

Fontenay-aux-Roses, le 14 avril 2023

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

## AVIS IRSN N° 2023-00052

---

**Objet :** Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra)  
Centre de stockage de l'Aube (CSA) – INB n°149  
Demande d'autorisation relative à la prise en charge de colis de sources scellées usagées de  $^{60}\text{Co}$  de forte activité conditionnées en paniers TWB

---

**Réf. :** Lettre ASN CODEP-CHA-2022-056163 du 18 novembre 2022

---

Par lettre citée en référence, vous demandez l'avis de l'IRSN sur le dossier transmis par l'Andra en support de sa demande d'autorisation, au titre des articles R593-55 à R593-58 du code de l'environnement et de la décision ASN n°2017-DC-0616, de prise en charge de colis de sources scellées usagées de forte activité au centre de stockage de l'Aube (CSA). Vous demandez notamment que soient examinées l'acceptabilité des sources en objet de la présente demande pour un stockage au CSA ainsi que la maîtrise des risques liés à la prise en charge pour stockage en ouvrage bétonné de ces colis présentant des écarts au référentiel colis du CSA.

### 1. CONTEXTE

La demande d'autorisation en objet porte sur la réception, le conditionnement et le stockage au CSA de sources solides scellées de cobalt 60 ( $^{60}\text{Co}$ , demi-vie évaluée à 5,27 ans<sup>1</sup>) de forte activité.

La première partie de l'inventaire en objet de la présente demande d'autorisation, qui concerne 39 sources, se situe au sein de 19 appareils qualifiés par l'Andra d'indémontables et ayant été utilisés par le passé en tant qu'irradiateurs, conteneurs ou jauges, de dimensions centimétriques à métriques, desquels les sources n'ont pas pu être extraites. Ces « indémontables » sont répartis au sein de 5 paniers dits « TWB<sup>2</sup> », illustrés par la figure 1 en annexe au présent avis, et calés par des plaques, centreurs et/ou châssis en acier adaptés aux dimensions de chacun des indémontables. La seconde partie de l'inventaire concerne 462 sources, présentant chacune une activité inférieure à 0,1 MBq, réparties dans 21 boîtes métalliques de 1 L. Ces boîtes ont été placées dans une structure en acier fixée à celle d'un panier TWB et jouxtant un indémontable de type irradiateur.

---

<sup>1</sup> D'après la base de données JEFF (Joint Evaluated Fission and Fusion) de l'agence pour l'énergie nucléaire (AEN)

<sup>2</sup> Dénomination commerciale du panier utilisé

La demande d'autorisation en objet prévoit le transport unitaire de chacun des 5 paniers TWB dans le colis de transport PS-16 jusqu'au site du CSA, où chaque panier TWB est transféré dans un caisson de 5 m<sup>3</sup> puis injecté par un coulis cimentaire avant stockage définitif.

La demande en objet intervient dans le cadre du désentreposage des sources de <sup>60</sup>Co de l'installation CIS-Bio International et fait suite à deux précédentes demandes d'autorisation qui ont porté sur l'acceptation et le stockage d'environ 8 000 sources et rebuts de fabrication conditionnés en conteneurs SV69 d'une part, et de 164 sources conditionnées en conteneurs SV34 et un indémontable OTER d'autre part (avis IRSN 2019-00179 et IRSN 2021-00076). L'Andra a été autorisée à les stocker et leur prise en charge au CSA a eu lieu entre 2019 et 2022.

L'examen par l'IRSN des éléments transmis par l'Andra appelle les commentaires suivants.

## 2. CARACTERISTIQUES DES SOURCES

Les sources de <sup>60</sup>Co en objet de la présente demande d'autorisation ont été fabriquées en réacteur par activation neutronique de cobalt stable (<sup>59</sup>Co) présenté sous forme de disques ou de grains. Préalablement, certains de ces objets ont été recouverts d'une couche de 5 µm d'épaisseur de nickel stable dans l'objectif d'en améliorer les caractéristiques mécaniques, engendrant par activation conjointe une activité en nickel 59 (<sup>59</sup>Ni, demi-vie évaluée à 76 000 ans ± 5 000 ans<sup>1</sup>) et en nickel 63 (<sup>63</sup>Ni, demi-vie évaluée à 98,7 ± 2,4 ans<sup>1</sup>).

