

CYBER

Recyclage innovant des bétons TFA en milieu radioactif



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 : 36 mois

Démarrage du projet :
02/2017

Montant total projet :
1,8 M€

**Dont aide du programme
Investissements d'Avenir** :
900 k€

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

Localisations :
Changé (53),
Orléans (45),
Neyron (01)

Coordinateur : Séché Énergies

Partenaires :

- Séché Énergies
- Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM)
- Sairem

Labélisation : Nuclear Valley

Contact : Bernard ROTTNER,
b.rottner@groupe-seche.com

CONTEXTE

Les déchets radioactifs français de Très Faible Activité (TFA) sont actuellement stockés au Cires, Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage géré par l'Andra. Toutefois, les prévisions actuelles montrent que ce centre de stockage sera saturé à l'horizon 2030-2035. Plusieurs solutions sont en cours d'étude afin d'optimiser le remplissage de ce centre et d'augmenter ainsi sa durée d'exploitation.

Les déchets de béton (gravats) constituent le deuxième flux le plus important de déchets TFA. Une solution de réutilisation de ces déchets après concassage, en tant que matériau de remplissage des alvéoles de stockage du Cires, a ainsi été étudiée. Cependant, afin d'éviter la mise en œuvre de mesures de précaution spécifiques lors de la manipulation des gravats, cette solution n'a été étudiée que pour des déchets présentant une activité inférieure à 1 Bq/g, soit environ 40% des déchets de béton TFA. De plus, aucune voie de valorisation n'a été envisagée pour la fraction fine (< 2 mm) produite lors du concassage des déchets de béton. Le potentiel de recyclage des bétons n'a donc pas été totalement exploité.

OBJECTIFS

Le projet CYBER a pour objectif de développer un procédé innovant pour le traitement des gravats, basé sur un chauffage micro-ondes, et permettant :

- de séparer sélectivement les constituants du béton : granulats, sable et pâte de ciment,
- de décontaminer les granulats et le sable,
- de définir et de qualifier des usages pour ces constituants séparés : en France, réutilisation dans l'industrie nucléaire (comme matériau sur les centres de stockage par exemple) et,

pour le marché à l'international, recyclage hors du secteur nucléaire, compte tenu des différences de réglementation avec la France.

DÉROULEMENT

Le travail consistera notamment en la réalisation d'essais de traitement à l'échelle laboratoire (quelques kg) sur des déchets de béton représentatifs, mais non radioactifs. Les produits résultant de ces essais seront caractérisés en vue de démontrer leur conformité dans le cadre d'une réutilisation. En particulier l'aptitude de la pâte de ciment à stabiliser d'autres déchets radioactifs sera explorée.

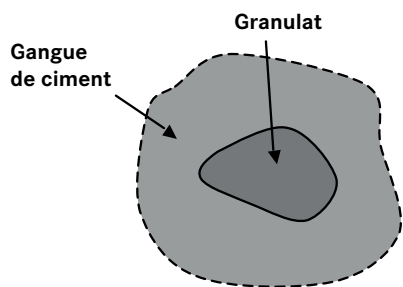
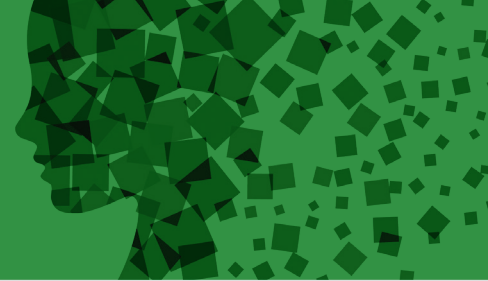
Le schéma développé en laboratoire sera ensuite mis en application et servira à l'élaboration d'un pilote d'installation de traitement à une échelle de 100 kg/h.

Les résultats expérimentaux obtenus au niveau du laboratoire et ceux du pilote non nucléarisé seront complétés en testant le procédé sur un béton ayant une activité en radionucléides représentative d'un déchet TFA.

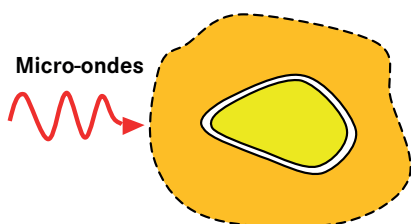
L'ensemble de ces résultats permettra de réaliser l'évaluation économique et environnementale du procédé. En parallèle, l'équipementier de four micro-ondes, la PME SAIREM, pourra étudier le potentiel d'extension de son marché vers le traitement des déchets de béton de toutes provenances.



