

Fontenay-aux-Roses, le 4 mars 2022

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

## AVIS IRSN N° 2022-00049

**Objet :** Cycle du combustible nucléaire  
Impact des scénarios de mix énergétique et de la production actuelle de l'usine MELOX

**Réf. :** [1] Lettre ASN CODEP-DRC-2021-023613 du 22 juillet 2021.  
[2] Lettre ASN CODEP-DRC-2018-041575 du 25 octobre 2018.  
[3] Avis IRSN n° 2018-00126 du 4 mai 2018.  
[4] Décret n° 2020-456 du 21 avril 2020 relatif à la programmation pluriannuelle de l'énergie.  
[5] Avis IRSN n° 2021-00089 du 28 mai 2021.

Par lettre citée en première référence, 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** (Andra, EDF, Framatome et Orano) aux demandes D14 et D5 formulées par l'ASN dans son courrier cité en deuxième référence, faisant suite à l'instruction du dossier « **Impact Cycle 2016** ». Ces demandes concernent, d'une part l'analyse des effets, sur le cycle du combustible nucléaire d'EDF, des **scénarios de mix énergétique** retenus dans le décret fixant la **programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE)**, d'autre part la transmission du bilan annuel de production **des rebuts** de l'usine MELOX.

Lire [le Rapport de l'IRSN sur le cycle du combustible nucléaire en France - Dossier « Impact cycle 2016 »](#)

La fabrication des combustibles MOX s'accompagne d'une production **de rebuts de fabrication** sous différentes formes (poudres, pastilles, éclats de pastilles, crayons ou assemblages). Une partie de ces rebuts est recyclée dans le procédé. Les rebuts excédentaires sont conditionnés, soit dans des boîtes, soit sous forme d'assemblages. Orano les expédie pour entreposage à La Hague, en attente d'un potentiel traitement, dans les entreposages de plutonium pour les rebuts conditionnés en boîtes (RBM) et dans les piscines pour les assemblages de rebuts (RAM).

La production d'électricité d'origine nucléaire nécessite l'utilisation d'un combustible qui est soumis à des opérations industrielles en amont et en aval de son irradiation dans les réacteurs électronucléaires. L'ensemble de ces opérations dénommé « **cycle du combustible nucléaire** ». Cf. annexe 3

Les **scénarios de mix énergétique** définissent notamment l'évolution de la part d'électricité d'origine nucléaire dans la production totale d'électricité en vue d'atteindre une part du nucléaire à 50 % à l'horizon 2035.

La **Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE)** est l'outil de pilotage de la politique énergétique de la France. Elle exprime les orientations et priorités d'action des pouvoirs publics pour la gestion de l'ensemble des formes d'énergie afin d'atteindre les objectifs de la politique énergétique.

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 et de la production de l'usine 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 Orano Recyclage et les perspectives de production de l'usine MELOX, ainsi que la pertinence des scénarios définis pour la reprise de ces rebuts.

Le **combustible MOX** est un combustible nucléaire fabriqué à base d'un mélange d'oxyde d'uranium et d'oxyde de plutonium.

De l'examen 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.

## 1. CONTEXTE

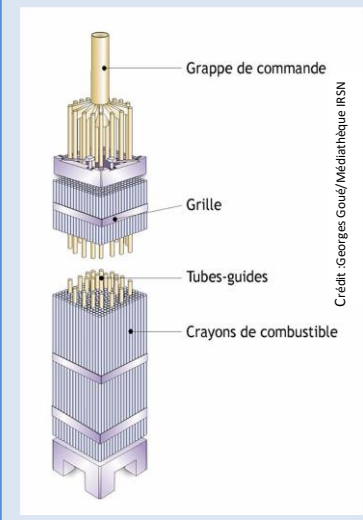
EDF exploite actuellement 56 réacteurs nucléaires à eau sous pression (REP) : 32 réacteurs de 900 MWe (comprenant 4 réacteurs du palier dit CP0<sup>1</sup> et 28 réacteurs du palier dit CPY), 20 réacteurs de 1 300 MWe et 4 réacteurs de 1 450 MWe. Les **assemblages combustibles** prévus d'être **chargés** dans ces 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 1/3 des assemblages. À noter que **24 réacteurs du palier CPY sont autorisés** à utiliser des assemblages combustibles MOX.

