DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE

LE DÉMANTÈLEMENT DES INSTALLATIONS NUCLÉAIRES DU CENTRE CEA DE GRENOBLE

DOSSIER DE PRESSE 2013

Contacts presse :
Stéphane LAVEISSIERE| T. +33 (0)1 64 50 27 53
Vincent CORONINI | T. +33 (0)4 38 78 44 30 (Grenoble)

Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
Service Information - Médias | 91191 Gif-sur-Yvette cedex
Centre de Grenoble | 17 rue des Martyrs | 38054 Grenoble Cedex 9

www.cea.fr

Sommaire

LE DEMANTELEMENT DES INSTALLATIONS NUCLEAIRES DU CENTRE CEA DE GRENOBLE

Un projet « phare » pour le centre 3
- De Mélusine à GIANT
- Un projet exigeant

Les objectifs du projet de démantèlement nucléaire 5
- Calendrier général du projet
- Prévision de production de déchets radioactifs
- Budget
- Ressources humaines
- Comité de pilotage

Les installations nucléaires 10
- Réacteur expérimental MELUSINE, INB n°19
- Réacteur expérimental SILOE, INB n°20
- Réacteur expérimental SILOETTE, INB n°21
- Laboratoire d'Analyse des Matériaux Actifs (LAMA), INB n°61
- Station de Traitement des Effluents et Déchets (STED), INB n°36 et 79

La sûreté et la protection des travailleurs 22
- Mesures de protection et de surveillance
- Exposition aux rayonnements

La surveillance de l'environnement 23
- Un objectif permanent
- Les acteurs du contrôle radiologique
- Historique du contrôle des rejets du centre
- Points de contrôle
- Rejets du centre
- Surveillance atmosphérique
- Surveillance hydrologique

ASSAINISSEMENT ET DEMANTELEMENT NUCLEAIRE : STRATEGIE GLOBALE DU CEA 27

Les opérations actuelles d'assainissement et démantèlement nucléaire au CEA 28
- Une particularité au CEA : chaque chantier est un cas particulier
- La stratégie de démantèlement du CEA

Le démantèlement à Fontenay-aux-Roses (Hauts-de-Seine) 29

Le démantèlement à Marcoule (Gard) 30

Organisation économique 32
- Répartition des compétences CEA / entreprises prestataires
- Des retombées économiques importantes

La haute technologie en soutien 33
- Mesure et contrôle radiologique
- Simulation et modélisation
- Techniques de décontamination
- Opérations de découpe
- Téléopération

ANNEXES 36
La direction de l'énergie nucléaire du CEA 37
Glossaire *38*

Un projet « phare » pour le centre CEA de Grenoble

Au début du mois de février 2013, les murs du réacteur de recherche Siloé du centre CEA de Grenoble ont été démolis.

Ces travaux de démolition « conventionnelle » marquent symboliquement la fin du projet d'assainissement et de démantèlement des installations nucléaires du centre.

Lancé en 2002, ce projet est directement lié à la fin de ses programmes expérimentaux dans le domaine nucléaire[1] et à la la stratégie générale du CEA qui vise, depuis 2001, à regrouper l'essentiel des activités de l'organisme sur le nucléaire civil dans les centres de Cadarache (Bouches-du-Rhône), Marcoule (Gard) et Saclay (Essonne).

Le centre CEA de Grenoble est désormais entièrement tourné vers la R&D en micro - nanoélectronique, en technologies pour la santé et pour les énergies renouvelables. Le projet d'assainissement-démantèlement nucléaire permet au centre de se concentrer sur ces activités désormais stratégiques, tout en démontrant la réversibilité des installations nucléaires.

De Mélusine à GIANT

Historiquement tourné vers la recherche nucléaire, le centre CEA de Grenoble a été fondé en 1956 par le physicien Louis Néel, prix Nobel en 1970. Trois réacteurs nucléaires expérimentaux y ont été construits et exploités, ainsi que plusieurs autres installations nucléaires de base (INB) - voir détails pages 8 à 15.

