

Monsieur le Directeur de la Direction des  
déchets, des installations de recherche et du  
cycle

Fontenay-aux-Roses, le 5 septembre 2025

## Avis d'expertise n° 2025-00087 du 5 septembre 2025

**Objet :** Analyse des éléments de réponse du CEA aux demandes associées aux accords de conditionnement des colis produits dans l'INB n°37-A.

**Référence :** Courrier CODEP-DRC-2023-026337 du 3 mai 2023.

En 2015, le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) a demandé des accords de conditionnement dans l'installation nucléaire de base (INB) n°37-A de déchets de moyenne activité à vie longue (MA-VL), respectivement en colis 500 L moyennement irradiant<sup>1</sup> (MI) et en colis 870 L faiblement irradiant<sup>2</sup> (FI). Cette demande a été faite par antériorité pour les colis produits depuis 2012. La décision CODEP-DRC-2021-040419 du 1<sup>er</sup> septembre 2021 approuvant le conditionnement de ce type de déchets en colis 500 L MI et 870 L FI fixe les prescriptions auxquelles doit satisfaire le CEA (cf. annexe au présent avis). Entre 1990 (début de la production de ce type de colis dans l'INB n°37-A) et fin 2023, d'après le bilan de la surveillance exercée par l'Andra, environ 600 colis 500 L MI et 2600 colis 870 L FI ont été produits sans modification majeure des procédés de conditionnement.

Par lettre citée en référence, l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASN) a sollicité l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur les éléments transmis par le CEA en réponse à ces prescriptions, en particulier sur la pertinence et la suffisance des éléments de réponse aux prescriptions [INB37A-cond-04] et [INB37A-cond-05] (cf. annexe au présent avis), relatives respectivement à la maîtrise de l'épaisseur latérale de mortier de blocage et à la production de gaz de radiolyse au sein des colis produits dans l'INB n°37-A.

En plus de ces deux prescriptions, l'ASN a formulé la prescription [INB37A-cond-09], relative à l'analyse de la déformation de certains colis et à la définition de dispositions permettant d'en prévenir l'occurrence. Les études visant à identifier l'origine des déformations sont encore en cours au CEA. En outre, la prescription [INB37A-cond-08] demande une vérification périodique de la compatibilité des colis entreposés avec les spécifications préliminaires d'acceptation à Cigéo. Le CEA a présenté une vérification se référant aux spécifications préliminaires d'acceptation des colis à Cigéo définies au stade du dossier d'options de sûreté. L'analyse de la compatibilité de ces colis à la dernière version des spécifications préliminaires d'acceptation, définies au stade du dossier de demande d'autorisation de création de Cigéo, est attendue pour 2027. Ces prescriptions, pour lesquelles des travaux sont encore en cours, ne font par conséquent pas l'objet de l'expertise présentée ci-après.

Au 1<sup>er</sup> janvier 2025, l'ASN et l'IRSN sont devenus l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR). Le présent avis de la Direction de la recherche et de l'expertise en environnement (PSE-ENV) de l'ASNR vient en réponse à la lettre citée en référence.

<sup>1</sup> Les déchets moyennement irradiants correspondent à des déchets dont le débit de dose est compris entre 2 mGy/h et 10 Gy/h.

<sup>2</sup> Les déchets faiblement irradiants correspondent à des déchets dont le débit de dose est inférieur à 2 mGy/h.

## 1. CONTEXTE TECHNIQUE

### 1.1. COLIS 500 L MI

Les déchets destinés à être conditionnés en colis 500 L MI dans l'INB n°37-A située sur le centre de Cadarache sont des déchets technologiques MI compactables provenant de divers sites du CEA. Ils sont préconditionnés en fûts métalliques dans les installations productrices. Pour rappel (cf. avis IRSN n°2020-00125), le processus de conditionnement dans l'INB n°37-A inclut :

- le compactage des fûts (jusqu'à 12 fûts) dans un conteneur en acier inoxydable dont le fond est équipé d'une galette en mortier de 10 cm d'épaisseur, qui a pour rôle d'absorber les effets dus à la presse lors du compactage et de garantir une épaisseur minimale de mortier en fond de conteneur ;
- le transfert du colis jusqu'au poste de sertissage où le conteneur est fermé. Le couvercle est équipé d'un disque d'appui soudé au couvercle<sup>3</sup>, d'un joint, d'un système de « clipsage », d'un orifice permettant l'injection du mortier de blocage ainsi que d'un évent permettant l'évacuation d'éventuels gaz ;
- l'immobilisation des fûts compactés par injection d'un mortier de blocage. Le colis est soumis à plusieurs vibrations au cours de cette opération afin de favoriser la pénétration du mortier autour des fûts.

