif à partir de 2024, Orano Recyclage indique qu'un déploiement complet conduirait à une densification des trois piscines en 2032, mais que le processus se déploiera en fonction des besoins d'EDF. Le dossier d'options de sûreté de la densification des piscines C, D et E a fait l'objet de l'avis de l'IRSN [10] ;
- en second lieu : le chargement de 16 assemblages combustibles MOX par recharge dans les réacteurs de 900 MW chargés en assemblages combustibles MOX (palier CPY), au lieu de 12 assemblages. Toutefois, EDF n'indique pas de date pour la réalisation effective de cette modification ;

- en complément, la réalisation d'un entreposage à sec. Orano Recyclage a transmis le dossier d'options de sûreté associé en novembre 2021 [11].

Toutefois, EDF précise que le projet de nouvelle piscine d'entreposage reste la solution de référence à moyen et long termes pour l'entreposage des assemblages combustibles MOX et URE usés (durée de 100 ans).

Dans la note [9], les exploitants présentent les évolutions des capacités d'entreposage des assemblages combustibles en tenant compte de la densification des piscines de La Hague et de la mise en service de la nouvelle piscine d'entreposage en 2034. Ces simulations prennent en compte uniquement les assemblages combustibles usés d'EDF. Il ressort de ces estimations que la mise en œuvre de la densification des piscines de La Hague crée, à elle seule, des capacités suffisantes pour entreposer l'ensemble des assemblages combustibles usés produits par EDF jusqu'à la mise en service de la nouvelle piscine d'entreposage. La prise en compte des assemblages combustibles n'appartenant pas à EDF ne met pas en cause la conclusion de cette étude.

S'agissant des autres parades, l'augmentation du nombre d'assemblages combustibles MOX par recharge de réacteurs nécessite le rétablissement de la production de l'usine MELOX. L'IRSN souligne sur ce point les enjeux de radioprotection associés à l'augmentation de cette production, qui seront notamment examinés dans le cadre de l'expertise du réexamen périodique de sûreté de cette installation qui débute. Par ailleurs, la réalisation d'un entreposage à sec correspond à un nouveau type d'installation dont le référentiel de sûreté reste à définir.

**Aussi, compte tenu, d'une part des difficultés actuelles de production dans l'usine MELOX (cf. § 4), d'autre part des délais nécessaires à la création d'une nouvelle installation, l'IRSN estime que, parmi les trois parades présentées, la densification semble être la seule solution dont la mise en œuvre est compatible avec les besoins d'entreposage identifiés par les exploitants.**

**De plus, comme indiqué dans son avis cité en référence [10], l'IRSN estime que la densification des piscines C, D et E de La Hague ne saurait être envisagée que comme une solution transitoire dans l'attente de la nouvelle piscine d'entreposage d'EDF.**

### 3.3.2. Entreposages de plutonium de l'établissement Orano Recyclage de La Hague

Le dossier « Impact cycle 2016 » s'appuie sur un équilibre entre la quantité d'oxyde de plutonium provenant du traitement des assemblages combustibles UNE usés et celle utilisée dans la fabrication des assemblages combustibles MOX. Cet équilibre s'établit sur plusieurs années (en moyenne trois ans s'écoulent entre la production du PuO<sub>2</sub> et son utilisation pour la fabrication des assemblages combustibles MOX), ce qui nécessite de disposer d'entreposages pour le PuO<sub>2</sub> (bâtiments BSI (UP3-A), BST1 et extension BST1 (UP2-800)). De plus, les entreposages de plutonium accueillent également, d'une part le PuO<sub>2</sub> issu du traitement des assemblages combustibles usés n'appartenant pas à EDF, en attente d'expédition ou de recyclage, d'autre part les rebuts issus de la fabrication des assemblages combustibles MOX conditionnés en boîtes (RBM) (uniquement les bâtiments BST1 et extension BST1).

Dans la note [4], les exploitants présentent les résultats de l'évolution du remplissage des entreposages de plutonium, en termes d'emplacements libres, pour chacun des cinq scénarios. Ils précisent que ces résultats prennent également en compte le PuO<sub>2</sub> issu du traitement des assemblages combustibles irradiés dans les réacteurs de la filière UNGG et du traitement des assemblages combustibles usés n'appartenant pas à EDF, ainsi que les rebuts MOX conditionnés en boîtes (RBM), sans toutefois détailler les quantités associées.

Pour les différents scénarios, les résultats montrent les tendances suivantes :

- une stabilisation du remplissage des entreposages de plutonium jusqu'en 2025 ;
- une baisse du nombre de conteneurs entreposés entre 2025 et 2030 ;
- une remontée progressive du nombre de conteneurs entreposés au-delà de 2030 sans atteindre la saturation des entreposages.

Le scénario 3, qui considère une production pessimiste de MOX, conduit à une occupation maximale des entreposages de plutonium vers 2024-2025. Les exploitants précisent que la saturation des entreposages n'est

toutefois pas atteinte grâce au programme de reprise des rebuts MOX conditionnés en boîtes (RBM). Ce programme prévoit un traitement de ces rebuts, afin d'en extraire le PuO<sub>2</sub>, dans l'unité de redissolution du plutonium (URP), implantée dans l'atelier R1 de l'usine UP2-800 de l'établissement Orano Recyclage de La Hague. Cette opération permet après traitement de conditionner environ l'équivalent de cinq RBM en une seule boîte de PuO<sub>2</sub>. L'IRSN note que cette unité est également utilisée en vue de réduire la teneur en américium du PuO<sub>2</sub>, qui augmente progressivement dans le temps. Après 6 à 8 ans d'entreposage, cette teneur devient supérieure à la limite de l'usine MELOX et doit donc subir un traitement afin de permettre son utilisation dans la fabrication d'assemblages combustibles MOX. De plus, l'IRSN souligne que cette unité ne permet pas de traiter les rebuts conditionnés en assemblage (RAM). Enfin, la capacité « théorique » de traitement de cette unité est faible (1,5 tML/an en configuration « rebuts MOX ») au regard de la quantité de rebuts MOX à traiter (environ 48 tML (1722 RBM)). Il faudrait ainsi près de 30 ans pour résorber la quantité de RBM entreposés. Enfin, le retour d'expérience récent d'exploitation de cette unité montre que sa capacité n'est pas encore fiabilisée. **Aussi, l'IRSN estime que, à ce jour, Orano Recyclage ne dispose pas d'une unité ayant une capacité industrielle à traiter l'ensemble des rebuts MOX (RAM et RBM) entreposés sur l'établissement Orano Recyclage de La Hague. Or, le flux de rebuts MOX participe à la saturation progressive des différents entreposages de cet établissement. Ceci conduit l'IRSN à formuler la recommandation suivante.**