Parallèlement, le Centre d'études nucléaires de Grenoble (CENG), renommé depuis CEA Grenoble, a développé des compétences de pointe dans le domaine de l'électronique et de l'instrumentation. Ces compétences ont donné naissance au LETI (Laboratoire d'électronique et des technologies de l'information) qui travaille en étroite relation avec les industriels du secteur micro-électronique. Les compétences développées dans le domaine des matériaux et nanomatériaux ont ensuite permis de faire émerger une recherche technologique d'avant-garde dans le domaine des nouvelles technologies de l'énergie. Enfin, le centre est aujourd'hui un acteur de premier plan dans le domaine des technologies pour la santé.

Ainsi, le CEA Grenoble est aujourd'hui essentiellement tourné vers la recherche technologique (micro et nanotechnologies, nouvelles technologies de l'énergie et biotechnologies). Il poursuit également des travaux de recherche fondamentale dans le domaine des sciences de la vie et en physique de la matière.

Instigateur du projet Minatec, campus d'innovation européen en micro et nanotechnologies, le CEA Grenoble est également l'un des principaux acteurs du projet Giant (*Grenoble Innovation for Advanced New Technologies*).

Le projet Giant est né en 2006 d'une proposition de Jean Therme, alors directeur du centre CEA de Grenoble, visant à donner une visibilité internationale au site du Polygone :

- en généralisant le modèle MINATEC à trois grands enjeux de société que sont la Santé, les Energies Nouvelles et l'Information,
- en associant une recherche fondamentale puissante et de qualité à un couplage fort aux autres acteurs du site (CNRS, Université Joseph Fourier, Grenoble INP) et aux grands équipements européens de physique et de biologie (ILL, ESRF, EMBL),
- en renforçant la capacité d'enseignement supérieur sur le site,
- et en le transformant en véritable lieu de vie dans les standards des campus internationaux.

[1] *Dans le domaine du nucléaire, seuls les travaux de recherche non nucléaire en thermohydraulique liés à la sûreté des réacteurs se poursuivent au CEA Grenoble. Quelques éléments très faiblement radioactifs (marqueurs, traceurs) sont par ailleurs utilisés, notamment en biologie et physico-chimie.*

Ce projet propose à la fois un « passage à la dimension internationale » sur le plan de la taille et de l'image, et une diversification de l'aval industriel vers les grands enjeux de la planète durable.

■ Un projet exigeant

L'assainissement et le démantèlement des installations nucléaires du CEA Grenoble est l'un des projets les plus ambitieux du centre. Il couvre une période d'une dizaine d'années, comporte de nombreuses étapes administratives et techniques et nécessite de prendre en compte, dans le plus strict respect de la réglementation, plusieurs aspects essentiels :

- **la maitrise de la sûrete et de la sécurité.** La sécurité du travail, la sûreté nucléaire et la surveillance de l'environnement sont des préoccupations majeures.
- **la maîtrise technique du projet.** Le démantèlement des installations comporte un très grand nombre d'opérations, menées en associant les savoirs des exploitants et les compétences d'industriels du nucléaire : retrait des matières / combustibles / déchets issus de l'explotation ; cartographie de l'installation ; opérations préparatoires ; rédaction du dossier de démantèlement et enquête publique, travaux de démantèlement ; assainissement des structures ; évacuation des déchets ; contrôles radiologiques finaux, et constitution du dossier de déclassement.
- **la maîtrise du planning et du budget.** Le coût du projet est d'un peu plus de 300 M€. Il est couvert par un fonds spécifique dédié aux opérations d'assainissement et de démantèlement, mis en place à la fin de l'année 2001, qui prend en compte toutes les installations civiles du CEA. Le calendrier des opérations et l'ordonnancement des travaux ont permis de respecter l'objectif assigné de libérer le site de ses contraintes nucléaires.
- **la maîtrise des ressources humaines.** Il s'agit d'assurer la gestion prévisionnelle des emplois des salariés en vue de :
  1) maintenir les compétences nécessaires dans les installations nucléaires autant qu'il en est besoin ;
  2) assurer les reconversions possibles des salariés en anticipant les besoins du centre de Grenoble ;
  3) favoriser le transfert des compétences et le « retour d'expérience » vers d'autres centres du CEA.

