



**Direction des déchets,  
des installations de recherche et du cycle**



MINISTÈRE DES ARMÉES



N/Réf. : CODEP-DRC-2019-007552

N/Réf : ASND/2019-00392

Montrouge, le 28 mai 2019

**Monsieur le directeur de la direction du  
démantèlement pour les centres civils du CEA**

**Monsieur le directeur de la direction des  
projets déconstructions et déchets EDF**

**Monsieur le directeur  
déchets/démantèlement d'Orano**

**Objet : Étude PNGMDR 2016-2018 : comportement physico-chimique et thermique des colis de  
déchets bitumés en stockage**

**Références :** *in fine*

Messieurs les directeurs,

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* ». Ce rapport a été remis en application de l'article 46 de l'arrêté PNGMDR du 23 février 2017 [2]0, qui dispose que : « *le CEA, en lien avec l'Andra et les propriétaires de déchets bitumés, poursuit les études sur le comportement des colis de déchets bitumés (notamment réactivité et vieillissement) en vue de disposer des données scientifiques et techniques nécessaires à l'évaluation de leur comportement physico-chimique et thermique pendant la phase réversible du stockage et au-delà. Si elle estime nécessaire, l'Andra communique au CEA en amont des études les éléments sur le comportement des colis bitumés dont elle souhaite disposer pour la démonstration de sûreté de Cigéo. Pour le 30 juin 2017, le CEA remet un rapport décrivant l'ensemble des résultats disponibles aux ministres chargés de l'énergie, de la sûreté nucléaire et de la défense.* »

Ce rapport est divisé en trois parties : la première traite de l'évolution de la stabilité des colis de déchets bitumés<sup>1</sup> en fonction de la sollicitation thermique appliquée en parois du colis, de la température de déclenchement des réactions exothermiques et de l'irradiation, la deuxième aborde les mécanismes de reprise en eau et les propriétés de confinement à long terme des colis, et la troisième évalue le comportement des colis sous radiolyse et le dégagement induit d'hydrogène.

Par ailleurs, l'étude du comportement thermique des colis de déchets bitumés en regard de leur réactivité potentielle avait fait l'objet d'un programme d'études quadripartite entre l'Andra, le CEA, EDF et Orano en réponse à une demande de la commission nationale d'évaluation. Ce programme visait à compléter les connaissances sur le comportement des colis de déchets bitumés lors d'une élévation de température au moyen d'une démarche multi-échelle. Cette démarche comprenait des essais dits « à *petite échelle* » et « à *moyenne échelle* » sur des échantillons de synthèse, ainsi que des essais dits « à *grande échelle* » sur des conteneurs de stockage. Les résultats de ce programme ont été analysés en 2016 dans le cadre de l'instruction de la stratégie de gestion des déchets radioactifs anciens et de démantèlement de l'INBS du CEA de Marcoule (EPDNM) [3] en ce qui concerne les essais à petite et moyenne échelles, puis en 2017 dans le cadre de l'instruction du dossier d'options de sûreté de Cigéo [4] en ce qui concerne les essais à grande échelle. Ces instructions ont permis de démontrer que la démarche d'acquisition des connaissances de la réactivité des colis de déchets bitumés était pertinente. Une étude complémentaire vous a été demandée par l'ASND, par lettre du 10 février 2017 [5]. Elle a été transmise en décembre 2017 [6], et concerne la réinterprétation des études expérimentales de microcalorimétrie. Par ailleurs, dans le cadre de l'instruction de la stratégie de gestion des déchets radioactifs anciens et de démantèlement de l'INBS du CEA de Marcoule, vous aviez transmis directement à l'IRSN, à la suite de son avis [3], une étude complémentaire sur l'effet de l'irradiation sur les mécanismes de transfert de chaleur dans les colis de déchets bitumés en décembre 2016 [7].

Les demandes issues de l'instruction menée par l'ASN et l'ASND relative aux études [1], [6] et [7] sont portées à votre connaissance ci-après.

Nous vous prions de bien vouloir y élaborer une réponse conjointe entre les propriétaires de déchets bitumés destinataires de ce courrier.