### Recommandation N° 1 :

L'IRSN recommande qu'Orano Recyclage définisse des solutions industrielles permettant de traiter les rebuts MOX entreposés sous forme de RAM et de RBM sur l'établissement Orano Recyclage de La Hague.

La simulation de l'IRSN considérant les hypothèses du scénario 3 ne fait pas apparaître de baisse du taux de remplissage des entreposages de plutonium à partir de 2025 contrairement aux résultats des exploitants. Au cours de l'expertise, Orano Recyclage a précisé que les résultats présentés dans la note [4] prennent en compte l'utilisation de PuO<sub>2</sub> pour la fabrication d'assemblages combustibles MOX à destination d'électriciens étrangers à partir de 2025, ce qui permet de libérer des emplacements dans les entreposages. En intégrant ces données, les simulations de l'IRSN aboutissent aux mêmes résultats que ceux des exploitants. **L'IRSN considère que ces données devraient être précisées.**

**Les simulations de l'IRSN confirment que la prise en compte de la PPE, en particulier l'hypothèse du moxage des 1 300 MWe, n'entraîne pas de saturation des entreposages de plutonium de l'établissement Orano Recyclage de La Hague.** L'IRSN souligne toutefois que le retour d'expérience récent d'exploitation des installations (2020-2021) met en cause ces résultats (cf. § 4 du présent rapport).

### **3.3.3. Entreposages d'uranium de retraitement de l'établissement Orano Chimie-Enrichissement du Tricastin**

L'uranium issu du traitement des assemblages combustibles usés (URT) est entreposé sous forme d'U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> dans des parcs d'entreposage de l'établissement Orano Chimie-Enrichissement du Tricastin. Dans le dossier « Impact cycle 2016 », les exploitants ont indiqué que la saturation de ces entreposages est attendue en 2022 et mis en œuvre, pour pallier cette situation, un nouveau parc (P36) comprenant quatre bâtiments d'entreposage mis en service de manière progressive.

Dans la note [4], les exploitants présentent les résultats de l'évolution du remplissage des entreposages d'URT qui montrent une croissance jusqu'en 2025, puis une décroissance progressive du nombre de conteneurs entreposés grâce au désentreposage de l'URT en vue d'une réutilisation sous forme d'assemblages combustibles à base d'uranium de retraitement réenrichi (URE) prévu à partir de 2022. Ils précisent que ces résultats prennent en compte l'URT qui ne provient pas du traitement des assemblages combustibles usés d'EDF sans toutefois détailler les quantités associées. Ils indiquent que les capacités physiques des entreposages sont maîtrisées sous réserve du remplissage des allées centrales des parcs actuels et de la mise en service à la fin de l'année 2022 des deux premiers bâtiments du parc P36. De plus, la date de mise en service des deux derniers bâtiments du parc P36 est conditionnée par le rythme de désentreposage de l'URT. **L'IRSN considère que ces données devraient être précisées.**

S'agissant du remplissage des allées centrales des parcs actuels, l'IRSN estime que cela impacte les conditions d'intervention des opérateurs pour la reprise de l'URT entreposé. Aussi, l'IRSN estime que, comme pour d'autres entreposages, l'exploitant devrait définir une capacité opérationnelle maximale des parcs intégrant des emplacements de réserve visant à limiter la dosimétrie des intervenants lors des opérations de manutention. Ceci conduit l'IRSN à formuler l'observation suivante.

#### **Observation N° 1 :**

L'IRSN estime qu'Orano Chimie-Enrichissement devrait retenir, dans les prochaines simulations du fonctionnement du cycle du combustible, une capacité opérationnelle maximale définie pour chacun des parcs d'entreposage de U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> (URT) de l'établissement du Tricastin, prenant en compte des emplacements de réserve afin de réaliser les opérations de manutention dans des conditions permettant de limiter, autant que raisonnablement possible, la dosimétrie des intervenants.

### **3.3.4. Entreposages des déchets de l'établissement Orano Recyclage de La Hague**

Le traitement des assemblages combustibles usés dans les usines de La Hague conduit à la production, d'une part de colis de déchets de haute activité (HA) par le conditionnement des solutions de produits de fission et des actinides mineurs dans des conteneurs standards de déchets vitrifiés (CSD-V), d'autre part de colis de déchets de moyenne activité à vie longue (MA-VL) par le conditionnement des déchets de structure et des gaines des assemblages combustibles compactés dans des conteneurs standards de déchets compactés (CSD-C).

Dans la note [4], les exploitants présentent les résultats de l'évolution du remplissage des entreposages de déchets de l'établissement Orano Recyclage de La Hague. Cette évolution s'appuie sur un ratio de production des déchets par rapport à la quantité d'assemblages combustibles usés traités. Les exploitants concluent que la prise en compte de la PPE n'a pas d'incidence sur les capacités d'entreposage des différents déchets (HA (CSD-V) et MA-VL (CSD-C et déchets alpha N3S<sup>6</sup>)) et la planification des extensions déjà en cours de réalisation conformément au dossier « Impact cycle 2016 ».

