

Fontenay-aux-Roses, le 30 janvier 2025

Monsieur le Directeur de la Direction des déchets,
des installations de recherche et du cycle**AVIS D'EXPERTISE N° 2025-00008**

Objet :	Établissement Orano Recyclage de La Hague - INB n° 116 (Usine UP3-A) et INB n° 117 (Usine UP2-800) Réception, déchargement, entreposage et traitement d'assemblages combustibles MOX provenant des réacteurs à eau pressurisée (REP) français
Réf. :	Lettre ASN CODEP-DRC-2023-049100 du 16 octobre 2023

Par lettre citée en référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a sollicité l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur le dossier joint à une demande de modification notable soumise à autorisation, présentée par la société Orano Recyclage (dénommée Orano ci-après). Cette demande porte sur la réception, le déchargement, l'entreposage et le traitement, dans les usines UP2-800 (installation nucléaire de base (INB) n° 117) et UP3-A (INB n° 116) de l'établissement Orano Recyclage de La Hague, d'assemblages combustibles à base d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium (MOX) irradiés dans des réacteurs à eau pressurisée (REP) d'EDF de 900 MWe et 1300 MWe.

Ces combustibles, appelés « MOX EDF », présentent une teneur massique moyenne en plutonium et en américium, avant irradiation, inférieure ou égale à 9,22 % et un taux de combustion (TC) moyen par assemblage inférieur ou égal à 58 GWj.t⁻¹.

À l'appui de sa demande, Orano présente les analyses de sûreté associées, ainsi que les projets de modification des règles générales d'exploitation (RGE), des rapports de sûreté des ateliers concernés par la présente modification, et d'un des scénarios du plan d'urgence interne (PUI) de l'établissement Orano Recyclage de La Hague.

L'ASN a demandé à l'IRSN de se prononcer sur le caractère suffisant des dispositions de maîtrise des risques associés à la réception, au déchargement, à l'entreposage et au traitement des assemblages combustibles MOX EDF dans les usines UP2-800 et UP3-A de l'établissement Orano Recyclage de La Hague.

Au 1^{er} janvier 2025, l'ASN et l'IRSN sont devenus l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR). Le présent avis d'expertise de la Direction de l'expertise en sûreté de l'ASNR vient en réponse à la lettre citée en référence.

De l'évaluation des documents transmis, tenant compte des éléments de retour d'expérience disponibles et des compléments apportés par Orano au cours de l'expertise, la Direction de l'expertise en sûreté retient les principaux éléments suivants.

1. PRÉSENTATION DE LA MODIFICATION

Actuellement, une décision de l'ASN autorise la réception, le déchargement, l'entreposage et le traitement d'assemblages combustibles MOX, dont la teneur massique moyenne en plutonium et américium avant irradiation est au plus égale 8,78 % et dont le taux de combustion est inférieur ou égal à 55 GWj.t⁻¹. Orano indique que la présente demande d'évolution des caractéristiques des combustibles MOX pouvant être traités vise à couvrir les besoins industriels liés à l'augmentation de la teneur en plutonium et en américium des combustibles MOX introduits dans les réacteurs de 900 MWe d'EDF (dit MOX EDF 900 MWe), à la future utilisation de combustibles MOX (« moxage ») dans des réacteurs de 1300 MWe d'EDF (dit MOX EDF 1300 MWe) et au projet de multi-recyclage des combustibles MOX dans ces mêmes réacteurs.

1.1. INCIDENCE SUR LE PROCÉDÉ

Orano prévoit de recevoir et de décharger les combustibles MOX EDF, soit dans l'atelier NPH (déchargement sous eau) de l'usine UP2-800, soit dans l'atelier T0 (déchargement à sec) de l'usine UP3-A. Ces combustibles seront entreposés dans les piscines C (INB n° 117), D ou E (INB n° 116). Les opérations de réception, de déchargement et d'entreposage des combustibles MOX EDF en piscines sont inchangées par rapport à celles réalisées aujourd'hui pour les combustibles à base d'oxyde d'uranium (UOX) ou de MOX autorisés. Dans sa demande, Orano indique que les combustibles MOX EDF 900 MWe et MOX 1300 MWe seront transportés respectivement en emballages de transport TN 112 et TN G3. Toutefois, ce dernier n'est actuellement pas agréé pour le transport de combustibles MOX EDF 1300 MWe. Orano précise dans son analyse de sûreté que, pour les futurs emballages actuellement non autorisés, les demandes d'autorisation associées prendront en compte les caractéristiques des combustibles MOX EDF et, le cas échéant, qu'il définira des dispositions complémentaires de maîtrise des risques. **Ainsi, dans le présent avis, la Direction de l'expertise en sûreté ne se prononce pas sur le caractère suffisant des dispositions de maîtrise des risques associés pour la réception et le déchargement des combustibles MOX EDF 1300 MWe.**

