

IRSNINSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE*Faire avancer la sûreté nucléaire*

Cycle du combustible nucléaire en France

Dossier « Impact Cycle 2016 »

RAPPORT IRSN n° 2018-00007

Réunion du Groupe permanent d'experts pour les
laboratoires et les usines du 25 mai 2018

RESUME DU RAPPORT

Par lettre ASN CODEP-DRC-2016-033317 du 9 novembre 2016, le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a demandé au Président du groupe permanent d'experts pour les laboratoires et usines (GPU) de faire examiner par le groupe qu'il préside, en y invitant des membres des Groupes permanents d'experts pour les déchets (GPD), pour les réacteurs (GPR) et pour les transports (GPT), le dossier intitulé « Impact Cycle 2016 » transmis par Electricité de France (EDF) en juin 2016. Ce dossier, élaboré par EDF, en liaison avec la société Orano Cycle (ex AREVA NC) et l'Andra, présente, pour la période 2015-2025, les évolutions envisagées des gestions de combustible sur le parc de réacteurs de puissance à eau pressurisée (REP) français, ainsi que les conséquences, du point de vue de la sûreté et de la radioprotection, de ces évolutions sur les installations du cycle, les transports de matières radioactives et les filières de gestion des déchets.

Le dossier « Impact Cycle 2016 » constitue la deuxième mise à jour de ce type de dossier. En effet, la première version de ce dossier a été élaborée à la demande de l'Autorité de sûreté qui souhaitait que soit menée une étude prospective du fonctionnement de ce cycle sur une dizaine d'années visant à vérifier la cohérence globale des opérations réalisées et des évolutions prévues (gestion de combustibles...). Ces dossiers ont fait l'objet d'évaluations de l'IRSN dont les conclusions ont été présentées lors de réunions des groupes permanents d'experts respectivement en 2002 et 2010. A l'issue de la dernière instruction, l'ASN a transmis une liste de demandes à EDF. En particulier, l'ASN a demandé à EDF de transmettre, tous les deux ans, une note « de suivi du cycle » ; l'ASN effectue un suivi de ce dossier lors de réunions régulières dites de « suivi du cycle ».

Le contenu attendu du dossier « Impact Cycle 2016 » a fait l'objet d'une lettre de cadrage de l'ASN en octobre 2015. En plus des éléments déjà demandés dans les deux dossiers précédents, l'ASN demande que soit étudié des scénarios d'arrêt de réacteurs ainsi que des aléas dimensionnant pour chaque étape du cycle.

Le présent rapport, qui tient compte des informations complémentaires apportées par EDF, Orano Cycle et l'Andra au cours de l'instruction, constitue l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur ce dossier.

Le dossier « Impact Cycle 2016 » comporte six parties :

- une présentation synthétique du dossier « Impact Cycle 2016 » ainsi que le bilan des gestions mises en œuvre depuis l'examen du dossier précédent dénommé « Impact cycle 2007 » ;
- une présentation des limites techniques et réglementaires des installations françaises du cycle du combustible et des emballages de transport ;
- une présentation des gestions de combustibles dans les réacteurs EDF, actuelles et envisagées pour la période 2015-2025, comprenant les caractéristiques des matières mises en œuvre et produites par le cycle ;
- une présentation des conséquences, sur les installations du cycle, les transports et les filières de gestion de déchets, pour la période 2015-2025, des évolutions de gestions ou produits combustibles correspondant à deux scénarios de fonctionnement des réacteurs (scénarios dits « de référence » et « de production basse ») et des projets envisagés concernant les installations du cycle. En outre, le dossier comprend l'étude d'aléas de fonctionnement susceptibles d'affecter les installations actuelles du cycle et les opérations de transport ;

- les perspectives à long terme, dans le cadre d'un processus dit de « veille et anticipation » qui vise à évaluer l'impact sur les installations de l'aval du cycle des gestions actuelles et envisagées par EDF pour une période allant au-delà de l'année 2025 ;
- l'analyse des scénarios, demandés par l'ASN, d'arrêt programmé de réacteurs visant à limiter à 50 % la part de la production d'électricité d'origine nucléaire à l'échéance de 2025 (scénarios dits « Mix énergétique »).

Les orientations adoptées par EDF pour la période 2015-2025 en termes de gestion des combustibles n'introduisent pas d'évolution significative par rapport à la situation actuelle. De l'examen du dossier transmis, l'IRSN relève notamment :

- la stabilisation des gestions de combustibles à base d'uranium naturel enrichi (combustible UNE), qui conduit à l'abandon des gestions à hauts taux de combustion dont le déploiement était envisagé dans le dossier « Impact cycle 2007 » ;
- l'augmentation à 24 du nombre de réacteurs du palier CPY de 900 MWe chargés en combustibles « MOX » et un flux de traitement des combustibles UNE dans les usines de La Hague permettant d'équilibrer le flux de plutonium nécessaire à la fabrication de combustibles MOX chargés dans les réacteurs. EDF prévoit de mettre en œuvre un combustible MOX dit « MOX NT 2012 Intermédiaire » dont la teneur en plutonium vise à maintenir l'équivalence énergétique avec les combustibles UNE à 3,7 % en isotope 235 de l'uranium ;
- la reprise du recyclage de l'uranium issu des opérations de traitement des combustibles usés (URT) à partir de 2020 pour un chargement de combustible à base d'uranium de retraitement enrichi (combustible URE) à partir de 2021 dans les quatre réacteurs du CNPE de Cruas (palier CPY) ;
- l'absence de traitement des combustibles usés MOX et URE sur la période considérée dans le dossier transmis. Ces combustibles usés sont, après déchargement des réacteurs, destinés à être entreposés dans les piscines de l'établissement de La Hague. EDF envisage toutefois de traiter ces combustibles usés après 2050 afin d'utiliser les matières récupérées pour la fabrication de combustibles destinés aux réacteurs dits de « quatrième génération » ;
- la mise en œuvre d'une gestion de combustibles UNE pour le réacteur EPR Flamanville 3. Afin de respecter l'objectif de « réduire la part du nucléaire dans la production d'électricité à 50 % à l'horizon 2025 » fixé par la loi sur la transition énergétique pour la croissance verte (dite loi « TECV »), la mise en service de ce réacteur sera compensée par l'arrêt de deux réacteurs de 900 MWe en exploitation.

En termes de bilan des matières, cette stratégie se traduit par une stabilisation des tonnages de combustibles UNE usés déchargés des réacteurs, des combustibles traités dans l'établissement de La Hague et de la quantité d'oxyde de plutonium entreposé, et par une moindre augmentation de la quantité d'URT entreposée. L'IRSN souligne que, pour tous les paliers, les gestions des combustibles retenues par EDF pour la période 2015-2025 sont cohérentes avec celles présentées dans leurs dossiers de réexamen de sûreté. Les données d'entrée retenues par EDF pour l'analyse de la cohérence du cycle du combustible pour les scénarios étudiés dans le dossier « Impact Cycle 2016 », n'appellent pas d'observation. Pour les matières mises en œuvre et des déchets générés par les installations du cycle du combustible, les quantités et les flux estimés par l'IRSN, sur la base d'une modélisation théorique du fonctionnement du cycle, sont globalement cohérents avec les données fournies par EDF.

De l'analyse des évolutions présentées par EDF dans son dossier, l'IRSN retient les principaux points suivants :

- afin d'éviter la saturation à court terme des parcs d'entreposage de l'uranium appauvri d'origine naturelle et de l'uranium appauvri issu du traitement des combustibles usés, Orano Cycle, exploitant de ces parcs, a transmis récemment des demandes d'autorisation visant à augmenter ces capacités afin de couvrir les besoins jusqu'en 2030. Ce point ayant déjà été mis en évidence lors du précédent dossier « cycle », EDF présente un état d'avancement de la gestion de l'entreposage de ces matières (remplissage et capacité disponible des parcs d'entreposage) à l'ASN dans le cadre des réunions périodiques de suivi du cycle ainsi que tous les trois ans dans le cadre du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs (PNGMDR) ;
- pour ce qui concerne les opérations de recyclage de l'uranium de retraitement en vue de la fabrication de combustibles à base d'uranium de retraitement enrichi (URE), EDF n'a pas défini, à ce stade, la filière industrielle pour réaliser ces opérations, notamment si certaines d'entre elles seraient réalisées dans des installations en France. A cet égard, EDF s'est engagé à présenter, dans les deux ans qui suivront cette décision, pour les opérations réalisées en France, les dispositions de sûreté et de radioprotection nécessaires à la mise en place de cette filière et les échéances de transmission des dossiers réglementaires associés à l'extension des capacités d'entreposage d' U_3O_8 URT si elle s'avère nécessaire ;
- afin de maintenir l'équivalence énergétique avec les combustibles UNE enrichis à 3,7 % en ^{235}U , les caractéristiques des combustibles MOX évolueront à partir de 2018. Cette évolution devrait conduire à augmenter les risques d'exposition externe aux rayonnements ionisants et les risques liés aux dégagements thermiques dans l'usine MELOX. Ceci sera pris en compte par Orano Cycle dans le prochain réexamen de sûreté de cette installation, dont le rapport est prévu d'être transmis en 2021 ;
- concernant l'entreposage des combustibles usés dans les piscines des bâtiments « combustibles » des réacteurs et dans les piscines de l'établissement de La Hague, les évaluations réalisées par EDF concluent à la saturation des capacités d'entreposage à l'horizon 2030 pour le scénario « de référence » et quelques années plus tôt pour le scénario dit « de production basse ». Dans ce cadre, conformément à la demande formulée dans le PNGMDR, EDF a transmis en 2017 sa stratégie pour disposer d'une capacité suffisante d'entreposage des combustibles usés, qui se fonde principalement sur la mise en service à l'horizon 2030 d'une piscine d'entreposage centralisé. Cette échéance présente peu de marge pour éviter une saturation des piscines dans le cas du scénario « de référence », et pourrait s'avérer insuffisante dans le cas du scénario « de production basse ». A cet égard, EDF, en liaison avec Orano Cycle, s'est engagé à présenter, dans les réunions de « suivi du cycle », une analyse détaillée des capacités disponibles d'entreposage des combustibles usés jusqu'en 2035 ;
- concernant les déchets produits par les installations du cycle, les évolutions présentées ne conduisent pas à identifier de difficulté particulière pour la période 2015-2025. Toutefois, les capacités d'entreposage de certains colis de déchets dans l'établissement de La Hague pourraient, en fonction des hypothèses retenues, ne pas être suffisantes. Ce sujet a été examiné par l'IRSN dans le cadre de l'évaluation de la stratégie d'Orano Cycle pour la gestion de ses déchets et du démantèlement de ses installations, qui a fait l'objet d'une réunion des groupes permanents d'experts les 11 et 12 avril 2018. A l'issue de cette instruction, Orano Cycle a pris plusieurs engagements, qui visent notamment à s'assurer que sa stratégie de gestion des déchets lui permettra de disposer de capacités d'entreposage suffisantes des déchets, dans des conditions de sûreté adéquates ;

- concernant les transports de matières radioactives et de déchets, les évolutions présentées ne conduisent pas à identifier de difficulté particulière concernant les transports sur la voie publique. [REDACTED]

[REDACTED] ns de son évaluation de la stratégie d'Orano pour la gestion de ses déchets et du démantèlement de ses installations ;

Par ailleurs, EDF, en lien avec Orano Cycle et l'Andra, a étudié, à la demande de l'ASN, les conséquences sur le fonctionnement du cycle d'aléas susceptibles d'affecter l'exploitation des installations actuelles, les opérations de logistique, la mise en service de nouvelles installations ou le calendrier de déploiement de nouvelles gestions de combustibles. Cette étude, qui constitue une première étape globalement satisfaisante, nécessite d'être complétée pour les usines de l'établissement de La Hague et l'atelier TU5 afin de mieux prendre en compte l'ensemble des aléas qui sont susceptibles de conduire à l'indisponibilité prolongée de ces installations. Toutefois, pour l'IRSN, des aléas ou des événements conduisant à l'arrêt de certaines installations du cycle, pour une durée supérieure à la durée forfaitaire retenue ne peuvent pas être exclus, notamment en cas d'agression ou de situation accidentelle. Aussi, cette étude nécessite d'être poursuivie, dans le prochain dossier « Impact Cycle », afin de compléter l'examen de la robustesse du cycle, par une évaluation de la durée d'indisponibilité pour chaque atelier des installations participant au cycle du combustible qui conduirait au blocage de ce dernier et, sur cette base, identifier les parades à mettre en œuvre pour y faire face.

Concernant le vieillissement des installations de l'amont et de l'aval du cycle, l'IRSN souligne que la plupart des installations de l'amont du cycle ont été récemment rénovées ou remplacées. Ce n'est pas le cas des installations de l'aval du cycle, pour lesquelles les réexamens de sûreté déjà réalisés ont conduit à des travaux de renforcement ou au remplacement de structures ou d'équipements vieillissants. A cet égard, dans le cadre de la démarche « veille et anticipation », le prochain dossier « Impact Cycle » devrait présenter les dispositions envisagées pour la jouvence ou le renouvellement des installations du cycle, en particulier celles de l'aval, en fonction de leur durée de vie prévisible et des évolutions prévues concernant le cycle.

Enfin, les études des scénarios « mix énergétique », définis par l'ASN, montrent que l'impact de l'arrêt de réacteurs sur les installations du cycle dépend fortement du type de combustible chargé dans les réacteurs arrêtés. En particulier, l'arrêt de plusieurs réacteurs chargés en combustibles MOX, toutes choses égales par ailleurs, entraînerait rapidement une saturation des piscines de La Hague, puis des piscines des bâtiments « combustibles » des réacteurs et donc l'arrêt de l'ensemble des réacteurs. En revanche, l'arrêt de réacteurs chargés en combustibles UNE retarderait, voire empêcherait, selon le nombre de réacteurs arrêtés, la saturation des piscines d'entreposage. Ces études montrent, en particulier, que l'impact sur le fonctionnement d'ensemble du cycle doit être pris en considération pour le choix des réacteurs à arrêter dans le cadre de la loi TECV.

TABLE DES MATIERES

Références	8
1 INTRODUCTION	10
1.1 OBJET	10
1.2 PRÉSENTATION DU DOSSIER	11
2 RAPPELS CONCERNANT L'EXAMEN DU DOSSIER « CYCLE 2007 »	14
2.1 PRINCIPALES CONCLUSIONS DES GROUPES PERMANENTS.....	14
2.2 DEMANDES DE L'ASN FORMULÉES À L'ISSUE DE L'EXAMEN DU DOSSIER « CYCLE 2007 »	14
3 PRÉSENTATION DU CYCLE DU COMBUSTIBLE REP FRANÇAIS	15
3.1 PRINCIPALES INSTALLATIONS PARTICIPANT AU CYCLE.....	15
3.2 DESCRIPTION DU PARC REP ACTUEL	18
4 PRÉSENTATION DES GESTIONS ET DES COMBUSTIBLES	20
4.1 GESTIONS ACTUELLES - ECARTS PAR RAPPORT AUX PRÉVISIONS.....	20
4.2 GESTIONS ENVISAGÉES PAR EDF POUR LA PÉRIODE 2015-2025	21
4.3 ENTREPOSAGE PROLONGÉ SOUS EAU DES COMBUSTIBLES USÉS.....	23
5 BILAN DES MATIÈRES GÉNÉRÉES PAR LE CYCLE	26
5.1 BILANS FIN 2007 ET FIN 2014	26
5.2 BILAN DES MATIÈRES À FIN 2014 - COMPARAISON AUX SCÉNARIOS ÉLABORÉS EN 2007	26
5.3 ESTIMATION DES ÉVOLUTIONS DES QUANTITÉS DE MATIÈRES POUR LA PÉRIODE 2015-2025	27
5.3.1 Présentation des scénarios d'EDF et des hypothèses retenues.....	27
5.3.2 Estimation des quantités de matières	27
6 IMPACT DES GESTIONS DE COMBUSTIBLES SUR LES INSTALLATIONS DU CYCLE	29
6.1 INSTALLATIONS DE L'AMONT DU CYCLE.....	29
6.1.1 Fabrication de combustibles à base d'uranium naturel enrichi (UNE)	29
6.1.2 Fabrication de combustibles à base d'URT (URE).....	35
6.1.3 Fabrication de combustibles à base d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium (MOX)	45
6.2 FONCTIONNEMENT DES RÉACTEURS À EAU PRESSURISÉE.....	51
6.2.1 Capacité d'entreposage des piscines de désactivation d'EDF.....	52
6.2.2 Actions proposées par EDF pour maîtriser le risque de saturation des piscines BK	53
6.2.3 Evolution des capacités d'entreposage des piscines BK.....	55
6.2.4 Conclusion sur les capacités d'entreposage des ACU.....	57
6.2.5 Impact sur les risques d'exposition aux rayonnements ionisants dans les réacteurs REP	58
6.2.6 Rejets générés par l'exploitation des réacteurs	58
6.3 INSTALLATIONS DE L'AVANT DU CYCLE DU COMBUSTIBLE	59
6.3.1 Limites techniques et réglementaires des usines de l'établissement Orano Cycle de La Hague..	59
6.3.2 Réception et entreposage d'ACU dans les piscines de l'établissement de La Hague	60
6.3.3 Traitement d'ACU dans les usines de l'établissement Orano Cycle de La Hague	62
6.3.4 Déchets générés par le traitement des ACU par l'établissement de La Hague	63
6.3.5 Impact sur les rejets de l'établissement de La Hague	74

6.4 DÉCHETS ISSUS DES INSTALLATIONS DU CYCLE DU COMBUSTIBLE	75
6.4.1 Déchets à destination de l'installation Cigéo	75
6.4.2 Déchets à destination du Centre de stockage de l'Aube (CSA)	78
6.4.3 Déchets à destination du Cires	79
6.4.4 Cas particulier des déchets issus de l'usine Mélox.....	80
6.5 TRANSPORTS DE MATIÈRES RADIOACTIVES.....	83
6.5.1 Cadre réglementaire	84
6.5.2 Approvisionnement des installations en UF ₆ , UO ₂ , PuO ₂ , NU et U ₃ O ₈	84
6.5.3 Transport des assemblages neufs UNE, URE et MOX aux réacteurs	87
6.5.4 Transport des assemblages combustibles usés	88
6.5.5 Transport des déchets vers les exutoires temporaires et ultimes	90
6.5.6 Transport interne de déchets de haute activité	91
7 ETUDE DES ALÉAS	93
7.1 ALÉA DE GESTION : ABSENCE DE RECYCLAGE DE L'URT	93
7.2 ALÉA D'EXPLOITATION SUR INSTALLATIONS EXISTANTES	94
7.2.1 Aléa lié à l'amont du cycle	94
7.2.2 Aléa lié à l'aval du cycle	95
7.3 ALÉA SUR LA MISE EN SERVICE DE NOUVELLES INSTALLATIONS	99
7.3.1 Nouveaux projets de l'établissement Orano Cycle de La Hague.....	99
7.3.2 Nouvel entreposage URT	99
7.4 ALÉAS SUR LES MOYENS LOGISTIQUES	99
7.4.1 Aléa lié au retard d'évacuation des DAE	99
7.4.2 Aléa indisponibilité d'évacuation des ACU.....	99
7.5 CONCLUSION SUR LES ALÉAS	100
8 VEILLE ET ANTICIPATION	101
8.1 PARC DE PRODUCTION NUCLEAIRE FRANÇAIS D'EDF	101
8.2 INSTALLATIONS DE L'AMONT DU CYCLE.....	102
8.3 INSTALLATIONS DE L'AVANT DU CYCLE	102
8.3.1 Installations pour les combustibles usés REP	102
8.3.2 Installations de stockage de déchets	103
8.3.3 Logistique.....	103
8.4 COMBUSTIBLES PARTICULIERS.....	104
8.5 RENOUELEMENT DES INSTALLATIONS	105
9 SCÉNARIOS « MIX ÉNERGÉTIQUE »	106
9.1 SCÉNARIO « MIX VOIE 900 »	106
9.2 SCÉNARIO « MIX VOIE 1 300 »	108
9.3 SCÉNARIOS ALTERNATIFS	108
9.4 CONCLUSION SUR LES SCÉNARIOS D'ARRÊT DE RÉACTEURS	109
10 CONCLUSION	111

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Vue schématique du cycle du combustible REP français	15
Figure 2 : Schéma de principe de la fabrication des combustibles UNE sur le territoire français.....	29
Figure 3 : Schéma de principe de la fabrication de combustible URE.....	37
Figure 4 : Schéma de principe de la fabrication des combustibles MOX.....	45
Figure 5 : Bilan de production de l'usine MELOX 1995-2016.....	45
Figure 6 : Estimation par l'exploitant de l'évolution des capacités d'entreposage des CSD-C.....	71
Figure 7 : Ratio « nombre de fûts NSSS collectés » / « production de pastilles » de l'usine MELOX.....	82
Figure 8 : Vue schématique des transports de matières et de déchets radioactifs du cycle	83

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Parc REP français en exploitation au 31 décembre 2017.....	19
Tableau 2 : Production électrique française entre 2008 et 2016.....	20
Tableau 3 : Evolution des gestions combustibles pour la période 2007-2014.....	20
Tableau 4 : Parc REP français - Gestions actuelles et prévisionnelles jusqu'en 2025 suivant les paliers considérés....	21
Tableau 5 : Récapitulatif des actions du programme « 2007 » de surveillance des assemblages combustibles usés....	24
Tableau 6 : Etat et estimation des stocks de matières présentés par EDF.....	26
Tableau 7 : Caractéristiques des matières pour les combustibles UNE actuels et futurs (période 2015-2025).....	30
Tableau 8 : Limites techniques et réglementaires des installations de conversion de Orano Malvési et Pierrelatte....	30
Tableau 9 : Caractéristiques isotopiques maximales de l'UNE mis en œuvre dans l'usine Georges Besse II.....	31
Tableau 10 : Limites techniques et réglementaires de l'URE mis en œuvre dans l'usine Georges Besse II.....	34
Tableau 11 : Limites techniques et réglementaires de l'usine Framatome et des MIR Bugey et Chinon.....	34
Tableau 12 : Limites techniques et réglementaires de l'usine W de Pierrelatte.....	35
Tableau 13: Bilans de production 2014-2016 de l'usine W de Pierrelatte.....	35
Tableau 14 : Caractéristiques radiologiques enveloppes de l'URT et de l'URE sur la période 2015-2025.....	37
Tableau 15 : Limites techniques et réglementaires de l'atelier TU5.....	37
Tableau 16 : Bilan de production de l'atelier TU5 sur la période 2014-2016.....	38
Tableau 17 : Situation des entreposages d'U ₃ O ₈ appauvri d'origine naturelle et URT.....	39
Tableau 18 : Limites techniques et réglementaires des parcs d'entreposage d'U ₃ O ₈ URT du site de Pierrelatte.....	40
Tableau 19 : Situation des entreposages d'U ₃ O ₈ URT du site de Pierrelatte.....	41
Tableau 20 : Limites techniques et réglementaires applicables à l'usine Framatome pour la mise en œuvre d'URE...	43
Tableau 21 : Limites techniques et réglementaires associées à l'usine MELOX	47
Tableau 22 : Evolution des émissions gamma et neutron avec le combustible « Parité MOX » après 2012.....	48
Tableau 23 : Puissances thermiques « conception MELOX » et « MOX NT 2012 Intermédiaire ».....	49
Tableau 24 : Évolutions des spécifications techniques « thermiques » envisagées pour l'usine MELOX.....	50
Tableau 25 : Bilan des effluents liquides et gazeux radioactifs rejetés par l'usine MELOX.....	51
Tableau 26 : Capacités des piscines BK par palier.....	52
Tableau 27 : Assemblages combustibles irradiés dont la réception, le déchargement, l'entreposage et le traitement sont autorisés dans les usines UP3-A et UP2-800 de l'établissement de La Hague	59
Tableau 28 : Evolution des entreposages d'ACU (total et UNE EDF) dans les piscines de La Hague.....	60
Tableau 29 : Occupation des piscines de l'établissement de La Hague au 31 décembre 2016.....	61
Tableau 30 : Bilan des quantités de matières issues du traitement des ACU dans les usines UP2-800 et UP3-A.....	62
Tableau 31 : Caractéristiques des ACU traités dans les usines de La Hague pour la période 2015-2025.....	63
Tableau 32 : Bilan des quantités de déchets issus du traitement des ACU dans les usines UP2-800 et UP3-A	64
Tableau 33 : Période 2012-2016 - Bilan de production de CSD-V par les ateliers R7 et T7 des usines de La Hague.....	67
Tableau 34 : Période 2012-2016 : Bilan de production de colis CSD-C dans l'atelier ACC de La Hague.....	70
Tableau 35 : Caractéristiques des ACU traités pour l'évaluation des rejets liquides et gazeux de La Hague	74
Tableau 36 : Principaux déchets radioactifs issus des installations du cycle du combustible.....	75
Tableau 37 : Déchets NSSS entreposés à MELOX au 31 décembre.....	81
Tableau 38 : Déchets NSSS produits par MELOX entreposés à La Hague au 31 décembre	81

RÉFÉRENCES

- [1] Lettre ASN CODEP-DRC-2016-033317 du 9 novembre 2016.
- [2] Lettre ASN CODEP-DRC-2011-005384 du 9 mai 2011.
- [3] Lettre DSIN/GRE/SD2/n° 489-97 du 5 novembre 1997.
- [4] Lettre DSIN/FAR/SD1/n° 10953/99 du 9 août 1999.
- [5] Lettre DGNSR/SD2/n° 572/2002 du 11 juillet 2002.
- [6] Lettre DGSNR/SD1/n° 237/2006 du 27 mars 2006.
- [7] Rapport IRSN/DSU n° 228 de juin 2010.
- [8] Avis des groupes permanents d'experts « Usines » et Déchets » CODEP-MEA-2010-037255 du 17 août 2010.
- [9] Lettre ASN CODEP-DTS-038019 du 31 juillet 2013.
- [10] Lettre ASN CODEP-DRC-2015-039002 du 13 octobre 2015.
- [11] Lettre EDF D459021 18-00905 1 du 13 avril 2018.
- [12] Lettre Orano Cycle - Etablissement de La Hague n° 2018-24853 du 13 avril 2018.
- [13] Lettre Orano Cycle n° TRICASTIN-18-010269 du 13 avril 2018.
- [14] Lettre ASN Dep-DIT/n° 0200/2009 du 31 mars 2009.
- [15] Avis IRSN 2016-00031 du 13 septembre 2016.
- [16] Lettre DGSNR/SD1/0740/2006 du 23 octobre 2006.
- [17] Lettre Orano Cycle 2018-13967 du 8 mars 2018.
- [18] Lettre DSIN FAR/SD3/n° 50645/01 du 27 novembre 2001.
- [19] Lettre DGSNR/SD1/N° 0759/2006 du 2 novembre 2006.
- [20] Avis IRSN/2017-0393 du 20 décembre 2017.
- [21] Rapport IRSN n° 2015-00008 de juin 2015.
- [22] Rapport IRSN n° 2013-00006 de mai 2013.
- [23] Lettre ASN/DIT/0703/2007 du 27 novembre 2007.
- [24] Rapport IRSN n° 2015-00007 de juin 2015.
- [25] Rapport IRSN n° 2018-00004 d'avril 2018.
- [26] Lettre Orano Cycle - Etablissement de La Hague n° 2018-13967 du 8 mars 2018.
- [27] Décision ASN n° 2014-DC-0472 du 9 décembre 2014.

1 INTRODUCTION

1.1 OBJET

Par la lettre citée en référence [1], jointe en annexe 1 au présent rapport, le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a demandé au Président du Groupe permanent d'experts pour les laboratoires et usines (GPU) de faire examiner par le groupe qu'il préside, le dossier intitulé « Impact Cycle 2016 », (dénommé « IC 2016 » dans la suite du présent rapport), transmis par le Directeur de la division combustible nucléaire d'EDF le 29 juin 2016. Le Président de l'ASN a en outre souhaité que des membres des Groupes permanents d'experts pour les déchets (GPD), pour les réacteurs (GPR) et pour les transports (GPT) prennent part à ces travaux.

Dans sa lettre [1], l'ASN demande que les groupes permanents s'attachent « à :

- *statuer sur la maîtrise dans la durée des flux et stocks de matières, de combustibles et de déchets, notamment en examinant l'étude des inflexions majeures et des effets falaise pouvant apparaître d'ici 2040,*
- *se prononcer sur les éventuelles difficultés ou contraintes liées aux évolutions présentées qui pourraient avoir des conséquences, d'une part, pour la sûreté ou la radioprotection des installations, des transports et de la gestion des déchets, d'autre part, pour le fonctionnement du cycle, et ce pour la période allant de janvier 2016 à décembre 2030. »*

L'ASN demande d'examiner tout particulièrement :

- pour ce qui concerne « *les études de l'impact sur les installations du cycle (y compris les réacteurs), sur les transports et sur les déchets [...] :*
 - *la pertinence des dispositions retenues pour le transport et l'entreposage des substances radioactives,*
 - *la pertinence des informations fournies quant à la nature et à la quantité des substances présentes dans ces entreposages, mais également aux échéances d'évacuation ou de traitement de ces substances,*
 - *pour chaque aléa défini, sa pertinence, les conséquences sur le cycle, les parades associées, leur impact et les délais attendus pour la mise en œuvre de ces parades. »*
- pour ce qui concerne « *les perspectives pour le cycle du combustible à l'horizon 2040 :*
 - *les impacts potentiels de ces perspectives sur le projet Cigéo et sur les installations d'entreposage et de stockage de matières et de déchets,*
 - *la pertinence du programme de surveillance des assemblages combustibles usés entreposés sous eau pendant une longue durée,*
 - *l'impact de la gestion des combustibles MOX sur le transport, l'entreposage des combustibles usés et leur traitabilité,*
 - *l'impact de la gestion des combustibles URE sur la conversion et l'enrichissement de la matière, la fabrication des combustibles, le transport, l'entreposage des combustibles usés et leur traitabilité,*
 - *la justification d'apparition ou non d'inflexions majeures et d'effets falaise à la suite de la démarche de veille et d'anticipation, ainsi que les rétro-plannings associés tenant compte des contraintes techniques et administratives. »*
- pour ce qui concerne « *les scénarios d'évolution de la part du nucléaire dans le mix énergétique en France :*
 - *la gestion des assemblages combustibles usés et le maintien de l'équilibre des flux, notamment l'impact sur les capacités d'entreposage et de traitement,*

- *l'analyse de sensibilité relative à la substitution de l'arrêt d'un réacteur d'un palier par celui d'un réacteur de l'autre palier étudié (900 MW dans le scénario « voie 1 300 MW » et 1 300 MW dans le scénario « voie 900 MW »), au regard des caractéristiques des usines de traitement et des capacités d'entreposage. »*

Enfin, l'ASN demande de présenter « *le bilan des réponses aux demandes de l'ASN [2] et aux engagements pris par EDF en tant que donneur d'ordre à la suite de l'examen en 2010 du dossier Impact cycle 2007 par les groupes permanents d'experts pour les laboratoires et usines et pour les déchets. »*

1.2 PRÉSENTATION DU DOSSIER

En 1997, par la lettre [3], le directeur de la sûreté des installations nucléaires (DSIN) a indiqué à EDF qu'il souhaitait « *que les demandes de mise en œuvre d'un nouveau combustible ou d'une nouvelle gestion [...] soient accompagnées des études justificatives de leur impact sur l'ensemble des opérations du cycle du combustible »* afin de disposer d'une approche globale de la sûreté du cycle du combustible nucléaire et de présenter une évaluation des conséquences des évolutions apportées au combustible et à leur gestion sur les opérations et les installations du cycle.

À la suite de l'examen des dossiers relatifs à l'incidence de l'augmentation des taux de combustion des combustibles à base d'uranium sur les opérations du cycle et de ceux associés à la demande d'autorisation de mise en œuvre de la gestion Cyclades, la DSIN a décidé de consulter le GPU et le GPD sur la base d'un dossier « cycle », dont le contenu est précisé dans la lettre [4]. L'objectif de ce dossier est « *d'identifier les points pour lesquels des justifications seront à compléter ou des demandes d'autorisation à déposer [...], avec un niveau de détail adapté à [une] démarche prospective à 10 ans [...] de manière à montrer le caractère non réhibitoire des options présentées. »* En réponse à cette demande, EDF a transmis le dossier « Cycle 2000 ».

À la suite de l'examen du dossier « Cycle 2000 » par les GPU et GPD, par la lettre [5], la Direction générale de la sûreté nucléaire et de la radioprotection (DGSNR) a demandé à EDF de mettre à jour ce dossier avant le 30 juin 2005. En outre, la DGSNR a rappelé à EDF, dans la lettre [6], qu'elle souhaite disposer d'une mise à jour de ce dossier avant la fin de l'année 2006, l'objectif visé étant de montrer que les évolutions de la gestion des combustibles envisagées par EDF pour les 10 années à venir ne présentent pas d'effet réhibitoire, « *que ce soit vis-à-vis du fonctionnement des centrales électrogènes, de l'exploitation des usines de l'amont et de l'aval du cycle ou de la gestion à long terme des déchets »*.

En réponse, EDF a transmis en décembre 2007 le dossier « Impact Cycle 2007 », établi conjointement avec les autres exploitants des installations françaises du cycle du combustible (AREVA et Andra). Ce dossier, et les compléments apportés par EDF, ont été examinés par les GPU et GPD au cours de la réunion du 30 juin 2010, sur la base de l'évaluation de l'IRSN présentée dans le rapport [7].

À la suite de l'avis des GPU et GPD [8], le Directeur général de l'ASN a présenté ses conclusions à EDF, dans la lettre [2] et, pour ce qui concerne spécifiquement les transports de matières radioactives, dans la lettre [9]. L'ASN demande en particulier à EDF de mettre à jour ce dossier avant le 30 juin 2016. En outre, l'ASN demande à EDF de transmettre dans le cadre du suivi du cycle, tous les deux ans, « *une note de suivi du cycle du combustible REP français et de ses évolutions, en particulier pour ce qui concerne les aspects logistiques »* et annuellement, « *un état des opérations d'augmentation des marges disponibles sur les capacités d'entreposage utilisables des piscines BK et des piscines de l'établissement de La Hague »*.

L'ASN a également précisé à EDF, par la lettre [10], le cadrage du dossier attendu qui précise :

- les installations ou projets d'installations dont l'impact sur le cycle du combustible REP français doit être instruit dans le cadre du dossier ;
- les substances qui doivent être suivies dans le cadre du dossier, qu'il s'agisse de maîtriser les quantités de substances radioactives existantes, les capacités d'entreposage et de stockage ou les flux actuels et futurs ;
- les emballages nécessaires (agrés ou non) pour assurer les transports de ces substances, tant sur la voie publique qu'à l'intérieur du périmètre des INB.

Ce cadrage précise, en complément du scénario dit « de référence » correspondant au maintien de la puissance électrique d'origine nucléaire sur la période considérée tel que le prévoit EDF, le scénario « de production basse » qui doit être étudié afin d'évaluer à court et moyen termes les conséquences sur le cycle du combustible de l'arrêt de réacteurs nucléaires, en particulier en termes de gestion des assemblages combustibles usés et de maintien de l'équilibre des flux de matières, en tenant compte des résultats de recherche et développement concernant le vieillissement des assemblages combustibles usés lors des différents cycles thermiques qu'ils sont susceptibles de subir.

Il précise également les scénarios qui doivent être étudiés afin de tenir compte de l'objectif fixé par la loi sur la transition énergétique pour la croissance verte, dite « loi TECV », de réduire la part du nucléaire dans la production d'électricité à 50 % à l'horizon 2025, en excluant la reprise de la consommation de combustibles à base d'uranium de retraitement ré-enrichi (URE) :

- scénario « Mix 50 % nucléaire en 2025 - voie 900 MW » : fermeture d'un réacteur en 2016, puis fermeture annuelle de deux réacteurs de puissance unitaire 900 MWe entre 2017 et 2025,
- scénario « Mix 50 % nucléaire en 2025 - voie 1 300 MW » : fermeture annuelle alternative de un puis deux réacteurs de puissance unitaire 1 300 MWe entre 2016 et 2025.

L'ASN demande également d'analyser la sensibilité des différents paramètres de l'étude face à la substitution de l'arrêt d'un réacteur de la voie considérée par celle d'un réacteur de l'autre palier étudié (900 MWe dans le scénario « voie 1 300 MW » et 1 300 MWe dans le scénario « voie 900 MW »).

Enfin, l'ASN demande à EDF :

- de présenter les conclusions de la démarche « Veille et anticipation » ;
- de définir et de justifier les aléas dimensionnant pour chacune des étapes du cycle, d'identifier les conséquences sur le cycle, les parades associées et leur impact en indiquant les délais attendus pour leur mise en œuvre ;
- d'évaluer l'impact (sur la disponibilité des usines du cycle pour le traitement et/ou la fabrication d'assemblages combustibles pour le compte d'EDF) des projets propres aux exploitants.

La version finalisée du dossier « IC 2016 », transmise le 29 juin 2016, comporte six parties :

- une présentation synthétique du dossier « Impact Cycle 2016 » ainsi que le bilan des gestions mises en œuvre depuis l'examen du dossier « Impact cycle 2007 » ;
- une présentation des limites techniques et réglementaires des installations françaises du cycle du combustible et des emballages de transport ;
- une présentation des gestions de combustibles dans les réacteurs EDF, actuelles et envisagées pour la période 2015-2025, comprenant les caractéristiques des matières mises en œuvre et produites par le cycle ;
- une présentation des conséquences, sur les installations du cycle, les transports et les filières de gestion de déchets, pour la période 2015-2025, des évolutions de gestions ou produits combustibles correspondant aux

deux scénarios de fonctionnement des réacteurs (scénario « de référence » et « de production basse ») et des projets envisagés concernant les installations du cycle. En outre, le dossier comprend l'étude d'aléas susceptibles d'affecter les installations actuelles du cycle et les opérations de transport ;

- les perspectives à long terme, dans le cadre d'un processus « de veille et d'anticipation » qui vise à évaluer l'impact sur les installations de l'aval du cycle des gestions actuelles et envisagées par EDF pour une période allant au-delà de l'année 2025 ;
- l'analyse des scénarios, demandés par l'ASN, d'arrêt programmé de réacteurs visant à limiter à 50 % la part de la production d'électricité d'origine nucléaire à l'échéance de 2025 (scénarios dits « Mix énergétique »).

Le présent rapport, qui présente l'analyse de l'IRSN du dossier « IC 2016 », tient compte des informations complémentaires transmises par les exploitants (EDF, Orano Cycle et l'Andra) au cours de l'instruction. Il s'appuie sur les éléments communiqués par les exploitants dans les bilans annuels des différentes installations, notamment pour les productions réalisées, et, en tant que de besoin, sur des dossiers instruits ou en cours d'instruction par l'IRSN (PNGMDR, gestion des déchets d'EDF, stratégie d'Orano pour la gestion des déchets et le démantèlement de ses installations, réexamens de sûreté, demandes de modification d'installation...).



Repérages dans le texte du rapport :

Les parties de texte correspondant à une conclusion de l'IRSN sont en caractère gras.

Obs.0 Les parties de texte correspondant à une observation de l'IRSN sont en caractère gras et repérés par un trait dans la marge.

Le texte correspondant à une recommandation de l'IRSN faisant l'objet d'un engagement pris par l'exploitant à l'issue de la réunion préparatoire du 29 mars 2018 (cf. lettres [11], [12] et [13] figurant respectivement en annexes 2, 3 et 4 au présent rapport) est en caractère gras et encadré d'un trait simple.

R-0 Le texte correspondant à une recommandation de l'IRSN est en caractère gras et encadré d'un double trait gras.



2 RAPPELS CONCERNANT L'EXAMEN DU DOSSIER « CYCLE 2007 »

2.1 PRINCIPALES CONCLUSIONS DES GROUPES PERMANENTS

A la suite de la réunion des membres des groupes permanents Usines et Déchets du 30 juin 2010 au cours de laquelle l'IRSN a présenté les conclusions de son évaluation [7], l'avis des GPU et GPD a été transmis par lettre [8]. Les principales conclusions issues de cet examen sont les suivantes.

Les groupes permanents ont insisté sur l'importance du projet « veille et anticipation » mis en place par EDF, qui doit lui permettre de s'assurer en permanence et de façon anticipée de la cohérence et de la robustesse de l'ensemble du cycle du combustible, en particulier de la bonne maîtrise des flux et des stocks de matières, de combustibles et de déchets associés au cycle du combustible.

En outre, les groupes permanents ont considéré que les scénarios d'EDF pour le fonctionnement du cycle sur la période 2007-2017 étaient appropriés pour apprécier le fonctionnement du cycle sur la période considérée. Néanmoins, les groupes permanents ont relevé qu'une augmentation des capacités d'entreposage d'uranium appauvri apparaît nécessaire à l'horizon 2017 et qu'une augmentation des capacités d'entreposage d'uranium de retraitement pourrait s'avérer nécessaire à court terme.

S'agissant de la prise en compte de l'évolution des caractéristiques (composition isotopique et teneur en plutonium) des combustibles MOX (Mix OXyde, mélange d'oxyde de plutonium et d'oxyde d'uranium) à l'horizon 2012 afin de maintenir l'équivalence énergétique de ces combustibles avec les combustibles UNE enrichis à 3,7 % en uranium 235, les groupes permanents ont considéré que cette évolution doit faire l'objet d'un examen attentif du fait de son impact sur les risques liés aux dégagements thermiques, les risques d'exposition aux rayonnements ionisants et la gestion des déchets au sein de l'usine MELOX.

S'agissant des entreposages de combustibles dans les piscines des bâtiments combustibles (BK) des centrales électronucléaires et dans les piscines de l'établissement de La Hague, les groupes permanents ont indiqué que les capacités d'entreposage disponibles étaient faibles et pourraient s'avérer insuffisantes pour la période considérée. A ce sujet, EDF et AREVA envisageaient, à l'époque, différents projets permettant d'augmenter ces capacités. Néanmoins, les groupes permanents considéraient que la capacité industrielle à réaliser ces projets dans les délais prévus n'était pas définitivement acquise. Aussi, les groupes permanents ont formulé plusieurs recommandations concernant l'avancement de ces projets d'augmentation des capacités d'entreposage de combustibles usés et d'analyse des capacités d'entreposage disponibles tenant compte, notamment, de ces projets et d'aléas éventuels liés à des indisponibilités de certains équipements ou installations.

2.2 DEMANDES DE L'ASN FORMULÉES À L'ISSUE DE L'EXAMEN DU DOSSIER « CYCLE 2007 »

Le dossier « IC 2016 » présente un bilan du fonctionnement du cycle sur la période 2007-2014 en regard du dossier « Impact Cycle 2007 ». Un tableau récapitulatif des demandes formulées par l'ASN [2] et des réponses transmises par EDF est joint en annexe 5 au présent rapport. Ces réponses sont prises en compte dans la présente instruction.

L'IRSN retient qu'EDF a répondu à l'ensemble des demandes notifiées par l'ASN dans la lettre [2].

3 PRÉSENTATION DU CYCLE DU COMBUSTIBLE REP FRANÇAIS

3.1 PRINCIPALES INSTALLATIONS PARTICIPANT AU CYCLE

La Figure 1 présente une vue schématique du cycle du combustible REP français. Cette figure est rappelée en annexe 6 au présent rapport.

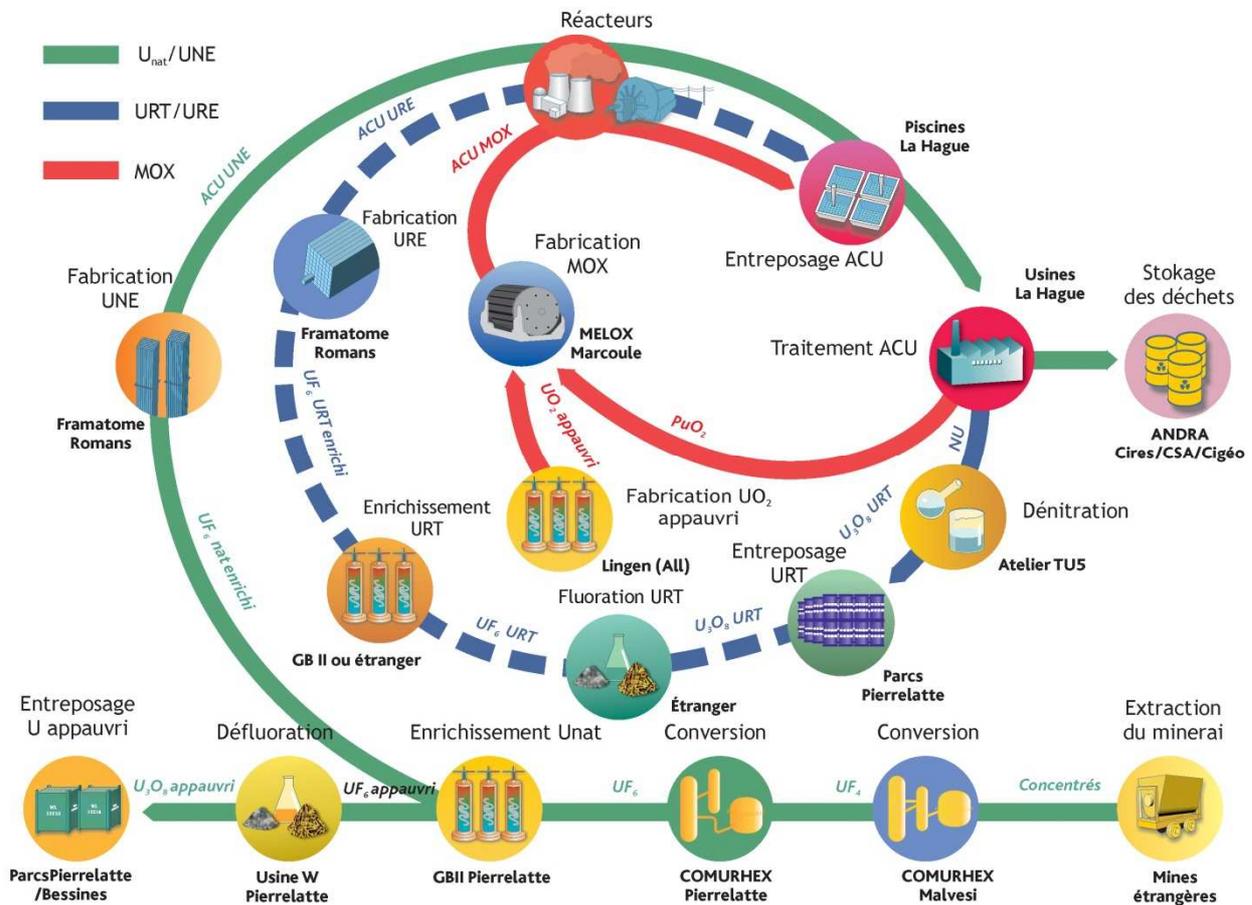


Figure 1 : Vue schématique du cycle du combustible REP français

Les principales installations françaises participant au cycle du combustible REP sont présentées ci-après.

Certaines opérations mettant en œuvre de l'uranium d'origine naturelle peuvent être, ou sont déjà, partiellement réalisées dans des usines à l'étranger. Il s'agit notamment de :

- la conversion des concentrés uranifères en hexafluorure d'uranium (UF₆) ;
- l'enrichissement de l'UF₆ naturel ;
- la fabrication des assemblages combustibles à base d'oxyde d'uranium (UOX) naturel enrichi, dits combustibles UNE.

L'extraction des minerais d'uranium s'effectue dans des mines situées hors de France. L'uranium est importé sous forme de concentrés d'oxydes ou d'uranates, transportés en fûts métalliques de 220 L. Il est réceptionné dans l'usine Orano Cycle de Malvesi près de Narbonne.