Les activités en <sup>60</sup>Co des sources contenues dans les boîtes de 1 L ont été estimées par spectrométrie gamma, ce qui a également permis de vérifier qu'elles correspondaient bien à des sources de <sup>60</sup>Co. Les valeurs des activités des sources situées dans les indémontables sont issues de documents associés à leur utilisation, lorsque ceux-ci étaient disponibles (6 indémontables concernés), tels que des cahiers de manipulations et des certificats de reprise, qui comportent un numéro de source associé à une activité à une date donnée. L'Andra indique qu'en l'absence de documentation (13 indémontables concernés), les activités en <sup>60</sup>Co ont été estimées grâce à des mesures par spectrométrie gamma. Chacun de ces indémontables a fait l'objet d'au moins deux mesures (en deux points distincts) par spectrométrie gamma et d'une modélisation (tenant compte du nombre et de la localisation des sources, du type et des dimensions des protections biologiques et des isolants thermiques...) permettant d'obtenir *in fine* l'activité de(s) source(s) qu'il contient. Pour la majorité des indémontables, les informations nécessaires à la modélisation ont été obtenues à partir de plans. L'Andra précise que pour trois d'entre eux, une partie de ces informations n'est pas connue et les activités retenues sont donc entachées d'une incertitude importante. Ainsi, parmi ces trois indémontables, la géométrie de deux jauges n'est pas connue et a été reconstituée à partir d'hypothèses dont le caractère enveloppe vis-à-vis de l'activité en <sup>60</sup>Co estimée ne peut être démontré. Toutefois, l'activité mesurée des sources contenues dans ces jauges est faible (10<sup>-5</sup> TBq) au regard des sources contenues dans les autres indémontables (jusqu'à 30 TBq). Pour le troisième cas, l'existence de plans a permis de modéliser l'appareil de manière fiable mais le nombre de sources qu'il contient n'étant pas connu, l'activité en <sup>60</sup>Co estimée est attribuée par l'Andra à l'activité totale contenue dans l'indémontable. **L'IRSN estime que les méthodes employées pour reconstituer l'activité en <sup>60</sup>Co des objets concernés par la présente demande d'autorisation relèvent de l'état de l'art et sont satisfaisantes.**

Les activités en <sup>59</sup>Ni et <sup>63</sup>Ni des sources ont été estimées par l'Andra à partir des mêmes hypothèses que celles présentées dans deux précédentes demandes d'autorisation, selon une démarche de corrélation avec leur activité en <sup>60</sup>Co. L'Andra considère notamment que les sources de l'inventaire correspondent à des grains enrobés de nickel (maximisant ainsi le rapport des quantités nickel/cobalt), exposés à un flux neutronique correspondant au flux moyen du réacteur Célestin pendant une durée d'irradiation de 2 400 jours. L'IRSN estime, comme dans ses avis 2019-00179 et 2021-00076 précités, que la méthode proposée par l'Andra permet effectivement d'obtenir des estimations enveloppes des activités en <sup>59</sup>Ni et <sup>63</sup>Ni des sources issues des réacteurs Célestin. Concernant les sources produites au sein de réacteurs étrangers pouvant présenter des paramètres d'activation différents (le flux neutronique de certains réacteurs étant d'un ordre de grandeur supérieur à celui de Célestin), l'IRSN estime comme lors de ses précédents avis que les hypothèses très enveloppes retenues par l'Andra pour les autres paramètres (rapport entre les quantités de nickel et de cobalt, durée de passage en

réacteur) permettent de considérer que la méthode d'estimation des activités en  $^{59}\text{Ni}$  et  $^{63}\text{Ni}$  est valable pour les sources produites à l'étranger.

