

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN n° 2020-00126

| | |
|-----------------|---|
| Objet | Avis relatif à la demande d'accord de conditionnement des colis de déchets 870 L FI de l'INB n° 37-A du CEA |
| Réf(s) | Saisine ASN CODEP-DRC-2017-003893 du 1 ^{er} juin 2017 |
| Nbre de page(s) | 9 |

Par lettre citée en référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a sollicité l'avis de l'IRSN sur le référentiel de conditionnement de déchets faiblement irradiants (FI) de moyenne activité à vie longue (MA-VL) du CEA en colis de 870 L, dits « colis 870 L FI », dans la station de traitement des déchets solides du centre CEA de Cadarache (INB n° 37-A). Ce référentiel couvre les déchets technologiques MA-VL FI de l'ensemble des centres du CEA produits par les opérations d'exploitation, de démantèlement et de reprise et de conditionnement de déchets anciens. Dans le présent avis, les ateliers et installations générant ces déchets sont appelés « producteurs », le terme « CEA » ou « exploitant » étant utilisé pour désigner l'exploitant de l'INB n° 37-A. Il convient de noter que le présent référentiel est associé à une demande d'accord de conditionnement par antériorité pour les colis 870 L FI produits depuis 2012. Les colis 870 L FI produits entre 1990 et 2012 ne font pas l'objet du présent examen.

1 CONTEXTE TECHNIQUE, ENJEUX ET POINTS EXAMINÉS PAR L'IRSN

Les déchets technologiques sont conditionnés dans l'INB n° 37-A selon deux procédés distincts suivant leur nature. Les déchets compactables sont pré-conditionnés chez les producteurs sous double enveloppe vinyle et placés en fûts métalliques de 100 L. Ces fûts, dits fûts primaires, sont conditionnés en colis finaux dénommés « *colis 870 L FI compactés* » selon les étapes suivantes :

- i. compactage des fûts primaires (au maximum 28) sous une presse de 500 tonnes directement dans un conteneur en acier non-allié (dit acier noir) équipé au fond d'une galette de 10 cm en béton, dont la formulation est la même que celle du mortier utilisé pour le blocage des fûts primaires compactés dans le colis. Cette galette a pour rôle d'absorber les effets dûs à la presse de 500 tonnes lors du compactage des fûts primaires et de garantir une épaisseur minimale de mortier en partie inférieure du colis.
- ii. transfert du colis du poste de compactage au poste de verrouillage où le conteneur est fermé avec son couvercle muni d'un joint, de quatre centreurs, d'un système de fermeture par « clippage » et de deux événements permettant l'injection du mortier ;
- iii. immobilisation des galettes de déchets compactés par injection d'un mortier de blocage. Le colis est vibré à plusieurs reprises au cours de cette opération afin de favoriser la pénétration du mortier autour des galettes.

Les déchets non compactables sont, quant à eux, placés directement chez les producteurs dans un conteneur de 870 L en acier noir muni d'un panier centré. Les déchets sont placés dans le panier sans enveloppe vinyle à l'exception de certains déchets tels que l'aluminium, les pots décanteurs ou le bois. Une plaque métallique, dite de maintien, est placée sur les

Adresse Courrier
BP 17
92262 Fontenay-aux-Roses
Cedex France

Siège social
31, av. de la Division Leclerc
92260 Fontenay-aux-Roses
Standard +33 (0)1 58 35 88 88
RCS Nanterre B 440 546 018

déchets afin d'éviter leur remontée lors de l'injection du mortier de blocage et ainsi de garantir une épaisseur minimale de mortier en partie supérieure du colis. A l'instar du colis 870 L FI compacté, il est équipé au fond d'une galette en béton. Le conteneur est fermé au moyen d'un couvercle boulonné muni d'un joint et d'évents permettant l'injection du mortier. Les déchets contenus dans les conteneurs primaires¹ sont immobilisés par injection du mortier de blocage. Les colis ainsi produits sont dénommés « *colis 870 L FI vrac* ».

La fonction de tenue mécanique est portée par le colis 870 L FI dans son ensemble, à savoir le conteneur en acier noir et le mortier de blocage. Ce dernier assure également la fonction de confinement des radionucléides du colis fini et participe à la limitation du risque d'exposition externe, risque toutefois faible pour des déchets FI.

