



RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE

Liberté  
Égalité  
Fraternité

**IRSN**

INSTITUT DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Fontenay-aux-Roses, le 28 juin 2024

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

## AVIS IRSN N° 2024-00097

**Objet :** Établissement Orano Recyclage de la Hague - INB n° 116 (usine UP3-A) et INB n° 117 (usine UP2-800)  
Densification des piscines C, D et E

**Réf. :** Lettre ASN CODEP-DRC-2023-004445 du 17 février 2023.

Par la lettre citée en référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) sollicite l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur le dossier joint à la demande de modification, présentée en décembre 2022 par la société Orano Recyclage (dénommée Orano dans la suite de l'avis), relative à la densification des piscines de l'établissement de La Hague. Cette modification consiste à augmenter la capacité opérationnelle d'entreposage actuelle des piscines C (de l'installation nucléaire de base (INB) n° 117 (usine UP2-800)), D et E (de l'INB n° 116 (usine UP3-A)), dans le respect des limites fixées dans les décrets d'autorisation de création en vigueur de ces deux INB. L'ASN demande à l'IRSN d'examiner plus particulièrement les dispositions de maîtrise des risques liés à la manutention, à la criticité, aux dégagements thermiques et à la coactivité.

Pour rappel, Orano a présenté en 2020 un dossier d'options de sûreté (DOS) du projet qui a fait l'objet d'une décision de la part de l'ASN. À la suite de difficultés rencontrées lors de la qualification d'un nouveau dispositif de détection d'obstacles, Orano a mis à jour son dossier, en décembre 2023, afin d'intégrer des nouvelles dispositions de prévention des risques de collision lors des opérations de manutention.

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

### 1. CONTEXTE

Les piscines C, D et E de l'établissement de La Hague, qui sont interconnectées, assurent l'entreposage des assemblages combustibles (AC) 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 (REP) d'EDF. Les AC sont réceptionnés et déchargés dans des paniers au sein de l'atelier de déchargement à sec de l'INB n° 116 (atelier T0) ou dans la piscine « Nouvelle Piscine de la Hague » (atelier NPH) de l'INB n° 117.

En réponse à une demande de l'ASN, relative à l'évaluation prospective des capacités d'entreposage des combustibles usés, EDF a présenté, en 2020, différentes parades pour pallier une éventuelle saturation de ces capacités à l'horizon 2030. Le projet de densification des piscines C, D et E, constituant l'une de ces parades, vise

MEMBRE DE  
**ETSON**

à augmenter provisoirement la capacité maximale d'entreposage de ces piscines, y compris en cas d'aléa dans les installations du cycle du combustible.

## 2. PRÉSENTATION DE LA MODIFICATION

La densification des piscines C, D et E consiste à remplacer des paniers qui servent actuellement à l'entreposage des combustibles de type REP d'EDF par des paniers de section réduite, appelé panier densifié, diminuant implicitement le pas d'entreposage (distance entre le centre de deux paniers entreposés). La capacité opérationnelle totale d'entreposage des piscines C, D et E sera ainsi augmentée, tout en restant inférieure aux limites fixées dans les décrets d'autorisation. Orano prévoit un déploiement de la densification en deux phases, chacune délimitée par une capacité d'entreposage spécifique. Pour la première phase, il considère que les moyens de refroidissement actuels des piscines C, D et E sont suffisants. En revanche, du fait de l'augmentation de la puissance thermique entreposée, la seconde phase nécessitera l'ajout de moyens de refroidissement.

### Panier densifié

La conception du panier densifié est globalement similaire à celle du panier actuel, mais de géométrie réduite. Pour rappel, les paniers actuels sont constitués d'une structure en acier inoxydable comprenant neuf alvéoles, contenant chacun une chemise neutrophage<sup>1</sup> en acier boré dans laquelle un assemblage combustible est introduit. Il comporte un couvercle, verrouillé en position fermée lors de l'entreposage et lors des phases de manutention du panier, pour empêcher la sortie des combustibles en cas de renversement du panier. Le rapprochement des assemblages combustibles et des paniers étant de nature à favoriser une augmentation de la réactivité, Orano prévoit d'équiper le panier densifié de surchemises en aluminium boré fixées sur les chemises en acier inoxydable, qui présente de meilleures caractéristiques neutrophages.

