



Fontenay-aux-Roses, le 21 octobre 2020

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2020-00160

Objet :	Société Ciments Calcia – Demande de dérogation à l'interdiction d'addition de radionucléides artificiels par activation dans des produits de construction. Mise en place d'un analyseur neutronique en ligne de matériaux de construction.
Réf. :	[1] Lettre ASN CODEP-DTS-2020-042685 du 1er octobre 2020. [2] Avis IRSN n°2010-00243 du 7 décembre 2010. [3] Avis IRSN n°2017-00020 du 28 janvier 2017. [4] Avis IRSN n°2018-00325 du 14 décembre 2018.

La société Ciments Calcia, située à Beffes (18), produit et commercialise des ciments et des liants routiers. Elle souhaite utiliser un analyseur neutronique pour analyser en ligne et en continu la composition chimique du cru cimentier. Ce cru cimentier est constitué d'un mélange de matières premières broyées extraites des carrières et utilisées pour la fabrication du clinker, élément constitutif essentiel du ciment.

Cette analyse est actuellement réalisée par le biais d'un circuit d'échantillonnage (prélèvement d'échantillons). La société Ciments Calcia envisage l'utilisation de l'analyseur neutronique en ligne dans l'optique d'une modernisation des installations, d'une augmentation de la précision des mesures réalisées, d'une diminution des délais d'analyse et des coûts globaux, d'une amélioration de la sécurité sur le site ainsi que d'une diminution des impacts environnementaux.

Le principe de fonctionnement de l'analyseur repose sur l'activation des composants du cru cimentier par un flux de neutrons, associée à une analyse spectrométrique simultanée des rayonnements gamma émis par les matériaux après activation neutronique (chaque élément constitutif de la matière à analyser, lorsqu'il est activé, émet un rayonnement gamma d'énergie caractéristique de cet élément). La composition du cru cimentier est ensuite déterminée à partir du spectre obtenu.

La problématique associée à cette technique est la création de radionucléides dans le cru cimentier, qui sera par la suite utilisé comme produit de construction. Or l'article R. 1333-2 du Code de la santé publique interdit l'addition intentionnelle de radionucléides artificiels dans les produits de construction. Toutefois, l'article R. 1333-4 de ce même code mentionne que des dérogations peuvent être accordées, dans la mesure où

cette activité est justifiée par les avantages qu'elle procure au regard des risques sanitaires qu'elle peut présenter.

En application de ce dernier article, la société Ciments Calcia a déposé, le 18 juin 2020, une demande de dérogation auprès du ministère de la transition écologique et solidaire, et plus particulièrement auprès de la Mission Sûreté Nucléaire et Radioprotection (MSNR), en vue de l'obtention d'une dérogation à l'interdiction d'addition de radionucléides artificiels, y compris lorsqu'ils sont obtenus par activation, dans les produits de construction. Par courrier daté du 11 août 2020, le Directeur général de la prévention des risques a sollicité l'avis de l'ASN sur le dossier de demande de dérogation.

Par courrier daté du 1^{er} octobre 2020 [1], l'ASN a saisi l'IRSN pour expertiser ce dossier, en particulier sur les points suivants :

- l'examen de l'analyse en spectrométrie gamma avant et après activation ;
- la validation qu'il n'y a aucune radioactivité ajoutée dans le produit fini même en cas d'incident sur la ligne, permettant de garantir l'absence d'impact sanitaire pour le public.

Il convient de noter que cette saisine porte uniquement sur la demande de dérogation, et non sur la conception de l'installation.

Au cours de ces dernières années, l'IRSN a réalisé plusieurs expertises de dossiers de demande de dérogation à l'interdiction d'addition de radionucléides artificiels par activation dans des produits de construction :

- l'avis IRSN n°2017-00020 du 28 janvier 2017 [3] portait sur le dossier de demande de dérogation pour la poursuite de l'utilisation d'un analyseur neutronique dans les usines Lafarge Ciments de Saint-Pierre-la-Cour et de Port la Nouvelle. Les neutrons étaient émis par plusieurs sources radioactives de ²⁵²Cf, en vue d'analyser la composition chimique du cru cimentier. La demande de dérogation initiale avait fait l'objet de l'avis IRSN n°2010-243 du 7 décembre 2010 [2].
- l'avis IRSN n°2018-00325 du 14 décembre 2018 [4] portait sur le dossier de demande de dérogation de la société TELT pour l'utilisation d'un analyseur neutronique sur le site de Modane, dans le cadre de la construction du tunnel Euralpin Lyon Turin. Les neutrons étaient également émis par des sources radioactives de ²⁵²Cf, en vue d'analyser en ligne la composition chimique des matériaux d'excavation issus du percement du tunnel pour les valoriser par la fabrication de béton.

