



Fontenay-aux-Roses, le 28 mai 2021

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

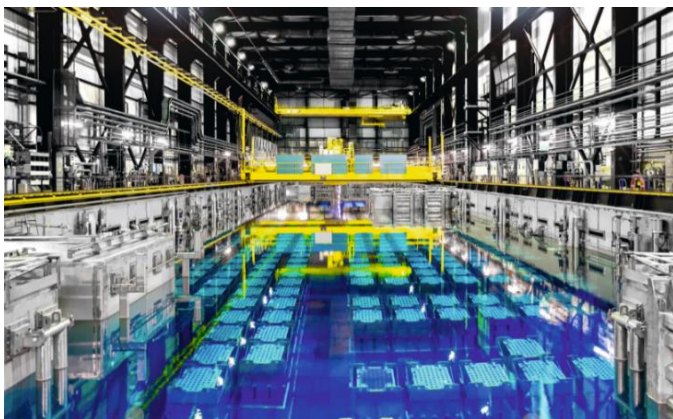
AVIS IRSN N° 2021-00089

Objet : Établissement Orano de La Hague
Usines UP3-A et UP2-800 (INB n°116 et n°117)
Dossier d'options de sûreté portant sur la densification des piscines C, D et E

Réf. : [1] Lettre ASN CODEP-DRC-2020-054883 du 11 décembre 2020.
[2] Lettre ASN CODEP-DRC-2018-041575 du 25 octobre 2018.
[3] Avis IRSN/2018-00126 du 4 mai 2018.

Par lettre citée en première référence, le président de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) sollicite l'avis de l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) sur **le dossier d'options de sûreté (DOS)** transmis fin octobre 2020 par Orano Cycle (devenu Orano Recyclage en 2021). Ce dossier présente les principales options de sûreté retenues par l'exploitant pour « densifier » les **piscines** C (INB n° 117), D et E (INB n° 116), c'est-à-dire pour augmenter la capacité opérationnelle d'entreposage actuelle de ces piscines, dans le respect des limites fixées dans les décrets d'autorisation de création en vigueur de ces deux INB, implantées sur le site de La Hague.

Toute personne qui prévoit d'exploiter une installation nucléaire de base a la possibilité de demander à l'ASN, préalablement à l'engagement de la procédure d'autorisation de création, un avis sur tout ou partie des options retenues pour assurer la sûreté d'une installation. Ces options sont présentées dans un **dossier d'options de sûreté (DOS)**. Cette pratique s'est étendue à certaines modifications notables d'installations existantes soumises à autorisation.



Piscine de d'entreposage d'assemblage combustibles usés de l'usine de La Hague

Les assemblages combustibles usés sont entreposés dans de grandes **piscines** sur le site de La Hague. L'eau contenue dans les piscines assure :

- la protection radiologique des personnels vis-à-vis des rayonnements ionisants (il y a environ trois à cinq mètres d'eau au-dessus des assemblages combustibles) ;
- le refroidissement des assemblages combustibles usés ; l'eau des piscines est elle-même refroidie en permanence par un système de refroidissement.

L'ASN demande à l'IRSN d'examiner plus particulièrement les options de sûreté relatives à la prévention des **risques de criticité** et à la **maîtrise des risques liés aux dégagements thermiques**.

De l'évaluation du dossier d'options de sûreté précité, prenant en compte **des questions concernant ce dossier** qui ont été formulées dans le cadre d'échanges avec le sous-groupe de travail pluraliste du (PNGMDR), dénommé « SGT densification »¹ par la suite, l'IRSN retient les éléments suivants.

Le projet de densification des piscines C, D et E de La Hague a généré des questionnements des membres du « SGT densification » sur le dossier d'options de sûreté pour la densification des piscines du site. Ces questions ont été prises en compte dans l'expertise de l'IRSN. Certaines sont rappelées dans les paragraphes encadrés en bleu. D'autres questions du SGT « densification » seront prises en compte dans la suite du projet, aux étapes réglementaires qui suivront.

L'analyse des **risques de criticité** a pour objectif de définir les dispositions constructives et d'exploitation, nécessaires et suffisantes pour prévenir le déclenchement d'une réaction de fission en chaîne divergente en présence de matières fissiles.

[Consulter le dossier risque criticité sur le site irsn.fr](https://www.irsn.fr)

Les assemblages combustibles irradiés continuent à dégager de la chaleur, appelée puissance résiduelle, même après l'arrêt de la réaction en chaîne. Les **risques liés aux dégagements thermiques** sont étudiés dans la démonstration de sûreté des piscines.

1. CONTEXTE

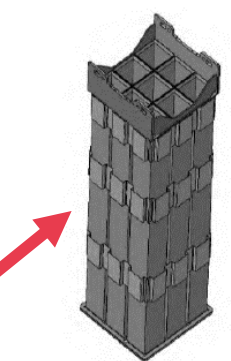
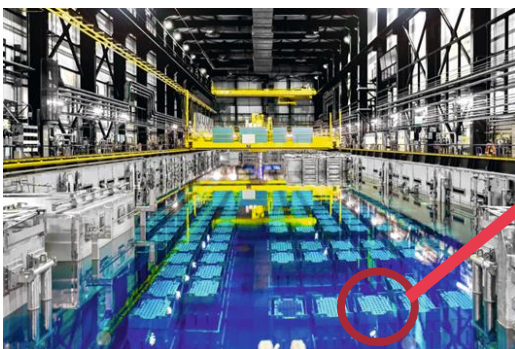
Les piscines C, D et E assurent notamment l'entreposage des **assemblages combustibles usés** à base d'oxyde d'uranium enrichi (UOX), d'oxyde d'uranium de retraitement enrichi (URE) ou d'oxydes mixtes d'uranium et de plutonium (MOX), provenant des réacteurs à eau pressurisée d'EDF (dits combustibles de type REP EDF).

