

## **Remédiation de sols contaminés en situation post-accidentelle : projet DEMETERRES MOUSSE**

**Maxime FOURNIER<sup>1</sup>, Malvina RENNESSON<sup>2</sup>, Marc MESSALIER<sup>3</sup>,  
Jérôme GUILLEVIC<sup>4</sup>, Anne FORNIER<sup>5</sup>, Christelle LATRILLE<sup>6</sup>, Sylvain FAURE<sup>1</sup>,  
Pierre CHAGVARDIEFF<sup>7</sup>**

<sup>1</sup>CEA, DES, ISEC, Univ. Montpellier, Marcoule, France

<sup>2</sup>Orano, DPS2D, Prisme, 125 avenue de Paris, 92320 Châtillon, France

<sup>3</sup>Veolia Nuclear Solutions, Bagnols sur Cèze, France

<sup>4</sup>IRSN, PSE-ENV/SEREN, 92262 Fontenay-aux-Roses, France

<sup>5</sup>CEA, DES, DDSD, DTPI, Saclay, France

<sup>6</sup>Université Paris-Saclay, CEA, SECR, 91191 Gif-sur-Yvette, France

<sup>7</sup>Experconnect, avenue Franklin Roosevelt, 75008 Paris, France

**DEMETERRES MOUSSE réunit le CEA, Orano, Veolia et l'IRSN avec pour objectif la valorisation industrielle d'une technologie écoresponsable appelée « mousses de flottation particulière en colonne ». Cette technologie permet d'isoler les particules les plus contaminées, réduisant ainsi les volumes de déchets radioactifs produits et permettant le réemploi potentiel des terres décontaminées. De plus, les données inédites collectées lors des campagnes d'essais permettront le perfectionnement de modèles et d'outils d'aide à la décision utilisés par les autorités françaises pour réagir efficacement en cas d'accident radiologique. Le projet DEMETERRES MOUSSE a été financé par le gouvernement dans le cadre du plan de Relance.**

Les mousses de flottation particulière en colonne sont une technologie de remédiation des sols contaminés, sélective des radionucléides fixés sur des particules d'argile — principalement le césium —, non intrusive, et optimisée en matière de déchets secondaires. Cette technologie est adaptée à des contaminations fixées de manière plus ou moins réversible dans les sols dans une optique de recyclage ou de décatégorisation des sols traités. Elle permet la décontamination de grands débits et de grands volumes de sols. Les mousses de flottation se révèlent bien plus vertueuses que la référence actuelle consistant à décaper et entreposer les sols contaminés, générant des volumes de déchets très importants (par exemple, plus de 14 millions de mètres cube de terre au Japon après l'accident de Fukushima). De plus, l'emploi des mousses de flottation rend possible la réutilisation immédiate des terres décontaminées en conservant la fertilité des sols, favorisant son acceptabilité potentielle par les populations concernées par l'accident.

Dans leur principe, les mousses de flottation particulière en colonne permettent de séparer sélectivement les plus petites particules d'argile chimiquement sélectives du césium. De faibles quantités de tensioactifs collecteurs sont rajoutées au sol à décontaminer dans lequel des bulles d'air sont dispersées (Figure 1). Ces tensioactifs favorisent l'attachement des particules d'argile sur les bulles. Ces particules les plus contaminées sont ainsi entraînées par les bulles en haut de colonne où elles se concentrent. La mousse est ensuite récupérée et gérée en déchet. Sa masse représente généralement de 10 à 25 % de la masse de sol initiale et elle contient environ 80 à 90 % de la contamination. Ce résidu contaminé peut alors être conditionné par cimentation et rejoindre les exutoires autorisés. Le reste des particules non collectées dans la mousse, très faiblement ou non contaminées, sédimente et est recueilli en bas de colonne. Après séparation par sédimentation ou centrifugation, ces éléments résiduels

constituent le sol décontaminé qui peut être remis en place et réutilisé. Ce sol conserve sa fertilité, point clé de la remédiation des terres agricoles.