Par ailleurs, la revue sur la gestion des déchets bitumés, dont les travaux ont débuté le 6 septembre 2018, rendra ses conclusions au deuxième semestre 2019, au regard notamment de vos résultats de caractérisation et de comportement des déchets bitumés et des évolutions de conception que l'Andra pourrait envisager pour le stockage de déchets bitumés.

Nous vous invitons à prendre en compte, dans vos réponses, les conclusions de cette revue.

---

<sup>1</sup> Appelés « fûts d'enrobé bitumineux » (FEB) dans le rapport [1]

## **I. Production des colis de déchets bitumés**

Environ 62 000 colis de déchets bitumés, dont 29 000 de moyenne activité à vie longue (MA-VL) et 33 000 de faible activité à vie longue (FA-VL), ont été produits dans l'atelier d'enrobage de la station de traitement des effluents (STEL) de l'INBS de Marcoule depuis 1966, et sont actuellement entreposés sur le site du CEA de Marcoule. Ils sont répartis en cinq plages physico-chimiques industrielles correspondant à cinq périodes de production distinctes (1966-1971, 1971-1978, 1978-1987, 1987-1995 et depuis 1995). Un suivi dit « qualité produit », permettant de retracer fidèlement les conditions industrielles de production, a été mis en place par le CEA uniquement pour la cinquième période.

Des déchets liquides organiques issus des usines UP1 de Marcoule et UP2 de La Hague ont également fait l'objet d'un traitement par bitumage à la STEL de Marcoule entre 1976 et 1987 (périodes 2 et 3-4). Ces déchets représentent 5 233 colis.

Orano entrepose en outre près de 13 000 colis de déchets bitumés de catégorie MA-VL à La Hague, produits par l'installation STE3 depuis 1989. Les boues conditionnées ont une typologie similaire à celles des périodes de production 4 et 5 de la STEL de Marcoule.

## **II. Effet de l'auto-irradiation sur le comportement thermique des colis de déchets bitumés**

### *Évolution de la viscosité*

L'étude transmise par le CEA en décembre 2016 [7] visait notamment à établir une loi de rhéo-vieillessement permettant d'évaluer l'évolution de la viscosité de l'enrobé bitumé en fonction de son auto-irradiation, au travers du paramètre de dose totale intégrée reçue par le colis de déchets bitumés sur plusieurs années. Cette dose prend en compte la masse de l'enrobé bitumé, le pourcentage massique de bitume, le pourcentage massique d'extrait sec incorporé, le spectre radiologique et les activités associées. La dose totale intégrée calculée la plus pénalisante pour une durée séculaire correspond à la période cinq de production des colis de déchets bitumés, et s'élève à 3,4 MGy. Cette durée séculaire n'étant pas représentative des durées d'intérêt pour la gestion des colis de déchets bitumés, vous avez réévalué la valeur de la dose totale intégrée sur une période de 200 ans<sup>2</sup>. Cette réévaluation conduit à des valeurs de dose totale intégrée de 1 MGy pour les colis de déchets bitumés les plus anciens (périodes 1 à 4 de production), et 4,5 MGy pour ceux de la période 5. De ces doses totales intégrées, le CEA déduit des valeurs de viscosité. Il apparaît ainsi que la loi de rhéo-vieillessement que le CEA a définie est bien adaptée aux colis de déchets bitumés les plus anciens. Cela correspond, en effet, sur une période de 200 ans, à une évolution de la viscosité de 20 MPa.s (dose totale intégrée nulle) à 60 MPa.s (dose totale intégrée de 1 MGy) pour une température ambiante de 22 °C<sup>3</sup>. En revanche, pour les colis de déchets bitumés produits pendant la période 5, la loi de rhéo-vieillessement donne une valeur de viscosité de 14 100 MPa.s pour une dose intégrée à 200 ans de 4,5 MGy<sup>4</sup> et pour une température ambiante de 22 °C. Or cette valeur de viscosité ne peut être atteinte compte tenu de la fracturation du bitume à une valeur plus faible

---

<sup>2</sup> Ces 200 ans correspondent au délai attendu entre la production la plus ancienne des colis de déchets bitumés et la fin de la phase d'exploitation prévue à ce stade du projet Cigéo. Cette durée est utilisée de manière conservative pour l'ensemble des colis de déchets bitumés.