Les colis sont ensuite entreposés dans l'installation CEDRA (INB n°164 – installation de conditionnement et d'entreposage de déchets radioactifs) en attente de leur stockage dans l'installation Cigéo en projet. PSE-ENV rappelle que le principal enjeu de sûreté associé aux colis 500 L MI est le maintien de leurs performances mécaniques et de confinement au cours de leur fabrication dans l'INB n°37-A, de leur entreposage à CEDRA et durant la phase de fonctionnement de Cigéo. La fonction de tenue mécanique est portée par le colis dans son ensemble, à savoir le conteneur en acier inoxydable et le mortier de blocage. Le mortier contribue également aux fonctions de confinement et de protection radiologique.

### 1.2. COLIS 870 L FI

Les déchets destinés à être conditionnés en colis 870 L FI dans l'INB n°37-A sont des déchets technologiques FI provenant de divers sites du CEA. Pour rappel (cf. avis IRSN n°2020-00126), ils sont préconditionnés dans les installations productrices selon leur nature : les déchets compactables de petites dimensions sont préconditionnés en fûts métalliques de 100 L et les déchets non compactables ou de grandes dimensions (dénommés « vrac » dans la suite du présent avis d'expertise) sont placés dans un conteneur de 870 L en acier noir muni d'un panier centré.

Au sein de l'INB n°37-A, les fûts de 100 L sont conditionnés en colis dits « 870 L FI compactés » par compactage dans un conteneur en acier noir pouvant contenir jusqu'à 28 fûts, dont le fond est équipé d'une galette en mortier de 10 cm d'épaisseur qui a le même rôle que pour les colis 500 L MI. Les étapes suivantes (transfert jusqu'au poste de sertissage, immobilisation des fûts par injection d'un mortier de blocage) sont identiques à celles suivies pour les colis 500 L MI. Le couvercle des colis 870 L FI compactés est équipé de quatre cales en béton qui permettent le maintien des déchets pendant la phase d'injection de mortier. Les déchets « vrac » sont quant à eux surmontés d'une plaque métallique, mise en place avant l'injection de mortier. Les colis sont fermés au moyen d'un couvercle boulonné muni d'un joint, d'un disque d'appui, d'un orifice permettant l'injection du mortier de blocage ainsi que d'un évent permettant l'évacuation d'éventuels gaz.

Les colis sont ensuite entreposés dans l'installation CEDRA en attente de leur stockage dans l'installation Cigéo. Comme pour les colis 500 L MI, le principal enjeu de sûreté associé aux colis 870 L FI est le maintien de leurs performances mécaniques et de confinement pendant leur fabrication dans l'INB n°37-A, leur entreposage dans l'installation CEDRA et durant la phase de fonctionnement de Cigéo. PSE-ENV souligne que ce maintien est d'autant plus important que l'Andra envisage le stockage direct dans Cigéo d'une partie de ces colis, c'est-à-dire sans conteneur de stockage. Comme pour le colis 500 L MI, la fonction de tenue mécanique est portée par le colis

---

<sup>3</sup> Le disque d'appui a pour fonction de maintenir les déchets durant la phase d'injection du mortier de blocage afin de garantir une épaisseur minimale de mortier sur la partie supérieure du colis.

dans son ensemble, à savoir le conteneur en acier noir et le mortier de blocage ; le mortier contribue également aux fonctions de confinement et de protection radiologique.

## 2. MAITRISE DE L'ÉPAISSEUR LATÉRALE DE MORTIER

Dans les spécifications d'admission à CEDRA, une épaisseur minimale de mortier de 5 cm est requise<sup>4</sup> entre le conteneur en acier et les déchets. La présence d'une galette de mortier de 10 cm d'épaisseur au fond du colis, ainsi que les dispositifs mis en place sur la partie supérieure selon les types de colis, mentionnés *supra*, permettent de garantir cette épaisseur à la fois au fond et en haut des colis. Pour les colis 870 L FI vrac, le panier centré maintient les déchets au centre du colis et garantit ainsi l'épaisseur minimale de mortier en périphérie. En revanche, le procédé de fabrication des colis 500 L MI et 870 L FI compactés ne permet pas de garantir cette épaisseur sur les parois latérales. En effet, le CEA a identifié un risque de basculement de la pile de fûts compactés, notamment lors du déplacement du colis entre les postes de compactage et d'injection du mortier<sup>5</sup> ainsi que de flambage lors du sertissage du couvercle, pouvant remettre localement en cause le respect de l'épaisseur minimale de mortier au niveau des parois latérales, voire conduire à une absence locale de mortier entre les déchets compactés et le conteneur métallique. Ce constat, partagé par l'IRSN lors de précédentes expertises (cf. avis de 2020 précités), a conduit à la prescription [INB37A-cond-04]. L'examen par PSE-ENV des éléments transmis par le CEA en réponse à cette prescription est synthétisé ci-après.