### Système de manutention des paniers

Actuellement, la manutention de paniers en piscine est réalisée à l'aide d'un pont-perche, implanté au-dessus de chaque piscine d'entreposage. Ce pont-perche est notamment composé d'un palonnier de préhension, d'un détecteur d'obstacles (DO), d'une nacelle et d'une caméra. Dans le cadre de la densification, Orano prévoit, d'une part de remplacer le palonnier de préhension par un palonnier polyvalent permettant de manutentionner les deux types de paniers en piscine, d'autre part de modifier les automatismes afin de déterminer la configuration du palonnier selon le panier à manutentionner et de le configurer en conséquence.

Par ailleurs, les DO actuels comportent, chacun, un capteur qui en cas de collision actionne l'arrêt du pont-perche. Les dimensions des DO actuels n'étant pas compatibles avec le nouveau pas d'entreposage des paniers densifiés, dans la mise à jour de son dossier, Orano indique qu'il prévoit de remplacer les DO actuels des piscines C, D et E par de nouvelles dispositions de prévention à l'égard du risque de collision, notamment l'implantation de modifications matérielles du contrôle commande du pont-perche de chaque piscine et l'ajout de modifications organisationnelles.

### Système de refroidissement de l'eau des piscines

Pour rappel, le système de refroidissement de l'eau des piscines C, D et E est conçu pour que l'eau ne circule pas à l'extérieur des piscines. Cette eau est refroidie au moyen d'échangeurs thermiques immergés (ETI), utilisant un circuit d'eau fermé, dont le refroidissement est assuré par des aéroréfrigérants et la circulation par des pompes. Avant le déploiement de la seconde phase de la densification, afin d'adapter les systèmes de refroidissement du fait de l'augmentation de la puissance maximale thermique entreposée, Orano prévoit de mettre en place des moyens de refroidissement complémentaires (nouveaux aéroréfrigérants et nouveaux ETI). En outre, à la suite de l'ajout des nouveaux ETI, il prévoit, d'une part d'augmenter la température maximale admissible de l'eau des

---

<sup>1</sup> Aptitude à capturer des neutrons et ainsi favoriser la diminution de la réactivité.

piscines en fonctionnement normal pendant l'été, d'autre part de déployer un mode de fonctionnement dans lequel l'alimentation électrique de toutes les motopompes ETI est secourue.

#### Système d'épuration de l'eau des piscines

L'épuration de l'eau des piscines C, D et E s'effectue en continu par des échangeurs ioniques immergés (EII), à l'aide des résines échangeuses d'ions. Dans le cadre de la densification, Orano prévoit de valoriser (en plus d'un EII en fonctionnement) un EII supplémentaire, afin de garantir un milieu moins agressif du matériau neutrophage à l'égard du risque de corrosion.

### **3. QUALIFICATION DU PANIER DENSIFIÉ ET DU PALONNIER DE MANUTENTION**

#### **3.1. QUALIFICATION MÉCANIQUE DU PANIER DENSIFIÉ**

La qualification mécanique vise à démontrer, d'une part que les propriétés mécaniques du panier densifié garantissent, à l'égard des risques de criticité, l'intégrité et le maintien des plaques neutrophages, d'autre part que son couvercle reste verrouillé en situation accidentelle.

