



Article : 094

Le démantèlement des installations nucléaires du CEA

PIKETTY Laurence

mars-16

Niveau de lecture : Facile

Rubrique : Energie nucléaire

Mots clés : Nucléaire, Démantèlement, Déchets, Radioactivité, Technologie



Fig. 0 : signalement d'un risque d'irradiation

Les activités d'assainissement et de démantèlement des installations nucléaires en fin de vie constituent pour la filière nucléaire un enjeu majeur dont le bon déroulement confortera la crédibilité de la filière dans sa capacité à mener à bien l'ensemble du cycle de vie des installations nucléaires. Le démantèlement représente également un enjeu technique, industriel et financier considérable.

En France, de nombreuses installations nucléaires (réacteurs de production d'électricité ou de recherche, installations du cycle du combustible, laboratoires, installations de traitement d'effluents ou de déchets radioactifs, ...) ont été construites depuis les années 50.

Les plus anciennes sont progressivement arrêtées, puis démantelées.

En 2013, le parc nucléaire français était composé de 125 installations, dont plus d'une trentaine en cours de démantèlement, principalement au CEA, chez EDF et AREVA :

- des installations de R&D à Grenoble, Fontenay-aux-Roses, Marcoule, Saclay et Cadarache pour le CEA civil,
- neuf réacteurs pour EDF : Brennilis, six réacteurs uranium naturel-graphite-gaz, Superphénix et un réacteur à eau pressurisée (Chooz A),
- les usines UP2 400 à la Hague et Eurodif pour AREVA.

Le démantèlement couvre la réalisation des activités techniques et administratives pour atteindre un état final prédéfini. Ces activités comprennent notamment des opérations de démontage d'équipements, d'assainissement des locaux et des sols, de démantèlement de structures de génie civil, de traitement, de conditionnement, d'évacuation et d'entreposage de déchets radioactifs.

L'objectif prioritaire pour mener à bien ces opérations de démantèlement consiste à les piloter dans le respect des règles de sûreté et de minimisation de l'impact sur l'environnement, dans une optique de développement durable, et dans une logique de maîtrise des coûts à terminaison et de tenue des délais, en tirant sur ce dernier point le bénéfice du retour d'expérience des travaux réalisés.

On rappelle qu'il existe quatre grandes catégories de déchets radioactifs, fonction de leur niveau de radioactivité et de leur durée de vie :

TFA, très faible activité (27% du volume des déchets radioactifs produits en France) ;
FMA-VC, faible et moyenne activité, à vie courte (63% de ce volume);
FA et MA-VL, faible et moyenne activité, à vie longue (près de 10%) ;
HA-VL, haute activité, à vie longue, représentant 96 % de la radioactivité totale des déchets mais seulement 0,2% de leur volume.

Les déchets TFA et FMA-VC sont respectivement évacués vers les centres de Morvillers et de Soulaines, gérés par l'Agence Nationale de Gestion des Déchets Radioactifs (ANDRA).

Pour les MA-VL et HA-VL, il n'existe pas encore de solution opérationnelle de gestion définitive. Ils sont actuellement conditionnés et entreposés par leurs producteurs, dans l'attente d'un site de stockage définitif. A terme, ils devraient être stockés dans des formations géologiques à grande profondeur. C'est le projet CIGEO dont l'ANDRA, est maître d'ouvrage. Il en va de même pour les déchets FA-VL pour lesquels l'ANDRA étudie un projet de stockage en sub-surface.

Ces opérations recouvrent :

- Le démantèlement des installations arrêtées
- La reprise et le conditionnement des déchets (RCD), des effluents anciens et des combustibles usés,
- L'évacuation des déchets vers les exutoires ou l'entreposage sur sites en attente du stockage définitif.

1. Périmètre de l'assainissement/démantèlement

Aujourd'hui, la Direction de l'Energie Nucléaire (DEN) du CEA est responsable sur les centres civils de l'assainissement et du démantèlement de 22 installations nucléaires sur un total de 43, soit près des deux tiers des installations françaises en cours de démantèlement.