**Les hypothèses relatives au ratio de production des déchets par rapport à la quantité d'assemblages combustibles usés traités sont cohérentes avec le retour d'expérience des dernières années. Ces éléments n'appellent pas de remarque de la part de l'IRSN.**

### **3.3.5. Autres résultats**

Dans la note [4], les exploitants examinent les effets de la PPE sur l'amont du cycle (enrichissement de l'uranium, fabrication des assemblages combustibles UNE et URE) et sur les flux de transports. Ils concluent à une absence d'impact significatif de la PPE sur ces paramètres. **Ces éléments n'appellent pas de remarque de la part de l'IRSN.**

## **3.4. Conclusion sur les résultats présentés par les exploitants**

L'étude présentée en réponse à la demande D14 de l'ASN [4] conclut que le fonctionnement du cycle n'est pas mis en cause par la PPE, considérant les scénarios spécifiés par l'ASN et les parades retenues à l'égard du report de la mise en service de la nouvelle piscine d'entreposage des combustibles.

Sur le plan des principes, dans un contexte où des saturations d'entreposage pourraient intervenir à moyen terme, l'IRSN considère que les exploitants doivent présenter de manière plus détaillée les données influentes retenues dans les simulations pour permettre une meilleure appréciation des marges disponibles. Ceci concerne *a minima* les données qui font l'objet de remarques de l'IRSN ci-avant dans le rapport.

**Enfin, si les résultats de l'étude précitée, établie sur la base de scénarios prédéfinis, n'appellent pas de commentaire particulier, l'IRSN souligne que cette étude n'est plus représentative de la situation actuelle du fonctionnement du cycle du combustible.** Ceci fait l'objet du chapitre suivant.

<sup>6</sup> Non susceptible de stockage en surface

## 4. RÉCENT RETOUR D'EXPÉRIENCE (2020-2021) D'EXPLOITATION DES INSTALLATIONS

Dans le dossier « Impact cycle 2016 », les exploitants ont examiné les conséquences d'aléas induisant l'arrêt complet des différentes usines, pendant des durées fondées sur le retour d'expérience (3 ou 6 mois). Or, le retour d'expérience de ces dernières années montre qu'une baisse de production d'une usine sur une période relativement longue ne peut être écartée. Ce retour d'expérience met en lumière la nécessité de réaliser des études de sensibilité plus importantes pour les principaux paramètres retenus dans les simulations du fonctionnement du cycle du combustible (production d'électricité, production des usines...).

Par ailleurs, les données issues des bilans d'exploitation récents (2020-2021) des usines du cycle du combustible (production de l'usine MELOX, quantité de rebuts MOX réceptionnée dans les piscines et les entreposages de plutonium de La Hague, capacité de traitement des usines de La Hague) diffèrent des données utilisées dans l'étude réalisée par les exploitants en réponse à la demande D14 de l'ASN.

### 4.1.1. Usine MELOX

Les hypothèses retenues dans les simulations réalisées par les exploitants relatives au fonctionnement de l'usine MELOX (quantité d'assemblages combustibles MOX et de rebuts produits) ne sont pas cohérentes avec les bilans de production des années 2020 et 2021 (production respectivement de 80 et 50 tML pour des hypothèses de 90 et 100 tML).

L'IRSN souligne que les bilans d'exploitation montrent que le plan d'actions entrepris par l'exploitant de l'usine MELOX dès 2019 n'a pas encore produit de résultats sur la production. Ceci a conduit EDF à poursuivre le remplacement des assemblages combustibles MOX par des assemblages combustibles UNE lors de la recharge de plusieurs réacteurs (sept en 2020 et neuf en 2021) et certains réacteurs pourraient enchaîner leur quatrième recharge sans assemblages combustibles MOX en 2022. **Aussi, les résultats de production récents mettent en cause les conclusions des simulations réalisées par les exploitants en réponse à la demande D14 de l'ASN.**

À cet égard, Orano Recyclage a indiqué à l'ASN en juillet 2021 que, selon des évaluations tenant compte de la faible production de l'usine MELOX associée à une forte production de rebuts au cours des années 2020 et 2021, une saturation des entreposages de plutonium de l'établissement de La Hague est attendue dès 2022. En conséquence, Orano Recyclage a décidé la création de trois nouvelles zones d'entreposage de boîtes de rebuts (RBM) provenant de l'usine MELOX dans les usines de La Hague (ateliers BST1, R4 et T4). Ces entreposages permettront la création de capacité supplémentaire d'entreposage de RBM entre 2022 et 2024 (378 emplacements dans l'atelier BST1 seront disponibles début 2022, 700 emplacements dans l'atelier R4 disponibles en 2023 et 300 emplacements dans l'atelier T4 disponibles en 2024). Le dossier d'autorisation de modification concernant la première zone d'entreposage dans l'atelier BST1 est en cours d'expertise à l'IRSN [12]. **Cette demande d'Orano Recyclage illustre l'importance de mettre en œuvre un traitement adapté des rebuts MOX conditionnés en boîtes (RBM) tel que formulé dans la recommandation n° 1.**

En septembre 2021, Orano Recyclage a présenté au collège de l'ASN la situation des entreposages de plutonium de son établissement de La Hague, les solutions envisagées et les évolutions de son plan d'actions visant à améliorer la production de l'usine MELOX. Ce plan d'actions comprend les éléments suivants :

- l'utilisation d'une poudre d'UO<sub>2</sub> provenant d'un procédé « voie humide »

Orano Recyclage indique que le retour à l'utilisation d'une poudre d'UO<sub>2</sub> provenant d'un procédé par « voie humide » devrait permettre d'améliorer la qualité et les performances de l'usine MELOX par :

- la suppression des non-conformités produits (homogénéité de la teneur Pu et suppression des PRI) ;
- l'amélioration des rendements et de la productivité grâce à la densité apparente plus élevée des poudres et la levée de contraintes de production ;



- la diminution de la dosimétrie par la réduction des rétentions dans les lignes de production grâce à l'amélioration de la coulabilité de la poudre.