Les assemblages combustibles usés entreposés dans ces piscines sont réceptionnés et déchargés en **paniers** dans les ateliers NPH (INB n° 117) ou T0 (INB n° 116). En vue **du traitement** des assemblages combustibles dans les ateliers R1 et T1, dans lesquels sont réalisées les premières opérations du procédé, les paniers sont transférés, soit depuis la piscine de l'atelier NPH vers l'atelier R1, soit depuis la piscine D vers l'atelier T1.

Un **assemblage combustible** se compose de crayons, d'une hauteur de l'ordre de quatre mètres et d'un diamètre de l'ordre du centimètre, insérés dans une structure qui assure leur espacement et leur tenue. Les crayons contiennent des pastilles de combustible. Un **assemblage combustible usé** entreposé dans les piscines de La Hague a été irradié durant 4 ou 5 ans dans le cœur d'un réacteur.

Dans les ateliers des usines de La Hague, les assemblages combustibles usés subissent un **traitement** pour récupérer les matières valorisables (l'uranium et le plutonium) et conditionner les différents déchets notamment les produits de fission sous une forme apte au stockage

Un **panier** permet l'entreposage et la maintenance des assemblages combustibles usés. Il est constitué d'une structure en acier inoxydable délimitant des alvéoles, contenant chacun une chemise neutrophage, dans laquelle un assemblage combustible est introduit. Il comporte un couvercle qui est verrouillé en position fermée lors de l'entreposage et lors des phases de maintenance du panier. Il doit satisfaire à des exigences spécifiques de sûreté.



Panier sans son couvercle

¹ Sous-groupe de travail créé par l'ASN avec des membres volontaires du groupe de travail PNGMDR (Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs), en particulier des membres de l'Association nationale des comités et commissions locales d'information et d'associations, et de la Commission locale d'information (CLI) de La Hague.

Ces trois piscines sont interconnectées via des canaux « inter-piscines » ; elles peuvent être isolées par la mise en place de **atardeaux**. La piscine C est également reliée à la piscine de l'atelier NPH par l'intermédiaire du **transfert inter-piscine dit « TIP »** ; il permet le transfert unitaire de paniers d'assemblages combustibles entre ces piscines qui sont situées à des altimétries différentes.

Telles des portes d'écluse, les **atardeaux** sont des dispositifs amovibles qui permettent d'obstruer les canaux inter-piscines afin d'empêcher l'eau de circuler d'une piscine à l'autre.

Le **transfert inter-piscine dit « TIP »** est un équipement spécifique qui permet le transfert d'un panier d'une piscine à l'autre.

Il convient de souligner qu'EDF n'envisage de traiter qu'après 2050 les combustibles MOX et URE usés afin d'utiliser les matières récupérées pour la fabrication de nouveaux combustibles.

Aujourd'hui, ces assemblages combustibles sont entreposés en attente dans les piscines de l'établissement Orano La Hague. Comme souligné dans [l'avis de l'IRSN cité en troisième référence relatif au dossier « Impact Cycle 2016 »](#), l'évaluation prospective des capacités d'entreposage des combustibles usés conclut à une saturation à l'horizon 2030 des capacités d'entreposage actuellement disponibles.

À cet égard, 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. Cette stratégie se fonde principalement sur la mise en service à l'horizon 2030 d'**une piscine d'entreposage centralisé (PEC)** destinée à recevoir en particulier les combustibles usés de types MOX et URE dont le traitement n'est pas envisagé à court ou moyen terme. Toutefois, depuis 2017, EDF a annoncé le report à 2034 de la mise en service de cette installation. En réponse à une demande formulée par l'ASN dans son courrier cité en deuxième référence, EDF a présenté, en 2020, les parades retenues pour pallier le retard de la mise en service de la PEC et écarter la saturation des piscines d'entreposage. Ceci permettra la poursuite, jusqu'à la mise en service de la PEC, des opérations de réception et d'entreposage des combustibles usés d'EDF dans les piscines C, D et E et du fonctionnement des réacteurs. Le projet de densification des piscines C, D et E de l'établissement Orano La Hague constitue l'une de ces parades.

Lire [l'avis IRSN 2018-00318](#) du 6 décembre 2018 relatif au dossier d'options de sûreté de la **piscine d'entreposage centralisé** d'assemblages combustibles usés d'EDF.

L'IRSN souligne que les études de conception de la PEC retiennent des exigences de sûreté plus élevées que celles qui avaient été retenues lors de la conception des piscines de la Hague à la fin des années 1970. Aussi, l'IRSN estime qu'une augmentation de la capacité d'entreposage des piscines C, D et E de La Hague ne saurait être envisagée que comme une solution transitoire jusqu'à la mise en service de la PEC.

