

Fontenay-aux-Roses, le 31 octobre 2024

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2024-00151

Objet : Établissement Orano Recyclage de La Hague
Bâtiment d'entreposage à sec d'assemblages de combustibles usés
Dossier d'options de sûreté

Réf. : 1. Lettre ASN CODEP-DRC-2023-049017 du 29 septembre 2023.
2. Avis IRSN/2018-00126 du 4 mai 2018.

Par lettre citée en première référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) sollicite l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur la version du dossier d'options de sûreté (DOS), transmise en janvier 2023 par la société Orano Recyclage (dénommée Orano dans la suite de l'avis), relatif à la création d'un bâtiment d'entreposage à sec (BEAS) d'assemblages combustibles irradiés, chargés dans des emballages de type TN Eagle®. Le dossier d'options de sûreté précité constitue une révision du dossier initial transmis en 2021 pour prendre en compte des demandes formulées par l'ASN en 2022.

L'ASN souhaite que l'IRSN se prononce en particulier sur :

- la pertinence des options de sûreté retenues par Orano pour assurer la maîtrise des risques au regard notamment des phénomènes de vieillissement des emballages et des assemblages ;
- les exigences de dimensionnement attribuées aux ouvrages de génie civil et aux équipements au regard des aléas externes dont la tornade, ainsi que du retour d'expérience associé à l'accident survenu en 2011 dans la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi au Japon.

De l'évaluation des documents présentés, tenant compte des éléments transmis par Orano au cours de l'expertise, l'IRSN retient les points suivants.

1. CONTEXTE

Les assemblages combustibles usés à base d'oxyde d'uranium enrichi (UOX), d'oxyde d'uranium de retraitement enrichi (URE) ou d'oxydes mixtes d'uranium et de plutonium (MOX), provenant des réacteurs à eau pressurisée d'EDF, sont entreposés dans les piscines des usines UP2-800 (INB n° 117) et UP3 (INB n° 116) de l'Établissement Orano de La Hague. Dans la mesure où EDF n'envisage pas à ce jour de traiter avant 2050 les combustibles MOX et URE usés, ces assemblages combustibles sont entreposés en attente dans ces piscines. Comme souligné en 2018 dans l'avis de l'IRSN cité en seconde référence relatif au dossier « Impact Cycle 2016 », l'évaluation prospective des capacités d'entreposage des combustibles usés concluait à une saturation à l'horizon 2030 des capacités d'entreposage disponibles.

Conformément à l'arrêté du 23 février 2017 établissant les prescriptions du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs (PNGMDR), EDF a présenté, en 2017, sa stratégie pour disposer d'une capacité suffisante d'entreposage des combustibles usés. Celle-ci est fondée principalement sur la mise en service, avant 2030, d'une nouvelle piscine d'entreposage centralisé (dite piscine d'EDF), destinée à recevoir, en particulier, les assemblages combustibles usés de types MOX et URE dont le traitement n'est pas envisagé à court ou moyen terme. Par la suite, EDF a annoncé un report de quelques années de la mise en service de cette nouvelle piscine. À la demande de l'ASN, en 2020, EDF a présenté trois parades pour pallier ce report. L'une d'entre elles consiste¹ en la construction d'une installation permettant l'entreposage à sec de combustibles usés en emballages de type TN Eagle® jusqu'à la mise en service de la nouvelle piscine d'entreposage. Sur ce sujet, il est à noter qu'EDF et Orano ont annoncé, lors de la réunion plénière du Haut comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire du 15 octobre 2024, l'abandon du projet de piscine centralisée, au profit d'un projet, sous maîtrise d'ouvrage Orano, de nouvelles capacités d'entreposage de combustibles usés adossées à la construction de nouveaux ateliers et usines sur le site d'Orano La Hague. La date de mise en service annoncée est désormais 2040.

2. PRÉSENTATION DE L'EMBALLAGE ET DE L'INSTALLATION

Orano prévoit de construire le BEAS au nord-est du site de La Hague en tant que nouvelle installation nucléaire de base (INB). Cette installation est dimensionnée pour entreposer des emballages TN Eagle® chargés de combustibles à base d'oxyde d'uranium (UOX) et d'oxydes mixtes d'uranium et de plutonium (MOX) provenant des piscines d'entreposage des usines de l'Établissement Orano de La Hague.

