

## Le démantèlement : le cas particulier des accidents graves

### Quelles différences y a-t-il entre un démantèlement normalement programmé et un démantèlement après un accident ?

**L**es circonstances sont, bien sûr, très différentes :

- Prévission, préparation, évaluation par l'ASN, technologies qualifiées, cycle des déchets maîtrisé, chantier confiné, d'une part ;
- soudaineté des événements, difficulté d'évaluer la situation, inaccessibilité, mesures d'urgence de protection du personnel et de la population, moyens techniques inadaptés et étendue du territoire à gérer d'autre part.

L'objectif serait de rapprocher autant que faire se peut les moyens d'action dans ces deux situations si différentes, en s'appuyant sur les technologies développées pour les démantèlements programmés en fin d'exploitation, qui ont l'avantage d'être opérationnelles et qualifiées. Cependant, les situations sont si différentes qu'il faut avoir recours à de nouvelles technologies.

De manière générale, dans une situation classique de démantèlement de réacteurs, le **cœur\*** du réacteur qui contient la quasi-totalité de la **radioactivité\*** a été évacué, le volume irradiant étant limité à la cuve et à son environnement proche. Dans une situation accidentelle, une part qui peut être importante de l'inventaire radiologique du cœur est dispersée dans un volume plus ou moins conséquent (circuit primaire, enceinte de confinement et, éventuellement, environnement).

De plus, des rejets externes peuvent s'être produits, ce qui conduit au développement de nouvelles techniques, par exemple de **décontamination\*** des sols. Dans tous les cas, des techniques spécifiques de démantèlement doivent être développées pour ces situations.

Enfin, la priorité dans des situations accidentelles est la mise en **sécurité\*** des populations, puis celle des installations (arrêt des rejets, etc.), le démantèlement proprement dit étant une préoccupation ultérieure.

Plusieurs installations, hors réacteur, ont déjà été accidentées avec un impact sur l'environnement, le cas le plus grave s'étant produit à Mayak, en URSS, en 1957 (explosion d'une cuve de résidus du **traitement de combustibles usés\***, contamination élevée d'un lac et d'une rivière et injection de liquides très radioactifs en profondeur), ce qui a nécessité une évacuation durable des populations voisines.

Des incidents notables ont également eu lieu à Sellafield (Royaume-Uni) et sur le réacteur de Windscale.

Mais les trois accidents qui ont le plus marqué l'opinion ont été ceux de Three Mile Island (TMI) aux États-Unis, en 1979, Tchernobyl, en URSS, en 1986, et Fukushima, au Japon, en 2011 (fig. 201). À la suite de ces accidents, les règles de conception, de construction et d'exploitation des installations

nucléaires, et des réacteurs, en particulier, ont été profondément remaniés pour renforcer leur résistance, alors que, parallèlement, les autorités de sûreté durcissaient la réglementation et édictaient de nouvelles normes. La prise en compte d'accidents graves dans les réacteurs, afin d'en limiter les conséquences, résulte de l'analyse du retour d'expérience de ces accidents du passé, très différents les uns des autres.

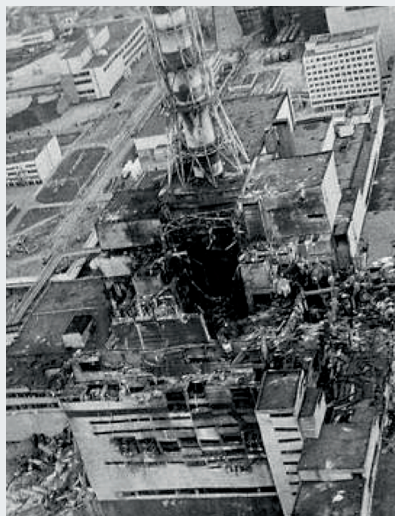


Fig. 201. Three Mile Island, la centrale de Tchernobyl et une explosion d'hydrogène à Fukushima.

## Les retours d'expérience des mises en sécurité et des démantèlements après accident

Aucun site accidenté n'a encore été complètement démantelé, mais les mises en sécurité, les diagnostics réalisés et les démantèlements engagés donnent déjà une vision assez claire des enjeux.

### Three Mile Island (réacteur à eau sous pression de 900 MWe)

L'accident a commencé par un simple incident d'exploitation, une défaillance de l'alimentation en eau des générateurs de vapeur. Les automatismes de sûreté ont fonctionné parfaitement, mais deux défaillances successives ont conduit à l'accident : un oubli par un opérateur de commande d'ouverture d'une vanne conduisant à une ouverture de la vanne de décharge du pressuriseur, suivi du coincement de celle-ci en position ouverte. L'analyse de cette succession d'événements a révélé que les opérateurs s'étaient appuyés sur de fausses informations, et qu'ils manquaient de renseignements sur l'état du **cœur\***. Malgré une fusion partielle du cœur et d'importants relâchements de **radioactivité\*** dans l'enceinte de confine-

ment, les conséquences radiologiques dans l'environnement ont été faibles.

Après l'accident, le cœur était partiellement dégradé : les deux images (fig. 202) présentent un schéma grossier de l'intérieur de la cuve de TMI avec la cavité dans le cœur et une photographie du fond de la cuve (au niveau du plénum supérieur) sur lequel sont plaquées les **aiguilles combustibles\*** brisées.