2. PRESENTATION DE LA MODIFICATION

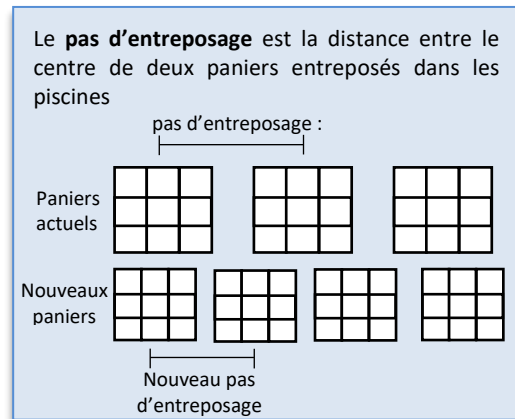
Actuellement, la capacité opérationnelle totale d'entreposage des piscines C, D et E est de 11 990 **tonnes de Métal Lourd initial (tMLi)**. Le projet de densification permettrait de porter à 15 600 tMLi cette capacité opérationnelle. Cet accroissement serait réparti dans les trois piscines selon les limites fixées dans les décrets d'autorisation de création des INB n° 116 et n° 117 (c'est-à-dire 4 800 tMLi dans la piscine C, 4 600 tMLi dans la piscine D et 6 200 tMLi dans la piscine E).

Une **tonne de Métal Lourd initial (tMLi)** est une unité de mesure comptabilisant la masse de noyaux lourds (uranium, plutonium...) présent dans un assemblage combustible avant irradiation en réacteur.

Pour cela, Orano prévoit de remplacer les paniers servant actuellement à l'entreposage des combustibles de type REP d'EDF par des paniers de section réduite (appelés respectivement « paniers actuels » et « nouveaux paniers » dans la suite de l'avis).

Les paniers actuels sont constitués d'une structure en acier inoxydable délimitant neuf alvéoles, contenant chacun une chemise neutrophage² en acier boré dans laquelle un assemblage combustible est introduit. Le panier comporte un couvercle qui est verrouillé en position fermée lors de l'entreposage et lors des phases de manutention du panier.

Les nouveaux paniers comportent également neuf alvéoles mais sont de dimensions réduites (section et entraxe des alvéoles, section externe du panier) par rapport aux paniers actuels. Ceci permet de réduire **le pas d'entreposage** et ainsi d'augmenter le nombre de paniers pouvant être entreposés dans les piscines.



Le rapprochement des assemblages combustibles et des paniers augmentant leur réactivité, le matériau neutrophage des chemises actuelles est remplacé par un matériau présentant de meilleures caractéristiques neutrophages. Pour justifier le choix du matériau, Orano s'est appuyé sur le retour d'expérience d'utilisation de plusieurs matériaux dans l'industrie nucléaire internationale. Il a retenu finalement un matériau utilisé dans des piscines d'entreposage aux Etats-Unis et qui présente selon lui le meilleur comportement en termes de vieillissement. Orano a identifié les exigences associées au nouveau matériau neutrophage des chemises et a présenté la stratégie de qualification de ce matériau au regard de ces exigences. **La démarche retenue par Orano pour choisir le matériau neutrophage des chemises n'appelle pas de remarque de l'IRSN.**

S'agissant de la stratégie de déploiement de la densification, Orano indique que les assemblages combustibles de type REP qui seront réceptionnés dans les ateliers NPH ou T0 seront chargés directement dans les nouveaux paniers et entreposés selon un pas réduit dans une des piscines C, D ou E. Les combustibles de type REP dont le traitement n'est pas prévu à court ou moyen terme (MOX et URE) et qui sont déjà entreposés dans une des piscines seront transférés progressivement dans de nouveaux paniers ; cette opération pourra se dérouler dans l'atelier NPH ou dans l'atelier T0. Le nombre annuel de nouveaux paniers issus de ces transferts représentera moins de 20 % du nombre total annuel de nouveaux paniers mis en œuvre.

Orano prévoit de conserver quelques emplacements dans les piscines D et E pour accueillir des paniers actuels provenant de la piscine NPH (non densifiée) et dont les assemblages combustibles doivent être traités dans l'atelier T1. Ainsi, une même piscine pourra contenir les deux types de paniers dans des zones d'entreposage distinctes, selon une cartographie prédéfinie. Ce point répond à une question posée lors des échanges du SGT densification.

Le SGT « densification » s'est interrogé sur ce que contiennent les emplacements actuels des piscines.

Certains des emplacements ne sont pas occupés par des assemblages combustibles mais par des déchets, comme des cartouches usagées des échangeurs ioniques immergés (EII). D'autres emplacements ne sont pas occupés pour des raisons d'exploitation (manutention des paniers etc.).

² Dans cet avis, le matériau « neutrophage » est un matériau qui contient un poison neutronique, c'est-à-dire une substance dont la présence dans un milieu multiplicateur de neutrons en diminue la réactivité par capture de neutrons.

Par ailleurs, actuellement, une fois vidés de leurs assemblages combustibles, les paniers qui ne peuvent plus être réutilisés sont transférés vers la piscine de l'atelier HAO/Nord (INB n°80) par l'intermédiaire d'un canal de liaison avec la piscine de l'atelier NPH. Les paniers actuels dont l'usage ne sera pas prolongé en raison de la densification seront évacués des piscines suivant ce même schéma. Il convient de rappeler que l'INB n°80 est en cours de démantèlement. À cet égard, Orano a déposé une demande d'autorisation de modification substantielle du décret de démantèlement de l'INB n°80 qui prévoit le début des opérations de démantèlement en 2030. Il a précisé que les opérations liées à la densification ont été prises en compte dans l'élaboration du calendrier de démantèlement de l'INB n°80 pour assurer la disponibilité des équipements et fonctions nécessaires à la densification des piscines C, D et E qui pourrait s'achever au-delà de 2030. **Ceci n'appelle pas de remarque.**

L'IRSN relève que le nombre annuel de paniers à évacuer en raison de la densification est supérieur, d'un facteur 2,5, à la capacité **d'entreposage tampon** de la piscine HAO/Nord. En outre, actuellement, les paniers entreposés dans la piscine de l'atelier HAO/Nord sont réduits en volume et conditionnés en conteneurs de déchets dans l'Atelier de mise sur lorry (AML) de l'atelier NPH, avant expédition vers un centre de stockage de l'ANDRA. Or l'atelier AML n'est pas en capacité de traiter ce flux supplémentaire de paniers. À ce sujet, Orano a indiqué, en cours d'expertise, son intention de mettre en œuvre un nouveau procédé de réduction du volume des paniers.

