

Monsieur le Directeur de la direction des déchets,
des installations de recherche et du cycle

Fontenay-aux-Roses, le 24 juin 2025

AVIS D'EXPERTISE N° 2025-00068 DU 24 JUIN 2025

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'un deuxième lot d'assemblages combustibles MOX (MOX EPZ lot 2) provenant du réacteur de Borssele (Pays-Bas) exploité par la société EPZ

Référence : Lettre ASNR-CODEP-DRC-2025-000958 du 16 janvier 2025

Par la lettre citée en référence, la Direction des déchets, des installations de recherche et du cycle (DRC) de l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR) a sollicité l'avis de la Direction de l'expertise en sûreté sur le dossier joint à la demande de modification notable soumise à autorisation, présentée en décembre 2024 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'un deuxième lot d'assemblages combustibles à base d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium (MOX) irradiés dans le réacteur à eau pressurisée de Borssele (Pays-Bas), exploité par la société EPZ. Ces assemblages sont appelés « combustibles MOX EPZ lot 2 » dans la suite de cet avis.

À l'appui de sa demande, Orano a présenté un dossier de sûreté, des projets de modification des règles générales d'exploitation (RGE) et des rapports de sûreté (RS) des ateliers concernés, ainsi qu'une révision du scénario accidentel de renversement du système de transport interne « Hermès/Mercure » figurant au plan d'urgence interne (PUI) de l'Établissement Orano Recyclage de La Hague.

La DRC demande à la Direction de l'expertise en sûreté de se prononcer sur les dispositions de maîtrise des risques associés aux opérations de réception, de déchargement, d'entreposage et de traitement des assemblages combustibles MOX EPZ.

De l'évaluation des documents transmis, tenant compte d'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

En 2022, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a autorisé la réception, le déchargement, l'entreposage et le traitement d'un premier lot de combustibles MOX EPZ, dit « lot 1 », dont la teneur massique moyenne en plutonium et américium avant irradiation est au plus égale 8,29 % et dont le taux de combustion est inférieur ou égal à 55 GWj.t⁻¹.

La présente demande vise à étendre le domaine autorisé à un deuxième lot de combustibles MOX EPZ qui n'étaient pas encore fabriqués à l'usine Melox à la date de constitution du dossier portant sur le lot 1 et dont les caractéristiques n'étaient pas complètement définies. Ainsi, pour le lot 2, Orano retient une teneur massique

moyenne en plutonium et américium avant irradiation allant jusqu'à 8,32 % et un taux de combustion inférieur ou égal à 55,5 GWj.t⁻¹. En outre, l'insolubilité initiale (avant irradiation) du plutonium de certains lots de pastilles dépasse légèrement la valeur maximale de 1 % retenue pour le lot 1.

Orano prévoit de traiter les combustibles MOX EPZ en constituant des campagnes avec des assemblages issus, indifféremment, du lot 1 ou du lot 2. La notion de lot est toutefois conservée dans le présent avis d'expertise pour distinguer les évolutions dans la démonstration de sûreté.

1.1. INCIDENCE SUR LE PROCÉDÉ

Orano reconduit, pour le lot 2, les adaptations de procédé qu'il a retenues pour le traitement des combustibles du lot 1. Pour mémoire, ces adaptations consistent, au niveau de l'atelier de cisailage et de dissolution (atelier R1), 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 solution de dissolution est ajustée avec une solution d'uranium de retraitement (URT) afin de respecter le domaine de fonctionnement des cycles d'extraction de l'atelier de séparation des produits de fissions (PF), de l'uranium et du plutonium (atelier R2). Orano précise que les raffinats de PF seront concentrés seuls, comme déjà proposé pour le lot 1, ou en mélange avec des raffinats PF UOX (oxyde d'uranium) dans les évaporateurs concentrateurs de PF.