### 2.1. FAISABILITE DE LA MAITRISE DE L'ÉPAISSEUR LATÉRALE DE MORTIER

Afin de répondre à la prescription [INB37A-cond-4], le CEA a notamment transmis une note de faisabilité relative à la maîtrise de l'épaisseur latérale de mortier en périphérie des déchets dans les colis 500 L MI et 870 L FI compactés produits par l'INB n°37-A. Le CEA présente dans cette note plusieurs scénarios de modification du procédé industriel, qui conduisent, par l'ajout d'éléments de centrage de la pile de fûts compactés, à modifier l'ensemble des conteneurs utilisés par le CEA voire certains éléments constitutifs de la presse (ajout d'un système de centrage rétractable entre la virole<sup>6</sup> métallique et la jupe de compactage de la presse, diminution du diamètre de la jupe de compactage pour permettre l'ajout d'un élément de centrage fixe ou encore augmentation des dimensions des conteneurs pour l'intégration de cet élément de centrage sans modification de la presse). Le CEA a évalué les impacts techniques et économiques potentiels de la mise en œuvre de ces scénarios sur l'exploitation de l'INB n°37-A (arrêt temporaire de l'installation pour modifier le procédé, diminution de la cadence de production ou du taux de charge en déchets des colis, coûts afférents, etc.) ou sur la gestion ultérieure des colis (telle que la modification des moyens de manutention pour l'entreposage à CEDRA en cas de modification des dimensions des conteneurs). Il conclut de cette étude de faisabilité que des modifications conséquentes du procédé actuel seraient nécessaires, impliquant notamment un arrêt de la production d'une à plusieurs années le temps de la réalisation de ces modifications, ce qui pourrait obérer les objectifs de production de l'INB n°37-A, déjà ralentis par des travaux en cours dans l'installation. De plus, le CEA indique que la quantité de colis restant à produire dans cette installation est « *très faible* » au regard de la population existante de ces colis, sans toutefois préciser cette quantité. Aussi, le CEA ne souhaite pas engager de modification du procédé dans l'objectif de maîtriser l'épaisseur latérale minimale de mortier des colis 500 L MI et 870 L FI compactés restant à produire.

PSE-ENV considère que l'absence de modification du procédé de conditionnement ne permettra pas, comme pour les colis déjà produits, d'apporter la garantie d'une épaisseur minimale de mortier. PSE-ENV souligne toutefois que les dispositions prises par le CEA visant à limiter les risques précités de basculement et de flambage de la pile de fûts compactés, telles qu'un transfert du colis à très petite vitesse, vont dans le sens d'une maîtrise de cette épaisseur, bien qu'elle ne puisse être garantie. En outre, PSE-ENV convient que les modifications de procédé qui permettraient la garantie de cette épaisseur sont conséquentes et que l'opportunité de les mettre en

<sup>4</sup> Dans les spécifications préliminaires d'acceptation à Cigéo relatives à la géométrie des colis, cette épaisseur est respectivement de 4,5 cm pour les colis 870 L FI prévus d'être stockés en conteneurs de stockage et 5 cm pour les colis prévus en stockage direct.

<sup>5</sup> Lors de la fabrication des colis 500 L MI et 870 L FI compactés, une jupe est positionnée afin de maintenir la colonne de fûts métalliques centrée lors de l'étape de compactage. Cette jupe est retirée pour le transfert des colis vers les postes de sertissage et d'injection.

<sup>6</sup> Partie cylindrique du conteneur métallique en acier inoxydable des colis 500 L MI et en acier noir des colis 870 L FI.

œuvre est à mettre en regard du nombre de colis restant à produire dans l'installation. A cet égard, bien que le CEA n'ait pas été en mesure de quantifier le nombre de colis restant à produire au cours de l'expertise, il a indiqué, dans le cadre d'échanges relatifs aux travaux en cours dans l'INB n°37-A, qu'il prévoit le traitement et le conditionnement de déchets FI et de déchets MI dans l'INB n°37-A respectivement jusqu'environ 2030 et 2040. Sur la base des cadences de production envisagées par le CEA, une cinquantaine de colis 870 L FI et autant de colis 500 L MI resteraient donc à produire dans l'INB n°37-A, soit une proportion inférieure à 10 % de la production totale depuis 1990. Aussi, PSE-ENV convient qu'une modification d'ampleur du procédé de conditionnement dans l'INB n°37-A n'est pas indispensable, sous réserve que, comme prévu à date par le CEA, une autre installation prenne le relais à l'horizon 2040 et assure le conditionnement des déchets MA-VL MI et FI du CEA en garantissant l'ensemble des exigences qui sont attribuées aux colis. A cet égard, PSE-ENV relève que le CEA n'a pas justifié la valeur d'épaisseur minimale à retenir, comme demandé par la prescription [INB37A-cond-4].

