

# MATRICE

## Matériaux résistants à l'irradiation à base de ciment

Projet accompagné par l'Andra dans le cadre du programme « Nucléaire de Demain » des Investissements d'avenir - Sélectionné lors de l'appel à projets Andra « Optimisation de la gestion des déchets radioactifs de démantèlement », organisé en coopération avec l'ANR.

**Durée** : 48 mois

**Démarrage du projet** :  
05/2016

**Montant total projet** : 4,7 M€

**Dont aide du programme  
Investissements d'Avenir** :  
2,3 M€

**Forme de l'aide** : Subvention  
avec modalités de retour  
sur investissement pour l'État

### Localisations :

France : Versailles (78),  
Bagnols-sur-Cèze (30), L'Isle  
d'Abeau (38), Gif-sur-Yvette (91)

**Coordinateur** : Léon Grosse

### Partenaires :

- Léon Grosse
- CEA
- Nanosciences et Innovation pour les Matériaux, la Biomédecine et l'Énergie (Nimbe) - Unité Mixte de Recherche CEA-CNRS
- Vicat

**Labellisation** : Nuclear Valley

**Contact** : Guillaume GOBEL  
et.matrice@leongrosse.fr

### CONTEXTE

Le démantèlement d'installations nucléaires anciennes va générer, dans les prochaines décennies, des déchets très variés dont certains seront fortement irradiants et/ou contaminés par des teneurs importantes en émetteurs  $\alpha$  (uranium et plutonium en particulier). Le conditionnement par solidification en matrice cimentaire de ces déchets spécifiques est une solution robuste, qui est déjà largement utilisée pour le conditionnement des déchets radioactifs. Cette solution correspond à un optimum technico-économique pour une très large gamme des déchets produits. Toutefois, pour des raisons de sûreté d'entreposage et/ou de stockage, son utilisation peut être contrainte. En effet, l'eau présente par nature dans les matrices cimentaires produit du dihydrogène

(gaz qui dans certaines conditions peut être explosif/inflammable) lorsqu'elle est exposée aux rayonnements ionisants émis par les déchets (c'est ce qu'on appelle le phénomène de « radiolyse »). Ainsi, des matrices cimentaires optimisées peuvent être formulées afin de limiter les dégagements gazeux à un niveau acceptable tout en optimisant le conditionnement des déchets fortement irradiants.

### OBJECTIFS

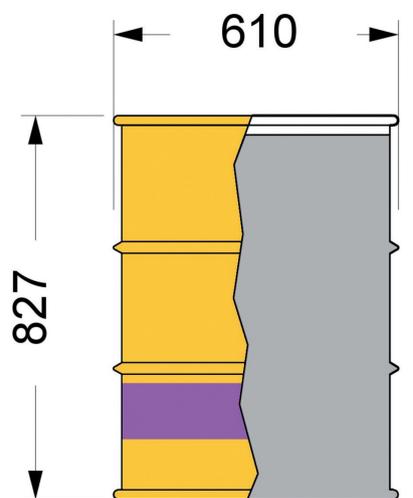
L'objectif premier du projet MATRICE est d'identifier et de définir des formulations de matériaux cimentaires permettant de minimiser les quantités de dihydrogène produites par radiolyse et de quantifier la production de dihydrogène par radiolyse pour ces matériaux.

Trois voies seront évaluées au cours du projet MATRICE :

- la minimisation de la teneur en eau dans les ciments usuels (ciments de type silico-calciques) par ajout de composés spécifiques (superplastifiants/réducteurs d'eau par exemple) ;
- l'utilisation de ciments « alternatifs », comparés aux ciments usuels (Portland), tels que des ciments sulfo-alumineux et phospho-magnésiens ; ces ciments présentent des demandes chimiques en eau plus élevées que les ciments usuels (donc moins d'eau résiduelle « radiolysable », pouvant produire de l'hydrogène) ;
- la mise en œuvre de procédés, comme la vibro-compaction, permettant de faciliter la mise en forme de bétons faiblement dosés en eau.



► Résultat du test du procédé de vibro-compaction.



► Schéma d'un fût métallique de boues et concentrats cimentés (en mm).



► Fût métallique de 200 L, utilisé entre autre, pour le conditionnement de déchets cimentés.

## DÉROULEMENT

Le projet se déroule sur une durée de quatre ans et rassemble deux laboratoires de recherche du CEA et deux industriels des matériaux cimentaires (Léon Grosse et Vicat). Il vise à démontrer la robustesse des solutions proposées ainsi que leur faisabilité industrielle.

Des tests de mise en œuvre échelle 1 (jusqu'à un conteneur de 200 L) des formulations des matériaux cimentaires les plus prometteuses seront réalisés.

Des essais d'irradiation seront effectués pour évaluer dans chaque cas le dégagement de dihydrogène de radiolyse. À l'issue du projet, un modèle permettant d'estimer la production de gaz en fonction de l'inventaire radiologique, de la nature des déchets et de la formulation de la matrice cimentaire sera proposé.

## RÉSULTATS ATTENDUS

### Innovation

La production d'hydrogène sous l'effet de l'irradiation des matériaux cimentaires conduit à des limitations d'activité pour le conditionnement des déchets radioactifs avec des ciments usuels (de type Portland). L'objectif du projet MATRICE est de permettre l'incorporation d'activités significativement plus élevées (typiquement un facteur 10), tout en conservant des dégagements de gaz de radiolyse acceptables au regard des limitations actuelles, voire en les diminuant. Pour ce faire, des formulations innovantes sont étudiées en envisageant toutes les voies possibles d'optimisation (limitation de la quantité d'eau, ajout de produits ayant un impact spécifique sur la radiolyse, ciments alternatifs aux ciments silico-calciques). Ces formulations cimentaires pourront conduire à des mises en œuvre particulières en relation avec leur rhéologie lors de la fabrication, qui seront alors développées jusqu'à échelle 1 (conteneur 200L) lors du projet. La stabilité sous rayonnement des adjuvants testés sera évaluée.

### Impact économique

Le démantèlement d'installations de retraitement du combustible ou la reprise de déchets anciens de ces mêmes installations, générera dans les décennies à venir des déchets fortement irradiants, dont certains pourraient avantageusement être conditionnés dans les matrices cimentaires optimisées issues du projet. Pour les producteurs de déchets radioactifs, l'utilisation de ces matrices permettrait de limiter les coûts liés au conditionnement (matières premières et procédés bon marché en général), mais aussi ceux liés au volume de déchets conditionnés à mettre en stockage, en comparaison avec un conditionnement par un ciment classique (possibilité de conditionner plus de déchets à volume et production de gaz constants).

### Impact pour la gestion des déchets radioactifs

L'augmentation du taux d'incorporation en déchet limitera les volumes conditionnés et permettra d'optimiser le remplissage des sites de stockage tout en garantissant leur sûreté grâce à une production d'hydrogène limitée.

### Impact social

La société Léon Grosse, coordinatrice du projet, prévoit de recruter trois personnes dans les six ans suivant la fin du projet. L'entreprise Vicat prévoit également de recruter deux personnes pour travailler à la valorisation du projet.

## APPLICATION ET VALORISATION

Le secteur potentiellement intéressé par les solutions développées dans le projet MATRICE est le secteur électronucléaire (installations du cycle du combustible en particulier, qu'elles soient en exploitation ou en démantèlement). Des applications liées aux déchets contaminés en émetteurs  $\alpha$  issus d'activités liées à la Défense Nationale sont également envisageables.