La conversion de ces concentrés uranifères consiste, en France, en :

- une première étape de fluoration de l'uranium en tétrafluorure d'uranium (UF₄), réalisée dans l'usine Orano Cycle de Malvési ; l'UF₄ est conditionné en citernes routières ou ferroviaires pour son transport entre Malvési et Pierrelatte ;
- une seconde étape de fluoration de l'UF₄ en hexafluorure d'uranium (UF₆), conditionné en conteneurs de type 48Y (dits cylindres 48Y). Cette opération, qui était réalisée dans l'établissement Orano Cycle de Pierrelatte (Structure 400 de l'installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE) Comurhex I) jusqu'en décembre 2017, est prévue d'être réalisée à partir de 2020 dans un nouvel atelier (Unité 64 de l'ICPE Comurhex II) de ce même établissement ; entre 2018 et 2020, la continuité de l'approvisionnement en UF₆ sera assurée à partir des stocks constitués à cet effet et entreposés sur les différents parcs (Comurhex I, Eurodif et GBII) du site de Pierrelatte.

Entre 2018 et 2020, la Structure 400 de l'ICPE Comurhex I étant arrêtée, l'atelier de conversion de Malvési fonctionnera à régime réduit afin d'assurer la production d'UF₄ nécessaire aux essais de démarrage et de qualification de l'Unité 64 de l'ICPE Comurhex II. La capacité de fluoration des installations de Malvési et de Pierrelatte est de 15 000 tonnes d'U/an, extensible à 21 000 t d'U/an si les besoins du marché le nécessitent.

L'UF₆ conditionné en conteneurs 48Y est transporté vers l'usine d'enrichissement Georges Besse II (GBII), située sur le site de Pierrelatte et exploitée par la Société d'enrichissement du Tricastin (SET, filiale d'Orano Cycle), ou vers des usines d'enrichissement étrangères. L'UF₆ enrichi est conditionné en conteneurs 30B (dits cylindres 30B), l'UF₆ appauvri est conditionné en conteneurs 48Y. Il est à noter que l'usine GBII est également dimensionnée pour réaliser l'enrichissement de l'uranium issu du traitement de combustibles usés (URT). La capacité de production de l'usine GBII est de 7,5 MUTS/an, avec la possibilité de produire 0,5 MUTS/an d'URT (UTS - Unité de travail de séparation).

L'UF₆ naturel appauvri (UF₆ nat app) produit par l'usine GBII est défluoré et converti en sesquioxyde d'uranium (U₃O₈) dans l'usine W de Pierrelatte (Orano Cycle) ; il est ensuite entreposé, en conteneurs de type DV70, dans les parcs d'entreposage de Pierrelatte et de Bessines-sur-Gartempe. La capacité actuelle de défluoration de l'usine W est de 7 000 tonnes d'U/an avec deux lignes en fonctionnement. La remise en service des deux autres lignes de cette installation, après des modifications de l'installation, permettrait d'augmenter cette capacité à 14 000 tonnes d'U/an.

L'UF₆ enrichi est transporté en conteneurs 30B vers l'usine de fabrication de combustible Framatome de Romans-sur-Isère ou vers des usines de fabrication étrangères. L'UF₆ enrichi est transformé en poudre d'oxyde d'uranium (UO₂) compactée sous forme de pastille, puis frittée. Les pastilles sont introduites dans des gaines métalliques en alliages de zirconium (le Zircaloy 4 a été abandonné en 2016) pour constituer des crayons combustibles, eux-mêmes regroupés sous forme d'assemblages combustibles. La capacité de l'usine française de Framatome, pour la fabrication d'assemblages combustibles à base d'oxyde d'uranium (UOX) naturel enrichi, dits combustibles UNE, est de 1 400 tonnes d'U/an pour les deux lignes de la partie « assemblages ».

Les assemblages combustibles UNE neufs sont expédiés notamment vers les centres nucléaires de production d'électricité (CNPE) d'EDF, où ils sont entreposés dans les piscines des bâtiments « combustibles » (BK) dans l'attente de leur chargement en réacteur, ou vers l'un des deux « magasins inter-régionaux » (MIR de Bugey et de Chinon) d'entreposage, exploités par EDF, dont l'objectif est de constituer un stock tampon d'assemblages combustibles neufs visant à garantir l'approvisionnement en combustibles des réacteurs. Le transport des assemblages combustibles UNE neufs produits par l'usine Framatome est effectué en emballages FCC3

(assemblages de 12 pieds utilisés pour les réacteurs de 900 MWe) ou FCC4 (assemblages de 14 pieds utilisés pour les réacteurs de 1 300-1 450 MWe). Des assemblages combustibles UNE neufs peuvent être produits par des usines étrangères ; le transport de ces derniers est effectué en emballages Traveller.

Après irradiation en réacteur, les assemblages combustibles usés (ACU) UNE sont déchargés et entreposés pour désactivation dans les piscines des bâtiments combustible (BK) des CNPE pour une durée de deux à trois ans. Ce délai permet la décroissance de leur puissance thermique résiduelle à un niveau compatible avec leur transport vers les usines de l'établissement Orano Cycle de La Hague. Le transport des assemblages irradiés dans les réacteurs de 900 MWe est effectué en emballages de transport TN12/2 et celui des assemblages irradiés dans les réacteurs de 1 300-1 450 MWe est effectué en emballages de transport TN13/2. Ces transports seront ultérieurement réalisés en emballages TN@G3 S et L.

Les ACU UNE reçus dans les usines UP2-800 et UP3-A de La Hague sont entreposés, avant traitement, dans les piscines de l'établissement. Le traitement vise à récupérer les matières énergétiquement valorisables (uranium et plutonium) et à conditionner les solutions de produits de fission et les actinides mineurs (déchets de haute activité) dans des conteneurs standards de déchets vitrifiés (CSD-V), et les déchets de structure et les gaines des assemblages combustibles compactés dans des conteneurs standards de déchets compactés (CSD-C).

Le plutonium, sous forme de poudre d'oxyde de plutonium (PuO_2), est conditionné dans des boîtes métalliques elles-mêmes conditionnées en étuis, transportés en emballages FS 47. Après entreposage dans l'établissement de La Hague, le PuO_2 est expédié vers l'usine de MELOX (Orano Cycle) de fabrication du combustible MOX (Mix Oxyde, mélange d'oxyde de plutonium et d'oxyde d'uranium), située à Marcoule. Le procédé de fabrication, similaire à celui mis en œuvre pour la fabrication des combustibles UNE, inclut des étapes préliminaires de mélange de poudres d'oxyde d'uranium et d'oxyde de plutonium.

L'uranium, sous forme d' UO_2 , utilisé pour la fabrication des combustibles MOX est de l'uranium appauvri à 0,25 % en ^{235}U produit par l'usine Framatome de Lingen. Il est transporté en fûts métalliques de 118 L.

En 2017, MELOX a réceptionné 9,6 tonnes de Pu et 102,1 tonnes d'U appauvri, et a expédié des assemblages combustibles MOX représentant 110,8 tonnes de métal lourd (tml), dont 103,7 tml à destination des CNPE d'EDF. Ces assemblages sont transportés en emballages de transport MX8. La capacité maximale de production de MELOX est égale à 195 tml/an.

L'uranium de retraitement (URT), séparé dans les usines de La Hague, se présente sous forme d'une solution de nitrate d'uranyle ($\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$), dénommé NU. Il est transporté en citernes de type LR65 vers l'usine TU5 de Pierrelatte (Orano Cycle), dans laquelle il est converti (dénitration) en U_3O_8 . La capacité de production de l'atelier TU5 est de 1 400 tonnes d'U/an. L' U_3O_8 URT est entreposé en fûts métalliques de 213 L dans des parcs d'entreposage du site de Pierrelatte (P17, P18 et P35) dont la saturation est prévue en 2022. Orano Cycle a déposé, fin 2017, une demande d'autorisation de création d'un nouveau parc (dénommé FLEUR ou P36) permettant d'entreposer au maximum [REDACTED] d'URT. En se fondant sur les quantités de NU actuellement traitées (de l'ordre de 1 000 tonnes d'U/an), la saturation des capacités d'entreposage d'URT serait reportée au-delà de 2035 si le parc P36 est mis en service.

L'URT peut être ré-enrichi, puis utilisé dans la fabrication d'assemblages combustibles dits URE. Ce type de combustible n'est plus mis en œuvre depuis 2013 mais EDF indique, dans le dossier « IC 2016 », son intention de reprendre sa fabrication en 2020, afin d'utiliser des combustibles URE dans les quatre réacteurs du CNPE de Cruas en 2021, pour lesquels EDF a déjà l'autorisation de les mettre en œuvre.

Dans ce cadre, il est envisagé, à ce stade, que :

- les opérations de production d'UF₆ URT (fluoration) soient réalisées à l'étranger, à partir d'U₃O₈ URT actuellement entreposé dans les parcs de Pierrelatte ;
- les opérations d'enrichissement de l'UF₆ URT soient réalisées dans l'usine GBII (capacité autorisée de 0,5 MUTS/an pour la voie URT) ou à l'étranger ;
- les opérations de fabrication de combustibles URE soient réalisées dans l'usine Framatome de Romans-sur-Isère (capacité autorisée de 150 tonnes d'U/an pour la voie URE selon la composition isotopique enveloppe définie dans les prescriptions techniques de l'installation) ou à l'étranger ;
- les opérations de maintenance des conteneurs 48Y et 30B vides ayant contenu de l'URT soient réalisées dans une nouvelle installation d'Orano Cycle (Atelier de maintenance des conteneurs n°2 ou AMC2) sur le site de Pierrelatte, ou à l'étranger.

Les combustibles URE, à partir de 2021, et MOX sont transportés, respectivement en emballages FCC3 ou Traveller et MX8, vers les réacteurs REP français du palier CPY 900 MWe autorisés à utiliser de tels combustibles. Après irradiation et refroidissement en piscine BK (pendant 2 à 4 ans), les ACU URE et MOX sont transportés (respectivement en emballages TN12/2 et TN13/2 et, ultérieurement, en TN@G3, et TN112) vers l'établissement Orano Cycle de La Hague, où ils sont entreposés en piscine. EDF prévoit la mise en service, à l'horizon 2030, d'une nouvelle piscine d'entreposage dite centralisée dédiée principalement aux ACU URE et MOX.

Le traitement des combustibles MOX et URE usés n'est pas prévu à court terme par EDF, mais pourrait être envisagé au-delà de 2050 afin de récupérer le plutonium et l'uranium qu'ils contiennent pour la fabrication des assemblages combustibles nécessaires aux réacteurs dits de quatrième génération. EDF a indiqué que de façon à garantir leur reprise et leur traitement à l'échéance envisagée, il a retenu d'entreposer ces ACU dans une piscine, et non dans un entreposage à sec.

3.2 DESCRIPTION DU PARC REP ACTUEL

Les combustibles actuellement utilisés dans les réacteurs de puissance REP français sont de deux types :

- à base d'oxyde d'uranium naturel enrichi (UNE),
- à base d'oxydes mixtes d'uranium et de plutonium (MOX).

EDF annonce que le chargement de combustibles à base d'oxyde d'uranium issu du traitement des combustibles (uranium de retraitement ré-enrichi, ou URE) est envisagé à partir de 2021 dans les quatre réacteurs du CNPE de Cruas.

Le parc de réacteurs REP français comporte actuellement 58 réacteurs (ou tranches) en exploitation. Les réacteurs 1 et 2 de Civaux (palier N4) sont les dernières construites (mises en exploitation en 1997 et 1999). Les 58 réacteurs en service sont répartis selon les paliers suivants :

- palier CP0 : 6 réacteurs de 900 MWe,
- palier CPY : constitué des paliers CP1 et CP2, comprenant respectivement 18 et 10 réacteurs de 900 MWe,
- paliers P4 et P'4 : respectivement 8 et 12 réacteurs de 1 300 MWe,
- palier N4 : 4 réacteurs de 1 450 MWe.

Le tableau 1 ci-dessous présente les dates de mise en service des réacteurs en exploitation.

Tableau 1 : Parc REP français en exploitation au 31 décembre 2017

Paliers	Nombre de tranches	Nom	Combustible autorisé	Date de mise en service		
CP0 - 900 MWe	6	Fessenheim 1, 2	UNE	1977		
		Bugey 2, 3, 4, 5	UNE	1978-1979		
CPY - 900 MWe	18 CP1	Dampierre 1, 2, 3, 4	MOX et UNE	1980-1981		
		Gravelines 1, 2, 3, 4	MOX et UNE	1980-1981		
		Gravelines 5, 6		1984-1985		
		Le Blayais 1, 2, 3, 4	MOX et UNE	1981-1983		
		Tricastin 1, 2, 3, 4	MOX et UNE	1980-1981		
	10 CP2	Chinon B 1, 2, 3, 4	MOX et UNE	1982-1983		
		Cruas 1, 2, 3, 4	UNE et URE	1983-1984		
		Saint Laurent B 1, 2	MOX et UNE	1981		
	P4 - P'4 - 1 300 MWe	8 P4	Flamanville 1, 2	UNE	1986	
			Paluel 1, 2, 3, 4	UNE	1984-1985	
Saint Alban 1, 2			UNE	1985-1986		
12 P'4		Bellemeville 1, 2	UNE	1987-1988		
		Cattenom 1, 2, 3, 4	UNE	1987-1991		
		Golfech 1, 2	UNE	1990-1993		
		Penly 1, 2	UNE	1990-1992		
		Nogent 1, 2	UNE	1987-1988		
		N4 - 1 450 MWe	4	Chooz B 1, 2	UNE	1996-1997
				Civaux 1, 2	UNE	1997-1999

À la fin de l'année 2017, le combustible MOX est utilisé dans 22 réacteurs du palier CPY en gestion « Parité MOX ». Le dossier « IC 2016 » indique que ce nombre sera porté à 24 en 2018 avec le chargement en combustibles MOX des réacteurs Blayais 3 et 4 ; toutefois, depuis l'envoi de ce dossier, EDF a reporté à 2019 et à 2020 le chargement de combustibles MOX dans les deux réacteurs du CNPE du Blayais.

Le dossier « IC 2016 » indique que le chargement en combustibles URE des quatre réacteurs de Cruas (palier CPY) est envisagé à partir de 2021, en gestion « Garantie URE », autorisée pour ces réacteurs.

En outre, un réacteur EPR (1 650 MWe) est actuellement en construction sur le site de Flamanville. Le dossier « IC 2016 » indique que la mise en service de ce réacteur est prévu fin 2018-début 2019 avec des combustibles UNE. La conception de l'EPR permet également d'utiliser des assemblages combustibles MOX ou URE.

Le tableau 2 présente l'évolution de la production électrique d'origine nucléaire sur la période 2008-2016.

Tableau 2 : Production électrique française entre 2008 et 2016

Année	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Production électrique totale	549	519	550	542	542	550	540	547	531
Production électrique d'origine nucléaire	418	390	408	421	405	404	416	417	384

La valeur de référence retenue par EDF dans le dossier « IC 2016 » pour la période 2015-2025, dans son scénario de maintien de la production d'électricité d'origine nucléaire à son niveau actuel, est de 420 TWh. L'IRSN constate que cette valeur est, pour ce scénario, raisonnablement enveloppe au regard du retour d'expérience de la période 2008-2016.

4 PRÉSENTATION DES GESTIONS ET DES COMBUSTIBLES

Les unités de référence utilisées dans la suite du présent rapport, relatives aux masses de combustible, sont, d'une part les tonnes de métal lourd (tml) pour les combustibles neufs et ceux chargés en réacteur (correspondant à la masse d'uranium et, éventuellement, de plutonium), d'autre part les tonnes de métal lourd initial (tml_i) pour les combustibles après irradiation (correspondant au tml avant irradiation).

4.1 GESTIONS ACTUELLES - ECARTS PAR RAPPORT AUX PRÉVISIONS

Dans le dossier « Cycle 2007 », EDF présentait les évolutions des gestions combustibles envisagées pour la période 2007-2017. Dans le dossier « IC 2016 », EDF présente une comparaison sur la période 2007-2014 des gestions envisagées dans le dossier « Cycle 2007 » et des gestions effectivement mis en œuvre à la fin 2014 (cf. tableau 3).

Tableau 3 : Évolution des gestions combustibles pour la période 2007-2014

Palier	Gestion	Nb. de tranches chargées en 2007	Prévision dossier IC 2007		Réalisé à fin 2014		Observation
			Mise en œuvre	Tranches à fin 2017	Date effective mise en œuvre	Tranches à fin 2014	
CPO	Cyclades	6	nc	6	nc	6	
CPY	Garance URE	2	nc	de 2 à 4	nc	0	
	Garance URE NT	0	2012	de 2 à 4	non réalisé	0	Besoin ajourné
	MOX (7,08 % Pu eq 3,25 % ²³⁵ U)	19	nc	0	nc	0	
	Parité MOX (8,65 % Pu eq 3,70 % ²³⁵ U)	1	2007	de 20 à 24	2007	22	
	Parité MOX NT 2012 (9,54 % Pu eq 3,70 % ²³⁵ U)	0	2013	de 20 à 24	non réalisé	0	Autorisation acquise en octobre 2017
P4/P'4	Garance UNE (3,70 % ²³⁵ U)	6	nc	de 0 à 6		6	
	Gemmes	20	nc	0	-	19	
	Galice	0	2009	20	2010	1	
N4	AP 1 300	0	2017	19	non réalisé	0	non déployée
	Alcade	0	2007	4	2008	4	

De cette comparaison, les points suivants sont particulièrement à noter :

- sur les paliers CP0 et CPY :
 - le flux de recyclage du Pu dans les assemblages combustibles MOX est cohérent avec celui envisagé dans le dossier « IC 2007 » (entre 20 et 24 tranches moxées) ;
 - la gestion « Parité MOX » a été généralisée depuis 2011 ;
 - la mise en œuvre d'une nouvelle teneur en Pu pour le MOX en gestion Parité MOX (dite « MOX NT 2012 ») a été retardée. Cette augmentation de la teneur en Pu vise à maintenir l'équivalence énergétique avec le combustible UNE à 3,7 % en ²³⁵U (gestion Garance UNE), compte tenu de l'évolution du vecteur isotopique du plutonium issu des opérations de traitement réalisées dans les usines de La Hague liée à l'augmentation des taux de combustion des combustibles UNE irradiés en réacteurs dix ans auparavant (durée entre la sortie du réacteur et son traitement dans les usines Orano Cycle de La Hague) ;
 - la fourniture d'assemblages combustibles URE pour les réacteurs du CNPE de Cruas a été suspendue en 2013, avec un retour à la gestion « Garance UNE » ;
- sur le palier P4/P'4 :
 - la gestion « Galice » n'a pas été généralisée. Elle a été mise en œuvre uniquement sur la tranche de Nogent 2 de manière à acquérir un retour d'expérience sur les hauts taux de combustion à l'échelle d'un cœur. Cette gestion a été abandonnée en 2016, avec un retour à la gestion « Gemmes » ;
 - le projet AP 1 300 (augmentation de la puissance des tranches 1 300 MWe) n'a pas été mis en œuvre.

L'IRSN note qu'aucune gestion non prévue dans le dossier « cycle 2007 n'a été déployée sur la période. Certaines gestions ou évolutions de gestion prévues en 2007 ont été abandonnées (Galice, AP 1 300) ou reportées (MOX NT 2012, URE NT) sur la période 2015-2025 ; elles sont explicitées ci-après.

4.2 GESTIONS ENVISAGÉES PAR EDF POUR LA PÉRIODE 2015-2025

Dans le dossier « IC 2016 », EDF présente les orientations stratégiques en termes de gestion des combustibles pour la période 2015-2025. EDF précise ne prévoir aucune nouvelle gestion jusqu'en 2030. De manière générale, les orientations retenues pour le scénario de référence, dit « EDF REF », sont les suivantes :

- maintien de la production d'électricité d'origine nucléaire à son niveau actuel, soit 420 TWh/an ;
- augmentation de 22 à 24 du nombre de réacteurs chargés en combustibles MOX ;
- relance, à partir de 2020, du recyclage de l'URT qui était opérationnel jusqu'en 2013 ;
- stabilisation des gestions de combustibles.

L'objectif d'EDF est d'équilibrer, d'une part le flux de combustibles UNE déchargés des réacteurs et le flux de combustibles traités, d'autre part le flux de plutonium issu du traitement des combustibles UNE et le flux de plutonium recyclé dans le combustible MOX.

Dans le dossier transmis, EDF a également étudié un scénario de production basse, dit « EDF BAS », sur la base d'une réduction de la production d'électricité d'origine nucléaire à 408 TWh/an à partir de 2020, liée à la fermeture de deux tranches moxées en 2020, les autres hypothèses étant inchangées.

Les gestions actuellement mises en œuvre et celles qui ont été programmées par EDF pour la période 2015-2025, prorogées jusqu'en 2030, sont synthétisées dans le tableau 4 ci-dessous. Les caractéristiques des combustibles actuels et leurs évolutions envisagées sont présentées en annexe 7 au présent rapport.

Tableau 4 : Parc REP français - Gestions actuelles et prévisionnelles jusqu'en 2025 suivant les paliers considérés

Paliers	Gestions actuelles		Gestions prévisionnelles jusqu'en 2025
CP0	CYCLADES	- UNE : 4,2 % ²³⁵ U - 52 AC par recharge (28 AC avec 12 crayons gadoliniés à 8 % Gd ₂ O ₃) ; Gestion tiers de cœur [REDACTED] JEPP* ; TC** : 47 GWj/tU	CYCLADES : pas de modification
CPY	PARITE MOX	- UNE : 3,7 % ²³⁵ U - MOX : teneur Pu = 8,65 % (UNE 0,25 % ²³⁵ U) - 28 AC UNE et 12 AC MOX par recharge - Gestion quart de cœur [REDACTED] JEPP - TC** : 46 GWj/tU MOX - 44 GWj/tU UO ₂	Parité MOX (jusqu'en 2018) Parité MOX NT 2012 intermédiaire (post 2018) - Augmentation de la teneur en Pu jusqu'à 9,08 % (équivalence avec UNE 3,7 %) - Passage de 22 à 24 tranches en 2018
	GARANCE UNE	- UNE 3,7 % ²³⁵ U - 40 AC par recharge, Gestion quart de cœur [REDACTED] JEPP ; TC** : 44 GWj/tU	GARANCE UNE : pas de modification
	GARANCE URE		GARANCE URE (à partir de 2021) - URE à 4,1 % ²³⁵ U puis URE NT à 4,25 % en ²³⁵ U (équivalence avec UNE 3,7%) - 40 AC URE par recharge - Gestion quart de cœur [REDACTED] JEPP - TC** : 44 GWj/tU
1 300 (P'4, P4)	GEMMES	UNE : 4,0 % ²³⁵ U 64 AC par recharge (36 AC avec 12 crayons gadoliniés 8 % Gd ₂ O ₃ support Unat) Gestion tiers de cœur [REDACTED] JEPP TC** : 45 GWj/tU	GEMMES : pas de modification
1 450 N4	ALCADE	- UNE : 4,0 % ²³⁵ U - 68 AC par recharge (36 AC avec 12 crayons gadoliniés 8 % Gd ₂ O ₃ support U à 2,5%) - Gestion tiers de cœur [REDACTED] JEPP - TC** : 45 GWj/tU	ALCADE : Pas de modification
EPR			Gestion EPR prévue fin 2018/début 2019 - UO ₂ : 4,2 % ²³⁵ U - 80 AC par recharge (72 AC avec 12 crayons gadoliniés 8 % Gd ₂ O ₃ support U à 2,5%) - Gestion tiers de cœur [REDACTED] JEPP - TC** : 52 GWj/tU ; TC maximal = 59 GWj/tU

Sont indiquées en rouge les principales évolutions envisagées par EDF pour la période 2015-2025

*Longueur de campagne donnée en jour équivalent pleine puissance (JEPP) avec prolongation systématique de [REDACTED] JEPP

**TC : Taux de combustion moyen des combustibles définitivement déchargés

L'IRSN note que, depuis 2017, tous les assemblages combustibles chargés sont à gainage amélioré (alliages M5, Zirlo ou Optimized Zirlo) ; les derniers assemblages ayant un gainage en alliage Zircaloy 4 ont été chargés en 2016.

Pour ce qui concerne les gestions par palier, l'IRSN retient les points suivants :

Palier CP0

La gestion « Cyclades » déployée actuellement sur le palier CP0 (6 tranches) est conservée sans modification.

Palier CPY

La gestion « Parité MOX » est en fin de généralisation sur le palier CPY hors Cruas (24 tranches) : dans le dossier transmis, EDF indique que les deux dernières tranches de Blayais actuellement exploitées en gestion « Garance UNE » seront chargés en combustibles MOX en 2018 ; depuis l'envoi du dossier, EDF a retardé cette opération. Compte tenu de l'évolution actuelle du vecteur isotopique du plutonium issu des opérations de traitement réalisées dans les usines de La Hague, liée à l'augmentation des taux de combustion des combustibles irradiés dix

ans auparavant, le maintien de l'équivalence énergétique avec le combustible UNE à 3,7 % en ^{235}U impose une augmentation de la teneur en Pu à 9,08 % (combustible dit « MOX NT 2012 Intermédiaire »). Cette augmentation se fera de façon progressive [REDACTED]

La gestion « **Garance URE** », déployée sur les quatre tranches de Cruas entre 2009 et 2013, est prévue d'être de nouveau déployée sur ces quatre tranches à partir de 2021. Comme pour le combustible MOX, pour maintenir l'équivalence énergétique avec le combustible UNE à 3,7 % en ^{235}U , la teneur en ^{235}U devrait augmenter progressivement jusqu'à 4,25 % à partir de [REDACTED] (combustible « URE NT »).

Palier P4/P'4

Toutes les tranches de ce palier sont exploitées en gestion « **Gemmes** » (UNE 4 %, tiers de cœur).

La gestion « **Galice** », qui avait été mise en œuvre uniquement sur la tranche de Nogent 2 de manière à acquérir un retour d'expérience sur les hauts taux de combustion à l'échelle d'un cœur, a été abandonnée en 2016.

En outre, l'utilisation de combustibles MOX sur le palier 1 300 MWe est actuellement à l'étude par EDF. Les premiers résultats de ces études sont attendus mi 2019 ; EDF a indiqué que, si une telle décision était prise, le premier chargement de combustibles MOX en réacteurs P4/P'4 ne serait pas envisageable avant 2030, eu égard notamment aux modifications nécessaires des réacteurs concernés.

Palier N4

La gestion « **Alcade** », déployée sur les quatre tranches de ce palier depuis 2008, est conservée.

En conclusion, l'IRSN note qu'à l'exception de la gestion des combustibles qui sera mise en œuvre pour l'EPR, les orientations adoptées par EDF en termes de gestions des combustibles pour la période 2015-2025, prorogées jusqu'en 2030, n'introduisent pas d'évolution significative par rapport à la situation actuelle. L'IRSN souligne que, pour tous les paliers, ces gestions sont cohérentes avec celles présentées dans les dossiers de réexamen de sûreté des réacteurs de ces paliers. L'IRSN considère que les données d'entrée pour l'analyse de la cohérence du cycle du combustible, présentés dans les scénarios étudiés par EDF dans le dossier « IC 2016 » sont réalistes.

4.3 ENTREPOSAGE PROLONGÉ SOUS EAU DES COMBUSTIBLES USÉS

Les assemblages combustibles irradiés (ACU) sont entreposés dans les piscines BK des centrales EDF pour permettre la décroissance de leur puissance thermique résiduelle à un niveau compatible avec leur transport vers les usines de l'établissement Orano Cycle de La Hague. Actuellement, le temps de refroidissement des ACU dans les piscines BK varie entre 13 et 40 mois environ selon la nature du combustible (UOX ou MOX).

Lors de l'instruction du dossier « Cycle 2000 », un programme de surveillance de quelques assemblages combustibles UOX et MOX entreposés en piscines BK avait été annoncé par EDF dans le but de compléter les observations du retour d'expérience industriel. Le programme initial comportait des examens visuels, des contrôles d'étanchéité, des examens dimensionnels des assemblages (distance crayons - embouts, verticalité et flèche) et des mesures d'épaisseur d'oxyde de zirconium des gaines. Ce programme a été étendu, à la demande de la Direction générale de la sûreté nucléaire et de la radioprotection (DGSNR), à des assemblages inétanches issus de la campagne 8 du réacteur n° 3 de Cattenom et à des assemblages de types « Parité MOX » et « Alliance » (haut taux de combustion). Les combustibles inétanches sont ceux pour lesquels la gaine a été endommagée, celle-ci n'assurant plus la fonction de confinement des gaz mais encore celle de la matière solide.

Lors de l'instruction du dossier « IC 2007 », EDF avait précisé l'étendue et l'état d'avancement de ce programme et les actions restant à réaliser (cf. tableau 5).

Tableau 5 : Récapitulatif des actions du programme « 2007 » de surveillance

		FESSENHEIM 2	GRAVELINES 2	SAINT-LAURENT B1
Assemblages concernés et caractéristiques		4 assemblages UO2, 3,1%, 5 cycles, déchargés le 21/04/1984 FEC 49 : 50 263 MWj/t, FEC 50 : 55 116 MWj/t FEC 51 : 50 766 MWj/t FEC 57 : 52 970 MWj/t	2 assemblages UO2, 4,5%, 5 cycles, déchargés le 06/05/1989 FF06E2BV : 56 680 MWj/t, FF06E3BV : 58 464 MWj/t	4 assemblages MOX, 3,25%, 3 cycles, déchargés le 17/01/1991 FFP00HJX : 37,5 GWj/t FFP00JJX : ~38 GWj/t FFP001JX : ~38 GWj/t FFP00FJX : ~38 GWj/t
Type d'examen & Moyen	Contrôle d'étanchéité	Examens réalisés le 7 mai 2009	Examens programmés en 2010	Examens réalisés en 2009
	Examens visuels et dimensionnels	Examens réalisés le 6 novembre 2008	Examens programmés en 2010	Examens réalisés en janvier 2008 sur les 4 ACU
	Mesures d'oxyde	Examens programmés en 2011	Examens programmés en 2010	Examens réalisés en janvier 2009

Pour rappel, le programme de surveillance de [REDACTED] ACU étanches, irradiés au plus durant cinq cycles, proposait de réaliser, [REDACTED] des contrôles d'étanchéité par ressuage, des mesures d'épaisseur de couches d'oxyde et des examens visuels et dimensionnels réalisés sur des crayons internes et externes aux assemblages.

EDF indique que les études menées visent à s'assurer que l'effet du vieillissement des ACU entreposés sur le long terme, notamment les combustibles MOX et URE, ne puisse pas conduire à des contraintes rédhibitoires ou à des « effets falaise » (déformation ou dégradation de la tenue mécanique des gaines susceptibles de compliquer ou d'empêcher les opérations ultérieures de reprise, de transport et de traitement) lors de leur entreposage dans les piscines des usines Orano Cycle de La Hague, de leur transfert vers une éventuelle future piscine d'entreposage centralisé puis lors de leur reprise ultime pour traitement.

EDF a transmis les principaux résultats issus du programme de surveillance, conformément à l'engagement n°1 pris lors de l'instruction du dossier « IC 2007 », ainsi que la synthèse des études de R&D réalisées depuis 2007 pour évaluer le comportement des ACU inétanches et les sollicitations des gaines lors de situations accidentelles. En fonctionnement normal (conditions nominales de température et contrôle de la chimie de l'eau), pour des combustibles étanches dont le gainage est en alliage Zircaloy 4, M5 ou Zirlo, EDF considère, sur la base de son retour d'expérience, du retour d'expérience international et des résultats disponibles du programme précité, qu'après plus d'une vingtaine d'années d'entreposage sous eau :

- les phénomènes de dégradation d'origine externe des gaines des ACU (corrosion généralisée, par piqûres, galvanique et microbienne, dont les cinétiques sont très lentes) sont minimisés si la chimie de l'eau des piscines est strictement maîtrisée. Aucune perte d'étanchéité des crayons des ACU faisant l'objet du programme de surveillance n'a été relevée ;
- les caractéristiques dimensionnelles des structures et des gaines des ACU ne sont pas modifiées par rapport à leur état en sortie de réacteur ;
- les risques de dégradation d'origine interne des gaines des ACU (fluage, corrosion sous contrainte par l'iode, surpression dans le crayon, interaction pastille-gaine) sont inexistantes pour les durées actuelles de séjour des ACU en piscine avant traitement, les contraintes tangentielles supplémentaires induites par les phénomènes actifs sur la gaine restant inférieures aux valeurs des limites à la rupture pour ces processus de dégradation.

Ces conclusions n'appellent pas de remarque de l'IRSN dans le cadre de l'examen du dossier « IC 2016 », limité à la période 2015-2025, étendue jusqu'en 2040 pour la recherche d'éventuels effets falaise.

Ce programme a été complété afin d'intégrer l'examen d'un crayon UOX inétanche provenant du réacteur de Gravelines 2 et d'un crayon MOX volontairement fissuré provenant de Dampierre, expédiés au laboratoire LECA/STAR du CEA Cadarache en 2009 dans le cadre du programme PRECCI ; cet examen complémentaire vise à étudier la formation de phases oxydées gonflantes susceptibles d'entraîner une augmentation du volume de la pastille générant des contraintes tangentielles supplémentaires sur la gaine pouvant à terme conduire à sa rupture. EDF a indiqué que les conclusions de ce complément d'examen seront transmises à l'issue de sa finalisation et que les prochains examens sont prévus à l'horizon 2020.

Toutefois, l'IRSN souligne que le programme actuel de surveillance ne concerne que des ACU entreposés en piscine BK, qui n'ont pas subi les effets des différents cycles thermiques liés à leur transport vers les piscines des usines Orano Cycle de La Hague. En effet, il existe des risques de dégradation de la gaine, liés aux variations de température subies par les ACU, appelés « cyclages thermiques », lorsqu'ils sont extraits des piscines (température stable), transportés (température à l'intérieure de la cavité de l'emballage pouvant dépasser 200°C, en fonction des caractéristiques d'irradiation et de vieillissement du combustible), puis ré-immersés en piscine avant leur traitement. EDF a précisé, au cours de l'instruction, qu'il engagera des travaux, dans le cadre de la nouvelle piscine d'entreposage centralisé, afin de caractériser l'évolution de la fragilisation de la gaine des crayons combustibles lors des opérations de transport.

En tout état de cause, pour l'IRSN, ce programme de surveillance devra permettre d'évaluer le comportement mécanique des gaines des combustibles d'ACU MOX et URE susceptibles de subir au moins deux cycles thermiques, afin de tenir compte de l'option envisagée par EDF pour la gestion de ces combustibles dans le futur.

L'IRSN recommande qu'EDF présente, dans le cadre de l'instruction du dossier relatif à l'extension des capacités d'entreposage des assemblages combustibles usés demandée par le PNGMDR, le programme de surveillance des assemblages combustibles usés MOX et URE entreposés tenant compte, en particulier, de l'impact des cycles thermiques liés aux opérations de transport sur leur comportement mécanique.

Ce point fait l'objet de l'action n° 1 d'EDF, transmise par lettre [11] en annexe 2 au présent rapport. EDF s'est engagé à présenter ses orientations sur le programme de surveillance des assemblages combustibles usés, tenant compte, en particulier, des cycles thermiques, dans le cadre de l'instruction du Dossier d'Options de Sûreté de la Piscine d'entreposage centralisé. Cet engagement est satisfaisant.

Les limitations techniques et de sûreté des structures et des gaines des crayons combustibles, au regard de la durée et des conditions de leur entreposage en piscine, seront évaluées dans le cadre de l'examen des dossiers relatifs au projet de création par EDF d'une installation d'entreposage centralisé sous eau de combustibles irradiés. À cet égard, le dossier d'options de sûreté de cette installation, transmis en 2017, est en cours d'examen par l'IRSN et fera l'objet d'une réunion du GPU à la fin de l'année 2018.

5 BILAN DES MATIÈRES GÉNÉRÉES PAR LE CYCLE

Ce chapitre présente :

- le bilan des matières et des déchets générés par le cycle, entreposés fin 2014, ainsi que l'analyse des écarts relevés par rapport aux prévisions effectuées dans le dossier « Cycle 2007 » ;
- l'analyse des scénarios présentés dans le dossier « IC 2016 » et des conséquences sur les installations du cycle.

5.1 BILANS FIN 2007 ET FIN 2014

Le dossier « IC 2016 » présente une comparaison entre les quantités de matières et de déchets générés par les installations du cycle du combustible, entreposés fin 2014, et les prévisions effectuées dans le dossier « Cycle 2007 » sur la période 2017-2014. Le dossier « IC 2016 » détaille, pour les matières entreposées dans les différentes installations du cycle, les projections à fin 2014 présentées dans le dossier « Cycle 2007 » et l'état des stocks à fin 2014 (le bilan réalisé à fin 2014 a servi de données de base pour les calculs réalisés en 2015 dans le cadre de la constitution du dossier « IC 2016 »).

Ces quantités de matières sont présentées dans le tableau 6.

Tableau 6 : État et estimation des stocks de matières présentés par EDF

Matières mises en œuvre dans le cycle du combustible	Stocks au 31 décembre 2014	
	Projection dossier « IC 2007 »	Réalisé
Uranium naturel * (tonnes U)	20 000	20 600
Uranium naturel appauvri (Bessines et Pierrelatte) (tonnes U)	288 000	290 700
Uranium naturel enrichi ** (Pierrelatte) (tonnes U)	2 000	2 360
Uranium issu du retraitement (tonnes U)	16 780 si URE 19 380 si pas URE	17 550 (URE de 2009 à 2013)
Assemblages irradiés EDF en piscines (La Hague) (nombre de paniers)	2 360	2 202
Produits de fission (nombre de CSD-V)	13 000	13 694
Coques et embouts (nombre de CSD-C)	17 244	13 614

* stock tampon (UF₄ et UF₆) sur le site du Tricastin nécessaire aux opérations de production

** stock tampon (UF₆) sur le site du Tricastin

En se fondant sur les tonnages présentés dans le tableau 6, il apparaît que les masses de matières ou de déchets générés par le cycle prévues par EDF et réalisées sont globalement comparables.

5.2 BILAN DES MATIÈRES À FIN 2014 - COMPARAISON AUX SCÉNARIOS ÉLABORÉS EN 2007

Selon EDF, l'analyse des écarts entre les prévisions retenues dans le dossier « IC 2007 » et la situation observée à la fin de l'année 2014 montrent le caractère enveloppe des projections présentées dans le dossier « IC 2007 », notamment pour ce qui concerne les quantités et les caractéristiques des matières. En outre, certains écarts sont liés au report ou à l'annulation de certains projets, notamment en termes de gestions de combustibles, dont l'impact sur le cycle a été maîtrisé.

Ceci n'appelle pas de remarque.

5.3 ESTIMATION DES ÉVOLUTIONS DES QUANTITÉS DE MATIÈRES POUR LA PÉRIODE 2015-2025

5.3.1 Présentation des scénarios d'EDF et des hypothèses retenues

Dans le dossier « IC 2016 », EDF présente deux scénarios d'évolution du parc de réacteurs et des gestions du combustible pour la période 2015-2025 et estime les quantités de produits générés, l'évolution de leurs caractéristiques et les capacités d'entreposage nécessaires associées, conformément à la lettre de cadrage de l'ASN [10].

Les principaux paramètres de ces scénarios sont détaillés ci-après.

Pour le scénario de référence « EDF REF », les paramètres retenus par EDF sont les suivants :

- la production électrique d'origine nucléaire est de 420 TWh/an ;
- la quantité de combustibles UNE traitée est de 1 180 tml en 2015, puis de [REDACTED] tml/an ;
- les assemblages combustibles usés MOX et URE ne sont pas traités ;
- les assemblages combustibles MOX sont utilisés dans les réacteurs du palier CPY : 22 en 2015 et 2016, 23 en 2017, 24 au-delà (correspondant à un flux annuel de combustibles MOX de 115 à 125 tml) ;
- les quatre tranches du CNPE de Cruas sont chargées en combustibles URE à partir de 2021 (correspondant à un flux annuel de combustibles URE de 73,6 tml) ;
- les gestions de combustibles prises en compte sont les gestions actuelles (« Cyclades », « Garance UNE », « Garance URE », « Parité MOX », « Gemmes » et « Alcade ») ainsi que la gestion « EPR » ;
- les variations prévues de la composition isotopique du plutonium (MOX NT 2012 intermédiaire) et de l'URE (URE NT) sont prises en compte.

Pour le scénario de production basse « EDF BAS », les différences avec le scénario « EDF REF » sont :

- la production électrique d'origine nucléaire (hors EPR) est réduite à 408 TWh/an au-delà de 2019 ;
- une quantité de combustibles UNE traitée annuellement de 1 180 tml en 2015, 1 100 tml en 2016 et [REDACTED] tml à partir de 2017 ;
- les combustibles MOX sont utilisés dans les réacteurs du palier CPY : 22 en 2015 et 2016, 23 en 2017, 24 en 2018, 22 au-delà de 2019 à la suite de l'arrêt de 2 tranches CPY moxées en 2020 (flux annuel de combustibles MOX de 110 tml).

Les hypothèses de base retenues par EDF pour bâtir ces scénarios sont :

- les données de gestion des combustibles figurant en annexe 7 au présent rapport ;
- des taux de combustion des assemblages combustibles retenus pour le traitement inférieurs à 46 GWj/tml en moyenne annuelle ;
- un flux d'évacuation annuel des ACU (UNE, URE et MOX) de 1 170 tml vers l'établissement de La Hague ;
- un temps de refroidissement moyen annuel des ACU avant leur traitement de 10 ans ;
- une production de [REDACTED] colis CSD-V par tml traitée ;
- une production de [REDACTED] colis CSD-C par tml traitée.

5.3.2 Estimation des quantités de matières

De l'analyse des éléments transmis par EDF et des résultats de ses propres calculs (détaillés en annexe 8 au présent rapport) concernant les bilans matières prévisionnels associés aux scénarios envisagés sur la période examinée, l'IRSN retient les principaux éléments suivants.

Concernant l'entreposage de l'uranium appauvri issu de l'enrichissement d'uranium naturel réalisé en France, Orano Cycle estime que la saturation des parcs d'entreposage actuels (Bessines-sur-Gartempe et Pierrelatte) interviendrait en 2022. Les estimations de l'IRSN sont en accord avec cette conclusion. Orano Cycle a formulé en 2017 une demande d'augmentation de la capacité de ces parcs (cf. § 6.1.1.7 du présent rapport).

L'uranium naturel appauvri est entreposé sous la forme U_3O_8 , alors qu'il est utilisé pour la fabrication du combustible MOX sous la forme UO_2 dont la fourniture est assurée par l'usine Framatome de Lingen. À cet égard, Orano Cycle a indiqué son intention de construire une installation de production d' UO_2 appauvri sur le site de Malvési. L'IRSN souligne par que le flux d'uranium naturel appauvri qui serait réutilisé dans cette installation (de l'ordre de 115 tonnes d'U/an à partir de 2020) est faible au regard de la quantité générée (de l'ordre de 7 000 tonnes d'U/an pour la période 2015-2025) et qu'il subsiste des incertitudes sur le devenir de cette matière.

Ce point est traité dans le cadre du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs (PNGMDR). À cet égard, l'article 2 de l'arrêté du 23 février 2017 établissant les prescriptions du PNGMDR indique que « *l'inventaire national [...] présente un scénario prospectif de non-renouvellement de la production électronucléaire dans lequel les matières non valorisées sont requalifiées en déchets [...]* ». En outre, l'article 4 de l'arrêté précité prescrit que « *conformément aux dispositions de l'article D.542-81 du code de l'environnement, l'Andra remet, en lien avec les propriétaires d'uranium appauvri, avant le 31 décembre 2019 au ministre chargé de l'énergie une étude de faisabilité du stockage d'uranium appauvri sur la base d'un inventaire radiologique et chimique détaillé de ces substances transmises par leurs propriétaires* ».

Concernant l'uranium appauvri issu de l'enrichissement de l'uranium de retraitement, le dossier « IC 2016 » indique que les capacités d'enrichissement de l'URT de l'usine GBII (500 kUTS/an) et de l'usine de fabrication d'assemblages combustibles URE de l'usine Framatome (150 tonnes d'U/an) sont suffisantes pour répondre aux besoins liés au chargement des quatre tranches du CNPE de Cruas en combustible URE. EDF a indiqué lors de l'instruction que la filière industrielle pour effectuer les opérations liées au recyclage de l'URT, y compris l'enrichissement et la fabrication du combustible, n'était pas choisie à ce stade et serait précisée ultérieurement.

De même que pour l'uranium naturel, l'IRSN attire l'attention sur le devenir de l'uranium appauvri issu de l'enrichissement de l'URT. Comme indiqué précédemment, ce point est traité dans le cadre du plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs (PNGMDR).

Concernant les combustibles usés entreposés, l'augmentation de leur quantité au cours du temps est due à l'écart entre la quantité d'ACU UNE évacués vers La Hague et la quantité d'ACU UNE traités. Il est à noter que la mise en œuvre de la gestion « Garantie URE » dans les quatre tranches du CNPE de Cruas à partir de 2021 entraîne, à partir de 2028, l'entreposage de 160 ACU URE/an en emplacement d'ACU UNE.

L'accumulation des combustibles MOX usés (264 ACU/an), dont le traitement n'est pas envisagé par EDF sur la période d'étude, est compensée par le traitement préalable des ACU UNE ayant permis de séparer le plutonium nécessaire à la fabrication des assemblages combustibles MOX.

L'impact de l'augmentation de la quantité d'ACU entreposés dans les piscines BK et les piscines de l'établissement de La Hague est présenté dans les § 6.2.1 et 6.3.2.2 du présent rapport.

Concernant le plutonium, l'IRSN note que EDF prévoit, dans le dossier « IC 2016 », d'ajuster en permanence la quantité d'ACU traités à la quantité de plutonium nécessaire à la fabrication des combustibles MOX introduits dans les réacteurs chargés avec ce type de combustible, afin de ne pas créer de stock de plutonium au terme de la période considérée. Dans cet ajustement, EDF prend en compte l'évolution de la composition isotopique du plutonium à venir, liée à l'augmentation du taux de combustion moyen des ACU UNE traités, et le maintien de l'équivalence énergétique des combustibles MOX avec les combustibles UNE 3,7 %. L'impact de l'évolution du PuO_2 utilisé (puissance thermique, activité alpha et émissions neutroniques) sur les dispositions de maîtrise des risques de l'usine MELOX et des transports de combustibles irradiés est examiné aux § 6.1.3.1 et 6.5.3.2 du présent rapport.

Concernant les déchets produits par les installations de l'aval du cycle, les entreposages de colis CSD-V (E/EV/SE et E/EV/LH fosse 30) arrivant à saturation en 2017, Orano Cycle a mis en service début 2018 une nouvelle alvéole (E/EV/LH fosse 40) d'une capacité de 4 212 colis, et prévoit de construire deux nouvelles alvéoles d'ici 2030 (fosses 50 et 60), de même capacité unitaire, à une fréquence d'une alvéole tous les quatre ans pour tenir compte d'une production annuelle estimée de l'ordre de 700 à 800 colis CSD-V (cf. § 6.3.4.2 du présent rapport). Concernant les colis CSD-C, la capacité actuelle des entreposages (de l'ordre de 20 900 colis) devrait être atteinte en 2021. Orano Cycle prévoit d'étendre cette capacité par une extension permettant de répondre aux besoins d'entreposage au-delà de 2030

6 IMPACT DES GESTIONS DE COMBUSTIBLES SUR LES INSTALLATIONS DU CYCLE

6.1 INSTALLATIONS DE L'AMONT DU CYCLE

La partie dite « amont du cycle » comporte l'ensemble des étapes de fabrication des assemblages combustibles.