En parallèle de la construction de la nouvelle unité sur le site de Malvési, Orano Recyclage a étudié la possibilité d'utiliser dans l'usine MELOX de la poudre  $UO_2$  provenant d'un procédé « voie humide » produit par un autre industriel (Westinghouse à Vasteras en Suède). Des premiers tests, réalisés en 2021, ont conduit à des résultats positifs concernant la mise en œuvre (coulabilité, densité apparente). Toutefois, les assemblages combustibles produits avec cette poudre ne sont pas conformes aux critères de qualité du produit définis par EDF. Orano Recyclage a indiqué qu'une nouvelle campagne de qualification sera réalisée en 2022. Si les résultats de la qualification sont satisfaisants, Orano Recyclage envisage de poursuivre la production des assemblages combustibles MOX avec la poudre utilisée pour les tests au cours de l'année 2022.

**L'IRSN estime que le retour à l'utilisation d'une poudre d' $UO_2$  provenant d'un procédé « voie humide » pourrait améliorer le fonctionnement de l'usine MELOX en réduisant un certain nombre de contraintes sur l'exploitation, mais ne constitue pas, à lui seul, la solution à l'ensemble des problèmes rencontrés.**

- le projet pluriannuel de remise à niveau des machines (PPRM)

Orano Recyclage indique que les débits de dose ambiant ont en moyenne été multipliés par deux en 10 ans au niveau des boîtes à gants de l'usine MELOX. En outre, les nettoyages réguliers réalisés dans l'usine ne permettent pas d'endiguer ce phénomène, qui induit un rallongement de la durée de réalisation des opérations de maintenance. Aussi, Orano Recyclage a défini un projet pluriannuel de remise à niveau des machines (PPRM) qui vise à rattraper le retard de maintenance des équipements de l'usine en intégrant la problématique liée aux débits de dose.

Le PPRM passe notamment par un renforcement du personnel affecté à la maintenance d'environ 100 personnes d'ici mi-2022 (personnel MELOX et entreprises prestataires), la réalisation de chantiers de nettoyage poussé des boîtes à gants, un développement de nouveaux outils pour améliorer ce nettoyage, un déploiement de protections radiologiques pour les boîtes à gants présentant les débits de dose les plus importants. Le PPRM vise également à améliorer l'efficacité de la maintenance pour augmenter le taux de disponibilité des équipements.

**L'IRSN estime que l'atteinte de l'objectif de réduction de la dosimétrie ambiante, qui s'appuie à ce stade sur le développement de nouveaux outils ou méthodes de nettoyage, peut nécessiter du temps et rallonger la mise en œuvre du projet PPRM.**

- le projet « Rebut »

Les difficultés de production rencontrées par l'usine MELOX ont conduit à la génération d'une importante quantité de rebuts, bien au-delà des besoins du procédé en termes de matière recyclée. Ces rebuts sont, dans un premier temps, entreposés dans l'usine MELOX, avant d'être envoyés conditionnés dans des boîtes (RBM) ou sous forme d'assemblages (RAM) vers les usines de La Hague. L'entreposage de ces rebuts dans l'usine MELOX contribue à la perte de production de l'usine (disponibilité des conteneurs de matière et des capacités d'entreposages pour la production) et à l'augmentation de la dosimétrie des travailleurs (à ce jour, environ 60 % des entreposages de l'usine sont occupés par des produits potentiellement classés en rebut). Le projet « Rebut » vise à évacuer les rebuts accumulés dans l'usine MELOX, à augmenter la cadence de traitement de ces rebuts (collecte, fabrication de pastilles pressées et frittées, fabrication de crayons et d'assemblage en privilégiant leur évacuation vers les usines de La Hague sous forme de RAM) et à tendre vers un équilibre entre la quantité de rebuts produits et la quantité de rebuts recyclée dans le procédé.

**L'IRSN convient que l'évacuation des rebuts MOX de l'usine MELOX peut améliorer le fonctionnement de l'usine MELOX. Toutefois, ces flux n'étaient pas considérés dans les estimations réalisées jusqu'à présent alors qu'ils conduisent à accélérer la saturation des entreposages de plutonium de La Hague.**

- la remontée en compétences

Orano Recyclage indique que l'ensemble de ces projets nécessite un important travail de remontée en compétences des acteurs intervenant dans l'usine MELOX (personnels chargés de l'exploitation et de la

maintenance). Celui-ci sera accompagné par la création d'une école des métiers de MELOX (outil de formation des opérateurs sur des répliques réelles d'équipements, présents sur la chaîne de production, dans un environnement inactif).

L'analyse du REX d'exploitation plus lointain fait apparaître qu'en 2003, l'usine MELOX a été confronté à des problèmes de production (retard dans la production à la suite de pannes répétées, saturation des entreposages de rebuts, retard important dans la maintenance des équipements...) similaires à ceux observés depuis 2018. Les plans d'actions mis en œuvre à cette époque étaient globalement similaires à ceux mis en œuvre aujourd'hui (recrutement important de personnels de maintenance, plan de montée en compétences de tous les intervenants) [13]. Ces éléments ont été expertisés dans le cadre de la demande d'augmentation de la capacité de production à 195 tML [14]. Le plan d'actions mis en œuvre avait conduit à une amélioration de la production au bout de deux ans environ. L'IRSN souligne que la situation actuelle présente également des problématiques liées à la qualité des assemblages combustibles produits et à une augmentation des débits de dose aux postes de travail. **Aussi, l'IRSN estime, à ce stade, qu'il est difficile de se prononcer sur une cinétique d'amélioration de la production de l'usine MELOX.**

En complément du plan d'actions, Orano Recyclage a transmis en septembre 2021, le dossier de réexamen périodique de la sûreté de l'usine MELOX. Ce dossier contient des éléments en lien avec le plan d'actions présenté par l'exploitant (gestion des compétences, gestion des activités de maintenance). L'expertise de ce dossier devrait permettre d'apprécier, au regard de l'examen du retour d'expérience et des bilans d'exploitation de l'usine MELOX, la capacité du plan d'actions mis en œuvre à rétablir les capacités de fonctionnement de l'usine MELOX.

