

**Accident nucléaire de Fukushima Dai-ichi**  
**Gestion des eaux radioactives provenant des réacteurs**  
**accidentés**

**Situation en mars 2014**

*Ce document est basé sur les informations rendues publiques sur la situation de la centrale de Fukushima Dai-ichi.*

## **I. Contexte général : une accumulation et une arrivée continue d'eau dans les bâtiments**

Lors de l'accident ayant affecté la centrale nucléaire TEPCO de Fukushima Dai-ichi le 11 mars 2011, les phénomènes naturels qui l'ont provoqué ont entraîné une inondation du site générant une accumulation d'eau dans les sous-sols des bâtiments de la centrale. En outre, depuis l'accident, l'eau assurant le refroidissement des cœurs dégradés des réacteurs s'écoule dans les sous-sols des bâtiments d'où elle est pompée pour assurer à nouveau, après traitement, le refroidissement de ces réacteurs ; actuellement, plus de 350 m<sup>3</sup> d'eau parviennent ainsi quotidiennement dans les sous-sols. Cette eau circule dans la cuve, l'enceinte de confinement et le tore et refroidit le combustible nucléaire dégradé. Elle se charge en radioactivité, entraînant notamment les éléments les plus mobilisables contenus dans le corium. A cet égard, si l'uranium et les transuraniens sont très peu solubles, certains produits de fission ou d'activation sont plus facilement dispersables dans l'eau (césium, strontium, antimoine, tritium...). TEPCO fait ainsi état d'une activité de l'ordre de quelques GBq/m<sup>3</sup> ou dizaines de GBq/m<sup>3</sup> en césium pour l'eau accumulée dans les sous-sols des bâtiments « turbine ». Les débits de dose dans certains des sous-sols de bâtiment, dus notamment à la présence d'eau radioactive, mais également à des circuits de réacteur qui y sont implantés (tel le tore), peuvent atteindre le Gray par heure.

Par ailleurs, l'eau de la nappe phréatique pénètre dans les sous-sols contribuant à l'augmentation du volume d'eau présent (arrivée d'eau évaluée à environ 400 m<sup>3</sup> par jour). TEPCO maintient en effet le niveau d'eau dans les locaux à une valeur inférieure à celui de la nappe, ce qui limite le transfert de radioactivité, mais favorise les entrées d'eau.

**Les eaux contenues dans les sous-sols des bâtiments étant radioactives et les volumes ajoutés journellement étant très importants, leur traitement et leur entreposage sont apparus, dès les premières semaines qui ont suivi l'accident, comme des enjeux importants de la reprise du contrôle des installations afin de limiter les rejets dans l'environnement.** L'importance de ces enjeux ne fait que croître au fil du temps dans la mesure où les volumes accumulés atteignent actuellement plusieurs centaines de milliers de m<sup>3</sup>, dont plus de 430 000 m<sup>3</sup> entreposés dans des réservoirs.

## **II. Le traitement des eaux**

Le traitement des eaux a deux objectifs : le dessalement et le retrait des radionucléides.

**Le dessalement de l'eau est nécessaire**, notamment pour limiter les phénomènes de corrosion : non seulement la vague qui a submergé le site lors de l'accident était de l'eau de mer, mais TEPCO a injecté de l'eau de mer dans les réacteurs pour les refroidir dans les jours qui ont suivi l'accident.

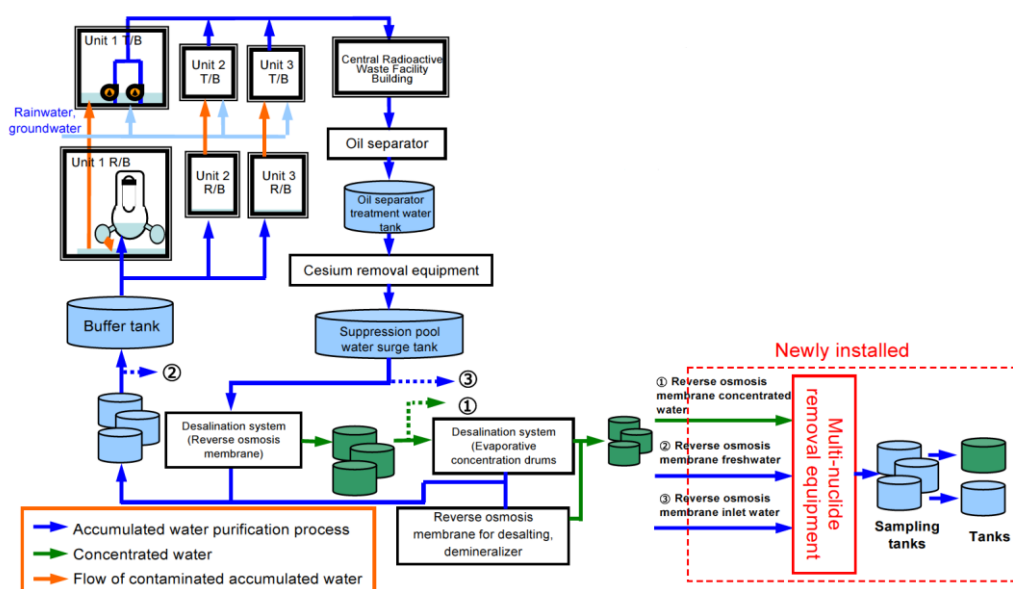
Des procédés par osmose inverse et par évaporation ont très rapidement été développés et mis en œuvre quelques mois après l'accident de mars 2011.

