

Fontenay-aux-Roses, le 29 avril 2021

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

## AVIS IRSN N° 2021-00067

**Objet :** Site Orano de La Hague - INB n°118 - Atelier STE3  
**Dossier d'options de sûreté du procédé alternatif de reprise et conditionnement des boues de l'atelier STE2**

**Réf. :** [1] Lettre ASN CODEP-DRC-2020-048780 du 8 décembre 2020.  
[2] Décision ASN n°2008-DC-111 du 2 septembre 2008.  
[3] Lettre ASN CODEP-DRC-2021-004057 du 11 février 2021.  
[4] Décision ASN n°2017-DC-0587 du 23 mars 2017.  
[5] Avis IRSN/2020-00144 du 25 septembre 2020

Par la lettre citée en première référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) demande l'avis et les observations de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur le dossier d'options de sûreté (DOS) transmis par Orano Recyclage en 2019 et relatif au procédé de reprise et de conditionnement des boues (RCB) de l'ancienne station de traitement des effluents n°2 (STE2). Orano prévoit de réaliser ces opérations dans la station de traitement des effluents n°3 (STE3) de l'installation nucléaire de base (INB) n°118.

En particulier, l'ASN demande à l'IRSN d'examiner les options de sûreté retenues par l'exploitant à l'égard de :

- la maîtrise du risque de dispersion de substances radioactives ;
- la maîtrise du risque lié à la réactivité chimique des boues et à leur entreposage à très longue échéance ;
- l'adéquation des espèces chimiques présentes avec les systèmes de traitement des effluents ;
- la prudence des hypothèses sur lesquelles sont fondées les estimations du nombre de colis de boues ;
- les principes retenus pour réduire et maîtriser les impacts des rejets chimiques et radiologiques.

De l'évaluation de ce DOS, tenant compte des informations apportées par Orano au cours de l'expertise, l'IRSN retient les principaux points ci-dessous.

### 1. CONTEXTE

Conformément à la décision de l'ASN citée en deuxième référence, Orano doit avoir, à l'horizon 2030, repris et conditionné les boues actuellement contenues dans sept silos de l'INB n°38 (STE2) qui sont issues de l'exploitation de l'usine UP2-400 (INB n°33). Orano avait initialement retenu deux procédés : celui par bitumage des boues et celui par déshydratation des boues via un sécheur à couche mince, dont les poudres obtenues étaient compactées sous forme de pastilles, avant la mise en colis de stockage définitif appelé C5. Ces procédés ont toutefois été abandonnés du fait de difficultés liées à la maîtrise de la réactivité chimique de ces boues. Désormais, Orano prévoit de mettre en œuvre un procédé alternatif de RCB par centrifugation.

## 2. PROCEDE ALTERNATIF DE RCB

Les principales étapes du procédé retenues par Orano dans le DOS sont présentées ci-dessous.

Les boues sont tout d'abord prélevées dans les silos au moyen d'un équipement sous-marin pour les « déstratifier », puis transférées par pompage par « batch » (ou lot) dans une cuve du bâtiment « nouveau stockage des boues » (NSB) de l'atelier STE2 où elles sont mélangées à une préparation de lait de magnésie ( $Mg(OH)_2$ ) afin de stabiliser leur pH et garantir un milieu basique pour prévenir le risque de corrosion. **Ceci est satisfaisant, notamment au regard de « l'adéquation des espèces chimiques présentes avec les systèmes de traitement des effluents » tel que formulé par l'ASN dans sa saisine.**

Une prise d'échantillon (PE) est ensuite réalisée afin de caractériser les boues chimiquement et radiologiquement. **Les mesures qui sont réalisées à partir de cette PE sont essentielles notamment concernant la maîtrise du risque de corrosion et des risques liés à la réactivité chimique à l'issue du traitement de RCB.** Les batchs de boues non conformes sont réinjectés dans un silo ou dilués dans la cuve d'alimentation du procédé, après vérification de leur compatibilité chimique avec les boues présentes dans la capacité de réception.

Les boues sont ensuite transférées par pompage vers la cuve d'alimentation du procédé, située dans l'atelier STE3, puis introduites dans une centrifugeuse. Un flocculant est ajouté en entrée de centrifugation afin d'optimiser la clarification ultérieure des centrats (phase liquide issue de la centrifugation).