Les options de sûreté de l'installation prennent en compte la version du modèle de colis TN Eagle®, destinée au transport de combustibles irradiés et qui peut être utilisée pour un entreposage à sec. L'ASN a délivré, en 2024, un certificat d'agrément de transport sur la voie publique pour ce modèle de colis. L'emballage est constitué d'un corps forgé cylindrique (virole et fond) en acier au carbone entouré d'anneaux de blindage remplis de résine neutrophage et d'ailettes de dissipation thermique. La cavité de l'emballage est fermée par deux couvercles vissés munis chacun d'un joint métallique assurant le confinement. L'emballage est chargé, sous eau, dans l'atelier NPH de l'INB n° 117, puis transféré par un véhicule de transport routier jusqu'au BEAS. Seuls des assemblages combustibles, vérifiés étanches dans l'atelier NPH, sont chargés dans l'emballage.

Le BEAS comprend un hall de déchargement, un hall d'entreposage des emballages chargés, une zone comprenant des locaux électriques, des locaux dédiés au personnel ainsi qu'une salle de conduite.

Le hall de déchargement permet la réception et la préparation de l'emballage chargé reçu, en particulier le retrait des capots amortisseurs utilisés pour la phase de transport et le montage d'un capot de protection en tête d'emballage. Ces opérations sont réalisées à l'aide d'un pont de manutention dit « des charges intermédiaires ». L'emballage chargé est posé à la verticale sur une « chaise » à l'aide d'un pont de manutention dédié, l'ensemble étant ensuite transféré puis déposé dans le hall de déchargement à l'aide d'un chariot piloté à distance.

Le hall d'entreposage est constitué de deux modules, comprenant au total 80 emplacements, dont trois sont laissés vides pour permettre un « jeu de taquin » des emballages. Il est refroidi par un ensemble d'ouvertures créées en façade et en toiture du bâtiment.

En phase d'entreposage, un système de surveillance de la pression entre les deux couvercles des emballages permet de s'assurer de l'absence de dégradation de leur étanchéité. Ce système est constitué de bonbonnes, équipées de capteurs de pression, situées dans le hall de déchargement et reliées aux emballages par un réseau

¹ Les deux autres parades sont : i) la densification des piscines d'entreposage actuelles (C, D et E) des usines de l'établissement de La Hague ; ii) le chargement de 16 assemblages combustibles MOX par recharge dans les réacteurs de 900 MW moxés, au lieu de 12.

de tuyauteries et de flexibles sous pression. La surveillance des valeurs mesurées s'effectue depuis la salle de conduite.

3. OPTIONS DE SÛRETÉ

Orano identifie les options de sûreté qu'il estime dimensionnantes pour les principaux risques présentés par le BEAS et dont la maîtrise permet de justifier le respect des intérêts protégés. Il définit également les éléments importants pour la protection (EIP) en appliquant la démarche d'identification et de hiérarchisation des EIP en vigueur sur le site de La Hague. **Ceci n'appelle pas de remarque.**

3.1. RISQUES DE DISPERSION DES SUBSTANCES RADIOACTIVES

La maîtrise des risques de dispersion des substances radioactives repose sur les différentes barrières de confinement disposées entre le combustible usé et l'environnement.

Pour le fonctionnement normal, Orano valorise trois barrières de confinement statique : la gaine des crayons combustibles (1^{ère} barrière), le corps de l'emballage associé au couvercle primaire (2^{ème} barrière) et le couvercle secondaire (3^{ème} barrière). Orano ne considère pas le bâtiment comme une barrière de confinement, l'extraction d'air s'effectuant par convection naturelle sans système de filtration. L'IRSN souligne que l'intégrité de la gaine des crayons combustibles, qui constitue pour Orano la première barrière de confinement, n'est pas contrôlée pendant l'entreposage. Ce point est discuté au § 4.2 du présent avis.

En situations accidentelles, Orano retient uniquement deux barrières de confinement statiques, à savoir le corps de l'emballage et les deux couvercles. Dans le DOS, Orano ne définit pas d'exigence de tenue pour le système de surveillance de la pression inter-couvercles en conditions accidentelles. L'IRSN estime que, compte tenu de sa conception déportée, ce système de surveillance constitue une extension de la barrière de confinement assurée par l'emballage et le couvercle secondaire. Aussi, en cas de rupture du système de surveillance lors d'une situation accidentelle, les gaines des crayons n'étant pas valorisées dans une telle situation, le confinement reposerait sur une unique barrière (corps de l'emballage associé au couvercle primaire). Orano considère que les dispositions mises en œuvre en situations accidentelles (aléas météorologiques ou climatiques, séisme, inondation, incendie, collision, chute de charge...) garantissent le maintien du fonctionnement du système de surveillance et donc l'intégrité de la troisième barrière de confinement. Pour l'IRSN, le choix d'une conception déportée du système de surveillance utilisant des tuyauteries sous pression dans le hall d'entreposage conduit à une fragilité de cette barrière de confinement statique à l'égard des agressions, en particulier pour ce qui concerne les risques liés aux séismes et à la chute d'avion (cf. § 3.6 et 3.7 du présent avis). **En tout état de cause, il appartient à Orano de démontrer, dans le rapport préliminaire de sûreté qui sera transmis à l'appui de la DAC, la tenue du système de surveillance déporté à toutes les agressions considérées.**