Enfin, pour mémoire, seuls les fûts « navette » transférés directement à l'atelier de compactage des coques (ACC) pour leur traitement avaient été retenus pour le conditionnement des coques et des embouts issus du lot 1. Au regard de la contrainte de disponibilité de l'atelier ACC, Orano prévoit également, pour tous les combustibles MOX EPZ, la possibilité d'utiliser des fûts recyclés d'entreposage de coques et d'embouts inertés à l'eau, dits « fûts ECE recyclés ». Ces fûts seront transférés et entreposés temporairement dans l'atelier de déstockage et d'entreposage des déchets solides (D/E EDS) avant traitement dans l'atelier ACC.

1.2. INCIDENCE SUR LES DÉCHETS DE STRUCTURE

Pour mémoire, les déchets de structure sont constitués de coques, de grilles et d'embouts d'assemblages combustibles. Pour le traitement des combustibles UOX, ces déchets sont compactés en galettes dans l'atelier ACC. Celles-ci sont ensuite introduites 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. Les taux d'entraînement considérés dans l'analyse des risques sont vérifiables à partir des mesures du contrôle nucléaire procédé (CNP) dans l'atelier R1 pour les matières fissiles résiduelles (MFR) et dans l'atelier ACC pour les MFR et les PF.

L'utilisation des fûts ECE recyclés pour le traitement des combustibles MOX EPZ conduit à ne pas réaliser immédiatement la deuxième mesure des MFR, les fûts ECE pouvant être transférés directement de l'atelier R1 vers l'atelier D/E EDS. Au cours de l'expertise, Orano a indiqué que les fûts ECE, produits lors de première campagne MOX EPZ, seront traités à l'atelier ACC avant le début de la deuxième campagne MOX EPZ pour consolider la cohérence des mesures entre l'atelier R1 et l'atelier ACC. **La Direction de l'expertise en sûreté estime que ceci est satisfaisant.**

Par ailleurs, afin d'éviter une augmentation significative des quantités d'actinides par colis CSD-C, Orano prévoit de mélanger, dans un même colis, les galettes issues du compactage de coques et d'embouts des combustibles MOX EPZ avec des galettes issues du compactage de coques et d'embouts de combustibles UOX. À cet égard, **il appartient à Orano d'établir un retour d'expérience (REX) de production des colis CSD-C issus du traitement des combustibles MOX EPZ afin de consolider les hypothèses retenues concernant les caractéristiques des déchets de structure produits.**

2. ANALYSE DES RISQUES

Dans le cadre de la demande de modification notable associée au lot 1, Orano avait défini, pour la démonstration de sûreté, un combustible MOX EPZ « de référence » afin de maximiser les critères ayant une incidence notamment sur les analyses des risques liés à l'exposition externe, à la radiolyse et aux dégagements thermiques. Dans le cadre de la présente demande, Orano reconduit les caractéristiques de ce combustible de référence et

leur applique des facteurs de pénalisation qui prennent en compte l'augmentation, par rapport au lot 1, de la teneur en plutonium et américium, ainsi que de l'irradiation. **La démarche retenue par Orano n'appelle pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.**

S'agissant des opérations de réception, de déchargement et d'entreposage des combustibles MOX EPZ lot 2, Orano indique que, à l'instar des combustibles MOX EPZ lot 1, elles sont couvertes par celles déjà autorisées pour d'autres combustibles MOX majorants en termes de caractéristiques nucléaires après irradiation et refroidissement. **Ceci n'appelle pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.**

Concernant les opérations de traitement, Orano évalue l'incidence des spécificités des combustibles MOX EPZ lot 2 sur les analyses des risques réalisées pour les combustibles MOX EPZ lot 1. Il estime que la plupart des dispositions existantes de maîtrise des risques sont adaptées. L'ensemble de ces aspects est examiné ci-après.