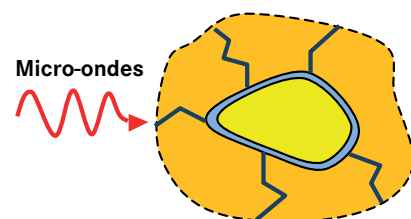
► Maquette du procédé du projet CYBER



► Détail interne du béton avec un granulats dans sa gangue de ciment



► Les matériaux chauffent et se dilatent sous l'effet des micro-ondes entraînant l'apparition de contraintes et de fissures à l'interface



► Les micro-ondes vaporisent l'eau porale, la pression de vapeur ajoute des contraintes et fissure la gangue de ciment



► Exemple de l'utilisation d'un four micro-onde dans une remorque sur chantier pour le traitement des terres (destruction de germes de plantes invasives)

RÉSULTATS ATTENDUS

Innovation

Contrairement au procédé standard consistant à concasser mécaniquement le béton, CYBER vise à séparer les constituants sans dégrader leurs caractéristiques. En outre, la réutilisation de la pâte de ciment en tant qu'agent de stabilisation sera étudiée.

Le procédé s'appuie pour cela sur un chauffage des gravats par des micro-ondes qui fragilise de manière sélective l'interface granulats/pâte de ciment et permet ainsi de les séparer. Le principe de traitement par micro-onde est basé sur deux phénomènes différents : 1) la génération d'un flux de vapeur d'eau au sein du matériau et 2) les réponses différentielles des constituants (pâte de ciment versus granulats) face aux ondes électromagnétiques. Ces phénomènes provoquent une expansion thermique qui entraîne des tensions mécaniques dans le matériau. Ces tensions se localisent de préférence aux interfaces entre les différents constituants du matériau.

Des travaux antérieurs (cf projet ANR COFRAGE) ont montré le fort potentiel des micro-ondes pour fragiliser sélectivement les bétons.

Impact économique

Le projet vise à démontrer la faisabilité technique et économique d'une filière de recyclage de gravats radioactifs dans l'industrie nucléaire.

Le marché français dépendra beaucoup de la stratégie de démantèlement que les exploitants nucléaires adopteront (assainissement, puis démantèlement en tant que construction non nucléaire, ou démantèlement direct), laquelle stratégie pouvant être influencée par l'existence d'une nouvelle filière telle que celle que CYBER étudie.

Dans le cadre favorable d'une stratégie favorisant le démantèlement direct, le marché pourrait être de plus de 20 000 m³ de déchets béton par an, pour un prix de traitement de l'ordre de 250 €/m³, significativement inférieur à celui du stockage direct au Cires, soit un marché de 5 M€/an.

Ces montants ne prennent pas en compte les marchés étrangers, notamment belge et britannique, où la réglementation autorise, contrairement à la réglementation française, le déclassé d'un déchet radioactif décontaminé en déchet conventionnel. Dans le cadre de ces réglementations étrangères, le fait que la radioactivité se concentre dans la pâte de ciment prend tout son intérêt, permettant une décontamination et donc un déclassé du sable et du granulats.

Impact pour la gestion des déchets radioactifs

L'industrialisation de CYBER pourrait offrir à la filière nucléaire un coût d'élimination d'une partie de ses déchets TFA deux fois moindre qu'actuellement. En outre cette élimination serait effectuée dans le cadre vertueux d'un recyclage. Enfin, l'existence de cette nouvelle filière faciliterait les démantèlements, et surtout les démonstrations de sûreté relatives au déclassé d'un bâtiment initialement nucléaire en un bâtiment non nucléaire.

Impact social

Dans le cadre de la création d'une unité centralisée pour le traitement des bétons TFA en vue de leur recyclage, une trentaine d'emplois seraient créés.

APPLICATION ET VALORISATION

En France, la réglementation autorise une réutilisation des déchets radioactifs uniquement dans le domaine nucléaire. Les granulats et le sable décontaminés issus du procédé CYBER pourraient être recyclés en constructions neuves ou en matériau de remplissage pour des alvéoles de stockage de déchets radioactifs par exemple. La pâte de ciment pourrait être utilisée pour refaire des matériaux cimentaire pour la stabilisation de déchets radioactifs.

À l'étranger, les granulats et le sable pourraient être recyclés comme matériaux de construction ou de remblai neufs.