L'ensemble des opérations d'assainissement/démantèlement, de reprise/conditionnement des déchets, de traitement/entreposage/transport des déchets, matières, effluents et combustibles usés, représentent en tout pour le CEA/DEN, plus de 100 projets, de granulométries différentes, menés de front, avec une priorité donnée aux opérations conduites sur le site CEA de Marcoule, notamment sur l'ancienne usine de traitement des combustibles usés appelée UP1, sur le site CEA de Fontenay-aux-Roses, ainsi qu'aux opérations de reprise et conditionnement des déchets anciens menées à Marcoule et à Cadarache.

Ces activités mobilisent plus de 850 salariés du CEA et entre 2 000 et 2 500 salariés d'entreprises prestataires, selon les années.



Fig. 1 : Périimètre de l'assainissement/démantèlement et de la reprise et du conditionnement des déchets anciens à la DEN du CEA

En parallèle, la Direction des Applications Militaires (DAM) du CEA conduit elle aussi des chantiers d'assainissement/démantèlement sur les installations du CEA relevant de sa responsabilité.

La spécificité du CEA/DEN réside dans la grande variété d'installations qu'il exploite : réacteurs expérimentaux, laboratoires de chimie, stations de traitement d'effluents et de déchets... Le démantèlement de chaque installation est de ce fait un cas particulier et il n'y a pas « d'effet de série ». Les opérations qui peuvent présenter un risque radiologique pour les opérateurs, sont effectuées à distance au moyen d'engins robotisés, souvent développés au sein-même du CEA.

La complexité de ces chantiers est encore accrue par l'ancienneté des installations à démanteler, dont certaines ont été mises en service dans les années 60, et pour lesquelles la traçabilité des activités n'a pas toujours été conservée. Par ailleurs, les évolutions réglementaires successives rendent inévitables les évolutions des scénarios de démantèlement, à plus forte raison pour des chantiers de haute activité radiologique et de long terme, dont certains peuvent durer plus de 30 ans.

2. *Financement*

Le financement est assuré de manière pluriannuelle à travers un financement dédié : le CEA se conforme à l'article 20 de la loi n° 2006-739 du 28 juin 2006 de programme relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs, qui impose aux exploitants nucléaires d'évaluer de manière prudente les charges de démantèlement de leurs installations et celles de la gestion des combustibles usés et déchets radioactifs, de constituer les provisions afférentes et d'affecter à titre exclusif à la couverture de ces provisions les actifs nécessaires, présentant un degré de sécurité et de liquidité suffisant pour répondre à leur objet.

Pour répondre à ces obligations, l'Etat et le CEA ont mis en place des modalités de gestion de Fonds dédiés et des procédures associées : le financement de ces fonds est régi par une convention-cadre entre l'Etat et le CEA.

Le montant annuel dédié à ces activités d'assainissement/démantèlement s'élève pour l'ensemble du CEA à 740 Millions d'euros.

Des incertitudes significatives subsistent au niveau de l'évaluation des charges, liées à 5 causes principales susceptibles de conduire à réévaluer les scénarios des opérations et par voie de conséquence les coûts à terminaison des projets d'assainissement/démantèlement et de reprise et de conditionnement des déchets anciens. Ces 5 causes exogènes sont les suivantes :

- la connaissance insuffisante de l'état initial (par état initial, on entend état précis de l'installation au démarrage des opérations d'assainissement et de démantèlement). Ainsi, certaines opérations en cours ont mis en évidence des problématiques non prévues, des difficultés techniques et des évolutions des données d'entrée, qui modifient de façon importante le déroulement contractuel et le scénario des opérations de démantèlement.
- les évolutions des exigences de sûreté et réglementaires, ou des durées d'instruction des dossiers plus longues que prévu. Par exemple, les Evaluations complémentaires de sûreté (demandées par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) aux exploitants nucléaires suite à l'accident de Fukushima), génèrent des travaux significatifs d'amélioration de la sûreté y compris dans les installations en cours ou en voie de démantèlement. Autre exemple, la réglementation amiante de 2012, induit des contraintes qui viennent s'ajouter à la réglementation propre aux installations nucléaires.
- l'évolution des coûts de stockage des déchets radioactifs, en particulier du projet CIGEO pour les déchets de haute activité et de moyenne activité à vie longue (HA et MA-VL) et des spécifications de conditionnement des déchets. Il existe par exemple un risque de non-acceptation de certains colis de déchets MA-VL, ainsi qu'un risque de décalage de la mise en service industrielle du stockage CIGEO ; la décision de construire un site de sub-surface pour les colis de déchets de faible activité à vie longue (FA-VL) n'a par ailleurs pas encore été prise.
- les évolutions de la définition de l'état final, pour les installations démantelées et assainies, avant leur déclassement. Ce point est actuellement en cours de discussion avec les autorités de sûreté.
- le plafonnement des ressources financières, en cas d'augmentation des charges, conduit à modifier le planning des opérations ainsi qu'à des surcoûts à terminaison.