Par ailleurs, le BEAS ne possède pas de cellule chaude permettant l'ouverture des emballages entreposés dans l'installation. Aussi, en cas de problème sur un emballage chargé entreposé (dégradation d'une barrière de confinement...), Orano prévoit de transporter l'emballage chargé concerné vers l'atelier NPH ou directement vers la piscine d'EDF lorsque celle-ci sera en service (cf. § 2 du présent avis). **Ainsi, il appartient à Orano de justifier, dans le rapport préliminaire de sûreté qui sera transmis à l'appui de la DAC, la faisabilité et la sûreté des transports d'emballages chargés présentant des défauts d'étanchéité.**

Pour mémoire, l'arrêté INB du 7 février 2012 précise que toute installation d'entreposage doit être conçue et exploitée de façon qu'une surveillance appropriée des substances entreposées puisse être exercée et qu'une reprise de ces substances soit possible à tout moment. L'exploitation du BEAS est ainsi conditionnée à la disponibilité de l'atelier NPH ou de la piscine d'EDF. Or la date de mise en service de capacités d'entreposage d'assemblages combustibles usés n'est pas connue à ce stade (cf. § 2 du présent avis) et la pérennité de l'atelier NPH sur plusieurs dizaines d'années n'est pas assurée. **Aussi, il appartient à Orano de justifier, dans le rapport préliminaire de sûreté qui sera transmis à l'appui de la DAC, la capacité des installations réceptrices à gérer les**

emballages chargés et les assemblages combustibles concernés, notamment en cas de détection d'une dégradation d'un assemblage combustible.

3.2. RISQUES D'EXPOSITION AUX RAYONNEMENT IONISANTS

Dans le DOS, Orano définit une zone contrôlée qui englobe les halls de réception et d'entreposage et une zone surveillée pour les locaux électrique et dédiés au personnel. En outre, il définit des limites de débit de dose pour chaque zone de l'installation. **Ces dernières n'appellent pas de remarque, excepté pour la zone située sur la toiture à l'extérieur du bâtiment.** En effet, Orano a indiqué au cours de l'expertise que la conception actuelle des ouvertures en toiture ne permet pas de respecter la limite de débit de dose d'une zone non réglementée. Il a précisé que le toit sera accessible uniquement *via* le hall de déchargement et son accès soumis à l'autorisation du service de radioprotection de l'installation. **Sur le principe, l'IRSN estime que la présence d'une zone réglementée du point de vue de la radioprotection, sur la toiture d'une installation neuve, n'est pas satisfaisante. Dans ces conditions, l'IRSN estime qu'Orano pourrait, dans le cadre du rapport préliminaire de sûreté qui sera transmis à l'appui de la demande d'autorisation de création du BEAS, conforter son zonage radiologique au regard de la configuration d'entreposage la plus pénalisante.**

Pour ce qui concerne la radioprotection des travailleurs, compte tenu des options de conception retenues (chariot de transfert des emballages piloté à distance, système de surveillance déporté...), la présence d'opérateurs dans le hall d'entreposage est limitée. **L'IRSN estime que les options de sûreté retenues par Orano sont satisfaisantes pour la radioprotection des travailleurs.**

3.3. PRÉVENTION DES RISQUES DE CRITICITÉ

Le DOS présente les paramètres définissant le mode de contrôle de la criticité retenu. **Ceux-ci n'appellent pas de remarque, excepté pour l'épaisseur d'acier de la virole.** En effet, Orano a indiqué, au cours de l'expertise, que cette épaisseur importante d'acier assure un découplage neutronique entre les colis et constitue donc également un paramètre associé au mode de contrôle qui n'est pas cité dans le DOS. **Il appartient donc à Orano d'intégrer ce point dans la démonstration de sûreté du BEAS.**