Le parc de réacteurs nucléaires est réparti en 3 paliers selon la puissance électrique fournie :

- Les 32 réacteurs du palier 900 MWe comprennent les 4 réacteurs CP0 (4 au Bugey) et les 28 réacteurs CPY (4 au Tricastin, 6 à Gravelines, 4 à Dampierre-en-Burly, 4 au Blayais, 4 à Chinon, 4 à Cruas et 2 à Saint-Laurent-des-Eaux).
- Les 20 réacteurs du palier 1300 MWe sont subdivisés en deux trains, les réacteurs du train P4 (4 à Paluel, 2 à Saint-Alban et 2 à Flamanville) et les réacteurs du train P'4 (2 à Belleville-sur-Loire, 4 à Cattenom, 2 à Golfech, 2 à Nogent-sur-Seine et 2 à Penly).
- Les 4 réacteurs du palier 1450 MWe, également nommé palier N4 (2 à Chooz et 2 à Civaux).



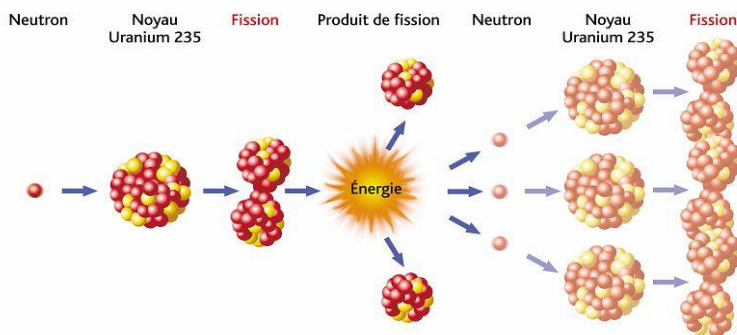
Dans les réacteurs à eau sous pression, le combustible est sous forme de pastilles, empilées dans des gaines étanches. L'ensemble pastilles-gaine constitue un crayon de combustible d'une hauteur de l'ordre de quatre mètres et d'un diamètre de l'ordre du centimètre. Les crayons de combustible maintenus par des grilles constituent un **assemblage combustible**. Les assemblages combustibles sont **chargés** dans la cuve du réacteur et en forment le cœur. C'est la fission du combustible (uranium et plutonium) qui génère l'énergie permettant de produire de l'électricité.



Crédit : Georges Goué/Médiathèque IRSN

<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.

Le fonctionnement des réacteurs nucléaires d'EDF s'appuie sur des installations et des moyens logistiques (emballages de transport...) assurant notamment la fourniture des assemblages **combustibles neufs**, l'entreposage et le traitement des assemblages **combustibles usés**, le recyclage de certaines de leurs matières et la gestion des déchets générés par les réacteurs et les installations précitées. Le terme « cycle du combustible nucléaire des REP français » (dit « cycle du combustible » par la suite) désigne l'ensemble de ces opérations (cf. schéma en annexe 3 au présent avis). 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 UNE et 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 déchets radioactifs en attente de leur stockage.



À chaque cycle, lors de l'arrêt du réacteur pour renouvellement du combustible, généralement un tiers ou un quart du nombre total d'assemblages combustibles présents dans le cœur est remplacé par des assemblages **combustibles neufs**. Cet ensemble constitue une « recharge ».

On parle d'assemblages **combustibles usés** lorsque les assemblages ne contiennent plus suffisamment de matière fissile pour continuer à être utilisés dans un réacteur nucléaire. Ces assemblages, qui sont très radioactifs, dégagent encore une puissance thermique, appelée puissance résiduelle, décroissante dans le temps.

Les **isotopes** sont des atomes qui possèdent le même nombre d'électrons – et donc de protons, pour rester neutre –, mais un nombre différent de neutrons. Les isotopes d'un même élément ont des propriétés chimiques identiques mais des propriétés physiques différentes (stables ou radioactifs notamment). Un isotope est dit **fissile** si son noyau peut subir une fission nucléaire sous l'effet d'un bombardement de neutrons.