3. Stratégie de démantèlement au CEA-DEN

L'arrêt progressif des installations nucléaires du CEA est dû soit à l'obsolescence technique de certaines installations, soit au fait qu'elles ne correspondent plus aux normes actuelles de sûreté, soit à l'évolution des programmes de la direction de l'énergie nucléaire du CEA.

La stratégie du CEA est conforme aux recommandations des autorités de sûreté nucléaire : démantèlement immédiat, chaque fois que cela est réalisable, afin de diminuer les risques le plus rapidement possible. Dans un contexte budgétaire contraint, et devant l'augmentation progressive des installations à l'arrêt, le CEA priorise le démantèlement des installations présentant les risques radiologiques les plus importants.

La stratégie de démantèlement du CEA repose, pour l'état final recherché à l'issue des opérations de démantèlement, sur une installation assainie, c'est-à-dire dont la radioactivité résiduelle a été enlevée. Si, pour des raisons techniques, toute la radioactivité ajoutée ne pouvait être enlevée, la contamination résiduelle serait caractérisée (étendue et niveau), fixée et des mesures spécifiques de surveillance seraient définies.

L'installation pourrait être réutilisée pour des activités industrielles à caractère nucléaire ou non nucléaire. Ceci sous-tend que l'état radiologique de l'installation doit être compatible avec cette réutilisation, en particulier qu'il n'y ait aucun risque de contamination et que l'exposition aux rayonnements soit aussi faible que raisonnablement possible, sans dépasser la valeur de 300 µSv/an pour les personnes qui seraient amenées à travailler dans l'installation.

L'ensemble des actions du CEA s'inscrit dans un cadre législatif national, complété par un ensemble de réglementations spécifiques. Toutes les étapes du chantier de démantèlement, administratives et opérationnelles, sont suivies par les Autorités de sûreté, avec l'expertise technique de l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN).

Dans le cadre de leur mission de contrôle des activités en INB, les Autorités de Sûreté nucléaire ont adressé au CEA, en juillet 2015, un courrier conjoint demandant :

- de réexaminer la stratégie globale de démantèlement,
- de réexaminer la stratégie de gestion des matières et des déchets radioactifs,
- de prioriser les opérations,
- de renforcer l'organisation et les équipes,
- d'examiner la pertinence des ressources financières consacrées aux opérations.

Ce travail, qui a d'ores et déjà débuté, sera abouti d'ici fin 2016 et conduira le CEA à revoir ses priorités, mais aussi les scénarios et les chroniques de ses opérations.

4. Organisation et impact économique

Le CEA/DEN assure la maîtrise d'ouvrage et le pilotage opérationnel de l'ensemble des programmes d'assainissement et de démantèlement de ses installations. .

Il établit la stratégie et fixe les objectifs des projets (performance, coût, délais), les règles de management, affecte les moyens financiers et définit les effectifs CEA afférents.

Il s'appuie sur une unité, en charge de l'exécution de l'ensemble des projets, et qui garantit ainsi la capitalisation du retour d'expérience.

Il conduit également une R&D de pointe menée au CEA pour contribuer à améliorer la sûreté des opérations et à réduire les coûts, les délais et les déchets.

