

DÉMANTÈLEMENT DES RÉACTEURS ACCIDENTÉS DE FUKUSHIMA-DAÏCHI : LES ENJEUX ASSOCIÉS À LA RADIOPROTECTION DES TRAVAILLEURS

Caroline SCHIEBER

CEPN

28, rue de la Redoute, 92260 Fontenay-aux-Roses

caroline.schieber@cepn.asso.fr

Le tremblement de terre du 11 mars 2011 et le tsunami qui en a suivi ont dévasté et inondé le site de la centrale de Fukushima-Daïchi, provoquant un arrêt du refroidissement de 3 réacteurs (n°1, 2 et 3) et une fusion partielle de leur cœur, ainsi que des explosions dus à l'accumulation hydrogène des bâtiments des réacteurs n° 1, 2, et 4.

Dix ans après l'accident, le site a été assaini (95 % du site présente des débits de dose inférieurs à 5 $\mu\text{Sv/h}$ et une contamination inférieure à 2×10^{-4} Bq/cm³), ce qui a notamment permis de réduire le port de masques filtrants pour les travailleurs au seul périmètre des îlots nucléaires et de certaines installations de traitement de l'eau ou de stockage de déchets [1].

Les activités de démantèlement se concentrent actuellement sur 4 grands objectifs [2, 3] :

- La gestion de l'eau contaminée
- Le retrait du combustible usé présent dans les piscines d'entreposage des 4 réacteurs
- Le retrait du combustible fondu
- La gestion des déchets

La situation des réacteurs est la suivante [4] :

- Réacteur n°1 :
 - o Fusion importante du cœur (entre 70 et 100 %). 279 tonnes de corium à retirer.
 - o 392 assemblages combustibles sont stockés en piscine. Leur retrait devrait pouvoir débuter vers 2027 / 2028 après construction d'une installation spécifique sur le toit du réacteur.
- Réacteur n°2 :
 - o Fusion partielle du cœur. 237 tonnes de corium à retirer.
 - o 615 assemblages combustibles sont stockés en piscine. Leur retrait devrait débuter en 2024/2026 après installation d'une machine de déchargement.
- Réacteur n°3 :
 - o Fusion partielle du cœur. 364 tonnes de corium à retirer.
 - o 566 assemblages combustibles ont été retirés de la piscine de stockage (février 2021).

- Réacteur n°4 :
 - o Pas de fusion du cœur (le réacteur était à l'arrêt lors de l'accident).
 - o 1535 assemblages combustibles ont été retirés de la piscine de stockage (décembre 2014).

La caractérisation radiologique à l'intérieur des réacteurs (au niveau des cuve ou du bas de l'enceinte de confinement) pose un vrai défi technologique. Plusieurs investigations ont eu lieu depuis 2012 à l'aide de robots développés pour ces opérations [5]



Figure 1. Robots développés pour l'inspection des réacteurs

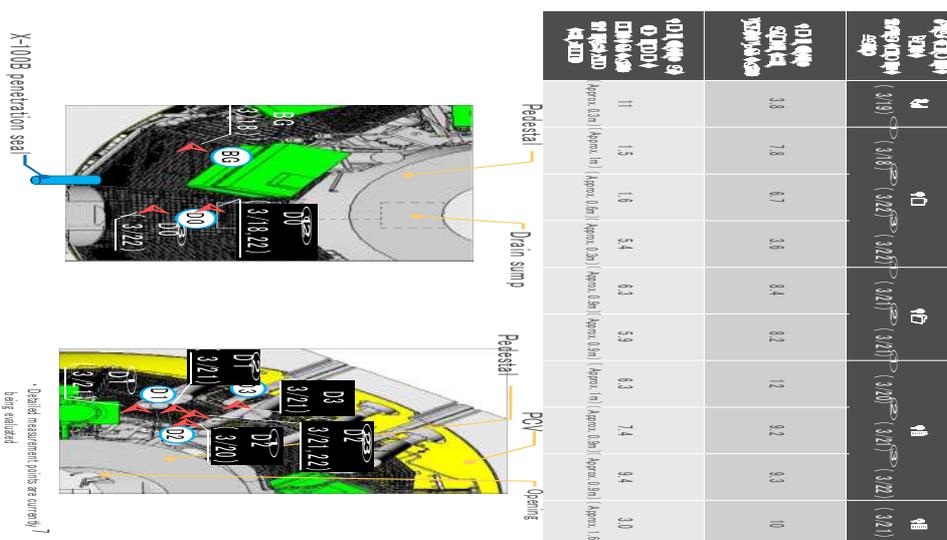


Figure 2. Exemple de cartographie - Réacteur n°1 - Mars 2017 [6]

En ce qui concerne la gestion des déchets, la règle suivante a été adoptée [1] :

- Les déchets avec un débit de dose extérieur < 30 mSv/h sont stockés en extérieur (y-compris sous tente).
- Les déchets avec un débit de dose extérieur > 30 mSv/h sont stockés en conteneurs puis dans une installation de stockage.