#### La mise en sûreté de l'installation

L'exploitant disposait d'une journée environ pour mettre en place une réfrigération pérenne du cœur, qui a commencé à se dégrader, avec début de constitution d'un **corium\***, et éviter un perçage du fond de la cuve. Préoccupation supplémentaire, limiter la montée en pression du circuit primaire et la production d'hydrogène. Après cette mise en **sûreté\*** de l'installation, les travaux de démantèlement ont pu être étudiés, en prenant en compte la décroissance de puissance résiduelle du cœur (tableau 17).

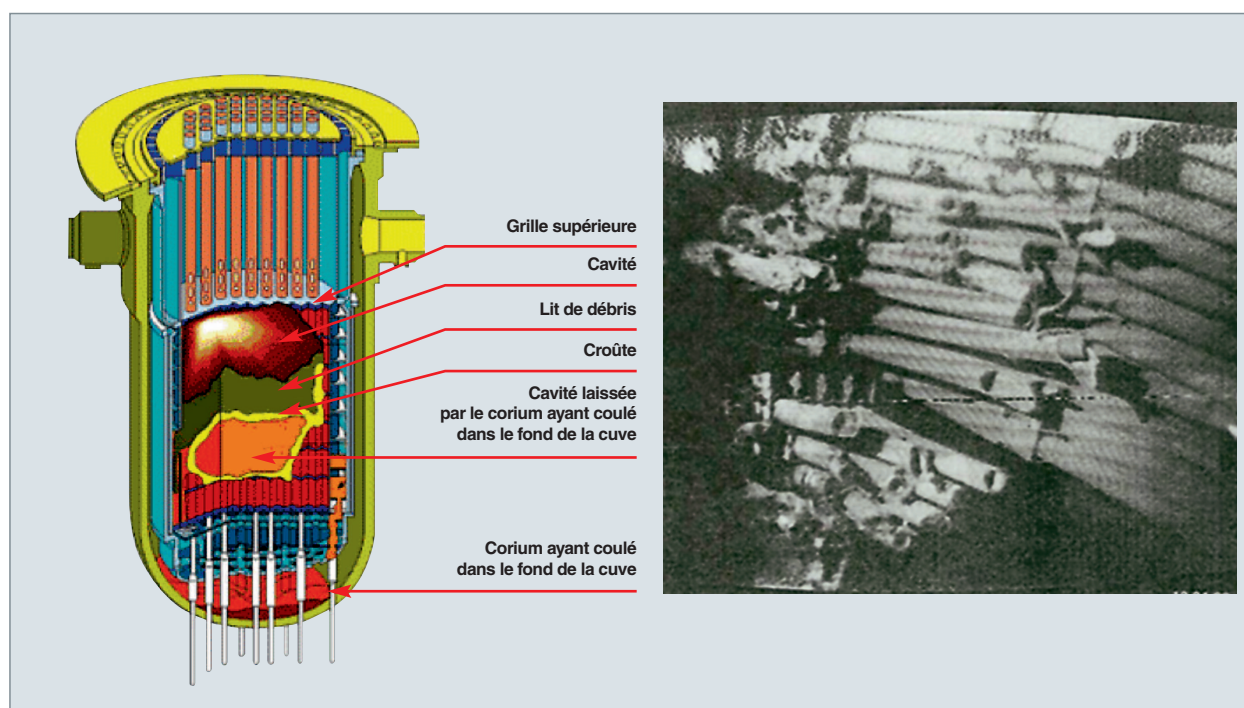


Fig. 202. Le cœur de TMI : vue générale illustrant les dégâts et photo du fond de la cuve.

Tableau 17.

Décroissance de la puissance résiduelle d'un réacteur de 1 000 MWe						
Temps après l'arrêt	1 heure	1 jour	1 mois	1 an	3 ans	10 ans
Puissance résiduelle en kW	40 000	16 000	4 000	280	50	28

Il est difficile d'envisager une évacuation du **corium\*** avant un délai d'au moins quatre à cinq ans, en raison de la puissance résiduelle, d'autant plus que les intervenants bénéficiaient parallèlement d'une réduction par **décroissance radioactive\*** de l'inventaire radiologique qui rendra les opérations de **décontamination\*** et l'accès plus faciles.

Dans le cas des **REP\***, contrairement aux **REB\*** de Fukushima, la cuve est surmontée d'une piscine profonde qui permet une ouverture sous eau du couvercle de cuve.

À titre d'exemple, les opérations d'extraction du corium de TMI (1979) ont suivi le calendrier suivant :

- Première inspection du bâtiment réacteur, fin 1979.
- 1980 : relâchement contrôlé de l'atmosphère du bâtiment réacteur pour évacuer le krypton 85, un gaz rare de période 10,7 ans, et permettre un premier accès aux décontamineurs.
- 1981 : épuration des eaux contaminées (23 000 m<sup>3</sup> pour extraire principalement le césium et le strontium).
- 1982 : première inspection de l'intérieur de la cuve sans l'ouvrir (vide de 9,5 m<sup>3</sup> dans le **cœur\***).
- 1984 : ouverture de la cuve sous eau.
- 1985 : exploration du fond de cuve (20 tonnes de débris et un corium solidifié) avec une activité de 35 mSv/h dans le hall.
- De fin 1985 à 1986, évacuations de 342 **assemblages\*** et des débris du cœur.
- Depuis 1991, surveillance sur le long terme, après épuration des eaux résiduelles et prise de « dispositions » vis-à-vis d'un résiduel du corium d'environ 1 %.