À cet égard, Orano a étudié la chute verticale d'un panier densifié, ainsi que son basculement de plain-pied. Il a ainsi réalisé un calcul dit « enveloppe » en considérant la vitesse d'impact théorique et les caractéristiques mécaniques minimales des matériaux issues des normes AFNOR. Il a ensuite réalisé cinq essais sur maquette de paniers densifiés, à la suite desquels il a procédé à des inspections visuelles du liner, du panier densifié et des vis, à des contrôles par ressuage de différentes zones soudées, ainsi qu'à des contrôles mécaniques. Les résultats de ces contrôles permettent à Orano de conclure au bon comportement du panier densifié et de son couvercle. **L'IRSN estime que ceci est satisfaisant.**

En outre, Orano a refait un calcul dit « réaliste » pour lequel il retient notamment la vitesse de chute du panier densifié mesurée lors des essais. La comparaison entre les résultats d'essai et ceux du calcul « réaliste » montre le caractère conservatif de la modélisation, à l'exception des calculs du rapprochement maximal des chemises, qui sous-estiment systématiquement les déplacements. Aussi, pour déterminer ce rapprochement maximal, Orano utilise le résultat du calcul « enveloppe » auquel il additionne l'écart entre les mesures après essai et le résultat du calcul « réaliste ». **L'IRSN estime que l'évaluation du rapprochement maximal des chemises est satisfaisante.**

Enfin, pour démontrer le maintien des exigences relatives à la prévention des risques de criticité, Orano a vérifié que la valeur maximale admissible du rapprochement des alvéoles est supérieure à celle déterminée lors de cette qualification. **L'IRSN estime que ceci est satisfaisant.**

#### **3.2. QUALIFICATION DU MATÉRIAU NEUTROPHAGE AU VIEILLISSEMENT PAR CORROSION**

Afin de qualifier le nouveau matériau neutrophage du panier densifié pour une durée d'exploitation de 30 ans dans les piscines d'entreposage de l'établissement de La Hague, Orano a réalisé un important programme d'essais pour caractériser le comportement en corrosion généralisée et en corrosion localisée. Même si les premiers résultats d'essais n'apparaissent pas suffisants pour estimer le volume perdu par corrosion généralisée durant la durée de vie des paniers densifiés, la littérature souligne que la vitesse de corrosion généralisée des alliages d'aluminium diminue fortement après quelques années. À cet égard, Orano a précisé qu'il confortera la vitesse enveloppe estimée avec les résultats des essais en cours. S'agissant de la corrosion localisée, Orano retient un facteur de correction pénalisant pour prendre en compte une perte de volume non observable lors des examens des coupons. En outre, il prévoit de confirmer le volume estimé perdu par d'autres essais et de réaliser un programme de suivi du vieillissement du matériau neutrophage en exploitation, à l'aide de coupons immergés. **L'IRSN estime que ceci est satisfaisant.**

Par ailleurs, selon Orano, l'absence de revêtement sur le matériau neutrophage, ainsi que le retour d'expérience positif de son utilisation aux États-Unis, permet d'écarter tout risque de décollement du revêtement par la corrosion préférentielle de l'aluminium, appelé « effet BORAL ». **Ceci n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

Enfin, le comportement en corrosion de l'aluminium boré est très proche de celui de l'aluminium, lequel, en milieu aqueux, est très sensible à la chimie de l'eau. Aussi, afin de limiter la corrosion, Orano a restreint les valeurs limites relatives à la chimie de l'eau dans le référentiel de sûreté des ateliers concernés. **L'IRSN estime que ceci est satisfaisant.**

### 3.3. QUALIFICATION DU PALONNIER POLYVALENT

Orano justifie la tenue du palonnier polyvalent par calcul pour les cas de sollicitations en fonctionnement normal et en situation accidentelle sous séisme majoré de sécurité et sous séisme « noyau dur »<sup>2</sup>. Ainsi, il étudie la tenue en fatigue du palonnier pour plusieurs milliers de cycles et vérifie le respect de l'exigence de non projectibilité du palonnier pour les situations accidentelles. Il conclut que celui-ci est correctement dimensionné en fonctionnement normal et sous séismes.