### 3. MAITRISE DES RISQUES LIES AUX OPERATIONS DE RECEPTION ET DE CONDITIONNEMENT DES SOURCES

#### *Description des opérations de réception, de conditionnement et de stockage*

A son arrivée au CSA, le camion chargé d'un colis de transport PS-16 est orienté, après contrôle des documents d'expédition, vers le bâtiment de transit. A cet égard, l'Andra a précisé au cours de l'expertise que, compte tenu du retour d'expérience de l'organisation des précédentes prises en charge de colis de sources SV34 et SV69 au bâtiment de transit et du faible nombre de colis concernés par la présente demande (5 paniers TWB), l'option de conditionnement dans le local C024 ne sera pas utilisée. La remorque est d'abord dételée pour permettre au tracteur du camion de sortir du bâtiment. Le colis de transport PS-16 est désarrimé, élingué puis posé au sol. Il est ensuite ouvert et le panier TWB contenant les sources scellées est élingué et déposé au sol. Les plaques de calage mises en place dans le panier TWB avant son expédition pour améliorer la stabilité des objets transportés en cas d'accident de transport sont retirées par deux opérateurs au sol. Le panier est ensuite de nouveau élingué pour être placé en caisson métallique de  $5\text{ m}^3$ . Le colis de transport PS-16 est refermé et chargé sur la remorque, puis confié au transporteur pour réexpédition. Le caisson de  $5\text{ m}^3$  est transféré au hall C024 pour y être injecté puis le colis final est stocké en ouvrage de stockage bétonné selon les procédures existantes au CSA.

#### *Radioprotection des travailleurs en fonctionnement normal*

Les dispositions de protection prévues par l'Andra pour limiter le risque d'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants sont les mêmes que lors des précédentes demandes d'autorisation de stockage de sources scellées acceptées en 2019 et 2021 : la formation et l'expérience des opérateurs grâce à la réalisation d'essais à blanc permettant un gain de temps d'exposition significatif, la limitation de l'ambiance radiologique au niveau de la zone de travail (hors présence des sources) à environ  $1\ \mu\text{Sv/h}$ , le marquage avant expédition des éventuels points chauds au contact des paniers (débit d'équivalent de dose au contact  $> 400\ \mu\text{Sv/h}$ ) permettant aux opérateurs de les identifier le cas échéant et d'éviter toute exposition non nécessaire. L'IRSN relève que les estimations prévisionnelles de dose présentées par l'Andra, établies selon la même méthode que celle utilisée lors des précédentes demandes, sont faibles ( $19\ \mu\text{Sv}$  pour l'agent le plus exposé) et que les doses effectivement reçues lors des réceptions des colis de sources scellées en 2021 présentées par l'Andra sont significativement inférieures aux estimations prévisionnelles qui leur étaient attachées. **Ceci n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

#### *Risques liés à la dissémination de substances radioactives en fonctionnement normal*

S'agissant des indémontables, l'Andra considère que la maîtrise de la dissémination de substances radioactives contenues dans les sources en fonctionnement normal est portée par le caractère « indémontable » de ces objets, qui leur a été attribué à l'issue de tentatives infructueuses d'extraction des sources. S'agissant des boîtes de 1 L, l'Andra considère que le confinement est assuré par les sources qu'elles contiennent, chacune d'entre elles ayant fait l'objet d'un contrôle de non-contamination avant d'être placée dans une boîte, entre 2017 et 2018.

L'Andra indique que des contrôles d'activité surfacique seront effectués à plusieurs reprises lors des opérations de déchargement des paniers TWB et de conditionnement effectuées au CSA et notamment sur le colis de transport PS-16 avant et après son déchargement, sur le panier TWB contenant les sources scellées avant et après son retrait du colis de transport ainsi que sur le caisson de  $5\text{ m}^3$  après injection et avant stockage.

**Au regard des éléments ci-dessus, l'IRSN estime que les dispositions prévues par l'Andra pour la maîtrise du risque de dissémination de substances radioactives au cours des opérations de réception, de conditionnement et de stockage en fonctionnement normal sont satisfaisantes.**