Le **domaine de fonctionnement** est l'ensemble des valeurs de paramètres physiques comprises entre des limites dont le respect permet l'exploitation d'une installation conformément aux exigences de sûreté. (JO)

Le « fonctionnement » du cycle du combustible nécessite que chacun de ces 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 ainsi demandé à EDF de piloter, en liaison avec les 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 en 2016 (dossiers dénommés « Impact Cycle 2007 » et « Impact Cycle 2016 »). Ces dossiers ont fait l'objet d'expertises de la part de l'IRSN.

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 falaises** » pouvant apparaître d'ici 2040. Dans l'avis cité en troisième référence concernant ce dossier, 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 2030 ne fait pas apparaître de difficulté technique majeure pour les installations du cycle du

**Effet falaise** : Altération brutale du comportement d'une installation, que suffit à provoquer une légère modification du scénario envisagé pour un accident dont les conséquences sont alors fortement aggravées.

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 quatrième référence, énonce les principes d'un programme d'arrêt de 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 deuxième référence, 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).

Dans les ateliers des usines de La Hague, les assemblages combustibles usés subissent un **traitement** pour récupérer les matières valorisables (l'uranium et le plutonium) et conditionner les différents déchets, notamment les produits de fission, sous une forme apte à leur stockage définitif.

Au-delà de la prise en compte des scénarios précités, le retour d'expérience d'exploitation entre 2017 et 2020 de certaines installations du cycle du combustible met en cause des hypothèses du dossier « Impact Cycle 2016 » :

- depuis 2018, la production d'électricité d'origine nucléaire d'EDF est inférieure à l'hypothèse de référence de ce dossier (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 conduisant à une production d'assemblages combustibles MOX inférieure à l'hypothèse de référence du dossier « Impact Cycle 2016 » et à la génération d'une importante quantité de rebuts MOX. Pour rappel, les rebuts MOX non recyclés dans le procédé de l'usine MELOX sont conditionnés, puis expédiés vers des 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 de qualité produit notamment à l'utilisation, à partir de 2013, d'une poudre d'UO<sub>2</sub> issue d'un procédé dit « voie sèche », à la place d'une poudre issue d'un procédé dit « voie humide ». Par ailleurs, l'usine MELOX est confrontée à des pannes fréquentes d'équipements pour lesquelles la réalisation de la maintenance est contrainte par les **débits de doses ambiants** aux postes de travail.

Un **arrêt de tranche** est un arrêt de la production d'un réacteur nucléaire. Ces arrêts sont nécessaires tous les 12 ou 18 mois environ pour remplacer le combustible nucléaire usé et procéder à des opérations de contrôle et de maintenance dans l'installation.



Vue d'une **piscine d'entreposage des assemblages combustibles** de l'une des usines d'ORANO la Hague

L'**équivalent de dose** est l'énergie, issue d'un rayonnement ionisant, absorbée par l'organisme, corrigée d'un facteur de pondération qui prend en compte la dangerosité relative du rayonnement considéré et la sensibilité du tissu irradié. Il est exprimé en Sievert (Sv).

Le **débit d'équivalent de dose (DED)** correspond à une quantité de cette énergie absorbée par unité de temps. Il est exprimé en mSv/h.

Le **débit de dose ambiant (DDA)** correspond au « débit de dose » mesuré exactement un mètre au-dessus du sol. Il est exprimé en mSv/h.

Dès 2019, Orano Recyclage a défini un plan d'actions pour rétablir la production de cette usine qui repose principalement sur le retour à l'utilisation à l'horizon de 2023 d'une poudre d'UO<sub>2</sub> issue d'un procédé « voie humide », aménagé dans une nouvelle installation du site de Malvézi, sur l'amélioration de la maintenance des équipements et sur le renforcement des compétences des intervenants impliqués dans la production et la maintenance. 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.

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 du combustible dans la suite) de ne pas accumuler de plutonium séparé (sous forme de PuO<sub>2</sub>) dans les entreposages du site 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 précitée, les exploitants ont transmis une étude analysant, sur la base de scénarios spécifiés par l'ASN, les effets de la PPE sur le 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, 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.

## 2. EFFET DE LA PPE SUR LA COHERENCE DU CYCLE

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 du combustible nucléaire préservée jusqu'à l'horizon des années 2040. À cette fin, l'utilisation d'assemblages combustibles MOX (« moxage ») dans des réacteurs de 1 300 MWe sera entreprise par EDF.