Environ 250 colis 870 L FI ont été produits pendant la période 2012-2019, ce qui représente de l'ordre de 10% de la quantité produite depuis le démarrage de la production en 1990. Le CEA estime à environ 150 le nombre de colis restant à produire entre 2020 et 2032. Les colis 870 L FI sont destinés à être entreposés dans l'installation CEDRA (INB n°164) du centre CEA de Cadarache en attente de leur stockage dans l'installation Cigéo actuellement en projet. Le principal enjeu de sûreté associé aux colis 870 L FI est, selon l'IRSN, l'atteinte et le maintien dans le temps des performances mécaniques et de confinement requises au cours des phases de fabrication, d'entreposage et d'exploitation du stockage. En réponse à la demande de l'ASN et compte tenu de cet enjeu, le présent avis traite successivement : (i) de l'inventaire des déchets à conditionner en colis 870 L FI et des critères d'acceptation dans l'INB n°37-A, (ii) des paramètres visant à garantir les performances du colis 870 L FI (paramètres garantis) en lien avec leur entreposage dans CEDRA et leur stockage dans l'installation Cigéo, (iii) du programme de qualification des colis 870 L FI et du retour d'expérience des colis 870 L FI déjà produits, et (iv) du comportement du colis en entreposage et en stockage.

2 INVENTAIRE ET CRITERES D'ACCEPTATION DANS L'INB N° 37-A

Les déchets radioactifs solides FI conditionnés dans l'INB n°37-A en colis 870 L FI sont des déchets de natures très diverses : matières métalliques, plastiques, caoutchouc, matières cellululosiques, verrerie, terre, filtres, graphite en quantité limitée, gravats, bois, etc. Ces déchets présentent essentiellement une contamination surfacique non-fixée en émetteurs α (²³⁸Pu, l' ²⁴¹Am, ²³⁹Pu et ²⁴⁰Pu) constituant plus de 99 % de l'activité totale conditionnée dans un colis 870 L FI.

Afin de respecter le domaine de fonctionnement et les contraintes d'exploitation de l'INB n°37-A et de garantir la qualité des colis 870 L FI produits, le CEA a établi des critères d'acceptation des déchets à conditionner. Les critères d'acceptation des déchets dans l'INB n°37-A comprennent notamment la restriction ou l'interdiction de certaines substances (telles que les métaux et mélanges réactifs, les déchets pyrophoriques, l'aluminium, etc.), et la limitation de l'activité, du débit de dose, de la masse de matière fissile et du débit de production d'hydrogène par fût/conteneur primaire. La vérification de la conformité des fûts/conteneurs primaires de déchets au regard des critères d'acceptation dans l'INB n°37-A repose, d'une part sur l'analyse des informations contenues dans le logiciel CARAIBES, d'autre part sur des contrôles réalisés par l'exploitant à réception de ces déchets dans l'INB n°37-A. Ainsi, l'ensemble des fûts/conteneurs primaires fait l'objet, à réception sur l'INB n°37-A, d'un contrôle visuel et d'une vérification du débit de dose ainsi que de la contamination surfacique en émetteurs $\beta\gamma$ et α . En outre, le CEA réalise un contrôle de l'activité massique des radionucléides et en déduit la masse de matière fissile à partir de mesures par spectrométrie γ des fûts/conteneurs. Dans le cas où la chaîne de mesure du producteur a fait l'objet d'une qualification par l'exploitant de l'INB n°37-A, ce contrôle n'est effectué que par échantillonnage sur 10 % des fûts. En l'absence de qualification de la chaîne de mesure, ce contrôle est réalisé sur l'ensemble des déchets. S'agissant des déchets compactables, l'IRSN note, d'une part que les fûts primaires font l'objet d'un contrôle de second niveau par rayons X visant à vérifier leur taux de remplissage, l'absence de déchets interdits (notamment liquides) et le respect des préconisations de remplissage des fûts primaires, d'autre part qu'1 % de ces fûts fait l'objet d'un contrôle de leur contenu sur l'installation

¹ Dans la suite du document les fûts 100 L à compacter seront dénommés « fûts primaires » et les conteneurs 870 L contenant les déchets vrac, avant injection du mortier seront dénommés « conteneurs primaires ».

