

## NOTE D'INFORMATION

DATE : 01/03/2021

### 10 ans après l'accident de la centrale de Fukushima Daiichi : Installations accidentées du site - Situation en février 2021

*Ce document est basé sur les informations rendues publiques sur la situation de la centrale de Fukushima Daiichi. Il s'agit d'une mise à jour de la note de l'IRSN établie en 2019.*

## 1. RAPPEL DES FAITS<sup>1</sup> 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 des réacteurs<sup>2</sup> nucléaires n° 1, 2 et 3, de la perte d'intégrité de leurs cuves respectives, de l'endommagement des bâtiments des réacteurs n° 1, 3 et 4 et de la perte de refroidissement des piscines d'entreposage de combustibles usés des réacteurs n° 1 à 4.

Au moment de l'accident, les éléments combustibles (neufs et usés) sont présents dans 8 endroits différents du site (dans les 6 piscines des réacteurs n° 1 à 6, dans une piscine centralisée d'entreposage de combustible et dans un entreposage à sec de combustible en colis). Les piscines des réacteurs n° 5 et 6, la piscine centralisée et l'entreposage à sec ont conservé leurs fonctions de refroidissement et de confinement des substances radioactives durant et après l'accident du 11 mars 2011.

Des rejets radioactifs très importants dans l'environnement ont eu lieu à partir du 12 mars 2011 et de manière plus modérée, mais persistante, pendant plusieurs semaines après l'accident.

**L'accident a été classé au niveau 7 de l'échelle INES.**

<sup>1</sup> Pour plus d'informations sur le déroulement de l'accident, voir le site de l'IRSN : [www.irsn.fr/fukushima](http://www.irsn.fr/fukushima).

<sup>2</sup> Le réacteur n°4 est déchargé et les réacteurs n° 5 et 6 sont en situation d'arrêt sûr.

## 2. ÉTAT ACTUEL DES INSTALLATIONS ET ACTIONS DE MAÎTRISE MISES EN ŒUVRE

### État des installations à fin 2020

Les conditions actuelles dans les réacteurs n° 1, 2 et 3 sont stabilisées (température, concentration d'hydrogène dans les bâtiments, pression, etc.). Pour ce faire, de l'eau douce est toujours injectée en permanence (débit de l'ordre de 3 m<sup>3</sup>/h par réacteur)<sup>3</sup> dans les cuves des réacteurs, ce qui permet de maintenir une température inférieure à 20 °C dans les cuves (en partie basse). Du fait de l'inétanchéité des cuves et des enceintes de confinement des réacteurs n° 1 à 3, l'eau douce injectée s'écoule dans les sous-sols des bâtiments où elle se mélange aux infiltrations d'eaux souterraines et aux résidus d'eau mer présents dans les sous-sols des bâtiments réacteurs. Ce mélange est repris, puis traité, et en partie réutilisé pour assurer le refroidissement des réacteurs.

La quantité d'eau qui s'infiltré à l'intérieur des bâtiments (infiltration via les sous-sols, précipitations) est estimée à 120 m<sup>3</sup> par jour (valeur moyenne observée en mars 2020)<sup>4</sup>. Le volume d'eau contaminée généré (non réinjecté dans les réacteurs), qui nécessite un traitement en vue d'être entreposé sur le site, est de l'ordre de 150 m<sup>3</sup>/jour (valeur à fin 2020).

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

### Travaux de remise en état en cours pour les réacteurs n° 1 à 4

#### **Réacteur n°1 :**

Les débris métalliques et les gravats de béton issus de l'endommagement du bâtiment du réacteur sont en cours de reprise. Une structure assurant le confinement, équipée de moyens de manutention, sera mise en place en partie supérieure du réacteur d'ici 2025.

#### **Réacteur n°2 :**

Le bâtiment réacteur, endommagé par l'explosion du réacteur n°1, a été remis en état en mars 2013. La mise en place des moyens de reprise des éléments combustibles devrait être achevée en 2024.

#### **Réacteur n°3 :**

La construction d'un nouveau dôme situé au-dessus de la piscine d'entreposage des éléments combustibles, équipé d'un pont de manutention et d'une machine de chargement/déchargement, a été achevée en novembre 2018.