Pour les opérations de traitement, Orano reconduit les adaptations de procédé mises en œuvre lors des quatre campagnes de traitement de combustibles MOX (appelées MOX D1 à D4) et celles prévues pour le traitement des combustibles MOX EPZ¹. Ces adaptations consistent, au niveau de l'atelier R1 de cisailage et de dissolution, d'une part à augmenter l'acidité de la solution d'attaque et la durée de la dissolution, d'autre part à utiliser un poison neutronique dans le dissolvant et dans le rinceur acide à embouts. La cadence de traitement est réduite afin de limiter la concentration en uranium dans le dissolvant. La solution de dissolution est ensuite transférée dans l'atelier R2 qui assure, par un procédé d'extraction liquide-liquide, la séparation des produits de fission (PF), de l'uranium et du plutonium. Orano prévoit d'ajuster cette solution afin de respecter le domaine de fonctionnement des cycles d'extraction de l'atelier R2. Compte tenu du faible tonnage de combustibles MOX EDF traité par campagne et du principe de mutualisation des capacités d'entreposage des solutions concentrées de PF et des fines, Orano prévoit de mélanger les solutions concentrées de PF et les suspensions de fines issues du traitement de combustibles MOX EDF avec les solutions équivalentes issues du traitement de combustibles UOX, préalablement à leur transfert vers l'atelier de vitrification R7. **Ces différentes adaptations, dont le retour d'expérience lors des campagnes des combustibles MOX D1 à D4 n'a pas mis en lumière de difficulté particulière, n'appellent pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.**

À la différence des combustibles MOX déjà autorisés, Orano envisage de mélanger, dans un même fût navette, des coques (tronçons de gaines de crayons combustibles cisailés) et des embouts d'assemblages issus du cisailage de combustibles MOX EDF et UOX afin d'optimiser le remplissage des fûts navette. L'incidence de ce mélange est examinée au paragraphe 1.2 du présent avis d'expertise.

En outre, les caractéristiques nucléaires des combustibles MOX EDF étant plus pénalisantes que celles des combustibles UOX et MOX autorisés, Orano introduit, pour les évaporateurs concentrateurs des solutions PF, une

¹ Ce combustible provient du réacteur de Borssele (Pays-Bas) exploité par la société EPZ (dit MOX EPZ).

nouvelle exigence de sûreté relative à la limitation de leur remplissage. Ce point est examiné au paragraphe 2.4 du présent avis d'expertise.

1.2. INCIDENCE SUR LES DÉCHETS DE STRUCTURE

Les déchets de structure, constitués de coques, de grilles et d'embouts d'assemblages combustibles, sont compactés en galettes, qui sont conditionnées dans des colis standards de déchets compactés (CSD-C). Ces déchets contiennent une fraction de radionucléides, notamment du plutonium et des produits de fission, issus des combustibles et entraînés dans les déchets. Cette fraction, appelé taux d'entraînement, dépend notamment du procédé de fabrication du mélange d'oxydes d'uranium et de plutonium, du matériau de la gaine des crayons (adhérence plus ou moins importante en fonction du type de gainage), du taux de combustion, ainsi que des conditions de dissolution appliquées à l'étape de traitement.