CHICADE visant à vérifier que celui-ci est conforme à la déclaration dans CARAIBES. L'IRSN estime que cet ensemble de dispositions est satisfaisant. En revanche, s'agissant des déchets non compactables, l'IRSN observe qu'aucun contrôle de second niveau du contenu, en particulier de l'absence de déchets interdits, n'est effectué. A cet égard, il convient de noter que le CEA indique avoir mis en œuvre depuis 2016 une surveillance accrue des actions menées chez les producteurs afin de s'assurer de l'absence ou de la limitation de certaines substances (en particulier l'aluminium). *L'IRSN suggère à l'ASN de vérifier ce point en inspection.*

S'agissant des débits de production d'hydrogène, les limites sont généralement fixées au regard des exigences de sûreté des installations qui produisent ou reçoivent les colis des déchets. Parmi ces installations, les exigences les plus strictes sont généralement imposées par les besoins de la démonstration de sûreté de Cigéo. A ce stade du projet, l'Andra a fixé dans les spécifications préliminaires d'acceptation à Cigéo un débit d'H₂ de 10 L par an pour un colis primaire et de 40 L par an pour un colis de stockage.

Les débits de production d'H₂ de radiolyse des fûts primaires, renseignés dans CARAIBES sont estimés par le producteur au moyen du code de calcul STORAGE. Les critères d'acceptation dans l'INB n°37-A des fûts primaires prévoient une limitation du débit de production annuel à 0,4 L par fût. Il est à noter que ce critère est inférieur à la valeur retenue pour la démonstration de sûreté de l'INB 37 A, et visait à atteindre d'objectif de conditionner jusqu'à 28 fûts primaires compactés tout en respectant la valeur limite de production d'H₂ de 10 L par an précitée. Le CEA indique ainsi que des dérogations sont possibles jusqu'à un débit annuel de 24 L, valeur déterminée dans le cadre de l'analyse du risque d'explosion dans le local de la presse. A cet égard, le CEA a transmis au cours de l'instruction le retour d'expérience des fûts ayant nécessité une dérogation entre 2012 et 2019. Ce retour d'expérience montre un usage important des dérogations durant cette période. Ainsi 2218 fûts primaires (soit près de 70 % des fûts compactés) ont présenté des débits d'hydrogène estimés allant jusqu'à 10 fois la valeur spécifiée de 0,4 L/an. Bien que ces débits restent en deçà des valeurs retenues dans l'analyse du risque explosion de la presse, l'IRSN constate que cette pratique se traduit par un recours massif à des dérogations aux critères d'acceptation des déchets dans l'INB n°37-A. A cet égard, l'IRSN rappelle que le respect des critères d'acceptation et des spécifications de production est un élément essentiel pour garantir la conformité des colis produits et la validité de leur qualification. **Aussi, l'IRSN recommande que le CEA définisse une limite du débit de production de dihydrogène tenant compte des caractéristiques effectives des déchets à conditionner dans l'INB n°37-A tout en garantissant une marge suffisante vis-à-vis de la démonstration de sûreté de l'installation. Cette limite doit permettre de produire un colis 870 L sans déroger massivement aux critères d'acceptation des fûts primaires dans l'INB 37 A et en respectant le paramètre garanti proposé par le CEA (cf. Chapitre 3).** Ce point fait l'objet de la recommandation R1 en annexe 1 du présent avis.

En outre, s'agissant de l'outil STORAGE, l'IRSN s'interroge sur la représentativité de résultats de calcul, sans incertitude associée, pour déterminer les débits d'hydrogène produits par les fûts primaires et les colis finaux. De manière plus générale, **l'IRSN rappelle que l'outil STORAGE est utilisé pour l'évaluation de l'ensemble des colis CEA contenant des déchets organiques et considère qu'une validation globale de cet outil au moyen de mesures sur colis réels est nécessaire.** Ce point fait l'objet de la recommandation R2 en annexe 1 du présent avis.

3 PARAMETRES VISANT A GARANTIR LES PERFORMANCES DU COLIS 870 L FI

L'atteinte des performances mécaniques et de confinement attendues aux différentes étapes de gestion des colis 870 L FI, ainsi que le respect des contraintes de sûreté des installations de production, d'entreposage et de stockage, reposent sur la définition de paramètres garantis et leurs modalités de contrôle. La pertinence de ces paramètres est notamment évaluée au regard de leur compatibilité avec les spécifications d'acceptation des colis de déchets dans ces installations, à savoir CEDRA et l'installation Cigéo en projet.