À cet égard, Orano n'a pas transmis d'éléments relatifs au procédé envisagé, notamment sur sa capacité à traiter les paniers à un rythme suffisant pour éviter un engorgement de la piscine HAO/Nord. Ceci pourrait affecter le bon déroulement des opérations de densification. Ce point fait l'objet de la recommandation n°1 en annexe au présent avis. Le devenir des paniers à évacuer fait partie des questionnements du SGT densification.

L'entreposage tampon de la piscine de l'atelier HAO/Nord permet d'entreposer temporairement des paniers vides, en attendant leur traitement.

Le SGT « densification » s'est interrogé sur l'entreposage des paniers actuels qui ne seront plus utilisés et leur devenir.

Les paniers actuels, après remplacement par les nouveaux paniers, seront évacués vers la piscine de l'atelier HAO/Nord situé sur l'établissement de La Hague. Puis, ils seront réduits en volume, selon un procédé restant à définir, conditionnés en conteneurs de déchets et transférés vers un centre de stockage de l'ANDRA.

3. OPTIONS DE SURETE

Dans le DOS, Orano examine l'incidence de la densification sur la démonstration de sûreté des INB n°116 et 117 et présente les options de sûreté retenues pour les risques concernés par cette modification, tels que les risques de criticité, liés aux dégagements thermiques, aux manutentions et aux agressions d'origine externe, ainsi que pour la radioprotection. Il présente enfin les options de prise en compte des facteurs organisationnels et humains. Il développe plus particulièrement les options de sûreté liées à la prévention des risques de criticité et celles liées à la maîtrise des risques liés aux dégagements thermiques des assemblages combustibles usés, options sur lesquelles Orano a sollicité l'avis de l'ASN.

Pour mémoire, les études détaillées pour l'ensemble des risques seront transmises à l'appui de la demande d'autorisation de modification.

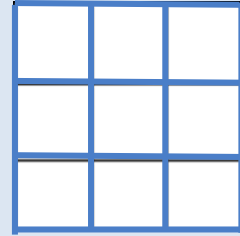
3.1. PREVENTION DES RISQUES DE CRITICITE

L'utilisation des nouveaux paniers entraine un rapprochement des combustibles et **une diminution de la lame d'eau entre ceux-ci, ce qui induit une augmentation de leur réactivité**. L'option de sûreté retenue par Orano est le changement du matériau neutrophage de la chemise présente dans chaque alvéole du panier.

Orano reconduit les modes de contrôle de la criticité actuellement retenus dans les piscines C, D et E, ainsi que dans les ateliers T0 et NPH pour les opérations mettant en œuvre les paniers (transfert unitaire des assemblages combustibles, chargement des assemblages en panier, transfert des paniers sous eau ou *via* le TIP, entreposage des paniers en piscine, transfert d'un panier vers les cellules d'alimentation des ateliers R1 et T1). Les **milieux fissiles de référence** associés aux combustibles susceptibles d'être entreposés dans les nouveaux paniers sont des réseaux de crayons d'oxyde d'uranium (UOX) ou d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium ((U+Pu)O₂) gainés de zirconium (de type REP 17 x 17), modérés par de l'eau. **Ces éléments n'appellent pas de remarque.**

En outre, Orano a réalisé des calculs préliminaires permettant de vérifier la sous-criticité des nouveaux paniers pour une sélection de configurations d'études, couvrant la plupart des situations de fonctionnement normales et incidentelles associées aux opérations mettant en œuvre les paniers. Orano précise que les calculs seront réalisés pour l'ensemble des configurations définies dans les démonstrations de sûreté-criticité des piscines, une fois la conception du nouveau panier consolidée. **Ces éléments n'appellent pas de remarque.**

La **lame d'eau** (lignes bleues) correspond à l'épaisseur d'eau présente entre deux assemblages combustibles entreposés dans un panier. La diminution de cette lame d'eau augmente l'interaction neutronique entre les assemblages.



Un **milieu fissile** est composé d'atomes susceptibles de fissionner sous l'effet d'un bombardement de neutrons.

Le **milieu fissile de référence** est celui qui conduit aux marges les plus faibles en raison de sa composition et de ses caractéristiques physico-chimiques.

3.1.1. Options associées au fonctionnement normal

Dans le DOS, Orano a identifié les exigences associées au nouveau matériau neutrophage des chemises. Il présente la stratégie de qualification de ce matériau neutrophage au regard de ces exigences. Cette stratégie prévoit le contrôle et la vérification de plusieurs de ses paramètres (répartition homogène du bore, densité surfacique minimale en bore dans les chemises, porosité, impuretés...) à l'approvisionnement des nouveaux paniers. Pour l'IRSN, d'autres exigences relatives aux paniers découlent des études (section et rectitude des alvéoles, entraxe des alvéoles, section des paniers, épaisseur des chemises...). **Le programme de qualification des paniers devrait ainsi être complété pour en tenir compte. Ce point fait l'objet de la recommandation n°2 en annexe au présent avis.**