De l'expertise de ces deux dossiers, l'IRSN avait conclu que l'activité ajoutée au ciment du fait de l'activation neutronique était négligeable.

La comparaison des conditions d'irradiation présentées dans les dossiers des sociétés Lafarge Ciments, TELT et Ciments Calcia montre que la principale différence concerne le type de source utilisée pour la production des neutrons. Les sociétés Lafarge et TELT utilisent des sources de ²⁵²Cf, tandis que la société Ciments Calcia souhaite utiliser un générateur de neutrons de 14 MeV fabriqué par la société SODERN.

L'IRSN constate que les neutrons émis par le générateur ont une énergie plus élevée que les neutrons émis par le ²⁵²Cf. Cette différence a toutefois peu de conséquence pour ce qui concerne les phénomènes d'activation, les matériaux considérés étant principalement activés par les neutrons thermiques. A cet égard, des matériaux modérateurs (ralentisseurs de neutrons) sont positionnés au niveau des sources de ²⁵²Cf et du générateur de neutrons (paraffine borée, polyéthylène etc.). L'énergie des neutrons interagissant avec les matériaux analysés est donc au final du même ordre de grandeur pour les sources et pour le générateur.

Pour ce qui concerne les durées d'irradiation considérées dans des conditions normales de fonctionnement, celles-ci sont identiques dans les trois dossiers expertisés (10 secondes). Les durées considérées pour les conditions incidentelles diffèrent quant à elles, car elles sont fonction de la nature de la source de rayonnements

utilisée : dans le cas présent, en cas d'arrêt du convoyeur, l'émission neutronique est automatiquement stoppée au bout de 10 minutes, alors que cette durée est plus importante dans le cadre de l'utilisation des sources radioactives (de l'ordre de quelques heures).

Enfin, le flux neutronique est du même ordre de grandeur pour les sources de ^{252}Cf et le générateur (émission isotrope, de 5 à 8.10^7 neutrons émis par seconde).

Ces différents éléments tendent à montrer que les niveaux d'activité ajoutée dans les matériaux irradiés sont *a priori* équivalents pour les dossiers Lafarge, TELT et Ciments Calcia.

Par ailleurs, la société Ciments Calcia présente, dans son dossier de demande de dérogation, les résultats d'une étude réalisée sur des échantillons du cru cimentier, en vue de garantir que l'activité ajoutée aux matériaux irradiés est *effectivement* très faible par rapport à l'activité naturelle et que l'impact dosimétrique du cru activé sur le public est négligeable. Cette étude est composée d'une partie théorique, portant sur les différentes voies de création des radionucléides dans les matériaux irradiés par le générateur de neutrons, et d'une partie expérimentale.

Des échantillons du cru cimentier ont été envoyés à la société SODERN, en vue de leur irradiation pendant 10 minutes par un appareil identique à celui envisagé dans l'installation. Des mesures et caractérisations des radionucléides créés dans les matériaux ont ensuite été effectuées par la société ORANO pour différentes durées de « refroidissement » (mesure immédiatement après l'irradiation, après 1 heure, 6 heures, 1 mois...). Une mesure du bruit de fond a été réalisée au préalable, ainsi qu'une caractérisation des radionucléides présents naturellement dans les échantillons avant irradiation.

La caractérisation des radionucléides créés a été réalisée par spectrométrie gamma. Les mesures de débit d'équivalent de dose ont été réalisées à l'aide d'un radiamètre de type FH 40 G-L10 (gamme en énergie de 33 keV à 4,4 MeV pour le rayonnement gamma, limite de détection de 10 nSv/h). Les mesures ont été réalisées au contact des échantillons. Par ailleurs un contaminamètre de type COMO 170 a été utilisé pour mesurer la contamination surfacique au niveau des échantillons (contaminations α , β et γ).

L'IRSN note que la durée d'irradiation considérée dans l'étude (10 minutes) correspond à une situation incidentelle (l'arrêt de l'émission est automatique en cas de blocage du convoyeur au-delà de 10 minutes). En fonctionnement normal, la durée de passage des matériaux dans l'analyseur neutronique est de l'ordre de quelques secondes. Les résultats des mesures réalisées dans le cadre de cette étude sont donc « enveloppes », ce qui est satisfaisant.