### Le démantèlement partiel

Ce démantèlement a été largement documenté et un inventaire établi pour les équipes de Fukushima [1]. De nombreux rapports détaillés peuvent être trouvés sur le site du gouvernement américain [2]. Cet accident, sans doute le plus représentatif pour nos installations, avaient trois caractéristiques particulières :

- C'était le premier de ce type, avec très peu de retours d'expérience concernant des accidents antérieurs, tous de niveau 4 ou 5 seulement ;
- les technologies de télé-opération étaient encore embryonnaires ;
- le volume contaminé (aérien ou aquatique) était bien au-delà des REX ;
- les déchets hautement radioactifs étaient de compositions souvent inconnues.

Le bilan est très intéressant, car il pose toute les questions auxquelles il serait nécessaire de répondre, en cas d'accident similaire : maîtrise de la température du corium et des émissions d'hydrogène, fixation des contaminations résiduelles et rejets concertés pour permettre un accès aux opérateurs (niveau, information des populations, décision et suivi), épuration multi-nucléides des eaux contaminées, accès pour diagnostics avant ouverture de la cuve, moyens de décontamination (télé-opérés, puis manuels), diagnostics détaillés après ouverture de la cuve, moyens automatisés d'extraction des combustibles restants (intacts ou non) et du corium (cartographie du corium, caractéristiques physico-chimiques, moyens de découpe, mise en conteneur), châteaux de transfert, mise en état sûr et surveillance de l'installation dans l'attente d'un démantèlement probablement beaucoup plus tard, après des études détaillées.

### Tchernobyl (réacteur graphite/gaz/eau de 1 000 MWe [3])

L'accident a eu lieu sur un réacteur de conception très différente, ayant un cœur UO<sub>2</sub> faiblement enrichi dans une matrice graphite, avec l'eau comme réfrigérant. La fusion du cœur et l'explosion, de nature chimique (explosion vapeur et hydrogène) a résulté d'un emballement de la puissance, à la suite du non-respect délibéré des règles de conduite (fig. 203).

Le principal REX de Tchernobyl concerne les plans d'urgence, la mise à l'abri des opérateurs et de la population sur de vastes espaces, l'évaluation des conséquences radiologiques, considérables compte tenu de l'excursion de puissance et du relâchement instantané de la quasi-totalité des produits de fission (PF) volatils, mais également du rejet d'une portion significative des PF non volatils et des combustibles.



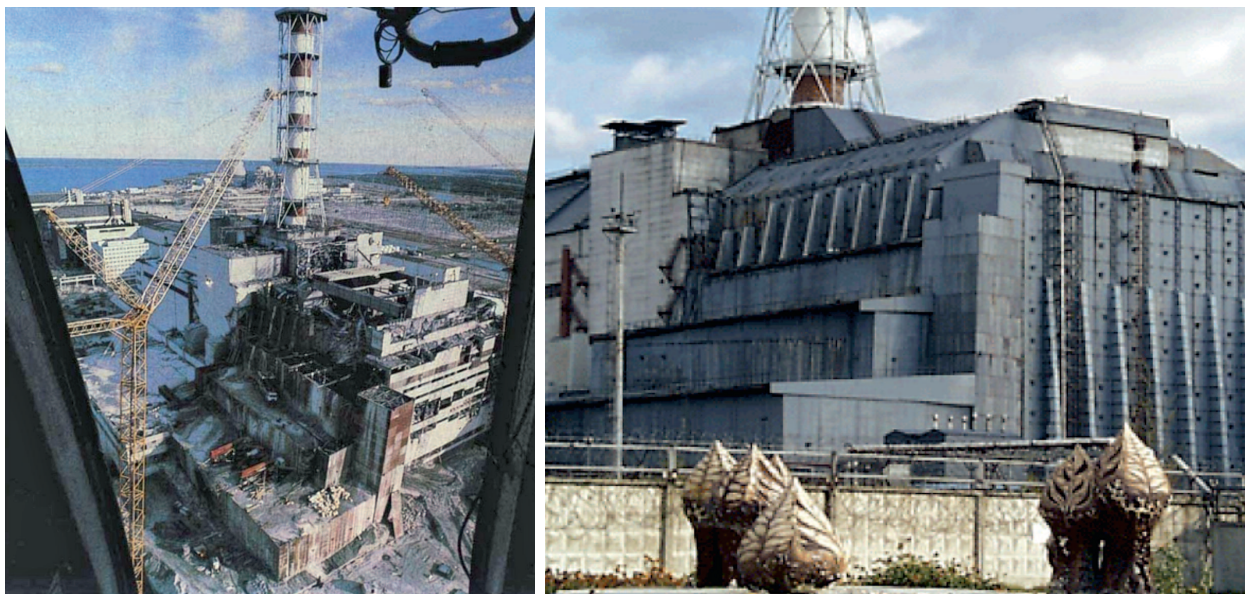


Fig. 203. Vues du réacteur quelques semaines après l'accident et après construction du premier sarcophage.