6.1.1 Fabrication de combustibles à base d'uranium naturel enrichi (UNE)

6.1.1.1 Présentation des données de base

Le schéma de principe de la fabrication des assemblages combustibles à base d'UNE est présenté sur la Figure 2.

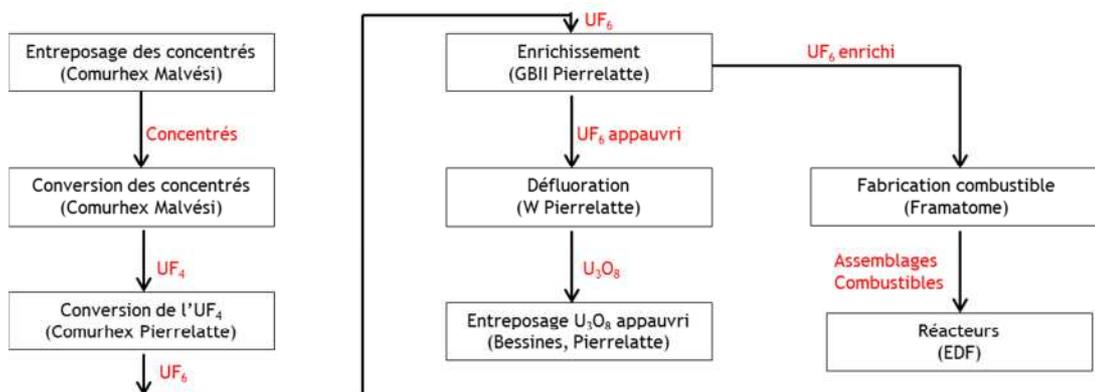


Figure 2 : Schéma de principe de la fabrication des combustibles UNE sur le territoire français

Dans le dossier « IC 2016 », EDF présente les flux de matières liés à la fabrication des combustibles UNE en France (cf. tableau 7 ci-dessous).

Tableau 7 : Caractéristiques des matières pour les combustibles UNE actuels et futurs (période 2015-2025)

Composition isotopique		Caractéristiques des matières mises en œuvre pour EDF sur la période 2015-2025	
		Gestions actuelles	Gestions envisagées (post 2020)
²³⁵ U	%	3,7 à 4,2	3,7 à 4,2
Consommation et production			
U naturel	tU/an	8 500	■
Travail de séparation	MUTS/an	6	■
U enrichi	tU/an	1 045	■

Pour les installations de l'amont du cycle (conversion et enrichissement de l'uranium naturel et fabrication des assemblages combustibles UNE), les différences entre les gestions actuelles et les gestions envisagées se traduisent par des modifications peu significatives. Le dossier « IC 2016 » indique que la mise en œuvre des matières envisagées sur la période 2015-2025 ne nécessite pas de modification des autorisations des installations actuelles ou d'évolution des données de dimensionnement de celles en cours de démarrage et n'a pas d'impact notable sur la radioprotection ou la production de déchets de ces installations. **Ceci n'appelle pas de commentaire.**

6.1.1.2 Installations de conversion Orano Cycle de Malvési et de Pierrelatte

Orano Cycle assure la conversion des concentrés miniers d'uranium selon un procédé chimique en deux étapes : conversion du concentré uranifère en tétrafluorure d'uranium (UF₄) réalisée sur le site de Malvési, puis conversion de l'UF₄ en hexafluorure d'uranium (UF₆) réalisée sur le site de Pierrelatte. Ces activités sont effectuées dans des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE).

Les limites techniques et réglementaires de ces installations sont rappelées dans le tableau 8.

Tableau 8 : Limites techniques et réglementaires des installations de conversion d'Orano Cycle Malvési et Pierrelatte

Usine/Atelier	Références	Capacité	Limites
Orano Cycle Malvési	ICPE Arrêté préfectoral N°2012 107-0006 du 1 ^{er} août 2012	Production : 21 000 tU/an (UF ₄) Entreposage : 38 000 tU (concentrés)	U naturel
Orano Cycle Pierrelatte	ICPE Décision ASN CODEP-LYO-2015-024792 du 30 juin 2015	Production : 15 000 tU/an (UF ₆) extensible à 21 000 tU/an	U naturel

Le renouvellement de l'outil industriel de conversion d'Orano Cycle est actuellement en cours. Les nouvelles installations de conversion de Malvési sont opérationnelles depuis 2015. Concernant les installations de conversion de Pierrelatte, l'ancien atelier de fluoration (Structure 400 de Comurhex I) est définitivement arrêté depuis le 23 décembre 2017. Il sera remplacé par un nouvel atelier (Unité 64 de Comurhex II) dont les essais de mise en service ont démarré début 2018. Entre 2018 et 2020, l'atelier de conversion de Malvési fonctionnera à régime réduit afin d'assurer la production de l'UF₄ nécessaire aux essais de démarrage et de qualification de l'Unité 64 de Comurhex II.

Orano Cycle vise une mise en service de l'Unité 64 de Comurhex II en 2020 et l'atteinte de la capacité de production nominale en 2022. À cet égard, la continuité de l'approvisionnement en UF₆ des clients d'Orano Cycle, notamment EDF, entre 2018 et 2020 sera assurée à partir des stocks [REDACTED] constitués à cet effet et entreposés sur les différents parcs (Comurhex I, Eurodif et Georges Besse II) du site de Pierrelatte. L'objectif visé par Orano Cycle est de disposer, à terme, d'une capacité de production nominale de 15 000 tU/an, sous forme d'UF₄ pour le site de Malvési et sous forme d'UF₆ pour le site de Pierrelatte. Cette capacité pourrait être étendue à 21 000 tU/an si les besoins du marché le nécessitaient.

La diminution des besoins d'EDF en uranium naturel sur la période 2015-2025, estimée à [REDACTED] tU/an (cf. tableau 7), représente environ 4 % de la capacité de production nominale des usines de conversion d'Orano Cycle.

L'activité et le volume des effluents gazeux et liquides et des déchets générés par l'exploitation de ces installations étant directement proportionnels à la quantité d'uranium traitée, leurs valeurs attendues pour la période 2015-2025 devraient être en très légère baisse.

L'IRSN considère que les usines de conversion d'Orano Cycle, dans leur configuration actuelle et future (mise en service de l'unité 64 de Comurhex II), sont suffisantes pour répondre aux besoins du cycle du combustible REP pour la période 2015-2025 présentés par EDF dans le dossier « IC 2016 ». La mise en service de l'Unité 64 de Comurhex II présente un décalage de 4 ans par rapport au calendrier initial. En tout état de cause, l'IRSN souligne que le marché mondial de fourniture d'UF₆ est largement excédentaire et qu'EDF pourrait y avoir recours pour pallier un aléa ou un retard affectant une usine de conversion d'Orano Cycle.

6.1.1.3 Usine d'enrichissement (Georges Besse II)

Les limites techniques et réglementaires de l'usine Georges Besse II sont la capacité d'enrichissement (7,5 millions d'unités de travail de séparation (MUTS)/an, avec une limite de 0,5 MUTS/an pour l'URT) et l'enrichissement en ²³⁵U (6 % par le décret 2007-631 du 27 avril 2007 modifié, abaissé à 5 % par les décisions de l'ASN n° 2009-DC-0130 du 29 janvier 2009, 2013-DC-0331 du 31 janvier 2013 et 2014-DC-0461 du 7 octobre 2014).

Les caractéristiques isotopiques maximales des matières sont présentées dans le tableau 9 ci-dessous.

Tableau 9 : Caractéristiques isotopiques maximales de l'UNE susceptible d'être mis en œuvre dans l'usine Georges Besse II

Isotopes	Uranium naturel (en µg.g ⁻¹ d'uranium total)			Matières UNE mises en œuvre pour EDF pour la période 2015-2025	
	U alimentation	U appauvri	U enrichi	Gestions actuelles (2015)	Gestions envisagées (post 2020)
²³² U	10 ⁻⁵	2.10 ⁻⁶	1,5.10 ⁻⁴		
²³⁴ U	70	29	789		
²³⁵ U	7 110 (0,71 %)	4 000 (0,4 %)	60 000 (6 %) *	²³⁵ U/U ≤ 4,2 %	²³⁵ U/U ≤ 4,2 %
²³⁶ U	20	15	105		
⁹⁹ Tc	10 ⁻³	-	10 ⁻²		

* valeur spécifiée dans le décret d'autorisation de création n° 2007-631 du 27 avril 2007 modifié, limitée à 5 % dans les décisions de mise en service n° 2009-DC-0130 du 29 janvier 2009 (unité Sud), 2013-DC-0331 du 31 janvier 2013 (unité Nord) et 2014-DC-0461 du 7 octobre 2014 (REC II)

La capacité de production de l'usine Georges Besse II, limitée à 7,5 MUTS/an pour l'UNE, est supérieure aux besoins d'EDF (6 MUTS/an), qui s'approvisionne en partie auprès de fournisseurs étrangers.

La teneur en isotope 235 de l'uranium des assemblages combustibles UNE envisagée par EDF (4,2 %) dans le dossier « IC 2016 » est compatible avec les limites techniques et réglementaires de l'usine Georges Besse II. Les évolutions envisagées n'entraîneront pas d'augmentation des unités de travail de séparation nécessaires et ne devraient pas avoir d'impact sur les déchets et les effluents liquides ou gazeux produits.

Pour ce qui concerne la mise en œuvre d'URT, dont la filière industrielle n'a pas été définie par EDF à ce jour, les caractéristiques isotopiques maximales des matières qui seraient mises en œuvre sont présentées dans le tableau 10 ci-dessous.

Tableau 10 : Caractéristiques isotopiques maximales de l'URE mis en œuvre dans l'usine Georges Besse II

Isotopes de l'uranium	Uranium issu du traitement de combustible irradié (URT/URE) (en $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ d'U total)		Matières URE mises en œuvre pour EDF pour la période 2015-2025	
	U alimentation	U enrichi	Gestion envisagée en 2021	Gestion envisagée en 2024
^{232}U	$5\cdot 10^{-3}$	$37\cdot 10^{-3}$		
^{234}U	480	2 000		
^{235}U	10 000 (1,0 %)	60 000 (6 %) *	$^{235}\text{U}/\text{U} \leq 4,1 \%$	$^{235}\text{U}/\text{U} \leq 4,25 \%$
^{236}U	8 400	40 000		
Capacité			0,5 MUTS	0,5 MUTS

* valeur spécifiée dans le décret d'autorisation de création n° 2007-631 du 27 avril 2007 modifié, limitée à 5 % dans les décisions de mise en service n° 2009-DC-0130 du 29 janvier 2009 (unité Sud) et 2013-DC-0331 du 31 janvier 2013 (unité Nord)

La capacité de production nominale de l'usine Georges Besse II pour l'URE, autorisée dans un seul module d'enrichissement de l'unité Nord, est égale à 0,5 MUTS/an, supérieure aux besoins d'EDF () MUTS/an).

La teneur en isotope 235 de l'uranium des assemblages combustibles URE envisagée par EDF dans le dossier « IC 2016 » (4,25 % pour le combustible URE NT en ()) est compatible avec les limites techniques et réglementaires de l'usine Georges Besse II. L'enrichissement d'URT dans un module de cette installation se ferait en substitution de l'enrichissement d'uranium naturel et serait sans impact sur les capacités de production nécessaires aux besoins d'EDF et sur les volumes de déchets et d'effluents liquides ou gazeux produits. Concernant l'activité radiologique des déchets et des effluents, même si l'activité massique de l'URT est supérieure à celle de l'uranium d'origine naturelle, l'impact serait limité puisque l'enrichissement de l'URT ne représenterait qu'au plus 7 % de la production de l'usine. En tout état de cause, cet impact devra être pris en compte par Orano Cycle dans la mise à jour de la décision « rejets » de l'usine GB II pour la mise en œuvre d'URT, imposée par la décision de l'ASN 2014-DC-0461 du 7 octobre 2014.

L'IRSN rappelle qu'à l'issue des opérations d'enrichissement, des opérations particulières peuvent être réalisées sur l' UF_6 enrichi produit (échantillonnage en phase gazeuse ou en phase liquide, ajustement isotopique, découpage, regroupement...). Pour ce qui concerne l' UF_6 URE, l'accumulation des descendants de l'isotope 232 de l'uranium (en particulier le ^{208}Tl et le ^{212}Bi , qui sont des radioéléments émetteurs de rayonnements gamma de forte énergie) dans les conteneurs de transport induit des risques d'exposition aux rayonnements ionisants significativement supérieurs à ceux que présente l' UF_6 UNE : en fonction du délai entre l'étape d'enrichissement de l' UF_6 et le début de l'étape de fabrication des assemblages combustibles, une opération spécifique dite « de jouvence » peut s'avérer nécessaire afin d'éliminer, par la réalisation d'un cycle de vaporisation/condensation, les produits non volatils générés par la décroissance radioactive de l'isotope 232 de l'uranium. Le délai entre

l'enrichissement (ou la jouvence) et la fabrication des assemblages combustibles est optimisé pour limiter l'impact radiologique des descendants de l'²³²U.

Toutes ces opérations sont réalisables dans l'atelier REC II de l'usine GB II. La mise en œuvre d'URE dans cet atelier à partir de 2020, qui reste à confirmer par EDF, supposerait la mise en place de protections radiologiques complémentaires et de dispositions organisationnelles et serait soumise à l'autorisation de l'ASN, conformément à la décision de mise en service du REC II de l'ASN n°2014-DC-0461 du 7 octobre 2014.

Dans le cas où EDF retiendrait l'usine GB II pour réaliser l'enrichissement de l'URT, il conviendrait que les modifications soient achevées dès 2020 afin de pouvoir être en mesure de charger les combustibles dans les réacteurs du CNPE de Cruas en 2021 selon l'échéancier indiqué dans le dossier « IC 2016 ». Dans le cas où EDF retiendrait l'usine Framatome de Romans-sur-Isère pour la fabrication des combustibles URE, il apparaît nécessaire de prévoir la possibilité de réaliser les opérations de jouvence dans l'atelier REC II de l'usine GB II, que l'URE soit enrichi à l'étranger ou en France, notamment pour tenir compte d'aléa. En tout état de cause, il conviendra qu'Orano Cycle dépose sa demande de modification de l'usine GB II (Unité Nord et REC II) suffisamment en amont, dans un délai compatible avec le calendrier de mise en œuvre de l'URE dans les réacteurs du CNPE de Cruas.

O.1. L'IRSN estime que, si la mise en œuvre d'UF₆ de retraitement dans les ateliers de l'usine Georges Besse II était retenue, Orano Cycle devrait transmettre à l'ASN, en 2019 au plus tard, la demande d'autorisation de modification de ces ateliers qu'imposerait cette mise en œuvre.

6.1.1.4 Impact des évolutions de gestions de combustible REP sur la radioprotection dans les installations de conversion et d'enrichissement de l'uranium naturel

Pour ce qui concerne les risques d'exposition aux rayonnements ionisants lors des opérations de conversion et d'enrichissement de l'uranium naturel, le retour d'expérience des cinq dernières années montre que les doses engagées par les travailleurs sont faibles et en quasi-totalité dues à l'exposition externe. L'IRSN souligne en particulier l'absence d'exposition interne chronique.

Compte tenu de la faible variation des besoins en conversion et en enrichissement que généreront les évolutions de gestions de combustible REP envisagées par EDF, ces évolutions auront un impact faible sur les doses engagées par les opérateurs.

6.1.1.5 Usine de fabrication (Framatome) de Romans-sur-Isère et magasins inter-régionaux (MIR) de Bugey et de Chinon

Les limites techniques et réglementaires applicables à l'usine Framatome, pour la fabrication d'assemblages combustibles UNE, et aux installations d'entreposage d'assemblages combustibles UNE neufs sont résumées dans le tableau 11.

Tableau 11 : Limites techniques et réglementaires de l'usine Framatome et des MIR de Bugey et Chinon

Étape du cycle de fabrication	Caractéristiques des matières UNE mises en œuvre pour EDF sur la période 2015-2025	Limites réglementaires (UNE)
Fabrication de combustibles	$^{235}\text{U}/\text{U} \leq 4,2 \%$	Framatome Romans-sur-Isère UNE $^{232}\text{U}/\text{U} \leq 0,5 \text{ ppb}$ $^{235}\text{U}/\text{U} \leq 5 \%$ Décret du 20 mars 2006 : 1 800 t d'U/an pour la partie poudre, 1 400 t d'U/an pour les parties pastilles/assemblages
Entreposage	$^{235}\text{U}/\text{U} \leq 4,2 \%$	MIR CHINON et BUGEY $^{235}\text{U}/\text{U} \leq 5 \%$ Capacité unitaire : 320 assemblages combustibles

L'IRSN retient que les caractéristiques des assemblages combustibles UNE envisagées par EDF pour la période 2015-2025 sont compatibles avec les limites techniques et réglementaires des installations utilisées pour leur fabrication et de leur entreposage.

Impact sur la radioprotection

Pour ce qui concerne les risques liés à l'exposition aux rayonnements ionisants lors des opérations de fabrication des combustibles UNE, le renouvellement de l'outil industriel (projet dit « ROI ») de l'usine Framatome (remplacement des équipements de production, amélioration du confinement et de la ventilation...) a apporté des améliorations significatives du point de vue de la sûreté et de la radioprotection avec, notamment une réduction de la dose intégrée par le personnel. Depuis 2005, l'objectif de dose de 5 mSv/an pour l'exposition externe est systématiquement respecté et aucune exposition interne chronique n'a été observée.

Impact sur les rejets et les déchets générés par l'exploitation de l'usine Framatome

Selon le retour d'expérience d'exploitation de l'usine Framatome, la quantité de déchets produits et l'activité des rejets gazeux et liquides sont proportionnelles à la production d'assemblages combustibles. Aussi, les évolutions envisagées par EDF pour la période 2015-2025 (en dehors de la mise en œuvre d'URT, cf. § 6.1.2.5 du présent rapport) ne devraient pas avoir d'impact significatif sur les déchets et les rejets gazeux et liquides de l'installation.

6.1.1.6 Conversion de l'uranium naturel appauvri

L'usine W implantée sur le site de Pierrelatte (Orano Cycle) assure la conversion de l'hexafluorure d'uranium appauvri (UF_6 app) issu de l'usine d'enrichissement Georges Besse II en U_3O_8 en vue de son entreposage dans les parcs dédiés des sites de Bessines-sur-Gartempe et de Pierrelatte. Une partie de l' U_3O_8 produit est utilisé en tant qu'écran de protection radiologique dans les parcs d'entreposage d'URT du site de Pierrelatte.

Les limites techniques et réglementaires de l'usine W sont rappelées dans le tableau 12.

Tableau 12 : Limites techniques et réglementaires de l'usine W de Pierrelatte

Usine/Atelier	Référence	Capacité	Limites
Usine W (W1 + W2)	ICPE rattachée à l'INB n° 155 Décret du 7 juillet 1992	14 000 tU/an	$^{235}\text{U} < 0,5 \%$ $^{236}\text{U} \leq 100 \mu\text{g/gU}$

Les bilans de production pour les années 2014 à 2016 sont présentés dans le tableau 13.

Tableau 13 : Bilans de production 2014-2016 de l'usine W de Pierrelatte

	2014	2015	2016
Quantités d'UF ₆ Uapp traitées (tonnes)	18 828	19 561	15 368
Quantités d'U ₃ O ₈ Uapp produites (tonnes)	15 056	15 602	12 270
Quantités d'U ₃ O ₈ Uapp produites (tonnes d'U)	12 749	13 211	10 390

L'usine W, dont la capacité nominale de production est de 14 000 t d'U/an, fonctionne avec un atelier d'émission, ancien, et quatre lignes de défluoration.

En 2018, Orano Cycle devrait mettre en service un nouvel atelier d'émission, dénommé EM3, dont la capacité nominale de production est de 9 000 t d'U/an. Ce nouvel atelier fonctionnera avec deux lignes de défluoration, deux lignes non utilisées étant mises « sous cocon ». Orano Cycle précise que la capacité de production de l'usine W dans la configuration EM3 pourrait être augmentée à 14 000 t d'U/an par des modifications significatives (ajout d'autoclaves dans l'atelier EM3, remise en service des deux lignes de défluoration à l'arrêt) soumises à l'autorisation de l'ASN.

L'IRSN rappelle que l'usine W, sous statut d'ICPE, ne permet pas de traiter de l'UF₆ URT appauvri et que cette opération impliquerait, outre un changement de statut de l'installation (statut d'INB), une évolution significative des enjeux de sûreté.

Les autorisations de rejets de l'usine W sont définies dans l'arrêté préfectoral n° 4249 du 17 décembre 1991.

6.1.1.7 Entreposages d'U₃O₈ appauvri d'origine naturelle

L'entreposage de l'U₃O₈ appauvri d'origine naturelle est réalisé dans des parcs dédiés situés sur les sites de Bessines-sur-Gartempe et de Pierrelatte, et dans certains parcs du site de Pierrelatte qui assurent également l'entreposage d'U₃O₈ URT.

La situation globale des parcs d'entreposage d'U₃O₈ est examinée au § 6.1.2.3 du présent rapport.

6.1.2 *Fabrication de combustibles à base d'URT (URE)*

6.1.2.1 Présentation des données de base

Présentation du schéma industriel de fabrication de combustibles URE

La reprise du recyclage de l'URE est envisagée par EDF avec le chargement en combustibles URE des quatre réacteurs du CNPE de Cruas (palier CPY 900 MWe) à partir de 2021. Dans le dossier « IC 2016 », EDF a étudié deux schémas industriels d'approvisionnement en combustibles URE : « voie UO₂ » et « voie UF₆ ». Lors de l'instruction, EDF a annoncé l'abandon de la « voie UO₂ » et le maintien de la seule « voie UF₆ », présentée ci-dessous.

L'URT en provenance des usines de l'établissement de La Hague, sous forme de nitrate d'uranyle (NU), est transporté en citernes de type LR65 vers l'installation TU5 de Pierrelatte, qui assure sa conversion en U_3O_8 . L' U_3O_8 URT prélevé est converti en UF_6 et enrichi en ^{235}U (dénommé URE par la suite), puis livré à une usine de fabrication d'assemblages combustibles sous forme d' UF_6 en conteneurs de type 30B.

Avant sa mise en œuvre dans l'usine de fabrication d'assemblages combustibles, l' UF_6 URE peut subir une opération dite « de jouvence ». Comme indiqué précédemment, cette opération pourrait être réalisée, si nécessaire, dans l'atelier REC II de l'usine GBII, ou à l'étranger si la durée de transport est compatible avec le délai de mise en œuvre de cette opération de jouvence.

Dans le dossier « IC 2016 », EDF retient les hypothèses suivantes pour le recyclage de l'URT :

- les opérations de production d' UF_6 URT (fluoruration) seraient réalisées à l'étranger, à partir d' U_3O_8 URT actuellement entreposé dans les parcs de Pierrelatte ;
- les opérations d'enrichissement de l' UF_6 URT seraient réalisées dans l'usine GBII (capacité nominale de 0,5 MUTS/an pour la voie URT), ou à l'étranger ;
- les opérations de fabrication de combustibles URE seraient réalisées dans l'usine Framatome de Romans-sur-Isère (capacité de 150 tonnes d'U/an pour la voie URE), ou à l'étranger ;
- la maintenance des cylindres 48Y et 30B vides ayant contenu de l'URT serait réalisée dans une nouvelle usine d'Orano Cycle (Atelier de maintenance des conteneurs n°2, ou AMC2) sur le site de Pierrelatte, ou à l'étranger.

L'IRSN note que les besoins pour alimenter quatre réacteurs du palier CPY en combustibles URE s'élèvent à 73,6 tml/an. En se fondant sur les données présentées dans le dossier « IC 2016 » (NU URT [REDACTED] en ^{235}U , combustible URE à 4,10 % puis à 4,25 % en ^{235}U pour conserver l'équivalence avec l'UNE 3,7 %, UF_6 appauvri à [REDACTED] en sortie de l'usine d'enrichissement), l'IRSN évalue le prélèvement d' U_3O_8 URT dans les stocks entreposés sur le site de Pierrelatte à 526 tonnes d'U/an. Si l'enrichissement de l' UF_6 URT est réalisé à l'étranger, ce flux correspondant à un déstockage net dans la mesure où l' UF_6 URT appauvri ne reviendrait pas en France. Si l'enrichissement de l' UF_6 URT est réalisé en France, il s'accompagne de la production d'un flux d' UF_6 URT appauvri, conditionné en conteneurs de type 48Y, évalué à 452 tonnes d'U/an.

L'IRSN souligne qu'à l'heure actuelle, il n'existe pas d'installation en France susceptible de réaliser la défluoration de l' UF_6 URT appauvri en vue de son entreposage.

L'usine Framatome de Romans-sur-Isère est autorisée à fabriquer des assemblages combustibles URE, dans la limite de 150 tonnes d'U/an, pour une teneur inférieure à 15 ppb en ^{232}U , alors que le dossier « IC 2016 » prévoit une teneur enveloppe d'[REDACTED] ppb pour cet isotope. Ce point est examiné au § 6.1.2.5 du présent rapport.

Le schéma industriel possible pour le recyclage de l'URT, avec l'enrichissement de l'UF₆ URT en France (GBII) ou à l'étranger, est présenté sur la figure 3 ci-dessous.

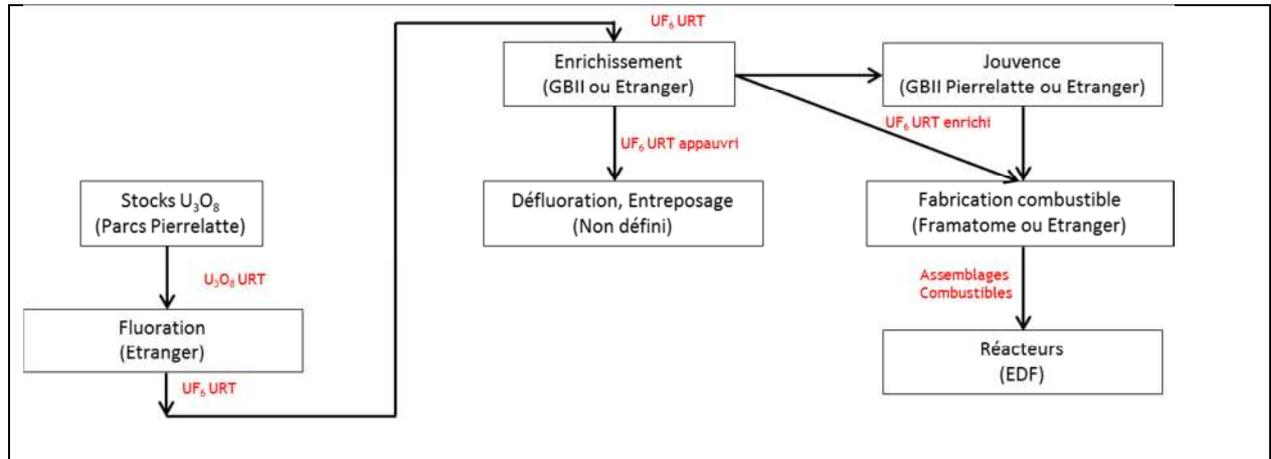


Figure 3 : Schéma de principe de la fabrication de combustible URE

Caractéristiques de l'URE mis en œuvre dans les installations du cycle

Sur la période 2015-2025, les caractéristiques radiologiques enveloppes de l'URT produit par les usines de l'établissement de La Hague et de l'URE issu de l'enrichissement de cet URT (en France ou à l'étranger) sont rappelées dans le tableau 14.

Tableau 14 : Caractéristiques radiologiques enveloppes de l'URT et de l'URE sur la période 2015-2025

Composition isotopique	Uranium issu du traitement des combustibles usés (URT) (en $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ d'uranium total)	Produit enrichi (URE) pour la période 2015-2025 (en $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ d'uranium total)
²³² U	$2,7 \cdot 10^{-3}$	$19,3 \cdot 10^{-3}$
²³⁴ U	210	1 340
²³⁵ U	7 900	41 900 (4,19 %) en 2021, 4,25 % en 2025
²³⁶ U	5 500	20 500 (2,05 %)

6.1.2.2 Atelier TU5 de conversion du NU (URT) en U₃O₈ (URT)

Les limites techniques et réglementaires de l'atelier TU5 sont rappelées dans le tableau 15.

Tableau 15 : Limites techniques et réglementaires de l'atelier TU5

Usine/Atelier	Référence	Capacité opérationnelle	Limites spécifiées dans le décret du 15 septembre 1994
Orano Cycle Pierrelatte Atelier TU5 (INB n° 155)	Décret du 15 septembre 1994	1 500 tU/an	2 000 tU/an $^{235}\text{U} \leq 1\%$; $^{232}\text{U} \leq 3,5$ ppb Activité Bγ (produits de filiation de l' ²³² U) $\leq 1 670$ Bq/gU Activité des PF $\leq 1 000$ Bq/gU pour ¹⁰⁶ Ru, ¹⁰³ Ru, ⁹⁵ Nb, ⁹⁵ Zr, ¹³⁷ Cs et ¹⁴⁴ Ce Activité en ⁹⁹ Tc < 320 Bq/g (soit 0,5 $\mu\text{g/gU}$) Activité α du Pu et ²³⁷ Np < 250 Bq/gU et activité α du ²³⁷ Np < 150 Bq/gU

La teneur maximale en ^{232}U de l'uranium traité dans l'atelier TU5 ces cinq dernières années est égale à [REDACTED] ng/gU ([REDACTED] ppb), teneur correspondant à un combustible UNE avec un taux de combustion d'environ 47 GWj/tU traité dans les usines de l'établissement de La Hague.

Dans le dossier « IC 2016 », EDF retient, pour la période 2015-2025, des taux de combustion moyens variant de 44 GWj/tU (gestion Garance UNE) à 47 GWj/tU (gestion Cyclades), ce qui correspond à une teneur maximale en ^{232}U de [REDACTED] ppb, conforme à la spécification d'entrée de l'atelier TU5 relative à l' ^{232}U (< 3,5 ppb).

Le bilan de production de l'atelier TU5 pour la période 2014-2016 est présenté dans le tableau 16 ci-dessous.

Tableau 16 : Bilan de production de l'atelier TU5 sur la période 2014-2016

Année	Nitrate d'uranyle traité (tonnes)	U_3O_8 produit (tonnes)	Equivalent U produit (tonnes)
2014	4 527	1 356	1 159
2015	4 976	1 501	1 283
2016	4 318	1 282	1 096

Ces capacités de production sont compatibles avec les flux de traitement envisagés par EDF pour la période 2015-2025 [REDACTED]

Concernant les risques d'exposition aux rayonnements ionisants, l'analyse des bilans dosimétriques de l'atelier TU5 montre que la dosimétrie collective dépend des opérations réalisées sur les parcs d'entreposage, et non des opérations réalisées dans l'atelier. La dose individuelle maximale reste cependant inférieure à l'objectif de dose individuelle fixé à une valeur maximale de 5 mSv par l'exploitant.

Pour ce qui concerne les rejets d'effluents radioactifs de l'atelier TU5, au regard du retour d'expérience de cet atelier, l'IRSN estime que les prévisions du flux d'uranium sous forme de nitrate d'uranyle à convertir pour la période 2015-2025 ne mettent pas en cause les limites définies par l'arrêté du 5 février 2008.

6.1.2.3 Parcs d'entreposage d' U_3O_8 naturel ou issu de l'uranium de retraitement (URT)

L'entreposage de l' U_3O_8 appauvri naturel est réalisé dans des parcs dédiés de Bessines-sur-Gartempe et de Pierrelatte (P09 et P19) et dans certains parcs du site de Pierrelatte qui assurent également l'entreposage d' U_3O_8 URT (P17, P18 et P35). La situation de ces entreposages, en tonnes d'U, est résumée dans le tableau 17 ci-dessous.

Tableau 17 : Situation des entreposages d'U₃O₈ appauvri d'origine naturelle et URT

Parcs	Capacité (en t d'U)	Stock à fin 2016		Stock à fin 2017		Saturation**	Observations
		Unat	URT	Unat	URT		
Bessines	170 060	████████	●	████████	●	████████	ICPE
Pierrelatte P09	14 700	████████	●	████████	●	████████	Rattaché à l'ICPE W
Pierrelatte P19	134 832	████████	●	████████	●		ICPE-1 bâtiment en réserve
Pierrelatte P17	16 000* 3 456 (URT)	████████	████████	████████	████████	████████	Inclus dans l'INB n° 178
Pierrelatte P18	50 000* 6 241 (URT)	████████	████████	████████	████████	████████	Rattaché à TU5 (INB n° 155)
Pierrelatte P35	93 500*	████████	████████	████████	████████	████████████████	INB n° 179
Total	479 092	304 757	30 117	320 104	30 871		

*Unat (U appauvri d'origine naturelle) + URT

**La saturation prend en compte les contraintes d'exploitation liées à l'entreposage des fûts et à leur manutention et peut intervenir avant l'atteinte de la limite réglementaire

S'agissant de l'U₃O₈ appauvri d'origine naturelle issu de la défluoration de l'UF₆ appauvri, qui ne dispose pas d'une filière de valorisation opérationnelle, le scénario « EDF REF » estime les besoins d'entreposage à ████████ tonnes d'U/an jusqu'en 2019, puis à ████████ tonnes d'U/an de 2020 à 2030. Le scénario « EDF BAS » réduit ces besoins d'environ 2 %. Orano Cycle estime que la totalité des capacités d'entreposage d'U₃O₈ appauvri d'origine naturelle serait atteinte en 2022. Une demande d'augmentation de capacité de l'ICPE de Bessines-sur-Gartempe a été déposée en décembre 2017, pour une mise en service en 2021, prenant en compte les besoins d'EDF jusqu'en 2030, soit ████████ tonnes d'U.

S'agissant de l'U₃O₈ URT issu de la dénitrification du nitrate d'uranyle produit par l'établissement de La Hague, qui ne dispose pas d'une filière de valorisation opérationnelle en dehors du recyclage sous forme d'URE à partir de 2021, le scénario « EDF REF » évalue les besoins d'entreposage à ████████ tonnes d'U/an de 2018 à 2030. Le scénario « EDF BAS » réduit ces besoins d'environ 4 %.

L'IRSN note qu'une réorganisation physique des entreposages actuels du site de Pierrelatte est en cours (remplacement des palettes en bois par des palettes métalliques plus larges, optimisation des protections radiologiques, gavage hybride des fûts d'U₃O₈...) afin d'accroître les capacités d'entreposage d'U₃O₈ URT. Cette réorganisation aura un impact sur la capacité d'entreposage de l'U₃O₈ appauvri d'origine naturelle.

L'IRSN note également qu'Orano Cycle a déposé, fin 2017, une demande d'autorisation de création d'un nouveau parc d'entreposage, dénommé FLEUR ou P36. Les capacités annoncées pour ce nouveau parc sont de ████████ d'URT, auxquels il convient d'ajouter environ ████████ d'U sous forme d'U₃O₈ appauvri d'origine naturelle conditionné en conteneurs DV70 utilisé en tant que protection radiologique.

L'IRSN souligne que la création de l'installation FLEUR (ou P36) induira, de fait, une augmentation des capacités d'entreposage d'U₃O₈ appauvri d'origine naturelle sur le site de Pierrelatte (correspondant à environ un an de la capacité maximale de production de l'usine W).

Caractéristiques des matières URT entreposées et capacités d'entreposage

Les limites techniques et réglementaires des parcs P17, P18 et P35 sont présentées dans le tableau 18.

Tableau 18 : Limites techniques et réglementaires des parcs d'entreposage d' U_3O_8 URT du site de Pierrelatte

Installation	Type d'installation	Capacité	Limites
Parc P17	INB n° 178	3 456 tU URT	$^{235}U < 1\%$
Parc P18	INB n° 155	7 360 t U_3O_8 URT soit 6 241 tU URT	$^{232}U < 3,5$ ppb
Parc P35	INB n° 179	93 500 tU Uapp et URT	$^{235}U < 10\%$ $^{232}U < 3,5$ ppb

Pour ce qui concerne la teneur en isotope ^{232}U de l'uranium, la limite pour les parcs d'entreposage est fixée à 3,5 ppb. Les caractéristiques enveloppes de l'URT envisagées pour la période 2015-2025, présentées dans le tableau 14, sont compatibles avec les limites en ^{232}U des parcs d'entreposage d' U_3O_8 URT.

Les contraintes suivantes sont considérées par Orano Cycle pour l'exploitation des parcs :

- la mise en place de protections radiologiques en périphérie des bâtiments des différents parcs, constituées de conteneurs de type DV70 remplis d' U_3O_8 appauvri d'origine naturelle ;
- le désentreposage de fûts, notamment pour la conversion et l'enrichissement d'URT,
- la séparation des matières pour le contrôle des matières nucléaires (contrôles EURATOM),
- le remplacement des palettes en bois par des palettes métalliques plus larges,
- la création de zones particulières (emballages témoins, non-conformités).

Ces contraintes ont conduit l'exploitant à engager des modifications de l'agencement des parcs d'entreposage (optimisation des protections radiologiques périphériques en U_3O_8 appauvri d'origine naturelle, optimisation du gavage des fûts d' U_3O_8 URT, élargissement des allées de manutention) afin de faciliter les manutentions, de limiter l'exposition externe des opérateurs et d'accroître les capacités d'entreposage. Ces modifications ont été réalisées sur le parc P17 et sont en cours d'instruction pour le parc P18.

Pour ce qui concerne le parc P35, ces modifications n'ont pas été engagées : bien que non saturé en termes de remplissage physique, le parc a pratiquement atteint sa limite réglementaire fixée à 93 500 tonnes d'U (appauvri d'origine naturelle et URT). Les capacités physiques des parcs sont définies par les surfaces disponibles pour l'entreposage des fûts d' U_3O_8 URT en tenant compte des contraintes précitées. Cette installation, anciennement installation individuelle de l'INBS de Pierrelatte, a été déclassifiée et enregistrée comme installation nucléaire de base n° 179 en 2017 (décision de déclassement du Premier ministre du 9 mai 2017 et décision du Président de l'ASN n° CODEP-DRC-2018-002107 du 19 janvier 2018).

Les capacités réelles, le remplissage à fin 2016 et les capacités restantes avant saturation sont précisées dans le tableau 19.

Tableau 19 : Situation des entreposages d'U₃O₈ URT du site de Pierrelatte

Parc	Capacité physique disponible (nombre de fûts)	Capacité physique utilisée fin 2016 (nombre de fûts)	Taux de remplissage physique (en nombre de fûts)	URT entreposé fin 2016 (en tonnes d'U)	Capacité disponible avant saturation (en tonnes d'U)
P17	████████	████████	████████	████████	████████
P18	████████	████████	████████	████████	████████
P35	████████	████████	████████	████████	████████
Total	████████	████████	████████	████████	████████

* Valeur avant réagencement

** Valeur estimée après réagencement

Dates de saturation des entreposages

Pour la période 2015-2025, les flux de traitement d'ACU UNE prévus par EDF induisent un flux d'URT sous forme de nitrate d'uranyle à convertir égal à ██████ tU/an (scénario « EDF REF ») ou ██████ tU/an (scénario « EDF BAS »), valeurs cohérentes avec le retour d'expérience des trois dernières années (1 180 tU/an traitées en moyenne par l'atelier TU5). En cohérence, les quantités d'U₃O₈ URT à entreposer sur les parcs du site de Pierrelatte sont les suivantes :

- jusqu'en 2020, l'U₃O₈ URT correspondant à la dénitrification du NU issu du traitement des ACU UNE à La Hague, soit ██████ tU/an (scénario « EDF REF ») ou ██████ tU/an (scénario « EDF BAS ») ;
- à partir de 2020 :
 - o sans relance du recyclage de l'URT, le flux d'U₃O₈ URT est inchangé ;
 - o avec relance du recyclage de l'URT, l'U₃O₈ URT correspondant à la dénitrification du NU provenant des usines de La Hague diminué de la quantité d'URT recyclé, soit ██████ tU/an (scénario « EDF REF ») ou ██████ tU/an (scénario « EDF BAS »). L'IRSN souligne que cette estimation ne prend pas en compte le retour de l'U₃O₈ URT issu de la défluoration de l'UF₆ URT appauvri qui interviendrait si l'opération d'enrichissement de l'URT était réalisée dans l'usine GBII.

En considérant les valeurs avant saturation précisées dans le paragraphe précédent, ainsi que les marges dégagées par le réagencement du parc P18, l'exploitant estime que la saturation des capacités d'entreposage d'U₃O₈ URT sur le site de Pierrelatte interviendrait en 2022 sans recyclage de l'URT. Le recyclage de l'URT avec enrichissement de l'UF₆ URT à l'étranger reporterait cette échéance de quelques années.

Au regard du retour d'expérience issu des réagencements déjà réalisés, du dossier transmis par Orano Cycle en vue de ré-agencer le parc P18 (en cours d'instruction par l'ASN) et des flux d'U₃O₈ URT produits par l'atelier TU5, l'IRSN estime réaliste l'échéance de 2022 retenue dans le dossier « IC 2016 » pour la saturation des capacités d'entreposage de l'URT dans les parcs actuels.

Comme exposé précédemment, Orano Cycle a déposé, fin 2017, une demande d'autorisation de création d'un nouveau parc (P36 ou FLEUR) permettant d'entreposer au maximum ██████ d'URT. Ce nouveau parc, composé de quatre bâtiments d'entreposage, serait construit et mis en service en deux étapes, adaptées au besoin, chaque étape ayant une capacité d'environ ██████ d'URT. En considérant les quantités de NU actuellement traitées, conduisant à la production d'environ 1 180 tonnes d'U/an sous forme d'U₃O₈ URT (moyenne

des trois dernières années), la saturation des capacités d'entreposage d'URT serait ainsi reportée à [REDACTED] pour la 1^{ère} phase de FLEUR et à [REDACTED] pour la 2^{nde} phase.

La fabrication d'assemblages combustibles URE avec un enrichissement de l'UF₆ URT à l'étranger (déstockage d'U₃O₈ URT de [REDACTED] tonnes d'U/an à partir de 2020) reporterait de [REDACTED] environ les échéances ci-dessus, soit [REDACTED] pour la 1^{ère} phase de FLEUR et [REDACTED] pour la 2^{nde} phase.

Par ailleurs, l'IRSN souligne que les surfaces disponibles dans les dix bâtiments qui constituent le parc P35 permettraient, si les opérations de réarrangement y étaient réalisées à l'identique des parcs P17 et P18, d'augmenter sa capacité d'entreposage en U₃O₈ appauvri d'origine naturelle et en U₃O₈ URT. Cette possibilité, qui suppose une autorisation de l'ASN, n'est pas envisagée dans le dossier « IC 2016 ».

L'IRSN recommande qu'EDF, en lien avec Orano Cycle, transmette, sous deux ans, sa stratégie de gestion de l'U₃O₈ appauvri d'origine naturelle et de l'U₃O₈ URT permettant de disposer de capacités d'entreposage suffisantes de ces matières. Si cette stratégie conduit à une augmentation des capacités d'entreposage, il précisera les échéances de transmission des dossiers associés.

Dans l'action n°2 d'EDF, transmise par lettre [11] en annexe 2 au présent rapport, EDF s'engage, en lien avec Orano Cycle, en complément des éléments sur la stratégie de gestion de l'URT transmis dans le cadre du PNGMDR (Plan National de Gestion des Matières et des Déchets Radioactifs), à présenter en réunion de suivi du cycle un échéancier des demandes réglementaires associées à l'extension des capacités d'entreposage d'U₃O₈ URT si elle s'avère nécessaire.

À cet égard, il convient de rappeler que cet état fait l'objet d'une actualisation tous les trois ans dans le cadre du PNGMDR. En outre, au titre de l'article 6 de l'arrêté du 23 février 2017 établissant les prescriptions du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs, EDF doit remettre au ministre chargé de l'énergie « [...] avant le 31 décembre 2017, un document présentant sa stratégie permettant de réduire à moyen terme la croissance des stocks d'uranium de retraitement détenus puis d'assurer le plafonnement de ces stocks. [...] ».

L'IRSN souligne que, depuis 2012, EDF transmet tous les deux ans à l'ASN, dans le cadre du suivi du cycle, un état d'avancement des actions associées à la stratégie de gestion de l'U₃O₈ (appauvri d'origine naturelle et URT) comprenant, notamment l'état de remplissage et les capacités disponibles pour chacun des parcs d'entreposage. L'IRSN estime que la transmission d'un tel document de suivi doit être poursuivie.

Enfin, l'IRSN souligne que les filières de valorisation ou les exutoires qu'il conviendrait de définir en l'absence de réutilisation de l'U₃O₈ (appauvri d'origine naturelle et URT), qui serait alors considéré comme un déchet, sont examinés dans le cadre du PNGMDR.

À cet égard, l'article 2 de l'arrêté du 23 février 2017 indique que « l'inventaire national [...] présente un scénario prospectif de non-renouvellement de la production électronucléaire dans lequel les matières non valorisées sont requalifiées en déchets [...] ». En outre, les articles 4 et 7 du même arrêté stipulent que l'Andra remet « [...] avant le 31 décembre 2019 au ministre chargé de l'énergie une étude de faisabilité du stockage d'uranium appauvri et une étude de faisabilité du stockage d'uranium de retraitement ».

6.1.2.4 Usine Georges Besse II (GBII) - module URT

La mise en œuvre d'URT dans l'usine GBII est autorisée dans un seul module d'enrichissement de l'unité Nord de l'usine (deux modules sont équipés techniquement pour pouvoir réaliser cette opération) et dans l'atelier REC II (réception-expédition-contrôle) ; ces deux bâtiments sont actuellement en exploitation avec de l'uranium naturel uniquement. Les limites techniques et réglementaires pour le module URT de l'usine GBII, spécifiées dans la décision de l'ASN n° 2013-DC-0331 du 31 janvier 2013, sont présentées dans le tableau 11 (cf. § 6.1.1.3).

Dans le dossier « IC 2016 », EDF retient les vecteurs isotopiques URT et URE présentés dans le tableau 14 (cf. § 6.1.2.1), et précise que la teneur en ^{235}U dans le combustible URE pourrait augmenter jusqu'à 4,25 % en [REDACTED] (combustible dit URE NT) pour maintenir l'équivalence énergétique avec le combustible UNE 3,7 %.

En effet, l'enrichissement de l'URT conduit à concentrer, d'une part la fraction d' ^{234}U et d' ^{235}U non consommée en réacteur, d'autre part la fraction d' ^{232}U et d' ^{236}U formée lors de l'irradiation du combustible en réacteur. La teneur de ces derniers isotopes croît avec le taux de combustion du combustible dont l'uranium est issu, et doit être compensée par une augmentation de la teneur en ^{235}U dans le produit enrichi.

Les vecteurs isotopiques de l'uranium URT et des combustibles URE et URE NT envisagés par EDF sont compatibles avec les limites techniques et réglementaires de l'usine GBII. Par ailleurs, le dossier « IC 2016 » présente les dispositions envisagées de gestion (entreposage, lavage) des conteneurs 30B et 48Y vides ayant contenu de l' UF_6 de retraitement.

6.1.2.5 Usine Framatome de Romans-sur-Isère - fabrication des combustibles URE

Les limites techniques et réglementaires actuellement applicables à l'usine Framatome de Romans-sur-Isère pour la fabrication d'éléments combustibles URE sont résumées dans le tableau 20.