Pour définir les options de sûreté relatives aux situations accidentelles, Orano s'appuie sur le dossier de sûreté du modèle de colis TN Eagle® associé au certificat d'agrément de transport sur la voie publique en vigueur, **ce qui est acceptable sur le plan des principes. Il appartient toutefois à Orano de présenter, dans le rapport préliminaire de sûreté qui sera transmis à l'appui de la DAC, une démonstration autoportante de la prévention des risques de criticité dans le BEAS.**

Pour le fonctionnement normal, Orano considère uniquement une configuration tenant compte d'un emballage isolé entouré d'eau, avec présence d'eau dans tous les espaces libres de la cavité de l'emballage. **Cette configuration n'est pas utilisée dans les démonstrations de sûreté des configurations de transport, ce qui appuie la nécessité de disposer, dans le rapport préliminaire de sûreté, d'une démonstration autoportante.**

Par ailleurs, Orano considère que seule une quantité limitée d'eau peut être présente dans la cavité de l'emballage en situation accidentelle, ce qui garantit la sous-criticité du contenu chargé dans l'emballage même en postulant la ruine des assemblages combustibles. La quantité d'eau retenue doit en particulier être justifiée par l'efficacité des opérations de séchage lors du chargement des emballages. Les éléments permettant de justifier cette hypothèse n'ont pas été transmis à ce stade du projet. **À cet égard, l'IRSN rappelle que la justification de l'efficacité du séchage de la cavité de l'emballage TN Eagle® fait l'objet d'une demande de l'ASN émise dans le cadre de l'expertise de son dossier de sûreté.**

3.4. RISQUES LIÉS AUX DÉGAGEMENTS THERMIQUES

Dans le DOS, Orano indique que l'évacuation de la puissance thermique des emballages chargés est assurée par convection naturelle et repose sur la présence d'ouvertures adaptées créées en façade et en toiture du hall d'entreposage.

Les critères de température maximales des ouvrages de génie civil (béton) et des composants du modèle de colis (gaine des assemblages combustibles, résine, joints de confinement) retenus dans le DOS pour les fonctionnements normal et accidentel n'appellent pas de remarque de l'IRSN pour le BEAS.

Orano a transmis une étude thermo-aéroulque préliminaire de l'entreposage qui considère une température de l'air extérieur égale à 30 °C pendant trois jours consécutifs, correspondant à la température accidentelle de dimensionnement retenue pour le site de La Hague. Il a précisé que, dans le cadre du deuxième réexamen périodique de l'INB n° 116, l'aléa « grand chaud » a été réévalué pour prendre en compte le dérèglement climatique et des données récentes qui intègrent les derniers épisodes de canicule. Selon Orano, cette révision ne met pas en cause le caractère enveloppe de la température accidentelle de dimensionnement.

L'IRSN souligne que la révision de l'aléa « grand chaud » est en cours d'expertise. De plus, à la demande de l'ASN, Orano a retenu une température extrême de 35 °C pour la conception des derniers ateliers d'entreposage des colis standards de déchets vitrifiés (CSD-V). En outre, selon les résultats de l'étude préliminaire transmise, le critère de température du béton (hors radier) est respecté avec une faible marge pour une température extérieure de 30 °C et pour une disposition des sorties d'air qui n'est pas celle décrite dans le DOS examiné. **S'agissant d'une installation neuve à fort enjeu, l'IRSN estime qu'une température accidentelle extrême de l'air extérieur suffisamment enveloppe doit être retenue pour dégager des marges au regard des changements climatiques. Ceci conduit l'IRSN à formuler la recommandation n° 1 en annexe au présent avis.**

3.5. RISQUES LIÉS À LA MANUTENTION

Dans le DOS, Orano indique que les options de sûreté liées à la manutention doivent permettre d'assurer la maîtrise des risques de chute de l'emballage manutentionné à l'aide du pont, de basculement d'un emballage depuis le chariot de transfert et de collision lors des différents transferts. Cela se traduit notamment par des exigences de comportement au séisme du chariot de transfert et du pont de manutention de l'emballage. Bien qu'Orano ne cite pas les risques liés à la manutention associés au pont de manutention des charges intermédiaires, il retient néanmoins des exigences de sûreté pour ce pont, **ce qui est satisfaisant. Il appartient à Orano d'intégrer explicitement, dans le rapport préliminaire de sûreté qui sera transmis à l'appui de la DAC, le pont de manutention des charges intermédiaires dans son analyse des risques liés à la manutention.**

3.6. RISQUES LIÉS AUX SÉISMES

Dans le DOS, Orano retient, pour les différentes zones du BEAS, un aléa sismique correspondant à un séisme de dimensionnement (SDD). En réponse à une demande de l'ASN, Orano indique que le hall de déchargement et le hall d'entreposage seront dimensionnés à un séisme de niveau SDD et vérifiés à un séisme de niveau noyau dur (SND). Cette vérification consiste à s'assurer de l'existence de marges suffisantes garantissant l'absence d'effet « falaise² » sur le comportement des ouvrages concernés jusqu'au niveau SND. Selon Orano, cette vérification permet de garantir l'absence de projectiles secondaires susceptibles de porter atteinte aux fonctions de sûreté des emballages.