A défaut de retenir un scénario permettant de maîtriser l'épaisseur latérale de mortier des colis restants à produire, le CEA a transmis un ensemble de notes en vue de justifier la sûreté des colis 500 L MI et 870 L FI compactés susceptibles de présenter une épaisseur latérale de mortier inférieure à 5 cm, voire nulle dans certains cas, au regard de leurs fonctions de confinement, de tenue mécanique et de maîtrise du risque de criticité. PSE-ENV convient de la nécessité pour le CEA d'évaluer la sûreté des colis 500 L MI et 870 L FI compactés produits dans ces conditions, afin, le cas échéant, d'identifier puis de mettre en œuvre des dispositions compensatoires adaptées. Cette évaluation fait l'objet de l'expertise de PSE-ENV présentée ci-après.

## **2.2. EVALUATION DE LA SURETE DES COLIS 500 L MI ET 870 L FI COMPACTES**

### **2.2.1. Maintien de la fonction de confinement des radionucléides**

Dans la mesure où les colis de déchets sont entreposés à CEDRA et stockés durant la phase de fonctionnement de Cigéo en conditions sèches (non saturées en eau), le CEA indique que la fonction de confinement des colis 500 L MI et 870 L FI, portée par le mortier, consiste à maîtriser la dispersion d'aérosols, ce dont PSE-ENV convient. Les éléments présentés par le CEA relatifs aux évolutions possibles des caractéristiques du mortier n'appellent pas de remarque de la part de PSE-ENV. En revanche, le maintien de l'intégrité de la virole métallique, qui permet selon PSE-ENV de garantir la fonction de confinement des colis en combinaison avec le mortier, notamment en préservant les performances de celui-ci ou en les complétant en cas de défaut d'épaisseur, appelle les commentaires suivants.

S'agissant de la corrosion atmosphérique de la virole métallique, qui pourrait porter atteinte à sa tenue dans le temps, PSE-ENV note que les résultats des relevés atmosphériques réalisés dans les halls d'entreposage de CEDRA depuis 2020 par le CEA tendent à démontrer l'absence de polluants atmosphériques favorisant la corrosion. Le caractère suffisant du maintien de ces conditions environnementales, ainsi que des dispositions de surveillance permettant de détecter les cas de corrosion en entreposage, fait l'objet d'une expertise de PSE-ENV en cours dans le cadre du réexamen de sûreté de CEDRA et n'appelle pas de remarque particulière à ce stade.

S'agissant du risque de corrosion interne, le CEA a évalué, dans ses demandes d'accord de conditionnement des colis 500 L MI et 870 L FI, la corrosion potentielle de l'enveloppe métallique des colis par l'acide chlorhydrique (HCl) produit par la dégradation sous irradiation des déchets plastiques conditionnés. En considérant les quantités de HCl libérées durant 100 ans, le CEA concluait qu'une épaisseur de mortier de 5 cm présentait une capacité tampon basique permettant de maintenir un pH interne compatible avec la passivation des enveloppes métalliques. Le CEA estimait également que le mortier présentait une capacité de rétention d'une partie des ions chlorures produits par les déchets grâce à la formation de chloroaluminate de calcium. Toutefois, le CEA a indiqué au cours de l'expertise que la présence d'un défaut ou l'absence totale de mortier n'a pas été prise en compte dans son évaluation du risque de corrosion interne. A cet égard, PSE-ENV rappelle qu'une dégradation significative (corrosion traversante, matrice ciment apparente) de l'enveloppe métallique de deux colis 870 L FI a été constatée dans le cadre de la surveillance exercée à CEDRA. Les investigations actuellement en cours suite à ces constats ont permis au CEA d'identifier, pour l'un de ces deux colis, la présence de produits chlorés libérés par les déchets en contact avec le liant cimentaire. Une épaisseur de mortier insuffisante est probablement, selon PSE-ENV, à l'origine de la dégradation constatée. Aussi, PSE-ENV estime qu'en l'absence de maîtrise de l'épaisseur latérale de mortier pour les colis 500 L MI et 870 L FI compactés, le risque de corrosion interne des

viroles métalliques de ces colis pourrait conduire à une perte de leur confinement en conditions d'entreposage et de stockage (phase de fonctionnement). **En conséquence, et comme indiqué dans ses précédentes expertises, PSE-ENV considère que la présence d'une épaisseur minimale de mortier en tout point du colis est indispensable à la démonstration du maintien de la fonction de confinement des radionucléides.** A cet égard, PSE-ENV rappelle (cf. *supra*) que cette épaisseur minimale reste à justifier et estime qu'il **appartiendra au CEA d'intégrer les conclusions relatives à l'origine de la dégradation des deux enveloppes métalliques de colis 870 L FI à sa justification.** Celle-ci est attendue en support à la démonstration du maintien de la fonction de confinement pour les colis produits et à produire dans l'INB n°37-A ainsi que ceux à produire dans l'installation qui en prendra le relais (cf. *supra*). Dans le cas de l'INB n°37-A, la démonstration du maintien de cette fonction requerrait dans un second temps la vérification du respect de l'épaisseur minimale ainsi définie sur les colis produits et à produire (auscultation non destructive par exemple).