Tous les 10 ans d'exploitation, la réglementation française impose une série de contrôles et d'épreuves aux équipements de la chaudière nucléaire, qui sont réalisés lors d'un arrêt dédié, d'une durée de l'ordre de 3 mois, appelé « **visite décennale** » (VD).

## 2.1. SCENARIOS DEFINIS PAR L'ASN

Afin de préciser les hypothèses de l'analyse attendue en réponse à la demande D14, l'ASN a spécifié cinq scénarios de mix énergétique qui intègrent les éléments de la PPE :

- le scénario 1, qui constitue le scénario de référence, reprend essentiellement des programmes de fermeture des réacteurs entre 2027 et 2035, de traitement des assemblages combustibles usés, de production de l'usine MELOX, ainsi que d'utilisation d'assemblages combustibles MOX dans des réacteurs de 1 300 MWe et d'assemblages combustibles à base d'uranium de retraitement enrichi (URE) dans des réacteurs de 900 MWe et 1 300 MWe ;
- 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 (le scénario 1 considère une fermeture en premier de réacteurs de 900 MWe chargés uniquement en assemblages combustibles UNE) ;
- le scénario 3 prend en compte une production « pessimiste » de l'usine MELOX ;
- le scénario 4 prend en compte un retard de deux ans de la mise en œuvre d'assemblages combustibles MOX dans 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.

## 2.2. HYPOTHESES RETENUES PAR LES EXPLOITANTS

Dans l'étude transmise en réponse à la demande D14 de l'ASN, les exploitants ont décliné les scénarios spécifiés par l'ASN et précisé un certain nombre d'hypothèses.

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.

S'agissant de l'évaluation de la quantité de plutonium issu du retraitement, les exploitants retiennent dans leurs études une teneur moyenne en plutonium des assemblages combustibles usés traités. Au regard du retour d'expérience des dernières années, le ratio entre les quantités annuelles de plutonium produit et de combustibles usés traités fluctue annuellement et sa valeur est parfois légèrement supérieure à celle retenue par les exploitants. **Ceci peut induire une sous-estimation du flux de plutonium produit, valeur utilisée pour apprécier l'occupation des entreposages de plutonium.**

S'agissant de la teneur en plutonium des assemblages combustibles MOX neufs, les exploitants ont retenu une valeur fixe sur toute la période étudiée, correspondant à celle des assemblages actuellement fabriqués dans l'usine MELOX. Or, le dossier « Impact Cycle 2016 » indique que la teneur en plutonium des assemblages combustibles MOX neufs 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 du plutonium pour la production des assemblages combustibles MOX sur la période s'étendant jusqu'en 2031, avec une teneur moyenne en plutonium des assemblages combustibles supérieure à la valeur retenue dans l'étude objet du présent avis. **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 de l'établissement de La Hague).**

Le **vecteur isotopique** traduit la proportion des différents isotopes de plutonium.

Pour tenir compte de la génération de rebuts MOX non recyclés dans l'usine MELOX, les exploitants retiennent, 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. **L'IRSN relève que, si la valeur retenue est cohérente avec le fonctionnement attendu du cycle du combustible, elle n'est pas représentative du fonctionnement actuel de l'usine MELOX.**

Par ailleurs, 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 de 900 MWe font l'objet d'arrêts prolongés pour les travaux en lien avec leur quatrième visite décennale. **Les exploitants n'ont pas explicitement tenu compte de ces points dans leur étude. Ces éléments influent cependant sur le nombre annuel de réacteurs chargés en assemblages combustibles MOX et par conséquent sur la production de ces assemblages.**

Les autres hypothèses retenues par les exploitants (durée d'évacuation des assemblages combustibles usés d'une tranche après son arrêt définitif, caractéristiques des gestions des combustibles mises en œuvre sur le parc EDF...) n'appellent pas de remarque de l'IRSN.