Une mise à jour de la liste des paramètres garantis retenus pour les colis 870 L FI compactés et vrac par rapport à la liste mentionnée dans la demande d'accord de conditionnement a été transmise par le CEA au cours de l'instruction (cf. annexe 2). L'IRSN considère que ces paramètres sont pertinents et constate qu'ils sont principalement issus des exigences ayant fait l'objet d'une quantification par l'Andra dans la dernière version des spécifications préliminaires d'acceptation des colis dans Cigéo de juillet 2017. Ils concernent la masse de

matière fissile, le niveau de contamination surfacique, la masse, la production d'hydrogène, le taux de vide et le volume de porosités, la puissance thermique du colis ainsi que le potentiel de contamination atmosphérique en cas de chute du colis. L'IRSN relève toutefois que la valeur de certains paramètres garantis est incohérente avec les spécifications d'acceptation dans CEDRA qui définissent des exigences liées notamment à la limitation du débit de dose, à la masse de matières fissiles, à la contamination surfacique et au débit de production de dihydrogène. Ainsi, la valeur du paramètre garanti de contamination surfacique des colis 870 L FI (4 Bq.cm^{-2} pour les émetteurs $\beta\gamma$ et $0,4 \text{ Bq.cm}^{-2}$ pour les émetteurs α) est supérieure à la limite fixée pour l'acceptation d'un colis dans CEDRA (1 Bq.cm^{-2} pour les émetteurs $\beta\gamma$ et $0,2 \text{ Bq.cm}^{-2}$ pour les émetteurs α). De même, l'absence de dispersion du contenu radioactif interne est garantie pour une hauteur de chute de 1,2 m sur dalle indéformable, alors que les spécifications d'acceptation dans CEDRA requièrent une épreuve de tenue à la chute de 5 m sur l'arête circulaire supérieure. Enfin, s'agissant de la production de dihydrogène par colis, le CEA retient une valeur maximale de 40 L/an, conforme à l'exigence définie dans la spécification préliminaire d'acceptation dans Cigéo, mais incompatible avec celle définie dans les spécifications d'acceptation dans CEDRA à savoir 10 L/an. L'IRSN note toutefois que le CEA annonce que les colis présentant des débits supérieurs peuvent être acceptés par dérogation en entreposage dans CEDRA. **Sur la base des constats notés ci-avant, l'IRSN recommande que le CEA révise les paramètres garantis du colis 870 L FI afin qu'ils satisfassent également aux exigences de sûreté associées à leur entreposage dans CEDRA en termes de contamination surfacique et d'absence de dispersion du contenu radioactif en cas de chute. S'agissant de la production d'hydrogène de radiolyse, l'IRSN observe que, comme pour l'INB 37 A, le critère d'acceptation de 10L par an et par colis n'est pas lié à l'analyse de sûreté de CEDRA, mais est à mettre en regard des critères d'acceptation dans Cigéo. Etant donné que l'option de stockage direct de ce colis est envisagée à ce stade par l'Andra, ce colis est assimilable dès lors à un « colis de stockage » même si l'éligibilité de ce mode de stockage pour le colis 870 L reste à démontrer eu égard à la maîtrise du risque de corrosion du conteneur (cf. chapitre 5). L'IRSN considère que retenir un paramètre garanti de 40 L par an et par colis 870 L est en accord avec les spécifications préliminaires d'acceptation dans Cigéo, il conviendra toutefois de mettre en cohérence la valeur de ce paramètre garanti et les critères d'acceptation dans CEDRA afin de limiter le recours à des dérogations massives. Ce point fait l'objet de la recommandation R3 en annexe 1 du présent avis.**

Par ailleurs, une épaisseur minimale de 50 mm de mortier au niveau des parois latérales et du couvercle ainsi que de la galette de fond de conteneur est requise dans les spécifications d'acceptation dans CEDRA entre le conteneur (incluant le couvercle) et les déchets compactés. L'IRSN relève que cette épaisseur minimale ne constitue pas un paramètre garanti alors même qu'elle participe à la qualité du colis et à ses capacités de confinement et qu'elle concourt à la démonstration de sûreté de l'installation CEDRA en termes notamment de risques liés à la criticité et à la dispersion de la matière radioactive en cas de chute (cf. chapitre 4). En outre, l'IRSN relève que cette épaisseur de mortier et son intégrité (absence de fissures) ne font l'objet d'aucun contrôle. Ainsi, le respect de cette épaisseur minimale repose sur l'épaisseur de la galette de fond de conteneur, sur la présence du disque d'appui sur le panier des colis 870 L vrac qui définit l'espace comblé par le mortier lors de l'injection, ainsi que sur celle de centreurs en béton fixés sur le couvercle des colis 870 L FI compactés ou de plots entre le panier et le conteneur pour les colis 870 L FI vrac, lors de l'injection du mortier. A cet égard, l'IRSN relève que le CEA, dans les règles générales d'exploitation de CEDRA, admet la possibilité que certains colis de déchets compactés présentent localement une épaisseur de mortier inférieure à 50 mm. En effet, le CEA indique, qu'un flambage de la pile de fûts de déchets compactés lors du sertissage du couvercle ou qu'un basculement de cette pile lors du déplacement du conteneur entre son compactage et l'injection du mortier de blocage, peuvent remettre en cause le respect de l'épaisseur de mortier minimale exigée au niveau des parois latérales du conteneur. **Aussi, l'IRSN recommande que le CEA définisse l'épaisseur minimale de mortier nécessaire pour assurer l'atteinte des performances attendues du colis (notamment en terme de confinement), l'intègre à la liste des paramètres garantis et définisse les dispositions nécessaires permettant de garantir le respect de ce paramètre. Ce point fait l'objet de la recommandation R4 en annexe 1 au présent avis.**