Enfin, Orano Recyclage a présenté, devant le collège de l'ASN en septembre 2021, plusieurs scénarios d'évolution de la production de l'usine MELOX pour en étudier l'impact sur les capacités d'entreposage des piscines et des entreposages de plutonium des usines de La Hague et dimensionner les nouvelles zones d'entreposage des RBM. L'IRSN souligne que l'exploitant a été amené à réviser les scénarios étudiés à des intervalles de temps proches (septembre 2021, février 2022) afin de prendre en compte le retour d'expérience d'exploitation qui s'est avéré inférieur aux hypothèses pessimistes qui avaient été retenues. **Ceci conforte la position relative à la difficulté à se prononcer sur une cinétique d'amélioration de la production de l'usine MELOX.**

#### **4.1.2. Évaporateurs de concentration des produits de fission de l'établissement Orano Recyclage de La Hague**

Le procédé utilisé dans les usines de La Hague nécessite la concentration des solutions de produits de fission (PF), obtenues après dissolution des combustibles et séparation des éléments des solutions de dissolution. Cette opération est effectuée dans les ateliers T2 de l'usine UP3-A et R2 de l'usine UP2-800 de La Hague au moyen de trois évaporateurs par atelier fonctionnant en parallèle. Compte tenu de l'état de corrosion de ces évaporateurs, Orano Recyclage a décidé, en 2016, de les remplacer en construisant deux nouvelles unités de concentration des solutions de PF (NCPF), dont les mises en service sont prévues début 2023 pour l'unité NCPF T2 et en 2024 pour l'unité NCPF R2.

Dans l'attente de la mise en service de ces nouveaux équipements, un suivi renforcé de l'évolution de la corrosion des évaporateurs existants est mis en place par la réalisation de mesures d'épaisseurs des parois des évaporateurs. Les résultats des mesures sont comparés aux épaisseurs minimales limites qui conditionnent l'arrêt des évaporateurs.

S'agissant de l'un des trois évaporateurs de l'atelier T2 (4120-23) de l'usine UP3-A, Orano Recyclage a rencontré des difficultés lors de la campagne de mesures réalisée en mai et en juin 2021. À l'issue de l'expertise des résultats de ces campagnes de mesures, l'IRSN a considéré que l'exploitation de cet évaporateur devait être suspendue dans l'attente de la transmission par Orano Recyclage d'une analyse approfondie de l'ensemble des informations disponibles [15]. À la suite de cet avis, Orano Recyclage a réalisé une campagne de mesures complémentaires qui a conduit à l'arrêt en septembre 2021 de cet évaporateur de l'atelier T2 (sur atteinte du critère d'arrêt défini par l'exploitant) [16]. En outre, un autre évaporateur (4120-22) de l'atelier T2 étant à l'arrêt depuis mai 2021,

Orano Recyclage a arrêté la production de l'usine UP3-A le temps d'effectuer la réparation de cet évaporateur [17]. La production de l'usine UP3-A a repris en décembre 2021, la concentration des produits de fission étant réalisée dans deux évaporateurs.

Les difficultés rencontrées sur les évaporateurs de concentration des produits de fissions de l'usine UP3-A ont entraîné une baisse de la capacité de traitement des assemblages combustibles usés au cours de l'année 2021 (1 021 tML réalisée pour une estimation initiale de 1 200 tML). En outre, le fonctionnement de l'usine UP3-A avec deux évaporateurs induit une baisse de la capacité de traitement de cette usine jusqu'à la mise en service des nouveaux évaporateurs (environ 300 tML). Enfin, le raccordement des nouveaux ateliers NCPF induira l'arrêt de chacune des usines pour une période de plusieurs mois et donc une baisse temporaire de la capacité de traitement des usines. **Aussi, les hypothèses retenues dans les simulations réalisées par les exploitants relatives au fonctionnement des usines de La Hague (quantité d'assemblages combustibles usés traités) ne sont pas cohérentes avec les bilans de production de ces usines, ce qui met en cause les conclusions des simulations réalisées par les exploitants en réponse à la demande D14 de l'ASN.**

#### 4.1.3. Évaluations de l'IRSN

Le retour d'expérience d'exploitation récent (2020-2021) montre que les résultats réels (production de l'usine MELOX, quantité d'assemblages combustibles usés réceptionnée dans les piscines de La Hague, capacité de traitement des usines de La Hague, transfert des assemblages combustibles usés entre les piscines des réacteurs du parc et les piscines d'entreposage de La Hague) diffèrent des données utilisées dans l'étude des effets de la PPE sur la cohérence du cycle [4].

Aussi, l'IRSN a effectué :

- une analyse des effets à court terme (jusqu'en 2026), sur la cohérence du cycle, des données issues de ce retour d'expérience afin d'identifier les difficultés ou les contraintes qui pourraient mettre en défaut les parades présentées par les exploitants (début de la densification des piscines en 2024, mise en service des entreposages de RBM entre 2023 et 2024) ;
- une analyse des tendances à plus long terme.

##### À court terme

L'IRSN a réalisé ses propres simulations tenant compte du retour d'expérience d'exploitation récent afin d'apprécier la sensibilité de certains paramètres clés :

- comme indiqué au §4.1.1 du présent rapport, l'usine MELOX connaît des difficultés de production. De plus, à ce jour, malgré les plans d'actions mis en œuvre par Orano Recyclage, la cinétique de remontée de production de l'usine MELOX est difficile à prévoir. Aussi, l'IRSN a retenu d'examiner deux scénarios de reprise de l'activité de l'usine MELOX plus pessimistes que le scénario conservatif présenté par les exploitants lors de leur audition devant le collège de l'ASN en septembre 2021 ;
- comme indiqué au §4.1.2 du présent rapport, la capacité de traitement de l'usine UP3-A est diminuée en raison de l'arrêt définitif de l'un des évaporateurs de l'atelier T2.

