



RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE

Liberté  
Égalité  
Fraternité

**IRSN**  
INSTITUT DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Fontenay-aux-Roses, le 31 juillet 2023

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

## AVIS IRSN N° 2023-00125

**Objet :** CEA/Cadarache - INB n° 37-A / Station de traitement des déchets solides (STD)  
 Mise en exploitation de la nouvelle cellule d'injection de colis de déchets 870 litres faiblement irradiants

**Réf. :** Lettre ASN CODEP-MRS-2023-017533 du 31 mars 2023.

Par lettre citée en référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) sollicite l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur les documents transmis en support à la demande d'autorisation du Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA), de mise en exploitation de la nouvelle cellule d'injection dite « FI » dans l'installation nucléaire de base (INB) n° 37-A. L'ASN demande que soient plus particulièrement examinés « *le confinement statique et dynamique du local E15, la radioprotection des travailleurs et la tenue au séisme des boîtes à gants* ».

De l'évaluation de ces documents, tenant compte des informations recueillies au cours de l'expertise, l'IRSN retient les points suivants.

### 1. CONTEXTE

L'INB n° 37-A, également appelée station de traitement des déchets solides (STD), est située sur le centre du CEA de Cadarache et comprend deux bâtiments principaux accolés : les bâtiments 313 et 313-Extension. Cette installation assure notamment le traitement de déchets solides de moyenne activité à vie longue (MAVL), faiblement irradiants (FI), par injection de mortier « FI », précédée si besoin d'un compactage<sup>1</sup>, dans des conteneurs 870 litres (870 L). L'injection de mortier « FI » dans les colis de déchets 870 L FI vracs<sup>2</sup> ou compactés<sup>3</sup> est actuellement réalisée dans un local dédié du bâtiment 313. Les colis 870 L FI ainsi constitués sont ensuite entreposés dans l'installation avant leur transfert dans l'INB n° 164 (CEDRA) en vue de leur stockage dans le futur centre de stockage CIGEO de l'ANDRA.

<sup>1</sup> Le compactage des déchets FI et le traitement des déchets moyennement irradiants (MI) sont réalisés dans le bâtiment 313-Extension.

<sup>2</sup> Contenant des déchets en vrac, préconditionnés dans des conteneurs métalliques de 870 L chez les producteurs d'origine, et réceptionnés dans l'INB 37-A en vue du conditionnement final par injection de mortier.

<sup>3</sup> Contenant des déchets préconditionnés en fûts de 100 L chez les producteurs d'origine, et réceptionnés dans l'INB n° 37-A en vue du conditionnement final par compactage sous la presse 5 000 kN dans des conteneurs métalliques de 870 L, puis injection de mortier.

MEMBRE DE  
**ETSON**

Le projet de rénovation de la STD, dénommé PAGODE, engagé par le CEA à l'issue du deuxième réexamen périodique<sup>4</sup>, prévoit notamment le réaménagement de la fonction d'injection FI dans une zone de la STD renforcée au séisme. Ainsi, la nouvelle cellule d'injection FI sera implantée dans le bâtiment 313-Extension. La sûreté de la STD rénovée, comprenant la nouvelle cellule d'injection FI, a fait l'objet d'une expertise de l'IRSN en 2019 à la suite de laquelle l'ASN a autorisé le CEA à entreprendre les travaux de rénovation.

Le CEA souhaite mettre en service la nouvelle cellule d'injection FI sans attendre l'achèvement des travaux de rénovation de la STD. En effet, selon le calendrier du projet, certains travaux (renforcements sismiques du bâtiment 313-Extension, rénovation de l'alimentation électrique et des ventilations, dépose de la cellule d'injection FI actuelle...) n'auront pas été réalisés à ce stade. Le CEA prévoit ainsi une phase d'exploitation intermédiaire de la nouvelle cellule, estimée à quelques mois, avant l'arrêt total de l'exploitation de la STD pour la réalisation complète de la rénovation. **La mise en service de la nouvelle cellule au cours de cette phase intermédiaire fait l'objet du présent avis.**

## 2. NOUVELLE CELLULE D'INJECTION FI

La nouvelle cellule d'injection FI et la panoplie de rinçage de sa ligne d'injection de mortier seront implantées respectivement dans un local réaménagé du bâtiment 313-Extension et dans un local à construire sur une plateforme extérieure située à l'ouest de ce bâtiment. L'injection de mortier dans les colis de déchets 870 L FI sera dorénavant réalisée dans une boîte à gants (BAG « injection »), ce qui constitue une amélioration par rapport à l'existant, communiquant avec une deuxième BAG (BAG « sas ») formant un sas pour l'entrée/sortie des colis. La capacité de la cellule d'injection sera limitée à quatre colis (au lieu de cinq pour la cellule actuelle). Les réseaux de ventilation de l'injection FI (ambiance pour le local et procédé pour les deux BAG) seront raccordés aux réseaux de ventilation (ambiance et procédé) du bâtiment 313-Extension.