4 PROGRAMME DE QUALIFICATION ET RETOUR D'EXPERIENCE

Le programme de qualification des colis 870 L FI a pour objectif de montrer que les paramètres de fabrication du colis permettent d'atteindre les niveaux de performances mécaniques, de protection radiologique et de confinement requis à chacune des phases de sa gestion. Il concerne notamment les matériaux cimentaires et le colis fini. Le développement des colis et son programme initial de qualification étant antérieurs à la conception de l'installation d'entreposage CEDRA ainsi qu'à la construction de la démarche de démonstration de sûreté de Cigéo, le retour d'expérience des colis déjà produits ainsi que les essais de qualification intervenus postérieurement au programme initial ont été analysés.

i. Matrice cimentaire

La formulation du mortier de blocage des déchets à base de ciment CEM V ainsi que ses modalités d'injection ont été développés afin de conférer aux matériaux les caractéristiques adaptées aux fonctions rappelées au chapitre I du présent avis et de limiter leur dégradation dans le temps. Le programme de qualification, réalisé entre 1990 et 1994 au démarrage de la production des colis 870 L FI, a permis de définir les paramètres de fabrication du mortier de blocage et ses caractéristiques physico-chimiques intrinsèques sur la base d'épreuves techniques équivalentes à celles requises pour l'acceptation de colis au centre de stockage de l'Aube (CSA). Parmi les résultats de ces épreuves techniques usuelles réalisées sur éprouvettes, les mesures de diffusion à l'eau tritiée montrent des coefficients de diffusion effectifs qui permettent d'atteindre les performances de confinement attendues. En outre, les spécifications techniques et les contrôles mis en place par le CEA sur l'approvisionnement des matières, les essais de résistances mécaniques (résistance à la compression, à la traction par fendage) et de perte de masse à 28 jours effectuées sur des éprouvettes lors de la fabrication des colis, ainsi que le retour d'expérience depuis 2012 sur la qualité du mortier de blocage concourent à démontrer l'adéquation de la matrice cimentaire avec les performances attendues du colis. L'IRSN relève néanmoins que la démonstration du caractère transposable des résultats obtenus sur éprouvettes à un colis réel n'a pas été apportée par le CEA. Ainsi, l'IRSN note qu'aucun essai, tel que la découpe de colis inactifs ou l'examen de colis par des méthodes d'imagerie, n'a été mis en œuvre afin de s'assurer de la qualité de l'injection du mortier (en termes d'homogénéité et de maîtrise des taux de vide dans le colis fini), d'absence de fissures comme celles qui pourraient intervenir dans la galette de fond de colis sous la pression induite par le compactage des fûts primaires ainsi que du respect d'une exigence d'épaisseur minimale de mortier entre les déchets et le conteneur. **Par conséquent, l'IRSN considère que le programme de qualification de la matrice cimentaire, qui repose principalement sur des essais sur éprouvettes de mortier intègre, ne suffit pas à ce stade pour se prononcer sur l'atteinte des performances mécaniques et de confinement attendues dans des conditions représentatives d'un colis réel. Aussi, l'IRSN estime nécessaire que le CEA complète son programme de qualification en ce sens afin de démontrer que la matrice cimentaire et ses modalités d'injection permettent bien de conférer au colis des caractéristiques adaptées à ses fonctions de tenue mécanique, de confinement et de maîtrise du taux de vide dans des conditions représentatives de son élaboration.** Ce point fait l'objet de la recommandation R5 en annexe 1 du présent avis.