2.1. RISQUES DE DISSÉMINATION DE SUBSTANCES RADIOACTIVES

Orano indique que les opérations de traitement des combustibles MOX EPZ lot 2 ne présente pas de particularité par rapport au lot 1 à l'exception du conditionnement des coques et des embouts en fûts ECE recyclés. À cet égard, il a évalué les opérations avant et après remplissage du fût et conclut que les dispositions existantes ou prévues sont suffisantes pour garantir la maîtrise des risques de dissémination de substances radioactives, **ce dont convient la Direction de l'expertise en sûreté.**

En ce qui concerne les conséquences radiologiques d'un rejet accidentel de substances radioactives, Orano a vérifié que la prise en compte des facteurs de pénalisation associés au lot 2 ne modifie pas les conclusions de l'analyse réalisée pour les combustibles MOX EPZ lot 1. En particulier, les conséquences associées aux scénarios accidentels, définis dans les rapports de sûreté et dont les conséquences sont inférieures à 1 mSv, restent en dessous de cette valeur, ce qui justifie, selon Orano, le caractère suffisant de la conception des ateliers. La Direction de l'expertise en sûreté rappelle que le seuil de conséquences radiologiques de 1 mSv ne doit être considéré comme un seuil d'acceptabilité en tant que tel, l'objectif d'une démonstration de sûreté étant de minimiser autant que possible l'impact radiologique associé à une situation accidentelle. **En tout état de cause, la Direction de l'expertise en sûreté estime que les éléments présentés par Orano sont convenables.**

2.2. RISQUES D'EXPOSITION EXTERNE AUX RAYONNEMENTS IONISANTS

Pour mémoire, Orano avait justifié que les épaisseurs des protections radiologiques existantes étaient adaptées aux combustibles MOX EPZ lot 1 en extrapolant 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 dans les usines UP2-800 et UP3-A.

Pour la présente demande, Orano a appliqué des facteurs de pénalisation à ces résultats. Il conclut que les épaisseurs des protections radiologiques pour les ateliers et pour le transport des fûts de coques et des embouts en système de transport Hermès/Mercure sont adaptées, excepté pour un local de l'atelier R2 pour lequel l'estimation du DED total dépasse légèrement la limite du zonage radiologique. Aussi, il identifie, en tant qu'exigence de sûreté, la réalisation d'un relevé dosimétrique dans ce local lors de la première campagne de traitement des combustibles MOX EPZ et la mise en place de dispositions appropriées si nécessaire. **La Direction de l'expertise en sûreté estime que ces dispositions sont satisfaisantes.**

2.3. PRÉVENTION DES RISQUES DE CRITICITÉ

Orano a comparé les teneurs en plutonium et l'isotopie du plutonium des combustibles MOX EPZ lot 2 à celles du combustible MOX EPZ de référence défini pour l'analyse de la prévention des risques de criticité associée au lot 1. Il montre, à partir d'un calcul d'évolution du combustible, qu'il suffit d'un vieillissement de cinq mois entre la date de fabrication et celle de l'introduction en réacteur pour que le combustible de référence associé au lot 1 soit enveloppe des combustibles du lot 2 en termes de criticité. Cette période de cinq mois est respectée du fait que le délai avant chargement dans le réacteur de Borssele est au minimum de quinze mois. En outre, Orano indique que, malgré le dépassement de la limite de 1 % de l'insolubilité initiale du Pu pour certains combustibles, les campagnes de traitement seront définies en ordonnant les combustibles MOX EPZ des lots 1 et 2 de façon à

respecter une insolubilité initiale moyenne du Pu inférieure à 1 % par campagne. Il conclut que la démonstration de sûreté-criticité établie pour le traitement des combustibles MOX EPZ lot 1 est directement applicable au lot 2. **Ces éléments n'appellent pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.**

Pour ce qui concerne l'utilisation des fûts ECE, les limites de sûreté-criticité associées à leur entreposage sont actuellement exprimées soit en taux d'oxyde résiduel¹ (TOR), lorsqu'ils sont à destination de l'atelier D/E EDS, soit en masses maximales d'uranium 235 seul ou de plutonium 239 seul, lorsqu'ils sont transférés vers l'atelier ACC. Pour d'autres projets, tel que la reprise et le conditionnement des déchets du silo HAO de l'INB n° 80, Orano retient des limites de masse en uranium 235 seul ou en plutonium 239 seul pour des fûts ECE recyclés prévus d'être entreposés dans l'atelier D/E EDS. Pour mémoire, ces limites sont indépendantes des caractéristiques du combustible qui a été cisailé. Afin d'harmoniser les exigences et d'éviter des risques d'erreur, Orano propose d'utiliser d'une part les limites de masses établies dans le cadre des opérations du silo HAO pour les fûts devant être transférés vers l'atelier E/D EDS, d'autre part les limites déjà fixées pour l'atelier ACC lorsque les fûts sont à destination de cet atelier. La Direction de l'expertise en sûreté relève que l'utilisation des limites massiques établies pour l'entreposage des fûts dans l'atelier D/E EDS présente des marges importantes par rapport aux masses qui seraient déduites des limites exprimées en TOR. Aussi, **la Direction de l'expertise en sûreté estime que les limites de masse choisies par Orano et, de façon générale, sa volonté d'harmoniser les limites de criticité sont satisfaisantes.**