Les opérations d'assainissement et de démantèlement elles-mêmes sont confiées à des entreprises, aussi bien des grands groupes que des PME locales. Les entreprises doivent être habilitées par la « Commission d'acceptation des entreprises en assainissement radioactif et démantèlement d'installations nucléaires » (CAEAR) du CEA pour pouvoir être consultables sur un marché nucléaire d'assainissement-démantèlement.

Le CEA dépense environ 740 millions d'euros par an pour ses programmes d'assainissement et de démantèlement, d'exploitation et de gestion des déchets (reprise, conditionnement, entreposage, transport, stockage), dont 80% sont réinjectés dans l'industrie française.

Les chantiers d'assainissement-démantèlement nucléaire et de Reprise et Conditionnement des Déchets (RCD) ont un impact économique important :

- en termes d'emploi ;
- par le savoir-faire et les technologies requises (parfois valorisables dans d'autres secteurs) ;
- parce qu'ils génèrent une activité stable sur des durées relativement longues ;
- parce qu'ils sont appelés à se développer, en France et à l'international.

La grande diversité de ces opérations, que ce soit lié à la nature des installations, leur taille ou leurs spécificités techniques, confère au CEA/DEN une expertise unique dans les domaines:

- du Management de projet, de la conception et de la conduite d'opérations de démantèlement,
- de la gestion optimisée des déchets provenant des opérations de démantèlement ou des opérations de reprise et conditionnement de déchets historiques jusqu'à la production de colis qualifiés, à destination des sites actuels et futurs de stockage, gérés par l'ANDRA,
- de la R&D dans les domaines du démantèlement, de la gestion des déchets et de la réhabilitation des bâtiments et des sols.

5. La R&D et la haute technologie en soutien

Les chantiers d'assainissement-démantèlement nucléaire appellent différents savoir-faire et technologies.

Le CEA/DEN mène des actions de R&D de pointe dans l'objectif de diminuer les coûts, les quantités de déchets et d'améliorer la sûreté des chantiers. Ces actions sont menées en collaboration avec des industriels, qui peuvent ensuite les valoriser pour d'autres maîtres d'ouvrage. Ainsi, la stratégie du CEA consiste à valoriser, au profit de ses propres chantiers, mais aussi du tissu industriel français, les résultats de la R&D qu'il mène et le « retour d'expérience » de ses chantiers d'assainissement-démantèlement.

Concrètement, les actions de R et D couvrent tous les grands domaines scientifiques et techniques de l'assainissement et du démantèlement nucléaire :

- de l'évaluation de l'état radiologique des installations et des sols avant engagement, durant les opérations et après A&D,
- de la réalisation d'opérations en milieu hostile (robotique, réalité virtuelle, découpe laser, ...),
- de la décontamination des structures et des sols,
- de la caractérisation des déchets,
- du traitement optimisé des déchets et des effluents,
- des outils et méthodes de chiffrage, de gestion des déchets et des transports,



Fig. 2 : Gamma caméra

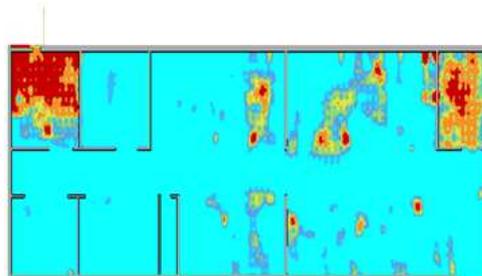


Fig. 3 : Géostatistique



Fig. 4 : Bras MAESTRO télé-opéré à retour d'effort



Fig. 5 : Simulation et réalité virtuelle

6. Les grands chantiers de démantèlement

Parmi les nombreux chantiers de démantèlement, trois méritent une attention particulière.