Compte tenu du nombre de paramètres intervenant dans les calculs, les évaluations de l'IRSN permettent uniquement d'identifier des tendances sur la base des informations disponibles à fin 2021.

L'IRSN a ainsi comparé les résultats issus des études des exploitants (scénario 3 examiné au titre de la demande D14, scénario conservatif de fonctionnement de l'usine MELOX présenté lors de l'audition d'Orano Recyclage devant le collège de l'ASN en septembre 2021) à ses propres simulations.

**Concernant les entreposages de plutonium du site de La Hague, les différentes simulations effectuées montrent que la mise en service de l'entreposage de RBM dans l'atelier BST1 en 2022 est nécessaire au regard du fonctionnement du cycle retenu par les exploitants.** Suivant les scénarios étudiés, la mise en service en 2023 d'un entreposage de RBM supplémentaire dans l'atelier R4 pourrait être suffisante pour permettre d'éviter la saturation des entreposages de plutonium.

Le plutonium issu du traitement des assemblages combustibles usés est entreposé dans les entreposages des ateliers BSI, BST1 et son extension. L'atelier BSI n'est pas autorisé à entreposer des RBM. Aussi, l'IRSN souligne que l'exploitant devra mettre en place des transferts de conteneur de PuO<sub>2</sub> entre les entreposages BST1 ou extension BST1 et l'entreposage BSI pour permettre à la fois la réception des RBM envoyés par l'usine MELOX et l'entreposage des boîtes de PuO<sub>2</sub> en provenance des ateliers de production. Par simplification, cette opération interne au site de La Hague est comptabilisée comme un transport routier vers l'usine MELOX et rentre dans le calcul du flux annuel de transport.

**Concernant les entreposages d'assemblages combustibles usés, l'IRSN a examiné l'impact d'un retard de 6 mois du démarrage de l'atelier NCPF T2. Ce retard pourrait conduire à une saturation des piscines avant le début de leur densification.**

De ses évaluations, l'IRSN relève que certains paramètres (valeurs de flux, date de mise en service de certains projets...) ont un impact prépondérant sur les dates de saturation des différentes capacités d'entreposage notamment des assemblages combustibles usés et de plutonium. Il s'agit principalement des paramètres suivants :

- **le flux de transfert des assemblages combustibles usés entre les piscines des réacteurs et celles de La Hague.** Une augmentation du taux d'occupation des piscines BK, tout en restant dans les limites techniques et réglementaires, pourrait permettre, en ultime recours, de ralentir ce flux pour éviter la saturation des piscines d'entreposage d'assemblages combustibles de La Hague ;
- **le nombre d'emplacements libérés par le traitement des déchets entreposés dans les piscines de La Hague.** L'absence de traitement de ces déchets pourrait entraîner une saturation des piscines avant le début de la densification des piscines. À cet égard, en septembre 2021, Orano Recyclage a demandé l'autorisation de traiter certains déchets (chemises d'assemblages combustibles pour les réacteurs à eau bouillante (REB)) durant l'arrêt de production de l'usine UP3-A prévu en 2023 qui doit permettre la mise en service des équipements de l'atelier NCPF T2 [18] ;
- **la production de l'usine MELOX** (fabrication d'assemblages combustibles MOX, quantité de rebuts générés et expédiés à La Hague) ;
- **la date de démarrage et la cadence de montée en production de l'atelier NCPF T2 ;**
- **la date de mise en service des entreposages de RBM dans les ateliers BST1, R4 et T4 de La Hague ;**
- **la date de démarrage de la densification des piscines C, D et E des usines de La Hague.**

Selon ses évaluations, l'IRSN relève que des variations limitées de ces paramètres sont susceptibles de réduire les délais disponibles avant saturation des capacités d'entreposage des assemblages combustibles et du plutonium. **Compte tenu des délais nécessaires pour mettre en œuvre toute nouvelle parade, l'IRSN considère que les exploitants doivent présenter au plus tôt l'ensemble des projets en cours pour prévenir la saturation de ces entreposages, ainsi que leurs jalons de réalisation, identifier les enjeux de sûreté et de radioprotection et assurer un suivi périodique des jalons principaux. Ceci conduit l'IRSN à formuler la recommandation suivante.**

## Recommandation N° 2

Au regard des risques de saturation des entreposages de plutonium et des piscines d'entreposage des assemblages combustibles, l'IRSN recommande qu'EDF, en lien avec les exploitants du cycle du combustible, présente au plus tôt l'ensemble des projets en cours pour prévenir ces saturations et leurs jalons de réalisation tenant compte de leurs enjeux de sûreté et de radioprotection, et assure le suivi de ces jalons.

**En outre, les exploitants devraient informer périodiquement l'ASN de la réalisation des jalons des différents projets et de l'évolution de la situation de la production des usines MELOX et de l'établissement de La Hague.**

Plus globalement, pour l'IRSN, la situation actuelle, qui conduit les exploitants à prendre des actions à court terme, n'est plus cohérente avec les objectifs d'anticipation de la démarche cycle, ni avec le processus d'études et d'analyses associé (dossier tous les 10 ans, valeurs moyennes, non prise en compte de certains flux...). Elle ne

permet pas d'anticiper les aléas susceptibles de conduire à la saturation d'entreposage et donc de ménager des délais d'études raisonnables des parades, notamment au regard des enjeux de sûreté et de radioprotection. La saturation des entreposages de plutonium et la création des entreposages de RBM illustrent cette situation. **Aussi, l'IRSN considère que les exploitants doivent mettre en place un dispositif de suivi régulier du fonctionnement de l'ensemble du cycle du combustible permettant, d'une part d'anticiper la mise en œuvre de parades, tenant compte de leurs enjeux de sûreté et de radioprotection, d'autre part de pallier la saturation des différents entreposages en cas d'aléas sur une installation ou sur un projet en cours de réalisation.** Ce suivi devra s'appuyer, d'une part sur une analyse des paramètres (flux, jalons principaux et date de mise en service des projets...) qui ont, en cas d'aléas, un impact prépondérant sur les dates de saturation des différents entreposages, d'autre part sur une définition pour chacun d'eux des seuils conduisant à revoir à court terme les études de fonctionnement du cycle. **Ceci conduit l'IRSN à formuler la recommandation suivante.**