#### **Réacteur n°4 :**

La remise en état des structures de confinement du réacteur n°4, qui a débuté en avril 2012, a été achevée en juillet 2013.

<sup>3</sup> Sources : [https://www.tepco.co.jp/en/nu/fukushima-np/f1/plantdata/unit1/rpv\\_index-e.html](https://www.tepco.co.jp/en/nu/fukushima-np/f1/plantdata/unit1/rpv_index-e.html)  
[https://www.tepco.co.jp/en/hd/decommission/data/plant\\_data/unit2/rpv\\_index-e.html](https://www.tepco.co.jp/en/hd/decommission/data/plant_data/unit2/rpv_index-e.html)  
[https://www.tepco.co.jp/en/hd/decommission/data/plant\\_data/unit3/rpv\\_index-e.html](https://www.tepco.co.jp/en/hd/decommission/data/plant_data/unit3/rpv_index-e.html)

<sup>4</sup> Source : [https://www.meti.go.jp/english/earthquake/nuclear/decommissioning/pdf/20191219\\_1.pdf](https://www.meti.go.jp/english/earthquake/nuclear/decommissioning/pdf/20191219_1.pdf)

## Installations de gestion des éléments combustibles sur le site de Fukushima

Les piscines d'entreposage des éléments combustibles des réacteurs sont refroidies en circuit fermé de sorte que les températures de l'eau des piscines est inférieure ou de l'ordre de 30 °C. **L'objectif affiché par l'opérateur TEPCO est de procéder à la reprise de l'ensemble des combustibles usés entreposés dans les piscines des 6 réacteurs d'ici à la fin de l'année 2031 et de les transférer dans les installations d'entreposage du site (cf. ci-dessous).**

**Une nouvelle installation d'entreposage à sec des éléments combustibles usés** (Temporay Cask Custody Area – TCCA), constituée de modules en béton pouvant accueillir un colis chacun, a été mise en service en avril 2013. Elle est située à l'intérieur du site, en partie est. Le TCCA est conçu pour pouvoir accueillir à ce stade 50 colis (pouvant comprendre 37 ou 52 éléments combustibles selon le modèle de colis) et 15 emplacements supplémentaires sont prévus par TEPCO. L'approvisionnement de nouveaux emballages et l'augmentation des capacités d'entreposage à sec restent des besoins identifiés par TEPCO pour la gestion des combustibles sur le site.

**Pour ce qui concerne la piscine d'entreposage sous eau centralisée** (située au sud du site), dont le taux de remplissage était de 93% au moment de l'accident, des travaux ont été nécessaires pour remettre en état la machine de manutention des éléments combustibles. Le transfert des éléments combustibles de la piscine centralisée vers la nouvelle installation d'entreposage TCCA a débuté en juin 2013 afin de libérer des emplacements pour le rapatriement des éléments combustibles des réacteurs n<sup>os</sup> 1 à 4 vers la piscine centralisée.

**Pour ce qui concerne l'installation d'entreposage à sec des éléments combustibles usés** (située au nord du site, en bord de mer, entre les unités 4 et 5), qui a été inondée et endommagée lors du tsunami, les 9 colis entreposés au moment de l'événement ont été transférés vers l'aire d'entreposage (TCCA).

## Actions de maîtrise des eaux d'infiltration

Pour maîtriser les flux d'eaux souterraines, TEPCO a implanté en 2014 un dispositif de pompage en amont des bâtiments (appelé « groundwater bypass », cf. figure 1) pour réduire les flux d'eaux entrant en contact avec la radioactivité contenue dans les bâtiments des réacteurs. Après pompage, l'eau est rejetée en mer, après contrôles, en accord avec les autorités du pays et les associations locales de pêcheurs.