#### *Risques liés à la dissémination de substances radioactives en cas de chute*

L'Andra indique que chaque indémontable est fixé à son panier TWB par un système qui lui est spécifique et qui est composé d'un ou de plusieurs éléments tels que des châssis, des brides, des vis ou encore des plaques de blocage, le rendant ainsi solidaire du panier. Au cours de l'expertise, l'Andra a en outre indiqué que les ouvertures des indémontables sont bloquées par différents moyens comme la mise en place d'un élément directement sur l'indémontable (capot ou blocage de la porte), ou par une orientation au sein du panier de telle sorte que l'ouverture se trouve face à une plaque ou à un autre indémontable. S'agissant des boîtes de 1 L, elle indique qu'elles sont positionnées dans des cadres mécanosoudés à la structure du panier TWB et placés entre une plaque supérieure et une plaque inférieure afin de les bloquer (illustration en figure 2 de l'annexe au présent avis). L'Andra ajoute que les boîtes de 1 L ont fait l'objet d'essais de chute à 1,5 m de hauteur concluant à l'absence d'ouverture du couvercle. Elle précise enfin que les paniers TWB seront manutentionnés lors des opérations de réception et de conditionnement au maximum à 2,2 m de hauteur et que ces opérations se dérouleront à faible vitesse et sur une faible distance. Sur cette base, l'Andra exclut la sortie d'une source scellée hors d'un indémontable ou d'une boîte de 1 L en cas de chute du panier TWB. En l'absence de test de chute sur les paniers TWB, sur les indémontables et sur les boîtes de 1 L à une hauteur représentative de la hauteur de manutention maximale prévue, **l'IRSN estime que les dispositions prises par l'Andra, bien qu'elles soient de nature à limiter l'ouverture des indémontables et des boîtes de 1 L, ne permettent pas d'exclure la sortie d'une source hors d'un indémontable ou d'une boîte de 1 L en cas de chute.**

Au cours de l'expertise, l'Andra a présenté une évaluation des conséquences aux opérateurs qui seraient causées par l'exposition externe directe des travailleurs à la source présentant l'activité la plus élevée. Les conséquences en termes de dose pour les deux seuls opérateurs présents sont de 2,9 mSv en 2 min 30 s de durée d'exposition pour le pontier et de 8,4 mSv en 1 min 10 s pour le chargé de manœuvre au sol. L'Andra prend l'hypothèse que ce dernier se trouve au départ à 1 m de la source, alors que la consigne lui est donnée de rester à 10 m du panier TWB lorsque celui-ci est manutentionné à plus de 1,5 m de hauteur. Elle a précisé qu'aucune co-activité dans le bâtiment de transit n'aura lieu lors des opérations de manutention et que les opérateurs n'y participant pas ne seront pas présents dans le bâtiment. De plus, l'Andra a précisé que des consignes d'évacuation immédiate en cas de chute seront données aux opérateurs lors d'un « pré-job briefing » spécifique qui aura lieu juste avant le début de chaque opération de réception d'un panier TWB. L'IRSN note que l'activité de la source considérée dans ce scénario est du même ordre de grandeur que l'activité totale maximale des paniers TWB. Les durées d'exposition retenues par l'Andra sont en outre cohérentes avec les durées retenues de manière générale par l'Andra dans son référentiel de sûreté pour les scénarios accidentels de chute dans un local fermé. L'IRSN estime par ailleurs que la distance entre la source et l'opérateur considérée par l'Andra est pénalisante au regard de la consigne spécifiquement donnée pour cette opération. Aussi, et au regard des dispositions prises par l'Andra, l'IRSN convient que le scénario d'exposition considéré par l'Andra conduit à une estimation enveloppe des conséquences radiologiques que pourraient subir les opérateurs.

**En conclusion, au regard des éléments présentés par l'Andra, l'IRSN considère que les opérations de manutention prévues sont acceptables.**

#### *Risques liés à l'incendie*

Dans son dossier en support à la présente demande d'autorisation, l'Andra indique, comme lors des précédentes demandes d'autorisation de stockage de sources scellées acceptées en 2019 et 2021, que la charge calorifique est limitée à proximité des colis (le tracteur du camion est évacué préalablement aux opérations de

déchargement, les armoires électriques sont à plus de 5 m de la zone de conditionnement) et que des moyens d'intervention adaptés à la lutte contre l'incendie sont disponibles à proximité des colis. **Ces dispositions n'appellent pas de remarque.**

## 4. ACCEPTABILITE DES SOURCES EN STOCKAGE

Les prescriptions techniques (PT) et les spécifications d'acceptation des colis de déchets radioactifs au CSA régissent l'acceptabilité des sources scellées en stockage. Par la présente demande d'autorisation, l'Andra demande une dérogation aux exigences suivantes :

- absence d'autres déchets radioactifs ;
- respect de la limite d'activité des sources (LAS) en  $^{63}\text{Ni}$  ;
- absence de vide au sein des colis.