Par ailleurs, Orano a indiqué qu'un plan de surveillance du nouveau matériau neutrophage sera élaboré et qu'il permettra de contrôler l'évolution de ses caractéristiques par la vérification périodique de sa tenue à la corrosion et à l'irradiation en piscine. Au cours de l'expertise, Orano a précisé que la nature et la fréquence de réalisation de ces contrôles seront définies à l'issue des études détaillées. **L'IRSN estime que la mise en œuvre d'un nouveau matériau dans un élément important pour la sûreté doit faire l'objet de dispositions particulières, notamment pour ce qui concerne la chemise, à l'égard d'un éventuel mécanisme de vieillissement susceptible de le déformer. Ce point fera l'objet d'une attention particulière dans le cadre des instructions à venir.**

Au cours de l'expertise, Orano a indiqué qu'il n'a pas identifié de phénomène de vieillissement mécanique des nouveaux paniers susceptible d'altérer leurs caractéristiques géométriques importantes pour la maîtrise des risques de criticité. Aussi, il ne prévoit pas à ce stade de contrôle par échantillonnage du maintien des caractéristiques géométriques des nouveaux paniers en exploitation. Orano confortera sa position à l'issue des

études détaillées. **Ce point, en lien avec certaines questions formulées dans le cadre du SGT densification, fera également l'objet d'une attention particulière dans le cadre des instructions à venir.**

3.1.2. Options associées aux situations incidentelles

Parmi les situations incidentelles retenues dans le référentiel de sûreté actuel, figure la chute d'un panier chargé d'assemblages combustibles. Dans cette situation, les propriétés mécaniques des paniers doivent garantir, d'une part que les chemises restent en place dans le panier et ne sont pas dégradées, d'autre part que le couvercle du panier reste verrouillé afin d'éviter que les assemblages ne sortent des alvéoles. À cet égard, Orano indique dans le DOS que le programme de qualification du nouveau panier intègre une vérification, par le calcul, de l'absence de déformation des chemises en cas de chute du panier et que le maintien fermé du couvercle en cas de chute du nouveau panier devra être garanti. Sur ce point, Orano ne précise, ni les principes retenus pour justifier la qualification des codes pour le domaine dans lequel ils seront utilisés, ni ceux retenus pour justifier la représentativité des modèles numérique et des méthodes d'analyse associées. L'IRSN rappelle que pour les paniers actuels, la garantie des critères précités a été vérifiée par la réalisation d'essais de chute. **Ainsi, l'IRSN considère nécessaire de justifier la qualification des codes qui seront utilisés pour la vérification par calcul des exigences précitées, de justifier la représentativité des modèles numériques utilisés et de présenter les incertitudes associées.**

À titre d'exemple, la représentativité pourrait être justifiée par des essais de chute des nouveaux paniers dans des conditions représentatives des situations de chute susceptibles d'être rencontrées dans les piscines de la Hague. **Ceci fait l'objet de la recommandation n°3 en annexe au présent-avis.** Ce point rejoint des questions soulevées dans le cadre du SGT densification, portant sur la résistance du nouveau matériau composant la chemise et sur son comportement lors d'une chute.

Le SGT « densification » s'est interrogé sur la déformation des nouvelles chemises neutrophages des paniers, en cas de chute.

En cas de chute d'un nouveau panier contenant des assemblages combustibles, un risque de criticité existerait si les paniers se déformaient ou si les assemblages combustibles sortaient des alvéoles. Orano vérifiera l'absence de déformation des paniers et le maintien du couvercle en position fermée.

L'IRSN estime que les options relatives à la prévention des risques de criticité retenues par Orano sont satisfaisantes, sous réserve de la prise en compte des recommandations formulées en annexe.

3.2. RISQUES LIÉS AUX DÉGAGEMENTS THERMIQUES

Les assemblages combustibles entreposés sous eau présentent une puissance thermique significative qui nécessite un système de refroidissement pour chaque piscine ; ce système comprend **des échangeurs thermiques immergés (ETI)** motorisés, alimentés en eau par une centrale de refroidissement composée, pour chaque piscine, d'aéroréfrigérants, de pompes, d'un réseau de distribution et d'un vase d'expansion.

La densification des piscines C, D et E induit une augmentation de la puissance thermique totale entreposée, ce qui conduit

Orano à réévaluer les dispositions de maîtrise des risques liés aux dégagements thermiques. Il ressort de la réévaluation la nécessité de compléter ces dispositions par l'ajout de nouveaux ETI et aéroréfrigérants. Ces nouveaux équipements et leur alimentation électrique constituent des équipements importants pour la protection (EIP) au même titre que ceux existants, **ce qui n'appelle pas de remarque.**

À ce stade du projet, Orano a réalisé une étude thermique préliminaire qui considère les piscines C, D et E comme un même ensemble thermodynamique, la température de l'eau des piscines s'équilibrant *via* les échanges s'effectuant au niveau des canaux inter-piscines. Orano a identifié les emplacements disponibles permettant d'accueillir des nouveaux ETI dans les piscines et a considéré, dans son étude, l'ajout d'ETI dans tous les emplacements disponibles. Orano a déterminé le nombre d'aéroréfrigérants nécessaires pour respecter les

Les piscines d'entreposage sont munies d'un dispositif de refroidissement actif constitué d'**échangeurs thermiques immergés (ETI)**. Ces ETI sont des dispositifs qui permettent de refroidir l'eau des piscines par un transfert thermique de l'eau chaude des piscines vers de l'eau froide sans les mélanger. L'eau froide est refroidie dans des aéroréfrigérants.

critères de sûreté en considérant les mêmes conditions climatiques et les mêmes situations de fonctionnement (normal, exceptionnel, secours et sauvegarde) que dans l'étude thermique des piscines non densifiées. Par rapport à cette étude, Orano a ajouté une situation de fonctionnement normal supplémentaire considérant des conditions climatiques plus pénalisantes (conditions climatiques estivales décennales). Pour mémoire, les niveaux des aléas climatiques sont expertisés dans le cadre des réexamens périodiques de sûreté des installations.

