

Référence courrier : CODEP-DRC-2021-027897

Montrouge, le 18 juin 2021

**Monsieur le directeur général de l'Andra**  
**Parc de la Croix Blanche**  
**1-7, rue Jean Monnet**  
**92298 CHATENAY MALABRY Cedex**

**OBJET : Étude PNGMDR 2016-2018 : analyse de l'impact des résultats des études relatives au comportement des colis de déchets bitumés sur leurs conditions d'accueil dans Cigéo**

**Références :**

- [1] Note technique CEA/DEN/DPSN/DIR 2017-281 du 29 juin 2017 : comportement physicochimique et thermique des colis de boues bitumés pendant les phases d'entreposages, puis le stockage réversible et au-delà
- [2] Arrêté du 23 février 2017 pris pour application du décret n° 2017-231 du 23 février 2017 établissant les prescriptions du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs
- [3] Note de l'Andra - Stockage en l'état des fûts de déchets bitumés dans Cigéo - Maîtrise des risques et principes d'évolution de conception. Ref. CG-TE-D-NSY-AMOA-SR1-0000-18-0006 du 15 juillet 2019 transmise par lettre DG/19-0087 du 22 juillet 2019
- [4] Lettre CODEP-DRC-2018-001635 de l'ASN du 12 janvier 2018
- [5] Lettre CODEP-DRC-2019-005828 de l'ASN du 28 mai 2019
- [6] Revue externe sur la gestion des déchets bitumés – Rapport final du 28 juin 2019
- [7] Arrêté du 7 février 2012 modifié fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base

Monsieur le directeur général,

Dans le cadre du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs (PNGMDR) 2016-2018, le CEA a remis un rapport [1] intitulé « *Comportement physico-chimique et thermique des colis de boues bitumées pendant les phases d'entreposages, puis de stockage réversible et au-delà* », en application du 1<sup>er</sup> alinéa de l'article 46 de l'arrêté du 23 février 2017 [1]. Ce même article dispose en outre que : « *Pour le 30 juin 2018, l'Andra remet aux ministres chargés de l'énergie, de la sûreté nucléaire et de la défense un rapport d'analyse sur l'impact de ces résultats sur les conditions d'accueil des colis de déchets bitumés dans Cigéo.* ». Cette étude a été remise par l'Andra le 15 juillet 2019 [3].

L'inventaire total des colis de déchets bitumés entreposés sur le site du CEA Marcoule représente environ 62 000 colis, dont 29 000 de moyenne activité à vie longue (MA-VL) et 33 000 de faible activité à vie longue (FA-VL). Ils ont été produits par la station de traitement des effluents liquides (STEL) de l'INBS de Marcoule depuis 1966. Orano entrepose également près de 13 000 colis de déchets bitumés MA-VL à La Hague, produits par les installations STE2 et STE3.

En conditions d'entreposage ou de stockage, le risque principal de ces déchets est la possibilité d'un amorçage de réactions exothermiques internes à un colis de déchets bitumés, par réactions d'oxydoréduction entre sels ou par réactions sels-bitume, à la suite d'un apport d'énergie d'activation externe (cas d'un incendie ou d'une montée en température) et en présence suffisante d'oxygène. Une fois ces réactions exothermiques amorcées, un emballement thermique peut se produire, pouvant entraîner une inflammation de la matrice bitumée. Cette inflammation peut entraîner la dégradation du colis, l'amorçage de réactions exothermiques dans les colis voisins, et l'altération des performances des ouvrages de stockage, pouvant générer une dissémination importante de radionucléides dans l'environnement.