### La mise en sécurité

Les opérations de mise en sécurité ont consisté principalement en une évacuation de la population, puis, au niveau du réacteur, à un certain nombre d'actions d'urgence pour freiner les rejets radioactifs, **confiner\*** l'ensemble et redonner une certaine accessibilité autour de la zone. Des décisions très difficiles ont été nécessaires avec des dépassements de **doses\*** considérables pour le personnel d'intervention dans les premières semaines, puis pour gérer une population très importante de « liquidateurs », six cent mille en quatre ans, exposés à de fortes densités de radiations, avec une protection minime. En sept mois, et dans l'urgence, ceux-ci bâtiront un sarcophage sur l'enceinte éventrée du réacteur, renfermant 190 tonnes environ de **combustible nucléaire\***.



Fig. 204. Le corium de Tchernobyl en fond du bloc réacteur.

La **contamination\*** des sols sera principalement gérée par grattage des zones les plus actives, et empilement des terres correspondantes dans des zones réservées. Après **assainissement\*** du site de la centrale, les trois autres réacteurs, pourtant contigus, ont été redémarrés et ont été exploités jusqu'en 1991, 1996 et 2000, respectivement.

Le **corium\*** solidifié est localisé au fond du bloc réacteur sous forme d'un magma de composition complexe (fig. 204), mais aucune action n'a encore été entreprise pour le récupérer et démanteler l'ensemble du réacteur. Le risque de **criticité\***, à la suite d'un effondrement du corium en présence d'eau, est considéré comme très faible.

Sur le site sont encore entreposés les **combustibles usés\*** des trois autres réacteurs, qui pourraient être transférés vers un nouvel entreposage à sec sur le site, encore à construire, et des quantités importantes de liquides **radioactifs\*** (26 000 m<sup>3</sup>) et de déchets (2 400 m<sup>3</sup>) de compositions mal connues.

### La préparation du démantèlement

Le site est sous la menace d'un effondrement de l'enceinte de confinement qui pourrait provoquer la dispersion dans l'environnement d'une grande quantité de poussières radioactives incluant du combustible (5 à 10 tonnes). La politique adoptée consiste aujourd'hui, près de trente ans après l'accident, à préparer un démantèlement sous une nouvelle enceinte de confinement, en cours de construction (fig. 205), qui recevra l'équipement télé-opéré permettant de démanteler l'enceinte actuelle et le bâtiment réacteur ruiné, puis d'accéder au corium avec un minimum d'interventions humaines. Étudiée depuis 2008, sa construction a débuté en avril 2012 avec pour maître

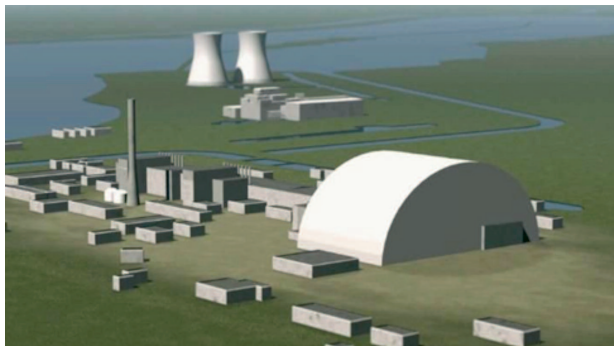


Fig. 205. Tchernobyl : la nouvelle arche en construction (2014) et après mise en place (2017).

d'œuvre du projet la coentreprise NOVARKA, détenue à parts égales par les sociétés françaises VINCI Construction Grands Projets et Bouygues Travaux Publics.

La nouvelle enceinte en forme d'arche est montée en deux phases sur un terrain contigu de la centrale, après **décontamination\*** soignée du sol. Posée sur deux longrines en béton, les segments de l'arche, une fois assemblés, seront glissés au-dessus du sarcophage existant. Ses dimensions (118 m de haut, 152 m de long et une portée de 257 m) et son poids, 25 000 tonnes, sont hors du commun.

Les objectifs principaux de cette enceinte sont le **confinement\*** des matières radioactives, la protection des travailleurs sur site et la protection du sarcophage existant contre les agressions climatiques. Elle abritera les équipements et installations qui permettront le démantèlement, en limitant au mieux les interventions humaines. Aucune information précise sur ce démantèlement, son calendrier, son coût ne sont disponibles aujourd'hui, et la persistance des difficultés du secteur énergétique ukrainien, l'ampleur de la tâche à accomplir et son coût laissent penser que le démantèlement sera très long, malgré l'importance des coopérations internationales.

## Fukushima (quatre réacteurs à eau bouillante de 400 à 550 MWe) [4]

L'accident correspond à une configuration très différente, puisque concernant un site dans son ensemble, à la suite d'un événement exceptionnel, un séisme majeur, face auquel les réacteurs ont correctement réagi (avec arrêt automatique) et résisté. Mais le séisme de mars 2011 a provoqué un tsunami d'ampleur considérable, à l'origine de l'accident qui a dévasté simultanément quatre des six réacteurs du site. Ce risque avait été identifié mais très insuffisamment pris en compte par l'opérateur de la centrale et l'Autorité de sûreté japonaise. L'accident a eu des conséquences environnementales importantes, à la suite du dénoyage et à la fusion quasi complète de quatre des six cœurs (les deux réacteurs les plus récents n'ayant pas été accidentés), à la montée en pression des enceintes de confinement au-delà des valeurs de dimensionnement, au dégagement de grandes quantités d'hydrogène conduisant aux explosions, avec, de plus, des risques de dénoyage des piscines d'entreposage des combustibles usés.