Il est à rappeler que TEPCO devait également dessaler l'eau des piscines d'entreposage des combustibles usés des réacteurs 2, 3 et 4, dans lesquelles il avait aussi injecté de l'eau de mer. Cette opération est désormais terminée.

TEPCO a également mis en œuvre plusieurs procédés de retrait des radionucléides dans des délais courts : trois dispositifs étaient opérationnels quelques mois après l'accident de mars 2011. L'un d'eux n'est plus utilisé car il générait un important volume de boues radioactives. Les deux dispositifs restants ne permettent qu'un retrait partiel des radionucléides contenus dans les eaux traitées (essentiellement le césium).

TEPCO a ensuite lancé le développement d'un système permettant un traitement plus complet qu'il dénomme « multi-nuclides removal equipment » ou « advanced liquid processing system » (ALPS). Ce système est composé de trois sous-systèmes d'une capacité unitaire de traitement de 250 m<sup>3</sup>/jour. Les essais en configuration réelle se sont déroulés au cours du deuxième trimestre 2013 et ont montré une grande efficacité de décontamination du système pour tous les radionucléides présents dans les eaux, sauf le tritium. En effet, il n'existe pas à ce jour de moyen industriel capable d'extraire le tritium de l'eau<sup>1</sup>. L'ALPS a cependant rencontré divers problèmes lors des phases d'essais, dont le plus important a été la corrosion de composants. Les différents sous-systèmes ont été arrêtés, les défauts ont été traités et des mesures préventives contre la corrosion ont été mises en œuvre. En novembre 2013, l'ensemble de l'ALPS était disponible. De nouveaux problèmes ponctuels ont été rencontrés depuis lors (fuite d'acide chlorhydrique, panne de moyens de manutention...), qui ont perturbé son exploitation. L'ALPS a toutefois pu traiter d'importantes quantités d'eau (plus de 50 000 m<sup>3</sup>).

La figure ci-dessous donne une vision synthétique de l'ensemble de la chaîne de traitement des eaux provenant des locaux des réacteurs de Fukushima Dai-ichi après mise en service de l'ensemble des systèmes.



Source TEPCO - Schéma général du cheminement des eaux accumulées à Fukushima Dai-ichi

TEPCO améliore régulièrement les dispositifs de traitement des eaux afin de prendre en compte le retour d'expérience des incidents rencontrés pendant leur exploitation. A titre d'exemples, il augmente le nombre de pompes pour améliorer la fiabilité, il remplace des tuyaux souples par des tuyauteries rigides pour diminuer les risques de fuite et il modifie la commande de vannes afin de pouvoir les commander à distance.

<sup>1</sup> L'« International Research Institute for nuclear Decommissioning » (IRID) japonais a lancé en septembre 2013 un appel à projet de recherche sur le traitement du tritium.

TEPCO a également prévu une augmentation des capacités de traitement des eaux en complément de l'actuel ALPS. La construction, courant 2014, d'une unité ALPS « haute performance » dotée d'une seule ligne d'une capacité de traitement de 500 m<sup>3</sup>/jour est programmée. Par la suite, une seconde unité ALPS similaire à celle actuellement en service devrait voir le jour.

Malgré ces efforts, des incidents, généralement sans conséquence notable, émaillent l'exploitation des systèmes de traitement, illustrant les conditions toujours difficiles dans lesquelles celle-ci s'effectue. Les conditions d'intervention sont contraignantes et la fiabilité des matériels restent à confirmer. Ces événements soulignent la nécessité d'une vigilance et d'une démarche d'amélioration constantes de la part de TEPCO.