2.4. RISQUES D'EXPLOSION LIÉS AU PHÉNOMÈNE DE RADIOLYSE

Pour assurer la maîtrise des risques d'explosion liés à la présence d'hydrogène de radiolyse dans les équipements contenant des solutions radioactives, Orano alimente les 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 la concentration de 4 % est inférieur à 200 heures, la fonction de dilution de l'hydrogène est alors sauvegardée à l'aide de bouteilles d'air comprimé.

A l'instar du lot 1, hormis pour la nouvelle unité de concentration des PF de l'atelier R2 (NCPF R2) et les ateliers de réception et d'entreposage des solutions concentrées de PF (ateliers SPF), 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. **Ceci n'appelle pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.**

Pour les cuves de réception et d'alimentation des raffinats PF de l'unité NCPF R2, Orano retient des exigences de sûreté fixant le débit minimal d'air de dilution nécessaire, **ce qui est satisfaisant.**

Pour les évaporateurs de l'unité NCPF R2, la démarche d'Orano consiste à déterminer, en respectant les limites associées à la maîtrise des risques liés aux dégagements thermiques et à la radiolyse, le volume maximal de raffinats PF issus du traitement des combustibles MOX EPZ qui peut être concentré dans un même évaporateur PF. Orano établit ainsi que ce volume doit être restreint au volume généré par le traitement d'un tonnage limite de combustibles MOX EPZ. Toutefois, la concentration seule des raffinats PF MOX EPZ, tel que proposé pour le lot 1, conduit à une faible concentration de PF dans la solution en regard de celle habituellement obtenue pour le traitement des combustibles UOX (divisée par trois). Aussi, afin d'optimiser la concentration en PF, Orano prévoit de concentrer successivement, dans un même évaporateur, un volume de solutions de raffinats PF MOX EPZ, puis un volume de raffinats PF issus du traitement de combustibles UOX. Pour cela, il a établi un domaine de fonctionnement fixant les proportions acceptables des couples de volumes de raffinats PF MOX EPZ et UOX permettant le respect des contraintes thermiques et de radiolyse. **Les calculs présentés par Orano n'appellent pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.** En outre, Orano identifie, en tant qu'exigences de sûreté, la limite de tonnage de combustibles MOX EPZ par charge d'un évaporateur PF et les limites des couples de solution de raffinats PF MOX EPZ et UOX. Ces exigences de sûreté sont mentionnées dans le projet de révision des RGE de l'atelier R2, **ce qui est satisfaisant.**

¹ Rapport de la masse d'oxyde non dissous à la masse d'oxyde initial.

Pour la cuve de réception des concentrats PF de l'unité NCPF R2, Orano établit que le délai d'atteinte d'une concentration en hydrogène de 4 % en cas de perte de l'air de dilution est significativement inférieur à 200 heures. La fonction de dilution est donc sauvegardée à partir de bouteilles d'air comprimé, **ce qui est satisfaisant.**