6.1. Le centre de Fontenay aux roses

Les opérations conduisent le centre, « berceau » du nucléaire français, à une reconversion vers des activités de recherche et d'innovation en sciences du vivant et en biotechnologies. Les chantiers d'assainissement/démantèlement sont complexes car c'est à Fontenay-aux-Roses qu'ont eu lieu les toutes premières recherches en chimie de haute activité sur le cycle du combustible. La fin du chantier d'assainissement et de démantèlement des anciennes installations nucléaires du site est prévue en 2034. Ce planning tient compte d'aléas potentiels sur le comportement des infrastructures au cours des phases du chantier ou du fait que certaines zones doivent être décontaminées par des robots et en télémanipulation. L'une des principales difficultés techniques du chantier réside dans le démantèlement d'un ensemble d'équipements appelé « Petrus » qui se composait de chaînes blindées pour les travaux de recherche, et d'un ensemble de galeries et de cuves pour entreposer puis traiter des effluents liquides de haute activité. Il s'agit aujourd'hui de réaliser les aménagements permettant de réaliser les opérations de démantèlement à distance à l'aide d'engins téléopérés puis d'évacuer les déchets issus du démantèlement. Une autre partie importante du programme de démantèlement consiste à « reprendre » des déchets radioactifs anciens, dont le conditionnement ne correspond plus à la réglementation. Ce programme est actuellement doté d'un budget de 30 à 40 millions d'euros chaque année, appelé ensuite à décroître avec l'avancement des opérations.

6.2. Le Centre CEA de Marcoule, un centre de référence dans le domaine de l'assainissement et du démantèlement nucléaire

Aujourd'hui, le centre de Marcoule est pour des raisons d'abord historiques devenu la référence dans le domaine de l'assainissement et du démantèlement des INB arrêtées et de la reprise et le conditionnement des déchets anciens.

En effet, Marcoule était dans les années 50 le centre pionnier de l'industrie nucléaire française. C'est à Marcoule qu'on a été construits les premiers réacteurs électronucléaires français et la première usine de traitement des combustibles usés. De ce fait Marcoule est aujourd'hui pionnier dans les chantiers de démantèlement, avec un programme sans équivalent par son ampleur autour notamment de l'usine de retraitement.

Des laboratoires de recherche et développement pour le démantèlement y sont également implantés et très actifs, ainsi que des formations au démantèlement.

Par ailleurs, des projets innovants s'y développent, qui permettront de valoriser les compétences uniques qui y ont été développées et qui ont pour objectif de créer de la valeur et de l'emploi en local, notamment dans le Parc régional d'Activités Marcel Boiteux aux portes de Marcoule, dont la viabilisation se termine.

Le projet de Pôle de Valorisation des Sites Industriels (PVSİ) dans le domaine de l'assainissement/démantèlement des laboratoires et installations du cycle, qui verra l'implantation

de groupes et de PME-ETI spécialisés sur ce parc régional et qui porte en particulier un projet sur une plateforme d'industrialisation des procédés d'A&D ainsi qu'un pôle de formation dans ce domaine.

L'objectif du projet PVSJ est d'encourager les transferts de technologies et la R&D collaborative entre les principaux acteurs français du démantèlement. Il permettra notamment de préserver la valeur existante des bassins industriels, d'améliorer l'offre et la compétitivité des entreprises et d'offrir de nouvelles formations.

Au-delà du seul secteur nucléaire, il s'agit aussi de favoriser le développement d'une filière française d'excellence plus large, dans la déconstruction de sites industriels de toutes natures, la dépollution de sols et le traitement et le recyclage de matériaux énergétiques et de déchets.

Sur le centre CEA de Marcoule est également implanté un espace d'information « InfoDEM » sur la thématique de l'assainissement/démantèlement, qui propose la découverte des programmes, outils et méthodologies (notamment les robots d'intervention ainsi qu'une salle d'immersion de simulation en 3D) soulignant l'important potentiel d'innovation technologique de cette filière.

6.3. Le Centre CEA de Grenoble, la reconversion vers des activités de R&D dans les domaines des technologies de l'information, de la communication et de la santé, et des énergies renouvelables

En février 2015, le réacteur de recherche SILOE de Grenoble a été déclassé.

Même s'il reste encore sur Grenoble deux installations nucléaires entièrement démantelées et assainies, voire déconstruites, qui ne soient pas encore administrativement déclassées, le CEA considère que le projet d'assainissement/démantèlement de l'ensemble des installations nucléaires du centre est aujourd'hui terminé.