S'agissant d'autres déchets radioactifs que les sources, les protections biologiques des indémontables que l'Andra prévoit de stocker représentent au total 1,1 tonne d'uranium appauvri. L'Andra indique que chacun des colis respecte la limite maximale d'activité (LMA) en émetteurs  $\alpha$  à 300 ans des PT, soit  $3,7 \cdot 10^3$  Bq/g, l'activité en  $\alpha$  à 300 ans la plus élevée pour ces colis étant de  $2,53 \cdot 10^3$  Bq/g. Dans ces conditions et comme dans son avis 2021-00076 précité, **l'IRSN estime que la présence d'uranium appauvri dans les colis contenant les sources scellées de  $^{60}\text{Co}$  ne constitue pas un obstacle à leur stockage.**

La demande de dérogation au respect de la LAS en  $^{63}\text{Ni}$  définie dans les spécifications d'acceptation des colis de sources scellées<sup>3</sup> concerne les sources présentes dans deux indémontables. Pour rappel, la LAS d'une source correspond à la limite d'activité de cette source au-dessus de laquelle l'estimation de l'impact radiologique associé au scénario de récupération le plus pénalisant de la source stockée dans le cadre d'une intrusion humaine à long-terme (mise en poche, conservation en tant que bibelot, destruction, ingestion...) dépasse 1 mSv. Cette limite a été mise en place car les caractéristiques physiques des sources leur permettent de confiner l'essentiel des matières qu'elles contiennent sur une longue durée, les rendant a priori vulnérables aux scénarios de récupération. Pour justifier l'acceptation au CSA d'objets ne respectant pas la LAS du  $^{63}\text{Ni}$ , l'Andra retient une différenciation des scénarios en fonction des dimensions de chaque source. Dans le présent dossier, l'indémontable présentant l'activité en  $^{63}\text{Ni}$  maximale est celui dont le nombre de sources qu'il contient n'est pas connu (cf. §2 ci-dessus). Initialement, l'Andra avait estimé qu'il contenait 10 sources puis, au cours de l'expertise, que la totalité de l'activité de l'indémontable est présente au sein d'une unique source dont l'activité dépasse la LAS du  $^{63}\text{Ni}$ . L'Andra écarte le scénario d'ingestion associé à la source de cet indémontable compte tenu de la dimension de celle-ci, à l'instar des précédents dossiers de demande d'autorisation évoqués ci-dessus. L'IRSN rappelle (cf. avis 2019-00179 et 2021-00076) que la partie radioactive des sources se trouve sous la forme de fragments (billes, cylindres, plaquettes, de dimensions millimétriques à centimétriques) contenus dans des enveloppes dont la durabilité n'est pas connue. Leur ingestion dans le cadre de scénarios de récupération ne peut donc être exclue. Compte tenu du type de cet indémontable présentant la plus forte activité en  $^{63}\text{Ni}$  et des mesures par spectrométrie gamma (cf. ci-dessus), qui ont conduit à deux résultats identiques, l'IRSN considère probable que cet indémontable contienne plusieurs sources disposées en cercle à l'intérieur de celui-ci. Aussi, pour ses propres calculs d'impact associé à un scénario d'ingestion, l'IRSN retient l'hypothèse pénalisante que l'indémontable contient deux sources d'activité équivalente. Sur cette base, un scénario d'ingestion de l'intégralité de la partie radioactive présente sous la forme de petits fragments d'une de ces deux sources conduit à un impact maximal de l'ordre de 10 mSv. S'agissant des autres indémontables et des boîtes de 1 L, l'IRSN note que le scénario d'ingestion d'une source conduirait à un impact maximal de l'ordre du mSv. Eu égard d'une part

<sup>3</sup> L'IRSN rappelle que les limites d'activité pour les  $^{63}\text{Ni}$  et  $^{59}\text{Ni}$  ne sont pas prescrites par les PT mais ont été déterminées par l'Andra selon une méthodologie similaire à celle retenue pour définir les LAS des radionucléides à vie courte. En particulier, le scénario le plus pénalisant ne doit pas conduire à un impact supérieur à 1 mSv.