**En conclusion, l'IRSN estime que certaines hypothèses retenues par les exploitants devraient être mieux justifiées. Il considère néanmoins que les hypothèses retenues par les exploitants dans l'étude transmise en réponse à la demande D14 sont globalement adaptées à son objectif.**

### 2.3. RESULTATS PRESENTES PAR LES EXPLOITANTS

L'étude transmise par les exploitants vise à analyser les effets de la PPE, au regard des limites techniques et réglementaires actuelles des installations et des moyens logistiques, sur :

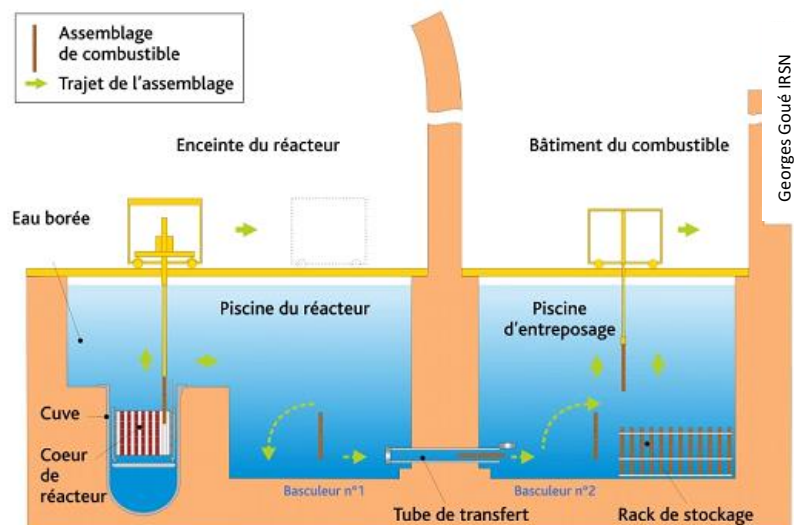
- les besoins de production des usines du cycle du combustible ;
- les besoins en capacités d'entreposage des assemblages combustibles usés, des matières et des déchets ;
- les besoins en transport des assemblages combustibles, des matières et des déchets.

#### Entreposage des assemblages combustibles usés

Après irradiation en réacteur, les assemblages combustibles usés sont entreposés dans les piscines des réacteurs, dites « **piscines BK** », puis transportés et entreposés dans les piscines de l'établissement Orano Recyclage de La Hague. Après quelques années d'entreposage, les assemblages combustibles usés UNE sont traités dans les usines de cet établissement, ce qui permet notamment d'extraire le plutonium utilisé pour 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 usés URE, utilisés par EDF jusqu'en 2013,

Chaque réacteur électronucléaire d'EDF possède une piscine d'entreposage des assemblages combustibles dite **piscine BK**. Cette piscine accueille :

- les assemblages neufs avant leur chargement dans le réacteur ;
- les assemblages déchargés du cœur avant leur rechargement dans le cœur ;
- les assemblages usés pour permettre l'évacuation de leur puissance résiduelle avant leur transfert à l'usine de retraitement de La Hague.



sont également entreposés dans ces piscines. Cela conduit à un accroissement dans le temps du nombre d'assemblages combustibles usés 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 le 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** 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 cité en troisième référence, l'IRSN relevait que cette échéance présentait peu de marge.

Lire [l'avis IRSN 2018-00318](#) du 6 décembre 2018 relatif au dossier d'options de sûreté de la **piscine d'entreposage centralisé** d'assemblages combustibles usés d'EDF.

De l'étude réalisée en réponse à la demande D14 de l'ASN, les exploitants concluent que la saturation des piscines d'entreposage de l'établissement de La Hague pourrait intervenir entre 2029 (scénario 5) et 2030 (scénarios 1 et 3). Les évaluations réalisées par l'IRSN confirment ces conclusions.

À cet égard, les simulations réalisées par les exploitants tiennent compte d'emplacements occupés dans ces piscines par des déchets ou par des assemblages combustibles n'appartenant pas à EDF. Les exploitants ont indiqué que des programmes de reprise de ces déchets et de traitement des assemblages combustibles non EDF sont en cours. Ils n'ont toutefois pas présenté les données retenues dans les simulations sur ces points. **L'IRSN considère que ces données devraient être précisées.**

Par ailleurs, EDF a annoncé le report à 2034 de la mise en service de la nouvelle piscine d'entreposage des combustibles. Aussi, EDF a présenté en 2020 les parades qu'il retient pour pallier ce retard et écarter une saturation des piscines d'entreposage des assemblages combustibles. Il s'agit :

- en premier lieu, de la **densification des piscines** C, D et E des usines de l'établissement de La Hague, dont la mise en œuvre est prévue à partir de 2024 ;
- en second lieu, du chargement de 16 assemblages combustibles MOX par recharge dans les réacteurs de 900 MW moxés, au lieu de 12 ;
- en complément, la réalisation d'un **entreposage à sec**.