S'agissant d'une installation neuve à fort enjeu, l'IRSN estime que la démonstration du comportement des ouvrages en cas de séisme extrême doit être apportée avec un haut niveau de confiance (marges et robustesse).

² Altération brutale du comportement d'une installation, que suffit à provoquer une légère modification du scénario envisagé pour un accident dont les conséquences sont alors fortement aggravées.

À cet égard, la vérification proposée ne constitue pas une démarche de dimensionnement robuste pour démontrer le maintien des fonctions de sûreté des emballages, notamment le confinement. En outre, pour l'IRSN, Orano doit également avoir la possibilité de réaliser des contrôles et inspections des colis entreposés après un séisme extrême. Enfin, l'IRSN estime, de la même manière que pour le génie civil, qu'un séisme de niveau forfaitaire extrême doit être pris en compte pour le dimensionnement des équipements auxquels l'analyse des risques associe une exigence de sûreté en cas de séisme (système de surveillance, chaise d'entreposage, pont de manutention...).

Ceci conduit l'IRSN à formuler la recommandation n° 2 en annexe au présent avis.

3.7. RISQUES LIÉS À LA CHUTE D'AVION

Dans la version initiale du DOS, Orano avait défini les options de sûreté relatives aux risques de chute d'avion selon une approche probabiliste au regard de la règle fondamentale de sûreté (RFS) I.1.a relative à la prise en compte des risques liés aux chutes d'avions. Compte tenu des probabilités annuelles estimées de chute d'un aéronef de chaque catégorie d'aviation, il concluait que le risque de chute d'un avion sur le BEAS était hors dimensionnement. Or l'ASN a demandé à Orano de présenter les dispositions de maîtrise des conséquences d'une chute d'avion. En réponse, dans la version du DOS qui fait l'objet de la présente expertise, la probabilité annuelle de la chute d'un aéronef de l'aviation générale étant de l'ordre de 10^{-7} /an, Orano a évalué, au titre de la défense en profondeur, les conséquences sur le BEAS d'une chute d'un aéronef de l'aviation générale.

Pour ce qui concerne la démarche de prise en compte des risques liés à la chute accidentelle d'un aéronef sur les installations nucléaires, l'IRSN préconise, pour toute nouvelle construction abritant des substances radioactives, une approche déterministe postulant la chute d'un aéronef selon une approche graduée. Aussi, pour cette nouvelle construction à fort enjeu, l'IRSN estime que l'exploitant devra démontrer, en considérant la chute d'un aéronef de l'aviation militaire, que les conséquences sont limitées à l'installation et que la chute d'un aéronef plus important, représentatif de l'aviation commerciale, sur l'installation ne conduit pas à des rejets inacceptables. Cette approche peut reposer sur des hypothèses et règles adaptées.

Orano indique que chaque colis entreposé est dimensionné à l'égard de l'incendie et est équipé d'un capot de protection pour résister à l'impact direct d'un avion militaire. **L'IRSN relève que le choix de reporter sur le colis l'exigence de confinement des substances radioactives, plutôt que sur le bâtiment, constitue une singularité dans la prise en compte des risques liés à la chute d'avion dans la conception d'une installation nucléaire.** En particulier, la configuration induite par une telle situation accidentelle (effondrement d'éléments de génie civil sur les emballages entreposés) nécessite des justifications spécifiques de la maîtrise des risques, notamment ceux liés aux dégagements thermiques ainsi que pour la gestion d'une configuration post-accidentelle. En outre, Orano ne prévoit pas de système de récupération du carburant, car il estime qu'un tel système ne garantit pas la récupération du carburant avant le déclenchement de l'incendie. **Il appartient à Orano de justifier cette affirmation au regard des effets d'un incendie sur les colis entreposés.**