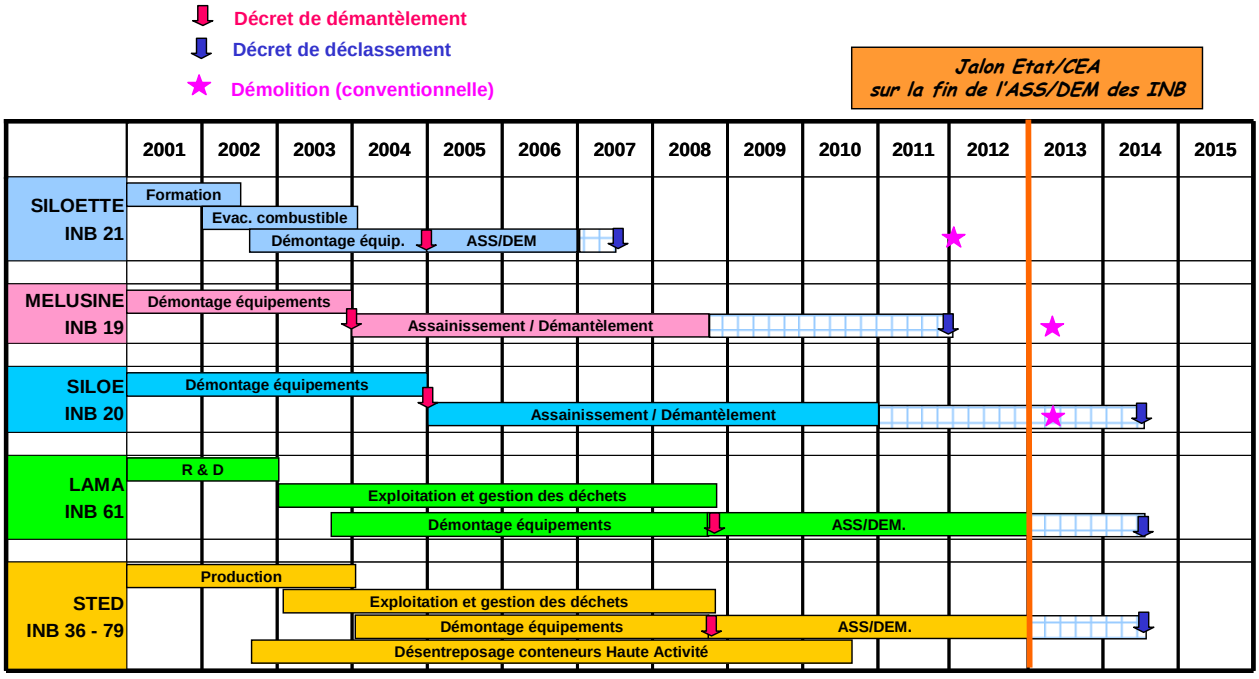
Les objectifs du projet de démantèlement nucléaire

L'objectif général du projet consiste à démanteler puis assainir les six installations nucléaires du Centre de Grenoble. Sur la base des dossiers présentés au comité de pilotage du 23 juin 2005, le CEA a décidé de raccourcir de trois ans la durée totale du projet, moyennant une adaptation de l'organisation du projet. Ainsi les travaux à proprement parler de démantèlement sont terminés depuis fin 2012, conformément au jalon inscrit dans le contrat de performance Etat-CEA.
Les opérations complémentaires, en cours début 2013, consistent en :

- la démolition des bâtiments ayant abrité les réacteurs Mélusine et Siloé,
- l'assainissement final du radier de Siloé,
- l'assainissement final au Lama (Laboratoire d'analyse des matériaux actifs) et à la Sted (Station de traitement des effluents et déchets).

Ces actions seront terminées mi-2013. Le centre disposera alors de bâtiments industriels ou de terrains qu'il pourra affecter à d'autres activités de recherche.

Calendrier général du projet



Prévision de production de déchets radioactifs

La stratégie concernant les grandes quantités de déchets générées est la suivante :

- Tri à la source, catégorisation, réduction des volumes,
- Traitement des déchets organiques faiblement actifs à CENTRACO (Gard),
- Evacuation en ligne des déchets les moins actifs vers les stockages existants de l'ANDRA (CSA à Soulaines (Aube) et CS TFA à Morvilliers (Aube)),
- Transport, conditionnement et entreposage des déchets les plus actifs (MA-VL) sur les centres CEA de Cadarache et Saclay, en attente du stockage géologique CIGEO.