### **Recommandation N° 3**

L'IRSN recommande qu'EDF, en lien avec les exploitants du cycle du combustible, mette en place un dispositif de suivi régulier du fonctionnement du cycle du combustible, permettant d'anticiper la mise en œuvre éventuelle de parades, tenant compte des enjeux de sûreté et de radioprotection, en cas d'aléas sur une installation ou sur un projet en cours de réalisation.

**Sur cette base, les modalités d'information de l'ASN concernant le fonctionnement de l'ensemble du cycle du combustible devraient être revues.**

#### **À long terme**

L'IRSN a réalisé ses propres simulations pour étudier les tendances, à plus long terme, concernant l'occupation des piscines d'entreposage d'assemblages combustibles et des entreposages de plutonium de la Hague. L'IRSN a considéré une production de l'usine MELOX pessimiste et l'impact de l'arrêt d'un évaporateur des usines de la Hague sur ses capacités de production. Au-delà de 2025, les simulations reprennent les hypothèses retenues par les exploitants pour l'analyse du scénario 3 de l'ASN. L'IRSN a également réalisé des simulations en intégrant la densification des piscines d'entreposages dès 2025 et la mise en place des entreposages RBM. L'IRSN a comparé les résultats issus des études des exploitants (scénario 3 examiné au titre de la demande D14, scénario conservatif de fonctionnement de l'usine MELOX présenté lors de l'audition d'Orano Recyclage devant le collège de l'ASN) à ses propres simulations.

**Au-delà de 2026, dans l'état actuel des connaissances et sous réserve d'un déroulement conforme des différents projets présentés par les exploitants, les simulations effectuées par l'IRSN confirment que les dispositions des exploitants écartent les risques de saturation des entreposages d'assemblages combustibles usés ou de matières.**

Concernant les entreposages d'assemblages combustibles, la mise en œuvre de la densification des piscines C, D et E de La Hague conférerait une marge suffisante jusqu'à la mise en service de la nouvelle piscine d'entreposage en 2034. L'IRSN relève que pour diminuer le taux de remplissage des entreposages de plutonium, outre la réalisation d'extensions des entreposages de rebuts sur le site de la Hague, les exploitants ont des possibilités pour recycler le PuO<sub>2</sub> (fabrication d'assemblages combustibles MOX à destination des électriciens étrangers, chargement de 16 assemblages combustibles MOX, au lieu de 12, par recharge dans les réacteurs de 900 MW moxés). Ceci a fait l'objet d'une présentation des exploitants devant le collège de l'ASN en février 2022. Toutefois, cela nécessite en premier lieu que l'usine MELOX retrouve un niveau de production suffisant.

**Enfin, compte tenu du retour d'expérience récent, l'IRSN estime que les exploitants doivent mettre à jour leur analyse prospective à long terme des effets de la PPE sur la cohérence du cycle réalisée en 2020, en considérant des données actualisées.** Cette mise à jour pourrait également intégrer les scénarios qui seront définis dans le cadre de la prochaine version du plan national de gestion des matières et déchets radioactifs (PNGMDR), afin d'identifier des inflexions majeures et « effets falaises » pouvant apparaître au-delà de la période prise en compte dans la PPE (2035). **En raison du contexte évolutif du fonctionnement des installations de cycle de combustible, l'IRSN estime qu'au-delà de l'étude de scénarios, la réalisation d'études de sensibilité devra**

**permettre d’appréhender l’influence des différents paramètres sur les résultats des études et d’anticiper des difficultés dans le fonctionnement du cycle du combustible.** Sur ce point, pour cette mise à jour, les exploitants devront proposer une évolution des études et des analyses tenant compte du retour d’expérience. Enfin, cette mise à jour devra permettre d’anticiper les évolutions à plus long terme du cycle du combustible, s’agissant de la poursuite ou non de la politique de traitement-recyclage. **Ceci conduit l’IRSN à formuler la recommandation suivante.**

#### **Recommandation N° 4**

L’IRSN recommande qu’EDF, en lien avec les exploitants du cycle du combustible, mette à jour l’analyse prospective à long terme des effets de la PPE sur la cohérence du cycle réalisée en 2020, en prenant en compte des données actualisées.

**Cette analyse devra tenir compte des remarques formulées dans le présent rapport sur la justification de l’ensemble des hypothèses utilisées dans les études et présenter de manière détaillée les données retenues dans celles-ci, pour permettre une meilleure appréciation des marges disponibles.**

## **5. CONCLUSION**

Sur le principe, l’étude transmise par les exploitants du cycle du combustible en réponse à la demande D14 de l’ASN relative à l’analyse des effets, sur le cycle du combustible, des scénarios de mix énergétique retenus dans le décret fixant la programmation pluriannuelle de l’énergie (PPE) apporte les éléments attendus. Elle conclut en particulier à une date de saturation possible des entreposages de combustibles usés plus tôt que celle estimée dans le dossier « Impact Cycle 2016 », du fait notamment de la prise en compte du retour d’expérience du fonctionnement des installations du cycle entre 2015 et 2020.