A la suite de l'instruction du dossier d'options de sûreté du projet Cigéo (DOS), l'ASN [4] a considéré, pour le stockage des colis de déchets bitumés, que « *les options de conception retenues à ce stade par l'Andra ne permettent ni de prévenir ni de limiter les risques à un niveau acceptable en cas de réaction exothermique à l'intérieur d'un colis de déchets bitumés* ». La demande [2018-D-10] a ainsi été formulée : « *Je vous demande, si vous envisagez le stockage en l'état de tout ou partie des colis de déchets bitumés de présenter, dans le dossier de demande d'autorisation de création, les modifications de conception pour exclure le risque d'emballement des réactions exothermiques, concernant notamment :*

- *les dispositions de surveillance permettant de détecter au plus tôt une montée progressive de la température ;*
- *les dispositions prévues en cas d'incendie pour empêcher des réactions exothermiques des colis de déchets bitumés et la propagation à un ou d'autres colis ;*
- *les mesures de limitation des conséquences vis-à-vis de la dissémination de matière radioactive à la suite d'une dégradation thermique des colis. »*

A l'issue de l'instruction des études remises au titre du 1<sup>er</sup> alinéa de l'article 46 de l'arrêté [1], l'ASN vous a informé, le 28 mai 2019 [5], qu'elle considérait qu'une température seuil de 100 °C en peau de colis primaire et une valeur maximale d'énergie de 90 J/g, pouvaient être considérées comme base de conception, permettant ainsi de disposer de marges de sûreté importantes, eu égard à la variabilité de composition des colis de déchets bitumés. Par ailleurs, en 2018, une revue externe sur la gestion des déchets bitumés, mandatée par l'ASN et le ministre chargé de l'énergie, a examiné les évolutions de conception prévues par l'Andra. Cette revue estime, dans son rapport [6], que « *les études conduites par l'Andra devraient permettre d'arriver à court terme à une conception dont la sûreté pourrait être démontrée de façon convaincante* ». De plus, « *le coût n'est pas encore connu précisément, mais il sera très probablement nettement inférieur au coût d'une neutralisation préalable de la réactivité des déchets.* ».

L'ASN vous a demandé en complément, le 28 mai 2019 [5], « de définir et de considérer un scénario d'emballage et de perte de confinement d'un colis de déchets bitumés dans un colis de stockage afin d'identifier les dispositions nécessaires pour limiter les conséquences de ce scénario et pour garantir l'absence de propagation de l'emballage aux colis de stockage voisins » et « de prévoir les dispositions qui permettent, après extinction d'un incendie, de surveiller l'état thermique des colis de déchets bitumés ».

Vous avez transmis, conformément au 2<sup>e</sup> alinéa de l'article 46 de l'arrêté [1], l'étude datée de juillet 2019 [3]. Dans cette étude, vous présentez les évolutions de conception et de gestion des risques envisagées depuis le dépôt du dossier d'options de sûreté (DOS) de Cigéo en 2016, et faites état de plusieurs études en cours ou prévues afin de répondre aux demandes de l'ASN rappelées ci-avant.

En appui à l'identification des évolutions de conception permettant de renforcer la maîtrise des risques liés à la réactivité des colis de déchets bitumés, vous considérez :

- un scénario dit « de référence », comprenant des événements internes ainsi que des agressions externes les plus plausibles, qui sont étudiés dans le cadre du domaine de conception afin de déterminer, sur la base d'une démarche conservative, les dispositions permettant d'en limiter les effets et de maintenir les paramètres physiques dans les cellules de stockage dans un domaine non-susceptible de favoriser un emballage de réactions exothermiques ;
- un scénario dit « extrême » d'emballage des réactions exothermiques au sein d'un colis de déchets bitumés. Ce scénario est étudié afin d'évaluer la capacité de l'installation à faire face à des événements déclencheurs plus complexes ou plus sévères que ceux qui sont pris en compte dans le scénario de référence.

Veillez trouver ci-dessous les conclusions et demandes à prendre en compte pour la demande d'autorisation de création de Cigéo, issues de l'instruction de l'étude [3].