Orano considère que les combustibles MOX EDF, dont les gaines des crayons sont en alliage de zirconium dit « M5 », ne présentent pas de particularité par rapport aux combustibles UOX utilisant le même alliage. Il retient ainsi les mêmes taux d'entraînement pour les PF. Pour les actinides, sur la base des mesures réalisées lors des campagnes des combustibles MOX D1 à D4, Orano retient de manière pénalisante les taux d'entraînement issus de la campagne de traitement des combustibles MOX D4. Il estime cette approche enveloppe dans la mesure où, les combustibles MOX EDF étant fabriqués dans l'usine Melox avec une maîtrise de l'insolubilité initiale du plutonium, les taux d'entraînement attendus des actinides dans les coques devraient être faibles. À cet égard, la Direction de l'expertise en sûreté rappelle que les taux d'entraînement ne dépendent pas que du procédé de fabrication et qu'il n'existe aucun retour d'expérience de mesures des taux d'entraînement des radionucléides dans des coques issues de combustibles MOX EDF en gainage M5 permettant de garantir le caractère enveloppe des taux retenus. Pour Orano, la confirmation du caractère enveloppe des taux d'entraînement retenus sera réalisée en exploitation à partir des mesures du contrôle nucléaire procédé (CNP) réalisées dans l'atelier R1 et dans l'atelier de compactage des coques et embouts (ACC) issues de l'atelier R1, ce qui correspond à la démarche habituelle pour les combustibles traités. Toutefois, Orano prévoyant la possibilité de mélanger dans un même fût navette les coques issues de combustibles MOX EDF et UOX, selon la Direction de l'expertise en sûreté, les effets spécifiques aux combustibles MOX pourraient potentiellement être masqués. **Aussi, la Direction de l'expertise en sûreté estime que, pour permettre la confirmation du caractère enveloppe des taux d'entraînement retenus, Orano devrait définir des modalités de remplissage et de mesure des fûts navette devant contenir des coques issues de combustibles MOX EDF et UOX pour que les effets des combustibles MOX EDF ne soient pas masqués.**

Concernant les colis CSD-C, à l'instar des dispositions prévues pour le traitement des combustibles MOX EPZ, Orano prévoit de mélanger, dans un même colis, les galettes issues du compactage de coques et d'embouts des combustibles MOX EDF avec des galettes issues du compactage de coques et d'embouts de combustibles UOX afin d'une part de respecter les spécifications de ces colis, d'autre part d'éviter une augmentation significative des quantités d'actinides par colis. **La Direction de l'expertise en sûreté estime que ces dispositions sont satisfaisantes sur le principe. Il appartient à Orano, afin de consolider les hypothèses retenues concernant les caractéristiques des déchets de structure produits, d'établir un retour d'expérience (REX) de production des colis CSD-C issus du traitement des combustibles MOX EDF.**

2. ANALYSE DES RISQUES

Pour l'analyse des risques (hors risques de criticité), Orano a défini deux combustibles MOX EDF de référence avec une teneur en plutonium et américium égale à 9,22 % et irradiés jusqu'à 58 GWj.t⁻¹, l'un refroidi *a minima* six mois pour les opérations de réception, de déchargement et d'entreposage, l'autre refroidi 10 ans pour les opérations de traitement. Orano considère ces combustibles de référence enveloppes pour les analyses de risques des opérations pour lesquelles ils ont été définis. **Ceci n'appelle pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.**

Orano indique que les dispositions de maîtrise des risques associées aux opérations de réception, de déchargement et d'entreposage des combustibles MOX EDF sont analogues à celles mises en œuvre pour les

combustibles UOX et MOX autorisés. Pour les opérations de traitement, Orano précise que les combustibles MOX EDF ne présentent pas de particularité à l'égard de la maîtrise des risques d'agressions d'origine interne et d'origine externe. Ainsi, Orano estime que la plupart des dispositions existantes de maîtrise de ces risques sont adaptées à la réception, au déchargement, à l'entreposage et au traitement des combustibles MOX EDF. **Ceci n'appelle pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.**

2.1. RISQUES DE DISPERSION DE SUBSTANCES RADIOACTIVES

Orano indique que le traitement des combustibles MOX EDF ne nécessite pas de modification des dispositions existantes de confinements statique et dynamique. Toutefois, les solutions de dissolution étant plus acides et plus concentrées en éléments, avec certaines valences à fort potentiel oxydant, Orano a analysé l'incidence de ces conditions sur les risques de corrosion des équipements constituant la première barrière de confinement.

L'analyse d'Orano s'appuie sur une étude bibliographique et sur le REX des quelques campagnes de traitement des combustibles UOX et MOX réalisées dans les usines de La Hague avec une acidité des solutions plus forte que celle habituellement utilisée pour le traitement des combustibles UOX. **Ceci est satisfaisant sur le principe.**

Concernant l'atelier R1, Orano considère que le REX des quatre campagnes de traitement des combustibles MOX D1 à D4 justifie la maîtrise de la corrosion pour des conditions de dissolution identiques à celles prévues pour le traitement des combustibles MOX EDF. De ce fait, Orano n'a pas prévu de modifier le programme de surveillance des équipements, notamment du dissolvant. Il a toutefois indiqué, au cours de l'expertise, que la fréquence de surveillance pourrait évoluer si les résultats des investigations, qui seront menées à la suite des différentes campagnes de traitement de combustibles MOX EDF, montraient la nécessité de le faire. **Ceci est satisfaisant sur le principe.** La Direction de l'expertise en sûreté relève toutefois que d'autres éléments chimiques, non cités par Orano et présents dans les solutions de dissolution des combustibles MOX EDF, tels que le cérium et le ruthénium, peuvent former des espèces oxydantes et contribuer à accélérer ou à modifier les phénomènes de corrosion.