TEPCO a également déployé un dispositif de congélation des terrains (appelé « landside impermeable wall »), sur une trentaine de mètres de profondeur, autour des unités 1 à 4 (périmètre d'environ 1 500 mètres). Entre juin 2014 et octobre 2015, TEPCO a ainsi réalisé 1 552 forages de congélation. Ce dispositif de congélation est complété par un pompage des eaux souterraines situé en périphérie des bâtiments (« subdrains »). Les eaux pompées par les « subdrains » sont traitées puis rejetées en mer (mêmes critères de rejet que pour les eaux pompées en amont du « mur » de congélation). **Ces différents systèmes ont permis de réduire le débit d'eau s'infiltrant dans les sous-sols des bâtiments réacteurs à environ 120 m<sup>3</sup>/jour.**

Pour éviter que les eaux souterraines polluées n'atteignent l'océan, TEPCO a par ailleurs mis en place une barrière d'étanchéité (« mur » ou « seaside impermeable wall ») disposée le long de la zone portuaire du site. Long de près de 780 m et haut d'environ 30 m, le « mur »<sup>5</sup> est constitué de tubes métalliques. Un dispositif de pompage y est également associé par lequel les eaux qui arrivent à sa hauteur sont traitées et contrôlées avant d'être rejetées en mer.

<sup>5</sup> Source : <https://www.tepco.co.jp/en/hd/decommission/progress/watermanagement/seawall/index-e.html>

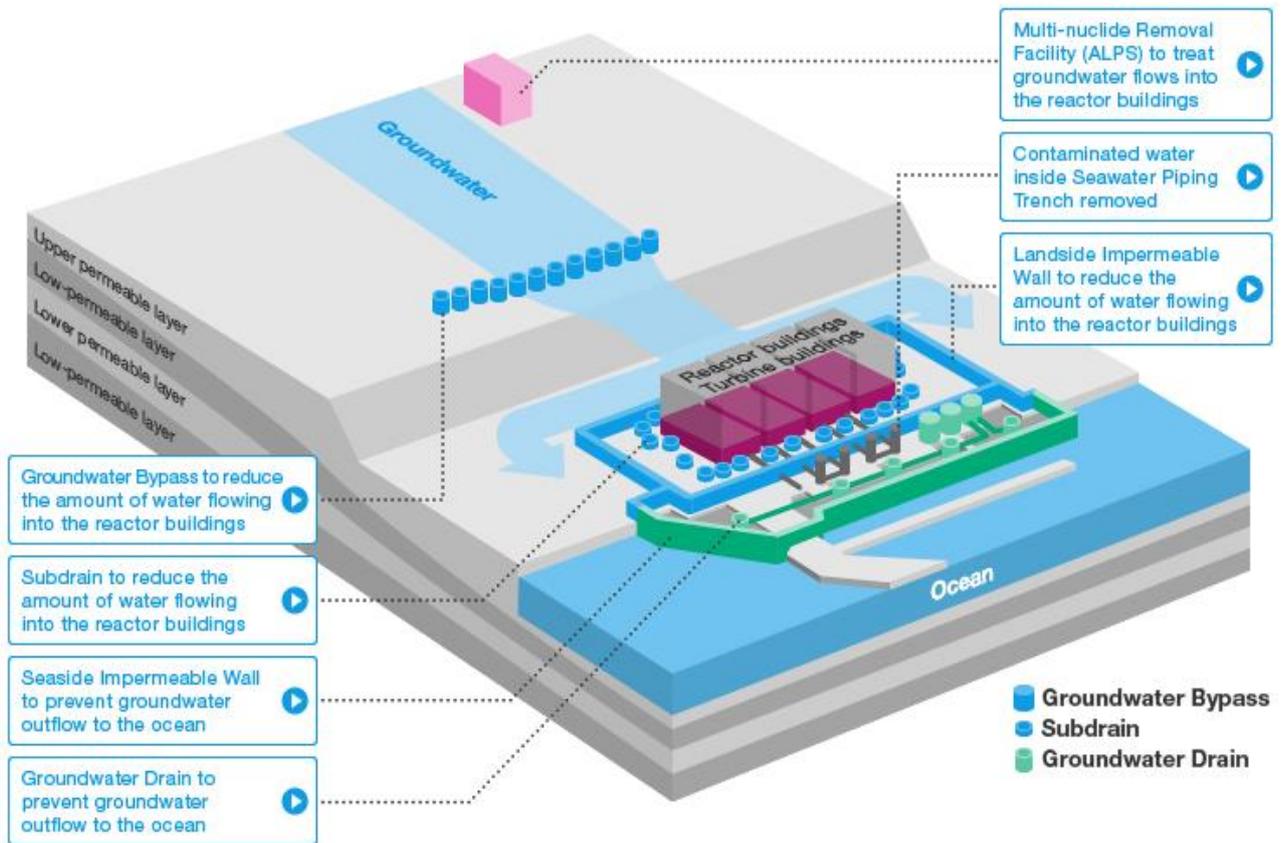


Figure 1 : Dispositifs de maîtrise des eaux - Schéma de principe - Source TEPCO.