**A défaut d'une démonstration établie du maintien de la fonction de confinement des colis 500 L MI et 870 L FI compactés produits dans l'INB n°37-A pendant les phases d'entreposage dans CEDRA puis de fonctionnement de Cigéo, PSE-ENV considère que des dispositions compensatoires doivent être mobilisées pour pallier le risque de dissémination.** A cet égard, PSE-ENV estime que les dispositions de surveillance et, le cas échéant, de reprise des colis mises en œuvre par le CEA dans l'installation CEDRA, sont acceptables. S'agissant du stockage à Cigéo, PSE-ENV rappelle son positionnement émis lors de l'examen du dossier de demande d'autorisation de création de Cigéo (rapport IRSN n°2024-00623), à savoir qu'un colis primaire pour lequel le confinement reposerait sur une barrière (matrice ou enveloppe) dont le maintien de l'épaisseur ne pourrait être garantie, à date de production ou pendant la durée de fonctionnement de Cigéo, devrait faire l'objet d'un stockage en conteneur renforcé vis-à-vis du confinement. Aussi, PSE-ENV estime que toutes autres modalités de stockage des colis 500 L MI et 870 L FI compactés (stockage direct ou en conteneur de stockage non renforcé vis-à-vis du confinement) seront conditionnées à la démonstration, par exemple par des dispositions de contrôle adaptées, du respect d'une épaisseur latérale minimale de mortier permettant d'assurer leur confinement.

### 2.2.2. Maintien de la fonction de tenue mécanique des colis

L'IRSN avait convenu, lors de ses expertises des demandes d'accord de conditionnement des colis 500 L MI et 870 L FI (cf. avis IRSN précités), d'une part du maintien de l'intégrité physique et de la récupérabilité des colis en cas de chute dans les configurations d'intérêt pour CEDRA et pour Cigéo, malgré de légères déformations des conteneurs, d'autre part de la tenue sous charge en lien avec les exigences alors définies dans les spécifications d'admission à CEDRA. Les démonstrations avaient été réalisées par le CEA sur la base d'essais jugés représentatifs des configurations pouvant être rencontrées par les colis dans ces installations. Toutefois, l'IRSN avait noté que les résultats des essais de chute sur les colis 870 L FI mettaient en exergue l'importance du respect d'une épaisseur minimale de mortier entre les déchets et le conteneur. Aussi, en 2023, le CEA a étudié la tenue mécanique à la chute et sous charge des colis 500 L MI et 870 L FI compactés par simulations numériques afin notamment de réaliser une étude de sensibilité de cette tenue à la variation de l'épaisseur latérale de mortier.

PSE-ENV observe que le modèle numérique utilisé est qualifié sur la base d'essais antérieurs menés sur des colis factices, ce qui est satisfaisant. La variation de l'épaisseur latérale de mortier a été modélisée par différentes positions de la colonne de déchets (centrée ou désaxée ou divisée en trois parties désaxées les unes par rapport aux autres, ces deux derniers cas traduisant un défaut d'épaisseur latérale de mortier, voire une absence locale de mortier). S'agissant de la tenue à la chute, les résultats des simulations montrent que, pour chacun des colis et pour les trois positions de colonnes de déchets, la zone la plus déformée est localisée au point d'impact, sans fissuration de l'enveloppe métallique, ce qui ne remet pas en cause la manutention des colis. S'agissant de la tenue sous charge (gerbage des colis), les résultats montrent que, pour chacun des cas, une légère déformation de la virole est observée (limite élastique non atteinte) avec un enfoncement inférieur au millimètre. Sur la base des résultats présentés par le CEA, **PSE-ENV convient qu'un défaut d'épaisseur latérale de mortier tels que ceux étudiés par le CEA n'est pas de nature à remettre en cause la tenue mécanique et la manutention des colis.**

### 2.2.3. Risque de criticité

En réponse à la prescription [INB37A-cond-04], le CEA a transmis des éléments relatifs à la maîtrise du risque de criticité pour l'entreposage à CEDRA des colis produits dans l'INB n°37-A, qui consistent en l'étude de l'impact d'un défaut d'épaisseur latérale de mortier (avec la prise en compte d'une épaisseur nulle) sur le caractère sous-critique des colis 870 L FI compactés. En revanche, le CEA n'a pas présenté d'analyse relative à la maîtrise de ce risque lors de la production du colis dans l'INB n°37-A ou lors du stockage à Cigéo ; les éléments ci-après sont issus de la démonstration de sûreté de chacune de ces installations.