S'agissant de l'atelier R2, situé en aval de l'atelier R1, Orano estime que le traitement des combustibles MOX EDF n'a pas d'incidence sur la corrosion des équipements car la solution de dissolution est ajustée à son acidité nominale en entrée de l'atelier. Toutefois, la Direction de l'expertise en sûreté souligne que les éléments oxydants précités peuvent aussi avoir une incidence sur la corrosion de ces équipements, notamment dans les évaporateurs dans lesquels ils seront concentrés avec les autres produits de fission. Aussi, bien que les éléments apportés par Orano justifient un impact faible sur la corrosion pour un nombre limité de campagnes MOX, **la Direction de l'expertise en sûreté estime que le caractère suffisant de la surveillance des phénomènes de corrosion à long terme (type et cinétique) de la première barrière de confinement n'est pas démontré. La Direction de l'expertise en sûreté recommande qu'Orano justifie l'absence d'évolution significative des phénomènes de corrosion à long terme, dans le cadre d'un traitement régulier des combustibles MOX EDF, dans les ateliers concernés des INB n° 116 et n° 117 (cf. recommandation n° 1 rappelée en annexe au présent avis d'expertise).**

2.2. RISQUES D'EXPOSITION EXTERNE AUX RAYONNEMENTS IONISANTS

Pour justifier que les épaisseurs des protections radiologiques existantes sont adaptées aux combustibles MOX EDF, Orano extrapole les valeurs de débit d'équivalent de dose (DED) attendus pour ces combustibles à partir des valeurs de DED (dus aux rayonnements gamma et aux neutrons) calculés ou mesurés pour les combustibles de référence autorisés. **Cette démarche de comparaison des DED, qui est celle habituellement utilisée par Orano, n'appelle pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.**

De cette comparaison, Orano conclut que les épaisseurs des protections radiologiques sont adaptées, excepté pour quelques locaux des ateliers R2 et R4 pour lesquels l'estimation du DED total estimé dépasse légèrement la limite du zonage radiologique. Orano estime ce dépassement acceptable compte tenu du caractère enveloppe des estimations des DED. De plus, il identifie, en tant qu'exigence de sûreté, la réalisation d'un relevé dosimétrique

dans ces locaux lors de la première campagne de traitement et la mise en place de dispositions appropriées si nécessaire. **La Direction de l'expertise en sûreté estime que ceci satisfaisant.**

2.3. PRÉVENTION DES RISQUES DE CRITICITÉ

Orano a analysé l'incidence du traitement des combustibles MOX EDF sur la prévention des risques de criticité dans l'atelier R1, les flux de matières étant ajustés pour respecter le domaine de fonctionnement des ateliers situés en aval. **Ceci n'appelle pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.**

