

Accident nucléaire de FUKUSHIMA Daiichi

Point de la situation en mars 2015

Ce document est basé sur les informations rendues publiques sur la situation de la centrale de Fukushima Daiichi.

I. Rappel des faits¹ et état général des installations suite à l'accident

Le séisme de magnitude 9, survenu le 11 mars 2011 à 80 km à l'est de l'île de Honshu au Japon, et le tsunami qui s'en est suivi ont affecté gravement le territoire japonais dans la région de Tohoku, avec des conséquences majeures pour les populations et les infrastructures.

En dévastant le site de la centrale de Fukushima Daiichi, ces événements naturels ont été à l'origine de la fusion des cœurs de trois réacteurs² nucléaires et de la perte de refroidissement de plusieurs piscines d'entreposage de combustibles usés.

Des explosions sont également survenues dans les bâtiments des réacteurs 1 à 4 du fait de la production d'hydrogène lors de la dégradation des combustibles des cœurs. Des matériaux sont tombés dans les piscines des réacteurs 1, 3 et 4 à la suite de ces explosions, ce qui complique l'extraction des assemblages de combustible présents.

Des rejets très importants dans l'environnement ont eu lieu à partir du 12 mars 2011 et de manière plus modérée mais persistante pendant plusieurs semaines. L'accident a été classé au niveau 7 de l'échelle INES.

L'inondation du site a également généré une accumulation d'eau dans les sous-sols des bâtiments de la centrale.

II. Actions de maîtrise des installations

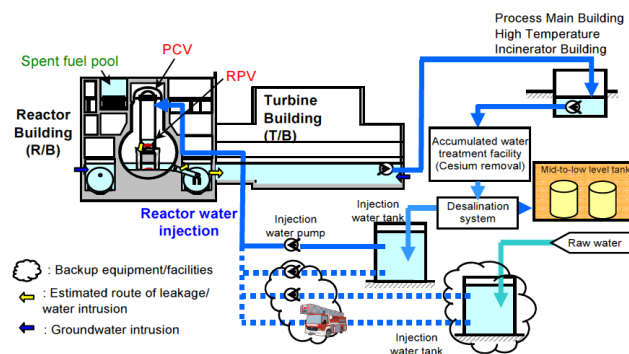
TEPCO a fait état, fin 2011, de l'atteinte d'une situation d'« arrêt à froid », terme impropre eu égard à l'état des réacteurs, traduisant essentiellement le maintien de l'eau dans les réacteurs à une température inférieure à 100 °C. Ceci permet d'éviter la vaporisation de l'eau pour limiter les rejets à l'environnement par les fuites du confinement.

Les réacteurs 1, 2 et 3 sont désormais maintenus à une température comprise entre 20 et 50 °C par injection permanente d'eau douce (débit de l'ordre de 5 m³/h par réacteur). 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...). L'eau injectée, après s'être chargée en radioactivité, s'écoule ensuite dans les sous-sols des bâtiments où elle se mélange aux infiltrations d'eaux souterraines. TEPCO fait ainsi état d'une activité de l'ordre de quelques GBq/m³ à dizaines de GBq/m³ en césium pour l'eau accumulée dans les sous-sols des bâtiments. Cette eau est reprise pour être traitée et partiellement réutilisée pour assurer le refroidissement des réacteurs.

¹ Pour plus d'informations, voir le site IRSN : http://www.irsn.fr/FR/connaissances/Installations_nucleaires/Les-accidents-nucleaires/accident-fukushima-2011/Pages/sommaire.aspx

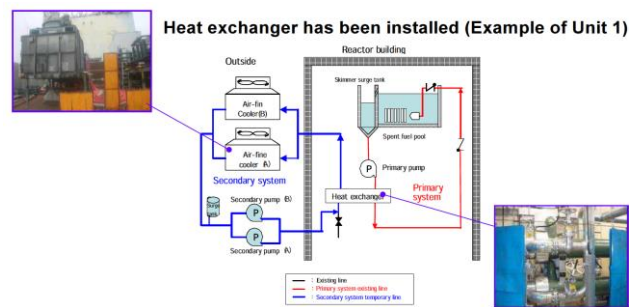
² Le réacteur 4 est déchargé et les réacteurs 5 et 6 sont en situation d'arrêt sûr - Visiter le site IRSN pour plus d'informations sur le déroulement de l'accident : <http://www.irsn.fr/FR/popup/Pages/analyse-IRSN-accident-Fukushima.aspx>