S'agissant de l'INB n°37-A, PSE-ENV relève que, pour l'une des deux unités de criticité<sup>7</sup> constituant cette INB, le mode de contrôle retenu pour maîtriser le risque de criticité est la limitation de la masse de matière fissile par unité de surface. Dans ce cas, la matière fissile est supposée répartie dans un disque correspondant au diamètre des fûts compactés. Une épaisseur latérale de mortier inférieure à 5 cm revient ainsi à considérer un diamètre interne plus important et constitue, par effet de dilution, une situation moins pénalisante vis-à-vis du risque de criticité. Pour l'autre unité de criticité, le mode de contrôle est la masse de matière fissile dans l'unité, qui n'est pas liée à la géométrie des colis. Aussi, **PSE-ENV estime qu'un défaut d'épaisseur latérale de mortier n'est pas de nature à remettre en cause l'analyse du risque de criticité dans l'INB n°37-A.**

S'agissant de l'entreposage à CEDRA, les colis 500 L MI sont entreposés dans un réseau d'alvéoles séparées deux à deux par 50 cm de béton. Dans l'étude de criticité correspondante, l'épaisseur latérale de mortier des colis n'intervient pas, car les matières fissiles sont supposées décentrées jusqu'aux parois des alvéoles. Par conséquent les règles générales d'exploitation (RGE) de CEDRA ne retiennent pas d'épaisseur minimale de mortier pour ces colis vis-à-vis de la maîtrise du risque de criticité. Pour les colis 870 L FI, gerbés dans des halls d'entreposage, l'épaisseur latérale de mortier requise dans les RGE est de 5 cm. Le CEA a donc réalisé des calculs de sensibilité en faisant varier l'épaisseur latérale de mortier (incluant une épaisseur nulle) ainsi que la position de la matière fissile (centrée dans les colis dans le cas de déchets « vrac » ou décentrée dans le cas de déchets compactés). **Ces calculs sont en cours d'expertise par l'ASNR dans le cadre du réexamen de sûreté de l'installation CEDRA et n'appellent pas de remarque à ce stade.**

S'agissant de la phase de fonctionnement de Cigéo, PSE-ENV note qu'au stade de la demande d'autorisation de création de l'installation, l'Andra retient pour les colis 500 L MI une épaisseur latérale de mortier nulle dans la version préliminaire des spécifications d'acceptation, qui tiennent compte des configurations des colis en alvéoles de stockage vis-à-vis du risque de criticité. Pour les colis 870 L FI compactés, les hypothèses retenues par l'Andra pour démontrer le caractère sous-critique des colis supposent une épaisseur latérale de mortier de 4,5 cm en conteneur de stockage et de 5 cm en stockage direct. L'Andra indique en sus dans ces spécifications que « *pour les colis compactés, une étude de sensibilité montre qu'un non-respect local de l'épaisseur latérale ne remet pas en cause la démonstration de sûreté criticité* ». Toutefois, le CEA n'a pas été en mesure de montrer, au cours de la présente expertise, que cette étude de sensibilité couvre les défauts d'épaisseur latérale de mortier pouvant être rencontrés sur les colis 870 L FI compactés. **Aussi, il appartiendra au CEA, dans le cadre de la prochaine vérification de la compatibilité des colis 870 L FI compactés avec les spécifications préliminaires d'acceptation à Cigéo appelée par la prescription [INB37A-cond-08], de s'assurer qu'un défaut d'épaisseur latérale de mortier ne remet pas en cause la maîtrise du risque de criticité à Cigéo, quel que soit le mode de stockage retenu pour cette famille de colis.**

## 3. PRODUCTION DE GAZ DE RADIOLYSE

Le débit de gaz (hydrogène principalement) produit par radiolyse des matières hydrogénées contenues dans les colis constitue un paramètre important pour leur gestion et fait l'objet de limitations dans les installations d'entreposage et de stockage. En réponse à la prescription [INB37A-cond-05], le CEA a transmis en 2022 une synthèse des résultats de mesures de dégagement d'hydrogène qu'il a réalisé sur des colis 500 L MI et 870 L FI. Le CEA précise qu'il mettra à jour cette synthèse tous les trois ans à compter de septembre 2022 avec de

<sup>7</sup> Une unité de criticité est un périmètre d'une installation dans lequel la démonstration de la sous-criticité est réalisée de manière indépendante, sur la base notamment de paramètres et de modes de contrôle définis spécifiquement pour cette zone.

nouvelles mesures et comparera les résultats de mesure avec ceux préalablement obtenus par modélisation en support à ses demandes d'accord de conditionnement.