La réactivité du mortier de blocage au contact de déchets contenant de l'aluminium peut potentiellement conduire au dégagement de dihydrogène provoqué par l'oxydation du métal par l'eau de gâchage des matériaux cimentaires et ainsi réduire les performances mécaniques du mortier. L'IRSN note que le CEA a fixé une limite de surface développée d'aluminium de 1,5 m² par colis 870 L, valeur retenue dans l'analyse de sûreté de risque d'explosion de l'INB 37 A. L'IRSN relève toutefois que le CEA a dérogé à cette limite. En effet, les éléments transmis lors de l'instruction font état d'un colis contenant une quantité d'aluminium supérieure à la valeur spécifiée, à savoir 3,18 m². Cet écart n'appelle pas de remarque de l'IRSN vis-à-vis de la qualité du colis dans la mesure où les essais conduits par le CEA montrent qu'un mortier au contact d'une surface développée d'aluminium de 5 m² conserve une résistance mécanique proche de celle attendue pour le colis 870 L FI alors qu'elle chute rapidement pour des surfaces incorporées supérieures.

ii. Colis fini

Le CEA a réalisé des essais de tenue à la chute lors du développement des colis 870 L FI en 1990 et des essais complémentaires en 2017 afin de se conformer au référentiel de sûreté de l'entreposage CEDRA qui mentionne une masse maximale des colis de 3 tonnes. Les essais de ces deux campagnes ont été conduits à une hauteur de 5 m, correspondant à la hauteur

maximale de manutention dans l'installation CEDRA, prenant en compte une chute sur arête circulaire supérieure et sont conformes aux épreuves décrites dans la spécification d'acceptation dans CEDRA. Les essais complémentaires de 2017, conduits sur des colis avec couvercle boulonné et clipsé respectivement représentatifs des colis 870 L FI vrac et compactés, ont permis d'apprécier l'impact du dispositif de fermeture sur le comportement à la chute des colis. Ainsi, les résultats d'essais sur colis compactés avec couvercle clipsé ont uniquement mis en évidence une déformation du conteneur, alors que les essais de chute de colis vrac avec couvercle boulonné ont conduit à la fois à une déformation du conteneur, à l'éjection du couvercle, ainsi qu'à la fissuration et à la dispersion d'une quantité de mortier (1 à 5 kg). Le CEA considère que la matière dispersée lors de cette chute provient d'une dégradation surfacique du mortier d'une profondeur de 30 à 60 mm. Il estime que cette dégradation n'est pas de nature à engendrer une dispersion de matières radioactives, l'épaisseur endommagée étant du même ordre de grandeur que l'épaisseur minimale de mortier en périphérie. **L'IRSN note que les résultats des essais mettent en exergue l'importance du respect de l'épaisseur minimale de mortier entre les déchets et le conteneur et, de ce fait, soulignent l'enjeu des recommandations R4 et R5 du présent avis.**

S'agissant de la tenue au gerbage, des essais en inactif de tenue sous charge ont été réalisés en 1994 sur deux blocs de mortier obtenus après injection et découpe de conteneurs. L'IRSN constate que les résultats de ces essais sont conformes aux exigences des spécifications d'acceptation de CEDRA.

5 COMPORTEMENT DU COLIS EN ENTREPOSAGE ET EN STOCKAGE

Les fonctions attendues du colis 870 L FI sont de garantir le confinement des radionucléides non-gazeux et d'assurer la tenue mécanique et la maintenabilité des colis pendant toute la durée d'entreposage dans CEDRA et la phase d'exploitation de Cigéo, soit environ 150 ans.

S'agissant de l'évolution du mortier de blocage, le CEA s'appuie sur le retour d'expérience du ciment CEM V, constitutif du mortier, pour démontrer sa durabilité chimique en environnement agressif sur plusieurs décennies, voire un siècle. En outre, le CEA indique que le phénomène de carbonatation atmosphérique du béton induit une transformation minéralogique du mortier de blocage sur une épaisseur de quelques dizaines de millimètres en 50 ans. Le CEA précise à cet égard que cette transformation se traduit par une amélioration de la stabilité chimique du mortier et un accroissement de sa résistance mécanique (augmentation du module d'Young de la zone concernée). Le CEA n'identifie pas de phénomènes pouvant porter atteinte aux caractéristiques du mortier de blocage, et donc aux fonctions de confinement et de tenue mécanique du colis. L'IRSN convient que les conditions d'ambiance attendues en entreposage et pendant la phase d'exploitation du stockage ne sont pas de nature à produire des phénomènes dont les effets conduiraient à une altération significative du mortier. Par ailleurs, s'agissant de la tenue du mortier de blocage sous irradiation, l'IRSN considère que le caractère faiblement irradiant des déchets permet d'écarter le risque de dégradation notable de ses performances de tenue mécanique et de capacité de confinement. De la même manière, la production de dihydrogène par radiolyse du mortier de blocage est négligeable.