Par ailleurs, une injection d'azote est effectuée en tant que de besoin dans les enceintes de confinement et les cuves des réacteurs 1 à 3 pour maintenir leur inertage et éviter ainsi tout risque de combustion d'hydrogène.



Source TEPCO - Schéma de principe du refroidissement des réacteurs

Les piscines d'entreposage d'éléments combustibles sont refroidies en circuit fermé ; les températures dans les piscines sont inférieures à 30 °C.



Source TEPCO - Schéma de principe du refroidissement des piscines 1 à 4

Afin de stabiliser la situation des installations, TEPCO a mis en œuvre des moyens redondants et des secours électriques pour maintenir le refroidissement des installations et assurer l'inertage à l'azote des enceintes de confinement et des cuves des réacteurs. De plus, certains matériels sont installés dans des zones surélevées et une protection anti-tsunami a été mise en place en bordure de site. Enfin, une surveillance des paramètres essentiels est assurée (température d'eau, teneur en hydrogène dans les enceintes, niveaux d'eau...).

Des événements surviennent toujours au fil du temps : variations de débit d'injection d'eau, indisponibilités ou dérives de moyens de mesure de température, fuites de circuits d'eau, pertes temporaires du refroidissement de piscines, déclenchement d'alimentations électriques, de l'injection d'azote d'inertage ou de retransmission d'informations permettant le suivi en temps réel des installations, départs d'incendie, découverte de corps étrangers dans des circuits, chute de débris lors de travaux de démontage... Ces événements, dont la fréquence diminue progressivement, n'ont pas mis en évidence d'évolution significative de la situation des installations et donne lieu à des mesures d'amélioration. Par ailleurs, la chaleur résiduelle³ encore présente dans les cœurs et les piscines d'entreposage a notablement décliné depuis l'accident. TEPCO dispose désormais de délais importants pour intervenir en cas d'une éventuelle indisponibilité des moyens de refroidissement.

³ La chaleur résiduelle est la chaleur que continue à émettre du combustible nucléaire malgré l'arrêt de la réaction en chaîne. Elle est issue de la décroissance des éléments radioactifs.

TEPCO réalise également des investigations et des contrôles spécifiques dans les installations. Il souhaite ainsi définir au mieux son plan d'actions en vue de la reprise des combustibles et du démantèlement.

L'IRSN relève l'importance des moyens déployés par TEPCO pour la maîtrise des installations, dans un contexte toujours difficile lié à une connaissance encore limitée de l'état des installations, à une accessibilité réduite dans les bâtiments accidentés, à des conditions d'interventions contraignantes et au niveau de fiabilité de certains moyens mis en œuvre.

L'IRSN souligne que des événements, certes le plus souvent sans conséquence technique notable, surviennent rappelant que, eu égard au temps nécessaire au démantèlement des installations, ces actions de maîtrise des installations doivent s'inscrire dans la durée et nécessitent une grande vigilance de la part de TEPCO.

En outre, les eaux contenues dans les sous-sols des bâtiments étant radioactives et les volumes ajoutés journalièrement 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.

III. Actions de maîtrise des rejets

De manière générale, compte tenu des dégradations très importantes subies par les barrières de confinement des matières radioactives, des rejets diffus se poursuivent dans l'atmosphère, de même que dans le sol et donc les eaux souterraines. Par ailleurs, comme indiqué précédemment, des fuites sont encore constatées sur les installations mises en place à la suite de l'accident (circuits de refroidissement et de traitement des eaux).