Les boues centrifugées sont ensuite coulées en étuis. Ces étuis sont fermés, puis, après un contrôle de non-contamination, acheminés et entreposés dans des alvéoles de l'atelier STE3, en un empilement en pyramide à base carrée et d'une hauteur de 5 à 7 étuis.

Les centrats issus de la centrifugation sont traités à la soude afin de précipiter les espèces métalliques solubles, puis clarifiés par microfiltration. Le rétentat ainsi formé est ensuite traité dans l'atelier STE3. Enfin, le perméat est caractérisé et traité si nécessaire avant son transfert vers les cuves de rejet en mer. **Ces principes, identiques à ceux habituellement retenus sur l'établissement d'Orano La Hague pour réduire et maîtriser les impacts des rejets chimiques et radiologiques, n'appellent pas de remarque.**

## 3. QUALIFICATION DU PROCEDE ALTERNATIF DE RCB

Orano réalise actuellement la qualification du procédé de RCB. Il a engagé des études pour le procédé d'homogénéisation et des essais de centrifugation réalisés sur des boues, dites « simulées », fabriquées selon les étapes de l'un des traitements de l'atelier STE2 (les boues réelles ne pouvant être extraites préalablement au démarrage des opérations de RCB).

**Au regard de l'importance majeure, pour la sûreté du procédé de RCB, des vérifications à réaliser à partir de la PE, l'IRSN estime que l'homogénéisation des boues, garante de la représentativité de la PE, constitue une étape clé du procédé. Les études de qualification correspondantes seront transmises au stade de la demande de modification du décret d'autorisation de création (DAC) de l'installation.**

Pour ce qui concerne l'étape de centrifugation, les essais de qualification ne tiennent pas compte de la variabilité de paramètres tels que la granulométrie ou la viscosité des boues. La centrifugeuse choisie ne disposant pas de réglages permettant de s'adapter aux variations de ces paramètres, l'ASN a demandé à Orano, par la lettre citée en troisième référence, d'évaluer la variation des données de base physiques des boues (viscosité, granulométrie...), ainsi que leur impact sur la performance du procédé de centrifugation, en particulier le taux de siccité et le taux de remplissage des étuis. **L'IRSN souligne que ces données de bases sont essentielles à l'estimation du nombre de colis, dénommés « étuis », qui seront produits par le procédé de RCB.**

**Par ailleurs, la siccité a également un effet direct sur la maîtrise du risque de réactivité chimique des boues.** Sur ce point, Orano précise que la PE permettra d'évaluer la siccité maximale atteignable par centrifugation. Si cette évaluation ne permet pas de garantir l'absence de risques liés à la réactivité chimique, les boues ne seront

pas transférées dans l'atelier STE3. Orano indique également que la siccité peut être vérifiée pour chaque étui, sans toutefois préciser si ce contrôle est systématique. **En tout état de cause, l'IRSN considère que l'absence de contrôle en fin de traitement doit reposer sur une maîtrise de l'ensemble du procédé avec un haut niveau de confiance. Ceci fait l'objet de la recommandation n°1 formulée en annexe 1 au présent avis.**

Orano présente, dans le DOS, l'estimation du nombre d'étais produits en fonction des valeurs minimales et maximales prévues de la siccité des boues. **À ce stade, compte tenu des options retenues (taux de remplissage à 90 % pour un étui de 250 L), l'IRSN considère que les hypothèses d'estimation du nombre d'étais sont raisonnablement prudentes au regard de l'état de connaissance actuel des boues et de l'avancement des études.**

S'agissant du conditionnement des boues en étuis, la décision de l'ASN citée en quatrième référence spécifie qu'un référentiel de conditionnement doit être établi par l'exploitant pour des colis de déchets radioactifs intermédiaires. Un tel référentiel n'est pas présenté dans le DOS ; Orano a précisé au cours de l'expertise qu'il statuera sur le caractère intermédiaire de l'étui après la conception du conditionnement définitif. **Préalablement au démarrage des opérations de RCB, le statut des étuis devra donc être défini et, le cas échéant, un référentiel de conditionnement établi.**

## **4. PRINCIPES DE SURETE RETENUS POUR LE PROCEDURE DE RCB**

Dans le DOS, Orano a analysé l'ensemble des risques nucléaires et non nucléaires d'origines interne et externe associés au procédé de RCB. Il a également transmis la liste des EIP existants. **Il appartiendra à Orano de réviser cette liste, ainsi que le plan de maîtrise du vieillissement associé, au stade de la demande de modification du DAC pour intégrer les EIP relatifs au procédé de RCB.**