Tableau 20 : Limites techniques et réglementaires applicables à l'usine Framatome pour la mise en œuvre d'URE

Étape du cycle de fabrication	Limites Techniques et Réglementaires (URE)
Fabrication de combustibles	$^{232}\text{U}/\text{U} \leq 15$ ppb $^{234}\text{U}/\text{U} \leq 0,15$ % $^{235}\text{U}/\text{U} \leq 5$ % $^{236}\text{U}/\text{U} \leq 2$ % 150 t/an

Le vecteur isotopique envisagé par EDF pour la fabrication de combustibles URE pour la période 2015-2025 est présenté dans le tableau 14, et permet de maintenir l'équivalence énergétique du combustible URE avec un combustible UNE dont l'uranium est enrichi à 3,7 % en isotope 235 (gestion « Garantie URE »).

Les hypothèses retenues par EDF (chargement des quatre tranches de Cruas à partir de 2021) conduisent à la fabrication de 73,6 tml/an de combustibles URE. Cette valeur est compatible avec les autorisations actuelles de l'usine Framatome (150 tml/an de combustibles URE).

Pour rappel, cette usine a produit jusqu'à 82 tml/an de combustibles de ce type entre 2008 et 2012 pour le chargement des quatre tranches de Cruas, avec une valeur limite de 15 ppb pour la teneur en ^{232}U (prescription notifiée par lettre [14]), inférieure à la valeur de [REDACTED] ppb retenue par EDF dans le dossier « IC 2016 ». Par ailleurs, il convient de noter que la teneur en ^{232}U des matières réellement mises en œuvre lors de ces campagnes de fabrication était de l'ordre de 11,5 ppb.

Sans préjuger du dossier qui devra être transmis par Framatome pour être autorisé à augmenter la teneur maximale en ^{232}U mise en œuvre dans l'INB n° 98 de 15 ppb à [REDACTED] ppb, l'IRSN estime qu'elle ne devrait avoir qu'un impact limité sur l'exposition externe des opérateurs intervenant lors des opérations de fabrication et de contrôle des assemblages combustibles, compte tenu :

- de la faible augmentation de la teneur en ^{232}U ;
- de la quantité de combustibles URE à fabriquer, qui représente moins de 10 % de la production actuelle, et qui serait concentrée sur une seule campagne annuelle ;
- du retour d'expérience des fabrications de ce type déjà réalisées ;
- des améliorations apportées par la rénovation de l'outil industriel depuis le réexamen de sûreté de 2007 ;
- des dispositions particulières de radioprotection susceptibles d'être mises en œuvre.

Pour les mêmes raisons, l'évolution envisagée des caractéristiques des combustibles URE ne devrait pas avoir d'impact significatif sur l'activité des rejets liquides et gazeux de l'usine Framatome.

Pour ce qui concerne les conteneurs 30B contenant de l'URE, l'IRSN rappelle que les descendants de l' ^{232}U , émetteurs gamma de forte énergie, commencent à s'accumuler dans le conteneur dès la fin de l'étape de remplissage de celui-ci, en fin de processus d'enrichissement. Cette accumulation peut être pénalisante, du point de vue de la radioprotection des travailleurs, si l'URE n'est pas rapidement mis en œuvre dans l'usine de fabrication de combustible. Si ce délai de mise en œuvre excède 6 mois, les conteneurs 30B contenant de l'URE doivent subir une opération, dite « de jouvence », réalisable dans l'atelier REC II de GBII. Toutefois, l'impact dosimétrique de cette opération de jouvence, notamment lors des opérations de transport, manutention, accostage et désaccostage, n'est pas évalué au regard du gain attendu en matière dosimétrique pour les opérateurs en charge des opérations de fabrication de combustible.

Pour ce qui concerne les conteneurs 30B ayant contenu de l'URE, qui concentrent les descendants non volatils de l' ^{232}U , l'IRSN rappelle qu'ils peuvent présenter un débit de dose 10 fois supérieur à celui des conteneurs 30B vides ayant contenu de l'URE. Aucune installation française actuelle n'étant en capacité de traiter les conteneurs 30B vides ayant contenu de l'URE (lavage permettant d'éliminer les fonds solides), ceux-ci devront être entreposés dans l'attente de leur expédition vers une installation de traitement française à créer ou étrangère. Les conditions d'entreposage de ces cylindres devront être définies au regard du risque d'exposition externe important lié à leur entreposage, en tenant compte des rayonnements directs et de l'effet de ciel.

L'IRSN recommande qu'au regard de la filière industrielle qui sera retenue pour le recyclage de l'URE, EDF présente, dans les 2 ans qui suivent, pour les opérations réalisées en France et en lien avec les exploitants concernés, les dispositions de sûreté et de radioprotection nécessaires à la mise en place de cette filière et les échéances de transmission des dossiers réglementaires associés.

Ce point fait l'objet de l'action n°3 d'EDF, transmise par lettre [11] en annexe 2 au présent rapport. Cet engagement est satisfaisant.

L'IRSN estime que l'avancement des actions prévues dans le cadre du déploiement de la filière industrielle retenue pour effectuer les opérations de recyclage de l'URT devrait être examiné dans les réunions de suivi du cycle et dans le document de suivi transmis tous les deux ans.

6.1.3 Fabrication de combustibles à base d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium (MOX)

La fabrication des combustibles MOX est assurée en France par l'usine MELOX située sur le site de Marcoule. La figure 4 présente les installations impliquées dans cette fabrication.

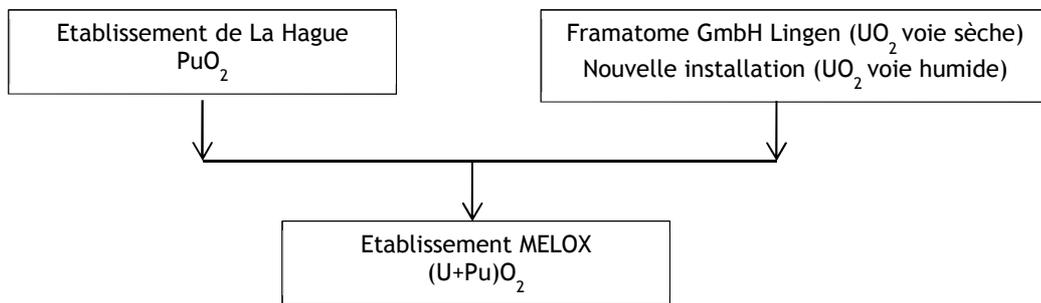


Figure 4 : Schéma de principe de la fabrication des combustibles MOX

L'oxyde de plutonium (PuO₂) provient des usines de l'établissement de La Hague. L'oxyde d'uranium (UO₂) est fourni, depuis 2011, par l'usine Framatome de Lingen (UO₂ voie sèche). Il était précédemment fourni, depuis le démarrage de l'usine MELOX, par l'atelier TU2 de l'établissement de Pierrelatte (UO₂ voie humide). Orano Cycle prévoit de relancer la fabrication d'UO₂ par voie humide dans un nouvel atelier, dénommé NVH, qui pourrait être construit sur le site de Malvési ou sur le site de Pierrelatte.

L'installation MELOX est autorisée à mettre en œuvre de l'uranium naturel ou de l'URT de teneur en ²³⁵U inférieure ou égale 1,2 %.

La capacité de production annuelle de l'usine MELOX est autorisée jusqu'à 195 tml (222 tonnes d'oxydes mixtes contenus dans les éléments combustibles). La masse de combustible « Parité MOX » fabriquée annuellement pour les recharges nécessaires au fonctionnement de 22 réacteurs EDF de 900 MWe est de l'ordre de 120 tml, correspondant à un flux de traitement des ACU UNE dans l'établissement de La Hague égal à 1 100 tml/an).

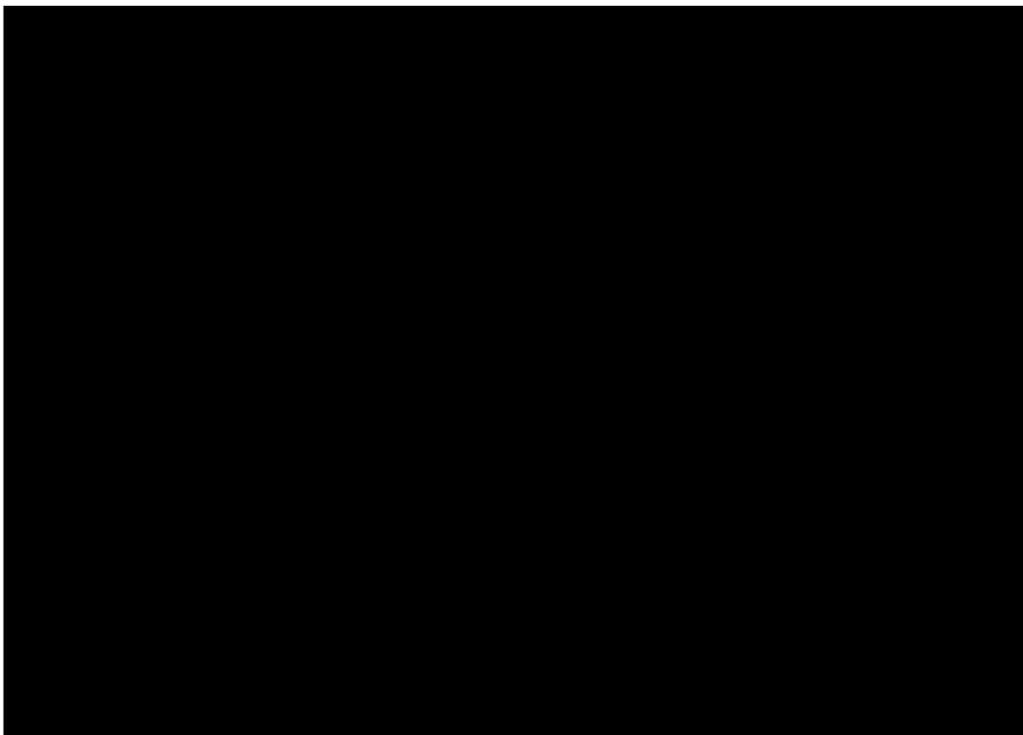


Figure 5 : Bilan de production de l'usine MELOX 1995-2016

6.1.3.1 Évolutions envisagées pour la période 2015-2025

Concernant l'impact des évolutions du cycle sur l'usine MELOX, le dossier « IC 2016 » indique que :

- jusqu'en 2017, les assemblages combustibles MOX sont exploités selon la gestion « Parité MOX ». La teneur moyenne en plutonium des assemblages est limitée à 8,65 %. L'UO₂ de ces combustibles est de l'uranium appauvri et le gainage des crayons est en alliage M5 ;
- à partir de 2018, les assemblages combustibles « Parité MOX » sont progressivement remplacés par des assemblages «MOX NT 2012 Intermédiaire». Le vecteur isotopique du plutonium évolue du fait du taux de combustion plus élevé des combustibles UNE traités dans les usines de l'établissement de La Hague. Pour conserver l'équivalence énergétique avec un combustible UNE de teneur en ²³⁵U de 3,7 %, la teneur moyenne en plutonium des assemblages est progressivement augmentée jusqu'à 9,08 %. L'UO₂ utilisé est de l'uranium appauvri et le gainage des crayons est en alliage M5.

Pour rappel, en 2011, Orano Cycle a transmis le réexamen de sûreté de l'usine MELOX, dont la réévaluation de sûreté prend en compte les évolutions liées à la mise en œuvre de plutonium de composition isotopique dite « Parité MOX » vers la composition isotopique dite « MOX NT 2012 ». Par rapport au plutonium « Parité MOX », le plutonium « MOX NT 2012 » présente des risques accrus du point de vue de la radioprotection et des dégagements thermiques. À l'issue de l'instruction de ce réexamen de sûreté, le GPU avait estimé, lors de sa réunion du 29 mai 2013, que l'exploitation de l'INB n° 151 pouvait être poursuivie sous réserve de la mise en œuvre du programme d'actions défini par l'exploitant, du respect des engagements complémentaires qu'il a pris dans le cadre de l'instruction ainsi que de la prise en compte des recommandations. Le GPU a notamment estimé nécessaire que l'exploitant présente sa stratégie visant à maîtriser l'exposition aux postes de travail et précise, dans le cadre de la mise en œuvre de plutonium dit « MOX NT 2012 », ou de composition isotopique intermédiaire entre « Parité MOX » et « MOX NT 2012 », les actions et études envisagées ainsi que le calendrier associé.

Les caractéristiques du vecteur isotopique « MOX NT 2012 » sont enveloppes de celles du vecteur « MOX NT 2012 Intermédiaire » attendu sur la période étudiée.

Les principales limites associées à l'usine MELOX sont présentées dans le tableau 21.

L'usine MELOX est été conçue pour mettre en œuvre du plutonium provenant de combustibles UNE irradiés jusqu'à 45 GWj/tmli. À cet égard, le dossier « IC 2016 » précise que le taux de combustion moyen des combustibles UNE d'EDF traités dans les usines de l'établissement de La Hague pour la période 2015-2025 sera inférieur à 46 GWj/tmli.

Tableau 21 : Limites techniques et réglementaires associées à l'usine MELOX

Étape du cycle de fabrication	Limites Techniques et Réglementaires	Données utilisées pour le dimensionnement de l'usine MELOX
Fabrication usine MELOX	Production ≤ 195 tml Masse de Pu ≤ 14 t $^{240}\text{Pu}/\text{Pu}_{\text{total}} \geq 17$ % $^{235}\text{U}/\text{U} \leq 1,2$ % (MP)* : $^{241}\text{Am}/(\text{Pu}+^{241}\text{Am}) \leq 3$ % (MP) : $\text{Pu}/(\text{U}+\text{Pu}) \leq 30$ % (MP) : 18 kg de PuO ₂ par jarre J60 (MF)** : $\text{Pu}/(\text{U}+\text{Pu}) \leq 12,5$ % (MF) : 10 kg de PuO ₂ par jarre J80 (MF) : P oxyde $\leq 1,94$ W/kg P crayon ≤ 5 W P assemblage $\leq 1\ 100$ W Caractéristiques des crayons constituant les assemblages produits : <ul style="list-style-type: none"> o $^{240}\text{Pu}/\text{Pu} \geq 23$ % o $^{241}\text{Pu}/^{240}\text{Pu} \leq 0,43$ o $^{242}\text{Pu}/^{241}\text{Pu} \geq 0,30$ 	Thermique : - $\text{Pu}/(\text{U}+\text{Pu}) \leq \dots$ % ; $P_{\text{th}} \leq \dots$ W/kg Pu - Pu vieilli \dots ans issu d'un combustible UNE irradié à \dots GWj/tml et refroidi \dots ans avant traitement Radioprotection : - $\text{Pu}/(\text{U}+\text{Pu}) \leq \dots$ % - Pu vieilli \dots ans issu d'un combustible UNE irradié à \dots GWj/tml et refroidi \dots ans avant traitement - Vérification de la compatibilité des dispositions de radioprotection pour un combustible à base de Pu vieilli \dots ans issu d'un combustible UNE irradié à \dots GWj/tml et refroidi \dots ans avant traitement

* MP : Mélange primaire ** MF : Mélange final

La composition isotopique du plutonium utilisé dans la fabrication des combustibles « Parité MOX » et « MOX NT 2012 Intermédiaire » est caractérisée, notamment, par la teneur en Pu total (respectivement 8,65 % et 9,08 %) et par la teneur en ²³⁸Pu (respectivement \dots % et \dots %).

6.1.3.2 Impact sur les rebuts générés par l'exploitation de l'usine MELOX

Les rebuts correspondent aux produits non conformes aux spécifications des clients ; ils sont, dans la mesure du possible, recyclés dans le procédé. Les rebuts en excédent sont frittés et conditionnés, soit en boîtes serties, soit sous forme de crayons ou d'assemblages, en vue de leur entreposage dans les piscines de l'établissement de La Hague avant traitement.

En 2016, MELOX a produit \dots tml de rebuts non recyclés dans la fabrication des assemblages combustibles \dots tml en 2015).

Conformément à l'arrêté du 29 mars 2005, la réception, l'entreposage et le traitement de ces rebuts sont autorisés dans les usines de traitement de l'établissement de La Hague.

Le dossier d'options de sûreté d'une future unité de traitement des matières plutonifères (TMP) susceptible de traiter les rebuts de MELOX, \dots transmis en juin 2009, a été examiné par l'IRSN en février 2010. Depuis, Orano Cycle a abandonné le projet TMP au profit d'une unité de traitement des combustibles particuliers (projet TCP, cf. § 8.4 du présent rapport).

6.1.3.3 Impact sur les risques liés à l'exposition aux rayonnements ionisants

L'évolution des combustibles MOX fabriqués dans l'usine MELOX, tel que mentionné dans le dossier « IC 2016 » n'a pas d'impact significatif sur les risques liés à l'exposition interne des travailleurs en situation normale d'exploitation dans l'usine MELOX. S'agissant de l'exposition externe aux rayonnements ionisants, le dimensionnement des protections radiologiques de l'usine MELOX a été réalisé avec un combustible de référence dont la teneur en plutonium [Pu/(U + Pu)] dans le mélange final est de [REDACTED] %.

La teneur moyenne en Pu retenue par EDF après 2018 (9,08 % dans le combustible « MOX NT 2012 Intermédiaire », par une augmentation annuelle de la teneur en Pu de [REDACTED] % à partir de 2018) se rapproche de la valeur de dimensionnement. L'exposition externe est également liée aux teneurs en ^{238}Pu et en ^{240}Pu , pour l'émission neutronique, et à la teneur en ^{241}Am , pour l'émission gamma. L'exploitant a évalué l'évolution de l'activité massique alpha et des fluences gamma et neutron dont les résultats sont présentés dans le tableau 22.

Tableau 22 : Evolution des émissions gamma et neutron avec le combustible « Parité MOX » après 2012

	Parité MOX	MOX NT 2012 Intermédiaire
Activité alpha (GBq/g de Pu)	[REDACTED]	[REDACTED]
Fluence neutron (n/s/g de Pu)	[REDACTED]	[REDACTED]
Fluence gamma (10^6 γ /s/g de Pu)	[REDACTED]	[REDACTED]

L'augmentation des émissions neutronique et gamma liée au combustible « MOX NT 2012 Intermédiaire » pourrait ainsi conduire à des doses efficaces individuelles maximales supérieures d'environ [REDACTED] aux doses relevées lors de la fabrication du combustible « Parité MOX » (9,9 mSv pour le corps entier et 168 mSv pour les extrémités en 2016), tout en restant inférieures aux limites réglementaires (respectivement 20 mSv et 500 mSv).

Comme indiqué précédemment, à l'issue de l'instruction du dernier dossier de réexamen de sûreté de l'usine MELOX, le GPU avait estimé, lors de sa réunion du 29 mai 2013, que : « La mise en œuvre de plutonium dit « MOX NT 2012 », ou de composition isotopique intermédiaire entre « parité MOX » et « MOX NT 2012 », pourrait conduire à une augmentation [des] doses. À cet égard, le groupe permanent estime nécessaire que l'exploitant présente sa stratégie visant à maîtriser l'exposition aux postes de travail et précise notamment, dans ce cadre, les actions et études envisagées ainsi que le calendrier associé. » L'IRSN note que la teneur en ^{238}Pu (isotope très pénalisant du point de vue de la radioprotection) retenue dans le dossier « IC 2016 » ([REDACTED] %) est supérieure à celle présentée dans le dossier de réexamen de sûreté de l'usine MELOX examiné en 2013 ([REDACTED] %).

Dans le cadre des suites du réexamen, l'exploitant a transmis fin 2014 à l'ASN, sa stratégie pour maîtriser l'exposition externe des travailleurs aux rayonnements ionisants en tenant compte des évolutions envisagées des matières mises en œuvre et de la poursuite de la démarche de progrès continu engagée en matière de réduction de la dosimétrie (propreté radiologique des postes de travail, optimisation des protections collectives et individuelles, protections radiologiques supplémentaires dans les ateliers « presse » et « rectification »...). Toutefois, l'IRSN souligne que l'exposition collective corps entier au niveau de l'établissement reste stable à environ 3 100 H.mSv pour la période 2012-2016 pour une production annuelle en baisse sur la même période de 150 à 127 tml, malgré les améliorations continues mises en œuvre. Ceci s'explique, notamment, par l'augmentation du nombre d'opérations de maintenance liées au vieillissement de l'installation.

0.2. L'IRSN estime qu'Orano Cycle devrait, dans le prochain dossier de réexamen de sûreté de l'usine MELOX prévu d'être transmis en 2021, présenter l'impact de la fabrication du combustible « MOX NT 2012 Intermédiaire » sur la dosimétrie des opérateurs en tenant compte, notamment, de l'augmentation du nombre d'opérations de maintenance liées au vieillissement de l'installation, et justifier les dispositions retenues pour limiter à des valeurs aussi basses que raisonnablement possible les doses reçues par les opérateurs.

6.1.3.4 Impact sur les risques dus aux dégagements thermiques

La puissance thermique du combustible MOX évolue en fonction du taux de combustion du combustible UNE dont le plutonium est issu et de son vieillissement. La limite thermique retenue pour le dimensionnement de l'usine MELOX est de [REDACTED] W/kg de plutonium.

Dans le dossier « IC 2016 », la puissance thermique correspondant à la composition isotopique du PuO₂ retenu pour le combustible « MOX NT 2012 Intermédiaire » est égale à [REDACTED] W/kg de plutonium, supérieure à celle considérée lors du dimensionnement de l'usine MELOX. L'IRSN a évalué les puissances thermiques pour différents équipements de l'installation et les a comparées aux limites imposées par les prescriptions techniques (cf. tableau 23).

Tableau 23 : Puissances thermiques « conception MELOX » et « MOX NT 2012 Intermédiaire »

	PuO ₂ (W/kg)	Pu (W/kg)	Boîte de PuO ₂ (W)	Conteneur AA227 (W)	Jarre MP (18 kg PuO ₂) (W)	Jarre MF (W)	Mélange final (11 % de PuO ₂) (W/kg)	Crayon Combustible (W)	Assemblage (W)
MOX NT 2012 Intermédiaire	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
Base de dimensionnement	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

* puissance thermique d'un crayon composé de [REDACTED] pastilles de masse égale à environ [REDACTED] g et de teneur en Pu égale à [REDACTED] %

** puissance thermique d'un assemblage composé de [REDACTED] crayons de puissance thermique unitaire égale à [REDACTED] W

*** valeurs faisant l'objet de prescriptions techniques

Les puissances thermiques maximales associées au produit « MOX NT 2012 Intermédiaire » présentées dans le dossier « IC 2016 » sont supérieures à celles prises en compte dans le dimensionnement de l'usine MELOX ou faisant l'objet de prescriptions techniques (boîte de PuO₂, jarre de mélange final, mélange final, assemblage), ce qui pourrait mettre en cause la capacité de production de l'usine MELOX en limitant les quantités de matière mises en œuvre dans les différents conteneurs.

Dans le dossier « IC 2016 », l'exploitant évalue l'impact du produit « MOX NT 2012 », enveloppe du produit « MOX NT 2012 Intermédiaire », pour les aspects thermiques. Il conclut que :

- pour les entreposages d'assemblages, les critères thermiques applicables aux locaux sont respectés en limitant la puissance thermique d'un assemblage à la valeur de [REDACTED] W ou, si cette valeur est dépassée dans le cas de la fabrication de « MOX NT 2012 », en modifiant les paramètres de ventilation (augmentation du débit de soufflage ou abaissement de la température de l'air du réseau de soufflage) ;
- pour les entreposages de pastilles, les critères thermiques applicables aux locaux et aux matériaux neutrophages utilisés ne sont pas respectés si la puissance thermique du mélange secondaire dépasse 2,017 W/kg ou en cas de perte totale prolongée de la ventilation.

L'exploitant précise qu'il envisage de faire évoluer certaines spécifications techniques relatives aux puissances thermiques (cf. tableau 24) par rapport aux critères de dimensionnement.

Tableau 24 : Évolutions des spécifications techniques « thermiques » envisagées pour l'usine MELOX

	Boîte de PuO ₂	Conteneur AA227	Jarre de mélange primaire	Kg de mélange final	Crayon	Assemblage
Puissance (W)	75	375	432	2,26	5,5	1100

L'IRSN note que les nouvelles limites envisagées par l'exploitant sont plus pénalisantes que celles retenues pour le produit « MOX NT 2012 Intermédiaire » et que celles utilisées par l'exploitant pour les calculs thermiques réalisés. A cet égard, sur la base de l'évaluation réalisée lors du dernier dossier de réexamen de sûreté, l'IRSN estime qu'une attention particulière est à apporter aux locaux d'entreposage de pastilles pour lesquels les critères thermiques pourraient être dépassés.

O.3. L'IRSN considère qu'Orano Cycle devrait, dans le prochain dossier de réexamen de sûreté de l'usine MELOX, réévaluer le comportement thermique des entreposages de pastilles dans l'usine MELOX pour les situations accidentelles considérées (perte prolongée de la ventilation notamment), au regard du vecteur isotopique retenu pour le produit « MOX NT 2012 Intermédiaire ».

Par ailleurs, dans le cadre des évaluations complémentaires de sûreté (ECS) post-Fukushima, l'exploitant avait évalué le comportement thermique des entreposages en postulant un arrêt de longue durée de la ventilation assurant leur refroidissement, sur la base d'une puissance dégagée par les matières entreposées. L'IRSN avait estimé en 2016, dans son avis [15], que la ventilation des entreposages devait être rétablie rapidement afin de les maintenir à une température compatible avec le respect de leurs exigences (non dégradation du béton et non déformation des structures de supportage des pastilles et des crayons combustibles).

L'IRSN estime que l'évolution envisagée de certaines spécifications techniques relatives aux puissances thermiques des matières mises en œuvre dans l'installation MELOX renforce les conclusions formulées par l'IRSN à l'issue de l'instruction des ECS sur la nécessité de dispositions adaptées permettant de remettre en service rapidement la ventilation des entreposages de pastilles, en particulier en matière d'alimentation électrique des ventilateurs.

6.1.3.5 Impact sur les déchets générés par l'usine MELOX

Les déchets technologiques radioactifs produits par l'usine MELOX se répartissent en :

- déchets suspects, issus des locaux et liés à l'environnement d'exploitation de l'usine. Ils contiennent une quantité de matière radioactive nulle ou très faible ;
- déchets radioactifs, issus des équipements de procédé en boîtes gants et dépendant directement des fabrications. Le traitement des déchets radioactifs produits par l'usine MELOX est détaillé au § 6.4.4 du présent rapport.

6.1.3.6 Impact sur les rejets liquides et gazeux générés par l'exploitation de l'usine MELOX

Le bilan de production de l'année 2016 est présenté dans le tableau 25.

Tableau 25 : Bilan des effluents liquides et gazeux radioactifs rejetés par l'usine MELOX

			Limite d'autorisation	Réalisé 2016
Activité des effluents radioactifs (MBq)	Liquides	Alpha	120	0,13
		Activité totale	3 300	2,5
	Gazeux	Alpha totale	74	0,015
		Activité totale	2 000	0,26

Pour ce qui concerne les effluents liquides radioactifs générés par l'usine MELOX, l'arrêté du 13 juillet 1994 limite l'activité des rejets radioactifs liquides provenant de l'usine MELOX, après traitement par la station de traitement des effluents liquides (STEL) du CEA Marcoule, à 3,3 GBq/an pour l'activité totale et à 120 MBq/an pour l'activité en émetteurs alpha.

En se fondant sur le retour d'expérience disponible, l'IRSN observe que les mesures d'activité des effluents faiblement actifs (FA) ont toujours été inférieures aux limites de détection des appareils de mesure. Concernant les effluents moyennement actifs (MA), les volumes produits sont très faibles (environ 400 l/an) par rapport aux données de base de conception (20 m³/an) et ne varient pas de façon significative en fonction du niveau de production de l'usine.

Pour ce qui concerne les effluents gazeux radioactifs de l'usine MELOX, l'arrêté du 13 juillet 1994 limite leur activité à 2 GBq/an pour l'activité totale et à 74 MBq/an pour l'activité en émetteurs alpha. Le retour d'expérience disponible montre que les mesures d'activité des rejets gazeux de l'usine MELOX restent inférieures aux limites de détection des appareils de mesure (0,12.10⁻³ Bq/m³ pour l'activité α et 2.10⁻³ Bq/m³ pour l'activité totale).

L'IRSN considère que la fabrication de combustibles « MOX NT 2012 Intermédiaire » ne devrait pas avoir d'impact significatif sur les caractéristiques des effluents liquides et gazeux de l'usine MELOX et ne remet pas en cause les limites de rejets d'effluents liquides et gazeux actuellement fixées par l'arrêté du 13 juillet 1994.

6.1.3.7 Impact sur les situations accidentelles

Le dossier de réexamen de sûreté examiné par l'IRSN en 2013 présente une mise à jour des études des quatre situations accidentelles présentées dans le rapport de sûreté de l'usine MELOX pour tenir compte des données d'entrée relatives au produit « MOX NT 2012 », enveloppe du produit « MOX NT 2012 Intermédiaire ». Les valeurs obtenues pour l'exposition des groupes de référence sont du même ordre de grandeur que celles obtenues avec les scénarios accidentels retenus à la conception de l'installation. Ceci n'appelle pas de commentaire.

6.2 FONCTIONNEMENT DES RÉACTEURS À EAU PRESSURISÉE

Ce paragraphe présente l'évaluation par l'IRSN de l'impact, sur les réacteurs électronucléaires, des évolutions de gestions des combustibles envisagées par EDF jusqu'en 2030. Comme indiqué au § 4.2 du présent rapport, EDF n'envisage plus le déploiement de gestions de combustibles à haut taux de combustion. La présente évaluation de l'IRSN s'est donc concentrée sur les évolutions de la quantité d'assemblages combustibles usés entreposés dans les piscines de désactivation des réacteurs.

À cet égard, l'IRSN rappelle que dans son avis [8], les membres des GPU et GPD ont noté que, s'agissant des entreposages de combustibles dans les piscines des bâtiments combustibles (BK) des centrales électronucléaires, les capacités d'entreposage disponibles sont aujourd'hui faibles et pourraient s'avérer insuffisantes pour la période considérée. EDF envisage différents projets permettant d'augmenter ces capacités.

6.2.1 Capacité d'entreposage des piscines de désactivation d'EDF

6.2.1.1 Principes d'exploitation

Le parc électronucléaire d'EDF est composé de 58 réacteurs en exploitation, répartis en quatre paliers. Une description de ce parc REP français est présentée au § 3.2 du présent rapport.

Chaque réacteur dispose dans son bâtiment combustible (dit BK) d'une piscine de désactivation, dénommée piscine BK, permettant l'entreposage des assemblages combustibles neufs ou usés dans des alvéoles. La capacité totale d'entreposage varie, selon les paliers, de 311 à 630 alvéoles. Chaque alvéole reçoit un seul assemblage.

La capacité exploitable (tranche en fonctionnement) d'une piscine BK est inférieure à sa capacité totale. En effet, l'exploitant doit en permanence pouvoir entreposer dans cette piscine les assemblages combustibles présents dans le réacteur afin que celui-ci puisse être déchargé en cas de nécessité. Le nombre maximal d'alvéoles pouvant accueillir des assemblages combustibles irradiés, en tenant compte de cette contrainte, est dénommé « seuil de sûreté ». Par ailleurs, les assemblages combustibles neufs, constituant la recharge du réacteur, sont entreposés en piscine BK avant chargement dans le cœur. Le nombre maximal d'alvéoles disponibles pour l'entreposage d'ACU, tenant compte des réserves pour l'ensemble des assemblages du cœur et de la recharge, est nommé « seuil d'exploitation ». Il assure la capacité à recharger le cœur du réacteur lors de son arrêt.

La capacité des piscines BK (exprimée en nombre d'alvéoles par tranche) est donnée pour les différents paliers dans le tableau 26.

Tableau 26 : Capacités des piscines BK par palier

Paliers	Nb de tranches	Capacité totale	Nb d'AC en cœur	Nb d'AC par recharge	Seuil de sûreté		Seuil d'exploitation = Capacité totale utile	
		Nb Alv/tr	Nb AC/tr		Alv/tr	tmi/tr ⁽¹⁾	Alv/tr	tmi/tr
CP0	FES	2	52	155				
	BUG 2-3	2	157	52				
	BUG 4-5	2	157	52				
CPY	28		157	40				
P4	8		157	64				
P'4	CAT 4	1	193	64				
	autres	11	193	64				
N4	4		205	68				
Total	58	26 126	10 018	2 984	16 108	8 102	13 124	6 608

(1) Les assemblages des paliers 900 MWe (CP0 et CPY) contiennent chacun 460 kg de métal lourd. Ceux des paliers 1 300 MWe (P4 et P'4) et 1 450 MWe (N4) en contiennent environ 535 kg.

6.2.1.2 Capacité d'entreposage disponible

Le taux d'occupation d'une piscine BK correspond au nombre d'alvéoles occupés par rapport au seuil d'exploitation, exprimé en pourcentage du seuil d'exploitation. Ce taux d'occupation évolue significativement dans l'année en fonction des évacuations réalisées et des déchargements des assemblages après un arrêt pour rechargement, sachant que les assemblages déchargés nécessitent d'être refroidis avant évacuation.

Lorsque le taux d'occupation est inférieur à 100 % avant le début d'un arrêt pour rechargement, la piscine BK est en mesure de recevoir l'ensemble de la recharge pour le prochain redémarrage du réacteur. En revanche, lorsque ce taux est supérieur à 100 % avant le début d'un arrêt pour rechargement (tout en restant inférieur au seuil de sûreté), la piscine BK n'est pas en mesure de recevoir l'ensemble de la recharge : le rechargement et le redémarrage du réacteur ne sont plus possibles.

La capacité totale utile maximale des piscines de désactivation (seuil d'exploitation des piscines) est estimée à 13 124 alvéoles (cf. tableau 26). Cependant, cette valeur ne prend pas en compte les alvéoles occupés par des déchets activés d'exploitation (DAE comprenant des grappes de contrôle, des squelettes d'assemblage, des étuis de doigts de gant de l'instrumentation « *in-core* »...) et les alvéoles inutilisables car affectés par « l'effet BORAL » (cf. § 6.2.2.3), soit environ 2 155 alvéoles indisponibles pour l'entreposage du combustible sur l'ensemble des paliers. Compte tenu du taux d'occupation moyen des piscines BK, la capacité totale disponible est de l'ordre de 2 900 alvéoles, équivalente au nombre d'assemblages combustibles devant être déchargés chaque année. C'est pourquoi EDF a initié, dès 2010, des actions visant à accroître les capacités d'entreposage des piscines BK afin de maîtriser leur risque de saturation. L'avancement détaillé de ces actions est présenté ci-après.

6.2.2 Actions proposées par EDF pour maîtriser le risque de saturation des piscines BK

Pour faire face au risque de saturation des piscines BK, les principales actions engagées par EDF visant à accroître les capacités d'entreposage des piscines BK sont :

- l'installation de racks à déchets dans les piscines BK des paliers CP0, CPY et P4,
- la rénovation des râteliers des piscines BK du palier P4 affectées par l'effet BORAL,
- l'optimisation des évacuations des assemblages combustibles usés afin de ne pas accroître l'encombrement des piscines des réacteurs les plus sensibles au risque de saturation.

6.2.2.1 Racks à déchets

Dans le passé, la capacité d'entreposage de certaines piscines BK, en particulier des paliers CP0 et CPY, était réduite en raison, notamment, de l'utilisation d'alvéoles pour l'entreposage de déchets technologiques issus de l'exploitation des réacteurs (DAE) en attente d'une filière d'élimination. Pour éviter la saturation de ces piscines, EDF a décidé d'y implanter de nouveaux racks dédiés aux déchets (RAD), permettant d'entreposer 68 étuis de déchets répartis dans deux racks posés sur le fond de la piscine et fixés sur une paroi, à la place d'équipements qui ne sont plus utilisés en exploitation.

La mise en place des racks à déchets, initiée dès 2004 dans les réacteurs CP0, s'est achevée fin 2016 pour l'ensemble des tranches du palier CPY. Selon EDF, l'implantation de ces racks devait permettre, en moyenne annuelle, de passer de 30 à 40 alvéoles occupés par des déchets à seulement 5 de façon transitoire.

Le bilan au 31 décembre 2016 pour le palier CPY est le suivant :

- [REDACTED] alvéoles ont été libérés et rendus disponibles pour les assemblages combustibles usés ;
- [REDACTED] alvéoles sont occupés par des déchets activés d'exploitation (DAE) (soit en moyenne [REDACTED] par tranche). EDF a précisé à cet égard qu'il prévoit de soumettre à l'ASN une demande pour le transfert supplémentaire de certains DAE (squelettes d'assemblages et étuis de doigts de gant d'instrumentation du cœur), opération qui permettrait de récupérer environ [REDACTED] alvéoles supplémentaires pour l'ensemble du palier.

Par ailleurs, EDF précise que les dossiers joints en appui aux demandes d'agrément pour le transport des DAE des piscines BK vers l'installation d'entreposage ICEDA, dont la mise en service est prévue au plus tôt en [REDACTED] sont en cours de rédaction.

L'opération de mise en place de racks à déchets sur le palier P4, avec un gain attendu de [REDACTED] alvéoles sur l'ensemble du palier, a fait l'objet d'une déclaration de modification auprès de l'ASN en juin 2011. En juin 2012, l'ASN a indiqué que le dossier était incomplet, notamment pour ce qui concerne les risques liés au séisme et l'impact de cette modification sur les évaluations complémentaires de sûreté (ECS) réalisées. EDF a indiqué qu'une mise à jour du dossier était en cours pour répondre à ces demandes, sans toutefois préciser ni la date prévisionnelle de la nouvelle demande d'autorisation, ni le calendrier de déploiement dans les différents réacteurs. L'IRSN note que le dossier « IC 2016 » indique qu'un déploiement de ces racks est prévu à partir de [REDACTED] alvéoles par réacteur, ce qui n'est pas garanti à ce stade compte tenu des délais associés à l'obtention d'une autorisation.

O.4. L'IRSN estime qu'EDF devrait intégrer, dans le bilan sur l'état d'occupation des piscines transmis annuellement à l'ASN, le suivi détaillé du projet « racks à déchets » dans les piscines BK du palier P4, notamment l'avancement du déploiement de ce projet dans les différents réacteurs.

6.2.2.2 « Rerackage » des piscines des réacteurs du palier CPY

Le « rerackage » consiste à densifier l'entreposage des assemblages combustibles en piscine BK. La solution proposée par EDF en 2007 consistait à introduire des plaques en acier boré entre les assemblages combustibles (conception similaire aux piscines des paliers 1 300 MWe et 1 450 MWe) afin de réduire le pas des alvéoles des piscines BK du palier CPY.

Cette opération, qui devait débiter en 2011, n'a pas été mise en œuvre. **À cet égard, l'IRSN et l'ASN s'étaient montrés défavorables à la modification proposée par EDF** compte tenu, notamment :

- de l'absence de comparaison avec d'autres solutions envisageables pour résoudre les problèmes d'encombrement anticipés ;
- de l'absence de justifications techniques associées aux risques liés à la perte de refroidissement de la piscine, aux risques de criticité, au renforcement du génie civil, à la gestion des déchets et aux risques liés aux travaux de démontage des anciens racks.

Le dossier « IC 2016 » indique que le rerackage des piscines des réacteurs du palier CPY n'est plus retenu.

6.2.2.3 Rénovation des piscines affectées par « l'effet BORAL »

Le BORAL, mélange fritté de carbure de bore et d'aluminium, gainé d'aluminium, est un matériau neutrophage utilisé pour la fabrication de certains « râteliers alvéoles » des piscines BK, principalement sur le palier P'4. Le phénomène appelé « effet BORAL », apparu dans les années 90, est une détérioration progressive et irréversible du BORAL à la suite d'une réaction chimique entraînant un gonflement du matériau, pouvant aller jusqu'à

l'apparition de cloques en surface des parois des alvéoles, rendant ceux-ci inutilisables. EDF a mis en place une surveillance particulière de l'ensemble des piscines BK du palier P'4 depuis 1999, dont les résultats indiquent que ce phénomène est difficilement modélisable, chaque piscine étant affectée de manière différente et imprévisible. La solution retenue par EDF pour faire face à cette situation est le remplacement des « râteliers alvéoles » en BORAL par des « râteliers alvéoles » en CADMINOX, un matériau neutrophage utilisé notamment sur le palier N4.

Concernant l'effet BORAL, la situation actuelle des 12 tranches du palier P'4 est la suivante :

- la rénovation de la tranche Penly 1, la première affectée, a été réalisée en 1999 ;
- la rénovation de la tranche Cattenom 3 s'est achevée en 2016 ;
- [REDACTED] ;
- la surveillance des autres tranches (contrôle tous les 6 mois de l'état des alvéoles concernés) est maintenue. EDF précise que la décision de rénovation et la programmation des interventions seront prises en fonction de la cinétique d'évolution observée, [REDACTED]

EDF indique que la capacité d'entreposage en piscine restera inchangée après le remplacement des râteliers. Ces travaux impliquent une augmentation préalable des évacuations d'assemblages combustibles. La stratégie d'EDF est de maintenir le nombre total d'évacuations sur le palier P'4 et de prioriser les évacuations sur certaines tranches, en tenant compte, le cas échéant, des ACU impossibles à évacuer car insuffisamment refroidis.

6.2.2.4 Optimisation des évacuations

Compte tenu de la situation des piscines BK et des aléas possibles dans l'évacuation des assemblages combustibles, EDF se donne comme objectif de viser, pour chaque réacteur, un taux d'occupation des piscines BK en dessous du seuil d'exploitation pendant les [REDACTED] précédant un arrêt (marge permettant le redémarrage d'un réacteur après un rechargement en considérant un arrêt des évacuations de combustibles usés pendant les [REDACTED] précédents). Pour sécuriser le nombre d'alvéoles libres, EDF optimise les évacuations en prenant en compte :

- la disponibilité des lots d'assemblages (date théorique à partir de laquelle un lot d'assemblages combustibles peut être évacué vers l'établissement de La Hague, en fonction de ses caractéristiques thermiques résiduelles et radiologiques) ;
- les contraintes de site (disponibilité des créneaux d'évacuation en fonction de contraintes locales ou nationales et des ressources) ;
- la disponibilité des moyens logistiques (emballages de transport de combustibles usés, moyens de transport...).

Ce processus d'optimisation, itératif, a lieu au cours de l'année précédant l'arrêt d'une tranche. Il permet de déterminer les réacteurs pour lesquels une évacuation est prioritaire afin d'abaisser l'encombrement des piscines (taux d'occupation supérieur au seuil d'exploitation).

L'IRSN souligne que le processus d'optimisation des évacuations présente un réel intérêt, mais le gain qu'il apporte ne permet pas, à lui seul, de limiter de façon pérenne l'encombrement des piscines BK.

6.2.3 Evolution des capacités d'entreposage des piscines BK

Le dossier « IC 2016 » étudie l'encombrement des piscines BK jusqu'à l'horizon 2030 pour les deux scénarios retenus (« EDF REF » et « EDF BAS »), dont les hypothèses de base sont rappelées au § 5.3.1 du présent rapport.

S'agissant des opérations d'augmentation de capacité des piscines BK et de mise en œuvre de nouveaux moyens de transport, EDF retient pour son étude les hypothèses suivantes, communes aux deux scénarios :

- toutes les tranches du palier CPY sont équipés de racks à déchets opérationnels ;
- pour les racks à déchets P4, le déploiement est réalisé en 2019, à raison de 60 alvéoles par tranches ;
- la mise en service de l'installation ICEDA est prévue en 2019, permettant ainsi l'évacuation des déchets DAE ;
- le remplacement des râteliers des piscines P'4 affectés par l'effet BORAL est réalisée pour les tranches Penly 1 et Cattenom 3 et prévue pour les tranches de [REDACTED] ;
- [REDACTED] emballages TN112 supplémentaires sont disponibles [REDACTED] ;
- l'emballage TN@G3 est déployé à partir de [REDACTED] ;
- l'évacuation complète des combustibles d'une piscine BK est réalisée [REDACTED] ans après la mise à l'arrêt d'une tranche.

À l'exception du déploiement des racks à déchets du palier P4, pour lequel aucune date prévisionnelle de nouvelle demande d'autorisation n'a été annoncée par EDF (cf. § 6.2.2.1 du présent rapport), les hypothèses retenues par EDF n'appellent pas de commentaire.

Sur la base de ces hypothèses, EDF présente le taux d'occupation des piscines BK de l'ensemble des paliers en début de période (31 décembre 2015) et en fin de période (31 décembre 2030), pour les piscines BK des tranches en production. Toutefois, le taux d'occupation par palier est une valeur moyennée qui, compte tenu des fortes disparités entre les tranches d'un même palier, ne permet pas de suivre à date leur encombrement réel.

Scénario de référence (EDF REF)

Selon les résultats présentés par EDF, la saturation des piscines de La Hague est reportée au-delà de la période d'étude et il n'y a pas de saturation des piscines BK des différents paliers sur la période considérée ; le taux d'occupation moyen en fin de période est en très légère baisse grâce à la mise en œuvre des racks à déchets sur le palier P4 et à l'évacuation des DAE vers l'installation ICEDA, le palier CP0 restant le plus encombré.

Les simulations réalisées par l'IRSN confirment ces conclusions, la saturation des piscines de La Hague n'intervenant qu'à l'horizon 2030 (cf. § 6.3.2.2 du présent rapport).

Scénario bas (EDF BAS)

Selon les résultats présentés par EDF, la saturation des piscines de La Hague intervient dès 2023, du fait de la baisse anticipée du traitement des assemblages combustibles usés liée à l'arrêt de deux tranches CPY (mettant en œuvre du combustible MOX) en 2020. En conséquence, les évacuations d'assemblages combustibles usés des piscines BK vers les piscines de La Hague diminuent à partir de 2023, pour être adaptées au niveau de traitement nécessaire au nombre de réacteurs chargés en combustible MOX maintenus en service, puis arrêtés en 2025 lorsque les piscines de La Hague sont saturées. Le taux d'occupation des piscines BK augmente pour tous les paliers à partir de 2023 et, à fin 2030, l'ensemble des paliers ne dispose plus de marge d'exploitation au regard de l'occupation des piscines BK.

Les simulations réalisées par l'IRSN confirment ces conclusions (cf. § 6.3.2.2 du présent rapport).

Par ailleurs, EDF a étudié l'influence de certains aléas sur les taux d'occupation des piscines de La Hague et des piscines BK. Ces scénarios sont présentés et examinés au § 9 du présent rapport.

6.2.4 Conclusion sur les capacités d'entreposage des ACU

Compte tenu des hypothèses retenues par EDF pour les gestions envisagées sur la période 2015-2030 concernant :

- le nombre de réacteurs en gestion « Garance URE »,
- le nombre de réacteurs en gestion « Parité MOX » avec le produit « MOX NT 2012 Intermédiaire »,
- le type de réacteurs arrêtés pour le scénario « EDF BAS » (CPY « moxés »),
- la quantité d'ACU expédiés à La Hague,
- la quantité d'ACU traités et la quantité de Pu recyclé dans les assemblages MOX,
- les capacités d'entreposage des ACU,

la saturation de piscines BK interviendrait en 2025 pour le scénario « EDF BAS », en raison de l'impossibilité d'évacuer les ACU vers l'établissement de La Hague dès 2023. Pour le scénario « EDF REF », cette saturation n'interviendrait qu'à l'horizon 2030.

L'augmentation des capacités d'entreposage des assemblages combustibles usés est donc nécessaire pour les deux scénarios étudiés.

Pour mémoire, le risque de saturation des piscines BK avait déjà été identifié lors des examens des dossiers « Cycle 2000 » et « IC 2007 », à l'issue desquels l'autorité de sûreté avait demandé à EDF de présenter des solutions visant à augmenter les marges disponibles sur les capacités d'entreposage utilisables des piscines BK et des piscines de l'établissement de La Hague.