Aviation générale

Compte tenu des épaisseurs des voiles latéraux du BEAS, Orano considère que la chute d'un aéronef de l'aviation générale n'est pas susceptible de créer un orifice dans le voile du bâtiment et ne produirait qu'une quantité limitée de débris qui ne porteraient pas atteinte aux fonctions de sûreté de l'emballage. Au cours de l'expertise, Orano a précisé que des calculs permettant d'évaluer le taux d'enfouissement des emballages pour lequel les critères de températures d'utilisation des composants de l'emballage restent garantis seront présentés dans le cadre de la DAC du BEAS. **Ceci est satisfaisant sur le principe.**

Aviation militaire

Dans le DOS, Orano présente une évaluation des conséquences radiologiques associées à la chute d'un avion militaire sur deux emballages entreposés. Il évalue le taux de fuite maximal d'un emballage muni de son capot de protection et estime le délai d'atteinte du critère de mise à l'abri de la population (10 mSv à la clôture) à

environ 1 an. Orano considère ce délai compatible avec la mise en place de dispositions de reprise des emballages affectés. Il précise que l'estimation du taux de fuite repose sur des calculs numériques. **L'IRSN estime que la validation de la modélisation numérique doit faire l'objet d'une démonstration spécifique appliquée au domaine étudié (validation du code de calcul et du modèle numérique), ce qui peut nécessiter la mise en œuvre d'un programme adapté comportant des essais. Ceci conduit l'IRSN à formuler la recommandation n° 3 en annexe au présent avis.**

Par ailleurs, Orano n'a pas évalué les conséquences induites par la chute d'un avion militaire sur le BEAS (nombre d'emballages concernés, taux d'enfouissement...) et n'a pas justifié que le scénario retenu (impact direct sur deux emballages sans enfouissement) est pénalisant au regard des dégâts subis par le génie civil du BEAS. **Ce sujet est intégré dans la recommandation n° 4 formulée en annexe au présent avis.**

Pour ce qui concerne l'incendie consécutif à la chute d'un avion, Orano a précisé qu'il réalisera un calcul de la tenue des composants de l'emballage à 800 °C pendant 30 minutes, pour des conditions d'entreposage représentatives du BEAS. Selon Orano, la durée de l'incendie consécutif à la chute d'un avion militaire est d'environ 15 minutes et la température atteinte est proche de 800 °C. Aussi, Orano considère que cette situation est couverte par l'étude en cours de réalisation. **Cependant, Orano n'a pas justifié ces valeurs, notamment au regard des courbes usuellement retenues pour la conception d'installations mettant en œuvre des liquides inflammables (« courbe hydrocarbure »), qui fournissent des températures supérieures à 1 000 °C au bout de 15 minutes. La température et la durée de l'incendie pourraient donc être sous-estimées.**

Ce sujet est intégré dans la recommandation n° 4 formulée en annexe au présent avis.

Aviation commerciale

Orano n'a pas évalué les conséquences induites par la chute d'un avion commercial sur le BEAS. Au regard des enjeux de sûreté de l'installation, l'IRSN considère qu'Orano doit justifier que les conséquences induites par la chute d'un avion commercial sur le BEAS sont limitées pour le public et l'environnement. **Ceci conduit l'IRSN à formuler la recommandation n° 5 en annexe au présent avis.**

3.8. RISQUES LIÉS AUX ALÉAS CLIMATIQUES

Dans le DOS, Orano indique que les aléas climatiques pris en compte pour la conception du BEAS sont les températures accidentelles de dimensionnement, les épisodes neigeux et phénomènes de givre, les précipitations importantes et les vents violents incluant la tornade. **Les caractéristiques de l'aléa « grand chaud » font l'objet d'une remarque au § 3.4 du présent avis.** S'agissant de la tornade, l'IRSN estime que le classement de la force considérée (EF2) est adapté mais relève que les caractéristiques de la tornade et des projectiles associés n'ont pas été définies. **À cet égard, il appartient à Orano de justifier les caractéristiques retenues dans le rapport préliminaire de sûreté qui sera transmis à l'appui de la DAC, en cohérence avec les demandes de l'ASN relatives à la tornade, formulées en 2021. Les autres aléas pris en compte n'appellent pas de remarque de l'IRSN.**

4. MAÎTRISE DU VIEILLISSEMENT

4.1. VIEILLISSEMENT DES EMBALLAGES

En réponse à une demande de l'ASN, Orano a transmis une note présentant le programme de gestion du vieillissement des emballages et une analyse du maintien de l'intégrité des dispositions de maîtrise des risques associées à l'entreposage. Il retient une durée maximale d'entreposage des assemblages combustibles de 30 ans. L'IRSN souligne que la date de mise en service des capacités d'entreposage des assemblages combustibles usés reste à ce jour indicative et que le retour d'expérience concernant d'autres installations montre que la durée maximale d'entreposage initiale peut être significativement plus importante que prévue. **Aussi, il appartient à Orano, au titre de la robustesse de sa démonstration de sûreté, de prendre des marges dans l'analyse du**

vieillessement des composants de l'emballage pour tenir compte d'une durée de fonctionnement de l'installation, et donc d'entreposage des emballages chargés, plus importante que prévue.