TEPCO prévoit de réaliser la décontamination de l'eau (hors tritium) fin 2014, ce qui est ambitieux au vu des difficultés rencontrées sur l'ALPS et de la nécessité de construire des modules supplémentaires.

### III. L'entreposage des eaux

Le traitement des eaux n'est qu'une première étape de la gestion des eaux accumulées sur le site. En effet, d'une part le retrait des radionucléides n'est encore que partiel comme il a été indiqué précédemment, d'autre part, même lorsque l'ensemble des systèmes seront en service, il sera nécessaire à TEPCO d'obtenir des autorisations pour le rejet des eaux traitées, contenant encore une radioactivité résiduelle<sup>2</sup>.

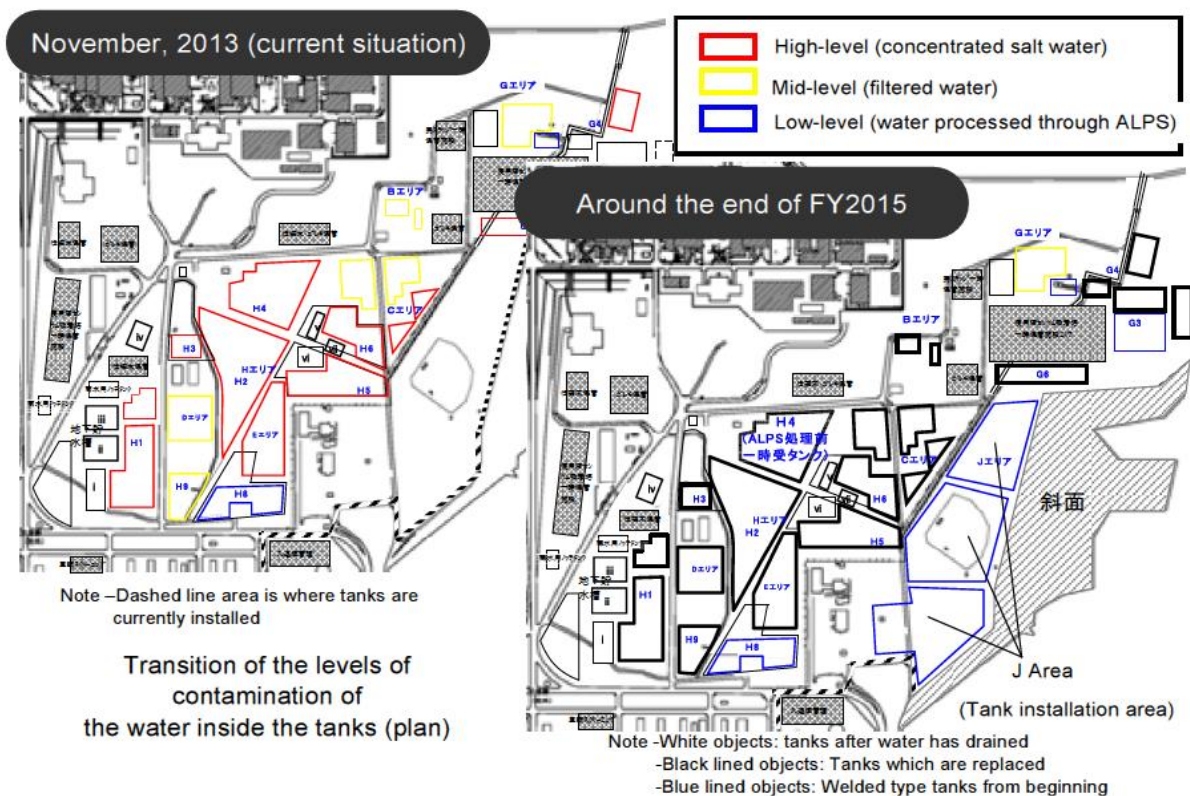
Dans l'attente, TEPCO doit entreposer des volumes d'eau sans cesse croissant. La capacité d'entreposage est aujourd'hui supérieure à 470 000 m<sup>3</sup> avec un objectif de 800 000 m<sup>3</sup> en 2015.

TEPCO a mis en œuvre des entreposages de tous types : plus de 300 réservoirs verticaux à assemblages par brides, plus de 300 réservoirs horizontaux soudés, plus de 200 réservoirs cubiques soudés, 7 réservoirs enterrés...



Source TEPCO - 1/réservoirs cubiques soudés - 2/réservoirs verticaux à assemblages par brides boulonnées et réservoirs horizontaux soudés - 3/réservoirs verticaux soudés - 4/réservoirs enterrés

<sup>2</sup> Ces niveaux doivent encore être définis par le régulateur.