Le Japon a donné priorité en 2011, une fois la réfrigération des cœurs assurée, à la stabilisation de la situation sur le site et à sa décontamination afin de donner accès aux zones dévastées, puis mettre définitivement les installations en situation d'arrêt sûr, fin 2011. Les travaux réalisés et en cours sont



Projet fin 2011

Novembre 2013

2014

Fig. 206. Construction d'un hall de manutention en surplomb de la piscine d'entreposage des combustibles usés du réacteur n°4 de Fukushima.



considérables et des étapes importantes de leur programme ont été achevées dans les délais [5], comme l'évacuation des débris des explosions, la vidange de la piscine de stockage des combustibles irradiés du réacteur 4 (fig. 206) avec construction d'un hall confiné de manutention en surplomb de la piscine.

Des méthodes très innovantes sont utilisées comme la radiographie muon du réacteur 1 pour localiser le **corium\***, la réalisation autour des quatre tranches d'une muraille souterraine de terre gelée descendant jusqu'à une couche géologique étanche à 27 m de profondeur, destinée à confiner et récupérer les fuites, et la mise en service (difficile) d'une épuration multi-nucléide des **effluents\*** liquides.

Une difficulté importante du point de vue du REX résulte de l'accumulation d'un volume considérable d'effluent liquides et de déchets, sans que des exutoires aient été encore identifiés : la rigidité réglementaire qui s'impose dans ce domaine est un frein réel à la préparation d'un démantèlement.

Dès fin 2011, un calendrier prospectif du démantèlement a été proposé par l'opérateur, TEPCO (fig. 207), définissant les principales étapes et leur contenu. Ce calendrier est aujourd'hui respecté mais s'étend sur une quarantaine d'années. Il mobilise environ 6 000 à 8 000 personnes sur le site.

Pour préparer les démantèlements, un institut dédié a été créé, l'*International Research Institute for nuclear Decommissioning* (IRID), qui s'appuie sur deux groupes d'experts internationaux (management et expertise technique) et a lancé, en 2013, un concours d'idées pour l'élimination des déchets des **cœurs\***. C'est une initiative qui méritera un suivi attentif.

La priorité a été donnée à trois chantiers :

- L'évacuation des **combustibles\*** des piscines d'entreposage des quatre réacteurs, fragilisées par les explosions (objectif 2017/2018 pour les trois derniers réacteurs) ;
- la préparation de l'extraction des débris de corium sera beaucoup plus complexe qu'à TMI : le corium, de forme et de composition très complexe, est très probablement au fond des enceintes de confinement, ce qui ne facilitera pas sa récupération ;
- le traitement, l'entreposage et l'envoi vers des exutoires des **déchets radioactifs\*** liquides et solides.

Pour chacune de ces priorités, un éventail large de méthodes et d'équipements à développer a été identifié et les études lancées en s'appuyant systématiquement sur des entreprises associées à des équipes de recherche, nationales ou non, capables de les réaliser. Il est fait largement appel à des engins télé-opérés et, compte tenu des délais ambitieux de récupération des coriums, à des engins très résistants aux rayonnements.

## Synthèse et perspectives

Chaque accident demeure un cas particulier, et les premières mesures sont toujours la mise en sécurité des populations et celle de l'installation elle-même. Et ce, avant toute opération de démantèlement. Pour se mettre en perspective, il est impossible d'ignorer les enseignements souvent très complémentaires acquis avec les trois accidents ci-dessus, qui ont été analysés en détail par les Autorités de sûreté nucléaire et leurs experts, en concertation avec les exploitants.