Lancé en 2002, ce projet est lié à l'arrêt des programmes expérimentaux dans le domaine nucléaire, menés à Grenoble, et qui concernait 6 installations nucléaires de base : 3 réacteurs expérimentaux, appelés MELUSINE, SILOÉ et SILOETTE, un laboratoire d'analyse des matériaux actifs (LAMA) et les stations de traitement de déchets et d'effluents.

Ces opérations ont permis de libérer des terrains, rendus disponibles pour la réalisation de nouveaux programmes de R&D non nucléaires, et de démontrer la réversibilité des installations nucléaires.

Ainsi le Centre CEA de Grenoble est désormais entièrement tourné vers des activités de R&D en micro et nanoélectronique, en technologies pour la santé et pour les énergies renouvelables.



Fig. 6 : Démantèlement du réacteur SILOE

7. Participation au Comité Stratégique de la Filière Nucléaire (CSFN)

En 2013, une nouvelle instance permanente d'expertise et de consultation pour le gouvernement, représentative de tous les acteurs de l'industrie a été créée : le Conseil national de l'industrie (CNI). Son objectif est l'élaboration et la conduite d'actions de transformation du tissu productif français. Il regroupe des représentants des entreprises industrielles, des organisations syndicales représentant les salariés de l'industrie, des personnalités qualifiées, des élus, des représentants des collectivités territoriales et des membres de l'administration et s'appuie sur des comités stratégiques de filière (CSF) correspondant chacun à une filière stratégique de l'industrie française.

Parmi eux, le Comité stratégique de la filière nucléaire (CSFN), a dédié l'un de ses groupe de travail à la thématique spécifique de l'Assainissement, du Démantèlement et de la reprise et du conditionnement des déchets, auquel participe le CEA et qui a focalisé son activité sur l'identification de leviers d'amélioration de la performance de la filière ainsi que sur l'identification de futures zones commercialement porteuses à l'international.

Le groupe de travail propose des actions pour améliorer la visibilité des différents acteurs (donneurs d'ordre, industriels) sur ce segment de marché. Ces actions et recommandations portent notamment sur:

- le besoin d'adaptation et de simplification du cadre réglementaire, qui devient de plus en plus contraignant sur les plannings des projets,
- la révision des modes contractuels, intégrant un partage des analyses de risques, et des jalons techniques intermédiaires,
- l'adéquation des filières déchets aux besoins industriels du démantèlement,
- la maîtrise de l'état initial, qui est un paramètre fondamental dans l'optimisation des projets de démantèlement, et le développement de techniques de caractérisation et de modélisation 3D,
- la définition de l'état final.

Conclusion

Les installations du CEA en cours de démantèlement sont les installations pionnières de la filière nucléaire.

Mener à bien ces opérations complexes est une garantie de la bonne maîtrise de l'ensemble du cycle du nucléaire.

Le CEA a l'objectif constant de mener à bien ces projets, intégrant la maîtrise de la sûreté, de la radioprotection, de la sécurité et de la protection de l'environnement, ceci dans le respect des délais et des coûts, malgré les difficultés inhérentes à ce domaine, liées notamment à la connaissance insuffisante de l'état initial de ces installations historiques et à leur diversité.

Néanmoins, les méthodes et les technologies de démantèlement sont maintenant opérationnelles et bénéficient de l'apport continu de la R&D menée par le CEA, ainsi que du retour d'expérience accumulé, pour améliorer encore davantage la réalisation des chantiers et en optimiser le coût.

Ce domaine, dont l'impact économique continuera à être fort dans les années qui viennent, est maintenant mature, comme en témoigne le retour d'expérience du CEA/Grenoble, premier grand chantier à l'échelle d'un site qui se termine, après le démantèlement et l'assainissement de l'ensemble des installations de recherche comprenant trois réacteurs expérimentaux, un laboratoire de moyenne activité et des installations de gestion de déchets et d'effluents radioactifs.

Le CEA va poursuivre dans les années futures les nombreuses opérations d'assainissement et de démantèlement de ses installations nucléaires à l'arrêt, tout en les priorisant en fonction des risques radiologiques et des impératifs de sûreté.



Fig. 7 : Laboratoire d'analyse des matériaux actifs (LAMA) à Grenoble, avant et après démantèlement