L'injection de mortier dans les colis 870 L FI requiert le retrait préalable, dans la BAG « injection », des bouchons de chaque colis, puis la mise en place d'entonnoirs d'injection et d'évent. Le mortier sera injecté dans le colis à l'aide d'une pompe raccordée à une boucle de circulation de mortier. Après une durée de séchage de 30 heures en BAG « injection », les colis sont sortis de BAG. La dépose des entonnoirs et la remise en place des bouchons du colis seront réalisées dans la cellule d'injection FI, en dehors des BAG, la 1<sup>ère</sup> de ces opérations constituant une rupture de confinement. De plus, un poste de démoulage temporaire<sup>5</sup>, servant au retrait du mortier des entonnoirs après injection et séchage des colis, sera implanté dans la cellule d'injection, également en dehors des BAG.

## 3. EVALUATION DE SURETE

### 3.1. RISQUES DE DISSEMINATION DE SUBSTANCES RADIOACTIVES

Dans la nouvelle cellule d'injection, le confinement des déchets FI est en premier lieu assuré par :

- les colis 870 L FI munis de leurs bouchons, lors de leur entreposage ou de leurs transferts ;
- la BAG « injection » et sa ventilation, lors de l'injection de mortier, du séchage de celui-ci, ainsi que lors du rinçage de la ligne d'injection.

---

<sup>4</sup> Le deuxième réexamen périodique de l'INB n°37-A ayant montré la nécessité de réaliser d'importants travaux de rénovation des structures de l'installation à l'égard des agressions sismiques, climatiques et d'incendie, afin d'en poursuivre l'exploitation dans des conditions de sûreté satisfaisantes, le CEA a retenu de renforcer une partie des structures existantes de l'installation et d'en créer de nouvelles (projet PAGODE).

<sup>5</sup> Dans la STD rénovée, le poste de démoulage des entonnoirs sera implanté dans le futur local de reconditionnement qui sera lui-même implanté dans le bâtiment 313.

Il est assuré en second lieu par la cellule d'injection elle-même et sa ventilation. À cet égard, la nouvelle cellule d'injection FI est classée élément important pour la protection (EIP).

Dans l'analyse de sûreté transmise en support de la demande de mise en service de la nouvelle cellule d'injection FI, le CEA identifie un risque de dissémination lié à la mise en suspension de mortier sec potentiellement contaminé lors du retrait et du démoulage des entonnoirs. Sur ce sujet, il précise que lorsqu'un colis se trouve en dehors des BAG et que ses bouchons n'ont pas encore été remis en place, la cellule d'injection FI et sa ventilation assurent le confinement. Au cours de l'expertise, le CEA a complété son analyse en évaluant les niveaux de contamination lors des opérations sur les entonnoirs (en fonctionnement normal et en situation incidentelle) et a conclu qu'ils ne mettent pas en cause le dimensionnement de la ventilation de la cellule. De plus, le CEA réalisera, par échantillonnage, des analyses en laboratoire afin de déterminer le niveau de contamination des cônes de mortier récupérés après injection. **Ces éléments n'appellent pas de remarque.**

S'agissant du risque d'exposition interne des opérateurs, le CEA prescrit le port d'un équipement de protection des voies respiratoires (EPVR) dans la nouvelle cellule d'injection FI pendant les opérations sur les entonnoirs et lors des contrôles radiologiques réalisés sur les colis 870 L FI et les entonnoirs déconnectés. D'une manière générale, l'IRSN n'estime pas satisfaisant que, pour une installation récente ou rénovée, les intervenants en charge d'opérations à caractère disséminant ne bénéficient pas de disposition collective de prévention du risque de contamination interne et soient contraints de porter un EPVR. Toutefois, dans la mesure où les enjeux radiologiques liés aux opérations précitées sont limités, **l'IRSN estime que cette situation peut être tolérée. En tout état de cause, il appartiendra au CEA de s'assurer, pour la mise en service de la STD rénovée, de l'absence de contamination radiologique significative accumulée dans les entonnoirs chargés de mortier, sur la base du retour d'expérience (REX) acquis durant l'exploitation de la nouvelle cellule d'injection FI en phase intermédiaire (en valorisant notamment les contrôles radiologiques réalisés sur les colis 870 L FI injectés et les entonnoirs, ainsi que les analyses des échantillons prélevés sur les cônes de mortier après démoulage).**