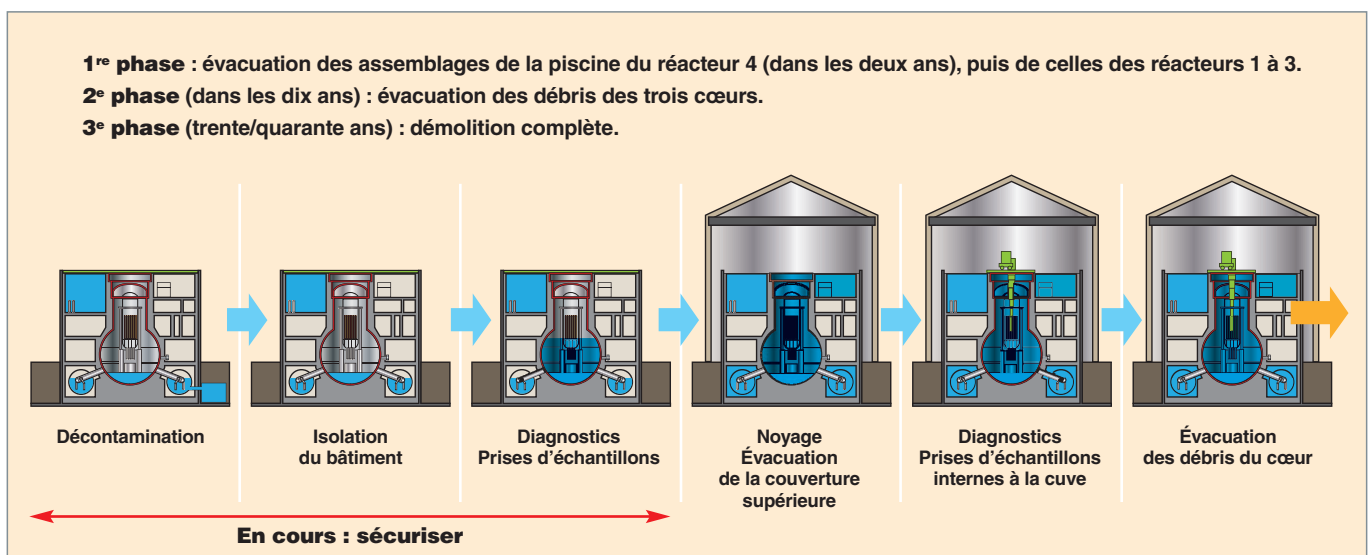


Fig. 207. Calendrier prospectif du démantèlement de Fukushima.

**Dans le cas où le cœur\* accidenté est resté confiné dans la cuve**, le retour d'expérience de TMI permet d'identifier les principaux enjeux, ainsi que les installations ou équipements nécessaires à sa prise en charge. Les opérations de nettoyage et de démantèlement peuvent s'étaler sur de longues durées, mais une réflexion amont, avec des essais de qualification sur installations intactes disposant d'une bonne accessibilité pourrait permettre une meilleure approche prédictive des interventions, à la suite d'un accident.

- La maîtrise de la température du **corium\*** et des émissions d'hydrogène a été facilitée par le fait que les sources électriques étaient toujours disponibles et ont pu être utilisées dès le diagnostic établi : l'urgence que constitue le rétablissement de l'alimentation électrique et la réfrigération du cœur est primordiale ;
- le risque hydrogène était mal évalué : la destruction de cet hydrogène par recombinaison doit accompagner l'action ci-dessus décrite ;
- des rejets concertés peuvent être nécessaires, en cas de montée en pression excessive du hall. Ces rejets doivent être aussi tardifs que possible (réduction des rejets d'iode, en particulier) et concertés (limitation des doses dans l'environnement). La mise en place de filtres adaptés à l'atmosphère post-accidentelle de l'enceinte de confinement, en particuliers pour les iodes et le césium, permet d'améliorer très substantiellement la situation ;
- une **décontamination\*** du hall par des engins robotisés, au moins au début, puis avec intervention humaine et fixation de la **contamination\*** résiduelle pour protéger les intervenants du risque d'inhalation facilite l'accès pour diagnostic de la situation, avec des dosimétries modérées.
- les eaux de fuites, fortement radioactives, peuvent avoir envahi les sous-sols des réacteurs, voire le bâtiment énergie, en cas de rupture des tubes des générateurs de vapeur : leur décontamination peut requérir une multiplicité de systèmes additifs. Par exemple, à TMI :
  - une installation immergée pour les eaux les plus radioactives de la piscine (zéolite) ;
  - une filtration des particules fines radioactives en suspension dans l'eau primaire, lors de l'extraction du corium (zéolite et charbon actifs) ;
  - un traitement de l'eau primaire contre une contamination biologique, afin de maintenir une eau claire, en particulier lors de l'extraction du corium ;
  - les résines échangeuses d'ions de l'installation pour les eaux faiblement contaminées.

Ces systèmes, essentiels, doivent être dimensionnés pour des quantités très importantes d'effluents, deviennent très radioactifs eux-mêmes, doivent être largement télé-opérés et sont adossés à tout un ensemble de procédures et d'équipements pour récupérer les filtres, les bloquer dans des conteneurs agréés pour des sites d'entreposage dont les critères d'acceptation sont souvent très contraints.

Les normes de rejets actuelles, très restrictives, demandent des filtrations multi-nucléide : leur mise en service à Fukushima a été longue et difficile.

- Les eaux filtrées et traitées, peu radioactives mais tritiées, représentent des volumes considérables et leurs rejets présentent des difficultés sociales importantes : TMI a adopté une installation d'évaporation avec un rejet contrôlé. La politique de Fukushima, qui stocke plus de 400 000 m<sup>3</sup> d'effluents liquides, n'apparaît pas encore clairement, la protection du milieu halieutique étant primordiale dans le pays.
- L'accès au corium se fait au bout de quelques années (entre trois et quatre ans à TMI) en deux étapes, après décontamination extensive du hall réacteur.
  - Accès limité par des traversées existantes pour imagerie, prélèvements et cartographie ;
  - ouverture du couvercle pour extraction du corium. L'accès au fond de cuve impose des outils de grande longueur : le choix à TMI a été de mettre un plancher à quelques mètres du sommet de la cuve ;
- le corium peut être très dur et mêlé aux débris des structures, telles que les grilles : la variété des textures et des compositions exige une souplesse d'approche (fig. 208). TMI a opté pour des technologies de forage standard, mais des méthodes plus actuelles peuvent être envisagées (suivre le chantier de Fukushima). Les quantités à remonter sont importantes, supérieure à 100 tonnes, ce qui requiert un grand nombre de mouvements des châteaux de transfert et de conteneurs blindés d'entreposage, et un chantier de plusieurs années (TMI, plus de cinq ans).
- l'extraction du corium n'est cependant que partielle, car des débris de combustibles peuvent se trouver en de nombreux points du circuit primaire (GV, pressuriseurs, tuyauteries), très difficiles d'accès. À TMI, l'estimation porte sur environ une tonne de débris résiduels qui ne seront pris en charge que lors du démantèlement complet de l'installation. Ils doivent être cartographiés en faisant appel à un large panel de détecteurs (*gamma*, neutrons actifs et passifs, prélèvements et mesures *alpha*) et à de la vidéo ;
- la maîtrise de la **criticité\*** et du risque hydrogène sont, avec la dosimétrie du personnel, les contraintes de sûreté principales ;



