

SOLUTIONS PROPOSEES PAR AREVA POUR L'ASSAINISSEMENT DU SITE DE FUKUSHIMA

**Arnaud GAY, Xavier de BRIMONT,
Jean-Christophe PIROUX, Laurent CHEROUX
Thierry VARET, Thierry PREVOST, Alexandre RAGOUILLIAUX**

AREVA NC
TOUR AREVA - 1 Place Jean MILLIER
92084 PARIS LA DEFENSE CEDEX

1) AREVA assiste TEPCO depuis l'accident

Suite au séisme du 11 mars 2011 et au tsunami qui ont engendré l'inondation de plusieurs réacteurs et bâtiments de la centrale de Fukushima Dai-Ichi, le Japon et l'électricien japonais TEPCO ont été confrontés à une situation de crise majeure. TEPCO a dû mettre en place en urgence un système de refroidissement des réacteurs par arrosage en eau de mer, puis en eau douce. Cette eau, contaminée lors de la mise en contact avec les cœurs endommagés des réacteurs, a d'abord été entreposée dans les sous-sols des bâtiments (environ 110 000 tonnes d'eau avec un niveau de contamination pouvant atteindre plus de 10 Bq/cm³).

Afin d'éviter le débordement dans l'océan de ces effluents qui s'accumulaient sur le site, TEPCO a très rapidement lancé un projet visant à rétablir le refroidissement des réacteurs en circuit fermé, ce qui nécessitait de décontaminer et de dessaler les effluents contaminés. Fin mars 2011, AREVA a été sollicité par TEPCO et le gouvernement japonais pour tenter de trouver une solution le plus rapidement possible pour le traitement des eaux contaminées.

2) Une solution d'urgence : le système Actiflo-Rad

Les études et les essais ont immédiatement été orientés vers une solution de traitement de l'eau utilisant un procédé de co-précipitation chimique éprouvé car utilisé pour le traitement d'effluents sur plusieurs sites nucléaires d'AREVA et du CEA. La situation d'urgence a imposé d'adapter le procédé à la composition attendue des effluents et de fournir une installation dans un délai très court. Afin de relever ce défi, AREVA a sollicité VEOLIA pour la fourniture d'équipements existants. La faisabilité de cette solution a été vérifiée par un programme d'essais mené en collaboration avec le CEA. Le procédé et les équipements ont été modifiés pour tenir compte des spécificités des effluents (eau de mer contaminée) et de leur utilisation sur le site de Fukushima. La mise au point du procédé, les études, les modifications des équipements, la livraison et l'installation sur site et les essais ont été réalisés en moins de trois mois.

La phase d'exploitation industrielle a commencé le 17 juin. Fin septembre, près de 80 000 tonnes d'eau salée fortement radioactive avaient été décontaminées par le procédé Actiflo-Rad avec un Facteur de Décontamination (FD) pour le Césium d'environ 10 000. Associé aux autres installations du traitement d'effluents mises en place par TEPCO, ce dispositif a permis de recycler l'eau contaminée pour refroidir les réacteurs.

3) Une solution industrielle : le système Evacrystal-Rad

En octobre 2013, pour répondre à l'appel d'offres du METI concernant un système de décontamination de l'eau stockée dans les réservoirs de Fukushima de nouvelle génération, AREVA et VEOLIA ont proposé le système Evacrystal-Rad permettant de traiter 500 m³ d'eau par jour. Il est composé d'étages d'évaporation et de cristallisation, de traitement des distillats par colonnes et sorbents, de séchage et compactage des sels contaminés.

Les performances attendues sont cohérentes avec les Facteurs de Décontamination spécifiés pour 62 radionucléides. 99% du volume initial est évaporé et filtré par les colonnes, ce qui permet d'optimiser le volume de déchets à sécher et à compacter. De plus, ce système permettrait un couplage vers un procédé de détritiation.

4) Adaptation de la technologie Nymphéa pour filtrer l'eau du port

A l'été 2014, AREVA en collaboration avec la société de services japonaise ATOX obtient un contrat du Mitsubishi Research Institute (MRI) pour étudier une solution permettant la décontamination de l'eau du port de la centrale de Fukushima. Ce système est dérivé de la technologie « Nymphéa » qui est utilisée depuis longtemps dans les piscines d'entreposage des combustibles usés sur le site de La Hague pour traiter et décontaminer l'eau.

Il est composé d'un système de pompage (turbine) et d'un module de décontamination sur résines échangeuses d'ions sous la forme de cartouches.

Le projet consiste à faire évoluer ce procédé pour la décontamination de l'eau de mer, principalement en Cs et Sr. Les travaux de R&D dirigés par AREVA portent notamment sur:

- l'adaptation de la technologie pour fonctionner en milieu naturel et en eau de mer,
- la recherche d'adsorbants sélectifs du Cs et du Sr afin de réduire au maximum la quantité de déchet générée.

Concernant l'aspect technologique, de nombreuses modifications ont été proposées pour le rendre compatible avec un fonctionnement en eau de mer et pour faciliter le démontage des cartouches. Un prototype à l'échelle 1/20^{ème} a été réalisé pour faire des essais en eau de mer dans le Hall de Recherche à Beaumont Hague (HRB).