<sup>3</sup> Ces calculs sont aussi menés pour des températures de 50, 70, 90, 110, 130 et 150 °C.

<sup>4</sup> Les calculs réalisés avec la loi de rhéo-vieillessement montrent qu'au-delà de 3 MGy, les valeurs de viscosité calculées ne peuvent être physiquement atteintes dans la mesure où elles conduiraient à une fracturation de la matrice bitumée.

de viscosité. La loi de rhéo-vieillessement n'est donc pas adaptée pour déterminer la valeur de la viscosité pour les colis de déchets bitumés de la période 5.

**[Producteurs-Art46-1]** Nous vous demandons de compléter votre programme expérimental pour les colis de déchets bitumés produits après 1995, en vue d'acquérir des connaissances sur l'évolution microstructurale de ces mêmes enrobés bitumés pour une dose totale intégrée représentative des durées d'intérêt pour la gestion des colis de déchets bitumés (de la production la plus ancienne des colis à la fin de la phase d'exploitation de l'INB de stockage Cigéo) et, sur cette base, de définir et justifier la valeur de viscosité à considérer le cas échéant dans le cadre des études de sûreté.

*Influence de l'irradiation sur les mécanismes de transfert de chaleur au sein des colis de déchets bitumés*

La radiolyse est à l'origine de la formation de bulles de dihydrogène, dont la rétention au sein des colis de déchets bitumés est de nature à modifier les mécanismes de transfert thermique par conduction au sein de l'enrobé. La vitesse de migration de ces bulles est par ailleurs étroitement corrélée à la viscosité de l'enrobé<sup>5</sup>, qui dépend elle-même de la température. Connaissant l'évolution de la viscosité en fonction de la dose totale intégrée pour une température donnée, il est donc possible de calculer la vitesse de migration des bulles en fonction de la viscosité. Cependant, comme expliqué ci-dessus pour les colis de déchets bitumés de la période 5, la loi de rhéo-vieillessement n'est pas adaptée pour déterminer la valeur de la viscosité correspondant à une auto-irradiation de 200 ans (valeur conservative) à la température ambiante de 22 °C. Il n'est ainsi pas possible de déterminer, en fonction de la viscosité, la vitesse de migration des bulles pour une auto-irradiation de 200 ans, et donc d'en déduire leur délai d'évacuation. Par conséquent, l'argument du CEA selon lequel toutes les bulles de radiolyse disparaissent à 110 °C n'est pas justifié pour les colis de déchets bitumés de la période 5.

Par ailleurs, au-delà du paramètre de viscosité, les effets directs de l'irradiation sur d'autres propriétés physiques des colis de déchets bitumés gouvernant les mécanismes de transfert de chaleur, telles que la densité, la capacité calorifique et la conductivité thermique, n'ont pas été évalués. Or le vieillissement sous irradiation des colis de déchets bitumés entraînant la modification de ces propriétés, par fracturation par exemple, ne peut être exclu. Ces propriétés physiques constituent des paramètres de premier ordre à prendre en compte dans le cadre des modélisations de propagation thermique interne des colis de déchets bitumés en cas d'incendie.

**[Producteurs-Art46-2]** Nous vous demandons d'évaluer l'évolution des propriétés physiques gouvernant les mécanismes de transfert de chaleur au sein des colis de déchets bitumés en fonction du vieillissement des enrobés bitumés en tenant compte de l'irradiation et, sur cette base, de définir l'état microstructural enveloppe à considérer dans le cadre des études de sûreté relatives aux installations concernées. Dans cette optique, l'opportunité de prélever des échantillons sur fût réel pour consolider la connaissance de l'état microstructural des colis de déchets bitumés après un vieillissement sous irradiation devra être examinée.

---

<sup>5</sup> Le CEA retient, pour la vitesse de remontée des bulles, l'équation  $U = \frac{\rho g r^2}{3\eta(T)}$  où  $\eta(T)$  est la viscosité, qui dépend de la température  $T$ ,  $\rho$  est la masse volumique du bitume,  $g$  l'accélération de la pesanteur et  $r$  le rayon des bulles d'hydrogène.