Pour faire face à cette situation, EDF a étudié différentes options (piscine F à La Hague, piscines de site, piscine centralisée, entreposage à sec...). En outre, l'article 10 de l'arrêté du 23 février 2017, pris en application du décret PNGMDR précité, prévoit qu'EDF transmette, avant le 31 mars 2017, sa stratégie de gestion des capacités d'entreposage de combustibles usés issus des réacteurs à eau sous pression (UNE, URE et MOX usés) et le calendrier associé à la création de nouvelles capacités d'entreposage et, avant le 30 juin 2017, les options techniques et de sûreté relatives à la création de nouvelles capacités d'entreposage. Aussi, EDF a déposé, en 2017, le dossier d'options de sûreté (DOS) d'une piscine d'entreposage centralisée destinée à augmenter les capacités d'entreposage des assemblages combustibles usés, notamment les combustibles usés de types MOX et URE dont le traitement industriel n'est pas envisagé à brève ou moyenne échéance. Ce dossier est en cours d'examen. EDF prévoit de transmettre la demande d'autorisation de création de cette installation en 2020, conformément à l'arrêté précité, et sa mise en service à l'horizon 2030.

Sans préjuger de la suite qui sera donnée à cette demande d'autorisation par les autorités compétentes, l'IRSN estime, au regard des durées d'étude et de réalisation d'une telle installation et des délais d'instruction, que la date envisagée (2030) pour la mise en service de cette installation d'entreposage présente peu de marge pour éviter une saturation des capacités d'entreposage des assemblages combustibles usés en considérant le scénario « EDF REF ». Une telle saturation pourrait intervenir avant la mise en service d'une nouvelle installation d'entreposage de combustibles en cas de mise à l'arrêt définitif de réacteurs chargés en combustibles MOX.

Orano Cycle envisage d'augmenter les capacités d'entreposage des piscines de La Hague dédiées aux ACU REP EDF, en libérant des paniers contenant des combustibles REB et des paniers de déchets (cartouches Nymphéa, chemises REB) en attente d'une filière d'élimination. Le procédé de traitement (compactage dans l'atelier de compactage de coques, embouts et déchets technologiques ACC) est en cours de mise au point. **L'IRSN souligne que les emplacements concernés sont en nombre limité.**

Le « rerackage » des piscines BK du palier CPY a été abandonné par EDF (cf. § 6.2.2.2 du présent rapport).

Ainsi, le calendrier présenté par EDF présente peu de marge et ne prend pas en compte le calendrier d'arrêt des réacteurs (réduction de la part de l'électricité nucléaire dans le cadre de la loi sur la transition énergétique (cf. § 9 du présent rapport)).

L'IRSN recommande qu'EDF, en lien avec Orano Cycle, présente, dans le bilan sur l'état d'occupation des piscines transmis annuellement à l'ASN, une analyse détaillée des capacités disponibles d'entreposage des assemblages combustibles usés (piscines BK et piscines de l'établissement de La Hague) jusqu'en 2030, prolongée de manière prospective jusqu'en 2035, tenant compte en particulier des informations disponibles à l'égard des gestions de combustibles envisagées, des flux d'évacuation de combustibles, du calendrier connu d'arrêt des réacteurs, des prévisions de traitement de l'établissement de La Hague et de la date de mise en œuvre de l'extension des capacités d'entreposage des assemblages combustibles usés demandée par le PNGMDR.

Ce point fait l'objet de l'action n°4 d'EDF, transmise par lettre [11] en annexe 2 au présent rapport. EDF s'engage à présenter cette analyse annuellement en réunion de suivi du cycle. Cet engagement est satisfaisant.

6.2.5 Impact sur les risques d'exposition aux rayonnements ionisants dans les réacteurs REP

Compte tenu des orientations adoptées par EDF en termes de gestion des combustibles pour la période 2015-2030, en particulier la pérennisation des gestions actuelles et l'abandon des gestions à haut taux de combustion, aucune évolution significative n'est attendue pour la période concernant la dosimétrie des opérations :

- de réception des assemblages combustibles neufs ;
- d'évacuation des assemblages combustibles usés ;
- d'exploitation normale et de maintenance (arrêts de tranche) des réacteurs.

Concernant le combustible MOX, l'impact de l'augmentation de la teneur en Pu de 8,65 % à 9,08 % sur l'exposition des travailleurs dans les réacteurs est estimé marginal par EDF et sera conforté au fil de l'acquisition du retour d'expérience, cette augmentation de teneur étant progressive de 2018 à 2021. **Cela n'appelle pas de remarque particulière.**

Concernant le combustible URE, prévu d'être chargé dans les quatre réacteurs du CNPE de Cruas à partir de 2021, EDF indique qu'aucun impact sur la dosimétrie des travailleurs concernés n'a été observé lorsque ce type de gestion a été mis en œuvre entre 1994 et 2013. Aussi, EDF estime que cet impact sera marginal pour les opérateurs du CNPE de Cruas. **Cela n'appelle pas de remarque particulière.**

6.2.6 Rejets générés par l'exploitation des réacteurs

Compte tenu des orientations adoptées par EDF en termes de gestion des combustibles pour la période 2015-2030, en particulier la pérennisation des gestions actuelles et l'abandon des gestions à haut taux de combustion et du retour d'expérience d'exploitation disponible, EDF indique qu'aucune évolution significative n'est attendue sur les dix prochaines années. **Cela n'appelle pas de remarque particulière.**

Pour rappel, la mise en œuvre de combustibles dont l'uranium a un enrichissement en isotope 235 supérieur à 4,5 % (gestion EPR) est prise en compte dans le dossier joint à la demande d'autorisation de rejets d'effluents liée à la mise en service du réacteur Flamanville 3.

6.3 INSTALLATIONS DE L'AVAL DU CYCLE DU COMBUSTIBLE

Après irradiation en réacteur et entreposage dans les piscines BK, les assemblages combustibles usés sont évacués vers l'établissement Orano Cycle de La Hague pour être entreposés en piscine dans l'attente de leur traitement. Quatre piscines d'entreposage (dénommées NPH, C, D et E) sont actuellement en exploitation dans les usines UP2-800 et UP3-A de la Hague.

Le traitement des combustibles usés met en œuvre le procédé PUREX qui consiste, d'une part à séparer et à purifier les matières valorisables (uranium et plutonium), d'autre part à séparer et à conditionner les déchets ultimes dans des colis stables adaptés à leur contenu radioactif en vue de leur stockage définitif. Les solutions de produits de fission et les suspensions de fines sont vitrifiées, les tronçons de gaines (coques) et les embouts d'assemblages sont compactés.

L'évaluation par l'IRSN de l'impact des gestions de combustibles actuelles et prévues par EDF jusqu'en 2025, d'une part sur la réception et l'entreposage des assemblages combustibles usés (ACU) dans les piscines de La Hague, d'autre part sur les opérations de traitement et de conditionnement des déchets est présentée dans les § 0 et 6.3.3 du présent rapport.

6.3.1 Limites techniques et réglementaires des usines de l'établissement Orano Cycle de La Hague

Les limites techniques et réglementaires relatives aux assemblages combustibles usés UNE, URE et MOX dont la réception et l'entreposage sont autorisés dans les usines de l'établissement Orano Cycle de La Hague sont présentées en annexe 9 au présent rapport.

Les caractéristiques des assemblages combustibles usés UNE, URE et MOX dont le traitement est autorisé dans les usines UP2-800 et UP3-A de l'établissement de La Hague sont présentées dans le tableau 27.

Tableau 27 : Assemblages combustibles irradiés dont la réception, le déchargement, l'entreposage et le traitement sont autorisés dans les usines UP3-A et UP2-800 de l'établissement de La Hague

Type d'ACU	Références des autorisations	Caractéristiques des assemblages combustibles usés (ACU)
Combustibles UNE	Décision ASN 2015-DC-0517 du 15 juillet 2015 Décision ASN CODEP-CLG-2015-0404992 du 8 octobre 2015	- TC \leq 62 GWj/tml - EI \leq 4,55 % - TR \geq 6 mois à la réception
Combustibles MOX (*)	Arrêtés interministériels des 22 mars 2004 et 26 avril 2004 et décision de l'ASN n° 2018-DC-0625 du 15 février 2018	- TC \leq 55 GWj/tml - Teneur en plutonium et en américium \leq (8,65 + 0,13**) % avant irradiation - TR \geq 6 mois à la réception
Combustibles URE (*)	Décision ASN 2014-DC-0427 du 24 avril 2014	- TC \leq 60 GWj/tml - EI \leq 4,5 % - TR \geq 6 mois à la réception - $^{232}\text{U} \leq 21$ ppb

(*) le traitement de ces ACU est soumis à déclaration de l'ASN sur la base d'un dossier de sûreté présentant les dispositions prévues

(**) tolérance de fabrication concernant la teneur en (Pu + Am)

Les conditions de réception et d'entreposage dans la piscine NPH d'assemblages combustibles MOX non irradiés standards (rebut) sont définies dans la lettre [16]. Leur entreposage n'est pas autorisé dans les piscines C, D et E.

Par ailleurs, le produit « MOX NT 2012 Intermédiaire » ayant une teneur en (Pu + Am) supérieure à la 8,78 %, la réception, le déchargement et l'entreposage des ACU MOX mettant en œuvre ce produit ne sont pas autorisés dans les usines UP2-800 et UP3-A de l'établissement de La Hague. Ces opérations ne devraient pas débuter avant [REDACTED]

En tout état de cause, l'IRSN n'identifie pas de difficulté de sûreté pour la réception, le déchargement et l'entreposage des ACU MOX NT 2012 Intermédiaire dans les ateliers concernés de l'établissement de La Hague.

6.3.2 Réception et entreposage d'ACU dans les piscines de l'établissement de La Hague

Les décrets d'autorisation de création des usines UP3-A et UP2-800 du 10 janvier 2003 fixent à 17 600 tmi la capacité maximale d'entreposage d'assemblages combustibles usés dans les piscines de ces usines. Toutefois, la capacité opérationnelle totale de ces entreposages est limitée à environ 13 990 tmi, notamment par la conception des paniers d'entreposage utilisés dans ces piscines et par les contraintes d'exploitation (déchets entreposés et zones interdites d'entreposages pour réaliser les opérations de manutention).

6.3.2.1 Bilans d'exploitation

Le tableau 28 présente l'évolution au cours des cinq dernières années des quantités totales et des quantités de combustibles UNE EDF entreposées dans les piscines de l'établissement Orano Cycle de La Hague.

Tableau 28 : Evolution des quantités d'ACU (total et UNE EDF) entreposées dans les piscines de La Hague

Date	01/01/2013	01/01/2014	01/01/2015	01/01/2016	01/01/2017
Quantité entreposée tous combustibles (tmi)	10 001,1	9 960,6	9 884,9	9 935,8	10 007,6
dont combustibles UNE EDF (tmi)	8 376,2	8 242,4	8 065,7	7 984,2	7 947,5

Sur les cinq dernières années (1^{er} janvier 2013-1^{er} janvier 2017), la quantité totale d'assemblages combustibles entreposés est relativement stable, avec une moyenne de 9 978 tmi, et la quantité d'assemblages combustibles UNE EDF est en baisse légère mais continue.

L'annexe 10 au présent rapport présente le bilan des assemblages combustibles usés réceptionnés dans l'établissement de La Hague et des quantités traitées.

Le retour d'expérience de l'exploitation des piscines de l'établissement Orano Cycle de La Hague montre que le rapport de la « quantité d'assemblages combustibles traités » sur la « quantité d'assemblages combustibles réceptionnés » est d'environ 90 % pour la période 2013-2016. Ceci est lié au fait que tous les combustibles reçus ne sont pas traités, en particulier les combustibles MOX et URE. L'IRSN souligne qu'une valeur inférieure à 100 % conduit de fait à une saturation progressive des capacités d'entreposage.

Le taux de charge de refroidissement des piscines (rapport de la puissance dissipée à la capacité de refroidissement) varie de 35 % à 65 % selon la piscine, la moyenne étant inférieure à 50 %. **Une marge importante existe.**

6.3.2.2 Capacité d'entreposage des piscines des usines de La Hague

Situation actuelle des entreposages dans les piscines de l'établissement de La Hague

Le taux d'occupation des piscines NPH, C, D et E de l'établissement de La Hague doit être analysé en considérant le nombre d'emplacements susceptibles d'accueillir des paniers d'entreposage, ainsi que le nombre de paniers occupés et le nombre de paniers restant disponibles. Pour rappel, un emplacement dans une piscine accueille un panier d'entreposage (les paniers sont spécifiques à un contenu : assemblages REP, assemblages REB, déchets...). Un panier REP EDF contient neuf assemblages combustibles de types 900 ou 1 300/1 450.

Le nombre d'emplacements disponibles pour recevoir des paniers d'entreposage est égal au nombre total d'emplacements existants dans l'ensemble des piscines NPH, C, D et E (██████████ emplacements) déduit du nombre d'emplacements dans lesquels il ne peut pas être disposé de panier, à savoir :

- les emplacements interdits de façon définitive (emplacements de génie civil ou occupés par les échangeurs thermiques immergés dans le bassin de la piscine (« nymphéas »)) ;
- les emplacements occupés par les travées de manutention (██████████ emplacements pour les quatre piscines) ;
- les emplacements dits « interdits temporaires » ;
- les emplacements occupés par des paniers de réserve d'exploitation ou contenant du matériel d'exploitation.

Hormis ceux occupés par les travées de manutention, les emplacements non disponibles sont susceptibles d'évoluer dans le temps. La capacité opérationnelle des piscines, c'est-à-dire le nombre d'emplacements pouvant recevoir des paniers d'entreposage d'assemblages combustibles, s'établissait à 2 828 emplacements (soit 25 452 assemblages REP) au 31 décembre 2016. Elle est détaillée dans le tableau 29.

Tableau 29 : Occupation des piscines de l'établissement de La Hague au 31 décembre 2016

Nombre d'emplacements	Situation au 31/12/2016
Total existant	██████████
Non utilisables pour l'entreposage d'assemblages combustibles	██████████
Contenant des paniers d'entreposage d'assemblages combustibles	2 828
Contenant des paniers chargés d'assemblages combustibles EDF	██████████
Contenant des paniers dédiés aux autres clients	██████████
Contenant des paniers chargés en rebuts MOX	██████████
Contenant des déchets en attente de gestion (traitement ou évacuation)	██████████
Contenant des paniers REB vides	██████████
Contenant des paniers REP vides	██████████
Emplacement restant disponibles pour de nouveaux paniers	██████████

Au 31 décembre 2016, ██████████ % des emplacements pouvant recevoir des paniers d'assemblages combustibles sont occupés par des paniers contenant des assemblages combustibles EDF et ██████████ % sont occupés par d'autres paniers. La capacité disponible pour l'entreposage d'assemblages combustibles, en incluant les emplacements disponibles et ceux occupés par des paniers REB, représente au total ██████████ paniers (équivalents à ██████████ assemblages REP EDF), soit 7,4 % de la capacité totale d'entreposage des piscines de l'établissement Orano Cycle de La Hague.

En tout état de cause, l'IRSN rappelle qu'Orano Cycle met en œuvre un programme de rangement des piscines de La Hague nécessaire à la poursuite des opérations de réception des assemblages combustibles usés. Ce programme fait l'objet d'un suivi régulier de la part de l'ASN.

Prévisions d'occupation des piscines

Le dossier « IC 2016 » présente une prévision d'occupation des piscines de l'établissement de La Hague. En se fondant sur l'état au 31 décembre 2016 (██████████ paniers disponibles, soit ██████████ assemblages REP EDF), l'IRSN a également estimé l'occupation de ces piscines pour la période 2018-2030 pour les deux scénarios retenus. Les hypothèses retenues et les résultats de l'IRSN sont détaillés en annexe 11 au présent rapport.

Pour réaliser ses estimations, l'IRSN a retenu des hypothèses prudentes en termes de libération d'emplacements, en considérant que les [REDACTED] paniers REB ont été remplacés par des paniers REP, mais sans tenir compte d'une libération des autres paniers occupés par des déchets.

Pour le scénario « EDF REF », les hypothèses suivantes sont prises en compte par l'IRSN :

- le flux de traitement des ACU UNE, adapté à la quantité de Pu à fournir pour les réacteurs chargés en combustibles MOX, est maintenu constant sur la période ;
- les deux dernières tranches CPY sont chargées en combustibles MOX en 2017 et en 2018 ;
- les quatre tranches de Cruas sont chargées en assemblages combustibles URE en 2021 ;
- l'EPR FLA3 est mis en service fin 2018/début 2019, compensé par l'arrêt de deux tranches CP0 ;
- l'état des autres paniers d'entreposage des piscines de l'établissement de La Hague (clients non EDF, rebuts MOX, déchets en attente de gestion) est inchangé.

Pour ce scénario, l'IRSN estime que la saturation des entreposages d'assemblages combustibles usés de l'établissement Orano Cycle de La Hague interviendrait peu après 2030, ce qui présente peu de marge par rapport à la date prévisionnelle de mise en service de la piscine d'entreposage centralisé envisagée par EDF et ne permet pas d'intégrer de marge pour faire face à d'éventuels aléas.

Le scénario « EDF BAS » postule l'arrêt de deux tranches CPY chargées en combustibles MOX en 2020 et la réduction en conséquence du flux de traitement des ACU UNE. Toutes les autres hypothèses sont inchangées.

Pour ce scénario, l'IRSN estime que la saturation des piscines de l'établissement de La Hague intervient en moins de dix ans. L'IRSN souligne que cette date est extrêmement dépendante du flux d'ACU UNE traités : ainsi, à titre d'exemple, en augmentant ce flux de 200 ACU/an dès 2020 (soit le maintien du traitement à [REDACTED] t/mli/an, comme pour le scénario « EDF REF », conduisant à la production d'environ 1 000 kg de Pu/an supplémentaire par rapport au besoin), la date de saturation des piscines de La Hague serait reportée au-delà de 2030. En revanche, cette disposition conduirait à une augmentation temporaire du stock de Pu dans les usines de La Hague, ce qui n'est pas envisagé par EDF.

6.3.3 Traitement d'ACU dans les usines de l'établissement Orano Cycle de La Hague

6.3.3.1 Bilan d'exploitation des usines de l'établissement Orano Cycle de La Hague

Le tableau 30 présente le bilan, pour la période 2012-2016, des quantités de matières issues du traitement des assemblages combustibles traités dans les usines UP2-800 et UP3-A de l'établissement Orano Cycle de La Hague.

Tableau 30 : Bilan des quantités de matières issues du traitement des ACU dans les usines UP2-800 et UP3-A

Années	Tonnage traité (tmli)	Quantité de nitrate d'uranyle expédié vers TU5 (t d'U)	Quantité de PuO ₂ produit (t de PuO ₂)
2012	1024	[REDACTED]	[REDACTED]
2013	1172	[REDACTED]	[REDACTED]
2014	1217	[REDACTED]	[REDACTED]
2015	1205	[REDACTED]	[REDACTED]
2016	1118	[REDACTED]	[REDACTED]

6.3.3.2 Perspectives de traitement pour la période 2015-2025

Le dossier « IC 2016 » présente les caractéristiques des combustibles devant être traités dans les usines Orano Cycle de La Hague sur la période 2015-2025, rappelées dans le tableau 31.

Tableau 31 : Caractéristiques des ACU traités dans les usines de La Hague pour la période 2015-2025

	Scénario de référence « EDF REF »	Scénario production basse « EDF BAS »
Quantité de combustibles traités (tmli)	1 180 en 2015, [REDACTED] à partir de 2016	1 180 en 2015, 1 100 en 2016, [REDACTED] à partir de 2017
Taux de combustion moyen (GWj/tmli)	< 46	< 46
Enrichissement initial moyen annuel (% ²³⁵ U)	Entre 3,5 et 3,9	Entre 3,5 et 3,9
Temps de refroidissement moyen	10 ans	10 ans

Sur la base des informations disponibles, il ressort que, pour la période 2015-2025 :

- la politique d'EDF consiste à ne traiter que les combustibles UNE irradiés dans les installations existantes. Aussi, même si la faisabilité du traitement des ACU MOX et URE est considérée comme établie par Orano Cycle (cf. annexe 12 au présent rapport), leur traitement à l'échelle industrielle n'est pas à ce jour envisagé. Or, le traitement des ACU MOX et URE selon le procédé actuellement mis en œuvre dans les usines de La Hague suppose une dilution avec des ACU UNE (dans une proportion de l'ordre de [REDACTED] qui reste toutefois à confirmer). Aussi, cela suppose l'existence d'un stock suffisant d'ACU UNE pour pouvoir assurer, le moment venu, le traitement des ACU MOX et URE de façon industrielle avec le procédé actuel des usines. Ceci n'est pas envisagé par EDF à court terme ; ce point fait l'objet d'une observation au § 6.3.4.2 du présent rapport ;
- les caractéristiques moyennes (taux de combustion et enrichissement initial de l'uranium en isotope 235) des combustibles au moment de leur traitement sont stables et conformes aux autorisations actuellement en vigueur pour les usines UP2-800 et UP3-A (cf. § 6.3.1 du présent rapport) ;
- le flux de traitement des combustibles usés d'EDF est supposé constant à [REDACTED] tmli/an sur la période 2015-2025. Le tonnage moyen d'assemblages combustibles (EDF et non EDF) traité au cours des cinq dernières années (2012-2016) est de 1 147,2 tmli/an (cf. tableau 30). Pour rappel, le décret du 10 janvier 2003 limite à 1 700 tmli/an la quantité de combustibles traités pour l'établissement de La Hague, avec une limite fixée à 1 000 tmli/an pour chacune des deux usines (UP2-800 et UP3-A) ;
- la valeur moyenne du temps de refroidissement des assemblages combustibles traités est égale à 10 ans.

Les perspectives de traitement des combustibles irradiés sur la période 2015-2025 n'appellent pas de remarque.

6.3.4 Déchets générés par le traitement des ACU par l'établissement de La Hague

6.3.4.1 Rappels concernant les types de déchets considérés

Les opérations de traitement des assemblages combustibles usés génèrent essentiellement :

- des concentrats de produits de fission et d'actinides mineurs, ainsi que des suspensions de fines de cisailage et de dissolution. Ces déchets sont traités dans les ateliers R7 (UP2-800) et T7 (UP3-A), par calcination puis vitrification, et conditionnés en conteneurs standard de déchets vitrifiés (CSD-V) ;

- les déchets de structure (« coques et embouts »). Ces déchets sont compactés dans l'atelier de compactage de coques, embouts et déchets technologiques (ACC) et conditionnés en conteneurs standards de déchets compactés (CSD-C) ;
- les déchets technologiques et les déchets générés par le traitement des effluents aqueux et organiques. Ces déchets sont conditionnés dans différents types de conteneurs en fonction de leur nature, de leur niveau d'activité et de leur filière de gestion (CBF-C'2, colis de déchets bitumés issus de la décontamination des effluents liquides provenant des usines UP2 et UP3, colis C0 issus du traitement des effluents organiques...).

L'Andra estime que les évolutions de gestion de combustibles prévues d'être mises en œuvre par EDF jusqu'en 2030 ne nécessite pas de faire évoluer les spécifications de production de ces colis, établies sur la base de caractéristiques enveloppes de ces combustibles. **Ceci n'appelle pas de remarque.**

Le bilan des colis CSD-V et CSD-C (produits et expédiés à leurs propriétaires étrangers) sur la période 2012-2016 est présenté dans le tableau 32. Il est à noter que la production des autres colis de déchets vitrifiés (CSD-B : colis standard de déchets vitrifiés issus de la vitrification des solutions issues du démantèlement de l'usine UP2-400 et CSD-U : colis standard de déchets vitrifiés issus de la vitrification des solutions molybdiques) est marginale au regard de la production des CSD-V (100 CSD-B et 277 CSD-U sur la période 2012-2016).

Tableau 32 : Bilan des quantités de déchets issus du traitement des ACU dans les usines UP2-800 et UP3-A

Années	Tonnage traité (tmli)	CSD-V		CSD-C	
	EDF + non EDF	Produits	Expédiés	Produits	Expédiés
2012	1024	642	112	885	252
2013	1172	780	0	1 075	164
2014	1217	1 101	84	822	0
2015	1205	969	42	808	138
2016	1118	848	72	733	36

Concernant le scénario de production basse « EDF BAS » (fermeture de deux tranches chargées de combustibles MOX en 2020), EDF fait l'hypothèse que les deux dernières recharges de combustibles extraites des réacteurs mis à l'arrêt n'auront subi qu'un ou deux cycles d'irradiation et présenteront des taux de combustion peu importants, de l'ordre d'une dizaine de GWj/tmli pour les plus faibles. La dissolution des combustibles est favorisée par l'augmentation du taux de combustion mais reste possible pour un taux de combustion faible, voire nul dans le cas d'un combustible UOX. EDF estime que le scénario « EDF BAS » n'aurait pas d'impact sur la quantité de déchets générés. **Ceci n'appelle pas de commentaire.**

6.3.4.2 Déchets vitrifiés

Vitrification des solutions

La vitrification des solutions de produits de fission (concentrats de produits de fission et d'actinides mineurs et suspensions de fines de cisailage et de dissolution) est réalisée dans les ateliers R7 et T7.

Pour la période 2015-2030, les déchets issus du traitement des combustibles à traiter (taux de combustion inférieur à 46 GWj/tmli) correspondent à la spécification 300 AQ 60 en vigueur dans laquelle la limite en curium (valeur maximale de 90 g de ²⁴⁴Cm par colis) a été remplacée par une limite associée au cumul de désintégrations

de radionucléides émetteurs alpha à 10 000 ans (10^{19} désintégrations alpha par gramme de verre). Cette limite pourra être respectée pour les combustibles de taux de combustion de l'ordre de 45 GWj/tmli envisagés sur la période 2015-2030 en maintenant le ratio CSD-V/tmli traité à son niveau actuel (■■■■■ CSD-V/tmli). Les gestions de combustible qu'EDF prévoit de mettre en œuvre par EDF jusqu'en 2030, similaires aux gestions actuelles, permettent en effet d'extrapoler ce résultat jusqu'en 2030. Toutefois, ces conclusions ne sont pas applicables aux combustibles issus de la gestion « Galice », mise en œuvre sur la tranche de Nogent 2 et abandonnée en 2016. Ce point est traité ci-après.

Il est à noter que du ^{94}Nb est présent dans les gainages en alliages M5 et Zirlo des assemblages combustibles à l'issue de leur irradiation compte tenu de la composition initiale du gainage, ce qui n'est pas le cas des autres gaines. Toutefois, pour l'IRSN, le traitement des ACU à gainage en alliage M5 ou Zirlo ne devrait pas avoir d'influence notable sur la production des colis CSD-V. En effet, aucun paramètre de la spécification précitée n'est affecté par la présence de (■■■■■) de ^{94}Nb dans les fines de cisailage ou dans les solutions de produits de fission introduites dans le calcinateur.

La gestion Galice a été abandonnée par EDF mais les ACU qui en sont issus, caractérisée par un taux de combustion maximal de 62 GWj/tmli, seront traités dans les usines de La Hague. L'IRSN note que le respect des paramètres garantis de la spécification 300 AQ 060, en particulier la « dose α cumulée à 10 000 ans », sera assuré pour les configurations futures de traitement prévues intégrant le traitement de ACU issus de la gestion Galice mais pourrait conduire à dépasser le ratio actuel en CSD-V/tmli. L'IRSN note que ce paramètre a été pris en compte dans le dimensionnement de l'installation Cigéo.

L'IRSN considère que, pour la période 2015-2030, les caractéristiques des ACU à traiter indiquées dans le dossier « IC 2016 » sont compatibles avec les spécifications de production des colis CSD-V.

Par ailleurs, l'IRSN souligne qu'une instruction d'une demande d'accord de conditionnement formulée par Orano selon une spécification évoluée de production des colis CSD-V en pot de fusion (■■■■■) est en cours. Ceci diffère de la spécification 300 AQ 60 notamment sur les points suivants :

- le paramètre garanti lié à la valeur maximale de la dose α cumulée à 10 000 ans évolue de $1 \cdot 10^{19}$ à $2,5 \cdot 10^{19}$ désintégrations par gramme de verre ;
- les paramètres garantis relatifs aux activités en ^{137}Cs et ^{90}Sr sont remplacés par un paramètre garanti relatif à la puissance thermique qui ne doit pas excéder (■■■■■)

Cette nouvelle spécification a pour objectif de limiter le nombre de colis à produire par tonne de combustible traité dans un contexte d'augmentation du taux de combustion des combustibles et de leur enrichissement initial en isotope 235 de l'uranium.

EDF indique que le traitement des ACU « Parité MOX » et des ACU « MOX NT 2012 Intermédiaire » (teneur en Pu inférieure à 9,08 %) ne laisse pas entrevoir de difficulté technique réhibitoire pour les ateliers R7 et T7. Les études montrent que la vitrification des concentrats de produits de fission et d'actinides mineurs issus du traitement d'ACU MOX sera possible selon la spécification 300 AQ 60 en vigueur par mélange avec des solutions de produits de fission issues du traitement d'ACU UOX. En absence d'une analyse complète des flux de traitement, Orano Cycle indique qu'il n'est pas possible de définir exactement les paramètres des conditions réelles de traitement tels que la cadence et le taux de dilution des solutions de dissolution avec celles d'ACU UOX, la gestion de la puissance thermique spécifique du plutonium ainsi que, le cas échéant, les évolutions des spécifications des colis de déchets. Les études nécessaires au traitement de ces ACU seront transmises lors de la demande d'autorisation afférente.

L'IRSN souligne toutefois qu'au regard du retour d'expérience des campagnes de traitement de combustible MOX réalisées dans les usines de La Hague, un taux de dilution des solutions de dissolution des ACU MOX de l'ordre [REDACTED] pourrait être nécessaire pour le traitement industriel de ces combustibles afin de respecter les exigences de sûreté des ateliers en aval de l'étape de dissolution ainsi que les spécifications propres aux colis de déchets, notamment les CSD-V et les CSD-C. Aussi, la politique d'EDF consistant à traiter actuellement les ACU UNE et à ne pas traiter les ACU MOX et URE pourrait conduire à une situation où la quantité d'ACU UNE à traiter serait insuffisante pour diluer les solutions de dissolution des ACU MOX le moment venu (post 2050) ; le traitement des ACU MOX serait alors impossible avec le procédé industriel actuel.

À cet égard, EDF rappelle que les ACU MOX et URE actuellement entreposés dans les piscines de La Hague seront ensuite déplacés dans la piscine d'entreposage centralisé dont il prévoit la mise en service à l'horizon 2030. EDF précise que cette capacité supplémentaire d'entreposage d'ACU constitue une réserve stratégique de matière (U et Pu) dans l'attente du développement des réacteurs de 4^{ème} génération (post 2050), tout en améliorant la robustesse de l'aval du cycle en termes de capacité d'entreposage des ACU.

L'IRSN rappelle toutefois la demande formulée dans l'article 12 de l'arrêté du 23 février 2017 établissant les prescriptions du PNGMDR : « EDF remet au ministre chargé de l'énergie avant le 31 décembre 2017 un rapport sur la faisabilité technico-économique d'un traitement à grande échelle des combustibles usés MOx et URE puis d'une valorisation des substances séparées (uranium et plutonium) dans les installations du cycle ainsi que dans les réacteurs à neutrons thermiques [...] ».

O.5. L'IRSN estime qu'EDF devrait, dans le cadre du processus « Veille et anticipation », préciser le devenir à terme des ACU MOX et URE. Si leur traitement devait être réalisé à moyen terme dans les usines actuelles, EDF, en lien avec Orano Cycle, devrait :

- en démontrer la faisabilité technique industrielle à l'échéance envisagée ;
- examiner l'impact de ce traitement sur les colis de déchets au regard de leurs critères d'acceptation dans les installations de stockage.

Production des colis de déchets vitrifiés

Le nombre de colis CSD-V produits par tonne de métal lourd initial traitée dépend essentiellement des caractéristiques nucléaires moyennes des lots d'ACU traités. Ainsi, le taux de combustion influe linéairement sur la production des CSD-V. La production annuelle moyenne totale de colis CSD-V prévue au dimensionnement des ateliers R7 et T7 est [REDACTED] colis CSD-V/an. En fonctionnement normal, en raison de contraintes d'exploitation, seules deux chaînes sur les trois de chacun des ateliers sont en exploitation simultanément.

Le bilan, pour les années 2012 à 2016, de production des colis CSD-V dans les usines UP2-800 et UP3-A en fonction du tonnage traité est présenté dans le tableau 33.

Tableau 33: Période 2012-2016 - Bilan de production de CSD-V par les ateliers R7 et T7 des usines de La Hague

Années	Tonnage traité EDF + non EDF (tmi)	Nombre de CSD-V produits
2012	1 024	642
2013	1 172	780
2014	1 217	1 101
2015	1 205	969
2016	1 118	848
Moyenne	1 147	868

Le facteur d'incorporation des déchets (CSD-V/tmi) s'établit à 0,757 en moyenne sur la période 2012-2016 ; cette valeur est à considérer avec prudence car il y a un décalage dans le temps entre les ACU traités et les CSD-V produits. Dans le dossier « IC 2016 », EDF retient comme hypothèse un facteur d'incorporation des déchets compris entre [REDACTED] CSD-V/tmi.

Compte tenu du retour d'expérience disponible et de la stabilisation des gestions de combustibles sur la période 2015-2030, l'IRSN considère que le facteur d'incorporation retenu par EDF est réaliste.

Pour le scénario de référence « EDF REF » du dossier « IC 2016 », EDF retient de traiter [REDACTED] tmi/an à partir de 2016, ce qui correspond à une production enveloppe de [REDACTED] liés au traitement des combustibles d'EDF en considérant un facteur d'incorporation des déchets égal [REDACTED] CSD-V/tmi.

Le dossier « IC 2016 » ne précise pas la répartition entre les CSD-V issus du traitement d'ACU d'EDF et ceux issus du traitement d'ACU d'autres clients pour la quantité totale de combustibles traités. Le retour d'expérience de la période 2001-2008 montre une répartition moyenne de [REDACTED] CSD-V pour EDF et [REDACTED] CSD-V pour les autres clients. Avec ces données, l'IRSN estime à environ [REDACTED] tmi/an (soit [REDACTED] CSD-V/an) la quantité totale d'assemblages combustible usés qui pourraient être traités (EDF et autres clients), **ce qui est cohérent avec l'ordre de grandeur de [REDACTED] tmi/an indiqué par l'exploitant au cours de l'instruction.**

Par ailleurs, concernant la capacité de production des ateliers R7 et T7, l'IRSN souligne qu'il est nécessaire de tenir compte des colis CSD-B (vitrification en creuset froid des solutions de rinçage issues du démantèlement de l'usine UP2-400) et des colis CSD-U (vitrification en creuset froid des solutions molybdiques) produits sur une chaîne dédiée de l'atelier R7 et dont la production devrait s'achever en [REDACTED]. La production annuelle de ces colis [REDACTED] colis/an en moyenne sur la période [REDACTED] est inférieure [REDACTED] de celle résultant du traitement des assemblages combustibles.

L'IRSN estime que la production des colis CSD-B et CSD-U a un impact marginal sur le flux de vitrification des solutions de produits de fission issues du traitement des assemblages combustibles usés.

Entreposage des colis de déchets vitrifiés

Après leur production, les colis CSD-V sont entreposés dans les unités d'entreposage des ateliers R7 et T7 puis, si leur puissance thermique résiduelle le permet, dans l'installation « extension de l'entreposage des verres Sud-Est » (E/EV SE) et dans son extension E/EV LH. La puissance thermique résiduelle des colis CSD-V doit être inférieure ou égale à 4 kW/CSD-V pour un entreposage dans les fosses des ateliers R7 et T7 et inférieure à 2 kW/CSD-V pour un entreposage ensuite dans les fosses des installations E/EV SE et E/EV LH.

La capacité totale d'entreposage de colis CSD-V pour l'ensemble des unités d'entreposage de l'établissement Orano Cycle de La Hague était de 16 740 colis (dont environ ██████ utilisables) à fin 2016. Le nombre de colis entreposés dans ces ateliers à la fin de l'année 2016 était de 15 599, soit une valeur proche de la saturation. La mise en service de la fosse 40 de l'atelier E/EV LH en novembre 2017 a permis d'augmenter de 4 212 la capacité d'entreposage de CSD-V de l'établissement (portée ainsi à 20 952), ce qui correspond, selon le dossier « IC 2016 », à quatre ans de production en considérant le retour d'expérience de ces dernières années.

Dans ces conditions, la saturation des entreposages actuels de colis CSD-V devrait être atteinte fin 2021.

Le dossier « IC 2016 » indique que de nouvelles fosses d'entreposage de colis CSD-V, semblables aux fosses 30 et 40 de l'atelier E/EV LH, devraient être construites et mises en service à une cadence d'une fosse tous les quatre ans (fosse 50 en ██████ et fosse 60 en ██████ de capacité unitaire égale ██████ emplacements).

L'IRSN note que la capacité d'entreposage des colis CSD-V s'accroît, en moyenne, de ██████ emplacements par an, pour une production maximale estimée à ██████ CSD-V/an.

Orano Cycle a indiqué que cet échéancier de mise en service des nouvelles unités d'entreposage de colis CSD-V tient compte de la production à venir de colis de ce type selon une nouvelle spécification de production de colis CSD-V à partir de mi-2018, qui vise à augmenter l'activité alpha incorporée dans le colis (gain de l'ordre de 30 % sur la base de l'activité alpha totale par colis moyen) et, ainsi, à réduire le nombre de colis CSD-V produit par tonne de combustible traité. **L'IRSN souligne que la nouvelle spécification de production de colis CSD-V étant en cours d'instruction, l'exploitant ne devrait pas se baser sur ce ratio « CSD-V/tmli traitée », pour définir de façon robuste les besoins futurs en termes de capacité d'entreposage des colis CSD-V.**

Enfin, le retour d'expérience issu de la création des fosses 30 et 40 de l'atelier E/EV LH montre que leur mise en service (septembre 2013 et novembre 2017) a été effectuée après la saturation des capacités initiales d'entreposage de colis de déchets vitrifiés de l'établissement. Cette situation, extrêmement contrainte, a pu être gérée selon des dispositions particulières ayant fait l'objet d'une instruction et d'une autorisation spécifique de l'ASN (entreposage de colis CSD-V fraîchement produits dans des locaux qui n'avaient pas été initialement aménagés pour cet usage ou sur des places tampons qui, normalement, ne sont que transitoires, positionnement en 13^{ème} position des CSD-U et possibilité d'entreposage des CSD-B dans ECC).

L'IRSN estime que l'exploitant devrait se fonder sur la capacité « réellement utilisable » pour planifier les besoins de création des futures capacités d'entreposage de colis CSD-V et se ménager des marges afin d'éviter toute saturation de ces entreposages qui pourrait, si elle devait se prolonger, conduire à l'arrêt du procédé de vitrification, puis à l'arrêt du fonctionnement des usines. Ce point a fait l'objet d'une recommandation de l'IRSN dans le cadre de l'instruction du dossier « Stratégie de démantèlement et de gestion des déchets » d'Orano qui a fait l'objet d'une réunion du GPU des 11 et 12 avril 2018. Dans le cadre de cette instruction, Orano Cycle a pris, par la lettre [17], l'engagement H6 suivant : « Orano s'engage à fournir sous 1 an, une étude (avec justification des incertitudes, des marges et de la sensibilité aux hypothèses retenues) présentant la cohérence des programmes prévisionnels de production de colis de déchets vitrifiés avec le taux d'occupation des entreposages existants et la mise à disposition des nouvelles capacités d'entreposage prévues, afin de prévenir tout risque de saturation des entreposages existants. » Cet engagement est satisfaisant.

6.3.4.3 Déchets de structure

Caractéristiques des déchets de structure

La production, dans l'atelier de compactage de coques, embouts et déchets technologiques (ACC), et l'entreposage, dans l'atelier d'entreposage associé (ECC), des conteneurs standards de déchets compactés (CSD-C) sont autorisés, par lettre [18], selon la spécification de colis 300 AQ 055 rev.3 et moyennant certaines restrictions.

Production des colis CSD-C

L'atelier ACC assure le conditionnement, en colis CSD-C, des coques et embouts issus des étapes de cisailage et de dissolution des assemblages combustibles usés réalisées dans les ateliers R1 et T1 des usines UP2-800 et UP3-A ; ces déchets sont transportés vers l'atelier ACC dans des fûts navettes.

Pour l'essentiel, les restrictions de production limitent ce conditionnement :

- aux déchets de structure (coques et embouts) issus de combustibles UOX ayant un taux de combustion inférieur ou égal à [REDACTED] GWj/tmli,
- aux déchets technologiques métalliques et aux filtres de procédé.

S'agissant de la première restriction, les évolutions concernant la production de colis CSD-C, pour des déchets de structure issus du traitement de combustibles UNE présentant des enrichissements initiaux de l'uranium compris entre 3,70 % et 4,10 % et des taux de combustion compris entre 45 GWj/tmli et 50 GWj/tmli, ont fait l'objet d'un examen par le GPU, lors de sa réunion du 16 novembre 2005 consacrée à l'examen de la « *Politique de COGEMA en matière de gestion des déchets pour son établissement de La Hague* ». Compte tenu du retour d'expérience présenté par l'exploitant sur ce sujet, la DGSNR a autorisé, par lettre [19], le traitement dans l'atelier ACC « *de coques et embouts issus du traitement, dans les ateliers T1 et R1, d'assemblages combustibles à base d'oxyde d'uranium naturel enrichi jusqu'à 4,5 % en ²³⁵U, issus de réacteurs à eau légère de type UOX, présentant un taux de combustion au plus égal à 60 GWj/tU et refroidis au moins 3 ans* ». L'IRSN note que ces limites sont très enveloppes des caractéristiques des combustibles UNE usés définies dans le dossier « IC 2016 ». L'IRSN rappelle que le traitement des ACU MOX et URE n'est pas envisagé sur la période considérée.

S'agissant de la seconde restriction, qui exclut, notamment, les déchets technologiques à base de matières organiques et des résidus issus des rinçages des dissolvants des ateliers T1 et R1, Orano Cycle a demandé en 2017 l'autorisation de conditionner, dans des CSD-C, des débris issus des opérations d'assainissement des dissolvants en mélange avec des déchets de structure. L'IRSN n'a pas identifié, dans le cadre de son instruction, de point réhibitoire concernant l'introduction des résidus de fond de dissolvant dans les colis CSD-C (cf. avis de l'IRSN [20]).

Des déchets de structures similaires issus de l'exploitation de l'INB n°80 (cette installation, actuellement en démantèlement, dénommée HAO assurait la réception, le déchargement et l'entreposage sous eau des combustibles, ainsi que leur cisailage et leur dissolution) sont entreposés en vrac dans le silo HAO et en curseurs dans les piscines du SOC de cette installation ; l'exploitant prévoit de les compacter dans l'atelier ACC et de produire des colis CSD-C (CSD-C HAO pour les coques et embouts provenant du silo HAO).

La capacité effective d'entreposage de l'atelier ECC [REDACTED] est de 20 952 emplacements. À la fin de l'année 2016, 14 981 colis CSD-C étaient entreposés dans l'atelier ECC.

Le bilan, pour les années 2012 à 2016, de production des colis CSD-C dans les usines UP2-800 et UP3-A en fonction du tonnage traité est présenté dans le tableau 34.

Tableau 34 : Période 2012-2016 - Bilan de production de colis de déchets compactés dans l'atelier ACC de La Hague

Années	Tonnage traité EDF + non EDF (tmi)	Nombre de CSD-C produits
2012	1 024	885
2013	1 172	1 075
2014	1 217	822
2015	1 205	808
2016	1 118	733
Moyenne	1 147	865

Pour la période 2012-2016, la production s'établit en moyenne à 865 colis CSD-C/an pour un facteur d'incorporation des déchets (CSD-C/tmi) égal à 0,754 en moyenne ; cette valeur est à considérer avec prudence puisqu'elle intègre la reprise des déchets anciens dans le cadre des programmes de reprise et conditionnement des déchets (RCD) d'installations en démantèlement, notamment la reprise des coques et embouts conditionnés en fûts ECE qui est achevée à ce jour.

Dans le dossier « IC 2016 », EDF retient comme hypothèse, un facteur d'incorporation des déchets égal à [REDACTED] en tenant compte de la masse des structures métalliques dans un ACU (entre 140 et 170 kg/ACU), de la masse d'un ACU (environ 480 kg) et de la masse d'un CSD-C (environ 515 kg). Cette valeur ne tient pas compte des colis CSD-C produits par les différentes opérations de RCD.

Compte tenu du retour d'expérience disponible et de la stabilisation des gestions de combustibles sur la période 2015-2030, l'IRSN considère que le facteur d'incorporation retenu par EDF est acceptable pour la seule partie correspondant au traitement des ACU.

Pour le scénario « EDF REF », EDF retient de traiter [REDACTED] tmi/an à partir de 2016, ce qui correspond à une production enveloppe de 715 CSD-C/an pour le compte d'EDF.

La production des colis CSD-C devrait augmenter à partir de 2020 du fait de la reprise et du traitement des déchets historiques entreposés dans le silo HAO et le SOC. Selon l'exploitant, ces opérations de RCD devraient durer [REDACTED] ans et conduire à la production totale de [REDACTED] colis CSD-C et CSD-C HAO [REDACTED] colis CSD-C/an en moyenne). La production moyenne (traitement des ACU EDF et opérations de RCD) entre [REDACTED] devrait être de l'ordre de [REDACTED] colis CSD-C/an. Pour rappel, la capacité maximale de production de l'atelier ACC est de [REDACTED] CSD-C/jour, pour une production estimée à environ [REDACTED] CSD-C/an.

Aussi, pour la période 2015-2030, l'IRSN estime que la capacité actuelle de conditionnement de l'atelier ACC est compatible avec le traitement de 1 100 tonnes de combustible UNE EDF dans les usines UP2-800 et UP3-A et avec les autres programmes de RCD de l'établissement de La Hague. Néanmoins, comme cela est indiqué dans le rapport IRSN n° 2018-00004 présentant l'instruction du dossier « Stratégie de démantèlement et de gestion des déchets » d'Orano, cela va conduire à une sollicitation accrue de cette installation.

Entreposage des colis CSD-C

Les colis CSD-C sont entreposés dans l'atelier d'entreposage des coques ECC, qui présente une capacité théorique de 24 000 colis pour une capacité maximale d'entreposage limitée à 20 952 colis. Au 31 décembre 2016, 14 981 colis CSD-C étaient entreposés dans l'atelier ECC.

Avec une production annuelle de [REDACTED] CSD-C entre [REDACTED] et de [REDACTED] CSD-C à partir de [REDACTED], la capacité actuelle d'entreposage de CSD-C dans l'atelier ECC devrait, selon EDF, arriver à saturation en [REDACTED] (cf. figure 6).