A mi-Août 2021, le nombre de conteneurs stockés sur le site s'élève à 85 000 ; une unité d'incinération a été mise en route en 2018 afin de réduire les volumes (notamment d'équipements de protections individuels) [4].

Quelques éléments relatifs à la gestion de la radioprotection des travailleurs (3000 à 40000 travailleurs par jour en moyenne sur le site) :

- Tout intervenant suit une formation radioprotection spécifique délivrée par des agents de TEPCO.
- Environ 40 agents de TEPCO en charge de la gestion de la radioprotection, des déchets radioactifs et de l'évaluation des doses. 2 réunions hebdomadaires (RP et sécurité) sont organisées entre les représentants de TEPCO et des entreprises.
- Mise en place d'un « comité ALARA » en 2014 :
 - o Validation des actions de protection pour les travaux dont la dose prévisionnelle est $> 0,5 \text{ H.Sv}$ ou une dose individuelle $> 15 \text{ mSv/an}$
 - o Adoption d'une valeur monétaire de l'H.Sv (seul site au Japon)
- Depuis 2015, une publication annuelle recense les « bonnes pratiques de radioprotection » développées pour réduire les niveaux d'expositions et de contamination. Elle est disponible sur le site du Ministère du Travail [8]. Ces bonnes pratiques concernent principalement :
 - o Le développement de protections biologiques spécifiques
 - o La gestion de la contamination
 - o Les développements robotique (outillage, mesures des conditions radiologiques, ...)
 - o Une utilisation très fréquente de postes de supervisions déportés, permettant une réduction de débit de dose au poste de travail.

Au total, ce sont de l'ordre de 10 000 travailleurs qui interviennent chaque année sur le site. La dose collective est de l'ordre de 27 H.Sv/an depuis 3 ans (voir Figure 3) [9]. Noter qu'aucune dose interne n'a été enregistrée depuis 2012.

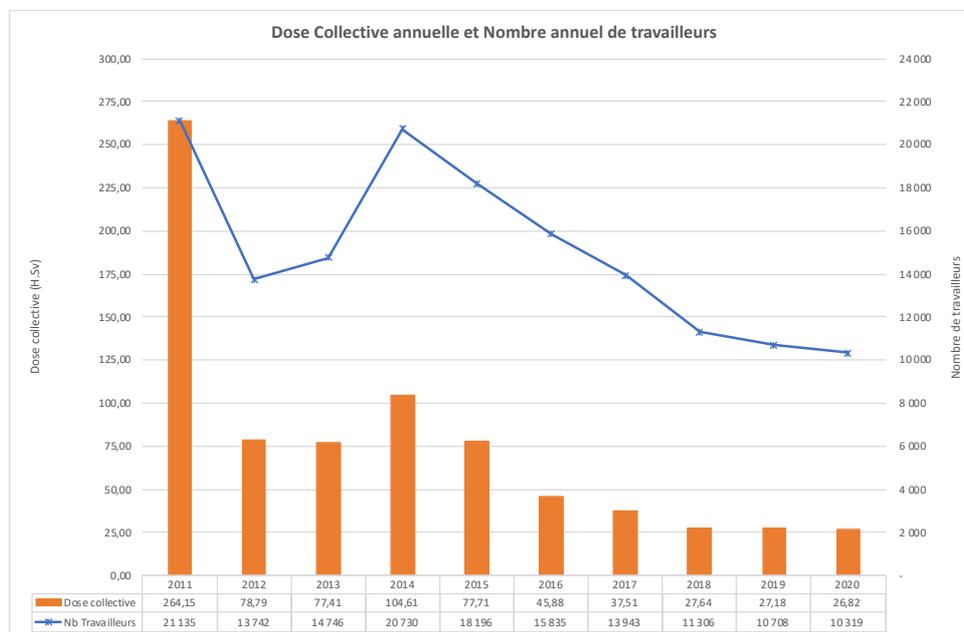


Figure 3 : Dose Collective et nombre de travailleurs 2011-2020

La dose moyenne individuelle est de l'ordre de 2,6 mSv les 3 dernières années. La distribution des doses individuelles des 5 dernières années (voir Figure 4) [9] montre que près de 18% des travailleurs ont une dose annuelle entre 5 et 20 mSv (pour rappel, la limite de dose des travailleurs est de 100 mSv/5ans et 50 mSv/an)