Le programme de gestion du vieillissement s'appuie sur une analyse de vieillissement limitée à la durée d'utilisation de l'emballage et un programme de surveillance du vieillissement, qui permet de conforter l'analyse de vieillissement réalisée pour certains composants. Toutefois, Orano n'a pas considéré, dans son programme de gestion du vieillissement, la chaise sur laquelle est déposé l'emballage en phase d'entreposage. **L'IRSN estime qu'Orano pourrait prendre en compte cet élément dans son étude. L'analyse de vieillissement tient compte de facteurs et de mécanismes de vieillissement qui n'appellent pas de remarque de l'IRSN à ce stade du projet.** Par ailleurs, cette analyse ne considère pas les composants qui peuvent être changés sans modifier la configuration d'entreposage du colis. Orano définissant un programme de surveillance de ces composants, **ceci est acceptable sur le principe.**

Dans le programme de surveillance du vieillissement, Orano définit également une surveillance de la pression dans l'espace inter-couvercles des emballages qui permettrait de mettre en évidence une dégradation des joints, un contrôle périodique du bon fonctionnement du système de surveillance, un examen visuel périodique des surfaces extérieures accessibles des colis et un contrôle périodique des capots amortisseurs qui seraient utilisés pour une remise au transport des colis. Orano estime qu'il n'est pas nécessaire de surveiller la température ambiante de l'installation. Il indique que l'analyse de vieillissement prend en compte les températures maximales des composants de l'emballage. **L'IRSN estime qu'Orano pourrait réaliser des mesures de température permettant de valider les calculs numériques effectués dans la configuration d'entreposage et de vérifier la validité des hypothèses retenues dans les études de vieillissement.**

4.2. VIEILLESSEMENT DES GAINES DES ASSEMBLAGES COMBUSTIBLES

À l'appui du DOS examiné, Orano a transmis une étude bibliographique selon laquelle les phénomènes pouvant conduire à une rupture de gaine pendant l'entreposage sont le fluage, sous l'effet de la pression interne du crayon et de la température, et la rupture différée par l'hydrogène (DHC pour Delayed Hydrogen Cracking). La réorientation des hydrures est à l'origine d'évolutions des propriétés mécaniques de la gaine qui conduisent à sa fragilisation. Orano précise que les phénomènes identifiés dans l'étude bibliographique seront pris en compte dans la démonstration de la tenue des gaines pendant la durée de leur entreposage qui sera transmise à l'appui de la DAC du BEAS.

L'étude bibliographique transmise identifie les principaux phénomènes mis en jeu dans la dégradation des gaines pendant la période d'entreposage. L'IRSN estime que cette étude nécessite des précisions notamment concernant les effets induits par l'augmentation de la pression interne dans les gaines autre que le fluage (la production d'hélium est plus importante pour les combustibles MOX irradiés que pour les combustibles UOX). Les phénomènes de mobilité de l'hydrogène vers les extrémités froides du crayon, la fragilisation des gaines par la desquamation de l'oxyde de zirconium et la réorientation des hydrures nécessitent également des éléments complémentaires, d'autant plus que l'état de l'art sur certains de ces phénomènes n'est pas abouti à ce stade.

L'IRSN rappelle que l'intégrité de la gaine des crayons combustibles, qui constitue la première barrière de confinement, n'est pas contrôlée pendant l'entreposage. De plus, le retour d'expérience sur l'état des gaines à l'issue de l'entreposage à sec est limité, particulièrement pour les combustibles MOX.

Aussi, pour l'IRSN, la définition d'un programme de surveillance est nécessaire afin de s'assurer, au moins dans une première phase d'entreposage, que le vieillissement des gaines est conforme aux études de sûreté transmises. Ce programme pourrait comporter des contrôles périodiques des assemblages entreposés (mesure de la température des assemblages, surveillance d'assemblages témoins, contrôle de crayons). **Ceci conduit l'IRSN à formuler la recommandation n° 6 en annexe au présent avis.** De tels contrôles pourront participer à la démonstration de la conformité de l'entreposage lors des réexamens périodiques de sûreté et de la conformité du contenu en préalable aux opérations de transport.