## Gestion des eaux contaminées sur le site de Fukushima

Le volume des eaux contaminées collectées (non utilisées pour refroidir les réacteurs) a pratiquement doublé de mai 2015 à avril 2020, passant de 600 000 m<sup>3</sup> à 1 116 000 m<sup>3</sup>. Ces eaux font l'objet (via notamment l'installation ALPS), soit d'un traitement complet (outre des traces d'autres radioéléments, elles ne contiennent alors plus que du tritium), soit d'une épuration en césium et strontium. Elles sont ensuite entreposées dans des cuves de capacité unitaire de 1000 m<sup>3</sup> (977 cuves étaient en service en février 2020). **Les capacités maximales d'entreposage du site devraient être atteintes d'ici l'été 2022<sup>6</sup>.**

TEPCO n'est à ce stade pas autorisé à rejeter les eaux ainsi entreposées. Parmi les solutions envisagées pour leur élimination finale, deux options sont privilégiées par le rapport du sous-comité d'évaluation de l'ALPS<sup>7</sup> (évaporation ou rejet en mer). **L'AIEA considère que ces deux solutions sont techniquement réalisables<sup>6</sup>.**

<sup>6</sup> IAEA Review report of the Progress Made on Management of ALPS Treated Water and the, Vienne, Austria, 2 April 2020 <https://www.iaea.org/sites/default/files/20/04/review-report-020420.pdf>

<sup>7</sup> Report of the Subcommittee on Handling of ALPS treated water at TEPCO's Fukushima Daiichi Nuclear Power Station [https://www.meti.go.jp/english/earthquake/nuclear/decommissioning/pdf/20200210\\_alps.pdf](https://www.meti.go.jp/english/earthquake/nuclear/decommissioning/pdf/20200210_alps.pdf)

### 3. PLAN DE DÉMANTÈLEMENT DES INSTALLATIONS

Le plan d'actions retenu par TEPCO comprend trois grandes étapes.

#### Première étape

**La première étape vise à préparer les opérations de reprise des éléments combustibles présents dans les piscines des réacteurs.** Cette étape, qui a débuté en décembre 2011, s'est achevée en novembre 2013, date du début effectif du retrait des premiers éléments combustibles de la piscine du réacteur n°4. La situation pour chaque réacteur est la suivante :

- La reprise des éléments combustibles des piscines des réacteurs n° 1 et 2 devrait débuter respectivement à partir de 2024 et 2027. Le réacteur n°1 fait actuellement l'objet d'importants travaux : une structure adaptée est en cours de construction pour permettre la reprise des éléments combustibles (achèvement de la construction prévue en 2023).
- Pour le réacteur n°3, TEPCO a engagé la construction d'une structure recouvrant le bâtiment de ce réacteur. En novembre 2017, TEPCO a engagé l'installation des dispositifs de manutention nécessaires au déchargement des éléments combustibles de la piscine. La pose de la structure a été achevée fin février 2018. La reprise des éléments combustibles de la piscine du réacteur, qui a débuté en avril 2019, devrait être achevée d'ici avril 2021.
- La reprise des éléments combustibles de la piscine du réacteur n°4, la plus chargée en éléments combustibles<sup>8</sup>, s'est achevée en décembre 2014. Le transfert de l'ensemble des éléments combustibles du réacteur (transférés pour partie dans la piscine centralisée et pour autre partie dans la piscine du réacteur n°6) a également été achevé fin 2014<sup>9</sup>. Il n'y a donc plus d'éléments combustibles dans le bâtiment réacteur n°4 (ni dans le cœur, ni dans la piscine). Il n'est donc plus nécessaire d'assurer une fonction de refroidissement pour cette unité.
- La reprise des éléments combustibles des réacteurs n° 5 et 6 sera réalisée en fonction du calendrier de reprise des combustibles des réacteurs n°1 à 3 qui reste prioritaire ; la reprise devrait débuter par le réacteur n°6 à partir de 2022.