Concernant les adsorbants, AREVA a contacté de très nombreux fournisseurs à travers le monde (US, Europe, Japon). Des programmes de développement de nouveaux produits ont été menés en collaboration avec ATOX, le CEA ainsi que des centres de recherches à l'international. Les produits ont été testés en inactif au HRB en batch et en micro-colonne. Les meilleurs ont été sélectionnés et testés en actifs (*programme en cours à la date de rédaction du document*). Les premiers résultats sont très encourageants. Des innovations ont été proposées concernant la forme physique des adsorbants, comme par exemple la fonctionnalisation de feutres. Le CEA a développé une nouvelle génération d'échangeurs minéraux pour la décontamination en Cs, à base de nanoparticules greffées sur silice, qui s'avère particulièrement efficace. D'autres pistes intéressantes sont explorées avec des instituts de recherches pour l'obtention d'un adsorbant sélectif du Sr à forte capacité.

L'objectif de ce programme est d'associer les développements technologiques et la recherche de nouveaux adsorbants afin de permettre une optimisation technico-économique de la décontamination de l'eau du port, pouvant également trouver d'autres applications sur le site de Fukushima et ailleurs.

5) Capture des radionucléides dans le sol

Pour répondre à un autre projet de démonstration financé par le MRI à l'été 2014, AREVA, ATOX et SITA Remediation (société spécialisée dans la dépollution de sols industriels) se sont associés pour proposer la meilleure solution technique afin de piéger les radionucléides présents dans les écoulements souterrains sur le site de Fukushima Dai-Ichi.

Les Barrières Réactives Perméables (BRP) permettent de décontaminer un flux d'effluent important (400 m³/jour) réparti sur une large zone et jusqu'à une profondeur de 20 m. Techniquement, il s'agit d'injecter, en différents points, un réactif sous forme de poudre dans le sol afin de séquestrer in-situ les radionucléides cibles, dans notre cas le strontium et le césium. Ces barrières réactives injectées sont simples à mettre en œuvre, à un coût dosimétrique réduit. Elles présentent également l'avantage de ne pas modifier notablement l'écoulement de la nappe.

Les différentes phases du projet ont permis de sélectionner les réactifs appropriés à la mise en œuvre de ces barrières pour la capture du strontium et du césium et de valider leur performance en actif avec un FD pour le strontium supérieur à 1000. Au terme de ce projet de démonstration, un pilote sur site est envisagé.

6) Solution mobile pour le tri des terres contaminées

La contamination de la terre autour du site de Fukushima est essentiellement due au Cs-134 et Cs-137, sur une profondeur de l'ordre de 5cm. Le niveau de contamination peut varier localement notamment en fonction de la topographie, de la forme des retombées du césium après l'accident et de l'accumulation par effet de rinçage de l'eau de pluie.

Pour tirer parti de cette répartition inégale de la contamination, un système breveté de tri des terres contaminées a été développé par AREVA et GRS Valtech. Le principe est de mesurer en continu l'activité surfacique d'un film de terre et de le trier en fonction d'un seuil pré-défini. Il permet de limiter au strict minimum le volume de terre contaminée qui devra être transporté vers un centre de stockage intermédiaire ou une usine de traitement.

Une unité expérimentale a été testée au Japon en décembre 2013 avec un débit supérieur à 100 tonnes par heure. Sa conception modulaire lui permet d'être transportée dans deux containers ISO 40 pieds.

En septembre 2014, une nouvelle série de tests a été réalisée sur financement du Ministère de l'Environnement japonais à Tomioka Town (Fukushima Prefecture) avec un seuil de tri fixé à 8 000 Bq/kg. L'objectif était de comparer les performances du système AREVA à une méthode de mesure manuelle de sacs de terre en utilisant des terres similaires à celles pouvant provenir du site de Fukushima.

7) Solution innovante pour la reprise des cœurs endommagés

Depuis fin 2014, dans le cadre d'une commande du MRI, AREVA mène en collaboration avec la co-entreprise créée en 2014 par AREVA et ATOX, la société ANADEC, une étude de faisabilité concernant une solution innovante de reprise des cœurs endommagés. La spécificité de cette étude est d'envisager la reprise sous air comme alternative à la reprise des cœurs sous eau.

Le principe est de procéder, depuis le haut des réacteurs, à une découpe successive des éléments internes et externes des cœurs. La collaboration avec les équipes japonaises permet notamment d'accroître l'applicabilité de cette solution aux contraintes spécifiques du site.

L'ensemble du scénario de reprise est analysé, depuis la mise en place des équipements nécessaires, leur utilisation, leur maintenance, jusqu'à leur retrait en fin de chantier, en passant par l'évacuation, la caractérisation et le conditionnement des déchets extraits du réacteur. Ce scénario s'appuie sur l'expertise mondiale d'AREVA et les nombreuses expériences du groupe, notamment dans la mise en œuvre de procédés téléopérés adaptés à la haute activité.

8) Conclusion

AREVA est présent sur le site de Fukushima depuis l'accident de mars 2011. La création de la co-entreprise ANADEC en 2014 a permis de lancer une nouvelle dynamique qui devrait faciliter les transferts de technologies et la réalisation d'études intégrant le retour d'expérience acquis dans le cadre des projets de démantèlement et de décontamination du Groupe AREVA notamment en France, en Allemagne et aux USA.

Au-delà des solutions d'assainissement proposées pour le traitement des eaux contaminées, qui sont stockées en réservoirs, bloquées dans le port ou écoulées en nappe sur le site, et pour le tri des terres contaminées, AREVA est désormais impliqué dans les études des scénarios de reprise des cœurs endommagés qui constituent, avec les études de reprise des combustibles des piscines endommagées, un nouveau challenge posé à l'ensemble de l'industrie nucléaire.