S'agissant de la corrosion des conteneurs, le CEA a déterminé, selon les modalités définies par les normes NF ISO 9223 et 9224, la corrosivité de l'atmosphère puis évalué une épaisseur corrodée maximale de l'ordre de 130 µm au bout de 50 ans d'entreposage ; dégradation qui n'est pas de nature à remettre en cause les performances mécaniques des colis 870 L FI. Si cette valeur est compatible avec les conditions d'hygrométrie et de température attendues dans CEDRA, l'IRSN relève que la concentration de polluants atmosphériques, dont les chlorures et l'oxyde de soufre (SO₂), n'a pas été prise en compte dans la détermination de la corrosivité de l'atmosphère contrairement aux préconisations des normes précitées. **Dans l'objectif de confirmer la classe de corrosivité de l'atmosphère et d'ainsi conforter l'évaluation de l'épaisseur de conteneur corrodée, l'IRSN estime nécessaire que le CEA procède à la mise en place de relevés des polluants atmosphériques dans CEDRA (et le cas échéant, réévalue l'épaisseur maximale d'acier corrodé).** Ceci fait l'objet de la recommandation R6 en annexe 1 au présent avis. Par ailleurs, le retour d'expérience du vieillissement des colis 870 FI déjà produits fournit des éléments relatifs à leur comportement en entreposage et en particulier à la durabilité du conteneur en acier noir du colis qui contribue essentiellement à sa manutentionnabilité. Ainsi, des cas de corrosions importantes du conteneur en acier noir de colis 870 FI produits avant 2012 entreposés sur des aires extérieures du parc d'entreposage des déchets radioactifs du CEA Cadarache (INB n°56) ont

été constatés. Toutefois, l'IRSN note que le retour d'expérience des contrôles effectués sur 264 colis 870 FI entreposés dans CEDRA parmi les 506 provenant de l'INB n°37-A n'a mis en évidence qu'un nombre limité de phénomènes mineurs de corrosion (7 constats d'événement). Ce retour d'expérience concourt à démontrer que la mise en place de dispositions permettant de contrôler les conditions d'hygrométrie et de température dans l'installation d'entreposage a permis de limiter efficacement l'apparition de phénomènes de dégradation par corrosion. L'IRSN note cependant que ce retour d'expérience limité, moins de 10 ans, ne permet pas de se prononcer sur l'évolution de ces phénomènes de dégradation sur la durée quasi-séculaire de l'entreposage et de la phase d'exploitation du stockage. **Afin de pallier ces incertitudes, l'IRSN recommande que le CEA mette en place, en complément du programme de surveillance des colis, un programme expérimental de suivi sur une longue période de la corrosion de l'acier noir en condition d'entreposage, à l'aide d'éprouvettes témoins et de colis fictifs instrumentés.** Ceci fait l'objet de la recommandation R7 en annexe 1 du présent avis. En outre, l'IRSN relève que l'option de stockage dans Cigéo, envisagée à ce stade par l'Andra, est un stockage de ces colis sans conteneur de stockage, dit « stockage direct ». A cet égard, l'IRSN rappelle que le maintien des performances mécaniques reste requis pendant la phase d'exploitation de Cigéo, en particulier, dans le cas d'une mise en stockage sans conteneur de stockage. **Compte tenu des incertitudes énoncées ci-avant quant à la durabilité du conteneur en acier noir des colis 870 L FI, l'IRSN estime que l'éligibilité de ces colis au stockage direct reste à démontrer.**

Enfin, l'IRSN note l'absence d'études sur le comportement, après fermeture du stockage, du colis 870 L FI, dont les performances de confinement devraient progressivement être dégradées. A cet égard, le CEA indique que l'Andra retient, pour les colis 870 L FI, un modèle de type labile, c'est-à-dire un relâchement complet et instantané des radionucléides contenus dans les déchets. **Ceci n'appelle pas de remarque.**