La production cumulée de déchets de 1998 à la fin du projet se décompose comme suit :

Type	Conditionnement	Quantité	Destination
Déchets HA (Hautement Actifs)	160 containers	8 tonnes	CEA Cadarache – INB 37 CEA Saclay – INB 72
Déchets MA (Moyennement Actifs) [2]	220 coques ou caissons	30 tonnes	ANDRA /CSA [2]
Déchets FA (Faiblement Actifs) [2]	250 caissons 2300 fûts compactables	500 tonnes 320 tonnes	ANDRA / CSA [3]
	3700 fûts de déchets incinérables	130 tonnes	SOCODEI (Centraco) [3]
Déchets TFA (Très Faiblement Actifs) [2]	15000 colis environ	25000 tonnes	ANDRA / CIRES [4]

Les quantités de déchets qui peuvent être entreposées sur le centre avant évacuation sont limitées par la réglementation. Les déchets de faible et moyenne activité (FA et MA) issus des travaux du

[2] *CSA, Centre de Stockage de l'Aube site dédié aux déchets de faible et moyenne activité, situé sur la commune de Soulaines-Dhuis dans l'aube*

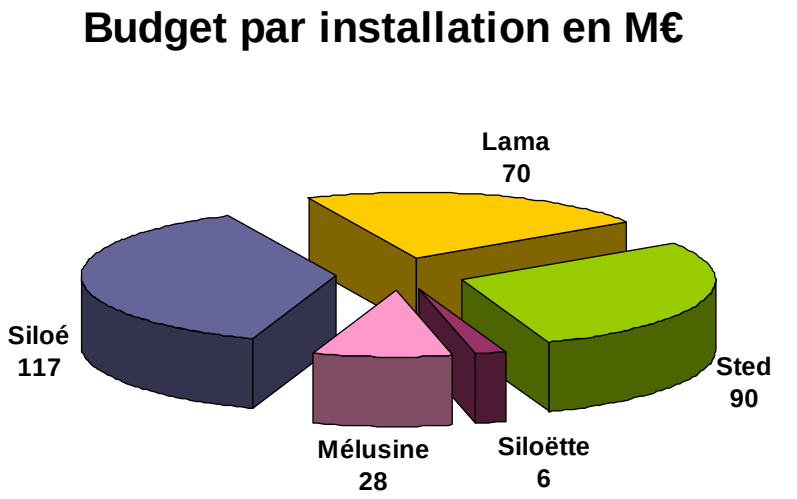
[3] *Centre de traitement et de conditionnement de déchets de faible activité Centraco, situé sur la commune de Codolet à proximité de Marcoule (Gard), exploité par la société SOCODEI.*

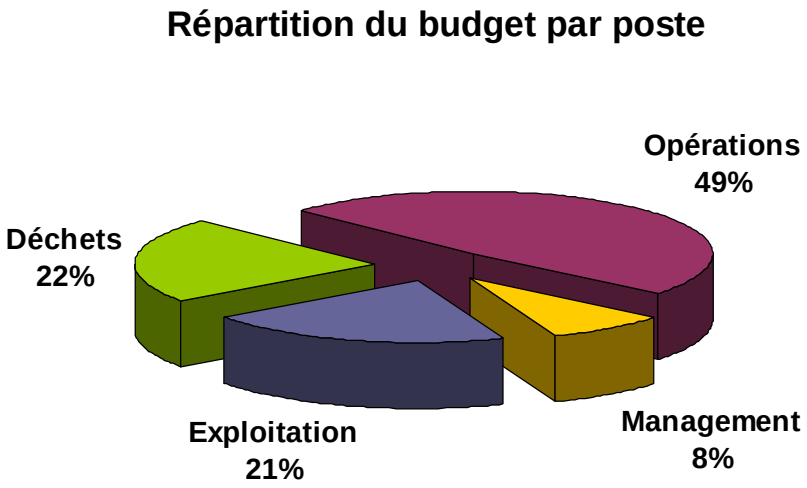
[4] *CIRES, Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage situé sur la commune de Morvilliers dans l'Aube.*

projet, sont donc entreposés temporairement dans les INB et envoyés vers leurs destinations respectives (cf. tableau ci-dessus).
La grande majorité des déchets produits au cours du démantèlement sont des déchets TFA. Des aires de transit de déchets ont été créées dans le périmètre des INB afin de fluidifier les expéditions de ces déchets TFA vers l'ANDRA.