Du fait de la transmission tardive des études d'Orano, et en accord avec l'ASN, l'IRSN n'a pas réalisé d'examen approfondi des éléments. En tout état de cause, **l'IRSN estime que la méthode de dimensionnement mécanique, le référentiel et les hypothèses de chargement retenus pour l'étude du palonnier polyvalent sont satisfaisants.**

## 4. INCIDENCE DE LA MODIFICATION SUR LES DISPOSITIONS DE MAÎTRISE DES RISQUES

**Les dispositions de maîtrise des risques relatives à la dispersion de substances radioactives, à l'exposition externe aux rayonnements ionisants, à la prévention des risques de criticité, à la radiolyse, ainsi que les dispositions de maîtrise des risques d'origine externe, n'appellent pas de remarque de la part de l'IRSN.**

### 4.1. RISQUES LIÉS AUX DÉGAGEMENTS THERMIQUES

Orano a réévalué les risques liés aux dégagements thermiques dans les piscines C, D et E dans le cadre de leur densification.

Pour la première phase, Orano indique que, les puissances thermiques maximales évaluées ne dépassant pas celles définies dans le référentiel de sûreté actuel, l'analyse des risques liés aux dégagements thermiques dans les piscines C, D et E est couverte par le référentiel de sûreté actuel des ateliers concernés. Pour la seconde phase, il reconduit les hypothèses considérées dans le référentiel de sûreté actuel, à l'exception de l'efficacité des ETI (augmentée dans le cadre de la densification), du débit de circulation de l'eau dans les boucles de refroidissement (en augmentation par la mise en place de moyens de refroidissement complémentaires) et de la température extérieure considérée en exploitation normale (supérieure à celle considérée actuellement). **Ces éléments n'appellent pas de remarque de la part de l'IRSN.**

Pour les piscines C, D et E, Orano a déterminé les puissances thermiques maximales permettant le respect des critères en température dans les piscines, pour différentes configurations de fonctionnement (situation de fonctionnement, température extérieure, avec ou sans batardeaux entre les piscines). Il retient les valeurs pénalisantes des puissances thermiques obtenues, puis évalue, pour chaque configuration, la température de l'eau des piscines. Il conclut que les puissances thermiques permettant le respect des critères en température

---

<sup>2</sup> Les aléas de niveau noyau dur ont été introduits à la suite des évaluations complémentaires de sûreté post-Fukushima.

dans les piscines sont supérieures à celles qu'il retient dans le référentiel d'exploitation des ateliers concernés. **L'IRSN estime que les éléments présentés par Orano sont satisfaisants.**

Enfin, Orano a vérifié que le délai d'atteinte de la température maximale autorisée pour les gaines des AC, lors d'une situation incidentelle d'immobilisation hors d'eau d'un panier au cours de son transfert entre la piscine C et l'atelier NPH, reste supérieur au critère, avec un résultat légèrement plus favorable que celui obtenu avec un panier actuel. **Ceci n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

## 4.2. RISQUES LIÉS À LA MANUTENTION

À l'instar des paniers actuels, les opérations d'acheminement, de chargement des AC en panier, de transfert et d'entreposage des paniers densifiés peuvent induire des risques liés à la manutention.

### Risques de chutes de charge

Orano a établi des exigences de sûreté associées au liner des piscines (maintien de son intégrité à la suite d'un basculement ou une chute d'un panier) et aux paniers densifiés (conservation d'une géométrie sous-critique et du couvercle en place et verrouillé) et a vérifié leur respect (cf. § 3.1 du présent avis). **L'IRSN estime que les éléments présentés par Orano pour démontrer, lors de la chute ou basculement du panier, le maintien des exigences relatives à la sûreté-criticité et l'absence de dégradation du liner sont satisfaisants.**

Par ailleurs, Orano a vérifié que le palonnier polyvalent est correctement dimensionné aux sollicitations en fonctionnement normal et en situation accidentelle sous séisme (cf. § 3.3 du présent avis). En outre, des sécurités mécaniques bloquent tout changement de configuration du palonnier durant la manutention d'un panier et empêchent la préhension d'un panier en cas de réglage du palonnier dans une mauvaise configuration. **L'IRSN estime que ceci est satisfaisant.**

### Risques de collision

Orano a réévalué les risques de collision du fait de la présence concomitante dans une même piscine des deux types de paniers et de la suppression du détecteur d'obstacles (DO). Il s'appuie sur la définition de nouvelles lignes de défense (LDD) physiques et organisationnelles dans l'objectif d'améliorer la maîtrise de la cartographie des piscines et du contrôle de la trajectoire du pont-perche.