« **Densifier** » les piscines signifie augmenter la capacité opérationnelle d'entreposage actuelle de ces piscines, dans le respect des limites fixées dans les décrets d'autorisation de création en vigueur de ces INB, implantées sur le site de La Hague.

En savoir plus sur **l'entreposage à sec** : consulter le rapport-[IRSN-2018/00003](#)

EDF précise cependant 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.

Les exploitants ont présenté 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. Il ressort de ces estimations que 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.

Conformément aux textes réglementaires, l'exploitant d'une installation nucléaire de base doit procéder, tous les dix ans, au **réexamen périodique de la sûreté** de son installation en prenant en compte notamment les meilleures pratiques internationales, le retour d'expérience d'exploitation et les nouvelles connaissances.

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.

**Le référentiel de sûreté** est l'ensemble des documents (études de sûreté, règles et spécifications techniques d'exploitation...) décrivant les mesures et moyens nécessaires pour assurer la sûreté de l'installation.



Aussi, compte tenu, d'une part des difficultés actuelles de production dans l'usine de MELOX (cf. chapitre 3 de l'avis), 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.

Comme indiqué dans son avis cité en cinquième référence, 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.

#### 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 pour 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 d'assemblages combustibles MOX), ce qui nécessite de disposer d'entreposages pour le PuO<sub>2</sub>. 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 MOX conditionnés en boîtes (RBM).

De l'étude des cinq scénarios spécifiés par l'ASN, les exploitants concluent que le scénario 3, qui considère une production pessimiste d'assemblages combustibles MOX dans l'usine MELOX, conduit à une occupation maximale de ces entreposages dans les années 2024-2025. Toutefois, selon les exploitants, il n'y a pas de saturation de ceux-ci du fait d'un programme de traitement des rebuts MOX conditionnés en boîtes (RBM) dans une unité existante de l'usine UP2-800 de l'établissement Orano Recyclage de La Hague. À cet égard, l'IRSN souligne que cette unité ne permet pas de traiter les rebuts conditionnés en assemblage (RAM). Par ailleurs, la capacité « théorique » de traitement de cette unité est faible au regard de la quantité de rebuts entreposés et le retour d'expérience récent montre que cette capacité n'est pas encore fiabilisée. Aussi, l'IRSN estime que, à ce jour, Orano Recyclage ne dispose pas d'unité ayant une capacité industrielle à traiter l'ensemble des rebuts MOX (RAM et RBM) entreposés sur son établissement 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 n° 1 en annexe 1 au présent avis.**

Les exploitants ont indiqué, au cours de l'expertise, prendre en compte l'utilisation de plutonium pour la production d'assemblages combustibles MOX à destination d'électriciens étrangers, ce qui libérera des emplacements dans les entreposages à partir de 2025. **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 réacteurs de 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) remet en cause ces résultats (cf. chapitre 3 du présent avis).

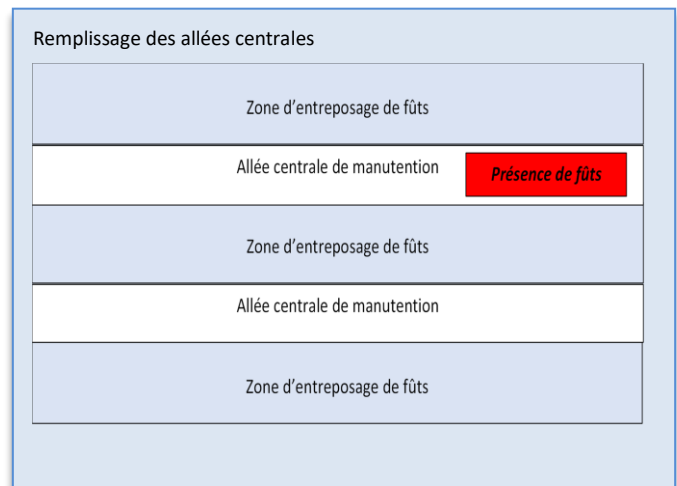
Le chargement de combustible MOX dans un réacteur est aussi appelé **moxage**.

#### 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 était attendue en 2022 et retenu, pour pallier cette situation, la mise en service d'un nouveau parc d'entreposage sur ce site.