**La reprise de l'ensemble des éléments combustibles des piscines des réacteurs devrait, selon TEPCO, s'achever en 2031.**



Figure 2 : Vue de la structure recouvrant le bâtiment du réacteur n°3 (état en février 2018) et des moyens de manutention du combustible qui y sont implantés - Source TEPCO.

<sup>8</sup> Plus de 1500 assemblages de combustibles étaient présents dans la piscine du réacteur 4 pour, respectivement, 392, 615 et 566 dans les piscines des réacteurs 1, 2 et 3.

<sup>9</sup> Pour la description des activités correspondantes, voir le site IRSN : [http://www.irsn.fr/FR/Actualites\\_presse/Actualites/Pages/20131119\\_Fukushima-retrait-combustible-piscine-reacteur.aspx](http://www.irsn.fr/FR/Actualites_presse/Actualites/Pages/20131119_Fukushima-retrait-combustible-piscine-reacteur.aspx).

## Deuxième étape

La deuxième étape concerne la préparation des opérations qui permettront le retrait des combustibles fondus dans les réacteurs n° 1 à 3. La durée prévisionnelle de cette étape est de 10 ans et devrait s'achever en 2023 (date du début du retrait effectif des premiers combustibles fondus aussi appelé « corium »). Un vaste programme de recherche a été initié à cet effet. Il vise à développer des moyens d'investigation permettant de connaître plus précisément l'état des installations, puis à identifier et concevoir les moyens nécessaires pour la reprise des combustibles fondus.

TEPCO a ainsi réussi à introduire, en janvier 2018, un robot dans le bâtiment du réacteur n°2. À cette occasion, il a notamment pu être observé la présence d'éléments résultant de la dégradation du cœur du réacteur (« corium »). En février 2019, un robot a pu prendre de nouvelles images plus précises que celles faites en 2018. Des essais de retrait des combustibles fondus devraient être engagés dans le réacteur n°2 à partir de la fin de l'année 2021. L'échéancier reste toutefois très dépendant du programme de recherche et des connaissances acquises sur l'état des installations.