## **1. Scénarios considérés**

### Scénario de référence

Vous identifiez les causes susceptibles de conduire à une augmentation de température significative dans l'environnement proche des colis de stockage de colis de déchets bitumés, et reprenez dans votre étude les incendies situés en cellule de manutention et en partie utile de l'alvéole MA-VL. Afin d'évaluer l'augmentation de température qui en résulte, vous construisez des courbes de débits calorifiques établies sur la base de la charge calorifique des équipements identifiés à ce stade. Deux scénarios sont considérés : un scénario enveloppe dit « court » de forte intensité, dans lequel tous les équipements prennent feu simultanément, et un scénario enveloppe dit « long », dans lequel ces équipements prennent successivement feu.

Ces courbes de débits calorifiques permettent la modélisation de l'agression thermique des colis de stockage par l'incendie et notamment la vérification du fait que la température au niveau des colis reste strictement inférieures à 100 °C, ce qui est cohérent avec la demande de l'ASN formulées dans sa lettre [5].

**Je considère que cette démarche est satisfaisante sur le plan des principes et n'appelle pas de remarque à ce stade.**

### Scénario extrême

La démarche que vous retenez pour le scénario extrême consiste à supposer le déclenchement d'une réaction exothermique au sein d'un colis de déchets bitumés, sans cause connue, et à décrire les phénomènes qui pourraient survenir. Vous identifiez ainsi les phénomènes suivants :

- sur la plage de températures comprise entre 80 et 110 °C, la viscosité du bitume a suffisamment diminué pour que les bulles d'hydrogène produites par la radiolyse au sein de la matrice migrent vers la surface de l'enrobé ;
- autour de 200 °C, l'emballement des réactions exothermiques entraîne une augmentation de la température de la matrice et sa pyrolyse ;
- autour de 300 °C, le bitume peut s'enflammer en présence d'oxygène.

Vous listez ensuite les conséquences potentielles pouvant résulter d'un emballement. Outre l'échauffement du colis de déchets bitumés lié à la réactivité et l'inflammation de l'enrobé, des effets de montée en pression du colis de stockage sont mentionnés, et vous vous interrogez sur la possibilité de production de gaz inflammables s'échappant du colis ainsi que d'éjection du couvercle du conteneur de stockage. Vous retenez ainsi deux situations estimées plausibles :

1. l'emballement est limité au sein du conteneur (toute l'énergie reste au sein du conteneur et se propage thermiquement) ;
2. l'emballement entraîne la production de gaz inflammables qui s'échappent du conteneur de stockage et s'enflamment à la sortie de celui-ci.

S'agissant de la première situation, les évaluations (propagation thermique) réalisées par le CEA ont été analysées<sup>1</sup>. Vous concluez que les colis primaires qu'ils contiennent restent à des températures très inférieures à 100 °C.

S'agissant de la deuxième situation, **elle ne fait pas l'objet d'un développement dans la note**. Néanmoins, vous présentez les premiers résultats des calculs exploratoires de propagation thermique dans un alvéole de stockage en l'absence de couvercle.

**Je remarque que ces calculs montrent que des températures supérieures à 100 °C seraient atteintes en quelques heures en peau de colis primaire des colis de stockage voisins et que l'absence de propagation de l'emballement, si la tenue mécanique du couvercle n'est pas acquise, n'est pas garantie. Je souligne ainsi le fort enjeu à apporter la démonstration de l'intégrité des surconteneurs pour le stockage des déchets bitumés, qui fait l'objet des demandes complémentaires [Andra-art.46b-D2] et [Andra-art.46b-D3] ci-après.**

---

<sup>1</sup> Pour une sollicitation interne de 927 °C pendant 8 heures, très pénalisante, la température maximale atteinte sur les surfaces extérieures du surconteneur est de 230 °C et la valeur de 200 °C est dépassée pendant moins de 4 heures.