Budget

Le coût du projet d'assainissement-démantèlement est d'un peu plus de 300 M€ et se décompose ainsi :



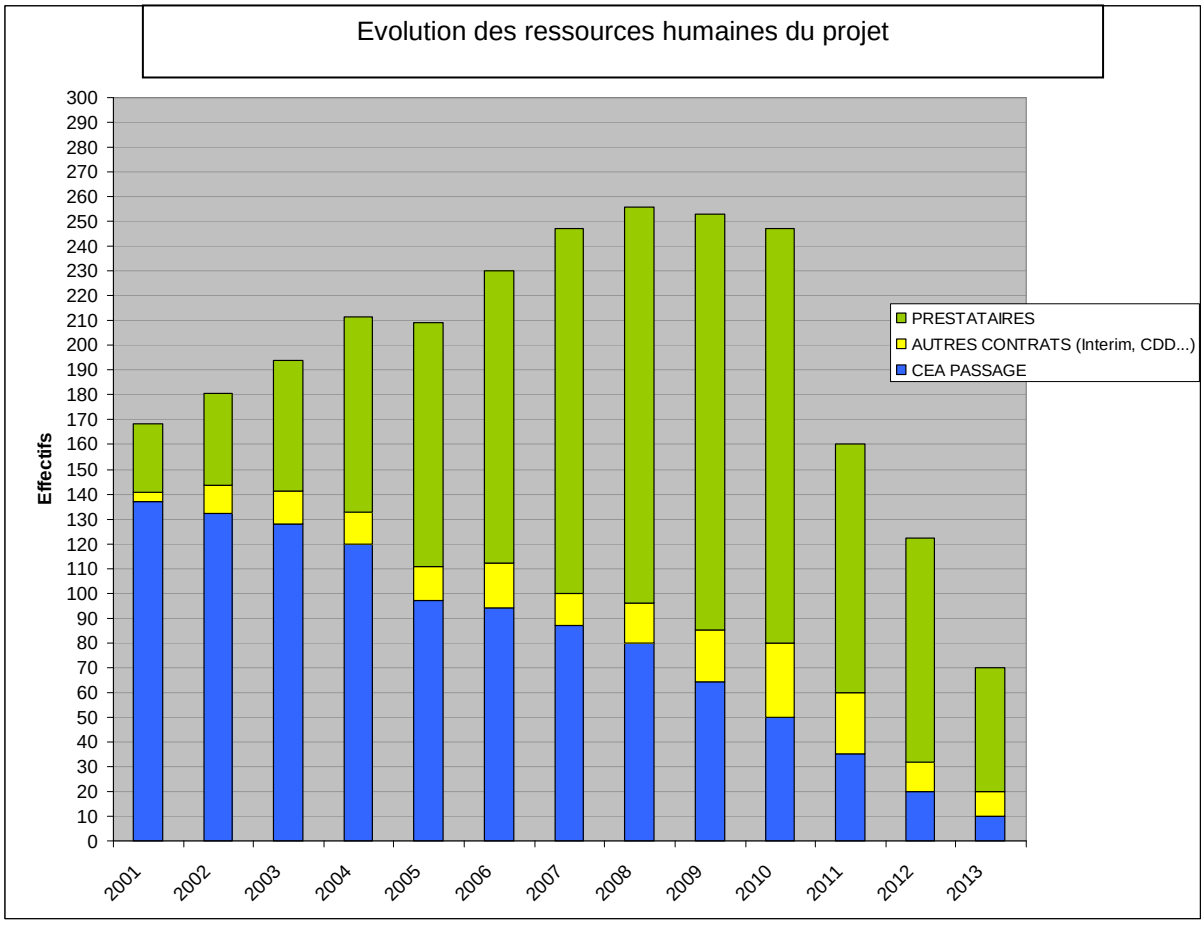


Ressources humaines

Dans un premier temps, le CEA s'appuie sur ses personnels d'exploitation des installations pour maîtriser la sécurité et l'assainissement des moyens expérimentaux.
Progressivement, ce sont des entreprises extérieures spécialisées dans le démantèlement qui sont en charge des opérations techniques, le CEA continuant assurer le pilotage du projet et la maîtrise de la sécurité.