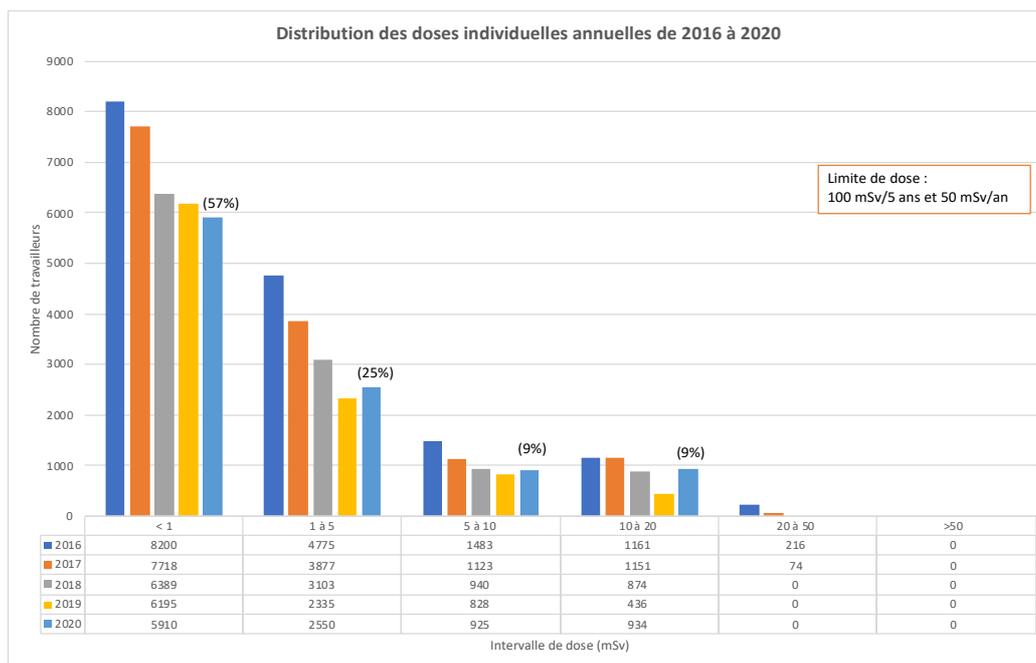


Figure 4. Distribution des doses individuelles annuelles 2016-2020

A noter également une dose équivalente au cristallin non négligeable, la limite de dose étant encore de 150 mSv au Japon (voir Figure 5).