Pour justifier le caractère suffisant de ces modifications, Orano a réalisé une analyse probabiliste semi-quantitative de type nœud papillon qui compare, pour deux configurations (l'une correspondant à la configuration actuelle, avec présence d'un DO, et l'autre, après densification sans DO), les LDD de prévention et de limitation des conséquences, relatives aux risques de collision d'un panier avec un obstacle. **L'IRSN estime que cette démarche d'analyse, pour justifier le caractère suffisant des dispositions, est acceptable dans son principe.**

Toutefois, l'analyse d'Orano repose uniquement sur une comparaison, avant et après densification, du nombre de LDD indépendantes et sur une appréciation qualitative des améliorations apportées. L'IRSN relève que plusieurs LDD valorisées par Orano se basent sur la maîtrise de la cartographie des piscines avant densification. À cet égard, Orano prévoit un « point zéro » de cette cartographie pour vérifier l'identification de la localisation des paniers dans les piscines. Ce « point zéro » ne prévoit pas de vérification dans le plan cartésien du bon centrage de ces paniers au regard de la tolérance de dépose. Actuellement, parmi les trois modes de fonctionnement du pont-perche (semi-automatique, manuel asservi et manuel local), seuls les modes semi-automatique et manuel asservi sont limités, par des automatismes, à une tolérance de dépose garantissant leur bon positionnement cartésien au niveau de la cartographie. Pour la densification, afin de garantir l'absence de collision, Orano retient la même tolérance de dépose pour tous les modes de fonctionnement. En l'état, l'IRSN estime qu'Orano n'a pas apporté de garantie du bon positionnement cartésien pour les paniers déjà déposés en mode manuel local.

Aussi, l'IRSN estime qu'Orano doit vérifier, avant la densification, que le positionnement réel des paniers déposés en mode manuel local respecte la nouvelle tolérance de dépose. **Ceci conduit l'IRSN à formuler la recommandation n° 1 en annexe au présent avis.**

### **4.3. PRISE EN COMPTE DES FACTEURS ORGANISATIONNELS ET HUMAINS**

Orano a analysé, sous l'angle des facteurs organisationnels et humains (FOH), les modifications associées à la densification des piscines C, D et E. Pour les activités qu'il identifie sensibles, Orano prévoit des actions de prévention, de surveillance et de limitation de conséquences à mettre en œuvre pour justifier les dispositions de maîtrise des risques liés aux FOH. **Les dispositions présentées par Orano n'appellent pas de remarque de la part de l'IRSN.**

Dans le cadre du présent dossier, Orano a également examiné la coactivité entre l'exploitation habituelle des piscines et les actions d'ordonnancement et de gestion de deux types de paniers. À cet égard, il prévoit de renforcer les vérifications des actions à travers la documentation et une communication adaptée. **Ceci n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

## **5. CONCLUSION**

Sur la base des documents examinés, en tenant compte des informations présentées par Orano au cours de l'expertise et des modifications apportées au dossier initial, l'IRSN estime que les dispositions retenues par Orano pour densifier les piscines C, D et E des INB n° 116 et n° 117 de l'établissement de La Hague sont globalement satisfaisantes, sous réserve de la prise en compte de la recommandation formulée en annexe au présent avis.

**IRSN**

Le Directeur général

Par délégation

Eric LETANG

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

## **ANNEXE À L'AVIS IRSN N° 2024-00097 DU 28 JUIN 2024**

### **Recommandation de l'IRSN**

#### **Recommandation n° 1**

L'IRSN recommande qu'Orano s'assure du positionnement correct des paniers déposés en mode manuel local dans les piscines C, D et E de l'établissement de La Hague avant le démarrage de la densification de chaque piscine.