Par ailleurs, au cours de la phase intermédiaire, bien que le hall FI ne soit pas encore relié à un réseau de ventilation nucléaire, il sera en communication avec la nouvelle cellule, sans sas, ce qui pourrait conduire à des inversions de cascades de dépression et à une contamination du hall FI. Sur ce point, le CEA considère que le respect des consignes d'ouverture ou de fermeture des accès à la nouvelle cellule permettra de garantir le maintien des cascades de dépressions entre les différents locaux de la STD. **Au regard des enjeux radiologiques modérés liés aux opérations sur les entonnoirs, l'IRSN estime que, dans le cas présent, les dispositions prévues peuvent être acceptées.**

**Les autres dispositions de maîtrise du risque de dissémination de substances radioactives présentées (surveillance radiologique, etc.) sont globalement acceptables.**

### **3.2. RISQUES D'EXPOSITION AUX RAYONNEMENTS IONISANTS**

À l'instar de la cellule d'injection FI actuelle, les risques d'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants sont liés à l'irradiation des colis 870 L FI et à la dissémination potentielle de substances radioactives durant les opérations d'injection de mortier.

Le dimensionnement des protections radiologiques dans les nouveaux locaux est fondé sur un débit d'équivalent de dose (DED) au contact d'un colis 870 L FI issu du REX d'exploitation de la STD actuelle (0,03 mSv/h), bien inférieur à celui indiqué dans le rapport de sûreté (2 mGy/h). En cas de traitement de colis 870 L FI présentant un DED supérieur à celui retenu pour le dimensionnement, le CEA indique qu'il ne prévoit pas de disposition complémentaire au vu de l'enjeu dosimétrique limité, **ce que l'IRSN considère acceptable pour les opérations qui se dérouleront dans la nouvelle cellule d'injection FI.**

Par ailleurs, **l'IRSN estime que le CEA devrait classer EIP les protections radiologiques constituées par la cellule d'injection FI et ses BAG au titre de la protection contre les risques d'exposition externe aux rayonnements ionisants, et présenter, dans le référentiel de sûreté, les hypothèses du dimensionnement de ces protections.**

S'agissant du zonage « déchets », le CEA classe la nouvelle cellule d'injection FI en zone contaminante. Il justifie ce classement par l'absence, en sortie de la BAG « sas », de contrôle radiologique des colis 870 L FI sur la totalité de leur surface (socle non vérifié). Or il ne prévoit pas non plus un tel contrôle en sortie de la nouvelle cellule d'injection FI, alors qu'il est mis en œuvre pour le procédé actuel d'injection FI. **L'IRSN estime que le CEA devrait définir les modalités de contrôle de l'absence de contamination des colis 870 L FI constitués, avant leur sortie de la nouvelle cellule d'injection FI.**

Enfin, **l'IRSN estime acceptable l'absence de balise de surveillance de l'irradiation dans la nouvelle cellule d'injection FI, dans la mesure où le DED de chaque colis 870 L FI à traiter est inscrit sur celui-ci et où, par la nature des opérations réalisées, aucun risque d'évolution rapide de l'ambiance radiologique n'est à redouter.**

### 3.3. CRITICITE

Le CEA considère que la mise en service de la nouvelle cellule d'injection FI n'a pas d'incidence sur la maîtrise du risque de criticité et ne conduit pas à modifier les dispositions de maîtrise de ce risque. **Ceci n'appelle pas de remarque.**

### 3.4. RISQUE D'EXPLOSION LIE A LA PRODUCTION DE DIHYDROGENE

Pour mémoire, les colis 870 L FI sont susceptibles de produire du dihydrogène par radiolyse et par réaction entre l'aluminium présents dans les déchets et le mortier. Ceci induit un risque d'explosion.

Dans le dossier de sûreté transmis, le CEA réévalue le risque d'explosion dans la nouvelle cellule d'injection FI et les BAG « sas » et « injection » pour tenir compte de l'incidence de l'injection de mortier en BAG. Il considère une limite inférieure admissible de concentration en dihydrogène de 2 %, la limite inférieure d'explosivité (LIE) étant de 4 %. Il en conclut que, lorsque la ventilation est en fonctionnement, les concentrations maximales en dihydrogène seront de l'ordre de 0,01 %, ce qui exclut, selon lui, le risque d'explosion. Par ailleurs, en cas d'indisponibilité de la ventilation, une concentration de 2 % ne serait atteinte qu'au bout de plusieurs dizaines de jours. En conséquence, le CEA retient une durée maximale autorisée d'indisponibilité de la ventilation de 1 mois. **Ces éléments n'appellent pas de remarque s'agissant du risque d'explosion dans l'atmosphère de la nouvelle cellule d'injection FI ou des BAG.**