La société Calcia Ciments indique, dans son dossier, que la période minimale entre l'activation du cru cimentier et la mise à disposition du ciment pour les utilisateurs est de 1 mois. L'IRSN note que les mesures ont été réalisées pour une durée de « refroidissement » de 1 mois, ainsi que pour des durées intermédiaires, ce qui est satisfaisant dans le cadre de l'étude de décroissance des radionucléides créés.

Pour l'échantillon non irradié, les mesures par spectrométrie gamma ont montré la présence des trois radionucléides ^{40}K , ^{208}Tl , ^{228}Th (présents naturellement). Le débit d'équivalent de dose au contact de l'échantillon est de l'ordre de grandeur du bruit de fond à l'endroit de la mesure, de 70 nSv/h.

Pour l'échantillon irradié pendant 10 minutes et analysé immédiatement après l'irradiation, les mesures par spectrométrie gamma ont montré la présence de 3 nouveaux radionucléides : ^{24}Na (demi-vie de 15 h), ^{28}Al (2 min), ^{56}Mn (2,6h). Les activités de ces radionucléides sont de l'ordre de grandeur des limites de détection de l'appareil dans les conditions d'analyse. Le débit d'équivalent de dose au contact de l'échantillon irradié est de 130 nSv/h, ce qui correspond à environ deux fois le bruit de fond. Les radionucléides ^{24}Na et ^{56}Mn ont également été identifiés dans les dossiers des sociétés Lafarge Ciments et TELT, mais pas l' ^{28}Al (pourtant créé lors de l'interaction de l' ^{27}Al avec des neutrons thermiques).

Des mesures ont également été réalisées sur cet échantillon pour différentes durées de « refroidissement ». Le débit d'équivalent de dose au contact de l'échantillon décroît rapidement, en raison des courtes demi-vies des radionucléides créés dans le cru cimentier : il est de l'ordre de 100 nSv/h après une heure de « refroidissement », et atteint le niveau du bruit de fond après 6 heures.

Pour ce qui concerne l'échantillon irradié pendant 10 minutes et analysé un mois après l'irradiation, aucun radionucléide (en dehors de ceux présents naturellement) n'a pu être détecté. Le débit d'équivalent de dose au contact de l'échantillon est de l'ordre du bruit de fond.

L'analyse des frottis réalisés après activation montre qu'il n'y a pas de trace de contamination labile.

De manière générale, l'IRSN estime que la méthodologie utilisée pour la réalisation de cette étude est satisfaisante.

En 2006, la société SODERN avait demandé à l'IRSN de réaliser des mesures radiométriques d'un cru cimentier après activation neutronique (avec le même appareil que celui envisagé par la société Ciments Calcia), en vue de s'assurer que l'activation du cru cimentier était négligeable du point de vue de la radioprotection.

Des mesures du débit d'équivalent de dose avaient ainsi été effectuées au contact d'un échantillon du cru cimentier pour différentes durées d'irradiation, correspondant à un fonctionnement normal (10 secondes), puis incidentel (10 minutes). Plusieurs durées de « refroidissement » avaient été considérées : immédiatement après l'irradiation, après 10 et 20 minutes. Des mesures du bruit de fond et au niveau d'un échantillon non irradié avaient également été réalisées au préalable.

Les résultats obtenus avaient mis en évidence un niveau de radioactivité *mesurable* juste après l'irradiation au contact de l'échantillon, ainsi qu'une diminution rapide de la valeur du débit d'équivalent de dose mesuré. L'IRSN avait considéré qu'il n'y avait pas de danger particulier en termes d'exposition aux rayonnements ionisants dans les conditions normales (irradiation de 10 secondes) et dans les conditions incidentelles (irradiation de 10 minutes) après une période de « refroidissement » de 20 minutes, le débit d'équivalent de dose mesuré au contact de l'échantillon étant seulement de l'ordre de deux fois le bruit de fond pour ces deux configurations.

L'IRSN avait conclu que l'impact radiologique de l'irradiation du cru cimentier par le dispositif d'analyse présenté était très faible.

Sur la base des résultats obtenus à l'issue de ces deux études, et en tenant compte du fait que le délai minimal entre l'analyse neutronique du cru cimentier et la mise à disposition des utilisateurs du produit final est de un mois, l'IRSN considère que l'activité ajoutée par l'action de l'analyseur en ligne sur les matériaux irradiés est négligeable et qu'il n'y a pas de radioactivité ajoutée décelable dans le produit fini, même en cas d'incident sur la ligne.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Alain RANNOU

Directeur adjoint de la santé