Par ailleurs, Orano n'identifie pas dans le DOS de scénarios accidentels liés au traitement et à l'entreposage des boues issues des silos de STE2 dans l'INB n°118 et ne montre pas que la mise en œuvre du procédé de RCB n'affecte pas les situations de référence de cette installation. **À cet égard, l'IRSN souligne que la liste de ces situations et l'évaluation de leurs conséquences radiologiques devront faire l'objet d'une attention particulière au stade de la demande de modification du DAC.**

### **4.1. DISSEMINATION DES SUBSTANCES RADIOACTIVES**

Les principes de confinement des substances radioactives retenus pour le procédé de RCB reposent sur deux systèmes de confinement statique associés pour chacun d'eux à un confinement dynamique. Orano présente également les classes et familles de ventilation retenues, ainsi que les dispositions en cas de situations incidentelles. Par ailleurs, les tuyauteries actives cheminant en zone accessible aux personnels seront à double enveloppe et disposeront de moyens de récupération des éventuelles fuites.

Enfin, Orano prévoit de définir et de mettre en place un plan de surveillance de l'intégrité du confinement des étuis pendant toute leur période d'entreposage.

**À ce stade du projet, l'IRSN estime que ces principes sont globalement satisfaisants au regard de la maîtrise du risque de dispersion de substances radioactives.**

### **4.2. EXPOSITION EXTERNE**

Dans le DOS, Orano indique qu'il s'appuiera, pour optimiser l'exposition externe des personnels travaillant sur le procédé RCB, sur les limites de dose et d'exposition retenues pour l'ensemble de l'établissement de La Hague.

Orano ne présente pas de contraintes de doses individuelles<sup>1</sup> liées au procédé de RCB, et retient, sans le justifier, les limites de dose et d'exposition retenues pour l'ensemble de l'établissement de La Hague. **Ceci n'est pas satisfaisant et fait l'objet de la recommandation n°2 formulée en annexe 1 au présent avis.**

Par ailleurs, le DOS ne traite pas du transfert des boues entre le bâtiment de reprise et le bâtiment de bitumage. **Ceci n'est pas satisfaisant et fait l'objet de la recommandation n°3 formulée en annexe 1 au présent avis.**

De plus, Orano présente le terme source à différents points du procédé de RCB et la catégorisation des postes de travail en fonction de la durée d'occupation et des valeurs limites de débit d'équivalent de dose (DED). Pour un poste de travail dit « exceptionnel », il retient des valeurs limites de DED plus élevées dans le DOS (2 mSv/h) que dans le rapport de sûreté de l'INB n°118 (750 µSv/h). **Ceci fait l'objet de la recommandation n°4 formulée en annexe 1 au présent avis.**

Le dimensionnement des protections radiologiques équipant les nouveaux équipements et cellules, ainsi que la liste exhaustive des dispositifs de surveillance prévus aux postes de travail seront présentés en phase ultérieure du projet. Pour les équipements ou cellules réutilisés, Orano effectue une comparaison des termes sources pris en compte pour le dimensionnement initial de l'INB, à ceux du procédé de RCB. Orano a également présenté la synthèse d'une étude comparative de dimensionnement des alvéoles d'entreposage des étuis, fondée sur l'étude réalisée pour les colis C5. **L'IRSN estime que la comparaison des procédés « C5 » et de centrifugation n'est pas pertinente au regard des différences de procédé et des choix d'entreposage retenus à ce stade.**

### 4.3. CRITICITE

Les risques de criticité sont liés à la présence de plutonium dans les boues. Orano justifie la sûreté-criticité de ces boues par leur teneur minimale en eau et leur teneur maximale en plutonium avant et après traitement. Par ailleurs, en cas d'assèchement total (hypothèse pénalisante), il vérifie que la concentration volumique en plutonium alors obtenue est suffisamment faible pour justifier la sûreté-criticité des boues. **En tout état de cause, ces éléments sont à relier à la maîtrise du procédé de RCB, notamment à la représentativité des mesures à réaliser à partir de la PE et aux performances de la centrifugation. Ces principes n'appellent pas de remarque à ce stade du projet.**

### 4.4. RADIOLYSE

Le risque lié à l'accumulation d'hydrogène de radiolyse est étudié dans le DOS pour la cuve d'alimentation du procédé, les étuis de boues, ainsi que dans les alvéoles d'entreposage des étuis. Les nouvelles cuves seront étudiées en phase ultérieure du projet. Le risque n'est pas retenu pour les autres équipements du procédé du fait que celui-ci est continu, et qu'en cas de situation incidentelle, les lignes seront rincées.