TEPCO poursuit ses actions en vue de maîtriser ces rejets, notamment, en regard des rejets gazeux, en recouvrant les bâtiments des réacteurs et en maîtrisant la pression dans les enceintes de confinement.

Ainsi, une structure a été construite entre janvier et juillet 2013 pour recouvrir le bâtiment du réacteur 4 et permettre l'évacuation des combustibles de la piscine d'entreposage. Celle du bâtiment du réacteur 1 était en place dès octobre 2011. Son retrait va toutefois être nécessaire pour évacuer les débris en vue de la poursuite des travaux de démantèlement. A l'issue, une nouvelle structure sera mise en place. Fin octobre 2014, après aspersion préalable d'agents anti-dispersants dans le bâtiment, TEPCO a ainsi procédé au retrait de deux panneaux de la structure actuelle afin de s'assurer que cela ne conduisait pas à une augmentation notable des rejets. Ces panneaux ont ensuite été reposés, la dépose complète de la structure étant programmée en 2015. Enfin, les travaux de couverture du bâtiment du réacteur 3, le plus dégradé par les explosions, sont en cours.

TEPCO met également en œuvre des actions de surveillance et de gestion de la pollution des eaux souterraines.

Pour éviter que les eaux souterraines polluées parviennent dans l'océan, TEPCO a ainsi mis en place un écran d'étanchéité côté océan et des pompes d'eau de nappe entre les stations de pompage des différents réacteurs.

Ces dispositifs locaux ont été complétés par une barrière d'étanchéité (« mur ») en bordure d'océan, d'environ 900 m de long, afin d'intercepter les écoulements souterrains en aval de l'ensemble du site. Les travaux, programmés dès 2012 et initiés en avril 2013, sont quasiment terminés.



Source TEPCO : écrans et « mur » d'étanchéité côté port

Les dispositions prises par TEPCO apparaissent de nature à limiter les relâchements vers l'océan, voire à les empêcher si elles sont totalement efficaces. Toutefois, les pompages de nappe associés conduisent à augmenter les flux d'effluents à gérer.

IV. La gestion des eaux

Comme indiqué précédemment, l'eau de refroidissement des réacteurs (environ 350 m³/jour) se charge en radioactivité et s'écoule dans les sous-sols des bâtiments où elle se mélange aux infiltrations d'eaux souterraines (environ 400 m³/jour). TEPCO doit donc traiter ces eaux puis entreposer des volumes sans cesse croissants.

TEPCO a 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 générerait 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 m³/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. L'ALPS a cependant rencontré divers problèmes, 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 juillet 2014, l'ensemble de l'ALPS était en service, même si TEPCO soulignait que des améliorations restaient nécessaires.

Par ailleurs, ces derniers mois ont vu le déploiement d'importants moyens complémentaires de traitement des eaux.

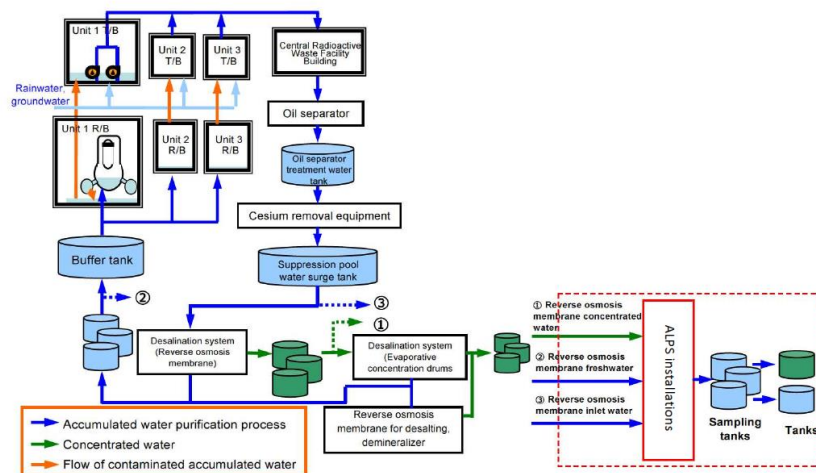
En octobre 2014, les essais à pleine échelle d'un second ALPS étaient lancés. Un ALPS « haute performance » a également été installé. S'il dispose d'un débit de traitement moindre (500 m³/jour), il génère 20 fois moins de déchets.