En parallèle, un plan de reconversion interne au CEA a été conduit afin que chaque salarié puisse s'impliquer sereinement dans le projet sans préoccupation de son avenir. A ce titre, un dispositif partagé avec les partenaires sociaux leur assurait un repositionnement dans un nouveau secteur d'activité à l'échéance de leur intervention dans le projet.

De plus, un important travail de collecte du « retour d'expérience » accumulé par les salariés du projet est fait en continu, afin que tous les acteurs CEA du démantèlement puissent en profiter.



Comité de pilotage

La maîtrise du projet est assurée par un comité de pilotage associant acteurs du CEA Grenoble et représentants de la direction générale du CEA. Il se réunit une à deux fois par an pour en vérifier le bon avancement, décider d'éventuelles nouvelles orientations et vérifier l'adéquation entre les moyens mis en œuvre et les objectifs visés.

Par ailleurs, une réunion mensuelle de pilotage de la maîtrise d'œuvre du projet permet d'assurer une conduite opérationnelle et un suivi régulier des actions.

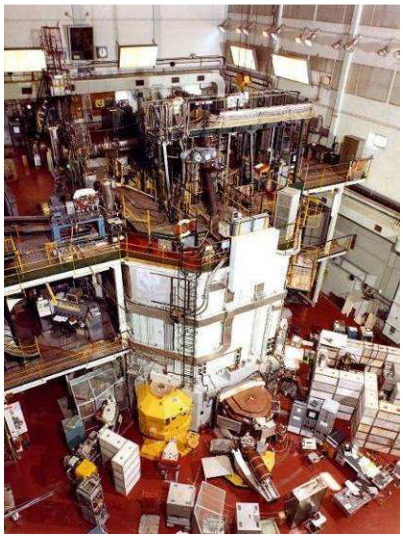
Les installations nucléaires

■ Réacteur expérimental MELUSINE, INB n°19

MELUSINE, mis en service en 1958, a été le premier réacteur de recherche du CEA/Grenoble, et le premier réacteur du type piscine à cœur ouvert construit en France.

D'une puissance de 8 Mégawatts, le réacteur MELUSINE a permis d'effectuer des travaux d'une grande diversité aussi bien dans le domaine de la recherche fondamentale que dans celui de la recherche appliquée.

Le réacteur Mélusine a été arrêté en 1988. Les opérations de Cessation Définitive d'Exploitation (CDE) se sont déroulées entre 2000 et 2004, et ont consisté à assainir et enlever tous les dispositifs expérimentaux de la piscine et des locaux techniques. En 2004 il a été procédé à la Mise à l'Arrêt Définitif (MAD) de l'installation, avec notamment la vidange de la piscine et le contrôle radiologique des parois. Le réacteur est alors passé en phase de démantèlement, le gouvernement ayant délivré le décret autorisant les travaux de démantèlement.



Mélusine en exploitation

Dépose des équipements expérimentaux

Assainissement piscine après vidange

Les opérations d'assainissement et de démantèlement ont été réalisées jusqu'en 2008, avec notamment l'assainissement et la dépose des équipements d'épuration de l'eau, l'enlèvement des canaux neutroniques, ainsi que l'écroutage, le grattage et la démolition d'une partie du génie civil.

Début du démantèlement

Découpe du bloc piscine

Contrôles radiologiques finaux

Démolition des structures internes déclassées

Démolition du bâtiment

Concassage des gravats

Mélusine a été officiellement déclassée suite à la parution de l'arrêté ministériel du 15 décembre 2011. Les travaux de démolition du bâtiment, engagés fin 2012, sont aujourd'hui terminés.

■ Réacteur expérimental SILOE, INB n°20

SILOE était un réacteur expérimental de type piscine, d'une puissance nominale de 35 Mégawatts, mis en service en 1963 et arrêté en 1997. Son enceinte de confinement était constituée par un hall cylindrique en béton de 27 m de hauteur et de 27 m de diamètre. Le bâtiment désigné P2 regroupait le hall réacteur, le bâtiment bureaux et le bâtiment technique.