L'objectif de l'étude est de vérifier que la température d'équilibre de l'eau des piscines respecte les températures maximales fixées dans le référentiel de sûreté pour chaque condition de fonctionnement, en prenant en compte les nouveaux équipements. Orano précise que les critères de températures maximales sont respectés pour toutes les conditions de fonctionnement, à l'exception du cas considérant les conditions climatiques plus pénalisantes qui conduit à un léger dépassement de la limite de 45°C fixée dans les règles générales d'exploitation (RGE) des piscines. Sur ce point, Orano a demandé l'autorisation pour les piscines actuelles de porter à 50° C la limite de température en fonctionnement normal fixée dans les RGE (actuellement de 45 °C). Dans le DOS, Orano considère la valeur de 50 °C comme la température maximale de fonctionnement normal de l'eau des bassins. Ce point est abordé au §3.2.1 de l'avis.

Orano considère, pour l'une des situations considérées dans l'étude thermique, l'utilisation d'un système de brumisation qui permet de diminuer la température de l'air ambiant circulant dans les aéroréfrigérants. Ce système de brumisation a été installé à la suite des différents épisodes de canicule, sans toutefois être justifié dans les études de sûreté. En cours d'expertise, Orano a précisé que les études détaillées permettront de consolider le recours à ce système. À cet égard, si le recours au brumisateur est nécessaire au respect des critères de sûreté, son dimensionnement devrait être justifié, ses exigences de sûreté définies et des éléments de qualification présentés, notamment par grands chauds. **Ceci fait l'objet de la recommandation n°4 en annexe au présent avis.**

En outre, l'étude thermique des piscines C, D et E figurant dans le référentiel applicable comporte une étude de sensibilité en fonction de l'efficacité du système de refroidissement. Dans le DOS, Orano n'a pas révisé cette étude pour tenir compte de la densification des piscines. Il a précisé en cours d'expertise qu'il mettra en œuvre les actions nécessaires pour garantir l'efficacité nominale des ETI au démarrage des opérations de densification (nettoyage des ETI existants et remplacement si besoin). Toutefois, ces dispositions ne garantissent pas une efficacité dans le temps du système de refroidissement, alors que le retour d'expérience des systèmes existants montre des évolutions d'efficacité. **Aussi, l'IRSN considère important de définir une efficacité minimale des systèmes de refroidissement permettant de respecter les critères de température de l'eau des piscines et de présenter les dispositions opérationnelles garantissant le respect de cette efficacité minimale. Ceci fait l'objet de la recommandation n°5 en annexe au présent avis.**

Par ailleurs, le référentiel de sûreté applicable des piscines C, D et E permet l'isolement des canaux inter-piscines par la mise en place de batardeaux en situation normale ou incidentelle. Orano ne considère pas cette situation dans le DOS. L'IRSN souligne que la répartition des ETI dans les piscines n'est pas homogène. Aussi, en l'absence d'échange *via* les canaux, l'évolution de la température de l'eau de chaque piscine pourrait être très différente de celle obtenue en considérant les piscines C, D et E comme un même ensemble thermodynamique. En cours d'expertise, Orano a précisé que le caractère suffisant du refroidissement apporté par les nouveaux ETI et aéroréfrigérants en considérant la mise en place de batardeaux sera vérifié dans les études détaillées. **Ce point devra faire l'objet d'une attention particulière dans le cadre des instructions à venir.**

Enfin, pour la situation incidentelle d'immobilisation hors d'eau d'un panier lors de son transfert par le TIP, l'IRSN estime que le rapprochement des assemblages combustibles dans les nouveaux paniers peut réduire le délai maximal de remise en eau avant l'atteinte de critères de déclenchement du **plan d'urgence interne (PUI)**. Orano a indiqué que ce délai sera réévalué dans l'étude thermique détaillée de cette situation. **Ce point devra faire l'objet d'une attention particulière dans le cadre des instructions à venir.** Il est en lien avec un questionnaire du SGT densification.

Ainsi, l'IRSN estime qu'au stade du DOS, les modifications définies par Orano pour adapter les systèmes de refroidissement des piscines C, D et E à la mise en œuvre de la densification, permettent globalement de respecter les critères de sûreté définis dans la démonstration de sûreté des installations concernées pour les différentes situations de fonctionnement considérées.

Le **Plan d'urgence interne (PUI)**, établi par l'exploitant d'une installation nucléaire de base, définit l'organisation interne à l'installation ainsi que les moyens particuliers à mettre en place en cas de situation accidentelle.

Le SGT « densification » s'est interrogé sur l'utilisation du transfert inter-piscine (TIP) avec les nouveaux paniers.

Lors d'un transfert par le TIP, les paniers sont sortis de l'eau, ce qui limite leur refroidissement. En cas d'échauffement important des crayons combustibles, il y a un risque de dégradation de leurs gaines, qui constituent la première barrière de confinement. Aussi, le scénario incidentel du blocage d'un panier dans la partie émergée du TIP doit être analysé.