Depuis cette date, la capacité de traitement de l'ensemble des systèmes ALPS en fonctionnement nominal représente 2 000 m³/jour. En janvier 2015, ces systèmes ne fonctionnant pas tous à plein régime en permanence, ils traitaient en moyenne 1300 m³ d'eau par jour. Ainsi, le volume entreposé d'eau contaminée n'ayant pas subi de traitement par ces systèmes baisse régulièrement : il est désormais bien inférieur à 300 000 m³ alors que le volume entreposé d'eau traitée par un des systèmes ALPS est d'environ 300 000 m³.

C'est aussi en octobre 2014 qu'un système mobile dédié au retrait du strontium (Kurion Mobile Processing System - KMPS) a démarré.

L'objectif visé par TEPCO en déployant l'ensemble de ces systèmes est, à terme, de n'entreposer que de l'eau ayant fait l'objet d'un traitement complet et donc ne contenant quasiment plus que du tritium. Selon TEPCO, cet objectif sera atteint en mai 2015.

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 Daiichi après mise en service de l'ensemble des systèmes.



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

Le traitement des eaux n'est qu'une première étape de la gestion des eaux accumulées sur le site. En effet, après traitement, il sera nécessaire à TEPCO d'obtenir des autorisations pour le rejet des eaux traitées, contenant encore une radioactivité résiduelle⁴.

Dans l'attente, TEPCO doit entreposer des volumes d'eau sans cesse croissants (environ 600 000 m³ à ce jour). La capacité d'entreposage est aujourd'hui proche de 800 000 m³.

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

⁴ Ces niveaux doivent encore être définis par le régulateur.

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. Les nouveaux réservoirs installés sont désormais des réservoirs soudés, notamment des réservoirs soudés en usine qui sont livrés à TEPCO depuis avril 2014.

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

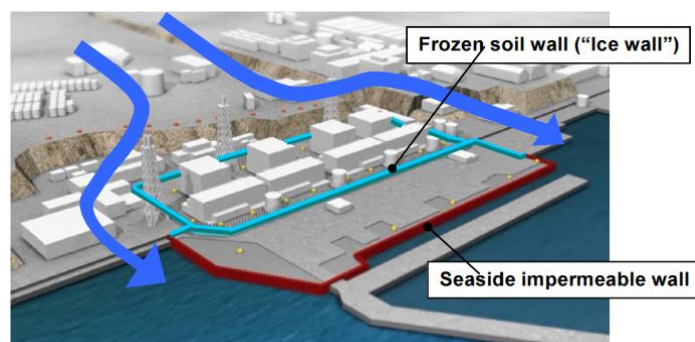
En outre, certaines galeries enterrées contiennent de l'eau fortement contaminée (11 000 m³ d'eau n'ayant subi aucun traitement). Cet « entreposage » particulier n'est évidemment pas pérenne et TEPCO souhaite pomper cette eau pour la traiter. Les galeries doivent préalablement être isolées de toute arrivée d'eau. Le gel d'une partie de l'eau contenue dans les galeries, moyen initialement retenu par TEPCO, n'a pas donné satisfaction en 2014.

Au-delà de l'amélioration des capacités de traitement et d'entreposage, TEPCO souhaite aussi diminuer le volume d'eau à gérer en diminuant les infiltrations d'eaux souterraines dans les bâtiments.

Afin d'abaisser le niveau de nappe autour des bâtiments, TEPCO a ainsi mis en œuvre un premier dispositif dit « groundwater bypass » qui pompe les eaux souterraines sur la colline en amont des bâtiments nucléaires et la rejette après contrôle. Les premiers rejets ont eu lieu en mai 2014 après obtention des autorisations, mais aussi de l'accord des associations de pêcheurs.