aux objectifs de protection radiologique recommandés par les standards internationaux<sup>4</sup> dans le cas de situations existantes, auxquelles peut être rattaché le cas d'intrusion humaine involontaire (au maximum 20 mSv pour les personnes susceptibles d'être exposées) et d'autre part, au degré de conservatisme retenu pour l'évaluation de l'impact (ingestion de la totalité des fragments d'une source), **l'IRSN considère que ce dépassement de la LAS n'est pas rédhibitoire**. S'agissant du <sup>59</sup>Ni qui ne présente pas de LAS dans les PT ou les spécifications d'acceptation du CSA, l'IRSN estime, sur la base de ses propres calculs, que l'impact engendré par les scénarios de récupération incluant l'ingestion complète d'une source serait au maximum de 20 µSv. **En conséquence, l'IRSN estime que les activités en <sup>59</sup>Ni des sources qui font l'objet de la demande examinée se sont pas un obstacle à leur acceptation en stockage.**

Enfin, la RFS III.2.e<sup>5</sup> et les PT (n° II.2.3.2) précisent que le remplissage du volume utile des colis à destination du CSA doit être aussi complet que possible. L'Andra indique que les vides présents à l'intérieur des indémontables et des boîtes de 1 L ne peuvent être comblés sans faire face à d'importantes difficultés techniques (impossibilité d'ouvrir les indémontables, règles d'exploitation de l'installation de conditionnement ne permettant pas la fabrication d'un mortier ou d'une résine de blocage). Pour chacun des colis, le pourcentage de vide représente moins de 1 % du colis final. **L'IRSN estime qu'un tel vide n'est pas de nature à entraîner un défaut de stabilité des colis en stockage et convient ainsi que ce vide résiduel ne nécessite pas la mise en œuvre de disposition particulière.**

## 5. CONCLUSION

L'IRSN considère que les dispositions prévues par l'Andra concernant la maîtrise des risques lors des opérations de réception, de conditionnement et de stockage au CSA des sources en objet de la présente demande sont acceptables et que l'inventaire de ces sources ne présente pas de caractéristique rédhibitoire à leur stockage au CSA vis-à-vis de la sûreté à long-terme de cette installation.

**IRSN**

Le Directeur général

Par délégation

Delphine PELLEGRINI

Chef du service des déchets radioactifs et des transferts dans la géosphère

---

<sup>4</sup> CIPR 103

<sup>5</sup> RFS : Règles fondamentales de sûreté relatives aux installations nucléaires de base autres que réacteur ; Tome III : Production, contrôle et traitement des effluents et déchet ; Chapitre 2 : Déchets radioactifs

## ANNEXE A L'AVIS IRSN N° 2023-00052 DU 14 AVRIL 2023



Figure 1 : Structure du panier TWB.

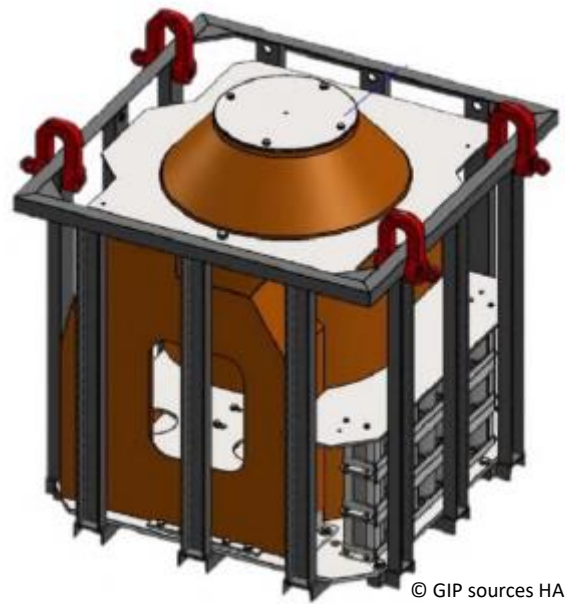


Figure 2 : Configuration du panier TWB n°2 intégrant un irradiateur et les 21 boîtes de 1 L.