À cet égard, le dossier « IC 2016 » indique que l'exploitant déposera une demande d'autorisation de création d'une extension de l'atelier ECC, de conception identique, destinée à accroître les capacités d'entreposage de 5 928 CSD-C à partir de 2023, portant la capacité d'entreposage à 26 880 CSD-C. Cette demande a été déposée en avril 2017. Par ailleurs, l'exploitant a déposé en 2015 une demande d'autorisation d'entreposer [REDACTED] colis CSD-C dans les couloirs centraux de cet atelier pour accroître les capacités actuelles d'entreposage de colis CSD-C et disposer d'une marge, en cas d'aléa retardant la mise en service de l'extension ECC. L'ASN a demandé à l'exploitant de compléter son dossier. Une demande actualisée, apportant des compléments relatifs à la démonstration de sûreté et la surveillance de l'installation, a été déposée en novembre 2017. **Cette demande est en cours d'instruction.**

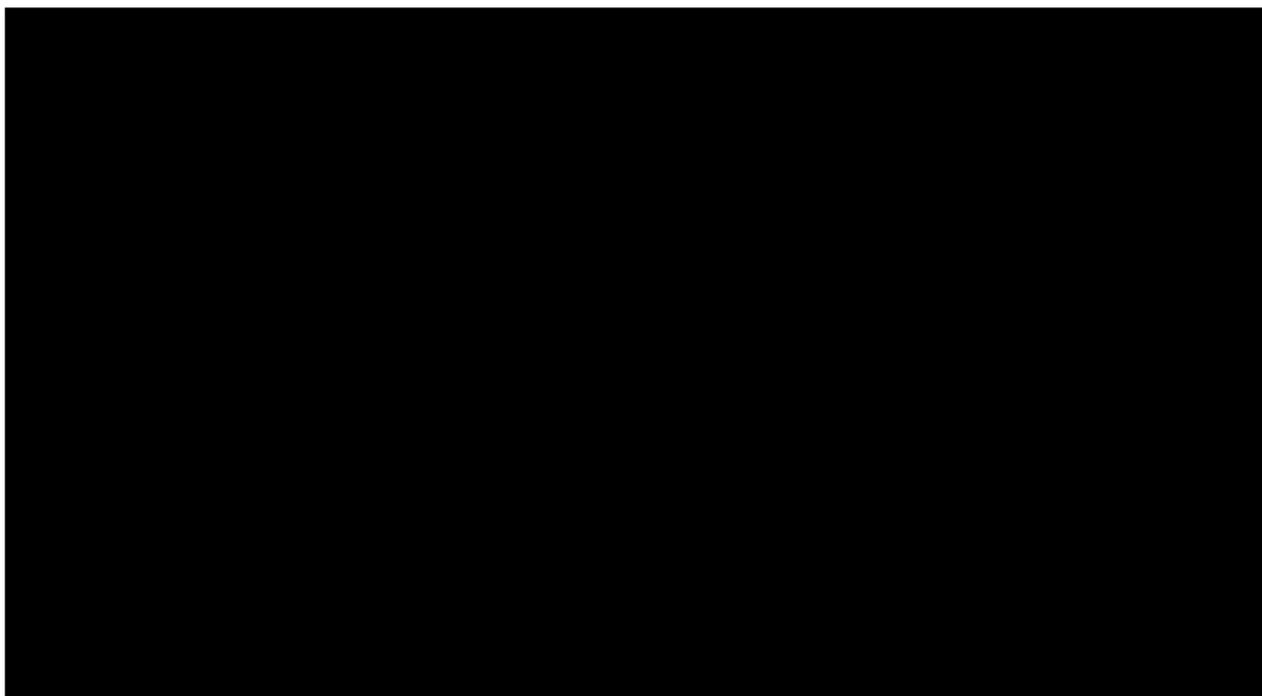


Figure 6 : Estimation par l'exploitant de l'évolution des capacités d'entreposage des CSD-C

Concernant les prévisions de disponibilité d'entreposage à plus long terme, l'IRSN relève que, dans la dernière révision du Plan national de gestion de matières et des déchets radioactifs (PNGMDR 2016-2018), l'exploitant estime qu'en cas de décalage des expéditions des colis CSD-C vers Cigéo, escomptées dès 2030, il pourrait attendre 2025 pour décider de lancer les démarches nécessaires à une extension d'entreposage des colis CSD-C en considérant que la capacité de l'extension ECC permettrait de couvrir trois années de production, soit jusqu'en 2028. Or, la prévision de l'évolution de l'entreposage des colis CSD-C faite par l'exploitant (cf. figure 5) montre une saturation de l'atelier ECC et de son extension début [REDACTED]

L'IRSN considère que la capacité d'entreposage des colis CSD-C dans l'atelier ECC, son extension et les couloirs centraux de l'ECC (environ [REDACTED] CSD-C) n'est pas suffisante au-delà de 2030, en considérant que la phase opérationnelle d'accueil des déchets à Cigéo devrait nécessiter un certain temps ; une seconde extension de l'atelier ECC serait alors nécessaire. Pour l'IRSN, l'exploitant doit donc prendre des dispositions visant à prévenir la saturation des capacités d'entreposage des CSD-C actuellement autorisées. A cet égard, Orano Cycle devra tenir compte, notamment, des incertitudes sur les dates d'expédition de colis CSD-C vers

le centre de stockage Cigéo et des délais nécessaires à la mise en service de nouvelles installations d'entreposage. Ceci a fait l'objet d'une recommandation dans le cadre de l'instruction de la stratégie de démantèlement et de gestion des déchets d'ORANO, qui a fait l'objet d'une réunion des GP les 11 et 12 avril 2018. Dans ce cadre, Orano Cycle a pris, par la lettre [17], l'engagement H7 suivant : « Orano s'engage à fournir sous 1 an, une étude (avec justification des incertitudes, des marges et de la sensibilité aux hypothèses retenues) présentant la cohérence des programmes prévisionnels de production de colis de déchets compactés avec le taux d'occupation des entreposages existants et la mise à disposition de nouvelles capacités d'entreposage prévues, afin de prévenir tout risque de saturation des entreposages existants. » .

Au-delà de 2030, l'exploitant estime que la baisse de la production de colis CSD-C () CSD-C/an) liée à l'avancement des programmes de RCD d'une part, le retour à destination de leurs propriétaires étrangers d'environ 5 500 colis CSD-C jusqu'en 2040 d'autre part, devraient alléger les tensions sur les capacités d'entreposage de ces colis. L'IRSN souligne que la production de colis CSD-C doit être consolidée en fonction du flux d'ACU traités et que les prévisions de retour vers les propriétaires étrangers paraissent optimistes au regard du retour d'expérience (234 colis CSD-C renvoyés sur la période 2014-2016, pour un total de 5 880 colis CSD-C « étrangers » au 31 décembre 2016). À cet égard, l'IRSN souligne l'importance des actions visant à réaliser effectivement le retour des colis CSD-C vers leurs propriétaires.

6.3.4.4 Déchets technologiques contaminés en émetteurs alpha et déchets générés par le traitement des effluents aqueux

Déchets technologiques contaminés en émetteurs alpha

Les déchets technologiques contaminés en émetteurs alpha issus de l'exploitation des ateliers de l'établissement de La Hague, de l'usine MELOX (cf. § 6.4.4 du présent rapport) et, jusqu'en 2016, de l'atelier de traitement du plutonium (ATPu) du CEA Cadarache, et non compatibles avec un stockage en surface (activité alpha par fût de déchets supérieure à 9,5 GBq calculée à 300 ans), sont entreposés dans deux alvéoles d'entreposage de l'unité D/E EB de l'atelier STE3 (INB n° 118) de l'établissement Orano Cycle de La Hague.

L'alvéole 104.4 de l'unité D/E EB, mis en service en 2007, a une capacité d'entreposage de () fûts. L'alvéole 102.4 de l'unité D/E EB, mis en service en 2010, a une capacité de () fûts. La mise en service d'un troisième alvéole (alvéole 111.4 du bâtiment STE3-S), d'une capacité de () fûts, est prévue à l'horizon ()

Pour ce type de déchets, l'exploitant estime les flux à () fûts/an produits par les usines de La Hague et à () fûts/an produits par l'usine MELOX. Pour sa part, l'IRSN estime le flux de fûts de déchets produits par l'usine MELOX à () fûts/an sur la période 2015-2030 (cf. § 6.4.4 du présent rapport).

Au 1^{er} janvier 2017, () fûts primaires de déchets contaminés en émetteurs alpha étaient entreposés dans l'unité D/E EB, dont () produits par l'usine MELOX, pour une capacité totale de () fûts. En considérant un flux d'entreposage égal au flux de production de () fûts/an, la saturation des alvéoles 102.4 et 111.4 de l'unité D/E EB serait atteinte en 2024. Cette date pourrait être avancée de deux ans en tenant compte de la réception des fûts de déchets contaminés en émetteurs alpha actuellement entreposés dans l'usine MELOX : () fûts prêts à être expédiés et () fûts de filtres en attente de traitement. La mise en service de l'alvéole 111.4 du bâtiment STE3-S, prévue « à l'horizon () » par Orano Cycle, ne présente donc pas de marge à l'égard de la saturation des capacités d'entreposage de déchets technologiques contaminés en émetteurs alpha.

La filière de traitement de ces déchets est en cours de définition. La solution envisagée est le conditionnement dans un colis destiné au stockage dans le centre Cigéo, par le procédé PIVIC (Incineration-Vitrification In Can) actuellement en cours d'étude et de développement. [REDACTED]

Dans le cadre de l'instruction du dossier « Stratégie de démantèlement et de gestion des déchets », Orano Cycle a pris, par la lettre [17], l'engagement H9 suivant : « Orano s'engage sous 6 mois, à présenter la stratégie et les échéanciers associés, pour les divers colis qu'Orano prévoit d'entreposer dans l'atelier STE3 (colis de déchets bitumés, fûts primaires de déchets contaminés en émetteurs alpha, colis PIVIC et colis résultant de la reprise des boues de l'atelier STE2). Cette stratégie tiendra compte des capacités d'entreposage réelles de l'atelier STE3 ainsi que de l'évolution des estimations de production des colis concernés. La présentation intégrera en particulier les besoins de nouveaux entreposages à mettre en place et l'échéancier associé. »

Déchets générés par le traitement des effluents aqueux

Les opérations de traitement des assemblages combustibles usés génèrent des effluents aqueux qui sont, en fonction de leurs caractéristiques radiologiques et chimiques, soit rejetés en mer dans les limites de l'arrêté du 11 janvier 2016 (cf. § 6.3.5 du présent rapport), soit dirigés vers la station de traitement des effluents de l'atelier STE3 où ils sont traités selon un procédé de co-précipitation chimique. Les boues obtenues sont conditionnées par extrusion dans du bitume. Dans l'attente d'une filière d'élimination, ces colis de déchets bitumés sont entreposés dans les halls d'entreposage de l'atelier STE3.

L'exploitant considère que les gestions de combustibles étant stabilisées sur la période 2015-2030, les caractéristiques des effluents aqueux traités dans l'atelier STE3 et des colis de déchets bitumés produits n'évolueront pas. Ceci n'appelle pas de remarque.

Capacités d'entreposage de l'atelier STE3

L'atelier STE3 comporte huit halls ou alvéoles d'entreposage (quatre dans l'unité D/E EB, quatre dans l'atelier STE3), dont la configuration actuellement prévue pour entreposer les différents types de déchets est la suivante :

- trois alvéoles de l'unité D/E EB sont dédiés aux déchets technologiques contaminés en émetteurs alpha, dans l'attente de la mise en service du procédé PIVIC qui vise à traiter ces déchets [REDACTED];
- trois alvéoles de l'unité D/E EB sont dédiés aux futurs colis ou fûts de déchets issus de la reprise des boues entreposées dans des silos de l'atelier STE2 (INB n° 38) (colis dits « RCB ») ;
- deux alvéoles de l'atelier STE3 sont dédiés aux colis de déchets bitumés.

Le caractère suffisant des capacités d'entreposage de l'atelier STE3 a été examiné par l'IRSN dans le cadre de l'instruction de la stratégie d'Orano de démantèlement et de gestion des déchets, qui a fait l'objet d'une réunion des GP les 11 et 12 avril 2018. Cette évaluation a mis en exergue que les capacités d'entreposage ne seront pas suffisantes pour accueillir à la fois les colis de déchets bitumés, les fûts primaires de déchets contaminés en émetteurs alpha, les colis PIVIC et les colis résultant du traitement des boues de l'atelier STE2. Ce point a fait l'objet de l'engagement H9 précité.

6.3.5 Impact sur les rejets de l'établissement de La Hague

Les limites annuelles de rejets d'effluents liquides et gazeux de l'établissement de La Hague sont définies par l'arrêté du 11 janvier 2016 portant homologation de la décision n°2015-DC-0536 de l'ASN. Ces limites sont rappelées dans les tableaux en annexe 13 au présent rapport. Il est à noter que des limites complémentaires spécifiques sont définies pour les rejets des opérations autorisées de reprise et de conditionnement des déchets (RCD) anciens entreposés sur l'établissement, de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement ; ces limites, et les rejets auxquelles elles s'appliquent, ne sont pas considérées dans le présent rapport.

En cours d'instruction, l'exploitant a transmis le bilan des activités des effluents rejetées par l'établissement de La Hague pour l'année 2016, au cours de laquelle ont été traités 1 118 tml ; ces activités sont présentées en annexe 13 au présent rapport et comparées aux limites actuelles de rejet.

Le dossier « IC 2016 » présente l'évaluation des rejets d'effluents liquides et gazeux de l'établissement de La Hague pour la période 2016-2030. L'exploitant étudie deux scénarios (« IC 10 ans » et « IC 5 ans ») qui sont comparés à un scénario dit « de référence ». Le scénario « IC 10 ans » considère un temps de refroidissement moyen des ACU avant traitement de 10 ans, ce qui correspond à la pratique actuelle. Le scénario « IC 5 ans » est étudié, depuis le dossier « Cycle 2000 », pour évaluer l'impact sur les rejets d'effluents d'un temps de refroidissement réduit à 5 ans. Les caractéristiques des combustibles traités sont détaillées dans le tableau 35. Le flux de traitement des combustibles retenu dans les scénarios « IC 10 ans » et « IC 5 ans » prend en compte 150 tml/an de combustibles non EDF mais dont les caractéristiques sont prises, par hypothèse, identiques à celles des combustibles EDF.

Tableau 35 : Caractéristiques des ACU traités pour l'évaluation des rejets liquides et gazeux de La Hague

Paramètres	Scénario de référence	Scénario « IC 10 ans »	Scénario « IC 5 ans »
Enrichissement initial	3,9 % ²³⁵ U		
Taux de combustion	48 GWj/tmli	46 GWj/tmli	
Temps de refroidissement	8 ans	10 ans	5 ans
Tonnage annuel	1 500 tml	1 250 tml	

L'exploitant a calculé le ratio « rejets/limite » pour chaque radionucléide dont les limites sont fixées par l'arrêté rappelé ci-dessus. Ces valeurs, présentées en annexe 13 au présent rapport, sont constantes sur la période 2016–2030 puisque le flux de traitement et les caractéristiques des combustibles traités sont constants sur la période.

Selon l'exploitant, les valeurs des autorisations ne sont pas dépassées pour les effluents liquides dans le cas du traitement d'ACU ayant un temps de refroidissement moyen de 10 ans ; ██████████
██████████ Concernant les effluents gazeux, l'exploitant conclut que les valeurs des autorisations ne sont pas dépassées, quel que soit le temps de refroidissement des ACU traités.

Les évaluations réalisées par l'exploitant, sont confirmées par le retour d'expérience pour des traitements d'ACU dont les tonnages et les caractéristiques sont comparables à ceux retenus par l'exploitant dans son étude. A cet égard, il convient de rappeler que l'exploitant informe annuellement l'ASN des prévisions de rejets de l'Etablissement Orano Cycle de La Hague pour l'année à venir et justifie, sur la base des prévisions réalistes de traitement de l'année à venir, les activités rejetées estimées pour chaque radionucléide.

6.4 DÉCHETS ISSUS DES INSTALLATIONS DU CYCLE DU COMBUSTIBLE

Les déchets radioactifs issus des installations du cycle du combustible sont, en fonction de leurs caractéristiques radiologiques et physico-chimiques :

- destinés à être expédiés vers des installations de stockage existantes (Centre de stockage de l'Aube (CSA) ou Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (Cires)) ou en cours de développement (Centre industriel de stockage en formation géologique profonde (Cigéo)) ;
- considérés comme des déchets sans filière.

La stratégie de gestion des déchets issus des installations d'EDF a fait l'objet d'une instruction en 2015 [21] et celle relative à la gestion des déchets issus des installations Orano Cycle a fait l'objet d'une instruction en 2018 [25]. Le présent chapitre évalue l'impact des gestions de combustibles envisagées sur la période 2015-2030 sur les principaux déchets produits par les installations du cycle et sur les installations de stockage ou d'entreposage associées.

Les déchets présentant les principaux enjeux pour les filières de traitement ou de stockage, à l'exclusion des déchets liés aux opérations de reprise, traitement et conditionnement des déchets anciens (RCD) et des opérations de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement (MAD/DEM), sont présentés dans le tableau 36.

Tableau 36 : Principaux déchets radioactifs issus des installations du cycle du combustible

Déchets	Origine	Catégorie	Exutoire
Déchets d'exploitation et de maintenance	CNPE EDF	FMA	CSA
Conteneurs standards de déchets vitrifiés : CSD-V	La Hague	HA-VL (NSSS)	Cigéo
Conteneurs standards de déchets compactés : CSD-C	La Hague	HA-VL (NSSS)	Cigéo
Colis de déchets bitumés	La Hague	HA-VL (NSSS)	Cigéo
Déchets technologiques contaminés en émetteurs alpha	La Hague/Mélox	FMA (C2S)	CSA
		TFA (C2S)	Cires
		MA-VL (NSSS)	Cigéo

NSSS : Non Susceptible d'un Stockage de Surface - MA-VL. Activité en émetteurs alpha supérieure à 9,5 GBq/fût calculée à 300 ans

C2S : Compatible Stockage de Surface - FMA. Activité en émetteurs alpha par fût inférieure à 9,5 GBq calculée à 300 ans

6.4.1 Déchets à destination de l'installation Cigéo

6.4.1.1 Hypothèses de dimensionnement

Dans le cadre du développement du projet Cigéo, l'inventaire de référence de l'installation, c'est-à-dire l'ensemble des déchets et des colis à retenir pour les études de conception de l'installation ainsi que les hypothèses structurantes sous-tendant l'élaboration de cet inventaire, est décrit dans le Programme industriel de gestion des déchets (PIGD). Le PIGD, [REDACTED] constitue une donnée d'entrée de l'Andra pour les études d'avant-projet de Cigéo.

Pour l'élaboration du PIGD, la production électrique d'origine nucléaire nette est prise égale à 430 TWh/an jusqu'en 2016, puis à 443 TWh/an de 2016 à 2027, les 13 TWh/an supplémentaires étant apportés par l'EPR FLA3 supposé être mis en service en 2016. Le dimensionnement de l'installation Cigéo se fonde sur quatre réacteurs 900 MWe chargés en combustibles URE et sur un flux de fabrication de 74 tml d'URE/an constant sur la période 2013-2020 et au-delà.

Concernant les ratios de production des colis CSD-C et CSD-V par tonne de métal lourd initial traité, utilisés pour déterminer le nombre de colis à stocker dans l'installation Cigéo, l'Andra indique que les hypothèses retenues pour le dimensionnement de Cigéo sont enveloppées de celles présentées dans le dossier « IC 2016 ».

L'IRSN souligne que les ratios expérimentaux issus de la période s'étendant de 2007 à 2014 (période d'étude du précédent dossier impact cycle (dossier « IC 2007 »)) montrent que les taux de production réellement obtenus sur la période sont inférieures aux valeurs présentées dans le dossier « IC 2016 » pour tenir compte des évolutions de gestion des combustibles attendues pour la période 2015-2030.

Les points particuliers font l'objet des commentaires suivants.

6.4.1.2 Impact de l'URE

L'Andra indique que les hypothèses retenues dans le dossier « IC 2016 » n'ont pas d'impact sur les hypothèses utilisées pour le dimensionnement de l'installation Cigéo, « à l'exception du produit URE NT avec une teneur en ²³⁵U augmentée qui fera l'objet d'une étude particulière ». En effet, l'inventaire de référence de l'installation Cigéo ne comprend pas à ce jour de colis constitués à 100 % de déchets issus du traitement d'ACU URE ; ces déchets, au même titre que les déchets issus du traitement des ACU MOX, sont supposés être mélangés avec des déchets issus du traitement d'ACU UNE et conditionnés sous forme de colis CSD-V et CSD-C selon les spécifications actuelles.

Au cours de l'instruction, l'Andra a précisé que pour le dimensionnement de l'installation Cigéo, un taux de dilution des solutions de dissolution des ACU MOX (lorsque ceux-ci seront traités) dans ceux des ACU UNE fixé à [REDACTED] % a été retenu, la part de combustibles URE représentant environ [REDACTED] % des combustibles UOX. Le combustible URE pris en compte pour établir les caractéristiques des colis CSD-C et CSD-V est caractérisé par un enrichissement initial en ²³⁵U [REDACTED] et un taux de combustion moyen de [REDACTED] GWj/tmli.

L'IRSN note que la part de [REDACTED] % attribuée aux combustibles URE pour établir les caractéristiques des colis CSD-C et CSD-V est cohérente avec le scénario de référence retenu par EDF dans le dossier « IC 2016 ». Ce dossier prévoit la mise en œuvre de combustibles URE dans les quatre réacteurs du CNPE de Cruas, ce qui représente [REDACTED] tml/an, pour un chargement de [REDACTED] tml/an de combustibles UNE dans le reste du parc EDF.

Or, EDF prévoit d'augmenter la teneur des assemblages combustible URE de 4,1 % à 4,25 % (produit dit « URE NT »). L'Andra indique que « ce produit URE NT pourrait également rentrer dans la composition des colis contenant des déchets MOX. La mention d'une étude particulière à mener sur le produit URE NT signifie que l'Andra vérifiera si besoin, comme elle le fait systématiquement en cas d'évolution des données, l'impact de l'introduction d'un produit dont la définition diffère de celle considérée jusqu'ici ». L'Andra considère néanmoins que, sous réserve du maintien à l'identique des paramètres du mélange, l'introduction du produit URE NT n'aura pas d'impact sur les caractéristiques des colis et sur le dimensionnement de Cigéo.

Par ailleurs (cf. § 8.1 du présent rapport), EDF indique une possible utilisation d'assemblages URE sur le palier 1 300 MWe, sans toutefois préciser le nombre de tranches concernées et la durée de mise en œuvre de cette gestion. L'IRSN estime qu'en fonction du nombre de tranches 1 300 MWe concernées par cette nouvelle gestion et du nombre de tranches 900 MWe maintenues en gestion URE, la quantité limite d'URE [REDACTED] %) prise en compte dans l'établissement des caractéristiques des colis CSD-V et CSD-C pourrait être dépassée.

L'IRSN estime que, si une gestion de combustibles URE était mise en œuvre sur le palier 1 300 MWe, EDF, en lien avec Orano Cycle, devrait en déterminer l'impact, notamment en termes de dilution des solutions de dissolution avec celles des combustibles UNE pour respecter les spécifications actuelles des colis CSD-V et CSD-C. Si une évolution de ces spécifications s'avérait nécessaire, EDF, en lien avec l'Andra, devrait déterminer les impacts associés sur le dimensionnement de l'installation Cigéo. Ce point est pris en compte dans l'observation O.5 (cf. § 6.3.4.2 du présent rapport).

6.4.1.3 Impact du nombre de réacteurs chargés en combustibles MOX

Pour le dimensionnement de l'installation Cigéo, l'Andra a retenu une hypothèse de 22 réacteurs chargés en combustibles MOX. Le passage à 24 tranches chargées avec ce type de combustible dans le scénario de référence du dossier « IC 2016 » conduit à une augmentation du tonnage de combustibles MOX de l'ordre de 5,5 tml/an, pour un tonnage actuellement retenu de 120 tml/an. Sur la période considérée (jusqu'en 2030), cette augmentation n'a pas d'impact sur les productions courantes de colis CSD-V et CSD-C puisque les combustibles MOX ne sont pas traités. L'Andra estime que cette augmentation ne devrait pas modifier significativement les estimations des quantités totales de colis CSD-V et CSD-C issus du traitement ultérieur des combustibles MOX.

O.6. L'IRSN estime que l'Andra devrait prendre en compte l'augmentation du tonnage de combustible MOX induite par le passage de 22 à 24 tranches chargées de combustibles MOX dans l'élaboration de la prochaine version de l'inventaire prévisionnel des déchets à destination de Cigéo.

6.4.1.4 Études de sensibilité

L'ASN a demandé à EDF d'étudier deux scénarios particuliers d'évolution de la part du nucléaire dans le mix énergétique en France (cf. § 9 du présent rapport). Le dossier « IC 2016 » présente les conclusions de l'étude de ces deux scénarios :

- scénario « Mix 50 % nucléaire en 2025 - voie 900 MW » (dit « MIX voie 900 ») qui prévoit la fermeture d'un réacteur de puissance unitaire 900 MWe en 2016, puis la fermeture annuelle de deux réacteurs de puissance unitaire 900 MWe entre 2017 et 2025. EDF a considéré l'arrêt de réacteurs du palier CPY. Ce scénario conduit donc à l'arrêt de 19 tranches de puissance unitaire 900 MWe et à une production électrique d'origine nucléaire abaissée de 420 TWh à 305 TWh en 2025. Par rapport au scénario « de référence », la diminution du nombre d'ACU UNE à traiter pour équilibrer « le flux de Pu » (réduction de la quantité de plutonium recyclable de 11 tonnes pour 24 réacteurs chargés en combustibles MOX à 2,4 tonnes pour 5 réacteurs chargés de combustibles MOX) entraîne, selon EDF, une diminution de 10 % de la quantité de déchets HA et MA-VL à stocker à Cigéo, compte tenu des CSD-V et CSD-C déjà produits ;
- scénario « Mix 50 % nucléaire en 2025 - voie 1 300 MW » (dit « MIX voie 1 300 ») qui prévoit la fermeture annuelle alternative de un puis deux réacteurs de puissance unitaire 1 300 MWe entre 2016 et 2025. Ce scénario conduit donc à l'arrêt de 15 tranches P4/P'4 et à une production électrique d'origine nucléaire abaissée de 420 à 290 TWh en 2025. Par rapport au scénario de référence, ce scénario ne fait pas évoluer la quantité de déchets HA et MA-VL à stocker : le nombre de tranches 900 MWe chargés de combustibles MOX étant inchangé, le nombre d'ACU UNE à traiter pour équilibrer « le flux de Pu » est lui aussi inchangé.

L'IRSN relève que les scénarios étudiés par EDF de fermeture anticipée des réacteurs ont un impact limité sur la quantité de déchets générés.

6.4.2 Déchets à destination du Centre de stockage de l'Aube (CSA)

6.4.2.1 Évolutions prévues dans le cadre du dossier Impact Cycle 2016

Parmi les évolutions envisagées par EDF pour les gestions des combustibles sur la période 2015-2030, celles susceptibles d'avoir un impact sur les déchets destinés à être envoyés au CSA sont les suivantes :

- la reprise de la gestion Garance URE sur le palier CPY en 2021, puis la mise en œuvre du produit URE NT ;
- la possible introduction d'assemblages URE sur le palier 1 300 MWe (cf. § 8.1 du présent rapport) ;
- l'augmentation de la teneur en Pu pour le produit « MOX NT 2012 Intermédiaire » ;
- la mise en œuvre de la première gestion EPR fin 2018/début 2019 ;
- la poursuite du déploiement des gainages « M5 », « Zirlo » ou « Optimized Zirlo ».

Pour ce qui concerne la mise en œuvre des combustibles URE (gestion Garance URE dans les tranches CPY, caractérisée par une teneur de 4,1 % en ^{235}U , évoluant jusqu'à 4,25 % (URE NT) pour maintenir l'équivalence avec le combustible UNE 3,7%, et un taux de combustion de 44 GWj/tU, ou introduction des combustibles URE dans les tranches du palier 1 300 MWe), l'Andra indique que ces évolutions n'ont pas d'incidence sur le volume, la composition et l'activité des déchets d'exploitation et de maintenance des REP destinés au CSA (résines échangeuses d'ions, filtres d'épuration du circuit primaire, déchets technologiques...).

EDF indique que ceci est confirmé par le retour d'expérience relatif aux déchets de procédé produits par les sites du palier CPY sur la période 1988-2015. En effet, l'activité de ces déchets a pour origine l'activité véhiculée ou déposée dans le circuit primaire du réacteur. Les radionucléides présents sont essentiellement issus de produits de corrosion relâchés par les surfaces métalliques en contact avec l'eau du circuit primaire, sous forme soluble ou insoluble, activés neutroniquement lors de leur passage dans le cœur. Des produits de fission, générés par des défauts du gainage des assemblages combustibles, peuvent également être présents en faible proportion dans ces déchets. Le seul impact potentiel identifié par l'Andra concernant les évolutions de la gestion des combustibles résulterait d'une modification des matériaux des gaines et des structures, pouvant modifier les particules relâchées dans le circuit primaire. Ce changement de matériau n'est pas prévu sur la période 2015-2025. Dès lors, l'Andra retient que la reprise du recyclage de l'URE dans quatre réacteurs du palier CPY ou son introduction potentielle dans les tranches du palier 1 300 MWe sont sans impact notable sur les déchets à destination du CSA.

Ceci n'appelle pas de commentaire.

Pour ce qui concerne la mise en œuvre des combustibles MOX, l'Andra considère que l'augmentation du nombre de tranches CPY chargés avec ce type de combustible (de 22 à 24) ou de la teneur en Pu dans le combustible « MOX NT 2012 Intermédiaire » (teneur évoluant de 8,65 % à 9,08 %) n'aura pas d'impact notable sur le volume, la composition et l'activité des déchets produits par les tranches EDF concernées, à destination du CSA. **Ceci n'appelle pas de commentaire.**

Le cas des déchets radioactifs issus de la fabrication des combustibles MOX dans l'usine MELOX est examiné au § 6.4.4 du présent rapport.

Pour ce qui concerne les déchets issus de l'exploitation de l'EPR, EDF prévoit de décliner les agréments actuellement en vigueur sur le parc. En effet, EDF indique que la gestion EPR est similaire aux autres gestions UNE déjà déployées (type d'assemblage combustible (matériau de gainage, teneur initiale en ^{235}U) et taux de combustion). Lors de la mise en fonctionnement de l'EPR, EDF vérifiera néanmoins la pertinence des facteurs de corrélation et des spectres-types appliqués aux déchets. Les dispositions retenues par EDF pour vérifier la

pertinence de la gestion future des déchets de l'EPR ont été examinées dans le cadre de l'instruction de la stratégie de gestion des déchets d'EDF, qui a fait l'objet de la réunion de juillet 2015 du Groupe permanent « Déchets » sur la base du rapport IRSN [21]. **Ces dispositions ont été jugées acceptables.**

Pour ce qui concerne le déploiement des matériaux de gainage enrichis en niobium, le remplacement de l'alliage Zircaloy 4 par des alliages de type M5, Zirlo ou Advanced Zirlo, présentant notamment une substitution de l'étain par du niobium à [REDACTED] peut conduire à un relâchement de niobium dans l'eau du circuit primaire qui, par activation, se transmute en ^{94}Nb (l'abondance isotopique naturelle du ^{93}Nb est de 100 %). Un tel relâchement peut conduire à la modification du facteur de corrélation utilisé pour la déclaration du ^{94}Nb au CSA, radionucléide faisant l'objet d'une prescription limitant sa capacité radiologique¹ au CSA. Environ 2 % de cette capacité est actuellement consommée. Les analyses menées par EDF dans le cadre de la mise en place de ces nouveaux alliages montrent une absence de variation de ce facteur dans les tranches chargées de ce type de combustible. Les analyses d'EDF, expertisées par l'IRSN dans le cadre de l'instruction de la stratégie de gestion des déchets d'EDF précitée, ont été considérées comme robustes. **Aussi, l'IRSN considère que l'impact de la mise en place des nouveaux matériaux de gainage des assemblages combustibles (alliages de types M5, Zirlo ou Advanced Zirlo) sur la capacité radiologique en ^{94}Nb du CSA est limité.**

Concernant les capacités radiologiques réglementaires du CSA, à l'exception de celles du ^{94}Nb et des émetteurs alpha à 300 ans traitées ci-avant, les évolutions des gestions des combustibles présentées dans le dossier « IC 2016 » n'influent qu'à la marge sur la consommation de ces capacités. **Cela n'appelle pas de remarque.**

6.4.2.2 Impact des scénarios de fermetures anticipées de réacteurs sur le CSA

Concernant les deux scénarios « mix énergétique » dont l'étude a été demandée par l'ASN, le dossier « IC 2016 » ne présente pas l'impact des opérations de démantèlement qui feront suite aux fermetures anticipées de réacteurs sur les quantités de déchets qui seraient envoyés au CSA.

L'IRSN rappelle que l'impact de la fermeture massive de réacteurs sur le programme de démantèlement des REP (et donc sur les capacités du CSA) a été examiné lors de l'instruction de la stratégie de démantèlement des installations nucléaires d'EDF (cf. rapport IRSN [24]).

6.4.3 Déchets à destination du Cires

Le dossier « IC 2016 » indique que ce sont les démantèlements d'installations nucléaires, et non leur exploitation, qui contribueront majoritairement aux volumes de déchets TFA envoyés au Cires dans les années à venir. À cet égard, l'Andra a précisé, au cours de l'instruction, que les déchets provenant du cycle du combustible n'excèdent pas à ce jour 13 % des déchets envoyés au Cires et ont un impact marginal sur les capacités volumiques et radiologiques actuelles de cette installation. L'Andra a précisé que les évolutions induites par les modes de gestion des combustibles prévues par EDF pour la période 2015-2030 n'auront qu'un effet limité sur les volumes de déchets envoyés au Cires. **Cela n'appelle pas de remarque de l'IRSN.**

¹Les capacités radiologiques s'appliquent à 20 radionucléides particuliers et représentent les activités totales autorisées au stockage pour chacun de ces radionucléides, inscrites dans les prescriptions techniques de l'installation. Les radionucléides concernés par ces capacités radiologiques sont : le ^3H , le ^{14}C , le ^{36}Cl , le ^{41}Ca , le ^{59}Ni , le ^{60}Co , le ^{63}Ni , le ^{79}Se , le ^{90}Sr , le ^{93}Mo , le ^{93}Zr , le ^{94}Nb , le ^{99}Tc , le ^{107}Pd , l' $^{108\text{m}}\text{Ag}$, l' ^{129}I , le ^{135}Cs , le ^{137}Cs , le ^{151}Sm et les émetteurs alpha à 300 ans, afin de prendre en compte les phénomènes de filiation.

6.4.4 Cas particulier des déchets issus de l'usine Mélox

Les déchets radioactifs issus de la fabrication des combustibles MOX se répartissent en :

- déchets C2S (Compatibles en stockage de surface - FMA), dont l'activité en émetteurs alpha par fût est inférieure à 9,5 GBq calculée à 300 ans, soit de l'ordre de [REDACTED] le Pu et d'²⁴¹Am pour les spectres « Parité MOX » et « MOX NT 2012 Intermédiaire » ;
- déchets NSSS (Non susceptibles d'un stockage de surface - MA-VL), dont l'activité en émetteurs alpha par fût est supérieure à 9,5 GBq calculée à 300 ans.

L'IRSN souligne qu'une quantité très faible de matière (Pu + ²⁴¹Am) peut modifier le classement d'un fût de déchets produits dans l'usine MELOX (déchets C2S ou NSSS) : la répartition des fûts produits ne peut donc pas se faire *a priori*, mais ne peut résulter que d'une caractérisation.

En 2016 (respectivement 2015), les déchets radioactifs collectés par MELOX représentent [REDACTED] fûts de 118 L classés NSSS et 1 827 (1 904) fûts de 118 L classés C2S, dont 35,318 (33,815) tonnes de déchets TFA.

L'exploitant indique que la mise en œuvre du produit « MOX NT 2012 Intermédiaire » a un impact prévisionnel faible sur la répartition des déchets entre les catégories NSSS ou C2S, seuls les fûts C2S proches du seuil d'admissibilité en surface étant susceptibles d'évoluer en déchets NSSS (augmentation de la teneur en Pu due à la dégradation du vecteur isotopique du Pu, modification du spectre radiologique des déchets alphas destinés au CSA). Le dossier de réexamen de sûreté de l'usine MELOX de 2013 évalue cet impact, pour le produit « MOX NT 2012 » enveloppe du produit « MOX NT 2012 Intermédiaire », à une augmentation de [REDACTED] fûts NSSS par an pour les déchets organiques et à une augmentation de [REDACTED] fûts NSSS par an pour les déchets métalliques, en tenant compte « des actions menées pour limiter la quantité et la teneur massique en émetteurs alpha des déchets produits ».

Les actions mises en œuvre ces dernières années par l'exploitant de MELOX pour limiter la production de déchets radioactifs (C2S et NSSS) concernent :

- l'optimisation de l'utilisation des produits consommables : formations spécifiques aux opérateurs pour les sensibiliser à la réduction des déchets, optimisation des espaces de rangement en BâG pour l'outillage... ;
- les opérations de maintenance visant à réduire les interventions et les déchets associés : recyclage des équipements défectueux par la mise en place d'une boîte à gant de maintenance, fiabilisation des machines...

Dans le rapport [22] présentant l'évaluation du dossier de réexamen de sûreté de l'usine MELOX, l'IRSN indique que les dispositions mises en place par l'exploitant de l'usine MELOX constituent un progrès significatif pour la quantité de déchets générés et pour leur niveau de contamination. Le retour d'expérience récent ne conduit pas à mettre en cause cette conclusion.

Déchets compatibles avec un stockage de surface

Les déchets C2S sont :

- soit incinérés dans l'installation SOCODEI exploitée par Centraco (déchets organiques et huiles suspects) ;
- soit expédiés au Cires de l'Andra (déchets TFA) ;
- soit conditionnés dans l'installation CDS du CEA Marcoule (INB-S) en colis type Andra (colis 223 L et CBF-K) pour expédition au CSA. La capacité de traitement de l'unité de compactage de CDS est de [REDACTED] fûts/an.

L'IRSN note que les déchets C2S disposent de filières d'évacuation opérationnelles dont les capacités sont compatibles avec les flux de production et d'expédition envisagées sur les dix prochaines années.

Dans le cadre du réexamen de sûreté de l'usine MELOX examiné en 2013, l'exploitant a évalué la contribution des déchets générés par cette usine à l'inventaire du CSA en éléments émetteurs alpha en 2040 (réponse à un engagement pris par l'exploitant à la suite de l'examen du dossier « IC 2007 »). En se fondant sur l'estimation d'une masse moyenne de [REDACTED] grammes de Pu/an dans les déchets MELOX envoyés au CSA, l'exploitant prévoyait un cumul d'environ [REDACTED] soit environ [REDACTED] % de la capacité radiologique en éléments émetteurs alpha du CSA. Les bilans annuels de l'usine MELOX ne remettent pas en cause cette estimation.

Bien que cette valeur soit acceptable au regard de la capacité radiologique du CSA, l'IRSN rappelle que ce centre de stockage est prévu pour les déchets FMA-VC et que son inventaire en radionucléides à vie longue doit, par principe, rester aussi limité que possible.

À cet égard, l'IRSN rappelle que certains déchets riches en radionucléides émetteurs alpha produits par les installations du cycle (MELOX et La Hague) sont actuellement orientés vers le CSA faute d'une filière de gestion dédiée pour laquelle un stockage de déchets FA-VL constituerait une solution adaptée à leurs caractéristiques.

Aussi, l'IRSN considère que les déchets riches en émetteurs alpha produits par les installations du cycle, en particulier ceux présentant une fraction négligeable de radionucléides à vie courte, devraient être intégrés à l'inventaire des déchets FA-VL et pris en compte dans la recherche des options de gestion de ces déchets.

Déchets non susceptibles d'un stockage de surface

Les déchets NSSS sont entreposés dans l'usine MELOX et dans l'établissement de La Hague en attente de traitement. Pour une partie de ces déchets, l'exploitant procède au tri des parties radioactives et conventionnelles. Les filtres à très haute efficacité (THE) faisant partie de la 1^{ère} barrière de confinement classés NSSS sont démontés pour récupérer la poudre d'oxyde accumulée et trier les constituants. Ces dispositions permettent de limiter le volume de déchets NSSS et la quantité de Pu contenue.

L'état des stocks de déchets NSSS entreposés dans l'installation MELOX est présenté dans le tableau 37.

Tableau 37 : Déchets NSSS entreposés à MELOX au 31 décembre

Nature des déchets NSSS	2014	2015	2016	Conditionnement/volume
Métalliques et divers	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	Fûts de 118 litres
Boîtes PuO ₂ vides	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	Fûts de 118 litres
Carcasses de filtres et médias filtrants	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	Fûts de 118 litres
Déchets organiques	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	Fûts de 118 litres
Filtres en attente de traitement	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	Fûts de 118 litres
Huiles actives	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	Bidons

L'état des stocks de déchets NSSS produits par l'installation MELOX et entreposés sur l'établissement Orano Cycle de La Hague est présenté dans le tableau 38.

Tableau 38 : Déchets NSSS produits par MELOX entreposés à La Hague au 31 décembre

Année	2014	2015	2016	Conditionnement
Déchets NSSS issus de MELOX	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	Fûts de 118 litres

L'IRSN note que le ratio « nombre de fûts NSSS collectés/production de pastilles en tml » (cf. figure 7) est en baisse depuis 2005 et se stabilise à environ [REDACTED] depuis 2014. Ainsi, en considérant une production moyenne de pastilles correspondant à 125 tml/an et en intégrant l'impact de la mise en œuvre du produit « MOX NT 2012 Intermédiaire », l'IRSN estime, pour le scénario EDF de référence, le flux de fûts de déchets NSSS à environ [REDACTED] fûts/an sur la période 2015-2030.

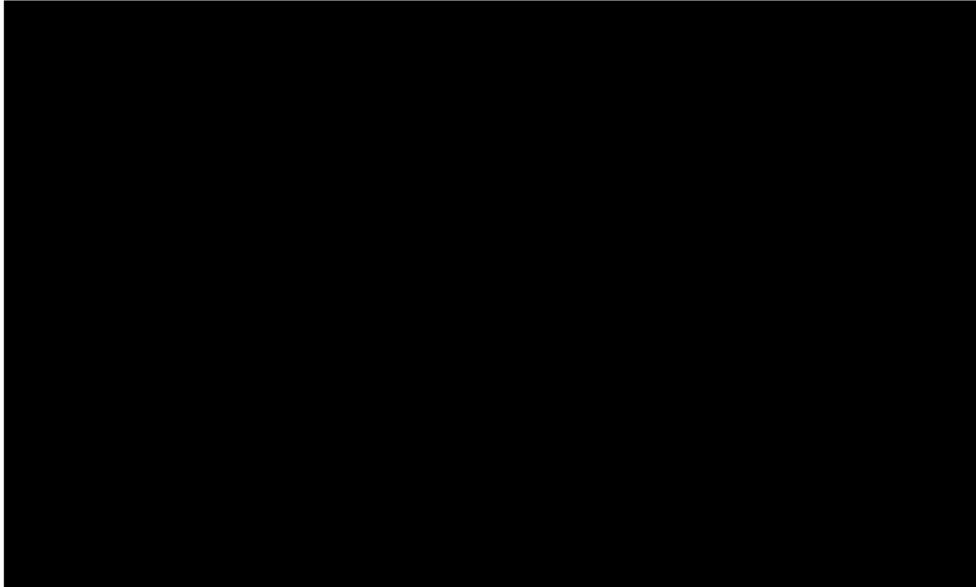


Figure 7 : Ratio « nombre de fûts NSSS collectés »/« production de pastilles » de l'usine MELOX

Concernant les capacités d'entreposage de fûts de déchets NSSS, l'usine MELOX dispose de trois entreposages dont les capacités maximales sont, respectivement, de 2 670, 265 et 112 fûts. Ces entreposages représentent ainsi une capacité totale de 3 047 fûts. Ces fûts sont régulièrement évacués vers l'établissement Orano Cycle de La Hague où ils sont entreposés dans l'unité D/E EB de l'atelier STE3 (INB 118), en attente d'un traitement et d'un conditionnement qui devraient permettre leur stockage à Cigéo. Les capacités d'entreposage de ce type de déchets ont été examinées par l'IRSN dans le cadre de l'instruction du dossier présentant la stratégie de démantèlement et de gestion des déchets d'Orano. L'IRSN a recommandé que l'exploitant revoie sa stratégie d'entreposage des déchets dans l'atelier STE3. Ce point a fait l'objet de l'engagement H9 par lettre [17], qui est présenté au § 6.3.4.4 du présent rapport. **Cet engagement est satisfaisant.**

6.5 TRANSPORTS DE MATIÈRES RADIOACTIVES

La Figure 8 présente une vue schématique des transports de matières et de déchets radioactifs du cycle du combustible REP français. Cette figure est rappelée en annexe 6 au présent rapport.

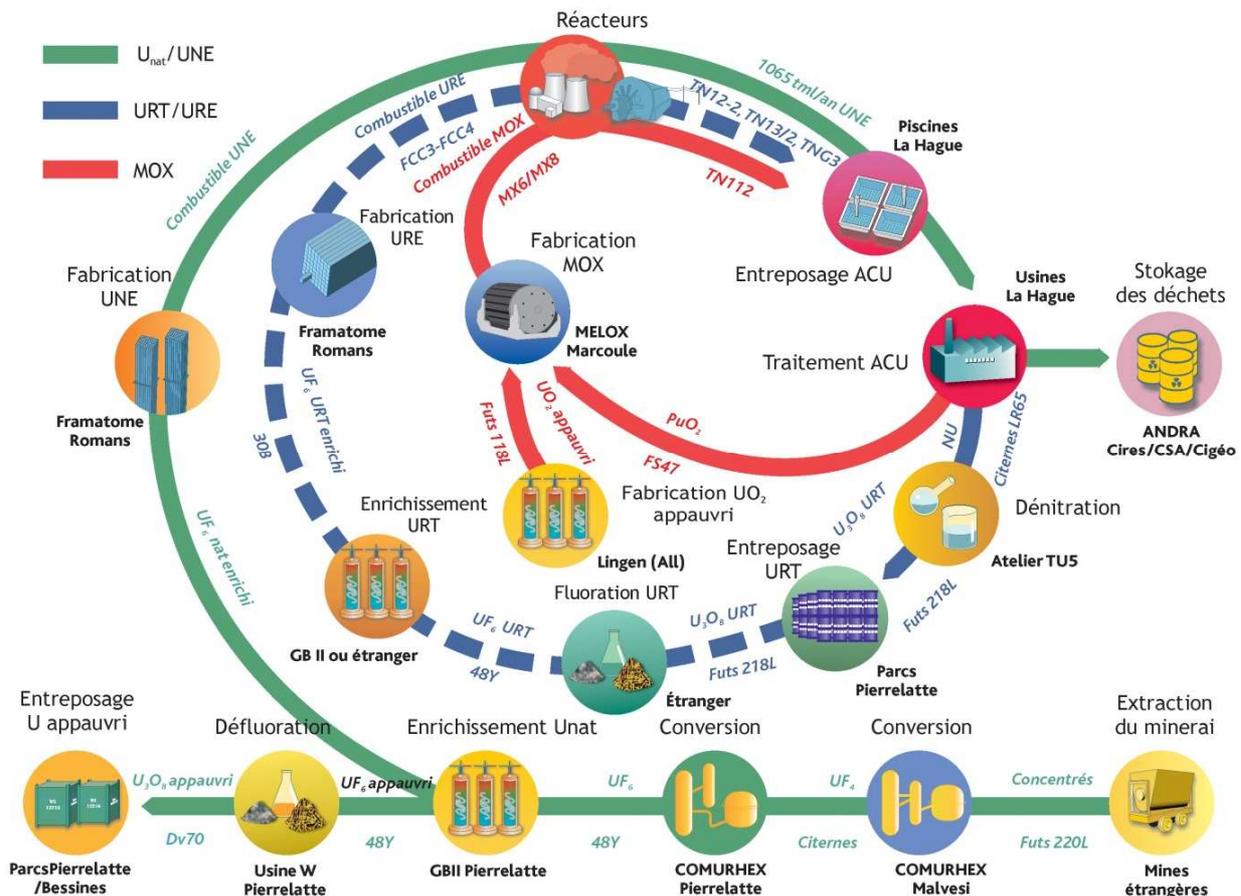


Figure 8 : Vue schématique des transports de matières et de déchets radioactifs du cycle

Le dossier « IC 2016 », complété lors de l’instruction, présente une évaluation du taux de disponibilité des différents emballages, disponibles en nombre limité, utilisés dans le cycle du combustible. Ce taux est calculé à partir du nombre annuel de jours de disponibilité prenant en compte le nombre et la durée des transports, l’immobilisation des emballages pour leur maintenance ainsi que les durées d’indisponibilité des installations expéditrices et réceptrices, à partir des données de retour d’expérience des années 2015 et 2016.