Orano reconduit les modes de contrôles retenus pour le traitement des combustibles MOX EPZ et MOX D1 à D4, mais valorise, pour certaines étapes du procédé de traitement des MOX EDF, la baisse de réactivité des combustibles, due à leur irradiation en réacteur (TC). Ces étapes concernent notamment la goulotte de transfert des coques et la trémie qui relie la goulotte aux godets de la roue du dissolvant. Aussi, Orano a défini deux milieux fissiles de référence (MFR), l'un non irradié, l'autre irradié. Le premier est déterminé en minimisant les isotopes absorbants et en maximisant les isotopes fissiles par rapport aux caractéristiques réelles des combustibles MOX EDF non irradiés. **Cette démarche conduit à définir un vecteur isotopique massique du plutonium enveloppe du combustible MOX EDF non irradié, ce qui est satisfaisant.** Pour le deuxième, Orano détermine sa composition isotopique à partir d'un calcul d'évolution sous irradiation jusqu'à un TC de 26 GWj.t⁻¹ du MFR non irradié. Cette valeur de TC moyen minimal est fixée dans le projet de RGE de l'atelier R1. Pour rappel, pour les combustibles MOX, le MFR non irradié, pénalisant en termes de compositions isotopiques retenues, ne reste pas forcément pénalisant après irradiation, comme montré par certaines études. Aussi, Orano a comparé la réactivité (en termes de coefficient de multiplication effectif des neutrons) obtenue après irradiation pour deux combustibles MOX EDF de même teneur initiale en plutonium fissile, l'un correspondant au MFR non irradié enveloppe, l'autre à un milieu fissile non irradié dont l'isotopie du plutonium a été définie de façon à minimiser le rapport ²⁴¹Pu/²⁴⁰Pu. Orano effectue cette comparaison en retenant deux valeurs de TC, l'une à 26 GWj.t⁻¹ et l'autre à une valeur légèrement plus faible (20 GWj.t⁻¹) permettant de couvrir les incertitudes sur les compositions isotopiques fournies par les calculs d'évolution. De cette comparaison, Orano conclut que le MFR non irradié enveloppe demeure pénalisant après irradiation aux TC étudiés.

Pour la Direction de l'expertise en sûreté, Orano n'a pas justifié en quoi les deux compositions initiales de combustibles MOX EDF retenues permettent de garantir que l'évolution de leur composition au cours de l'irradiation conduit systématiquement à une composition isotopique moyenne plus pénalisante que celles qui résulteraient de l'irradiation d'un combustible MOX EDF de composition initiale « réelle ». **Aussi, le caractère enveloppe du MFR combustible MOX EDF irradié retenu par Orano n'est pas complètement démontré. La Direction de l'expertise en sûreté recommande qu'Orano justifie que les deux compositions initiales du combustible MOX EDF, retenues pour le calcul d'évolution, conduisent à une composition pénalisante du combustible MOX EDF irradié à 20 et 26 GWj.t⁻¹, au regard de l'ensemble des compositions initiales réelles possibles des combustibles MOX EDF prévus d'être traités dans les ateliers concernés des INB n° 116 et n° 117 (cf. recommandation n° 2 rappelée en annexe au présent avis d'expertise).**

Par ailleurs, pour les deux MFR, Orano retient la teneur moyenne en plutonium de la section fissile de l'assemblage combustible. La Direction de l'expertise en sûreté rappelle que les combustibles MOX présentent des zones de teneurs en plutonium différentes, dont certaines sont supérieures à la valeur moyenne. Elle estime que, en toute rigueur, l'incidence de cette teneur supérieure à la moyenne sur la prévention des risques de criticité devrait être analysée par Orano pour les parties du procédé situées en amont du dissolvant, les solutions pouvant ensuite être considérées comme homogènes. De plus, pour les calculs d'évolution sous irradiation, Orano a retenu un rapport entre les teneurs en plutonium maximale et moyenne qui ne couvre pas l'ensemble des caractéristiques des combustibles MOX EDF fabriqués, en particulier les plus anciens. Orano a indiqué, au cours de l'expertise, qu'il fixerait, dans les RGE de l'atelier R1, la valeur retenue du rapport entre les teneurs en plutonium maximale et moyenne, **ce qui est satisfaisant.**

Pour justifier la sous-criticité en cas d'un éventuel engorgement de la goulotte lors du transfert de coques vers le dissolvant ou de la trémie entre la goulotte et les godets de la roue du dissolvant, Orano valorise un TC minimal

de 26 GWj.t⁻¹. En tenant compte de la baisse de réactivité des combustibles associée, Orano montre d'une part que le mode de contrôle par la géométrie peut être conservé pour la goulotte, d'autre part que le dispositif de mesure du CNP de l'atelier R1, qui permet de détecter une accumulation de coques dans la trémie précitée et d'arrêter le cisailage, reste efficace pour les combustibles MOX EDF, bien avant d'atteindre la masse critique du MFR irradié. La Direction de l'expertise en sûreté rappelle que seule la mesure du TC moyen est qualifiée pour les combustibles MOX. Or, les extrémités d'un assemblage combustible, qui peuvent être à l'origine d'un engorgement, sont susceptibles de présenter un TC significativement plus faible que le TC moyen de l'assemblage combustible. À cet égard, Orano a précisé qu'il suffit d'un TC de 2 GWj.t⁻¹ pour que la masse maximale admissible du MFR irradié à 2 GWj.t⁻¹ soit supérieure au seuil (quatre coupes) associé au poste de mesure qui commande l'arrêt du cisailage. **Le TC des extrémités des combustibles MOX EDF étant supérieur à 2 GWj.t⁻¹, la Direction de l'expertise en sûreté estime que ceci est satisfaisant.**