Sur les deux INB n° 178 et 179 de l'établissement ORANO du Tricastin, l'ensemble des bâtiments et des zones d'entreposage de matières uranifères sont dénommés **parcs d'entreposage**.

Dans l'étude objet du présent avis, les exploitants confirment la saturation de ces entreposages fin 2022. À cet égard, la reprise progressive de l'URT entreposé est prévue à partir de 2022 en vue notamment de la fabrication d'assemblages combustibles à base d'uranium de retraitement réenrichi (URE). Les exploitants précisent que les capacités des entreposages sont alors suffisantes sous réserve du **remplissage des allées centrales** des parcs et indiquent que l'URT ne provenant pas du traitement d'assemblages combustibles usés d'EDF est pris en compte dans l'étude sans détailler les quantités associées. **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 n° 1 en annexe 2 au présent avis.**

#### Entreposages de déchets de l'établissement Orano Recyclage de la Hague

Les exploitants indiquent que la prise en compte de la PPE n'a pas d'incidence sur les capacités d'entreposage des différents déchets et sur la planification des extensions déjà en cours de réalisation conformément au dossier « Impact Cycle 2016 ». **Ceci n'appelle pas de remarque de l'IRSN.**

#### Autres résultats

Les exploitants ont également vérifié l'absence d'impact de la PPE sur l'amont du cycle du combustible (enrichissement de l'uranium, fabrication des assemblages combustibles UNE et URE) et sur les flux de transports. **Ces éléments n'appellent pas de remarque de l'IRSN.**

**En conclusion, l'étude des exploitants en réponse à la demande D14 de l'ASN 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 l'avis.**

**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.**

### 3. RECENT RETOUR D'EXPERIENCE D'EXPLOITATION DES INSTALLATIONS

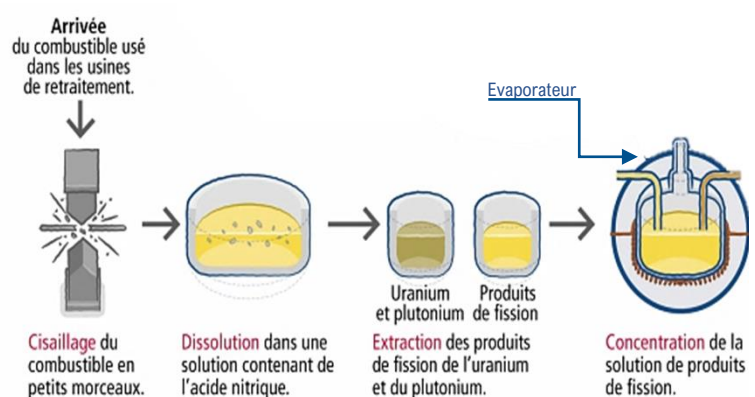
Dans le dossier « Impact Cycle 2016 », les exploitants ont examiné les conséquences d'aléas induisant l'arrêt complet des différentes usines, pendant des durées fondées sur le retour d'expérience. Or, le retour d'expérience de ces dernières années montre qu'une baisse de production d'une usine sur une 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 électricité, production des usines...).

Concernant l'usine MELOX, les bilans de production des années 2020 et 2021 sont très inférieurs à ce qui était attendu, montrant que le plan d'actions entrepris par Orano Recyclage en 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. **Ces bilans mettent en cause les conclusions de l'étude 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, du fait de la faible production de l'usine MELOX associée à une production importante de rebuts MOX en 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 MOX (RBM) dans les usines de la Hague. Le dossier d'autorisation de modification concernant la première zone d'entreposage est en cours d'expertise par l'IRSN. **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 annexe 1 au présent avis.**

En septembre 2021, Orano Recyclage a présenté à l'ASN la situation des entreposages de plutonium de l'établissement Orano Recyclage de La Hague ainsi que les évolutions de son plan d'actions visant à améliorer la production de l'usine MELOX. Ce plan comprend notamment des essais de fabrication d'assemblages combustibles MOX avec de l'UO<sub>2</sub> provenant d'un procédé « voie humide » afin d'anticiper la mise en service de la nouvelle unité du site de Malvési, des actions visant à réduire les débits de doses aux postes de travail afin d'améliorer la maintenance des équipements et l'évacuation des rebuts MOX accumulés dans l'usine MELOX vers les usines de La Hague. **Ceci n'appelle pas de remarque de principe de l'IRSN. Toutefois, sur la base du retour d'expérience disponible, l'IRSN estime difficile de se prononcer, à ce stade, sur une cinétique d'amélioration de la production de l'usine MELOX.**