À titre d’exemple, un taux de disponibilité de 0,1 est attribué à un emballage disponible 36 jours par an en moyenne. Un taux de disponibilité négatif indique *a priori* que le nombre d’emballages est insuffisant pour couvrir les besoins.

L’IRSN relève que la période retenue pour constituer le retour d’expérience est limitée (2015-2016). Toutefois, dans les scénarios étudiés par EDF sur la période d’étude, les flux de transport sont stables et aucune évolution notable des gestions de combustibles n’est prévue. Aussi, la prise en compte d’une période limitée pour établir le retour d’expérience sur lequel se fonde le calcul des taux de disponibilité des emballages de transport nécessaires au cycle du combustible apparaît acceptable.

6.5.1 Cadre réglementaire

Pour les transports sur la voie publique, le référentiel réglementaire actuel se fonde sur le règlement de transport de matières radioactives de l'AIEA édition 2012 (SSR-6). L'IRSN souligne qu'aucune évolution significative de ce référentiel n'est prévue d'ici 2030.

Concernant les modèles de colis agréés selon d'anciennes éditions de la réglementation, l'ASN a indiqué [23] qu'elle n'était pas favorable au renouvellement, à l'horizon 2020, de certificats d'agrément pour des modèles de colis agréés suivant l'édition 1985 de la réglementation des transports de matières radioactives de l'AIEA. Cette disposition concerne en particulier les modèles de colis TN12/2 et TN13/2.

Pour les transports internes (effectués à l'intérieur d'un site industriel), le référentiel réglementaire actuel se fonde sur l'arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base.

6.5.2 Approvisionnement des installations en UF_6 , UO_2 , PuO_2 , NU et U_3O_8

6.5.2.1 Transport de concentrés miniers et d' U_3O_8

Les colis utilisés pour le transport des concentrés miniers et de l' U_3O_8 issu de l'uranium naturel sont des colis de type IP-1, respectivement des fûts dits « pétroliers » de 220 litres et des emballages DV70 de 3 200 litres.

Les colis utilisés pour le transport de l' U_3O_8 issu de l'uranium de retraitement sont des colis de type IP-2, de type fûts pétroliers de 220 litres.

Le dossier « IC 2016 » indique que, compte tenu du nombre élevé de fournisseurs existants, aucun de ces emballages ne présente de problème de disponibilité. Ceci n'appelle pas de remarque.

6.5.2.2 Transport d' UF_4

Le transport d' UF_4 entre les usines de Malvési et de Pierrelatte est réalisé en citerne d'une capacité moyenne de 16,5 tonnes d'uranium. Le parc actuel est de [REDACTED] citernes [REDACTED]. Ce sont des colis de type IP-1, transportés majoritairement par rail par convois de 20 citernes.

En se fondant sur le retour d'expérience des années 2015 et 2016, l'exploitant évalue à [REDACTED] la disponibilité de [REDACTED] citernes du parc roulant sur l'année, ce qui représente la possibilité d'utiliser en moyenne [REDACTED] citernes sur l'année. Sur la base du besoin maximal d'approvisionnement en UF_4 pour la conversion en UF_6 à l'usine de Pierrelatte ([REDACTED] tonnes d'U/semaine), il estime que [REDACTED] citernes sont nécessaires et conclut que les [REDACTED] citernes disponibles sont suffisantes. Il précise que la fabrication de citernes complémentaires dans un délai court resterait possible pour adapter la flotte de citernes à des évolutions de production sur la période concernée ou à des aléas conduisant à l'indisponibilité de citernes.

L'IRSN souligne que le taux de disponibilité des citernes de transport d' UF_4 présente peu de marge. Ces citernes étant récentes, leur durée d'indisponibilité due à des maintenances longues ou à des aléas pourrait s'accroître avec le temps. Ce point devrait faire l'objet d'une attention particulière d'Orano Cycle pour anticiper le besoin éventuel de fabrication de nouvelles citernes.

6.5.2.3 Transport d'UO₂ appauvri

Le transport d'UO₂ appauvri à destination de l'usine MELOX est réalisé en colis de type IP-1, constitués de fûts standards à usage unique de 118 litres placés par 80 dans des conteneurs ISO 20 pieds renforcés. Les fûts sont transportés entre les sites de Lingen et de Pierrelatte, où ils sont entreposés avant d'être réacheminés vers l'usine MELOX. Environ 1 600 fûts ont été transportés en 2015 (■■■■■ transports, soit environ ■■■■■ tonnes d'UO₂ appauvri). L'exploitant conclut qu'il n'y a pas de problème de disponibilité pour le transport d'UO₂ appauvri.

Ceci n'appelle pas de remarque.

6.5.2.4 Transport d'hexafluorure d'uranium (UF₆)

Les colis utilisés pour le transport d'UF₆ sont principalement :

- pour l'UF₆ non enrichi, les cylindres 48Y, équipés d'une protection thermique pour les transports sur la voie publique. Ils circulent sous agrément britannique de type H(U) ;
- pour l'UF₆ enrichi issu d'uranium naturel (UNE), les cylindres 30B placés dans une coque de transport de type COG-OP-30B ou UX-30 ;
- pour l'UF₆ enrichi issu d'uranium issu du retraitement (URE), les cylindres 30B placés dans une coque de transport de type COG-OP-30B.

Pour de l'UF₆ enrichi au maximum à 5 % en uranium 235, le modèle de colis COG-OP-30B (respectivement UX-30) dispose d'agréments de type IF pour l'Europe, AF pour les Etats-Unis ou B(U)F essentiellement utilisé pour l'URT, valides jusqu'en mai 2022 (respectivement de type AF valide jusqu'en décembre 2019). Les vecteurs isotopiques de l'UNE et de l'URE retenus par EDF sur la période de l'étude (2015-2030) sont couverts par les certificats d'agrément en cours de validité des modèles de colis.

Pour assurer les flux de transport dédiés à EDF sur la période considérée, EDF considère que :

- la disponibilité des cylindres 48Y et 30B est très largement suffisante au regard du nombre de transports réalisés annuellement et du nombre très important (plusieurs milliers) de cylindres disponibles dans le monde et de leur courte durée de fabrication en cas de nécessité ;
- la disponibilité des coques UX-30 est suffisante au regard du nombre de coques disponibles (■■■■■) et du nombre de coques nécessaires (■■■■■) ;
- la disponibilité des coques COG-OP-30B est suffisante au regard du nombre de coques disponibles (■■■■■) et du nombre de coques nécessaires :
 - trois transports d'UF₆ enrichi URE ont été effectués en 2012 entre la Russie et Pierrelatte avec au maximum 29 coques par transport (■■■■■) ;
 - cinq transports d'UF₆ enrichi UNE ou URE ont été effectués entre Pierrelatte et Romans-sur-Isère avec au maximum 25 coques par transport (■■■■■) ;

Dans le dossier « IC 2016 », EDF conclut que le parc de cylindres et de coques est adapté aux besoins actuels et futurs et qu'il peut être complété rapidement si nécessaire (fabrication en 6 mois pour les cylindres et en 8 mois pour les coques). Ceci n'appelle pas de remarque.

6.5.2.5 Transport de poudre d'oxyde de plutonium (PuO₂)

Le colis utilisé pour le transport de la poudre de PuO₂ entre l'établissement de La Hague et l'usine MELOX est le FS 47. La poudre de PuO₂ est conditionnée en boîtes ; cinq boîtes sont placées dans un étui et un étui est placé dans un emballage FS 47. Les FS 47 pleins sont transportés dans un caisson contenant dix colis, les convois de transport comportant normalement deux caissons. TN International dispose de [REDACTED] emballages FS 47 mis en service à partir de 1982, dont le certificat d'agrément arrive à échéance en décembre 2019. À ce jour, l'IRSN n'identifie pas d'obstacle à sa prorogation.

Sur la période d'étude, le vecteur isotopique de la poudre de PuO₂ évoluera du fait de la mise en œuvre du produit « MOX NT 2012 Intermédiaire ». Cette évolution, couverte par le certificat actuel d'agrément du FS 47, nécessite de réduire la quantité moyenne de Pu par emballage afin de respecter la puissance thermique maximale autorisée pour le transport en caisson.

L'exploitant a évalué le taux de disponibilité des FS 47 sur la base du transport de [REDACTED] valeur calculée à partir d'une production maximale de 131 tml/an (pour 24 réacteurs chargés en combustible MOX). Cette valeur est enveloppe du nombre maximal d'étuis pouvant être transportés [REDACTED]. Le taux de disponibilité calculé par l'exploitant est égal [REDACTED]. Ce taux, élevé et peu sensible à la durée des opérations de maintenance, correspond à environ [REDACTED] de disponibilité annuelle de chaque emballage, ce qui est satisfaisant.

6.5.2.6 Transport de nitrate d'uranyle (NU)

Le transport de nitrate d'uranyle (NU) entre l'atelier T5 de l'établissement Orano Cycle de La Hague et l'atelier TU5 de Pierrelatte est réalisé en citernes LR65 (colis industriel non soumis à agrément). Le parc comporte [REDACTED] citernes, dont [REDACTED] habilitées pour le transport de NU et [REDACTED] effectivement utilisées pour le transport sur la voie publique, ce nombre devant être porté à [REDACTED] à partir de 2019. Les flux sont réalisés par convoi [REDACTED].

En cours d'instruction, en s'appuyant sur le retour d'expérience des années 2015 et 2016, l'exploitant a réévalué à [REDACTED] le taux de disponibilité des citernes LR65. L'IRSN estime que le taux de disponibilité calculé n'est pas représentatif puisque les citernes LR65 sont également utilisées comme entreposage tampon de NU sur le site de Pierrelatte. À cet égard, l'IRSN souligne que plus de [REDACTED] transports de citerne LR65 ont été effectués en 2015 et en 2016, assurant ainsi la livraison à TU5 de la quantité de NU prévue.

L'IRSN estime que le parc de citernes LR65 permet de faire face aux besoins actuels et futurs de transport de nitrate d'uranyle pour EDF sur la période considérée.

6.5.3 Transport des assemblages neufs UNE, URE et MOX aux réacteurs

6.5.3.1 Assemblages neufs UNE et URE

Les assemblages UOX neufs (UNE et URE) peuvent être transportés dans différents types d’emballages, de la famille FCC ou Traveller.

Emballages FCC3 et FCC4

Les assemblages combustibles UOX neufs destinés aux réacteurs des paliers 900 MWe (CP0 et CPY) sont transportés en emballage FCC3. Les assemblages combustibles UOX neufs destinés aux réacteurs des paliers 1 300 MWe / 1 450 MWe / EPR sont transportés en emballage FCC4. Les certificats d’agrément de ces colis arrivent à expiration en avril 2023 (FCC3) et en décembre 2022 (FCC4). L’IRSN n’identifie pas d’obstacle à la prorogation de ces agréments, qui permettent de transporter des assemblages combustibles enrichis jusqu’à 5 % en ²³⁵U, ce qui couvre les besoins d’EDF sur la période d’étude.

L’exploitant (TN International) dispose d’un parc de [REDACTED] emballages FCC3 et de [REDACTED] emballages FCC4, mis en service pour les plus anciens respectivement en 2002 et 2005. En cours d’instruction, il a mis à jour le calcul du taux de disponibilité des emballages FCC3 [REDACTED] et FCC4 [REDACTED]. **Les hypothèses retenues et les calculs effectués n’appellent pas de remarque.** Il a également évalué les taux de disponibilité des [REDACTED] emballages FCC3 et des [REDACTED] emballages FCC4 dédiés au transport de crayons gadoliniés en prenant en compte le retour d’expérience des années 2015 et 2016. Ces taux sont égaux à [REDACTED] pour les emballages FCC3 et [REDACTED] pour les emballages FCC4. L’exploitant indique que le parc d’emballages FCC4 disponibles pour les transports d’EDF sera doublé à l’issue de la campagne de livraison du premier cœur des centrales EPR [REDACTED].

Par ailleurs, EDF dispose de son propre parc d’emballages pour réaliser les transports de combustibles neufs UNE entre les MIR et les CNPE. Ce parc, composé de [REDACTED] emballages FCC3/FCC4, est largement dimensionné par rapport aux besoins [REDACTED].

L’IRSN estime que le parc d’emballages FCC3 et FCC4 permet de faire face aux besoins actuels et futurs de transport d’assemblages combustibles UNE et URE pour EDF sur la période considérée.

Enfin, l’ensemble de la flotte d’emballages FCC3 et FCC4, dont TN International avait la propriété, est devenu la propriété de Framatome depuis le 31 décembre 2017. Ceci ne remet pas en cause les conclusions ci-dessus.

Emballages Traveller

Certains assemblages combustibles UNE fabriqués à l’étranger sont transportés en emballage Traveller (version Std pour les réacteurs des paliers 900 MWe (CP0 et CPY) ou version XL pour les réacteurs des paliers 1 300 MWe), qui permet de transporter des assemblages combustibles enrichis jusqu’à 5 % en ²³⁵U, ce qui couvre les besoins d’EDF sur la période d’étude.

Le certificat d’agrément de ce colis arrive à expiration en mars 2020. L’IRSN n’identifie aucun obstacle notable concernant la prorogation de cet agrément.

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

6.5.3.2 Assemblages MOX neufs

Les transports d'assemblages de combustibles MOX neufs concernent :

- les transports d'assemblages combustibles en emballage MX8 entre l'usine MELOX et les réacteurs concernés du palier CPY ;
- les transports d'assemblages de rebuts en emballage MX6 entre l'usine MELOX et l'établissement Orano Cycle de La Hague.

Les certificats d'agrément de ces colis arrivent à expiration en décembre 2021 (MX8) et en 2023 (MX6). L'IRSN n'identifie pas obstacle notable concernant la prorogation de ces agréments, qui permettent également de transporter le nouveau produit « MOX NT 2012 Intermédiaire ».

Emballages MX8

L'exploitant dispose de [REDACTED] emballages MX8 mis en service entre 2001 et 2012. En cours d'instruction, il a mis à jour le calcul du taux de disponibilité de ces emballages, [REDACTED]. Les hypothèses retenues n'appellent pas de remarque. [REDACTED]

Emballages MX6

La flotte est composée de [REDACTED] emballages MX6, mis en service au début des années 2000. Ne disposant pas de suffisamment d'aménagements internes pour équiper les paniers des [REDACTED] emballages, l'exploitant a calculé le taux de disponibilité en considérant un seul emballage MX6. Les hypothèses retenues et le calcul effectué n'appellent pas de remarque. Le taux, [REDACTED] est satisfaisant.

6.5.4 *Transport des assemblages combustibles usés*

6.5.4.1 Assemblages UNE et URE usés

Emballages TN12/2 et TN13/2

Les assemblages UNE ou URE usés sont transportés entre les CNPE d'EDF et l'établissement Orano Cycle de La Hague en emballages TN12/2 pour les paliers 900 MWe (CP0 et CPY)² et en emballages TN13/2 pour les paliers 1 300 MWe et 1 450 MWe.

Les certificats d'agrément de ces colis, suivant l'édition de 1985 de l'AIEA, arrivent à expiration en octobre 2020 pour le colis TN13/2 et en août 2018 pour le colis TN12/2. La demande de prorogation d'agrément du modèle de colis TN13/2 est en cours d'examen. Ces emballages TN12/2 et TN13/2 devraient être remplacés progressivement par l'emballage TN®G3 à partir de 2022 (cf. ci-après).

Les agréments précités permettent de transporter les assemblages combustibles usés issus des différentes gestions de combustibles :

- pour le TN12/2 : Garance UNE, Garance URE et URE NT et Cyclades ;
- pour le TN13/2 : Gemmes, Alcade, Galice et EPR.

² L'emballage TN12/2 permet le transport de un à quatre assemblages MOX usés avec huit à onze assemblages UO₂ usés.

L'exploitant dispose de [REDACTED] emballages TN12/2 ([REDACTED] en version A et [REDACTED] en version B³) et de [REDACTED] emballages TN 13/2 (en version B). Toutefois, des phénomènes de vieillissement ont conduit à des détachements d'ailettes du corps de l'emballage sur certains exemplaires dont le revêtement externe de la virole est en acier à bas taux de carbone. Ainsi, plusieurs emballages TN12/2 version A [REDACTED] et un emballage TN13/2 version B ne sont plus utilisés.

En cours d'instruction, l'exploitant a mis à jour le calcul du taux de disponibilité des emballages TN12/2 et TN13/2, sur la base du retour d'expérience des années 2015-2016. Les taux de disponibilité sont de [REDACTED] pour les emballages TN12/2 version A, [REDACTED] pour les emballages TN12/2 version B et [REDACTED] pour les emballages TN13/2. L'exploitant a évalué que le taux de disponibilité de l'emballage TN13/2 serait égal à [REDACTED] en cas de mise à l'arrêt [REDACTED] emballages TN13/2 dont le revêtement externe de la virole est en acier à bas taux de carbone.

Les hypothèses retenues, fondées sur le retour d'expérience des années 2015 et 2016, et les calculs effectués n'appellent pas de remarque.

Emballages TN@G3

L'emballage TN@G3 est un nouveau concept d'emballage dont deux versions sont prévues : TN@G3 version S pour le transport des assemblages combustibles des paliers 900 MWe (CP0 et CPY) et TN@G3 version L pour le transport des assemblages combustibles des paliers 1 300 MWe / 1 450 MWe / EPR. L'emballage TN@G3 est conçu suivant l'édition de 2012 de l'AIEA. L'agrément du modèle de colis est prévu d'être émis en 2018.

Les emballages TN@G3 versions S et L remplaceront progressivement les emballages TN12/2 et TN13/2. L'exploitant prévoit la mise en service de [REDACTED] emballages TN@G3 version S et de [REDACTED] emballages TN@G3 version L échelonnée de [REDACTED], en intégrant la réalisation des essais sur les différentes installations, la mise à jour de la documentation d'utilisation des emballages, la fabrication des outillages spécifiques à l'exploitation et l'adaptation des moyens de manutention.

En cours d'instruction, l'exploitant a calculé des taux de disponibilité prévisionnels pour les emballages TN@G3 versions S et L en retenant les mêmes hypothèses que pour les emballages TN12/2 et TN13/2. Les taux obtenus sont égaux à [REDACTED] pour les emballages TN@G3 version S et [REDACTED] pour les emballages TN@G3 version L.

L'IRSN note que ces taux de disponibilité présentent des incertitudes importantes, ce qui n'est pas anormal pour des emballages en cours de fabrication.

L'IRSN estime qu'un point d'avancement du déploiement des emballages TN@G3, incluant les opérations préparatoires et une analyse du retour d'expérience des premiers transports, devrait être présenté lors des réunions de suivi du cycle.

L'exploitant a étudié l'aléa « indisponibilité d'évacuation des assemblages combustibles pendant [REDACTED] mois » (cf. § 7.4.2.2 du présent rapport). Le retour à une situation normale (celle précédant la survenue de l'aléa) nécessiterait de programmer en moyenne [REDACTED] évacuations supplémentaires par an pendant [REDACTED] ans. En retenant en moyenne [REDACTED] évacuations supplémentaires par an entre [REDACTED] réparties équitablement entre les deux versions du TN@G3, les taux de disponibilité calculés seraient égaux à [REDACTED] pour la version S (soit [REDACTED] de disponibilité/emballage/an) et [REDACTED] pour la version L.

³ Les deux versions se distinguent par l'épaisseur de résine, plus importante pour la version B conduisant à de meilleures performances de protection radiologique.

En se fondant sur ces éléments, l'IRSN estime que le retour à une situation analogue à la situation précédant la survenue de l'aléa (en termes d'occupation des piscines BK) pourrait prendre plus que les [REDACTED] ans retenus par l'exploitant, en considérant le nombre d'emballages prévus.

6.5.4.2 Assemblages MOX usés

Emballages TN112

Le transport des ACU MOX entre les tranches concernées et l'établissement Orano Cycle de La Hague est réalisé principalement en emballages TN112 (12 assemblages MOX par emballage) ; l'emballage TN12/2 peut également être partiellement chargé d'ACU MOX.

Le certificat d'agrément du modèle de colis TN112 est valide jusqu'en juillet 2018. La demande de prorogation de cet agrément est en cours d'examen et devrait être émis courant 2018 ; elle couvre le transport des combustibles « MOX NT 2012 Intermédiaire ».

L'exploitant dispose de [REDACTED] emballages TN112, mis en service en 2008, et prévoit de mettre en service [REDACTED] emballages supplémentaires et [REDACTED] en remplacement d'emballages TN12/2.

L'exploitant a calculé le taux de disponibilité des emballages TN112 [REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]

L'IRSN souligne que ce taux, positif, prend en compte la disponibilité de [REDACTED] emballages TN112, alors que [REDACTED] emballages seulement sont actuellement en service. Ceci n'appelle pas de commentaire, eu égard à la prochaine mise en service des [REDACTED] emballages TN 112 supplémentaires.

6.5.5 *Transport des déchets vers les exutoires temporaires et ultimes*

Déchets à destination des centres de stockage

Les déchets à destination des centres de stockage de l'Andra (Cires et CSA) sont conditionnés dans des colis dits primaires à usage unique (fûts de type « pétrolier », grands récipients vrac souples ou *big-bags*...) puis transportés dans des conteneurs ISO 20 pieds ou dans des conteneurs spécifiques de types DV78 ou CC 102, qui constituent des colis de types IP-1 ou IP-2. L'exploitant indique que l'approvisionnement de tous ces emballages est garanti compte tenu de leur large diffusion et de l'existence de fournisseurs multiples. Il précise que le parc actuel d'emballages DV78 et CC 102 est suffisant au regard des flux actuels et futurs. Ceci n'appelle pas de remarque.

Déchets à destination d'installations de traitement

Les solvants contaminés issus du traitement du combustible sont transportés dans la citerne Orcade (capacité de 5 m³) de l'établissement Orano Cycle de La Hague vers l'usine d'incinération Centraco. Cette citerne, mise en service en 2014, a été utilisée pour [REDACTED] transports en 2015. Afin de résorber progressivement le stock de solvants issus des activités antérieures, l'exploitant prévoit de réaliser au maximum [REDACTED] transports par an [REDACTED] sur la période d'étude. L'exploitant n'identifie pas de problème de disponibilité de la citerne Orcade sur cette période. Ceci n'appelle pas de remarque.

Déchets plutonifères

Les déchets d'exploitation sous différentes formes (organiques, métalliques, radiolysables...) issus de la fabrication des combustibles MOX, dont ceux réalisés pour EDF, sont conditionnés en fûts de 118 litres puis transportés entre MELOX et La Hague en emballage TN GEMINI™. La capacité maximale de l'emballage TN GEMINI™ est [REDACTED] fûts et son certificat d'agrément est valide jusqu'en avril 2020.

L'exploitant dispose d'un emballage TN GEMINI™ (exemplaire n°4), dont il a évalué le taux de disponibilité sur la base du retour d'expérience de la période 2012-2016 pour l'utilisation de l'emballage et de la période 2015-2016 pour les durées d'indisponibilité des installations. [REDACTED]

L'exploitant a précisé, en cours d'instruction, que le transport de déchets plutonifères entre le centre CEA de Cadarache et l'établissement Orano Cycle de La Hague avec l'emballage TN GEMINI™ n°2 étant terminé depuis fin 2016, ce second emballage est désormais disponible et peut, si besoin, remplacer rapidement l'emballage TN GEMINI™ n°4 actuellement utilisé. Toutefois, la capacité de transport TN GEMINI™ n°2 est moins importante que celle du TN GEMINI™ n°4 (écart de l'ordre de 10 % en termes de masse de remplissage des fûts, pour un même nombre de fûts transportés). **A cet égard, l'IRSN souligne que l'utilisation de l'emballage TN GEMINI™ n°2 pour le transport des déchets plutonifères entre l'usine MELOX et l'établissement Orano Cycle de La Hague nécessiterait de sélectionner des fûts conformes à son agrément en cours de validité.**

Déchets activés d'exploitation

Les déchets activés d'exploitation (DAE) des CNPE seront évacués vers l'installation ICEDA à l'issue de sa mise en service, aujourd'hui prévue en 2019, au moyen des emballages DAE-2 pour le palier 900 MWe, et DAE-3 pour les paliers 1 300 MWe / 1 450 MWe. Les emballages DAE-2 et DAE-3 sont d'anciens emballages TN12/2 et TN13/2 qui ont été reconditionnés et qui disposent de leur propre agrément. Les contenus envisagés (têtes et crayons de grappe de contrôle, doigts de gant d'instrumentation de cœur...) sont non fissiles et ont une puissance thermique négligeable.

Le nombre de transports annuels de colis DAE-2 et DAE-3 devrait être respectivement de l'ordre de [REDACTED] et de [REDACTED]. L'exploitant estime, en se fondant sur le taux de disponibilité calculés pour les emballages TN12/2 et TN13/2, que les taux de disponibilité des emballages DAE-2 et DAE-3 seront positifs. **Ceci n'appelle pas de remarque.**

6.5.6 Transport interne de déchets de haute activité

Système de transport interne HERMES-MERCURE

Le système de transport interne Hermès/Mercure utilisé actuellement pour le transport des déchets de structure d'assemblages irradiés, entre les ateliers R1 ou T1 et ACC sera prochainement utilisé pour acheminer, sur l'établissement Orano Cycle de La Hague :

- des déchets issus du silo HAO, entre les ateliers R1 et ACC ;
- des déchets issus du silo 130 et destinés à l'entreposage, entre le silo 130 et l'atelier D/E EDS ;
- des déchets issus du silo 130 et destinés à être traités au bâtiment 115-2, entre l'atelier D/E EDS et le futur bâtiment 115-2 ;

- des fûts FCE de déchets de structure cimentés, actuellement entreposés dans l'atelier EDS, que l'exploitant prévoit de transporter vers l'atelier D/E EDS pour optimiser les entreposages ;
- des fûts ECE vides, à décontaminer, entre les ateliers D/E EDS et ACC ;
- les fûts vides, du fait de l'accostage particulier des cellules concernées.

Il existe [REDACTED] de ce système de transport interne, dont le taux d'utilisation est complexe à calculer. Dans le dossier « IC 2016 », l'exploitant l'estime à [REDACTED] % au maximum, soit un taux de disponibilité de [REDACTED]. Dans le cadre de la présente instruction, l'exploitant devait transmettre, en décembre 2017, les disponibilités actualisées et détaillées ; cette échéance a été retardée et le document n'a pas été transmis. L'IRSN note que le taux d'utilisation actuel calculé par l'exploitant est élevé, [REDACTED] en prenant en compte le retour d'expérience (maintenance, panne de l'enceinte et du porteur, conditions météorologiques, indisponibilité des principaux ateliers producteurs, variabilité de la charge...). Par ailleurs, le renforcement de la maintenance de ces systèmes de transport, [REDACTED] ne peut pas être exclu. Enfin, l'IRSN souligne que l'indisponibilité, même temporaire, d'un de ces systèmes de transport est susceptible de pénaliser la gestion des déchets [REDACTED]

Dans le cadre de l'instruction du dossier présentant la stratégie de démantèlement et de gestion des déchets d'Orano, Orano Cycle s'est engagé (engagement H4), par lettre [26], « à vérifier la suffisance de l'utilisation des [REDACTED] emballages et porteurs existants pour l'ensemble des flux. Une étude d'actualisation des données de flux de RCD et de simulation des transports internes associés Nicolas 80-Hermès Mercure est prévue d'être transmise pour fin juin 2018. Cette étude fera l'objet d'actualisations périodiques. La possibilité d'ajouter un emballage supplémentaire ou un porteur et emballage supplémentaires fera partie des options de cette étude. ».

Dans son rapport [25], l'IRSN a considéré que cet engagement n'était pas satisfaisant. [REDACTED]

[REDACTED] L'IRSN a recommandé qu'Orano Cycle prenne des dispositions visant à limiter les conséquences d'une indisponibilité prolongée d'un exemplaire du système de transport HERMES/MERCURE sur l'échéancier de réalisation des opérations de reprise des déchets anciens les plus prioritaires pour la sûreté (priorités 1 selon la décision [27]). Les dispositions prévues devront être présentées au plus tard pour fin juin 2018.

A cet égard, les Groupes permanents d'experts pour les Usines (GPU) et pour les déchets (GPD) et la Commission de sûreté pour les laboratoires et usines et de la gestion des déchets (CSLUD), dans leur avis qui faisait suite à leur réunion conjointe des 11 et 12 avril 2018 consacrée à l'examen de la stratégie retenue par Orano Cycle pour la gestion de ses déchets radioactifs et le démantèlement de ses installations nucléaires, ont demandé qu'une « attention particulière soit apportée sans tarder au risque d'indisponibilité prolongée d'un des systèmes de transport interne au site de La Hague dénommés HERMES/MERCURE .»

Emballages NAVETTE

Les emballages NAVETTE à operculaire permettent de transporter les conteneurs standards de déchets vitrifiés ou compactés (CSD,-C, CSD-V, CSD-B et CSD-U) entre les différents ateliers de l'établissement Orano Cycle de La Hague, au moyen d'une plateforme automotrice. L'exploitant dispose de six emballages NAVETTE et de trois plateformes automotrices. La production de colis vitrifiés (CSD-V, CSD-B et CSD-U) sur la période d'étude est constante (environ 1 000 colis/an) alors que celle de colis compactés (CSD-C) va augmenter progressivement à partir de 2020 pour passer de 950 à 1 200 CSD-C/an environ. Néanmoins, l'exploitant indique que le retour d'expérience sur les cinq dernières années montre une forte variabilité du nombre de transports (686 transports/an en moyenne avec un pic de 933 transports en 2011) qui devrait permettre d'absorber le flux supplémentaire de transport de CSD-C. **Ceci n'appelle pas de remarque.**

7 ETUDE DES ALÉAS

La lettre de cadrage de l'ASN [10] du dossier « cycle du combustible REP français » demande aux exploitants (EDF, Orano Cycle et Andra) « de définir, en les justifiant les aléas dimensionnant pour chacune des étapes du cycle » et « d'identifier les conséquences d'aléas sur le cycle, les parades associées et leur impact en indiquant les délais attendus pour leur mise en œuvre ». Pour ce qui concerne le transport de substances radioactives, l'ASN a demandé « concernant les aléas sur l'obtention d'agrément d'emballages, il sera estimé la durée d'arrêt du flux que le cycle peut absorber ».

Les aléas de fonctionnement « dimensionnants » ont été définis par les exploitants sur la base du retour d'expérience (3 mois ou 6 mois selon les installations), puis appliqués individuellement au scénario de référence, le cas échéant, à une date pénalisante. Leurs conséquences sur le cycle ont été analysées et les parades, quand cela était possible, identifiées.

7.1 ALÉA DE GESTION : ABSENCE DE RECYCLAGE DE L'URT

Le scénario « EDF REF » se fonde sur la reprise du recyclage de l'URT dans les quatre réacteurs du CNPE de Cruas à partir de 2021. En cas de non reprise du recyclage de l'URT, ou de décalage par rapport à la date objectif de 2021, le dossier « IC 2016 » indique que :

- il n'y aurait aucun déstockage de l' U_3O_8 URT sur la période, ou un retard dans ce déstockage. Cela conduirait à une saturation plus rapide des capacités d'entreposage de l' U_3O_8 URT ; ce point est examiné au § 6.1.2.3 du présent rapport ;
- les assemblages URE prévus seraient remplacés en nombre identique par des assemblages UNE : EDF indique que les stocks d'assemblages UNE constitués dans les MIR d'une part, les marges disponibles de production des usines d'enrichissement de l' UF_6 et de fabrication d'assemblages combustibles UNE françaises et étrangères d'autre part, permettraient de suppléer à ce besoin. **Ceci n'appelle pas de commentaire ;**
- les temps de désactivation des ACU UNE et URE en piscine BK avant leur évacuation vers les piscines de l'établissement de la Hague étant similaires, ce scénario est sans impact sur l'encombrement des piscines BK. **Ceci n'appelle pas de remarque.**

7.2 ALÉA D'EXPLOITATION SUR INSTALLATIONS EXISTANTES

7.2.1 Aléa lié à l'amont du cycle

7.2.1.1 Politique de sécurisation des approvisionnements d'EDF

EDF a mis en place une politique de sécurisation de ses approvisionnements pour chaque composante de l'amont du cycle du combustible UNE (conversion du minerai en UF₆, enrichissement de l'UF₆, fabrication des assemblages combustibles UNE), en incluant les aspects logistiques associés (emballages de transport et opérations de transport). Cette politique se décline suivant trois axes : la diversification des fournisseurs, une couverture contractuelle sur le long terme avec des flexibilités en volume et la gestion de stocks intermédiaires. Selon EDF, la combinaison et le dimensionnement de ces trois moyens lui permettent de gérer les aléas et d'assurer un approvisionnement constant de son parc de réacteurs en assemblages combustibles UNE.

Cette politique de sécurisation des approvisionnements est prise en compte par l'IRSN pour évaluer les conclusions des études d'impact des aléas susceptibles de survenir dans les installations françaises de l'amont du cycle.

7.2.1.2 Aléa sur une installation française de l'amont du cycle

Le site de Pierrelatte dispose d'un stock de matière sous forme d'UF₆ naturel ou enrichi en quantité suffisante pour absorber une interruption de production des usines, soit de conversion (Comurhex Malvézi et Comurhex Pierrelatte), soit d'enrichissement (Unités Nord et Sud de GBII), sans répercussion sur le reste du cycle. Le dossier « IC 2016 » indique que le stock standard est dimensionné pour faire face à une interruption inopinée d'une durée de 3 mois. Ce stock est adapté au cas par cas pour les interruptions programmées. Ainsi, en prévision de la mise à l'arrêt définitif de la Structure 400 de Comurhex I (conversion de l'UF₄ en UF₆) en décembre 2017 et du démarrage de l'Unité 64 de Comurhex II en 2020, un stock d'UF₆ naturel (20 000 tonnes à fin 2016) a été constitué sur le site de Pierrelatte pour assurer la continuité de l'approvisionnement en UF₆ d'EDF et des autres clients d'Orano Cycle.

Le dossier « IC 2016 » indique que l'arrêt de l'atelier REC II, indispensable au conditionnement de l'UF₆ enrichi sortant des unités d'enrichissement de l'usine GBII, pourrait interrompre les livraisons d'UF₆ enrichi à destination des usines de fabrication d'assemblages combustibles. Un stock « de sécurité » d'UF₆ enrichi conditionné en cylindre 30B est disponible sur le site de Pierrelatte pour pallier un arrêt de 3 mois de l'atelier REC II.

L'arrêt de l'usine W entraînerait la création d'un stock d'UF₆ appauvri en cylindres 48Y. Pour la production totale des unités d'enrichissement de l'usine GBII, dont le besoin pour le cycle EDF ne constitue qu'une partie, cela représente 1 750 tU à entreposer pour 3 mois d'arrêt, soit environ 220 cylindres 48Y. Les capacités d'entreposage de ces cylindres existantes sur le site de Pierrelatte sont largement dimensionnées pour la gestion d'un tel aléa.

L'arrêt de l'usine Framatome de fabrication d'assemblages combustibles se répercuterait principalement sur l'approvisionnement des CNPE en combustibles UNE. Un arrêt de 3 mois pourrait être compensé par les stocks entreposés dans les MIR (Bugey et Chinon). Les deux MIR ont une capacité d'entreposage unitaire de 320 assemblages combustibles, ce qui présente une marge d'un facteur 2 par rapport à une perte de production (de combustibles EDF) de l'usine Framatome pendant 3 mois.

Enfin, chacune des usines de l'amont du cycle (Pierrelatte et Romans-sur-Isère) dispose de stocks tampon dimensionnés en fonction de ses propres contraintes de fabrication et d'ordonnement. Selon les exploitants (EDF, Orano Cycle et Framatome), ces dispositions montrent qu'un aléa conduisant à une indisponibilité de 3 mois d'une de ces installations ne perturberait pas le fonctionnement du reste du cycle.

L'IRSN souligne que les productions assurées par les installations françaises de l'amont du cycle ne couvrent qu'une partie des besoins en combustibles d'EDF, le solde étant assuré par des installations étrangères. L'IRSN estime la conclusion d'EDF acceptable.

À cet égard, l'IRSN rappelle que les capacités mondiales opérationnelles en termes de conversion, d'enrichissement et de fabrication du combustible sont largement excédentaires.

7.2.1.3 Aléa sur un MIR

L'aléa retenu par EDF est l'indisponibilité d'une durée de 3 mois d'une des deux installations, soit à la réception des combustibles neufs, soit à leur expédition vers les CNPE. Selon EDF, cette durée d'indisponibilité est enveloppe du retour d'expérience et, compte tenu des marges de livraison, est absorbable sans impact rédhibitoire pour le fonctionnement des réacteurs. **Ceci est acceptable.**

7.2.2 *Aléa lié à l'aval du cycle*

7.2.2.1 Établissement Orano Cycle de La Hague

Compte tenu de l'existence de deux usines de traitement (UP2-800 et UP3) sur l'établissement Orano Cycle de La Hague, le dossier « IC 2016 » postule un aléa d'exploitation de 6 mois d'arrêt survenant uniquement sur l'une d'entre elles. Par simplification, le scénario étudié considère que l'arrêt d'un atelier de procédé se traduit directement par l'arrêt complet de l'usine : aucun assemblage combustible usé n'est extrait des piscines sur cette période et environ 275 tonnes de combustibles usés (soit environ 550 assemblages) ne sont pas traités, correspondant à un déficit de production d'environ 2,75 tonnes de Pu. En revanche, du fait de la disponibilité de plusieurs ateliers de réception, il n'y a pas d'arrêt des opérations de réception des ACU provenant des CNPE d'EDF et d'entreposage en piscine. Le dossier « IC 2016 » indique que la continuité de l'approvisionnement en PuO₂ de l'usine MELOX est assurée à partir des stocks disponibles entreposés dans les ateliers BSI, BST1 et Extension BST1. Considérant pour l'exercice qu'aucun rattrapage de traitement n'est réalisé, EDF estime que les 550 ACU non traités pendant la période d'indisponibilité conduiraient à une saturation des piscines de l'établissement avant 2030, quelle que soit la date de survenue de l'aléa dans la période d'examen du dossier « IC 2016 ».

Pour sa part, l'IRSN estime que, dans une telle situation, le flux de traitement des ACU pourrait toujours être augmenté dans l'usine non concernée par l'aléa, dans les limites des capacités des usines UP2-800 et UP3-A, ce qui devrait permettre d'éviter toute saturation des piscines de La Hague.

[Redacted content]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

Différents types d'aléa peuvent être à considérer :

- un aléa qui affecte une seule usine (par exemple, dysfonctionnement dans un atelier de procédé tel que problème mécanique, chute de charge, incendie...),
- un aléa qui affecte les deux usines :
 - soit en raison de la perte temporaire ou prolongée d'un équipement ou d'une installation unique ;
 - soit en raison d'un mécanisme de dégradation affectant un équipement d'un atelier, dont le caractère générique nécessiterait l'arrêt d'équipements similaires.

Le dossier « IC 2016 » a étudié le cas particulier de l'indisponibilité pendant une durée de six mois de l'atelier de compactage des coques (ACC), qui est unique sur le site. Il y est indiqué que les opérations de traitement des combustibles pourraient se poursuivre et que les coques et embouts générés, qui ne peuvent plus être dirigés vers l'ACC, seraient conditionnés sous eau en fûts ECE entreposés dans l'atelier D/E EDS (INB n° 116). Six mois de production (des deux usines) représentent 550 tml, soit 480 fûts ECE. Orano Cycle conclut qu'au maximum de l'occupation de l'atelier D/E EDS sur la période (cf. § 6.3.4.4 du présent rapport), la marge disponible est d'environ 600 places, suffisante pour accueillir les 480 fûts ECE produits durant l'aléa.

La conclusion du dossier « IC 2016 » relative à un aléa de 6 mois affectant l'ACC n'appelle pas de remarque. Cependant, l'IRSN considère que le cas étudié par Orano Cycle n'est pas le plus critique, l'atelier ACC possédant deux chaînes de compactage et ayant un retour d'expérience de fonctionnement satisfaisant. En outre, des solutions palliatives existent pour l'entreposage des fûts ECE dans l'atelier D/E EDS. En revanche, l'IRSN estime que des défaillances concernant des équipements « critiques », tels que des installations supports (entreposage de déchets par exemple), pourrait conduire à l'arrêt des deux usines.

L'IRSN recommande qu'Orano Cycle, en lien avec EDF, identifie sous deux ans chaque équipement critique des usines de l'établissement de La Hague, en incluant les unités support, dont l'indisponibilité conduirait à l'arrêt de ces usines et à préciser la durée d'indisponibilité qui conduirait à la saturation des piscines.

Il présentera, sous trois ans, les mesures de surveillance et les actions préventives et palliatives potentielles associées.

Ce point fait l'objet de l'engagement La Hague n°1 d'Orano Cycle, transmis par lettre [12] en annexe 3 au présent rapport. Cet engagement est satisfaisant.

7.2.2.2 Aléa concernant l'atelier TU5

Le dossier « IC 2016 » indique que l'interruption de la production de l'atelier TU5 entraînerait l'arrêt de l'expédition du nitrate d'uranyle provenant des usines de traitement de La Hague. Le dossier « IC 2016 » précise que le cumul des cuves de nitrate d'uranyle du site de La Hague et des capacités d'entreposage du site de Pierrelatte (cuves de TU5 et conteneurs de type LR65 entreposés sur parc) permet de contenir un arrêt de production de TU5 d'au moins 3 mois sans impact sur les usines de La Hague.

Pour ce qui concerne la durée de l'indisponibilité, l'IRSN rappelle l'évènement significatif pour la sureté survenu en décembre 2014 dans cet atelier : une fuite de nitrate d'uranyle sur une bride a entraîné une contamination surfacique de locaux de procédé. L'atelier TU5 a été arrêté 3 mois afin de procéder aux opérations de décontamination et de vérification de tous les assemblages par bride sur les circuits de procédé.

Au regard de ce retour d'expérience, l'IRSN estime que la durée arbitraire de l'aléa de 3 mois n'est pas justifiée et paraît sous-estimée si un aléa devait affecter un équipement de procédé (██████████).

L'IRSN recommande qu'Orano Cycle, en lien avec EDF, présente, sous deux ans, une analyse visant à identifier les aléas d'exploitation susceptibles d'affecter la disponibilité de l'atelier TU5. Cette analyse devra justifier les durées d'aléas retenues et évaluer l'impact de ces aléas sur le fonctionnement de l'atelier. Le cas échéant, les capacités d'entreposage de nitrate d'uranyle issu du traitement des assemblages combustibles usés seront réévaluées pour éviter tout impact sur les usines de l'établissement de La Hague.

Ce point fait l'objet de l'engagement Tricastin n°1 d'Orano Cycle, transmis par lettre [13] en annexe 4 au présent rapport. Cet engagement est satisfaisant.

7.2.2.3 Aléa concernant l'usine MELOX

Selon le dossier « IC 2016 », l'interruption pendant 6 mois de la production de l'usine MELOX se traduirait par :

- l'arrêt des expéditions de poudre de PuO₂ de l'établissement Orano Cycle de La Hague vers l'usine MELOX. Pour conserver le taux d'occupation des piscines de l'établissement de La Hague à un niveau permettant l'évacuation des ACU des piscines BK, il est nécessaire de maintenir les opérations de traitement dans les usines, ce qui correspond à la production d'environ 6 tonnes de Pu en 6 mois, sur la base des flux actuels. Les ateliers d'entreposage des usines de La Hague (BST 1, son extension et BST) disposent d'une capacité disponible d'environ 10 tonnes. En effet, leur niveau de remplissage est inférieur à 70 % de leur capacité totale et n'est pas modifié lors du fonctionnement normal du cycle. L'interruption des expéditions de PuO₂ de La Hague vers MELOX pendant 6 mois serait donc absorbable, **avec comme conséquence une augmentation du stock de Pu d'environ 6 tonnes**. Pour limiter cette augmentation, l'exploitant précise que le flux de traitement pourrait être réduit temporairement tout en assurant le programme nominal des réceptions des ACU : **compte tenu de la marge disponible, le niveau d'occupation des piscines ne serait pas affecté significativement. Ceci n'appelle pas de remarque ;**
- l'arrêt de l'approvisionnement en combustibles MOX neufs des réacteurs concernés du palier CPY. EDF précise que la gestion des livraisons des assemblages MOX avec une anticipation de deux mois permet de couvrir une partie de cette indisponibilité. Si la durée d'indisponibilité était plus importante, il serait possible de substituer les assemblages MOX par des assemblages combustibles UNE neufs entreposés à cet effet dans les MIR de Bugey et Chinon. EDF conclut que le niveau des stocks dans les MIR et l'anticipation de deux mois des livraisons d'assemblages MOX dans les tranches CPY permettraient de pallier l'arrêt de la production d'assemblages à l'usine de MELOX pendant 6 mois. EDF précise toutefois que le remplacement des assemblages MOX par des assemblages UNE nécessiterait l'envoi à l'ASN d'un dossier de justification.

Au regard du retour d'expérience d'exploitation et des opérations de maintenance lourde déjà réalisées (changement des meules des rectifieuses, changement des fours de frittage...), la durée d'indisponibilité associée aux aléas de fonctionnement affectant l'usine MELOX retenue dans le dossier « IC 2016 » est acceptable. L'IRSN estime que les parades proposées par EDF pour faire face à ces aléas sont adaptées. L'IRSN estime toutefois qu'il serait prudent qu'EDF demande l'autorisation de l'ASN pour pouvoir substituer, le cas échéant, les assemblages MOX neufs par des assemblages UNE dans les réacteurs concernés.

Cependant, des situations plus pénalisantes seraient susceptibles de conduire à des indisponibilités plus longues (notamment en cas d'agression ou d'accident). Cet aspect est pris en compte dans la recommandation R.1 du paragraphe 7.5.

7.4.2.2 Interruption des évacuations généralisée sur le parc pendant 6 mois

EDF a étudié cet aléa en postulant l'arrêt des évacuations des combustibles usés de toutes les tranches du parc au second semestre de l'année N, période au cours de laquelle est réalisé le plus grand nombre d'évacuations. La durée de 6 mois est enveloppe du retour d'expérience des aléas d'évacuation relevés sur le parc REP français (l'arrêt des transports des ACU de 1998 a duré 3 mois). Ce scénario se traduit par une baisse de 110 évacuations de combustibles usés l'année N (pour 201 évacuations en année normale), qui entraîne une augmentation du taux d'occupation moyen des piscines BK de l'ordre de 12 % ainsi qu'une augmentation du nombre de réacteurs (jusqu'à cinq réacteurs supplémentaires) qui ne respectent pas la marge de 6 mois pendant lesquels le taux d'occupation des piscines BK doit être en dessous du seuil d'exploitation. Ce nombre est ramené à un réacteur sous 2 à 3 ans, du fait d'une priorisation des évacuations sur les réacteurs concernés. Le retour à une situation normale (celle d'avant la survenue de l'aléa) nécessiterait de programmer en moyenne 11 évacuations supplémentaires par an pendant 10 ans.