Par ailleurs, selon la démarche d'Orano appliquée pour les études complémentaires de sûreté (ECS) à la suite de l'accident de Fukushima, le délai d'atteinte de 4 % d'hydrogène étant inférieur à 120 heures, la fonction de dilution de l'hydrogène devrait être remédiée à partir de moyens dimensionnés au séisme forfaitaire extrême (SFE). Toutefois, compte tenu du caractère ponctuel des campagnes de traitement des combustibles MOX EPZ, Orano fait le choix de mettre en place une exigence d'exploitation pour limiter le volume de solution transféré dans la cuve de réception des concentrats PF à environ la moitié du contenu d'un évaporateur. Ceci augmente le volume libre disponible dans la cuve et ainsi le délai d'atteinte de 4 % d'hydrogène qui devient supérieur à 120 heures. Orano considère que cela justifie l'absence de mise en place de moyens de remédiation de l'air de dilution pour les campagnes MOX EPZ. Il précise que, à l'égard d'un éventuel risque d'erreur de transfert, des dispositions de conception interdisent la vidange simultanée de plusieurs évaporateurs vers la cuve de réception des concentrats, laquelle est également munie d'un asservissement d'arrêt de tout transfert sur atteinte d'un seuil de niveau haut. Lors des campagnes MOX EPZ, ce seuil d'arrêt du transfert sera réglé à la valeur du volume maximal devant être transféré. Enfin, Orano a dimensionné à la conception les moyens de sauvegarde de l'air de dilution au séisme de niveau SFE de manière conservatrice. **La Direction de l'expertise en sûreté estime que la démarche d'Orano est satisfaisante.**

Enfin, pour les ateliers SPF, Orano indique que l'entreposage du mélange de concentrats de PF, 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. Il précise qu'il déterminera ces délais, dans le cadre de la procédure d'autorisation interne de retraitement propre à chaque campagne, à partir des caractéristiques propres à chaque combustible (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 montre que les puissances thermiques des substances radioactives issues des combustibles MOX EPZ lot 2 sont égales ou inférieures à celles des flux générés par le traitement des combustibles UOX ou MOX déjà autorisés, moyennant le respect de l'exigence de sûreté concernant le domaine acceptable de fonctionnement des évaporateurs PF établi pour le traitement des combustibles MOX EPZ. 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.**

Concernant les fûts ECE remplis de coques et d'embouts, leur remplissage sera géré à partir d'un nombre maximal de combustibles cisailés par fût pour que la limite de puissance thermique maximale fixée dans les RGE de l'atelier R1 soit respectée. **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)

Orano considère que les conclusions de l'analyse FOH, qu'il avait présentée lors de la demande de modification relative aux combustibles MOX EPZ lot 1, ne sont pas mises en cause par les spécificités des combustibles MOX EPZ lot 2. Néanmoins, la nouvelle unité NCPF R2 n'était pas encore en service à la date de la demande portant sur les combustibles MOX EPZ lot 1. À cet égard, Orano considère que l'utilisation de cette unité avec du combustible MOX EPZ n'a pas d'incidence sur le poste de travail. **La Direction de l'expertise en sûreté en convient.**

En ce qui concerne les opérations liées à l'utilisation des fûts ECE, Orano a identifié les activités sensibles sous l'angle des FOH et présente les dispositions de prévention, de surveillance et de limitation de conséquences associées. **La liste établie par Orano des activités sensibles pour ces opérations et les dispositions associées n'appellent pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.**

3. SCÉNARIO DE RENVERSEMENT DU SYSTÈME DE TRANSPORT INTERNE HERMÈS / MERCURE

Orano réalise le transport interne des fûts des coques et des embouts issus du traitement de combustibles MOX EPZ à l'aide du système de transport Hermès/Mercure. Aussi, compte tenu de l'augmentation de l'activité des coques et des embouts issus des combustibles MOX EPZ lot 2, Orano a réévalué le scénario de basculement de ce système de transport figurant au PUI de l'Établissement Orano Recyclage de La Hague. Orano conclut que, malgré une augmentation du débit d'équivalent de dose induit par les effluents contaminés de ce lot par rapport à celui déterminé pour le lot 1, les débits d'équivalent de dose restent inférieurs aux objectifs de dose fixés pour le public et les opérateurs et ne mettent pas en cause les dispositions actuelles de gestion de l'accident. **Ceci n'appelle pas de remarque de 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 EPZ, au sein des usines UP2-800 et UP3-A de l'Établissement Orano Recyclage de La Hague, sont satisfaisantes.

Pour le Directeur de l'expertise en sûreté

Eric LETANG

Adjoint au Directeur de l'expertise en sûreté