Toutefois, l’IRSN souligne que les conclusions de cette étude ne sont plus applicables à la situation actuelle de fonctionnement du cycle du combustible. En effet, les difficultés de production de l’usine MELOX conduiront à la saturation des entreposages de plutonium à court terme. Par ailleurs, la baisse de la capacité de traitement des assemblages combustibles usés de l’établissement Orano Recyclage de La Hague (fonctionnement de l’usine UP3-A avec deux évaporateurs PF depuis décembre 2021, arrêt prochain des usines de cet établissement pendant plusieurs mois pour la mise en service de nouveaux évaporateurs PF) avance encore l’échéance d’une possible saturation des entreposages actuels d’assemblages combustibles. Enfin, cette échéance pourrait être mise en cause en cas de nouvel aléa affectant cette capacité de traitement.

Aussi, par rapport au dossier « Impact Cycle 2016 », les exploitants ont été amenés à définir de nouveaux projets pour accroître, à court terme, certaines capacités d’entreposage. L’IRSN considère que les exploitants doivent présenter au plus tôt les jalons de réalisation de ces projets. Au regard des éléments précités, l’IRSN considère que, parmi les nouveaux projets présentés, la densification des piscines C, D et E de l’établissement de La Hague semble être la seule solution dont la mise en œuvre est compatible avec les besoins d’entreposage identifiés par les exploitants. Pour autant, l’IRSN estime que la densification de ces piscines ne saurait être envisagée que comme une solution transitoire dans l’attente de la nouvelle piscine d’entreposage d’EDF.

En outre, l’IRSN considère qu’Orano Recyclage doit présenter une stratégie de traitement des rebuts MOX afin de résorber les quantités entreposées sur son établissement de La Hague.

Plus globalement, pour l’IRSN, la situation actuelle, qui conduit les exploitants à prendre des actions à court terme, n’est plus cohérente avec les objectifs d’anticipation de la démarche cycle, ni avec le processus d’études et d’analyses associé (dossier tous les 10 ans, valeurs moyennes, non prise en compte de certains flux...). En ce sens, l’IRSN estime qu’il convient qu’EDF, en lien avec les exploitants du cycle du combustible, anticipe davantage les évolutions possibles du cycle, sur la base d’une réévaluation régulière des études en tenant compte des effets

de la PPE sur le cycle du combustible, de l'avancement des projets associés et de la réalisation d'études de sensibilité sur les paramètres les plus influents. L'objectif est, en cas d'aléas, de permettre la définition des meilleures solutions possibles en termes de sûreté et de radioprotection.

## RÉFÉRENCES

- [1] Courrier ASN CODEP-DRC-2021-023613 du 22 juillet 2021 : saisine
- [2] Courrier ASN CODEP-DRC-2018-041575 du 25 octobre 2018 : lettre suite dossier « Impact cycle 2016 »
- [3] Courrier ASN CODEP-DRC-2020-031114 du 16 juillet 2020 : cadrage de la demande [D14]
- [4] Note technique D459021 20-03055 ind. 1.0 du 21 décembre 2020 : Réponse à la demande D14 relative à l'étude des effets de la PPE sur la cohérence du cycle du combustible français
- [5] Fiches réponse Orano ORN BUR DES 2019-002 rév 0 à 2 : Réponse à la demande D5 - bilan annuel des rebuts MELOX (2018-2019-2020)
- [6] Avis IRSN n°2018-00126 du 4 mai 2018 : Cycle du combustible nucléaire en France – Dossier « Impact Cycle 2016 »
- [7] Décret n°2020-456 du 21 avril 2020 relatif à la programmation pluriannuelle de l'énergie
- [8] Note technique Orano 622DH AOR XX NTE 08687 rév. A du 17 août 2021 : Dossier de réexamen périodique MELOX - Pièce 7 : évolution à 10 ans
- [9] Note technique D459021 20-02882 ind. 1.0 du 21 décembre 2020 : Réponse aux demandes D2 et D9 relatives à la stratégie d'entreposage du combustible usé dans l'hypothèse du non moxage du palier 1300 MWe ou d'un retard de la piscine d'entreposage centralisé
- [10] Avis IRSN n°2021-00089 du 28 mai 2021 : DOS portant sur la densification des piscines C, D et E
- [11] Note technique Orano ELH-2021-066232 v 1.0 du 4 novembre 2021 : DOS entreposage à sec
- [12] Note technique Orano ELH-2021-054415 v 3.0 du 16 septembre 2021 : dossier extension RBM BST1
- [13] Note technique AREVA 622SU ASQ XX NTE X 03638 rév. A du 23 décembre 2005 : additif au rapport préliminaire de sûreté MELOX 195 tML sur la maîtrise de la capacité de production
- [14] Rapport IRSN DSU n° 138 Usine MELOX – Augmentation de la capacité de production à 195 tML/an – Réunion du groupe permanent « usines » du 5 juillet 2006
- [15] Avis IRSN n° 2021-00144 du 30 juillet 2021 : Établissement Orano de La Hague – Usine UP3-A (INB n°116) – Atelier T2 – Suivi du phénomène de corrosion d'un des trois évaporateurs de concentration des solutions de produits de fission
- [16] Courrier ASN CODEP-CAE-2021-047759 du 13 octobre 2021 : lettre de suite inspection du 13 au 15 septembre 2021 – contrôles non destructif de l'évaporateur 4120-23
- [17] Courrier Orano ELH-2021-062064 du 29 octobre 2021 : réponse à lettre de suite ASN
- [18] Note technique Orano ELH-2021-050744 v 3.0 du 16 novembre 2021 : traitement des chemises REB





**IRSN**

INSTITUT DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

31 av. de la division Leclerc  
92260 Fontenay-aux-Roses  
RCS Nanterre B 440 546 018

**COURRIER**

B.P 17 - 92260 Fontenay-aux-Roses

**TÉLÉPHONE**

+33 (0)1 58 35 88 88

**SITE INTERNET**

[www.irsn.fr](http://www.irsn.fr)

MEMBRE DE  
**ETSON**