3.2.1. Température maximale de l'eau des piscines en fonctionnement normal

Comme indiqué précédemment, Orano considère la valeur de 50°C comme température maximale de fonctionnement normal de l'eau des bassins. Il indique que l'exigence de sûreté, pour le fonctionnement normal, est le maintien d'une condition de température garantissant l'efficacité **des échangeurs ioniques immergés (EII)** qui assurent l'épuration de l'eau des piscines. Selon le fournisseur de ces équipements, l'efficacité des résines est garantie tant que la température de l'eau ne dépasse pas 60°C de manière durable. Selon Orano, la limite de 50°C permet de conserver une marge par rapport à ce critère. En outre, cette modification n'a pas d'incidence sur le fonctionnement de la ventilation du hall des piscines, notamment sur le risque de **colmatage des filtres de très haute efficacité (THE) par la vapeur d'eau**. Ainsi, Orano conclut que cette modification n'a pas d'incidence sur la sûreté des installations. **Ceci n'appelle pas de remarque.**

Un **échangeur ionique immergé** permet l'épuration de l'eau de la piscine. Il est constitué de deux cartouches superposés contenant les résines échangeuses d'ions.

La condensation de la vapeur d'eau qui traverse les **filtres à très haute efficacité (THE)** peut **provoquer leur colmatage** et dégrader leur efficacité.

Toutefois, le développement de micro-organismes a été observé dans les piscines de la Hague lors de l'examen de conformité réalisé dans le cadre du réexamen périodique de l'INB n°117. L'exploitation des piscines à une température supérieure à 45°C pourrait avoir une influence sur ce phénomène qu'il conviendra de considérer dans le cadre de la réponse à la recommandation n°5.

Enfin, l'incidence de cette modification sur le délai d'atteinte d'ébullition de l'eau de la piscine et sur le délai d'atteinte de **l'effet falaise**³ devra être examinée par Orano (cf. §3.4 du présent avis).

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

³ Forte discontinuité dans le scénario se traduisant par une aggravation notable et irréversible de l'accident (augmentation significative des rejets, réduction significative des délais avant l'atteinte des situations redoutées).

3.3. AUTRES RISQUES

La maîtrise de l'exposition externe aux rayonnements ionisants est assurée par la hauteur d'eau au-dessus des assemblages et par l'épuration radiochimique de l'eau des bassins assurée par les échangeurs ioniques immergés (EII). En cours d'expertise, et en lien avec une question formulée dans le cadre du SGT densification, l'exploitant a précisé que le retour d'expérience issu de l'exploitation des piscines de la Hague montre que le nombre d'EII installés à la conception des piscines C, D et E est très largement supérieur au besoin d'épuration depuis leur mise en service. Aussi, Orano ne prévoit pas d'ajouter d'EII dans le cadre de la densification des piscines C, D et E. La fréquence de remplacement des cartouches contenant les résines échangeuses d'ions pourrait éventuellement augmenter mais dans des proportions modérées. **Ces éléments n'appellent pas de remarque de l'IRSN.**

Le SGT « densification » s'est notamment interrogé sur les échangeurs ioniques qui ne sont pas abordés .

Par ailleurs, Orano indique dans le DOS que les risques liés aux activités industrielles et voies de communication seront réévalués au regard de l'implantation qui sera définie pour les nouveaux aéroréfrigérants. Il envisage notamment de vérifier l'incidence des scénarios étudiés dans le cadre du réexamen périodique de l'INB n°116 sur les installations de refroidissement modifiées et de mettre en œuvre, si nécessaire, des dispositions afin d'assurer le maintien des fonctions de sûreté. Pour l'IRSN, l'implantation de ces aéroréfrigérants et des équipements associés devra être définie afin d'éviter des **défaillances de mode commun**. **La réévaluation de ces risques, notamment au regard des défaillances de mode commun, fera l'objet d'une attention particulière dans le cadre des instructions à venir.**

Les **défaillances de mode commun** sont produites par une même cause qui affectent, directement ou indirectement, plusieurs structures, systèmes ou composants d'une installation nucléaire.

Les options de sûreté retenues à l'égard des autres risques n'appellent pas de remarque de l'IRSN.

3.4. INCIDENCE SUR LA SITUATION REDOUTEE

Dans le cadre des **évaluations complémentaires de sûreté** réalisées après l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima-Daiichi survenu en mars 2011 au Japon, Orano a retenu comme situation redoutée pour les piscines de La Hague, la perte totale et durable des moyens de refroidissement des piscines résultant d'un aléa extrême, sans toutefois affecter leur étanchéité. L'eau des piscines s'échaufferait jusqu'à ébullition, puis la hauteur d'eau au-dessus des combustibles baisserait progressivement, ce qui diminuerait la protection radiologique. La remédiation consiste à déployer des moyens mobiles de pompage de l'eau du bassin d'orage ouest du site et des tuyauteries souples, l'ensemble permettant d'amener cette eau dite « de remédiation » jusque dans les piscines pour compenser le débit de vaporisation.

À la suite de la catastrophe de la centrale de Fukushima Daiichi, un processus d'évaluation de la sûreté des installations nucléaires a été engagé au niveau français et européen (« stress tests »). En France, ce processus a pris le nom d'**évaluations complémentaires de sûreté (ECS)**.