### III. Réactivité thermique des enrobés bitumés

#### *Confinement de la matrice bituminée*

Dans la note de décembre 2017 [6], le CEA expose certains principes généraux à considérer sur la réactivité thermique des colis de déchets bitumés. Il indique ainsi que « *la perte de la fonction de confinement des matières radioactives sous forme solides ou aérosols ne peut avoir lieu qu'en cas de combustion de la matrice bitumée, qui intervient au-delà de 300 °C.* » Cependant, compte tenu du fait que les propriétés physico-chimiques de confinement de l'enrobé bituminé ne sont pas évaluées et que le confinement dans un enrobé bitumé est en premier lieu assuré par le piégeage des radionucléides dans les sels de coprécipitation, une dispersion des radionucléides<sup>6</sup> pourrait aussi se produire à des températures inférieures à celle provoquant la combustion de l'enrobé. En cours d'instruction [8], le CEA a toutefois précisé que « *le retour d'expérience sur les opérations de bitumage montrent que lors de sa fabrication, l'enrobé est confinant vis-à-vis des radionucléides qu'il contient (absence de radionucléide dans les analyses des gaz de la STEL). La température d'opération du procédé est d'environ 160 °C. La matrice bitume comme les sels sont donc confinants au moins jusqu'à 160 °C* », Toutefois, pour le cas d'un enrobé vieilli sous auto-irradiation pendant plus d'un siècle, des évolutions microstructurales, telles que la fracturation, peuvent entraîner une dégradation des propriétés de blocage des sels par l'enrobé bitumé.

**[Producteurs-Art46-3] Nous vous demandons de préciser et de justifier, après avoir défini l'état microstructural enveloppe à considérer à la suite d'un vieillissement tenant compte de l'irradiation conformément à la demande [Producteurs-Art46-1], la température permettant de garantir la fonction de confinement de la matrice bitume sur toute la durée d'intérêt pour leur gestion, incluant la phase d'exploitation de l'INB de stockage.**

#### *Représentativité des échantillons d'enrobés bitumés de synthèse*

Afin de synthétiser des échantillons d'enrobés bitumés ayant une composition chimique représentative des colis entreposés à Marcoule, le CEA a défini des domaines de composition des enrobés de déchets bitumés pour chacune des périodes de production définies ci-dessus, selon deux approches :

- pour les périodes 1 à 3, une approche reposant sur les bilans de production des installations productrices de colis de déchets bitumés, ainsi que sur les caractérisations réalisées dans le cadre des opérations de reprise et de reconditionnement des colis de déchets bitumés entreposés dans les casemates 1 et 2 de la STEL,
- pour les périodes 4 et 5, une approche prenant en considération uniquement les bilans de production des installations productrices de déchets.

Le CEA présente ainsi, pour chacune de ces périodes, des bornes dites minimales et maximales, encadrant les domaines de compositions chimiques des colis de déchets bitumés. La valeur moyenne est aussi précisée.

Cependant, bien que cette démarche permette de fournir un cadre utile pour apprécier la réactivité thermique des colis de déchets bitumés et de définir les paramètres à considérer dans les études de sûreté, elle ne peut garantir que les domaines de compositions évalués englobent la totalité de l'inventaire des colis de déchets bitumés. En effet la connaissance détaillée de la composition chimique des colis de déchets bitumés et de leurs hétérogénéités est soumise à une variabilité induite par :

- les conditions de fabrication,

---

<sup>6</sup> À la suite d'une réaction chimique, exothermique ou non, des sels ou de leur décomposition thermique.

- le vieillissement (agrégation/sédimentation de sels),
- les méthodes de mesures et de caractérisations des colis de déchets bitumés, notamment dans le cadre des opérations de reprise et de reconditionnement des colis (RCD) de déchets bitumés entreposés dans les casemates 1 et 2 de la STEL. Les caractérisations réalisées pendant ces opérations n'étaient pas destinées à caractériser la réactivité chimique des colis en RCD et ont concerné seulement 1 % de la population des colis de déchets en RCD, avec une seule prise d'échantillons.