Toutefois, le CEA n'a pas analysé le risque de formation d'une atmosphère explosive d'hydrogène dans la cloche d'évent connectée de manière étanche à l'entonnoir d'évent et dans la portion de la ligne d'injection de mortier jusqu'à sa première vanne (qui sera fermée en cas d'arrêt de la ventilation). Sur ce sujet, l'IRSN considère que le dihydrogène formé dans les colis s'échappera préférentiellement par les ouvertures situées en partie haute de celui-ci et donc *a priori* par les trous d'évent et d'injection. De plus, la présence d'une caméra constitue une source d'ignition dans la cloche d'évent. **Ces éléments conduisent l'IRSN à formuler la recommandation en annexe au présent avis.**

### 3.5. TENUE AU SEISME DES BOITES A GANTS

Pour mémoire, la stabilité de la nouvelle cellule d'injection FI sera acquise à la fin des travaux de renforcements de l'ensemble des locaux de l'installation. Dans le cadre de l'instruction liée à la mise en œuvre des travaux PAGODE, le CEA a présenté une étude du comportement en cas de séisme des BAG « injection » et « sas », et de leurs ancrages, sur la base de calculs établis à partir d'une modélisation aux éléments finis. Cette étude a été réalisée (hors zones d'ancrage) en application de l'Eurocode 3. Or certains critères de résistance mécanique de l'Eurocode peuvent être permissifs, notamment à l'égard de la plastification, voire de la rupture de certains assemblages. Ils ne sont donc pas adaptés pour justifier une exigence de stabilité des BAG en cas de séisme. Aussi, le maintien des BAG et de leurs liaisons dans le domaine élastique doit être garanti en cas de séisme.

Au cours de la présente expertise, le CEA a complété son analyse en présentant des contraintes obtenues inférieures à la limite d'élasticité des matériaux constitutifs, avec cependant quelques dépassements locaux qu'il a jugés non significatifs. Pour les liaisons soudées, il a précisé les exigences constructives associées. S'agissant

des chevilles d'ancrage au sol, le calcul aux éléments finis a permis au CEA de définir des sollicitations enveloppes pour chaque BAG. La tenue des chevilles d'ancrage a ensuite fait l'objet d'une analyse spécifique.

**L'IRSN considère que les calculs et dispositions constructives présentés par le CEA permettent *in fine* de garantir la stabilité et la non-projectilité des BAG « sas » et « injection » en cas de séisme de dimensionnement, de même que le maintien en position du colis 870 L FI à l'intérieur de la BAG « injection ».**

### **3.6. FACTEURS ORGANISATIONNELS ET HUMAINS (FOH)**

Le CEA a réalisé des études FOH couvrant les différentes phases de la rénovation de la STD. La démarche mise en œuvre a consisté à identifier les défaillances humaines redoutées et définir les dispositions de prévention, de détection/surveillance et de limitation des conséquences associées. Les exigences FOH qui en sont issues seront déclinées dans les programmes d'essais à venir. **La démarche du CEA n'appelle pas de remarque.**

## **4. ESSAIS PREALABLES A LA MISE EN EXPLOITATION**

Avant la mise en service, le CEA prévoit la réalisation d'essais en inactif qui porteront sur les équipements EIP ou non EIP, les FOH et la réalisation de colis factices, **ce qui est satisfaisant**. Toutefois, le programme d'essais ne couvre pas le test de fonctionnement de l'interverrouillage des portes guillotines des BAG « sas » et « injection ». **L'IRSN estime que le CEA devrait compléter le programme d'essais pour intégrer ce test.**

## **5. CONCLUSION**

De l'expertise du dossier de sûreté transmis, tenant compte des compléments apportés par le CEA, l'IRSN considère que les dispositions de sûreté définies pour l'exploitation de la nouvelle cellule d'injection FI avant la finalisation de la rénovation de l'INB n° 37-A sont acceptables, sous réserve de la prise en compte de la recommandation formulée dans le présent avis relative au risque d'explosion lié à la production de dihydrogène.

**IRSN**

Le Directeur général

Par délégation

Anne-Cécile JOUVE

Adjointe au Directeur de l'expertise de sûreté

## **ANNEXE A L'AVIS IRSN N° 2023-00125 DU 31 JUILLET 2023**

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

L'IRSN recommande que le CEA étudie, pour la nouvelle cellule d'injection FI de l'INB n° 37-A, le risque de formation d'une atmosphère explosible de dihydrogène dans la cloche d'évent et dans la portion de ligne d'injection jusqu'à la première vanne, pendant l'injection et les premières heures de séchage, en cas de perte de ventilation du procédé. Le cas échéant, des dispositions de maîtrise de ce risque devront être mises en œuvre.