Concernant les usines de l'établissement Orano Recyclage de La Hague, le procédé utilisé nécessite la **concentration des solutions de produits de fission 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, 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 produits de fission (NCPF), dont les mises en service sont prévues à partir de 2023. Dans l'attente de ces mises en service, un suivi renforcé de l'évolution de la corrosion des évaporateurs existants a été mis en place. À l'issue d'une campagne de mesure réalisée en



septembre 2021, Orano Recyclage a arrêté définitivement l'utilisation d'un des trois évaporateurs de l'atelier T2. En outre, un autre évaporateur de l'atelier T2 étant à l'arrêt depuis mai 2021 (pour une fuite au niveau du circuit d'événements), Orano Recyclage a arrêté la production de l'usine UP3-A le temps d'effectuer la réparation de cet évaporateur. La production de l'usine UP3-A a repris en décembre 2021 avec seulement deux évaporateurs de produit de fission.

Ces événements ont entraîné une baisse de la capacité de traitement des assemblages combustibles usés au cours de l'année 2021. 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. Enfin, la mise en service des nouveaux évaporateurs 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. **Ces points mettent en cause les conclusions de l'étude réalisée par les exploitants en réponse à la demande D14 de l'ASN.**

En s'appuyant sur le retour d'expérience d'exploitation récent des installations du cycle du combustible, l'IRSN a réalisé des évaluations tenant compte d'hypothèses actualisées.

De ces évaluations, l'IRSN confirme les conclusions d'Orano Recyclage relatives à la saturation prochaine des entreposages de plutonium.

De plus, ces simulations montrent que les éléments suivants ont un rôle prépondérant dans la gestion à court et moyen termes du cycle du combustible :

- le flux de transfert d'assemblages combustibles usés entre les piscines des réacteurs et celles de La Hague ;
- le nombre d'emplacements libérés par le traitement de déchets entreposés dans ces piscines ;
- la production de l'usine MELOX (assemblages combustibles et quantité de rebuts MOX générés) ;
- la date de démarrage de l'unité NCPF T2 de l'usine UP3-A de La Hague ;
- la date de mise en service des nouveaux entreposages de boîtes de rebuts MOX dans les usines de La Hague ;
- la date de démarrage de la densification des piscines C, D et E des usines de La Hague.

En effet, des variations limitées des paramètres associés à ces éléments sont susceptibles de réduire les délais disponibles avant saturation des capacités d'entreposage des assemblages combustibles usés ou 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 associés, et assurer un suivi périodique des jalons principaux. **Ceci conduit l'IRSN à formuler la recommandation n° 2 en annexe 1 au présent avis.**

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 suffisamment les aléas susceptibles de conduire à la saturation d'entreposages 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, 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 n° 3 en annexe 1 au présent avis.**

**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 présentées par les exploitants écartent les risques de saturation des entreposages d'assemblages combustibles usés ou de matières.**

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 du cycle du 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 n° 4 en annexe 1 au présent avis.**

Une **étude de sensibilité** permet de quantifier, selon un modèle, l'influence de variables d'entrée sur la variable de sortie. Elle consiste à ne changer qu'une seule valeur d'une variable d'entrée en laissant l'ensemble des autres paramètres d'entrée à leur valeur nominale.

**Cette analyse devra tenir compte des remarques formulées dans le présent avis 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.**

## 4. 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.

**IRSN**  
Le Directeur général

## ANNEXE 1 A L'AVIS IRSN N° 2022-00049 DU 4 MARS 2022

### Recommandations de l'IRSN

#### 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.

#### 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.

#### 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.

#### 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.

## ANNEXE 2 A L'AVIS IRSN N° 2022-00049 DU 4 MARS 2022

### Observation de l'IRSN

#### 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  $U_3O_8$  (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.



## ANNEXE 3 A L'AVIS IRSN N° 2022-00049 DU 4 MARS 2022

### Représentation schématique du cycle du combustible nucléaire français

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