De plus, concernant les 5 233 colis de déchets bitumés issus du traitement de déchets liquides organiques mentionnés dans la partie I, les informations transmises par le CEA relatives au procédé de traitement ne permettent pas de s'assurer que les domaines de composition retenus pour les périodes 2 et 3-4 englobent totalement ces déchets, bien que le TBP<sup>7</sup> et le dodécane, composants caractéristiques de ces déchets, soient pris en compte dans les domaines de composition retenus<sup>8</sup>. Par conséquent, les plans d'expérience construits à partir de ces domaines et à partir desquels les essais de microcalorimétrie sont réalisés présentent potentiellement le même problème de représentativité.

**[Producteurs-Art46-4] Nous vous demandons de vérifier, au moyen d'une campagne de caractérisation dédiée sur des fûts réels réalisée à l'occasion de leur reconditionnement, que l'inventaire des colis de déchets bitumés est compris dans les domaines de variabilité de composition retenus. Le cas échéant, vous étendez les bornes de ces domaines.**

**[Producteurs-Art46-5] Nous vous demandons de confirmer que les colis de déchets bitumés, issus du traitement des déchets liquides organiques en provenance de La Hague et produits à la STEL de Marcoule, ont bien été pris en compte lors du choix des domaines de composition, ou, à défaut, de les intégrer dans la campagne faisant l'objet de la demande [Producteurs-Art46-4].**

**[Producteurs-Art46-6] Dans le cas où certains colis de déchets bitumés de l'inventaire seraient en dehors des domaines de variabilité de composition retenus, nous vous demandons de présenter une stratégie de gestion de ces colis.**

Enfin, 2 960 colis de déchets bitumés issus du traitement de déchets aluminifères ont été produits à la STEL de Marcoule de 1986 à 1997, mais n'ont pas été inclus dans la démarche de définition des domaines de composition des colis de déchets bitumés. Seule la composition moyenne de ces fûts est connue. Cela ne permet pas de connaître la réactivité potentielle des colis présentant cette composition. Par ailleurs, la présence du sel associé au traitement de ces effluents, l'hydroxyde d'aluminium, est corrélée à une augmentation de l'énergie libérée sur la plage 50-300 °C pour la période 1.

**[Producteurs-Art46-7] Nous vous demandons d'évaluer la réactivité potentielle des colis de déchets bitumés issus du traitement des effluents aluminifères, en cas d'échauffement externe.**

---

<sup>7</sup>Tributylphosphate

<sup>8</sup> Le TBP est pris en compte directement dans des proportions cohérentes (maximum de 3 %) avec le document [9] et le dodécane est déjà présent dans la matrice bitume.

### *Caractérisation de la réactivité des colis de déchets bitumés par microcalorimétrie*

Dans l'étude de décembre 2017 [6], le CEA présente, à la suite d'essais de microcalorimétrie, une réinterprétation des thermogrammes obtenus précédemment, au travers des paramètres supplémentaires suivants :

- la température en dessous de laquelle les réactions exothermiques sont considérées non significatives, à savoir celles pour lesquelles la puissance est inférieure à 0,5 mW/g. Cette température est appelée « *température de déclenchement de réactions exothermiques* » ;
- la puissance et les énergies dégagées dans différents intervalles de température.

Ces paramètres supplémentaires permettent d'évaluer de manière effective la température de déclenchement des réactions exothermiques pour chaque essai, et d'apprécier les énergies libérées sur différents intervalles de température.

La réinterprétation des thermogrammes permet aussi, à partir de modèles mathématiques développés sur la base de lois des mélanges, d'évaluer les grandeurs d'intérêt précitées sur les différentes périodes de production des colis de déchets bitumés.