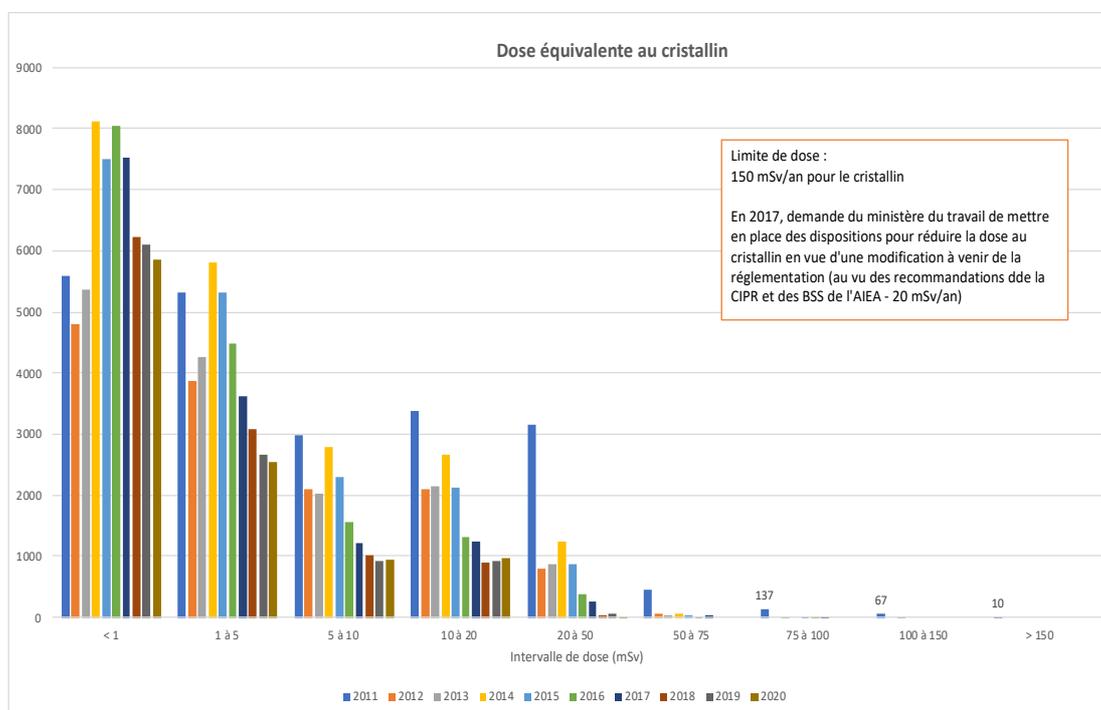


Figure 5. Distribution des doses individuelles annuelles au cristallin 2011-2020

Les enjeux pour la poursuite du démantèlement et la radioprotection associée aux activités concernent :

- La Recherche et Développement, menées au niveau national et international, pour la conception et l'élaboration de robots destinés à retirer le corium des 3 réacteurs. Les premiers développements devraient être réalisés sur le réacteur

n°2 qui présente l'avantage de n'avoir pas subi d'explosion et d'avoir par conséquent un bâtiment plus étanche, apte à confiner la radioactivité qui seraient remise en suspension.

- En termes de radioprotection :
 - o La caractérisation radiologique des installations doit se poursuivre
 - o La gestion de l'exposition interne, de l'exposition externe (et en particulier de la dose au cristallin)
 - o La gestion de la contamination de l'environnement
 - o Le maintien du confinement des bâtiments (risques de remise en suspension lors du retrait du corium)
- Des enjeux de moyen et long terme en termes de ressources humaines au vu du nombre de travailleurs nécessaires chaque jour et de la nécessité de maintenir / transmettre les compétences sur les 30 à 40 prochaines années (durée estimée nécessaire au démantèlement complet).

Références

[1] Toshikazu SUZUKI, "Radiation Protection Status in the NPP of Fukushima", ISOE Virtual Symposium, 3 June 2021.

<https://isoe-network.net/publications/pub-proceedings/symposia/european-tc-symposia/etc-symposium-webinar-june-2021/slides-41/4592-ahlgren2021-ppt-3-1/file.html>

[2] The Inter-Ministerial Council for Contaminated Water and Decommissioning Issues, "Mid-and-Long-Term Roadmap towards the Decommissioning of TEPCO's Fukushima Daiichi Nuclear Power Station", December 27, 2019,

https://www.meti.go.jp/english/earthquake/nuclear/decommissioning/pdf/20191227_3.pdf

[3] Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation, "Technical Strategic Plan 2020 for Decommissioning of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station of Tokyo Electric Power Company Holdings", Inc. October 6, 2020

https://www.dd.ndf.go.jp/files/user/pdf/en/strategic-plan/book/20201214_SP2020eFT.pdf

[4] Secretariat of the Team for Countermeasures for Decommissioning and Contaminated Water Treatment. Outlines of the decommissioning and contaminated water management - Monthly report, August 26, 2021.

<https://www.meti.go.jp/english/earthquake/nuclear/decommissioning/pdf/mp202108.pdf>

[5] Page internet de TEPCO sur la robotique :

<https://www.tepco.co.jp/en/hd/decommission/progress/technology/index-e.html>

[6] Unit 1 Primary Containment Vessel Internal Investigation, TEPCO, March 27, 2017

https://www.tepco.co.jp/en/nu/fukushima-np/handouts/2017/images/handouts_170327_01-e.pdf

[7] Andresz S, Jobert T, Schieber C. 2020. The values and the uses of the reference monetary value of the man.sievert. Results of an international survey. Radioprotection 55(3): 207–214

<https://doi.org/10.1051/radiopro/2020058>

[8] Ministry of Health, Labour and Welfare, "Good practices in radiation exposure control"

<https://www.mhlw.go.jp/english/topics/2011eq/workers/tepco/index.html#gre>

[9] TEPCO - Evaluation of the Exposure Dose of Workers Engaged in Radiation Work at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station

<https://www.tepco.co.jp/en/hd/decommission/information/newsrelease/exposure/index-e.html>