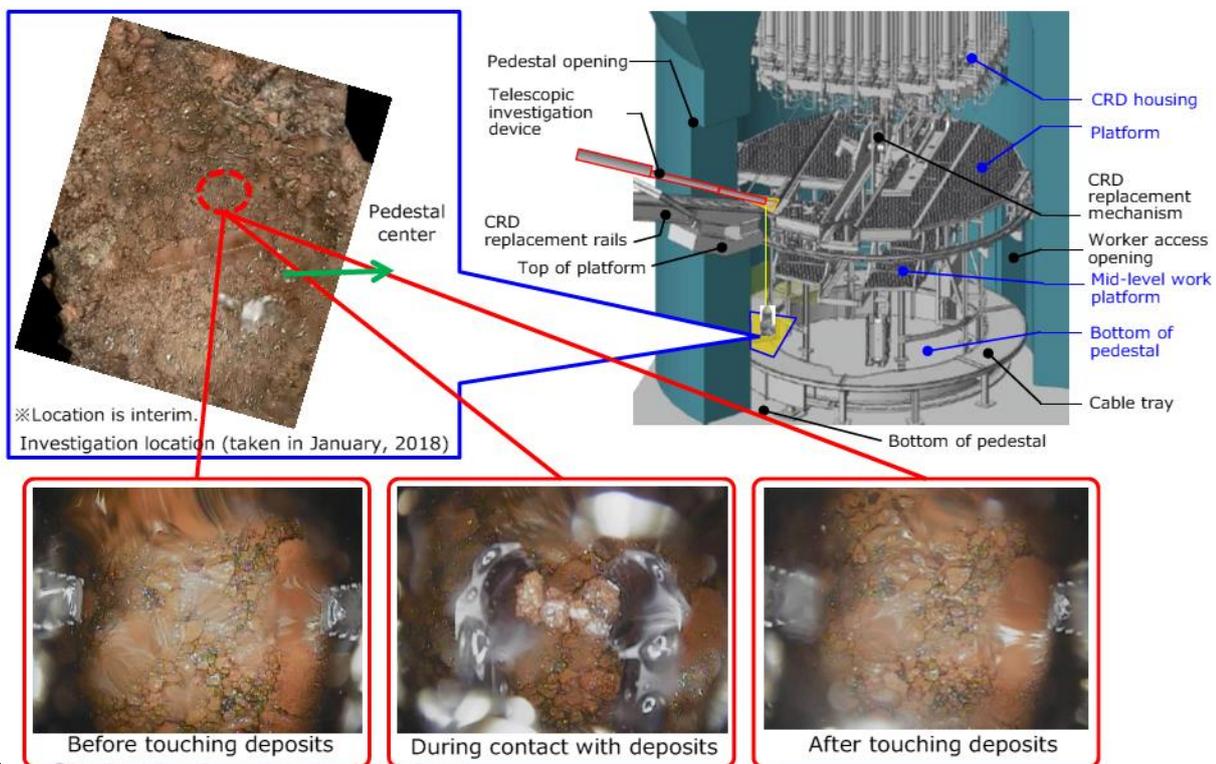


Figure 3 : Photos prises sous la cuve du réacteur n°2 (janvier 2018 et février 2019) – Source TEPCO.

## Troisième étape

La dernière étape conduira au démantèlement complet des installations, avec un objectif affiché par TEPCO de la réaliser sur 30 à 40 ans. Cette étape sera mise en œuvre progressivement selon les étapes suivantes :

- analyse des scénarii possibles et sélection des techniques nécessaires ;
- conception des dispositifs et outils de démantèlement ;
- réalisation des travaux de démantèlement.

## 4. GESTION DES DÉCHETS PRODUITS PAR LES ACTIVITÉS CONDUITES SUR LE SITE DE FUKUSHIMA

Un plan de gestion des entreposages de déchets solides a été élaboré par TEPCO qui prend en compte les prévisions de production de déchets solides pour les 10 prochaines années<sup>10</sup>. Ce plan est mis à jour tous les ans pour tenir compte de l'état d'avancement des opérations de démantèlement. Les déchets sont identifiés en fonction de leur origine :

- déchets solides divers entreposés en vrac issus des opérations de remise en état des installations (déchets métalliques, béton, gravats) ;
- déchets végétaux issus de la taille et de la coupe des arbres ;
- déchets technologiques (tenues, bottes, etc.) ;
- terres contaminées ;
- boues issues du traitement des eaux contaminées (colis HIC).

<b>Bilan de la production de déchets entreposés sur le site de Fukushima</b>	
<b>Déchets solides</b> (au 30 juin 2020)	
Déchets solides divers	<b>296 000 m<sup>3</sup> / 72 % des capacités du site</b>
Déchets végétaux	<b>134 000 m<sup>3</sup> / 77 % des capacités du site</b>
Déchets technologiques	<b>37 800 m<sup>3</sup> / 55 % des capacités du site</b>
Terres contaminées	<b>NC (1)</b>
Volume total	<b>467 800 m<sup>3</sup></b>
<b>Déchets de traitement des eaux contaminées</b> (au 2 juillet 2020)	
	<b>4 332 colis / 68% des capacités du site</b>
dont boues issues des opérations de filtration	<b>3 529 HIC</b>

Tableau 1 : Sources Tepco et NDF (Technical Strategic Plan 2020 for Decommissioning of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station of Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. dated 6 October 2020). (1) Le volume des terres contaminées estimé devrait atteindre la valeur de 40 000 m<sup>3</sup> d'ici 10 ans.

TEPCO prévoit, d'une part de créer de nouvelles installations d'entreposage de déchets sur le site, d'autre part de traiter et de conditionner ces déchets afin d'en réduire sensiblement le volume dans les années à venir. Les procédés retenus (réduction de volume par incinération/compactage/ découpe) seront mis en service entre 2021 et 2022. Pour les déchets actuellement entreposés sur des aires extérieures du site, l'opérateur prévoit, d'ici 2028, le transfert de l'ensemble de ces déchets dans les nouvelles installations d'entreposage créées.