Les principaux résultats expérimentaux et la loi des mélanges obtenue à partir de la réinterprétation des thermogrammes au regard des paramètres d'intérêt précités sont que :

- les températures de déclenchement des réactions exothermiques se situent en grande majorité entre 150 et 250 °C (pour 93 des 97 échantillons exploitables). Cependant, un nombre restreint d'essais (4) présente des températures de début de réaction exothermiques proches ou inférieures à 100 °C (88 °C et 91 °C pour une composition représentative de colis de déchets bitumés produits pendant la période 2, 104 °C pour une composition représentative de colis de déchets bitumés produits pendant les périodes 3 et 4, et 123 °C pour une composition représentative de colis de déchets bitumés produits pendant la période 5) ;
- la réactivité de l'ensemble des échantillons testés est moindre entre 50 et 150 °C qu'entre 150 et 200 °C ;
- les énergies maximales dégagées par les réactions exothermiques sont de 48 J/g sur la plage 50 - 150 °C et de 91 J/g sur la plage 50 - 200 °C ;
- les puissances maximales à 200 °C<sup>9</sup> ne dépassent pas 4 mW/g.

Il apparaît que les résultats relatifs aux enrobés de synthèse de composition représentative des colis de déchets bitumés produits pendant la période 2 ne permettent pas, compte tenu de leur dispersion, d'établir une loi de mélange valide pour la température de déclenchement des réactions exothermiques. Le CEA précise que, dans ce cas, les fluctuations de signal ne peuvent être attribuées à des réactions chimiques entre les composés de l'enrobé, mais à des paramètres extérieurs, comme par exemple, la signature de l'appareil, ou l'évolution de la capacité calorifique de l'enrobé. Le CEA considère donc que les deux points mesurés (à 88 °C et 91 °C) ne sont pas utilisables pour l'établissement d'un modèle, ainsi que l'ensemble des points de cette période. En revanche, les enrobés de synthèse de composition typique des colis de déchets bitumés produits pendant les périodes 3, 4 et 5 permettent d'établir une telle loi de mélanges.

---

<sup>9</sup> Température de début de pyrolyse de l'enrobé

Dans l'état actuel des études, l'ensemble de ces résultats (expérimentaux et modèles) permet de retenir que **la possibilité de déclencher des réactions exothermiques pouvant conduire à un emballement peut raisonnablement être considérée comme très faible en dessous d'une température de l'ordre de 100 °C. Par ailleurs, une énergie de 90 J/g est une valeur majorante de l'exothermicité des enrobés bitumés pour les compositions retenues. Nous vous rappelons à cet égard la demande [Producteurs-Art46-4] relative aux domaines de composition chimiques des colis de déchets bitumés.**

Cependant, afin de pouvoir valoriser une température de déclenchement dans les études de sûreté, il est indispensable que vous évaluiez l'incertitude associée à sa détermination. À cet égard, des essais complémentaires centrés sur la plage de température 100-175 °C pourraient s'avérer pertinents. Cette incertitude est induite par les variabilités liées à la préparation de l'échantillon, à la précision du microcalorimètre, ainsi que celles liées au traitement mathématique des thermogrammes et à l'élaboration de la loi des mélanges.

**[Producteurs-Art46-8] Nous vous demandons de présenter une méthodologie permettant d'évaluer les incertitudes associées à la mise en œuvre et à l'interprétation des plans d'expérience (préparation des échantillons, mesure par microcalorimétrie, traitement mathématique des thermogrammes et élaboration des lois de mélange) pour chacun des paramètres d'intérêts précités, y compris la température de déclenchement.**

#### **IV. Comportement à long terme : gonflement sous reprise d'eau**

Le comportement à long terme de l'installation souterraine est caractérisé par une re-saturation progressive en eau du milieu. À long terme, les colis de stockage des déchets bitumés n'assurant plus leur rôle de confinement (corrosion) et les conteneurs de stockage en béton contenant ces colis ayant été endommagés (fissuration), cette eau présente dans le milieu pourrait être mise en contact avec l'enrobé bitumé. Une reprise en eau pourrait alors s'opérer directement au sein de l'enrobé bitumé, pouvant potentiellement conduire à un phénomène de gonflement de la matrice. Dans un premier temps, ce gonflement pourrait se développer en milieu dit « libre », dépendant du taux de vide présent dans les colis et l'alvéole de stockage MA-VL. Dans un second temps, une fois les vides remplis, cette pression de gonflement pourrait être appliquée sur le revêtement en béton destiné au soutènement des alvéoles MA-VL. Via ce revêtement, cette pression de gonflement pourrait alors s'exercer à son tour sur les argilites du Callovo-Oxfordien. Ainsi, le comportement hydro-mécanique de ces argilites pourrait être impacté par cette pression de gonflement. Le CEA a, dans ce cadre, développé des échantillons de synthèse destinés notamment à la compréhension et à la quantification des phénomènes de reprise d'eau dans les enrobés<sup>10</sup> dans des conditions représentatives de celles d'un environnement de stockage (pH, volume contraint...). Le CEA présente ainsi dans le document [1] l'évolution de la pression de gonflement des enrobés STEL en fonction du temps. Une augmentation de pression est observée pour atteindre environ 20 MPa après 600 jours sous eau. Cependant, votre expérience ne porte que sur deux échantillons, et ne précise pas de quelles périodes de fonctionnement la STEL ces échantillons sont représentatifs.