Par ailleurs, pour justifier la maîtrise des risques liés à l'accumulation d'insolubles de plutonium dans les équipements, Orano retient un taux maximal d'insolubilité de plutonium avant irradiation de 1 %, valeur vérifiée lors de la fabrication des combustibles MOX EDF dans l'usine Melox. Il considère ensuite, comme pour les autres combustibles MOX déjà traités, que ce taux d'insolubilité diminue d'un facteur 10 du fait de l'irradiation du combustible en réacteur. Orano justifie ces estimations par des résultats d'essais réalisés sur des pastilles de combustibles MOX irradiées, fabriquées et testées dans l'usine Melox, puis dissoutes dans des conditions représentatives de celles mises en œuvre dans les usines de l'établissement de La Hague. **En cohérence avec les hypothèses retenues dans la démonstration de sûreté-criticité, la Direction de l'expertise en sûreté recommande qu'Orano retienne, pour l'atelier R1 de l'INB n° 117, une exigence définie de sûreté portant sur le taux d'insolubilité initiale du plutonium dans les combustibles MOX EDF au plus égal à 1 % en masse avant irradiation (cf. recommandation n° 3 rappelée en annexe au présent avis d'expertise).**

De plus, les conditions de réalisation du test d'insolubilité initiale du plutonium ayant une incidence sur la valeur obtenue, le test doit être réalisé avec des conditions chimiques d'attaque identiques à celles utilisées pour qualifier le taux d'insolubilité à l'usine Melox ou avec des conditions visant à le maximiser. **À cet égard, il appartient à Orano de s'assurer que le taux d'insolubilité initiale du plutonium a été mesuré dans l'acide nitrique à 10 M pendant 10 heures d'ébullition ou dans des conditions moins agressives et de décliner cette exigence dans les RGE de l'atelier R1 de l'INB n° 117 et les documents d'exploitation associés.**

Enfin, il appartient à Orano de réaliser un retour d'expérience des indissous lors des campagnes de traitement des combustibles MOX EDF, en particulier lorsque les combustibles traités présentent des différences par rapport à ceux précédemment traités (teneur en Pu, TC, procédé de fabrication des pastilles).

2.4. RISQUES D'EXPLOSION LIÉS AU PHÉNOMÈNE DE RADIOLYSE

Pour garantir la maîtrise des risques d'explosion, liés à la présence d'hydrogène de radiolyse dans les équipements contenant des solutions radioactives, Orano alimente ces équipements en air à un débit assurant une dilution suffisante de l'hydrogène pour maintenir sa concentration inférieure à 2 % en fonctionnement normal et inférieure à 4 % en fonctionnement dégradé. Si le délai d'atteinte de cette concentration de 4 % est inférieur à 200 h, la fonction de dilution de l'hydrogène est sauvegardée à l'aide de bouteilles d'air comprimé.

Orano a évalué, pour le combustible MOX EDF de référence, les débits d'air minimaux permettant de maintenir une concentration d'hydrogène inférieure à 2 % en fonctionnement normal et les délais d'atteinte d'une concentration de 4 % en fonctionnement dégradé. Du fait d'une quantité plus importante d'actinides mineurs émetteurs alpha dans les solutions de PF issues du traitement des combustibles MOX EDF, le dégagement d'hydrogène de radiolyse est plus important que pour les solutions issues du traitement de combustibles UOX. Toutefois, hormis pour la nouvelle unité de concentration des PF de l'atelier R2 (dite NCPF R2) et les ateliers SPF 4, 5 et 6 de réception et d'entreposage des solutions concentrées de produits de fission produites par l'atelier R2, Orano n'identifie pas d'équipement pour lequel le débit d'air serait insuffisant ou dont le délai de réalimentation en air de balayage nécessiterait la mise en place d'une sauvegarde. **Cette conclusion n'appelle pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.**