Les mesures présentées en 2022 ont été réalisées par balayage sur des colis unitaires (six colis 500 L MI, cinq colis 870 L FI compactés, quatre colis 870 L FI vrac) et sur des lignes de puits de colis<sup>8</sup> pour les colis 500 L MI. A cet égard, le CEA indique que la méthode de mesure par balayage sur lignes de puits de colis constitue une alternative à une mesure unitaire dont la mise en œuvre est contrainte par des dispositifs pouvant être complexes (par exemple, mise en place d'une cloche pilotée à distance lorsque les débits de dose sont élevés). Le CEA précise que les colis ayant fait l'objet de mesures ont été retenus sur la base de plusieurs paramètres tels que l'activité  $\alpha$ <sup>9</sup>, la quantité de matière organique ou encore la présence de métaux réactifs<sup>10</sup>. Pour ces paramètres, le CEA a sélectionné des colis présentant des valeurs particulièrement élevées ou faibles, ce qui le conduit à retenir une population de colis présentant des caractéristiques variées, mais pas nécessairement enveloppes. Par ailleurs, le CEA précise que l'accessibilité des colis est également un critère de choix des colis faisant l'objet de mesures. S'agissant des résultats de mesures unitaires sur les colis 500 L MI, le débit maximal ( $21,1 \pm 2,5$  NL/an<sup>11</sup>) est atteint pour le colis contenant des matières organiques et l'activité  $\alpha$  la plus élevée parmi les colis ayant fait l'objet d'une mesure. Les résultats obtenus sur les colis 870 L FI vrac et compactés montrent que les débits mesurés, pouvant atteindre  $56,9 \pm 20,7$  NL/an, sont de manière générale plus élevés que pour les colis 500 L MI, ce qui pourrait être dû, selon le CEA, à l'activité  $\alpha$  et la teneur en matière organique plus élevées des colis 870 L FI. En outre, au cours de l'expertise, le CEA a attribué les incertitudes parfois importantes sur ces mesures (fluctuation entre 12 % et 100 %) aux variations de température lors des relevés de mesure, réalisés dans des halls non isolés, tout en indiquant poursuivre l'investigation des paramètres d'influence afin d'expliquer ces variations.

PSE-ENV observe que la sélection des colis mesurés couvre bien les différentes typologies de colis. En outre, PSE-ENV estime que les paramètres considérés par le CEA pour sa sélection, à savoir notamment l'activité  $\alpha$ , la teneur en matière organique et la présence de métaux réactifs, sont effectivement les paramètres prépondérants dans la production d'hydrogène. L'accessibilité est en revanche un critère qui peut orienter le choix des colis mais ne doit pas, selon PSE-ENV, le restreindre. De manière globale, PSE-ENV estime que la population de colis mesurés, bien que méritant d'être étendue dans un second temps à un nombre plus important de colis pour en assurer la représentativité, permet de disposer de premiers résultats exploitables dans l'optique de conforter les estimations de production d'hydrogène établies par modélisation en appui aux demandes d'accord de conditionnement des colis 500 L MI et 870 L FI. A cet égard, PSE-ENV souligne que le CEA n'a pas fourni les résultats obtenus par modélisation pour chacun des colis mesurés ni la comparaison avec ces premiers résultats de mesures.

S'agissant des premiers résultats de mesures disponibles, PSE-ENV souligne que les incertitudes de mesure restent à ce stade importantes et prend note des travaux en cours au CEA à cet égard. De manière globale, PSE-ENV relève que les résultats de mesures disponibles à ce jour sont compatibles, incertitudes comprises, avec les spécifications préliminaires d'acceptation présentées par l'Andra au stade de la demande d'autorisation de création de l'installation<sup>12</sup>, ce qui constitue un premier élément tangible d'acceptabilité de ces colis à Cigéo s'agissant du critère de production de gaz de radiolyse. Cependant, les résultats intégrant les incertitudes ne permettent pas de disposer d'une marge importante par rapport aux limites fixées dans les spécifications préliminaires d'acceptation à Cigéo, alors même que ces mesures portent sur un nombre limité de colis. En outre, en l'absence de comparaison entre les résultats de mesures disponibles et ceux obtenus par modélisation, PSE-ENV rappelle que le caractère représentatif et raisonnablement enveloppe des estimations de production de gaz de radiolyse réalisées par modélisation ne peut être démontré. **Aussi, PSE-ENV considère que les éléments transmis par le CEA ne permettent pas, à date, de répondre à la prescription [INB37A-cond-5].** En cohérence avec cette prescription, dont les trois volets restent d'actualité, PSE-ENV estime en particulier, nécessaire que le CEA réalise au plus tôt une comparaison entre les résultats de mesure et les débits obtenus

<sup>8</sup> Une ligne de puits contient sept puits pouvant chacun contenir huit colis 500 L MI, soit au plus 56 colis par ligne de puits.

<sup>9</sup> Les radionucléides émetteurs  $\alpha$  correspondent à la source de rayonnement la plus influente sur la radiolyse des matières organiques.