Pour les équipements précités, Orano a calculé les délais d'atteinte de la limite inférieure d'explosivité (LIE) de l'hydrogène dans l'air. Ces calculs l'amènent à équiper les étuis de pastilles respirantes permettant l'évacuation de l'hydrogène. Ces pastilles pouvant se boucher en cas de renversement de l'étui, Orano prévoit de mettre en place des dispositions constructives, adaptées à cette situation. Par ailleurs, un plan de surveillance du vieillissement des étuis est en cours d'élaboration.

**Ceci est satisfaisant à ce stade du projet. L'IRSN relève que la méthode de calcul d'atteinte de la LIE dans les alvéoles d'entreposage est similaire à celle utilisée pour les autres alvéoles d'entreposage de l'INB n°118.**

---

<sup>1</sup> La contrainte de dose est définie à l'article R4451-3 du code du travail comme étant « une restriction définie par l'employeur à titre prospectif, en termes de dose individuelle, utilisée pour définir les options envisagées à des fins d'optimisation de la protection des travailleurs ».

## 4.5. REACTIVITE CHIMIQUE DES BOUES

Les boues contiennent des composés réducteurs pouvant faire l'objet de réactions d'oxydation exothermiques. Dans le DOS, Orano indique que ce risque est exclu avant la centrifugation, considérant que la teneur en eau est suffisante pour diluer les espèces à risques et dissiper l'énergie en cas de réaction exothermique. Par ailleurs, pour les étapes suivantes du traitement, Orano a réalisé des essais concluant à une absence de risque d'emballage réactionnel en fonctionnement normal ( $T < 50^{\circ}\text{C}$ ). **À ce stade du projet, ceci n'appelle pas de remarque.**

Pour ce qui concerne l'entreposage des étuis produits, la maîtrise du risque repose sur deux paramètres, vérifiés pour chaque batch de boues : le potentiel de réactivité et la siccité après centrifugation. Le potentiel de réactivité est évalué par des mesures calorimétriques réalisées à partir de la PE selon une méthode appelée DSC (*Differential Scanning Calorimetry*) et un protocole établi sur la base des essais réalisés sur les boues simulées. La siccité maximale atteignable après centrifugation est notamment évaluée à partir des performances attendues du procédé. **L'IRSN estime que ces options sont satisfaisantes. Toutefois les deux paramètres précités peuvent évoluer dans le temps avec le vieillissement des boues sur la durée de l'entreposage. Ceci fait l'objet de la recommandation n°5 formulée en annexe au présent avis.**

**Les options retenues par Orano n'appellent pas d'autre remarque au regard de la maîtrise de la réactivité chimique des boues.**

## 4.6. AUTRES RISQUES

L'analyse des risques liés à la manutention présentée par Orano dans le DOS sera complétée pour prendre en compte les nouveaux engins de manutention. S'agissant des scénarios incidentels retenus à ce stade, l'étui est à la fois considéré comme cible et comme source d'agression. Il sera dimensionné avec une exigence d'étanchéité aux liquides en cas de basculement et en cas de chute.

Pour ce qui concerne les risques liés à l'incendie, Orano indique dans le DOS que les équipements contenant des boues seront retenus comme cibles dans l'étude des risques liés à l'incendie qui sera réalisée. Dans ce contexte, Orano prévoit la mise en place d'un certain nombre de dispositions spécifiques au procédé de RCB, relatives au déport des sources d'ignition hors des cellules présentant des cibles radiologiques mobilisables et à la limitation de la quantité de matières combustibles. Du fait de la réactivité chimique des boues, Orano précise que des dispositions complémentaires seront retenues lors des phases ultérieures du projet, en plus de celles prévues à la conception, notamment pour les alvéoles d'entreposage.

Pour ce qui concerne les risques liés à l'explosion, Orano avait déjà fait réaliser des essais d'explosivité sur des boues simulées séchées et réduites en poudre, concluant à l'absence de risque d'explosion, sans toutefois définir le domaine de validité de ces études. Néanmoins, avec le procédé de centrifugation, Orano considère que les boues sont humides et qu'elles ne peuvent donc pas se présenter sous forme pulvérulente. Enfin, il étudie la possibilité d'utiliser un procédé de fermeture des étuis par soudure et prévoit dans ce cas un système d'extinction, similaire à celui déjà utilisé sur le site de La Hague, au regard du risque de production d'étincelles.