Pour l'unité NCPF R2, Orano identifie, en tant qu'exigences de sûreté dans le projet des RGE de l'atelier R2, d'une part l'alimentation en air d'au moins deux des trois cannes de bullage des cuves d'alimentation des évaporateurs PF, d'autre part la limite de remplissage des évaporateurs avec un volume de raffinats de produits de fission issus du traitement d'au plus 7 tMLi de combustibles MOX EDF. De plus, la cuve de réception des concentrats PF nécessite la mise en place d'une sauvegarde de l'air de balayage, déjà prévue à la conception de cette unité. Enfin, pour les ateliers SPF 4, 5 et 6, Orano indique que l'entreposage du mélange de concentrats de produits de fission, issus du traitement de combustibles MOX et UOX, conduit à définir, de manière spécifique, les délais de rétablissement de l'air de balayage dans les cuves d'entreposage, pour ne pas atteindre la limite des 4 % d'hydrogène dans le ciel des cuves. Ces délais seront déterminés, lors de l'établissement du dossier d'autorisation de retraitement DAR, à partir des caractéristiques des combustibles traités (puissances volumiques et rendements radiolytiques spécifiques). **Ces éléments n'appellent pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.**

2.5. RISQUES LIÉS AUX DÉGAGEMENTS THERMIQUES

Orano indique que les emballages de transport réceptionnés dans les usines de l'établissement Orano Recyclage de La Hague respecteront les exigences de puissance thermique du chargement figurant dans les agréments de transport. Orano vérifiera également que la puissance thermique de l'emballage chargé est compatible avec la capacité thermique des ateliers de réception et que chaque assemblage combustible respecte les limites de puissance thermique définies dans les RGE des ateliers de déchargement et d'entreposage. Toutefois, Orano n'a pas analysé l'incidence de la modification sur les situations accidentelles de déchargement conduisant à la définition de délais maximums avant détérioration d'élément participant à une fonction de sûreté, notamment le confinement statique. Pour rappel, Orano prévoit de transporter les combustibles MOX EDF 1300 MWe dans des emballages de transport TN G3 qui ne sont pas agréés à ce jour. À cet égard, **il appartiendra à Orano de justifier la maîtrise des risques liés aux dégagements thermiques pour les opérations de réception et de déchargement de l'emballage de transport finalement retenu pour les combustibles MOX EDF 1300 MWe, dans le cadre de la demande de réception de cet emballage dans les usines de l'établissement Orano Recyclage de La Hague.**

S'agissant des opérations de traitement, Orano présente des justifications pour montrer que les puissances thermiques des substances radioactives issues des combustibles MOX EDF sont inférieures à celles des flux générés par le traitement des combustibles UOX ou MOX déjà autorisés. Il conclut que les dispositions existantes de maîtrise des risques liés aux dégagements thermiques sont adaptées. **Ceci n'appelle pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.**

2.6. PRISE EN COMPTE DES FACTEURS ORGANISATIONNELS ET HUMAINS (FOH)

Les opérations de réception, de déchargement et d'entreposage des combustibles MOX EDF étant identiques à celles réalisées pour les combustibles aujourd'hui autorisés, Orano considère que ces opérations sont connues et adaptées. Il n'identifie pas de nouvelles activités sensibles, **ce qui n'appelle pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.**

Pour les opérations de traitement, Orano identifie l'opération de mélange des coques issues du traitement de combustibles MOX EDF avec celles issues du traitement des combustibles UOX comme une nouvelle activité sensible. Les autres activités sensibles sont identiques à celles identifiées dans le dossier de traitement de combustibles MOX EPZ. **La liste établie par Orano des activités sensibles et les principes de prise en compte des FOH n'appellent pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.**

3. MISE À JOUR DES SCÉNARIOS ACCIDENTELS

Le combustible MOX EDF de référence étant plus pénalisant que les combustibles UOX et MOX déjà autorisés, Orano a réévalué les conséquences radiologiques des scénarios accidentels, définis dans les rapports de sûreté des ateliers concernés, dont l'impact radiologique est inférieur à 1 mSv à l'environnement. Orano conclut que, malgré l'augmentation des conséquences radiologiques relatives au traitement de combustibles MOX EDF de

référence, elles restent inférieures à 1 mSv, ce qui justifie, selon lui, le caractère suffisant de la conception des ateliers. Pour les scénarios accidentels, définis dans les rapports de sûreté des ateliers concernés, dont les conséquences dépassent 1 mSv, Orano reconduit les dispositions de maîtrise des risques définis pour le traitement des combustibles autorisés. **Ces éléments n'appellent pas de remarque de la part la Direction de l'expertise en sûreté.**