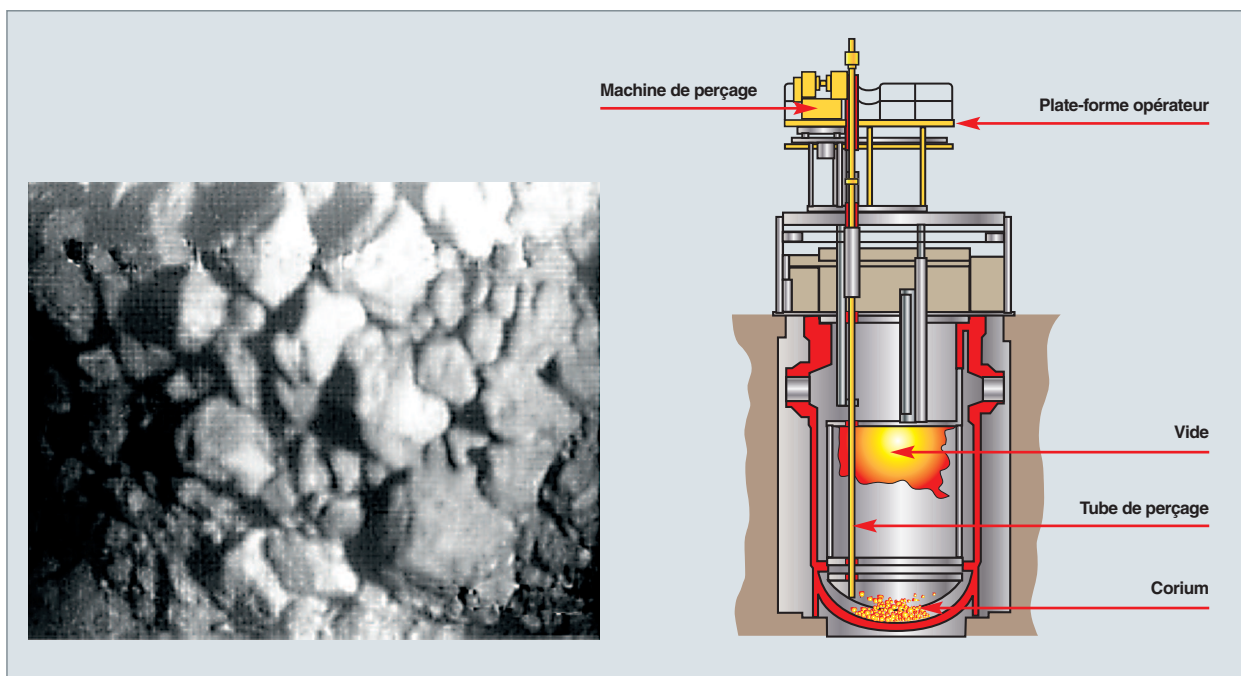


Fig. 208. Three Mile Island : corium, échantillon prélevé et plate-forme de forage au-dessus de la cuve.

- le démantèlement complet de l'installation doit faire la part entre une volonté de nettoyer définitivement l'installation et celle de réduire les **doses\*** pour le personnel. À TMI, il est envisagé environ cinquante-cinq ans après l'accident (**décroissance\*** du Co 60, en particulier) ;

- de nombreuses filières de déchets doivent être activées avec le support du gouvernement, car certains ne respectent pas les critères réglementaires.

L'accident de Fukushima a, de plus, mis en évidence l'intérêt d'une analyse approfondie de la résistance des piscines d'entreposage des **combustibles usés\*** adjointes à chaque tranche, compte tenu de l'importance de leur inventaire radiologique en produits de fission de vie longue et d'une évacuation aussi rapide que possible de ces combustibles dans l'hypothèse d'une fragilisation des bâtiments et moyens de réfrigération, ou d'une difficulté d'accès pour maintenance.

**Lorsque le cœur n'est pas resté confiné dans la cuve**, il serait nécessaire de pouvoir explorer les locaux sous-jacents, d'évaluer la quantité de corium perdu et sa position, de pouvoir faire des prélèvements pour le caractériser, car il aura été au contact du béton. La récupération de ce corium ne pourrait, sans doute, être engagée qu'après évacuation de la cuve, l'accès au puits de cuve par des engins automatisés étant probablement très complexe. Le retour d'expérience de Fukushima, rendu encore plus compliqué en raison de la complexité du bloc cœur et de l'enceinte de confinement de cette génération de **REB\***, sera essentiel.

Par rapport à TMI, une complexité supplémentaire, constatée à Tchernobyl et à Fukushima, résulte du niveau d'**irradiation\***, très supérieur, et de la **contamination\*** extérieure : les moyens de diagnostic et d'intervention doivent être durcis au rayonnement, et les moyens de **décontamination\*** doivent être développés, en particulier, pour les sols.