<sup>10</sup> La corrosion des métaux réactifs en présence de matrice cimentaire est source d'hydrogène.

<sup>11</sup> Le normo litre représente l'état gazeux remplissant un volume d'un litre à 20 °C et 1.013 mbar.

<sup>12</sup> Pour les colis 500 L MI, 35 NL/an/colis ou 60 NL/an/colis dans la limite de 200 colis ; pour les colis 870 L FI en stockage direct, 60 NL/an/colis ou 100 NL/an/colis dans la limite de 300 colis ; pour les colis 870 L FI en conteneurs de stockage, 100 NL/an/colis.

par modélisation, puis conforte ces premiers résultats en réalisant un plus grand nombre de mesures, sur des colis unitaires, afin de disposer de mesures sur une population de colis représentative de l'inventaire.

#### 4. CONCLUSION

PSE-ENV considère que la démarche retenue et les études transmises par le CEA pour répondre aux prescriptions formulées dans la décision approuvant le conditionnement de déchets MA-VL en colis 500 L MI et 870 L FI constituent globalement des éléments d'intérêt, sans toutefois être suffisants. Ainsi, outre les prescriptions pour lesquelles les études sont encore liminaires (analyse des déformations des colis) ou sont à actualiser (vérification de la compatibilité des colis avec les spécifications préliminaires d'acceptation à Cigéo), la présente expertise identifie des compléments à apporter, dont certains sont prévus par le CEA, pour les deux sujets examinés. En particulier, les premières mesures de débits de gaz de radiolyse sur colis unitaires tendent à confirmer l'acceptabilité des colis à Cigéo vis-à-vis des risques liés à l'hydrogène. Elles nécessitent toutefois d'être analysées plus avant et complétées afin de couvrir une population représentative des colis réels. S'agissant de la maîtrise de l'épaisseur latérale de mortier, dont la valeur minimale reste à justifier, PSE-ENV convient de l'ampleur des modifications de l'INB n°37-A qui seraient nécessaires pour garantir cette maîtrise et, sous réserve d'un faible nombre de colis restant à produire dans cette installation, de l'orientation prise par le CEA en termes de démonstration de la sûreté des colis susceptibles de présenter un défaut d'épaisseur latérale de mortier. A cet égard, PSE-ENV encourage le CEA à poursuivre ses efforts de démonstration du maintien de la fonction de confinement des colis, et souligne qu'à défaut, la garantie de ce maintien doit reposer sur les dispositions compensatoires en entreposage et en stockage.

Pour le Directeur de la recherche et  
de l'expertise en environnement

**Delphine PELLEGRINI**  
Adjointe au Directeur



## **Annexe**

### **Prescriptions de la décision CODEP-DRC-2021-040419 du 1<sup>er</sup> septembre 2021, relatives aux sujets examinés dans le présent avis**

#### **Prescription [INB37A-cond-4]**

L'exploitant transmet à l'Autorité de sûreté nucléaire, avant le 1<sup>er</sup> avril 2022 :

- une étude de faisabilité relative à la maîtrise d'une valeur d'épaisseur minimale de mortier pendant la fabrication du colis, par la mise en place de dispositions techniques ou organisationnelles qui soient techniquement compatibles avec les composants du procédé actuel ;
- une étude justifiant la valeur d'épaisseur minimale retenue ;
- une analyse de l'évolution des caractéristiques de confinement dans la durée pour les colis venant de l'INB n° 37 A actuellement entreposés dans l'INB n° 164.

L'exploitant transmet, à la même date, un plan d'actions destiné à assurer la maîtrise de cette épaisseur, qui sera mis en œuvre en conséquence.

#### **Prescription [INB37A-cond-5]**

L'exploitant met en œuvre des mesures des émissions de gaz de radiolyse sur une population représentative des colis réels. Il analyse ces mesures et traite les éventuels écarts au regard des résultats des simulations intégrés aux référentiels de conditionnement des colis 500 L MI et 870 L FI.

#### **Prescription [INB37A-cond-8]**

L'exploitant réalise une vérification périodique tous les cinq ans, avec une première échéance un an après la publication de la présente décision, de la compatibilité des colis entreposés avec les spécifications d'acceptation de l'installation de stockage à l'étude à laquelle ils sont destinés, dans leur version en vigueur au moment de la réalisation de l'exercice de vérification. Les résultats de ces vérifications sont transmis à l'Autorité de sûreté nucléaire et à l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs.

#### **Prescription [INB37A-cond-9]**

L'exploitant présente, au plus tard le 1<sup>er</sup> janvier 2023, une analyse des déformations identifiées sur les colis similaires déjà produits. L'exploitant définit à cette même date des dispositions permettant de prévenir l'occurrence de telles déformations, ainsi qu'un échéancier de mise en œuvre de la recommandation.