Par ailleurs, une solution permettant de confiner la nappe autour des bâtiments nucléaires consiste à ceinturer complètement les bâtiments à l'aide d'un écran étanche, par congélation des terrains jusqu'à une trentaine de mètres de profondeur. Dans ces conditions, il serait possible d'arrêter les infiltrations d'eaux souterraines en pompant dans les drains autour des bâtiments. Les travaux ont été lancés en mai 2014 par le forage des terrains en vue de l'implantation des tuyauteries de réfrigération. Le dispositif pourrait être opérationnel en 2015. Des essais des dispositifs de pompage sont également en cours.

Ce dispositif doit être conçu pour permettre d'arrêter les infiltrations d'eaux souterraines dans les bâtiments nucléaires, tout en évitant que les actuels points d'infiltration (fissures, jonctions défailtantes...) ne deviennent par la suite des zones de fuite des eaux radioactives contenues dans les bâtiments vers les eaux souterraines. A cet égard, l'IRSN souligne l'importance à apporter à la conception et à la gestion de ce dispositif en vue notamment de maîtriser la baisse conjointe du niveau de la nappe et du niveau des eaux radioactives dans les bâtiments pour éviter une fuite des eaux des bâtiments vers la nappe.



Source TEPCO - Projet de gel des sols

L'entreposage des eaux 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.

V. Plan de reprise de contrôle des installations

Les premières phases de reprise de contrôle de l'installation sont réalisées dans la mesure où, d'une part le refroidissement des réacteurs et des piscines est assuré, avec le maintien d'une température basse de l'eau dans les installations, d'autre part les rejets résiduels sont à des niveaux très faibles. Les actions de nettoyage du site se poursuivent, notamment pour permettre les travaux futurs.

L'année 2014 a vu l'aboutissement d'une étape majeure dans la reprise du contrôle des installations : le retrait des assemblages de combustible de la piscine du réacteur 4, la plus chargée en combustibles. Débuté en novembre 2013, ce retrait s'est achevé le 22 décembre 2014 dans le respect de la planification prévue et sans rencontrer de difficultés majeures.

Le plan d'actions prévoit 3 étapes :

- la première étape vise à débiter le retrait des assemblages de combustible présents dans les piscines des autres réacteurs. La reprise du combustible de la piscine du réacteur 3 devrait débiter en 2015, tandis que celle du réacteur 2 est programmée à partir 2017 et celle du réacteur 1 à partir de 2019 ;
- la deuxième étape prévoit d'engager le retrait des combustibles dégradés des réacteurs 1 à 3. Un vaste programme de recherche a été initié à cet effet. Il vise à développer des moyens d'investigation complémentaires à ceux déjà mis en œuvre afin de connaître plus précisément l'état des installations, puis à identifier et concevoir les moyens nécessaires. Le retrait devrait commencer au début des années 2020 par les réacteurs 2 et 3 et vers 2025 pour le réacteur 1, l'échéancier restant très dépendant de celui du programme de recherche et des connaissances acquises sur l'état des installations ;
- la dernière qui conduira au démantèlement complet des installations, avec un objectif de 30 à 40 ans.

En décembre 2013, TEPCO a pris la décision de démanteler également les réacteurs 5 et 6 du site dont la remise en service était initialement prévue après mise en œuvre d'un programme d'amélioration qui restait à établir. Il profitera de ces opérations de démantèlement pour se préparer à celles des réacteurs accidentés.

L'IRSN souligne que les délais annoncés sont à considérer comme des ordres de grandeur et que d'importantes opérations de caractérisation approfondie de l'état des installations ainsi que des travaux de recherche sont encore à réaliser. L'IRSN relève toutefois l'importance des moyens mis en œuvre par TEPCO pour tenir l'échéancier annoncé. TEPCO ajuste régulièrement son échéancier en fonction des enseignements de ses investigations dans les installations et de l'avancement des travaux, mais, à ce jour, l'avancement apparaît en ligne avec l'échéancier global rappelé ci-dessus.