<sup>10</sup> Sources <https://www.tepco.co.jp/en/hd/decommission/progress/waste/index-e.html> et <https://www.tepco.co.jp/en/hd/decommission/progress/waste/pdf/200619.pdf>

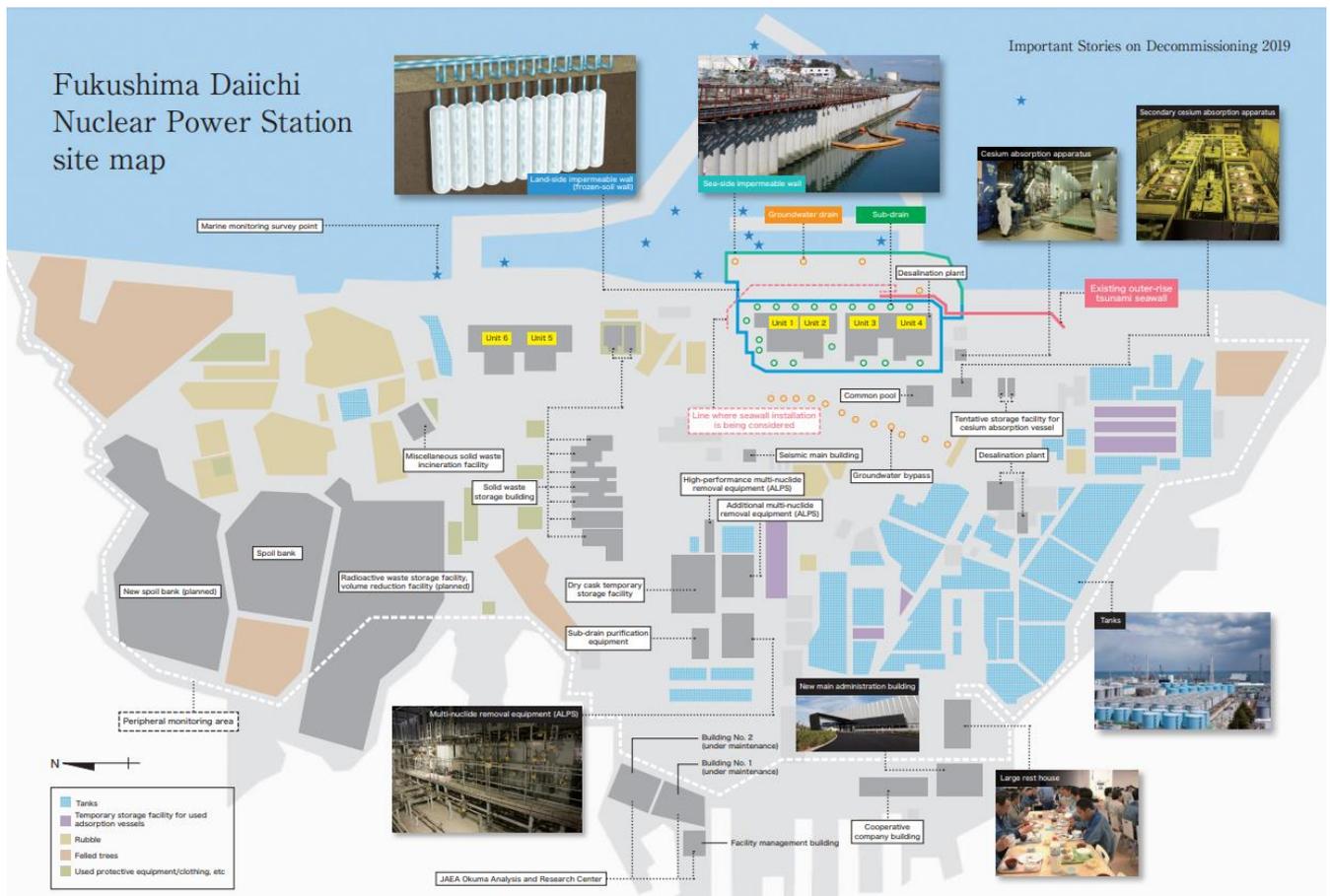


Figure 4 : Source [https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/hairo\\_osensui/images/reactorpamph2019en.pdf](https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/hairo_osensui/images/reactorpamph2019en.pdf)