## 2. Evolution de conception

### Disposition des surconteneurs

Vous proposez une évolution de l'agencement des colis de stockage des colis de déchets bitumés, à présent sur deux niveaux, au lieu de trois au stade du DOS, afin de disposer d'un espace libre en partie haute de l'alvéole permettant la mise en œuvre de dispositions complémentaires visant à renforcer la capacité à surveiller et à intervenir en cas d'événement.

### Dispositions complémentaires de détection et d'intervention

Des dispositions complémentaires de détection et d'intervention en cas d'incendie par rapport aux options présentées dans le DOS sont présentées, notamment :

- la mise en place d'un système complémentaire de mesure de température dans l'alvéole, par la mise en place de fibres optiques placées de manière permanente en voûte et réparties sur toute la longueur de l'alvéole ;
- un système complémentaire d'extinction incendie par des systèmes embarqués, en retenant un système déployé par robot ;
- un système de manutention complémentaire dédié au retrait d'un ou plusieurs colis de stockage, impacté ou non par l'incendie. Deux solutions sont à l'étude : un pont permettant la manutention par le dessus ou un pont permettant la manutention par le dessous.

Ces éléments sont de nature à améliorer la maîtrise du risque lié à l'incendie dans les alvéoles MA-VL de Cigéo. Néanmoins, vous indiquez que l'ensemble de ces dispositions nécessite la poursuite ou le lancement de nouvelles études. **Je relève que la faisabilité technique de ces évolutions de conception reste à démontrer et que des incertitudes demeurent.** Ces incertitudes sont notamment liées aux difficultés inhérentes à la surveillance de déchets stockés dans un alvéole irradiant inaccessible à l'homme de 500 m de long pendant une exploitation séculaire, et aux difficultés de mise en œuvre de dispositifs d'extinction avec des capacités adaptées à l'extinction d'un colis de déchets bitumés embrasé en colis de stockage (épaisseur de 20 cm de béton de la paroi du surconteneur).

Par ailleurs, vous n'avez pas présenté la stratégie de gestion qui serait mise en œuvre pour les colis pour lesquels une augmentation de la température susceptible de conduire à un emballement des réactions exothermiques aurait été détectée et dont le retrait de leurs conteneurs de stockage serait nécessaire. **Je relève que cette gestion pourrait conduire à des modifications de conception de l'alvéole de stockage ou à des évolutions des équipements déjà prévus, par exemple si les colis retirés devaient séjourner dans une zone tampon avant d'être évacués en surface.**

[Andra-art.46b-D1] **Je vous demande de préciser les modalités envisagées pour la gestion des colis qui seraient retirés de leur alvéole de stockage et les évolutions de conception nécessaires.**

## Surconteneur

Je relève que la maîtrise du risque de propagation d'une réaction exothermique repose principalement sur le surconteneur. A cet égard, vous indiquez que le surconteneur constituera un élément important pour la protection (EIP). En effet, celui-ci assure, d'une part, une fonction de protection thermique des colis de déchets bitumés en cas de sollicitation thermique extérieure (scénario de référence), d'autre part, une fonction de compartimentage pour limiter les effets de l'emballement de réactions exothermiques au sein d'un colis de déchets bitumés sur les colis de stockage voisins (scénario extrême).

**L'ASN sera attentive à la définition des exigences définies associées aux surconteneurs, à la qualification dont ils feront l'objet et la démarche associée, conformément aux dispositions de l'article 2.5.1 de l'arrêté** Erreur ! Source du renvoi introuvable..

Vous prévoyez ainsi la réalisation d'essais sur la tenue du surconteneur à un feu interne, ainsi que de simulations pour déterminer le niveau de pression qui conduirait à l'éjection de son couvercle. Dans la note, vous vous appuyez sur des résultats existants pour évaluer la capacité du colis de stockage à conserver son intégrité et assurer une fonction de compartimentage en cas d'emballement d'un colis de déchets bitumés.