5. RETOUR D'EXPÉRIENCE

Le concept d'entreposage à sec de combustibles usés en emballages prévu pour l'installation BEAS n'est actuellement pas mis en œuvre en France.

Orano a transmis une note comparant les choix de conception retenus pour quatre installations européennes d'entreposage à sec d'assemblages combustibles usés en emballages. Dans cette note, il indique que, dans les installations européennes précitées, un seul déclenchement de l'alarme du système de surveillance de la pression inter-couvercles a été observé en phase d'entreposage en raison de la présence d'eau résiduelle dans le couvercle primaire et à la corrosion du joint de confinement induite. Orano conclut que le retour d'expérience montre la robustesse de ce type d'installations.

L'IRSN relève qu'Orano présente les options de sûreté des installations étrangères sans se positionner par rapport à celles retenues pour le BEAS (avantages et inconvénients des choix de conception retenus). En particulier, l'une des installations étudiées possède une cellule chaude qui permet d'intervenir sur les éventuels emballages non étanches sans avoir à réaliser un transport routier. Pour cette même installation, la tenue des emballages est justifiée à la chute d'un avion militaire sur la base de calculs numériques validés à partir d'essais sur maquette. Enfin, le système de surveillance de la pression inter-couvercles reste localisé sur les emballages. Seul le relevé des mesures est déporté hors de l'entreposage, le transfert des mesures s'effectuant par câble électrique. **L'IRSN estime qu'Orano pourrait compléter son analyse du retour d'expérience en justifiant les options retenues pour le BEAS au regard des choix de conception des quatre installations européennes et de leur retour d'expérience.**

6. CONCLUSION

Sur la base des documents examinés, en tenant compte des informations présentées par Orano au cours de l'expertise, l'IRSN estime que les options de sûreté retenues par Orano pour la conception du bâtiment d'entreposage à sec de combustibles usés en emballages de type TN Eagle® sont, à ce stade du projet, globalement satisfaisantes, sous réserve de la prise en compte des recommandations formulées en annexe à cet avis.

Par ailleurs, la prise en compte des remarques mentionnées dans le présent avis permettra à Orano de consolider les options de sûreté actuellement retenues.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Anne-Cécile JOUVE

Adjointe au Directeur de l'expertise de sûreté

ANNEXE À L'AVIS IRSN N° 2024-00151 DU 31 OCTOBRE 2024

Recommandations de l'IRSN à prendre en compte dans le rapport préliminaire de sûreté qui sera transmis à l'appui de la demande d'autorisation de création du BEAS

Recommandation n° 1

L'IRSN recommande qu'Orano retienne, pour le dimensionnement du BEAS, une température accidentelle extrême de l'air extérieur suffisamment enveloppe pour dégager des marges au regard des changements climatiques et, en cohérence avec d'autres valeurs retenues sur le site, *a minima* 35 °C.

Recommandation n° 2

L'IRSN recommande qu'Orano prenne en compte un séisme de niveau forfaitaire extrême pour le dimensionnement des structures et des équipements du BEAS au regard des exigences qui leurs seront affectées.

Recommandation n° 3

L'IRSN recommande qu'Orano présente sa démarche de validation des modèles numériques utilisés pour justifier le comportement des emballages chargés entreposés dans le BEAS à la chute d'un avion militaire. Cette démarche devra comprendre en particulier les éléments suivants :

- la démonstration de la capacité du code de calcul et du modèle numérique utilisé à évaluer le respect des critères d'étanchéité du colis ;
- une estimation des incertitudes d'erreur (biais de qualification du code et biais de modélisation) ;
- la définition du domaine de validité du code en précisant notamment les critères et les incertitudes associées en tenant compte des exigences de sûreté (prise en compte du comportement du joint métallique...).

Recommandation n° 4

L'IRSN recommande qu'Orano justifie que les conséquences de la chute d'un avion militaire sur le BEAS, en tenant compte des effets induits (taux d'enfouissement, nombre d'emballages affectés, incendie...), restent limitées à l'installation.

Recommandation n° 5

L'IRSN recommande qu'Orano justifie que les conséquences induites par la chute d'un avion commercial sur le BEAS sont limitées pour le public et l'environnement.

Recommandation n° 6

L'IRSN recommande qu'Orano définisse un programme de surveillance des assemblages combustibles entreposés permettant de s'assurer que le vieillissement des gaines est conforme aux études de sûreté transmises.