Source TEPCO (décembre 2013) - Localisation des zones d'entreposage des eaux accumulées à Fukushima Dai-ichi et projets de nouvelles zones

TEPCO a rencontré de nombreux problèmes d'étanchéité, d'importance variable, sur les équipements d'entreposage des eaux radioactives. Les plus marquants ont concerné les réservoirs enterrés et les réservoirs verticaux à assemblage par brides. Ils ont conduit à des pollutions localisées des sols.

Ainsi, la fuite qui a affecté des réservoirs enterrés<sup>3</sup> en avril 2013, a contraint TEPCO à vidanger certains d'entre eux.

Par ailleurs, en août 2013, la fuite de 300 m<sup>3</sup> d'un réservoir métallique vertical à assemblage par brides boulonnées a renforcé le besoin d'une réflexion plus complète sur la stratégie d'entreposage des eaux radioactives. TEPCO a ainsi renforcé ses patrouilles de surveillance des réservoirs et a mis en œuvre de premiers moyens de suivi de leur niveau de remplissage par thermographie. A plus long terme, des moyens de mesure de niveau retransmis dans les locaux de surveillance sont en cours d'installation. En outre, l'inspection du réservoir fuitard après démontage a mis en lumière de nombreux défauts (joints dégradés, boulons fous, corrosion...) et TEPCO privilégie désormais la construction de réservoirs soudés.

Les fuites ont également déposé de la radioactivité dans les rétentions des réservoirs<sup>4</sup>. Ces rétentions se remplissant lors des périodes de pluies, TEPCO doit désormais analyser l'eau correspondante, voire l'entreposer dans des réservoirs tampons, avant de la rejeter, ce qui accroît les difficultés de gestion des eaux, notamment lors des fortes pluies qui affectent la région de Fukushima à l'automne. Cela est d'ailleurs à l'origine de nombreux événements (débordements, erreurs de lignage...), toutefois sans conséquence importante. Par ailleurs, TEPCO a constaté une dégradation de plusieurs rétentions (endommagement de joints d'étanchéité, fissures se développant du fait du gel...). TEPCO a programmé un vaste programme de rénovation et d'amélioration des zones de rétention.

<sup>3</sup> Pour plus d'informations, lire la note correspondante à l'adresse suivante : [http://www.irsn.fr/FR/Actualites\\_presse/Actualites/Pages/20130410\\_fukushima-fuite-eau-radioactive.aspx](http://www.irsn.fr/FR/Actualites_presse/Actualites/Pages/20130410_fukushima-fuite-eau-radioactive.aspx)

<sup>4</sup> Les zones des réservoirs sont entourées d'un muret d'une hauteur de 30 cm qui constitue une rétention destinée à contenir une éventuelle fuite d'un réservoir.

D'autres événements surviennent régulièrement, avec des conséquences limitées pour l'environnement. Le débordement de 100 m<sup>3</sup> d'un réservoir de stockage à l'extérieur de sa rétention en février 2014 est le plus notable. Une erreur de lignage, un suivi sans doute déficient et une conception probablement inadéquate des moyens d'évacuation des eaux de pluie en sont à l'origine, ce qui met en lumière les difficultés d'exploitation des zones d'entreposage.

De façon générale, il convient de souligner que de nombreuses améliorations des moyens d'entreposage de l'eau contaminée ont été initiées ou réalisées par TEPCO en tirant les enseignements des différents événements rencontrés.

**L'entreposage des eaux polluées reste un sujet particulièrement prégnant pour TEPCO dans la mesure où il doit simultanément augmenter ses capacités d'entreposage à un rythme élevé et en améliorer la qualité ainsi que le suivi. La robustesse des entreposages, y compris ceux représentés par les bâtiments et les galeries techniques enterrées, et leur gestion sont un point crucial pour la maîtrise de la pollution de l'environnement, compte tenu des volumes d'eau présents et de la radioactivité contenue. Ce sujet restera un enjeu majeur tant que TEPCO n'aura pas traité plus complètement les eaux radioactives et ne les aura pas rejetées.**

En outre, l'IRSN souligne que, nonobstant les difficultés d'entreposage des eaux accumulées, leur traitement génère des déchets dont la gestion constitue un enjeu d'importance, à la fois en termes d'entreposage pérenne sûr et de conditionnement ultérieur. TEPCO a d'ores et déjà défini des actions en ce sens. Par exemple, des conteneurs dits « à haute intégrité » sont prévus pour les déchets issus de l'installation ALPS et un programme de recherche devrait être engagé. En tout état de cause, les informations disponibles concernant ces sujets restent moins détaillées que celles relatives aux enjeux plus immédiats.