3.1. SCÉNARIO DE RENVERSEMENT D'UN SYSTÈME DE TRANSPORT INTERNE

Orano présente des évaluations des conséquences radiologiques de situations accidentelles, identiques à celles retenues pour les MOX EPZ, associées au système de transport interne Hermès/Mercure chargé de fûts de coques et d'embouts issus du traitement de combustibles MOX EDF. Ces situations correspondent à un renversement du système de transport, à un renversement suivi d'un incendie et à une situation accidentelle aggravée avec un déplacement des panneaux de la structure du système, correspondant à un scénario du PUI. Orano conclut que, bien que les conséquences radiologiques pour la population et pour le personnel évaluées pour les combustibles MOX EDF soient légèrement supérieures à celles des combustibles MOX EPZ, le traitement des combustibles MOX EDF ne conduit pas à dépasser les objectifs de dose fixés pour le public et les opérateurs et ne met pas en cause les dispositions actuelles de gestion de l'accident. **Cette conclusion n'appelle pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.**

3.2. SCÉNARIO D'UN ACCIDENT DE CRITICITÉ LORS D'UNE OPÉRATION DE MANUTENTION EN PISCINE

Orano postule, dans un des scénarios accidentels du PUI, la chute de la nacelle contenant un panier de neuf assemblages combustibles UOX, sans couvercle, le long du plan incliné du canal d'alimentation de l'atelier R1. Cette chute entraîne le basculement du panier en fond de canal et la sortie des assemblages combustibles hors de leur alvéole en acier boré, sur une longueur telle que la configuration devient surcritique. La mitigation de l'accident consiste à introduire une quantité suffisante d'un poison neutronique soluble (nitrate de gadolinium) dans l'eau du canal pour obtenir un état sous critique. La quantité de poison à introduire est définie à l'aide des courbes d'évolution de la réactivité en fonction de la concentration en gadolinium, établies pour des combustibles UOX, qui sont intégrées dans le PUI. Dans le dossier objet de la présente expertise, Orano n'a pas réévalué ce scénario en considérant des combustibles MOX EDF. Or, l'effet de l'empoisonnement sur la baisse de réactivité est notablement plus faible pour des combustibles MOX que pour des combustibles UOX. Au cours de l'expertise, Orano a indiqué que le scénario actuel conduit à utiliser moins de 10 % de la quantité de poison neutronique disponible en permanence sur l'établissement Orano Recyclage de La Hague. Aussi, Orano estime cette marge suffisante, **ce dont convient la Direction de l'expertise en sûreté.**

4. CONCLUSION

Sur la base des documents examinés, en tenant compte des éléments transmis par Orano au cours de l'expertise, la Direction de l'expertise en sûreté estime que les dispositions de maîtrise des risques associées aux opérations de réception, de déchargement, d'entreposage et de traitement d'assemblages combustibles MOX EDF au sein des usines UP2-800 et UP3-A de l'établissement Orano Recyclage de La Hague sont satisfaisantes, sous réserve de la prise en compte des recommandations formulées en annexe au présent avis d'expertise.

Pour le Directeur de l'expertise en sûreté

Eric LETANG

Adjoint au Directeur de l'expertise en sûreté



Eric LETANG
2025.01.30
16:06:18
+01'00'

ANNEXE À L'AVIS D'EXPERTISE N° 2025-00008 DU 30 JANVIER 2025

Recommandations de la Direction de l'expertise en sûreté

Recommandation n° 1

La Direction de l'expertise en sûreté recommande qu'Orano justifie l'absence d'évolution significative des phénomènes de corrosion à long terme, dans le cadre d'un traitement régulier des combustibles MOX EDF, dans les ateliers concernés des INB n° 116 et n° 117.

Recommandation n° 2

La Direction de l'expertise en sûreté recommande qu'Orano justifie que les deux compositions initiales du combustible MOX EDF, retenues pour le calcul d'évolution, conduisent à une composition pénalisante du combustible MOX EDF irradié à 20 et 26 GWj.t⁻¹, au regard de l'ensemble des compositions initiales réelles possibles des combustibles MOX EDF prévus d'être traités dans les ateliers concernés des INB n° 116 et n° 117.

Recommandation n° 3

La Direction de l'expertise en sûreté recommande qu'Orano retienne, pour l'atelier R1 de l'INB n° 117, une exigence définie de sûreté portant sur le taux d'insolubilité initiale du plutonium dans les combustibles MOX EDF au plus égal à 1 % en masse avant irradiation.