Enfin, Orano indique dans le DOS que les modifications du génie civil prévues pour le projet RCB, notamment l'annexe magnésienne à construire près du bâtiment NSB, ne remettront pas en cause la stabilité au séisme des bâtiments actuels. De plus, la stabilité de l'empilement des étuis sera garantie en cas de séisme pour éviter leur basculement et le bouchage de leurs pastilles (cf. § 4.4).

**L'IRSN estime que les options de sûreté présentées par Orano à ce stade du projet à l'égard de ces risques sont globalement satisfaisantes. En tout état de cause, la stabilité en cas de séisme des empilements des étuis dans leur alvéole d'entreposage devra faire l'objet d'une attention particulière.**

## 5. CONCLUSION

Sur la base du DOS examiné et des éléments recueillis au cours de l'expertise, l'IRSN considère que les options de sûreté retenues à ce stade par Orano sont globalement satisfaisantes, notamment s'agissant des sujets particuliers examinés à la demande de l'ASN. Pour la suite du projet, Orano devra prendre en compte les recommandations formulées en annexe au présent avis.

En outre, l'IRSN considère qu'Orano devrait prendre compte les observations formulées en annexe 2 au présent avis.

**IRSN**

Le Directeur général

Par délégation

Anne-Cécile JOUVE

Adjointe au Directeur de l'expertise de sûreté

## ANNEXE 1 A L'AVIS IRSN N° 2021-00067 DU 29 AVRIL 2021

### Recommandations de l'IRSN

#### Recommandation n°1

L'IRSN recommande qu'Orano réalise un contrôle de la siccité des boues en sortie de centrifugation pour le procédé de RCB.

#### Recommandation n°2

L'IRSN recommande qu'Orano justifie les valeurs de contrainte de dose individuelle retenues au regard des activités mises en œuvre dans le procédé de RCB.

#### Recommandation n°3

L'IRSN recommande qu'Orano prenne en compte, dans le cadre du procédé de RCB, l'opération de transfert des boues entre le bâtiment de reprise et le bâtiment de bitumage.

#### Recommandation n°4

L'IRSN recommande qu'Orano mette en cohérence la catégorisation des postes de travail en fonction des limites de débits d'équivalent de dose, présentée pour le procédé de RCB, avec le référentiel de sûreté de l'atelier STE3.

#### Recommandation n°5

L'IRSN recommande qu'Orano intègre au plan de surveillance des étuis issus du procédé de RCB, un suivi de l'évolution de la réactivité chimique et de la siccité des boues, afin de justifier le respect, pendant toute la durée de l'entreposage, des limites associées à leur domaine de stabilité.

## ANNEXE 2 A L'AVIS IRSN N° 2021-00067 DU 29 AVRIL 2021

### Observations de l'IRSN

#### Observation n°1

L'IRSN estime qu'Orano devrait établir un sens d'air de la cellule du garage pont vers celle de la centrifugeuse du procédé de RCB, afin de limiter le transfert de contamination atmosphérique vers le garage pont.

#### Observation n°2

- i. L'IRSN estime qu'Orano devrait conforter l'utilisation de l'équipement de mesures calorimétriques utilisé dans le procédé de RCB pour les boues, par des essais sur un dispositif adiabatique ou pseudo-adiabatique.
- ii. L'IRSN estime qu'Orano devrait définir le critère à appliquer aux mesures calorimétriques réalisées sur les boues avant leur traitement par centrifugation, pour garantir l'absence de risque lié à la réactivité chimique de ces boues après leur conditionnement en étuis.

#### Observation n°3

L'IRSN estime qu'Orano devrait justifier les marges de sécurité relatives à la siccité des boues issues du procédé de RCB en tenant compte :

- des incertitudes associées à la détermination des siccités critique et de seuil ;
- de la perte en eau dans les étuis lors de leur entreposage.

#### Observation n°4

L'IRSN estime qu'Orano devrait définir un critère de siccité maximale pour s'affranchir du risque d'explosion des boues issues du procédé de RCB.

#### Observation n°5

L'IRSN estime que le choix d'un procédé de fermeture par soudure des étuis issus du procédé de RCB devrait être justifié au regard des risques liés à l'explosion d'hydrogène de radiolyse produit par les boues contenues dans les étuis.