**En conclusion et de manière non exhaustive** nous pouvons nous interroger sur les problématiques qui apparaissent dans ce type de chantier, afin d'améliorer l'efficacité des interventions en situations accidentelles :

- Quelles dosimétries seraient acceptables pour le personnel en situation d'urgence et dans quelles conditions (niveau maximal, volontariat, protections spécifiques, assistance lors des interventions) ;
- comment accélérer les procédures d'autorisation des chantiers afin de réduire les conséquences radiologiques en cas d'accident (exemple du remarquable chantier d'évacuation des combustibles du réacteur à Fukushima) ;
- les règles concernant les rejets devraient être assouplies dans ces circonstances pour permettre aux intervenants un accès plus rapide au hall réacteur pour diagnostics et actions d'urgence. Nous pouvons remarquer que, pour réduire la durée des chantiers et, par conséquent, les dosimétries collectives, les Japonais ont décidé de ne pas recouvrir d'une nouvelle enceinte les réacteurs 2 et 3 pour le chantier de déblayage des débris et la préparation à l'accès aux piscines

de stockage des combustibles. Ils envisageraient de faire de même sur le réacteur 1, en démontant l'enceinte provisoire actuelle ;

- les normes radiologiques pour la population se révèlent excessivement contraignantes, sans bénéfice sanitaire évident, les évacuations provoquant un stress important. La différence entre 1 mSv, niveau annuel d'exposition imposé pour le public, et 20 ou 50 mSv, niveaux quasiment sans risques, devrait être mieux expliquée et comprise, afin d'éviter des évacuations excessives et les mouvements de panique ;
- l'entreposage des terres, matériaux divers et végétaux contaminés par le césium est relativement simple d'un point de vue technologique, car il s'agit de contaminations limitées et d'un contaminant principal, le césium, qui se fixe assez aisément. Mais il exige une capacité de décision forte des pouvoirs publics pour autoriser des entreposages ou des stockages : prévoir *a priori* des espaces dédiés contigus des centrales et susceptibles de recevoir en urgence et de manière temporaire des déchets (avec protection du sous-sol) ;
- la question du rejet des effluents liquides épurés est critique à Fukushima, en raison d'interdictions excessives de rejets en mer, alors que la lixiviation des sols contaminés est déjà réelle : cette question devrait être réglée au niveau international, les règles actuelles étant inadéquates à de telles situations et les populations inutilement inquiétées par des interdictions de rejet léonines.

Le retour d'expérience des opérations en cours à Fukushima, et de l'étude épidémiologique menée en parallèle de toutes ces opérations, sera extrêmement précieux pour répondre aux questions qui restent posées par ce type de chantier.

En cas d'accident nucléaire, les priorités sont, dans l'ordre, la mise en sécurité des populations, puis la mise en sécurité de l'installation elle-même (arrêt des rejets éventuels, etc.), qui exige une meilleure accessibilité pour les opérateurs.

C'est seulement, après un délai long qu'intervient la phase de démantèlement et d'**assainissement\***.

Dans tous les cas, nous nous trouvons de manière fondamentale dans une situation où le cœur et ses matières fissiles n'ont pas été enlevées avant démantèlement mais dispersées suivant le type d'accidents, ce qui conduit à la nécessité de développements spécifiques que nous retrouverons tout au long de cette monographie :

- Le travail en ambiance agressive (robotique, etc.) ;
- la récupération du corium ou de ses dérivés ;
- le traitement des sols ;

- le traitement des eaux.

- la mise en place de techniques d'approche et d'intervention dans des milieux très dosants.

Ces techniques spécifiques font totalement partie des sciences du démantèlement et se retrouvent décrites à différents niveaux dans cette monographie.

**Joël GUIDEZ, Jean Guy NOKHAMZON**  
**et Jean-Pierre PERVES**  
*Direction de l'énergie nucléaire*

## ► Références

- [1] <http://jolifukyu.tokai-sc.jaea.go.jp/ird/sanko/file34.pdf>
- [2] <http://www.science.gov/topicpages/m/mile+island+cleanup.html>
- [3] [http://www.irsn.fr/FR/connaissances/Installations\\_nucleaires/Les-accidents-nucleaires/accident-tchernobyl-1986/consequences-homme-environnement/Documents/irsn\\_tchernobyl\\_17-ans-apres.pdf](http://www.irsn.fr/FR/connaissances/Installations_nucleaires/Les-accidents-nucleaires/accident-tchernobyl-1986/consequences-homme-environnement/Documents/irsn_tchernobyl_17-ans-apres.pdf)
- [4] [http://www.irsn.fr/FR/connaissances/Installations\\_nucleaires/Les-accidents-nucleaires/accident-fukushima-2011/fukushima-2014/Documents/irsn\\_fukushima\\_point\\_situation\\_201403.pdf](http://www.irsn.fr/FR/connaissances/Installations_nucleaires/Les-accidents-nucleaires/accident-fukushima-2011/fukushima-2014/Documents/irsn_fukushima_point_situation_201403.pdf)
- [5] Le démantèlement de la centrale de Fukushima : un long processus, *Revue générale nucléaire*, n°5, août/septembre 2014.