S'agissant de la valorisation du compartimentage, vous présentez, dans l'annexe 2 de la note [3], des résultats d'essais de montée en pression dans un surconteneur CS4, envisagé pour les colis de déchets bitumés, qui font état i) d'une surpression limitée (330 Pa environ) mesurée lors d'un essai d'évacuation de gaz au moyen d'une injection rapide et courte de He (débit de 10 NL.h<sup>-1</sup> en régime transitoire) ainsi que ii) de la tenue mécanique du couvercle d'un conteneur de stockage lors d'un essai d'explosion interne (concentration en H<sub>2</sub> de 32,5 % dans l'air).

**Je remarque que les conditions des essais existants liés à la tenue mécanique du couvercle des conteneurs de stockage ne sont pas représentatives d'un scénario d'emballement d'un colis de déchets bitumés (gonflement du bitume, dégagements de H<sub>2</sub> et de gaz de pyrolyse, etc.). De plus, la démonstration de la tenue du couvercle du surconteneur en cas de montée en pression reste encore à apporter. Je relève à cet égard que des essais et évaluations sont envisagés sur la résistance du conteneur à un feu interne et sur ses performances thermiques.**

**[Andra-art.46b-D2] Je vous demande de présenter une réévaluation de la surpression maximale générée par un emballement d'une réaction exothermique dans un surconteneur de colis de déchets bitumés, tenant compte de l'ensemble des phénomènes à l'origine de cette surpression.**

**[Andra-art.46b-D3] En complément de la demande [Andra-Art-46-1]<sup>2</sup>, je vous demande de considérer, dans votre scénario extrême, les résultats issus de la réévaluation de surpression**

---

<sup>2</sup> Courrier du 28 mai 2019 [5] : demande [Andra-Art-46-1] « Je vous demande de définir et de considérer un scénario d'emballement et de perte de confinement d'un colis de déchets bitumés dans un colis de stockage, afin d'identifier les dispositions nécessaires pour limiter les conséquences de ce scénario et pour garantir l'absence de propagation de l'emballement aux colis de stockage voisins. »

mentionnée à la demande [Andra-art.46b-D2] et de présenter les conséquences possibles de cette surpression liée à un emballement d'une réaction exothermique dans le surconteneur, sur l'état du colis et de son environnement immédiat.

### 3. Evaluation des conséquences radiologiques

Les évaluations des conséquences radiologiques mentionnées dans la note [3] sont celles présentées au stade du DOS de Cigéo. Elles ne reflètent ainsi pas entièrement les évolutions de conception de Cigéo, ni les conséquences du scénario extrême que vous avez postulé. A titre d'illustration, une partie des coefficients de remise en suspension proviennent d'une démarche dite « sélective » d'un guide inter-exploitant. Les données de ce guide ont été établies sur la base d'essais représentatifs d'un accident de perte de réfrigérant primaire dans un réacteur à eau pressurisé. Ainsi, compte tenu des spécificités d'une installation de stockage de déchets souterraine, l'application de ce guide à ce type d'installation nécessite d'être justifié. De plus, vous avez appliqué un facteur de rétention des aérosols ( $10^{-2}$ ) pour valoriser la présence d'un surconteneur. Or la tenue du couvercle de ce surconteneur n'est à ce stade pas démontrée.

**[Andra-art.46b-D4] Je vous demande de réexaminer et, le cas échéant, de réviser votre évaluation des conséquences radiologiques liées à l'incendie d'un surconteneur de colis de déchets bitumés, en précisant les hypothèses retenues. Vous présenterez, le cas échéant, les dispositions techniques et organisationnelles complémentaires qui pourraient être mises en œuvre pour limiter la dissémination de substances radioactives, conformément au principe de défense en profondeur, et évaluer les conséquences radiologiques associées.**

Je vous demande de prendre en compte les remarques et demandes de ce courrier au plus tard à l'échéance du dépôt de la demande d'autorisation de création de Cigéo.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le directeur général, l'expression de ma considération distinguée.

La directrice générale adjointe,

*Signé*

**Anne-Cécile RIGAIL**