L'IRSN rappelle que le calendrier des évacuations d'ACU vers La Hague est contraint et qu'une tranche ne peut pas fonctionner durablement avec un taux d'occupation de sa piscine BK supérieur au seuil d'exploitation. Les emballages nécessaires (TN12/2 et TN13/2, puis TN@G3), dont certains ont un taux de charge élevés (cf. § 6.5.4.1 du présent rapport), devraient néanmoins permettre d'assurer les évacuations supplémentaires.

7.5 CONCLUSION SUR LES ALÉAS

Dans le dossier « IC 2016 », les exploitants ont fourni une étude de l'impact d'aléas, la durée d'indisponibilité liée à des aléas d'exploitation conduisant à l'arrêt de chaque maillon du cycle étant postulée de manière forfaitaire. Les durées des aléas ont été définies par les exploitants sur la base du retour d'expérience (3 mois ou 6 mois selon les installations).

Cependant, pour l'IRSN, des aléas ou des événements conduisant à l'arrêt de certaines installations du cycle, pour une durée supérieure à la durée forfaitaire retenue ne peuvent pas être exclus, notamment en cas d'agression ou de situation accidentelle.

Aussi, en complément de l'étude transmise dans le dossier IC 2016, et afin de renforcer l'examen de la robustesse du cycle, l'IRSN estime qu'il serait nécessaire que les exploitants concernés déterminent, pour chaque atelier élémentaire participant au cycle du combustible, une durée maximale d'indisponibilité de cet atelier admissible pour le bon fonctionnement du cycle. Le cas échéant, les dispositions qui s'avéreraient nécessaire à prendre pour faire face à ces indisponibilités devront être définies par les exploitants concernés.

<p>R-1 L'IRSN recommande qu'EDF, en liaison avec Orano Cycle et l'Andra, évalue, dans le prochain dossier « Impact Cycle », la durée d'indisponibilité de chaque atelier des installations du cycle qui conduirait à bloquer le fonctionnement du cycle du combustible des réacteurs électronucléaires français.</p>

8 VEILLE ET ANTICIPATION

La lettre de cadrage de l'ASN [10] précise les objectifs visés de la démarche dite « veille et anticipation ». Il y est indiqué que « *Le fonctionnement actuel du cycle du combustible REP français permet déjà de prévoir, au-delà de la période étudiée (2016-2030), des échéances importantes, qualifiées d'« effets falaises» dans la précédente mise à jour du dossier, en particulier concernant les flux (transport), les teneurs autorisées en plutonium des combustibles recyclés et les capacités d'entreposage de substances radioactives. En particulier, l'arrêt partiel du parc REP actuel, son éventuel remplacement progressif, partiel ou total, par de nouveaux réacteurs par EDF au cours de cette période sont envisagés. Ainsi, [il est demandé à EDF] de développer, pour tous les effets falaises identifiés, un rétro planning tenant compte des contraintes techniques (recherche et développement, conception, construction, mise en service) et administratives (instruction d'autorisations ou d'agrément) et qui aboutira à des dates limites pour la proposition de solutions et pour la prise de décision quant aux solutions retenues.* »

Dans ce cadre, l'ASN demande à EDF « ... jusqu'à l'horizon 2040, de démontrer la maîtrise dans la durée des flux et stocks de matières, de combustibles et de déchets ainsi que la disponibilité des exutoires envisagés. »

Dans le dossier « IC 2016 », EDF a transmis une note « Veille et anticipation » qui présente les échéances et les problématiques significatives relatives au cycle du combustible qu'il est possible de prévoir sur la période 2030-2040 ainsi que les jalons de calendrier associés.

8.1 PARC DE PRODUCTION NUCLEAIRE FRANÇAIS D'EDF

La stratégie industrielle d'EDF présentée dans le dossier « IC 2016 » est d'exploiter le parc de réacteurs nucléaires au-delà de 40 ans. À cette fin, EDF a décidé début 2015 de déployer un programme d'investissement, dit « Grand carénage », destiné à rénover les 58 réacteurs du parc en fonctionnement, à augmenter leur niveau de sûreté et à prolonger leur durée de fonctionnement. **Ce programme vise à prolonger la durée de vie des réacteurs.**

Par ailleurs, pour la période 2030-2040, les évolutions attendues ou potentielles concernant le cycle du combustible présentées par EDF sont les suivantes :

- la poursuite du recyclage du plutonium dans les réacteurs du CPY hors ceux du CNPE de Cruas, sans augmenter la teneur en plutonium au-delà de la teneur du produit MOX NT 2012, soit 9,54 % en moyenne par assemblage. **Cette modification, qui ne devrait pas avoir d'impact réhibitoire sur les installations du cycle, nécessitera toutefois des autorisations pour la fabrication des assemblages dans l'usine MELOX (fondées sur des études justifiant la maîtrise des risques d'exposition aux rayonnements ionisants et des risques liés aux dégagements thermiques) et leur entreposage dans les ateliers de La Hague ;**
- en substitution au recyclage du Pu dans les réacteurs actuels chargés en combustibles MOX ou en complément, le recyclage du plutonium dans les réacteurs du CNPE de Cruas. Cette modification nécessite d'être anticipée d'environ 6 ans selon EDF. La poursuite du recyclage de l'URT pourrait alors se faire dans les réacteurs du palier 1 300 MW afin de limiter l'augmentation des stocks d'U₃O₈ URT ;
- en substitution au recyclage du Pu dans les réacteurs actuels chargés en combustibles MOX, le recyclage du plutonium dans certaines tranches P4/P'4. La faisabilité de cette modification est en cours d'analyse par EDF, qui prévoit de disposer des premiers résultats au 2nd trimestre 2019. Selon EDF, cette modification nécessite d'être anticipée d'au-moins 10 ans, notamment si la démarche « assemblages précurseurs - tranche tête de série » est retenue. **Ce scénario n'a pas été étudié en détail par l'IRSN.** Les impacts identifiés à ce stade par EDF sont les suivants :

- sur les réacteurs : l'ajout de grappes de commande, l'augmentation de la concentration en bore ou du volume minimal d'eau borée de certains réservoirs, la reprise de l'ensemble des études d'accidents affectant la thermohydraulique et la neutronique du cœur, l'adaptation des seuils de protection et de surveillance des cœurs, l'adaptation des dispositions de réception/évacuation et de manutention des emballages et des combustibles dans les BK, notamment du palier P'4 ;
- sur les usines de fabrication du cycle : une adaptation de la chaîne de production de l'usine MELOX pour la fabrication d'assemblages combustibles MOX de 14 pieds de long ;
- sur la chaîne logistique : le développement de nouveaux emballages. **L'IRSN rappelle en effet qu'aucun emballage actuel n'est adapté au transport des assemblages combustibles MOX de 14 pieds de long, neufs ou usés.**

EDF n'ayant pas transmis de dossier pour charger en combustible MOX les réacteurs EDF de 1 300 MWe, l'IRSN n'a pas examiné l'impact sur la sûreté associé. **En première approche, l'IRSN souligne toutefois qu'une telle modification nécessiterait des adaptations importantes des réacteurs concernés, en particulier de leurs systèmes de maîtrise de la réactivité des cœurs, à préciser sur la base des études d'accident afférentes, de l'usine MELOX, ainsi que le développement de nouveaux emballages de transport. En tout état de cause, s'il n'apparaît pas à ce stade d'impossibilité technique, l'ensemble de ces impacts nécessiterait des analyses et des études approfondies, suivies d'instructions poussées, notamment au regard des importants enjeux de sûreté associés.**

- en fin de période, le renouvellement des réacteurs les plus anciens du parc par des réacteurs de 3^{ème} génération du type EPR, pour lesquels le recyclage du plutonium peut être envisagé.

Enfin, EDF indique qu'il considère les assemblages usés MOX et URE entreposés dans les piscines de La Hague ou dans la piscine d'entreposage centralisé qu'il prévoit de construire comme des réserves stratégiques de matières (uranium et plutonium) dans la perspective de la mise en service de réacteurs à neutrons rapides, dits de quatrième génération, au cours de la seconde partie du siècle.

8.2 INSTALLATIONS DE L'AMONT DU CYCLE

Pour l'amont du cycle, l'hypothèse conservatrice retenue dans le dossier « IC 2016 » est une satisfaction des besoins d'EDF à 100 % par les installations d'Orano Cycle, alors que différents fournisseurs sont déjà retenus par EDF pour la partie actuelle du cycle ou sollicités pour les développements envisagés (reprise du recyclage de l'URE). **A ce stade, EDF n'identifie aucun effet falaise sur les installations de l'amont du cycle.**

Ceci n'appelle pas de remarque.

8.3 INSTALLATIONS DE L'AVANT DU CYCLE

8.3.1 Installations pour les combustibles usés REP

Dans l'attente du développement des réacteurs de 4^{ème} génération (post 2050), EDF prévoit de déplacer les ACU MOX et URE, actuellement entreposés dans les piscines de La Hague, dans une piscine d'entreposage centralisé dont EDF prévoit la mise en service à l'horizon 2030.

EDF précise que :

- les études de R&D ont montré la tenue des assemblages sous eau pour une durée supérieure à 100 ans. **Ce point sera examiné dans le cadre de l'instruction des dossiers relatifs à cette installation d'entreposage sous eau ;**
- la faisabilité de leur traitement a été démontrée. L'IRSN souligne que le traitement « industriel » des ACU MOX et URE selon le procédé actuellement mis en œuvre dans les usines de La Hague suppose toutefois une dilution avec des ACU UNE (dans une proportion de l'ordre de [REDACTED] confirmer). **Ce point fait l'objet d'une observation au § 6.3.4.2 du présent rapport.**

S'agissant des modifications des installations de l'établissement Orano Cycle de La Hague au-delà de 2030, le dossier « IC 2016 » retient uniquement les procédures de longue durée (> 3 ans), notamment les demandes nécessitant des modifications de décret d'autorisation de création d'INB. Les thèmes concernés sont :

- la construction de nouveaux bâtiments d'entreposage de conteneurs standards de déchets vitrifiés (CSD-V) et l'augmentation de la capacité autorisée associée, pour faire face à la saturation des entreposages actuels à l'horizon 2030. **Ce point est traité au § 6.3.4.2 du présent rapport ;**
- la mise en œuvre d'un nouveau procédé d'incinération-vitrification en vue de conditionner les déchets organiques contaminés en radioéléments émetteurs alpha, à l'horizon 2032. **Ce point est traité au § 6.3.4.4 du présent rapport.**

8.3.2 Installations de stockage de déchets

Le dossier « IC 2006 » indique qu'aucune problématique ou évolution significative prévue sur la période 2030-2040 concernant le cycle n'est de nature à produire un effet falaise sur le CSA. **Ceci n'appelle pas de remarque.**

Au-delà de cette période, l'IRSN rappelle que la consommation de la capacité volumique du CSA pourrait être fortement accélérée par les déchets générés par le démantèlement des réacteurs en cas de réduction de la production d'électricité d'origine nucléaire, quelle qu'en soit l'échéance (cf. § 6.4.2.2 du présent rapport).

Pour ce qui concerne le projet Cigéo, aucune évolution significative prévue sur la période 2030-2040 concernant le cycle n'est de nature à produire un effet falaise en termes de volume et d'activité des déchets prévus d'y être stockés. **A contrario, l'IRSN estime que tout retard dans le déroulement du projet Cigéo pourrait avoir un effet d'engorgement sur certains entreposages du site de La Hague.** En effet, le calendrier prévisionnel proposé par l'Andra prévoit, sous réserve de l'obtention des autorisations nécessaires, la réception des premiers colis de déchets MA-VL et de déchets vitrifiés moyennement exothermiques (dits HAO) à partir de 2030 et la construction des ouvrages de stockage pour les colis de déchets vitrifiés fortement exothermiques (HA1 et HA2, correspondant respectivement aux verres UOX et UOX/MOX produits par les usines de La Hague) à partir de 2070.

0.7. L'IRSN estime qu'Orano Cycle, en lien avec EDF devrait, dans le cadre du processus « Veille et anticipation », vérifier le caractère suffisant des capacités d'entreposage de l'établissement de La Hague pour toutes les catégories de déchets prévus d'être expédiés à Cigéo pour tenir compte des évolutions possibles du calendrier de mise en service de cette installation.

8.3.3 Logistique

Selon le dossier « IC 2006 », les évolutions envisagées des caractéristiques de certaines matières mises en œuvre dans le cycle sont lentes et progressives, ce qui permet, d'une part d'exclure une situation bloquante inopinée, d'autre part d'anticiper les conséquences à long terme et de mettre en œuvre les actions pour y remédier.

Le processus d'évolutions réglementaires, long et généralement accompagné de dispositions transitoires, permet d'anticiper et, le cas échéant, de faire évoluer les modèles de colis. À cet égard, la mise en service prochaine du colis TN@G3 conçu suivant l'édition de 2012 de l'AIEA va permettre d'arrêter les colis TN12/2 et TN13/2 conçus suivant l'édition de 1985 de l'AIEA.

En conclusion, pour l'IRSN, aucun modèle de colis existant ne présente à ce jour d'élément technique ou réglementaire qui ferait apparaître un risque d'effet falaise au-delà de 2030.

8.4 COMBUSTIBLES PARTICULIERS

Les assemblages combustibles traités ci-après ne sont pas concernés par l'exercice « cohérence du cycle » mais leur traitement ou leur entreposage, dans des installations du cycle, doit être pris en compte pour en évaluer l'impact.

A cet égard, Orano Cycle prévoit d'implanter une unité de traitement des combustibles particuliers (projet TCP) dans l'établissement de La Hague, dont la vocation est de traiter, notamment, les combustibles à forte teneur en plutonium. L'IRSN note que l'installation TCP, dans la configuration présentée, est conçue pour recevoir et traiter les combustibles issus du réacteur Phénix ainsi que d'autres combustibles nucléaires (irradiés ou non) divers provenant notamment de réacteurs à eau légère et à neutrons rapides, de réacteurs de recherche ou de test (RTR), d'usines de fabrication de combustibles ou de stocks de combustibles excédentaires.

Combustibles irradiés dans le réacteur EL4 à Brennilis

Les éléments combustibles irradiés dans le réacteur EL4 (eau lourde-gaz carbonique) de la centrale des Monts d'Arrée à Brennilis (Finistère), qui a été mise à l'arrêt définitivement le 31 juillet 1985, ont été entreposés dans la piscine du réacteur. Après décroissance radioactive, ils ont été conditionnés en conteneurs AA281 puis entreposés à sec dans les puits de l'installation CASCAD du CEA/Cadarache.

Le prochain dossier de réexamen de sûreté de l'installation CASCAD sera transmis en 2020. Dans ce cadre, l'IRSN estime que l'exploitant de cette installation, en lien avec EDF, devrait présenter les études entreprises relatives à l'évacuation des combustibles EL4 usés.

L'hypothèse retenue par EDF pour la gestion de ces combustibles usés est le traitement dans un nouvel atelier à construire dans l'établissement Orano Cycle de La Hague en vue d'un stockage, dans Cigéo, des produits de fission et des coques en colis CSD-V et CSD-C. À ce jour, aucun dossier relatif à un nouvel atelier de ce type n'a été déposé.

La possibilité d'un stockage dans Cigéo des combustibles EL4 non traités a été vérifiée par l'Andra, l'étude sur la faisabilité de leur stockage direct devant être transmise avant le 30 juin 2018, conformément à l'article 14 de l'arrêté du 23 février 2017 établissant les prescriptions du PNGMDR. Toutefois, ce type de combustibles ne figure ni dans la dernière version du Programme industriel de gestion des déchets (PIGD [REDACTED]) définissant l'inventaire de référence en déchets HA et MA-VL pour ce stockage, ni dans le dossier d'options de sûreté (DOS) de Cigéo présenté par l'Andra en 2016. Par ailleurs, le développement d'un nouvel emballage pour le transport des éléments combustibles EL4 de CASCAD vers La Hague ou vers Cigéo nécessitera un délai d'au moins 10 ans.

Ces différents points seront examinés dans le cadre de l'instruction du prochain dossier de réexamen de sûreté de l'installation CASCAD.

Combustibles Superphénix

Les assemblages combustibles MOX, fissiles et fertiles, irradiés ou non irradiés issus des premier et second cœurs de Superphénix (réacteur à neutrons rapides refroidi au sodium) de la centrale de Creys-Malville sont entreposés sous eau dans la piscine de l'Atelier pour l'entreposage du combustible (APEC, INB n°141), sur le même site ; il comprend 1 038 assemblages, soit [REDACTED] tml. L'exploitation de l'APEC est autorisée jusqu'au 31 décembre 2035. Pour poursuivre l'exploitation au-delà de cette date, EDF devra demander la poursuite de son exploitation ou, si cette installation est arrêtée, évacuer les assemblages combustibles vers la piscine d'entreposage centralisé. L'IRSN rappelle que le traitement de ces combustibles n'est pas prévu dans les usines de l'établissement de La Hague.

La possibilité d'un stockage des combustibles Superphénix non traités dans Cigéo a été vérifiée par l'Andra. Toutefois, ce type de combustibles ne figure ni dans le PIGD [REDACTED] ni dans le DOS de Cigéo.

L'IRSN note que les calendriers de mise à l'arrêt de l'APEC et de mise en service de la piscine d'entreposage centralisé sont cohérents. Toutefois, le développement d'un nouvel emballage pour le transport des éléments combustibles Superphénix nécessitera un délai de 10 à 15 ans. À cet égard, dans le cadre du réexamen de sûreté de l'APEC dont l'instruction vient de s'achever, EDF a transmis le 9 mars 2018 la « position action » suivante :

« EDF prévoit de transférer les assemblages combustibles de Superphénix vers la piscine d'entreposage centralisé avant la fin de validité du décret d'autorisation de création de l'APEC (31/12/2035). La conception de la piscine d'entreposage centralisé (APS en cours) tient compte de sa capacité à réceptionner et entreposer les assemblages combustibles de Superphénix.

Le transfert des assemblages combustibles de l'APEC vers la piscine nécessite d'instruire les actions suivantes :

- *mettre en conformité les équipements de l'APEC nécessaires au désentreposage, notamment ceux de la cellule de désentreposage et les équipements de manutention des emballages,*
- *disposer d'emballages de transport adaptés à la catégorie du transport (I, II ou III). EDF étudie, soit le transport des assemblages en l'état (longueur de 5,4 m), ce qui nécessite de développer et fabriquer de nouveaux emballages, soit de raccourcir les assemblages par cisailage du pied en acier afin de rendre leur longueur compatible avec les emballages existants. Cette option nécessite de développer et mettre en œuvre un outillage de découpage spécifique dans l'APEC,*
- *disposer d'un schéma logistique pour l'acheminement des colis par la route et par le fer, selon leur catégorie, vers la piscine d'entreposage centralisé.*

Pour cela, EDF s'est organisé dès 2017 en projet transverse entre le cycle du combustible, le projet Piscine et l'exploitant de l'APEC. Ce projet précisera d'ici 2021 les orientations techniques retenues et le planning de mise en œuvre. »

Les orientations techniques et le calendrier de mise en œuvre seront examinés par l'IRSN lorsque les éléments correspondants auront été transmis par EDF.

8.5 RENOUELEMENT DES INSTALLATIONS

L'IRSN note que plusieurs installations du cycle ont été récemment rénovées ou remplacées (Comurhex Malvés et Pierrelatte, GBII, usine Framatome, usine W de Pierrelatte...); en outre, des travaux sont en cours dans l'établissement Orano Cycle de La Hague pour remplacer les évaporateurs PF des ateliers T2 et R2 par de nouveaux évaporateurs.

À cet égard, les dossiers de réexamen périodique de sûreté des usines de La Hague et de MELOX, notamment les examens de conformité, mettent en évidence le vieillissement d'équipements ou de structures pour lesquels les exploitants sont amenés à engager des travaux de renforcement, de maintenance ou de remplacement qui peuvent s'avérer, pour certains équipements, longs ou difficiles. C'est le cas, notamment, des évaporateurs PF dont la corrosion plus importante que prévue a été mise en exergue dans le cadre du dernier réexamen de sûreté des usines. De tels mécanismes de vieillissement sont susceptibles de remettre en cause la disponibilité de certains équipements ou installations, voire à terme leur pérennité.

Aussi, l'IRSN estime que les exploitants devraient, dans le cadre de la démarche « veille et anticipation », étudier les dispositions à mettre en place pour faire face au vieillissement des installations (nécessitant des opérations de jouvence), à l'arrêt définitif de certaines d'entre-elles et leur éventuel remplacement, en tenant compte notamment, des évolutions prévues en matière de politique énergétique en termes de nombre de réacteurs en fonctionnement et de gestion des combustibles irradiés.

R-2 L'IRSN recommande que les exploitants présentent, dans le prochain dossier « Impact Cycle », les dispositions envisagées pour la jouvence ou le renouvellement des installations du cycle en fonction de leur durée de vie prévisible et des évolutions prévues de politique énergétique.

9 SCÉNARIOS « MIX ÉNERGÉTIQUE »

En réponse à la demande de l'ASN de prendre en compte une limitation à 50 % de la production d'électricité d'origine nucléaire à l'échéance de 2025, EDF a étudié plusieurs scénarios d'arrêt programmé de réacteurs, définis par l'ASN, visant à réduire la production électrique d'origine nucléaire de 420 TWh à environ 300 TWh. Les hypothèses retenues dans ces différents scénarios sont rappelées ci-dessous. Il est à noter que ces scénarios ne considèrent pas un chargement des quatre réacteurs du CNPE de Cruas en combustibles URE à partir de 2021, conformément à la demande de la lettre de cadrage de l'ASN [10].

9.1 SCÉNARIO « MIX VOIE 900 »

EDF a examiné un scénario « Mix 50 % nucléaire en 2025 - voie 900 MW » (dit « MIX voie 900 ») qui prévoit la fermeture d'un réacteur de puissance unitaire 900 MWe en 2016, puis la fermeture annuelle de deux réacteurs de puissance unitaire 900 MWe entre 2017 et 2025. Les seules différences entre ce scénario et le scénario de référence concernent l'arrêt programmé des réacteurs. Les hypothèses retenues en matière d'évacuation des ACU et de stratégie de traitement (maintien du flux de Pu) sont adaptées au parc résiduel. **EDF a uniquement considéré l'arrêt de réacteurs du palier CPY chargés en combustibles MOX.** Ce scénario conduit donc à l'arrêt de 19 réacteurs de puissance unitaire 900 MWe et à une production électrique d'origine nucléaire abaissée de 420 TWh à 305 TWh en 2025. Il est considéré que les évacuations des ACU d'un réacteur arrêté se poursuivent pendant [REDACTED] à la même cadence que lors de son fonctionnement.

EDF et Orano Cycle ont estimé l'occupation des piscines de la Hague en considérant le remplacement des [REDACTED] paniers REB présents dans ces piscines par des paniers REP : ce scénario conduit à la saturation des piscines de La Hague et à la saturation des piscines BK dans un délai inférieur à 5 ans après l'arrêt du premier réacteur.

EDF a également évalué, à titre d'étude de sensibilité, les conséquences de la substitution de la fermeture d'un réacteur de puissance unitaire 900 MWe par un réacteur de puissance unitaire 1 300 MWe dès 2016. **Cette substitution ne modifie pas la conclusion ci-dessus.**

L'impact sur les autres installations du cycle est le suivant :

- toutes les installations de l'amont du cycle sont en surcapacité ;
- le parc d'emballages de transport est en surcapacité ;
- toutes les installations de l'aval du cycle (hors piscines) sont en surcapacité. À noter que le traitement des assemblages combustibles usés UNE n'ayant subi qu'un ou deux cycles d'irradiation, du fait de l'arrêt anticipé des réacteurs, ne pose pas de difficulté rédhibitoire.

L'IRSN note que les scénarios étudiés sont très dépendants des hypothèses retenues, en particulier de la durée d'évacuation des ACU des piscines BK (tous les ACU sont supposés évacués [REDACTED] et de la stratégie de gestion des combustibles (équilibre du stock de plutonium notamment). Des évolutions sur ces hypothèses auraient des répercussions sur la conclusion concernant la saturation des piscines.

À cet égard, l'IRSN a étudié un scénario similaire débutant **en 2018** (scénario « MIX voie 900 actualisé », détaillé en annexe 13 au présent rapport) en considérant les hypothèses suivantes :

- 24 réacteurs du palier CPY (hors Cruas) chargés en combustibles MOX en 2018 ; le flux de traitement des ACU UNE est adapté à la quantité de Pu à fournir ;
- démarrage de l'EPR FLA3 en 2018 compensé par l'arrêt de deux réacteurs du palier CP0 ;
- quatre réacteurs du CNPE de Cruas chargés en combustibles URE à partir de 2021 (non pris en compte par EDF) ;
- arrêt programmé d'un réacteur 900 MWe en 2018, puis de deux réacteurs 900 MWe par an de 2019 à 2027 (19 tranches à l'arrêt en fin de période).

Ce scénario d'arrêt de réacteurs induit une réduction des besoins en plutonium au prorata du nombre de réacteurs du palier CPY « moxés » arrêtés, ce qui a des conséquences sur la production des usines de La Hague et de MELOX. Le déséquilibre engendré entre le flux d'ACU UNE réceptionnés à La Hague et le flux d'ACU UNE traités pour équilibrer le flux de Pu conduit à augmenter le nombre d'ACU UNE entreposés jusqu'à la saturation des piscines de La Hague bien avant 2030.

Les résultats de la simulation de l'IRSN confirment la conclusion d'EDF si l'on considère des hypothèses identiques pour l'évacuation des ACU et la stratégie de gestion (en dehors du chargement des quatre réacteurs du CNPE de Cruas en URE, dont l'effet n'est perceptible qu'à la fin de la période d'étude). Dès lors, en considérant les hypothèses retenues par EDF, l'évacuation des ACU des piscines BK étant impossible, le rechargement des réacteurs est également impossible et l'arrêt de tous les réacteurs devient inéluctable au plus tard 5 ans après l'arrêt du premier réacteur.

L'IRSN a également étudié une variante de ce scénario en considérant l'arrêt des réacteurs du palier CP0 avant les réacteurs du palier CPY (scénario « MIX voie 900 actualisé CP0 », détaillé en annexe 13 au présent rapport), **les autres hypothèses étant inchangées** (début du scénario en 2018, flux de traitement adapté à la quantité de Pu à fournir). Par rapport au scénario précédent, ce scénario conduit à la fermeture d'un nombre moindre de réacteurs chargés en combustibles MOX et, donc, à une réduction moindre des besoins en Pu. **Cette évolution de scénario n'a pas d'impact significatif sur la date de saturation des piscines de La Hague par rapport au scénario précédent.**

9.2 SCÉNARIO « MIX VOIE 1 300 »

En réponse à la demande de l'ASN, EDF a examiné un scénario « Mix 50 % nucléaire en 2025 - voie 1 300 MW » (dit « MIX voie 1 300 ») qui prévoit la fermeture annuelle alternative de un puis deux réacteurs de puissance unitaire 1 300 MWe entre 2016 et 2025. Les seules différences dans les hypothèses retenues entre ce scénario et le scénario de référence concernent l'arrêt programmé des réacteurs. Ce scénario conduit donc à l'arrêt de 15 tranches P4/P'4 et à une production électrique d'origine nucléaire abaissée de 420 à 290 TWh en 2025.

EDF conclut que ce scénario ne conduit pas à la saturation des piscines de l'établissement Orano Cycle de La Hague sur la période « 2015-2030 ».

EDF a également évalué, à titre d'étude de sensibilité, les conséquences de la substitution de la fermeture d'un réacteur de 1 300 MWe par un réacteur de 900 MWe dès 2016. Cette substitution ne modifie pas la conclusion ci-dessus : **la saturation des piscines de La Hague n'est pas atteinte sur la période 2015-2030.**

L'IRSN a étudié un scénario similaire débutant en **2018** (« MIX voie 1 300 actualisé », détaillé en annexe 13 au présent rapport), en considérant un flux de traitement constant de 1 100 tml/an.

L'arrêt des premiers réacteurs (qui sont chargés avec des ACU UNE) conduit à une baisse du flux d'ACU UNE réceptionnés dans les usines de La Hague. Aussi, le déséquilibre entre le flux des ACU UNE réceptionnés dans les usines de La Hague et le flux des ACU UNE traités, nécessaire pour la fabrication de combustibles MOX des réacteurs du palier CPY maintenus en service, conduirait à diminuer la quantité des ACU UNE entreposés dans les piscines. Toutefois, le cumul des besoins en ACU UNE à prélever dans les stocks ne remettrait pas en cause la capacité des usines de La Hague à fournir le Pu nécessaire à la fabrication des combustibles MOX des réacteurs chargés avec ce type de combustible. En tout état de cause, si cela s'avérait nécessaire, il serait toujours possible de compenser les combustibles MOX par des combustibles UNE dans des réacteurs CPY concernés, ce qui permettrait de réduire le besoin en Pu.

Les résultats de la simulation de l'IRSN confirment la conclusion d'EDF : aucune saturation des piscines de l'établissement Orano Cycle de La Hague n'est observée sur la période 2018-2030. L'IRSN relève toutefois que ce scénario se fonde sur le maintien en service des réacteurs les plus anciens et sur l'arrêt des réacteurs les plus récents, qui présente un caractère fortement théorique.

9.3 SCÉNARIOS ALTERNATIFS

À titre d'études de sensibilité, l'IRSN a étudié d'autres scénarios d'arrêt de réacteurs dont les deux présentés ci-dessous afin d'évaluer les conséquences sur les saturations des piscines ; ces scénarios sont détaillés en annexe 14 au présent rapport. Les hypothèses d'étude modifiées et les résultats de ces scénarios sont présentés ci-après.

Scénario « IRSN Mix 900+1 300 actualisé »

Ce scénario combine les deux scénarios que l'ASN a demandé à EDF d'étudier. Il considère l'arrêt simultané chaque année d'un réacteur de puissance unitaire 900 MWe (tous les réacteurs du palier CP0 puis quelques réacteurs du palier CPY) et d'un réacteur de puissance unitaire 1 300 MWe sur la période 2019-2025.

Les hypothèses retenues sont les suivantes :

- 24 réacteurs du palier CPY (hors Cruas) chargés en combustibles MOX en 2018 ; le flux de traitement des ACU UNE est adapté à la quantité de Pu à fournir ;
- démarrage de l'EPR FLA3 en 2018 compensé par l'arrêt de deux réacteurs du palier CP0 ;
- quatre réacteurs du CNPE de Cruas chargés en combustibles URE à partir de 2021 ;
- arrêt simultané d'un réacteur de puissance unitaire 900 MWe (tous les réacteurs du palier CP0 puis quelques réacteurs du palier CPY) et d'un réacteur de puissance unitaire 1 300 MWe par an de 2019 à 2025, correspondant à l'arrêt de 14 réacteurs en fin de période (hors les CP0 arrêtés lors du démarrage de FLA3).

Selon la simulation réalisée par l'IRSN, les piscines de La Hague ne sont pas saturées sur la période et le nombre d'emplacements disponibles dans les piscines augmente à partir de 2027, du fait de la poursuite du traitement des ACU pour alimenter les réacteurs maintenus en service chargés en combustibles MOX.

Scénario « IRSN Mix 900 CP0 2025 »

Ce scénario considère un report à 2025 de la date de début d'arrêt programmé des réacteurs de puissance unitaire 900 MWe (en dehors des deux réacteurs à arrêter pour compenser le démarrage de l'EPR FLA3) tout en maintenant un flux de traitement adapté à la quantité de Pu à fournir pour la fabrication des combustibles MOX. Dans ce scénario, l'IRSN considère que le seuil de 50 % de la production d'électricité d'origine nucléaire est atteint en 2035.

Les hypothèses retenues sont les suivantes :

- 24 réacteurs du palier CPY (hors Cruas) chargés en combustibles MOX en 2018 ;
- quatre réacteurs du CNPE de Cruas chargés en combustibles URE en 2021 ;
- démarrage de l'EPR FLA3 en 2018 compensé par l'arrêt de deux réacteurs du palier CP0 ;
- arrêt programmé d'un réacteur de puissance unitaire 900 MWe en 2025 puis de deux réacteurs de puissance unitaire 900 MWe par an de 2026 à 2034, en commençant par les tranches CP0 (19 réacteurs à l'arrêt en fin de période, hors les CP0 arrêtés lors du démarrage de FLA3).

Le report à 2035 de la limitation à 50 % de la production d'électricité d'origine nucléaire, toutes choses égales par ailleurs, décale de 10 ans les dates de saturation des piscines (La Hague et BK) évaluées pour le scénario « IRSN Mix 900 CP0 ». Selon la simulation réalisée par l'IRSN, la saturation des piscines de La Hague et celle des piscines BK intervient après 2030. Cette échéance devrait permettre la mise en service de capacités complémentaires d'entreposage des combustibles irradiés, si cela s'avérait nécessaire.

9.4 CONCLUSION SUR LES SCÉNARIOS D'ARRÊT DE RÉACTEURS

Les scénarios étudiés par EDF et les scénarios complémentaires étudiés par l'IRSN sont établis sur l'atteinte d'une production d'électricité à 50 % d'origine nucléaire (mix 50 %) à l'échéance de 2025 fixée par la loi sur la transition énergétique pour la croissance verte (loi TECV), ou à l'échéance de 2035 pour tenir compte d'une éventuelle évolution de la Programmation Pluriannuelle de l'Energie (PPE).

En se fondant sur ses simulations, l'IRSN souligne que l'arrêt de plusieurs réacteurs chargés en combustibles MOX, **toutes choses égales par ailleurs**, entraînerait une saturation rapide des piscines de La Hague, suivie très rapidement de la saturation des piscines BK et de l'arrêt inéluctable de l'ensemble des réacteurs du parc.

En revanche, l'arrêt de réacteurs des paliers CPO, 1 300 MW ou 1 450 MW n'est pas susceptible, toutes choses égales par ailleurs et en l'absence d'aléas sur certaines installations, de conduire à la saturation des piscines de La Hague ou même à un impact rédhibitoire sur le cycle.

Aussi, pour éviter un blocage du cycle, l'arrêt de plusieurs réacteurs chargés de combustibles MOX n'est envisageable, toutes choses égales par ailleurs, que si des dispositions préalables sont prises (augmentation préalable des capacités d'entreposage des assemblages combustibles usés ou arrêt préalable de réacteurs chargés en combustibles UNE). En tout état de cause, l'IRSN considère important que les scénarios d'arrêt de réacteurs prennent en considération, dans le choix des réacteurs à arrêter, l'impact sur le fonctionnement d'ensemble du cycle.

Le scénario « Mix 50 % 1 300 », qui conduit à l'arrêt programmé des réacteurs de puissance unitaire 1 300 MWe, n'entraîne pas de saturation des piscines de l'établissement Orano Cycle de La Hague, ni des piscines BK des réacteurs. Toutefois, ce scénario, techniquement atteignable, présente un caractère fortement théorique, les réacteurs les plus récents étant arrêtés avant les réacteurs les plus anciens.

Plusieurs options techniques, telles que l'arrêt simultané de réacteurs des paliers de puissance unitaire 900 MWe et 1 300 MWe ou le décalage de la date des premiers arrêts de réacteurs, sont susceptibles de permettre d'atteindre l'objectif de 50 % de la production d'électricité d'origine nucléaire de la loi TECV, tout en évitant la saturation des piscines. L'impact sur les installations de l'amont du cycle et sur les transports n'a pas été évalué pour ces dernières options.

L'IRSN souligne que les scénarios qui prévoient prioritairement l'arrêt des réacteurs chargés en combustibles MOX (sans compensation par le « moxage » d'autres réacteurs aujourd'hui non « moxés ») induisent une forte réduction du flux de Pu, de la moitié ou plus à la fin de la période d'étude. Ces scénarios conduiraient donc à des réductions équivalentes des activités de production des installations de La Hague et MELOX qu'il conviendrait d'étudier.

L'IRSN recommande qu'EDF, en lien avec Orano Cycle et avec l'Andra, étudie, dans le cas où l'arrêt de réacteurs chargés de combustibles MOX serait retenu pour atteindre l'objectif de la part du nucléaire dans la production d'électricité fixé par la Politique Pluriannuelle de l'Energie, l'impact de cet arrêt sur le fonctionnement du cycle.

Ce point fait l'objet de l'action n°5 d'EDF, transmise par lettre [11] en annexe 2 au présent rapport. EDF s'engage à étudier, en lien avec Orano Cycle et l'Andra, l'impact du (ou des) scénario(s) issu(s) de la mise en œuvre de la PPE (Programmation Pluriannuelle de l'Energie) sur le fonctionnement du cycle, dans les deux ans qui suivent sa (leur) publication, et les besoins d'évolution des autorisations le cas échéant. Cet engagement est satisfaisant.

10 CONCLUSION

L'IRSN a examiné le dossier « Impact Cycle 2016 » établi par EDF, Orano Cycle (ex AREVA) et l'Andra, ainsi que les compléments transmis en cours d'instruction. Ce dossier, qui constitue une mise à jour du dossier « impact cycle 2007 » examiné en 2010, présente notamment, pour la période 2015-2025, les évolutions envisagées des gestions de combustible sur le parc de réacteurs de puissance à eau pressurisée (REP) français, ainsi que les conséquences de ces évolutions sur les installations du cycle et les transports de matières radioactives.

Les gestions de combustibles envisagés par EDF pour la période 2015-2025 introduisent peu d'évolutions par rapport à la situation actuelle et aux orientations envisagées dans le dossier « Impact cycle 2007 ». L'IRSN relève notamment l'intention d'EDF de maintenir la production d'électricité d'origine nucléaire à son niveau actuel, la stabilisation des gestions de combustibles UNE et un flux de traitement des combustibles UNE usés permettant d'équilibrer le flux de plutonium nécessaire à la fabrication de combustibles MOX chargés dans les réacteurs du palier CPY. En termes de bilan des matières, cette stratégie se traduit par une stabilisation des tonnages de combustibles UNE usés déchargés des réacteurs, des combustibles traités dans l'établissement de La Hague et de la quantité d'oxyde de plutonium entreposée et par une moindre augmentation de la quantité d'uranium de retraitement entreposée du fait de la reprise du recyclage de l'URT.

Pour tous les paliers, les gestions des combustibles retenues par EDF pour la période 2015-2025 sont cohérentes avec celles présentées dans leurs dossiers de réexamen. L'IRSN considère que les données d'entrée retenues pour l'analyse de la cohérence du cycle du combustible, sont réalistes.

S'agissant des matières mises en œuvre et des déchets générés par les installations du cycle du combustible, les quantités et les flux estimés par l'IRSN, sur la base d'une modélisation théorique du fonctionnement du cycle, sont globalement cohérents avec les données fournies par EDF.

De l'examen des évolutions présentées dans le dossier « Impact Cycle 2016 », l'IRSN retient les principaux points suivants :

- afin d'éviter la saturation à court terme des parcs d'entreposage d'uranium appauvri d'origine naturelle et de l'uranium appauvri issue du traitement des combustibles usés, Orano Cycle, exploitant de ces parcs, a transmis récemment des demandes d'autorisation visant à augmenter ces capacités afin de couvrir les besoins jusqu'en 2030. Ce point ayant déjà été mis en évidence lors du précédent dossier « cycle », EDF présente un état d'avancement de la gestion de l'entreposage de ces matières (remplissage et capacité disponible des parcs d'entreposage) à l'ASN dans le cadre des réunions périodiques de suivi du cycle ainsi que tous les trois ans dans le cadre du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs (PNGMDR) ;
- pour ce qui concerne les opérations de recyclage de l'uranium de retraitement en vue de la fabrication de combustibles URE, EDF n'a pas défini, à ce stade, la filière industrielle pour réaliser ces opérations, notamment si certaines d'entre elles seraient réalisées dans des installations en France. A cet égard, EDF s'est engagé à présenter, dans les deux ans qui suivront cette décision, pour les opérations réalisées en France, les dispositions de sûreté et de radioprotection nécessaires à la mise en place de cette filière et les échéances de transmission des dossiers réglementaires associés à l'extension des capacités d'entreposage d' U_3O_8 URT si elle s'avère nécessaire ;

- la situation des entreposages de combustibles usés, dans les piscines d'entreposage de l'établissement Orano Cycle de La Hague et dans les piscines BK des CNPE, est globalement très tendue ; les capacités d'entreposage pourraient s'avérer insuffisante à l'horizon 2030 dans le cas du scénario « de référence », voir quelques années auparavant en cas d'arrêt de réacteurs chargés en combustibles MOX. Dans ce cadre, conformément à la demande formulée dans le PNGMDR, EDF a transmis en 2017 sa stratégie pour disposer d'une capacité suffisante d'entreposage des combustibles usés, qui se fonde principalement sur la mise en service à l'horizon 2030 d'une piscine d'entreposage centralisé. Cette échéance présente toutefois peu de marge pour éviter une saturation des piscines, eu égard aux hypothèses retenues dans les études réalisées. A cet égard, EDF, en lien avec Orano Cycle, s'est engagé à présenter, dans les réunions de « suivi du cycle », une analyse détaillée des capacités disponibles d'entreposage des combustibles usés jusqu'en 2035 ;
- concernant les déchets produits par les installations du cycle, les évolutions présentées ne conduisent pas à identifier de difficulté jusqu'en 2025. Toutefois, les capacités de certains entreposages de déchets produits par l'établissement de La Hague présentent peu de marge. Orano Cycle a pris des engagements, dans le cadre de l'instruction par l'IRSN du dossier présentant la stratégie de gestion des déchets et de démantèlement d'Orano Cycle, qui visent notamment à s'assurer que sa stratégie de gestion des déchets lui permettra de disposer de capacités d'entreposage suffisantes des déchets, dans des conditions de sûreté adéquates ;
- concernant les transports de matières radioactives et de déchets, les évolutions présentées ne conduisent pas à identifier de difficulté particulière pour la période 2015-2025, à l'exception du système de transport interne HERMES-MERCURE de l'établissement de La Hague pour lequel une recommandation a été formulée par l'IRSN dans son avis d'avril 2018 présentant les conclusions de son évaluation de la stratégie d'Orano Cycle pour la gestion de ses déchets et du démantèlement de ses installations.

Par ailleurs, EDF, en lien avec Orano Cycle et l'Andra, a étudié, pour la première fois dans le cadre d'un dossier « cycle », la robustesse globale du cycle à l'égard d'aléas susceptibles d'affecter l'exploitation des installations actuelles, les opérations de logistique, la mise en service de nouvelles installations ou le calendrier de déploiement de nouvelles gestions de combustible. L'IRSN considère que cette étude constitue une première étape globalement satisfaisante qui doit être complétée pour les usines de La Hague et l'atelier TU5 afin de mieux prendre en compte les aléas susceptibles de conduire à l'indisponibilité prolongée de ces installations. À cet égard, Orano Cycle s'est engagé, en lien avec EDF, à compléter son dossier, sous deux ans, pour ces deux installations. En complément, l'IRSN recommande que les exploitants poursuivent cette étude, dans le prochain dossier « Impact Cycle », en évaluant la durée d'indisponibilité pour chaque atelier des installations participant au cycle du combustible qui conduirait au blocage de ce dernier, notamment en cas d'agression ou de situation accidentelle. Cette étude doit permettre aux exploitants de mieux identifier les faiblesses éventuelles des étapes du cycle afin de prévoir les parades adaptées.

Concernant le vieillissement des installations, la plupart des installations de l'amont du cycle ont été récemment rénovées ou remplacées. Pour les installations de l'aval du cycle, les réexamens de sûreté récents ont déjà conduit les exploitants concernés à réaliser des travaux de renforcement ou au remplacement de structures ou d'équipements vieillissants. Il ne peut pas être exclu que de tels mécanismes de vieillissement puissent remettre en cause la disponibilité de certains équipements ou des installations concernées, voire à terme leur pérennité. Aussi, l'IRSN recommande que les exploitants présentent, dans le prochain dossier « Impact Cycle », qui couvrira la période 2025-2035 avec une recherche des effets faibles potentiels au-delà de 2035, les dispositions envisagées pour la jouvence ou le renouvellement des installations du cycle en fonction de leur durée de vie prévisible et des évolutions prévues de politique énergétique concernant le cycle.

Enfin, les scénarios « mix énergétique » d'arrêt de réacteurs étudiés par EDF, à la demande de l'ASN, montrent que l'arrêt de plusieurs réacteurs chargés en combustibles MOX, toutes choses égales par ailleurs, entraînerait rapidement une saturation des piscines de La Hague et à terme l'arrêt des réacteurs. L'IRSN est globalement en accord avec les conclusions des études réalisées par EDF. En revanche, l'arrêt de réacteurs chargés en combustibles UNE retarderait, voire empêcherait, selon le nombre de réacteurs arrêtés, la saturation des piscines d'entreposage. Ces études montrent, en particulier, que l'impact sur le fonctionnement d'ensemble du cycle doit être pris en considération pour le choix des réacteurs à arrêter dans le cadre de la loi TECV.

En tout état de cause, compte tenu des évolutions prévisibles faisant suite à la Programmation pluriannuelle de l'énergie et des différents projets en cours concernant notamment les entreposages de déchets ou de combustibles, l'IRSN estime qu'un suivi du fonctionnement du cycle du combustible des réacteurs électronucléaires doit être maintenu à intervalle régulier.

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS UTILISÉES DANS LE RAPPORT

ACC	Atelier de compactage de coques, embouts et déchets technologiques de l'établissement de La Hague
ACU	Assemblage combustible usé
AMC	Atelier de maintenance des conteneurs
BK	Bâtiment combustible, pour un réacteur REP, dans lequel se trouve notamment les piscines de désactivation (piscines BK)
C2S	Compatible stockage en surface
CNPE	Centre nucléaire de production d'électricité
CSD-C	Conteneur standard de déchets compactés de coques et embouts
CSD-V	Conteneur standard de déchets vitrifiés
DGSNR	Direction générale de la sûreté nucléaire et de la radioprotection
ECC	Atelier d'entreposage de colis compactés de coques et embouts de l'établissement de La Hague
ECE	Fûts ECE : fûts de coques et embouts sous eau
E EV LH	Extension de l'installation d'entreposage de colis de déchets vitrifiés de l'établissement de La Hague
E EV SE	Extension de l'entreposage de colis de déchets vitrifiés Sud-Est
EI	Enrichissement initial de l'uranium en son isotope ²³⁵ U
EPR	Réacteur pressurisé européen
ICPE	Installation classée pour la protection de l'environnement
INB	Installation nucléaire de base
INBS	Installation nucléaire de base intéressant la défense
JEPP	Jour équivalent pleine puissance
LTR	Limites techniques et réglementaires
MIR	Magasin inter - régional de combustible UNE
MOX	Oxyde mixte d'uranium et de plutonium
NU	Nitrate d'uranyle
NSSS	Déchets non susceptibles de stockage en surface
RAD	Racks spécifiquement dédiés aux déchets
RCD	Reprise et conditionnement des déchets
REP	Réacteurs à eau pressurisée
RSCU	Râteliers de stockage des combustibles usés
TC	Taux de combustion
Tml	Tonne de métal lourd (caractérisant les combustibles neufs ou en réacteur)
Tmli	Tonne de métal lourd initial (caractérisant les combustibles usés)
TR	Temps de refroidissement
TTS	Tranche tête de série
UNE	Uranium naturel enrichi
UOX	Oxyde d'uranium
URE	Uranium de retraitement ré-enrichi
URT	Uranium de retraitement
UTS	Unité de travail de séparation
VD	Visite décennale pour les réacteurs REP (VD4 : quatrième visite décennale)