Dans son dossier, Orano a réévalué les délais d'atteinte de l'ébullition et d'atteinte d'un débit d'équivalent de dose de 2 mSv.h⁻¹ en bord de bassin, qui correspond au critère associé à l'effet falaise. Selon Orano, bien que la densification réduise les délais de quelques heures, ces délais conservent toujours une marge importante par rapport aux délais de déploiement des moyens de remédiation précités. À cet égard, Orano indique que les délais de déploiement de la remédiation ont pu être vérifiés lors d'entraînements et d'exercices réalisés depuis 2017. **Ceci n'appelle pas de remarque.**

Par ailleurs, le projet de densification entraîne une augmentation des débits d'eau à injecter dans les piscines pour compenser la vaporisation. Selon Orano, l'apport supplémentaire d'eau de remédiation nécessaire pour maintenir l'inventaire en eau des piscines est faible (une dizaine de $\text{m}^3.\text{h}^{-1}$) et reste compatible avec les capacités de réalimentation déjà définies. Ce point répond à une question formulée dans le cadre du SGT densification.

Question du SGT « densification » : « Dans quelle mesure les alimentations en eau des piscines venant des bassins seront renforcées ? ».

L'IRSN relève que certaines hypothèses retenues par Orano pour évaluer les délais avant ébullition et d'atteinte de l'effet falaise ne sont pas conservatives. En effet, Orano a considéré la température moyenne d'équilibre de l'eau des piscines en exploitation et non la température maximale autorisée en fonctionnement normal, alors que cette donnée a été considérée dans les études complémentaires de sûreté. Il n'a pas, non plus, considéré le volume occupé par les paniers, ce qui maximise la quantité d'eau en piscines. Orano a précisé en cours d'expertise qu'il estime à 10 % la réduction du volume d'eau en considérant le volume occupé par les paniers, ce qui réduit d'autant le délai avant ébullition. **L'IRSN considère que les délais d'atteinte de l'ébullition et de l'effet falaise devraient être réévalués en considérant une température initiale correspondant à la température maximale de l'eau des piscines en fonctionnement normal, le volume d'eau des piscines après densification et la puissance thermique totale à l'issue de la densification. Ce point fait l'objet de la recommandation n°6 en annexe au présent avis.**

4. CONCLUSION

Sur la base des documents examinés et en tenant compte des informations transmises par Orano au cours de l'expertise, l'IRSN considère que les options de sûreté retenues pour la densification de l'entreposage des assemblages combustibles en piscines C, D et E sont globalement convenables. En particulier, les options définies pour maîtriser l'augmentation de la réactivité due au rapprochement des assemblages combustibles et à la diminution de la lame d'eau entre ces derniers, les configurations envisagées pour l'étude de sûreté-criticité et la modification de la limite de température de l'eau des piscines en fonctionnement normal à 50°C au lieu de 45°C n'appellent pas de remarque à ce stade du projet. Nonobstant, l'IRSN a identifié des sujets qui devront être pris en compte dans le dossier qui sera transmis à l'appui de la future demande d'autorisation ; ces sujets font l'objet des recommandations rappelées en annexe à cet avis.

L'IRSN a pris en compte dans son expertise certaines questions formulées dans le cadre du SGT densification et qui concernent les options de sûreté définies dans le dossier transmis. D'autres questions formulées par le SGT densification, concernant notamment les facteurs organisationnels et humains, ne peuvent pas être traitées au stade des options de sûreté, mais le pourront dans la suite du projet.

En tout état de cause, l'IRSN rappelle que l'augmentation de la capacité d'entreposage des piscines C, D et E de La Hague ne constitue qu'une des parades retenues pour pallier le retard de la mise en service de la PEC qui constitue pour EDF la solution de référence pour l'entreposage des assemblages combustibles MOX et URE usés. Ainsi, cette parade ne saurait être envisagée que comme une solution transitoire dans l'attente de la mise en service de cette nouvelle installation d'entreposage.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Anne-Cécile JOUVE

Adjointe au Directeur de l'expertise de sûreté

ANNEXE A L'AVIS IRSN N° 2021-00089 DU 28 MAI 2021

Recommandations de l'IRSN à prendre en compte dans le dossier qui sera transmis à l'appui de la demande d'autorisation de densification des piscines C, D et E de l'établissement Orano de La Hague

Recommandation n° 1

L'IRSN recommande qu'Orano présente la cinématique de gestion des paniers à évacuer des piscines C, D et E et justifie la capacité du procédé retenu pour traiter ces paniers.

Recommandation n° 2

L'IRSN recommande qu'Orano présente les dispositions permettant de vérifier que l'ensemble des caractéristiques du nouveau panier (géométrie des paniers et des chemises, compositions des matériaux) sont conformes à l'attendu.

Recommandation n° 3

L'IRSN recommande que, pour la vérification par calcul de l'absence de déformation des chemises et du maintien fermé du couvercle en cas de chute du nouveau panier, Orano :

- justifie la qualification des codes utilisés ;
- justifie la représentativité des modèles numériques utilisés,
- présente les incertitudes associées aux résultats des simulations.

Recommandation n° 4

L'IRSN recommande que, si le recours au brumisateur est nécessaire au respect des critères de température de l'eau des piscines, Orano définisse les exigences de sûreté associées à ce système, justifie son dimensionnement et présente des éléments de qualification, notamment par grands chauds.

Recommandation n° 5

L'IRSN recommande qu'Orano définisse une efficacité minimale des systèmes de refroidissement permettant de respecter les critères de température de l'eau des piscines et présente les dispositions opérationnelles garantissant le respect de cette efficacité minimale.

Recommandation n° 6

L'IRSN recommande qu'Orano réévalue les délais d'atteinte de l'ébullition et de l'effet falaise en considérant une température initiale correspondant à la température maximale de l'eau de piscines en fonctionnement normal, le volume d'eau des piscines après densification et la puissance thermique totale à l'issue de la densification.