6 CONCLUSION

L'IRSN considère que le référentiel de conditionnement de déchets technologiques en colis 870 L FI, transmis par le CEA en support à sa demande d'accord de conditionnement pour les colis produits depuis 2012, nécessite d'être mis à jour pour former un corpus documentaire autoportant cohérent avec les exigences de chacune des étapes de gestion de ces colis. Ce référentiel devra en particulier intégrer une liste consolidée de paramètres garantis compatibles avec les critères d'acceptation en entreposage dans CEDRA. L'IRSN n'a toutefois pas identifié, en l'état des éléments portés à sa connaissance, d'élément réhibitoire à leur production et à leur prise en charge dans CEDRA sous réserve de la prise en compte des recommandations formulées en annexe 1 au présent avis, en particulier de la confirmation, par des compléments au programme de qualification, de l'atteinte des performances de confinement du colis. Enfin, s'agissant de leur stockage dans Cigéo, l'IRSN n'a pas identifié d'incompatibilité entre le référentiel de conditionnement du colis et les spécifications préliminaires d'acceptation dans Cigéo mais estime que l'éligibilité de ces colis au stockage direct reste à démontrer, notamment sur la base de la poursuite du suivi de la corrosion des colis entreposés dans CEDRA.

Pour le Directeur général, par délégation
François BESNUS
Directeur de l'Environnement

Annexe à l'avis IRSN n° 2020-00126 du 29 juillet 2020

Annexe 1 : Recommandations de l'IRSN

L'IRSN recommande que le CEA :

- R1. définisse une limite du débit de production de dihydrogène tenant compte des caractéristiques effectives des déchets à conditionner dans l'INB n°37-A tout en garantissant une marge suffisante vis-à-vis de la démonstration de sûreté de l'installation.
- R2. démontre la représentativité des débits de production de dihydrogène de radiolyse évalués avec le code de calcul STORAGE pour les fûts primaires et les colis 870 L FI au moyen de mesures sur colis réels.
- R3. révise les paramètres garantis du colis 870 L FI afin qu'ils satisfassent aux exigences de sûreté associées à leur entreposage dans CEDRA en termes de contamination surfacique et d'absence de dispersion du contenu radioactif en cas de chute et mette en cohérence la valeur du paramètre garanti relatif au débit de production de gaz de radiolyse et les critères d'acceptation dans CEDRA.
- R4. définisse l'épaisseur minimale de mortier nécessaire pour assurer l'atteinte des performances attendues du colis (notamment en terme de confinement), l'intègre à la liste des paramètres garantis et définisse les dispositions nécessaires permettant de garantir le respect de ce paramètre garanti.
- R5. complète son programme de qualification par des essais sur des colis représentatifs des colis réels afin de démontrer que la matrice cimentaire et ses modalités d'injection permettent de conférer au colis des caractéristiques adaptées à ses fonctions de tenue mécanique, de confinement et de maîtrise du taux de vide dans des conditions représentatives de son élaboration.
- R6. procède à la mise en place de relevés des polluants atmosphériques dans l'installation d'entreposage CEDRA afin de confirmer la classe de corrosivité de l'atmosphère retenue.
- R7. mette en place, en complément du plan de surveillance des colis, un programme expérimental de suivi, sur une longue période, de la corrosion de l'acier noir en condition d'entreposage, à l'aide d'éprouvettes témoins et de colis fictifs instrumentés.

Annexe à l'avis IRSN n° 2020-00126 du 29 juillet 2020

Annexe 2 : Paramètres garantis proposés par le CEA

| Étape/phase | Paramètre garanti |
|--|---|
| Déchets primaires : Nature physique et pré-conditionnement de déchets | Production de dihydrogène : -870L FI : < 40L/an/colis |
| Caractéristiques des colis finis | Masse de matière fissile pour les 870L FI: Masse (²³⁵ U) + Masse (Pu _{tot}) ≤ 200 g |
| | Puissance thermique (pour les 870L FI) ≤ 60 W |
| | Contamination surfacique (pour les 870L FI) ≤ 4 Bq.cm ⁻² βγ ≤ 0,4 Bq.cm ⁻² α |
| | Masse : - 870L FI : ≤ 3 tonnes |
| | Pour les 870L FI : Taux de vide < 25% et estimation du volume des porosités du colis |
| | Comportement à la chute pour les 870L FI : absence de dispersion du contenu radioactif interne du colis pour une chute d'une hauteur de 1,2 m sur une dalle indéformable |