---

<sup>10</sup> La compréhension des mécanismes de relâchement des sels à long terme et leur quantification à l'aide de modèles numériques sont aussi étudiées par le CEA.

**[Producteurs-Art46-9] Nous vous demandons de compléter votre démarche expérimentale avec des échantillons de synthèse représentatifs des différentes périodes de fonctionnement de la STEL. La composition des échantillons de synthèse pourrait notamment être justifiée au regard de la campagne de caractérisation dédiée faisant l'objet de la demande [Producteurs-Art46-4].**

## **V. Interactions avec l'Andra et le PNGMDR**

L'ASN formulera, dans un courrier adressé à l'Andra dont vous serez en copie, plusieurs demandes pour les études en vue de la demande d'autorisation de création de Cigéo et de la seconde partie de la demande issue de l'article 46 de l'arrêté PNGMDR du 23 février 2017 [2] qui dispose 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* ». Compte tenu du fait que le risque d'emballement de réactions exothermiques ne peut être exclu, nous vous demandons par conséquent de vous coordonner afin de fournir à l'Andra toutes les données nécessaires afin qu'elle puisse répondre à ces demandes, notamment en ce qui concerne le gonflement et la reprise d'eau à long terme.

Par ailleurs, nous considérons que les réponses aux demandes issues de la présente lettre seront à prendre en compte dans le cadre des études demandées par l'arrêté du 23 février 2017 [2], notamment celles des articles 47 et 48.

Vous voudrez bien nous faire part conjointement de vos observations et réponses concernant l'ensemble des points développés dans cette lettre dans un délai qui n'excèdera pas un an. Pour les engagements que vous seriez amenés à prendre, nous vous demandons de bien vouloir les identifier clairement et de proposer, pour chacun, une échéance de réalisation.

Nous vous prions d'agréer, Messieurs les directeurs, l'expression de notre considération distinguée.

**Pour le Délégué à la sûreté nucléaire et à  
la radioprotection pour les installations et  
activités intéressant la défense  
Par délégation,**

*signé par*

**Arnaud VAROQUAUX**

**La directrice générale adjointe  
de l'Autorité de sûreté nucléaire,**

*signé par*

**Anne-Cécile RIGAIL**

## RÉFÉRENCES

- [1] Note technique CEA/DEN/DPSN/DIR 2017-281 du 29 juin 2017 : comportement physico-chimique 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] Rapport IRSN/PDS-DEND/DR/2016-075 de juillet 2016 relatif à l'EPDNM de Marcoule
- [4] Rapport IRSN n° 2017-00013 du 19 mai 2017 : projet de stockage Cigéo – Examen du dossier d'options de sûreté
- [5] Lettre ASND/201-00133 du 10 février 2017
- [6] Note technique CEA/DEN/DANS/SP2S/NT/17-085-B du 19 décembre 2017 - Évaluation de la réactivité des fûts d'enrobés de boues bitumées de la STEL de Marcoule sous sollicitation thermique extérieure
- [7] Note technique CEA/DEN/DANS/SP2S/NT/16-040/A du 2 décembre 2016
- [8] Lettre CEA/CAB.AG n° 85 du 3 mai 2018
- [9] Note technique CEA/DEN/DADN NT/D260 - Domaine de composition des enrobés bitumés produits par la STEL de Marcoule