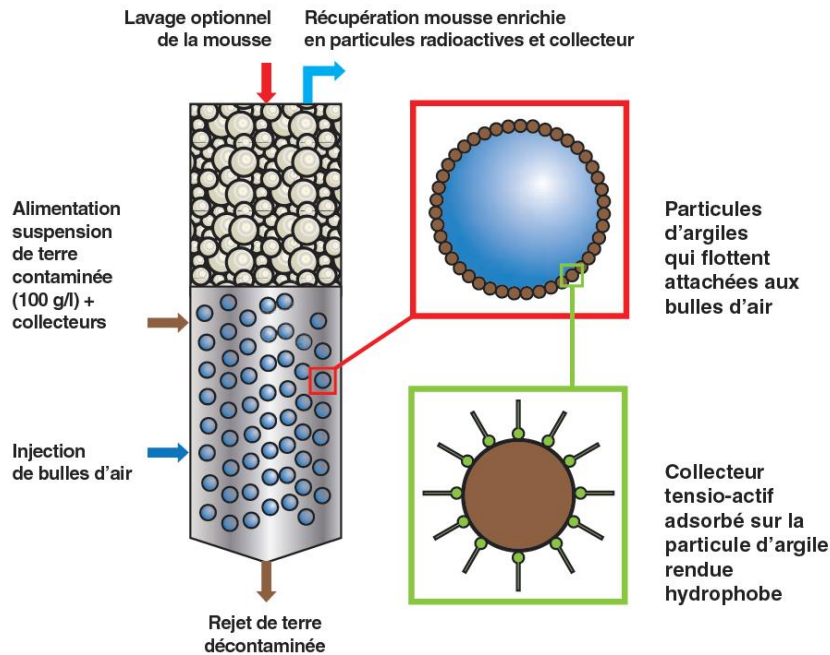


Figure 1. Schéma de principe du procédé de mousses de flottation particulaire en colonne (© CEA).

Les premiers essais réalisés au Japon en 2017 (Figure 2) avec des terres contaminées par l'accident de Fukushima ont attesté du fonctionnement de la technologie en conditions réelles. L'optimisation industrielle du système de flottation des argiles reste à réaliser : c'est la dimension technologique du projet DEMETERRES MOUSSE (2022-25). En effet, la capture des particules par des bulles est un phénomène complexe gouverné par une succession de processus mettant en jeu différents types d'interactions physico-chimiques. De plus, traiter de grandes quantités de sols nécessite l'homogénéisation des trains de bulles dans la colonne et demande d'assurer la capacité du système de récupération des mousses à s'accommoder des fluctuations de composition liées à l'origine des sols.



Figure 2. Premier dispositif pilote développé en 2017 lors de sa mise en œuvre au Japon (© J.-L. Sida/CEA).

DEMETERRES MOUSSE mettra en œuvre un nouveau dispositif pilote intégré. Les améliorations qui lui seront apportées permettront un criblage et une dispersion optimale des terres en tête de procédé. Il s'agit également de dimensionner une colonne de flottation industrielle permettant une sélectivité particulière plus raffinée, et d'améliorer l'efficacité de la séparation de la terre et de l'eau en bas de colonne. Ce dispositif pilote optimisé sera testé sur des terres « modèles » françaises puis, dans la mesure du possible, au Japon dans la préfecture de Fukushima. En amont, les terres à décontaminer seront caractérisées afin d'adapter les paramètres du traitement à leurs spécificités. L'application de la technologie à des types de sols contaminés variés et contrastés permettra d'éprouver sa flexibilité et son adaptabilité à différents environnements. Enfin, une étude d'ingénierie intégrera l'ensemble des résultats expérimentaux pour préparer l'industrialisation du procédé.

Les données inédites issues du projet DEMETERRES MOUSSE, complétées par celles acquises lors des projets passés AMORAD et DEMETERRES, seront exploitées pour enrichir les outils de réduction de la contamination les plus complets et efficaces sur lesquels les décideurs pourront s'appuyer pour organiser la réaction à une situation radiologique accidentelle sur le territoire national. Il s'agit notamment des données concernant la cartographie des sols français et leur occupation autour des 19 Centres Nucléaires de Production d'Electricité et du site Orano La Hague. Ces données seront implémentées dans les outils d'aide à la décision DEWAX, visant à évaluer le potentiel des stratégies de remédiation et les volumes de déchets générés, et ARPAGON, permettant l'analyse économique de différentes stratégies. Il s'agira également d'utiliser des modèles de transferts de radionucléides au sein de différents types de sols et entre sols et plantes afin d'évaluer l'exposition à l'Homme. Ces scénarios deviendront des démonstrateurs pour l'application opérationnelle des outils d'aide à la décision afin d'identifier, en lien étroit avec les parties prenantes, les stratégies de remédiation les plus pertinentes pour une reconquête des territoires en appui de la doctrine post accidentelle française.

Financé par