Le hall contenait le réacteur proprement dit, le bloc piscine, l'installation d'extraction de puissance, les zones expérimentales et la zone des canaux, la cellule chaude et l'installation d'épuration.

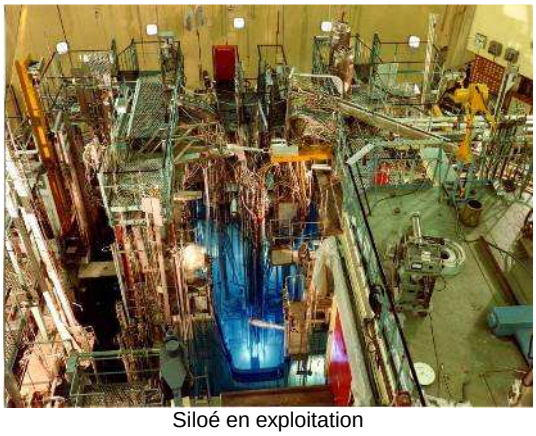
Le réacteur était utilisé dans les domaines suivants :

- la recherche fondamentale sur les structures cristallines, à l'aide de faisceaux de neutrons,
- le soutien scientifique au parc nucléaire français,
- les études de comportement des structures et des combustibles nucléaires du futur,
- la production de radioéléments pour la médecine,
- la production de silicium dopé pour les industries de la microélectronique.

La décision d'arrêter Siloé a été prise dans une logique de réorganisation des activités du CEA par centre. L'arrêt définitif de Siloé est intervenu le 23 décembre 1997. Lors des opérations de vidange de la piscine du réacteur Siloé en 2004, une activation du cuvelage et de la cuve de la piscine principale a été mise en évidence.

Le réacteur SILOE est entré en phase de démantèlement en janvier 2005 suite à la parution du décret de démantèlement.
La présence d'une activité supérieure à celle estimée initialement, l'évolution de la réglementation (méthodologie de déclassement) et le « retour d'expérience » des travaux sur Mélusine ont conduit aux adaptations suivantes :

- Décuvelage de la piscine principale par téléopération,
- Découpe de la piscine principale,
- Assainissement final, réévaluation des profondeurs de traitement par catégorie de surfaces.



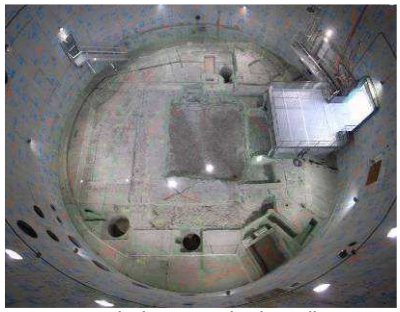
Siloé en exploitation

Dépose des équipements expérimentaux

Décuvelage téléopéré de la piscine

Découpe de la face avant du bloc piscine
avec des scies à câbles

Démolition des structures internes avec
une pelle mécanique de 30 tonnes



Retrait d'une partie du radier

Réalisation des contrôles finaux

Les travaux se sont terminés à la fin de l'année 2010.
En 2012, l'Autorité de Sureté Nucléaire a prononcé le déclassement du zonage déchets de toute l'INB à l'exception du radier.

Mi-2012, le CEA a pris la décision de démolir le bâtiment pour permettre l'enlèvement du radier. Les travaux de démolition et le traitement du radier s'achèvent au premier semestre 2013.

Démolition de l'aile de bureaux

Création d'ouvertures dans le dôme

Découpe du pont par des cordistes

Démolition du dôme

Siloé – état à la fin février 2013

Réacteur expérimental SILOETTE, INB n°21

La construction du réacteur de recherche SILOETTE, entreprise en 1962, fut achevée fin 1963. La première divergence eut lieu le 23 Mai 1964, soit un an environ après celle de SILOÉ.

SILOETTE constituait l'Installation Nucléaire de Base (INB) N°21, déclarée au Ministère chargé des questions atomiques et spatiales en 1964, année de sa mise en service.

SILOETTE devait pouvoir travailler avec des cœurs composés d'éléments neufs ou irradiés dans SILOE. Le réacteur a servi de réacteur « école » dédié à la formation à la conduite de centrale. Sa puissance de fonctionnement était inférieure à 1 kiloWatt.

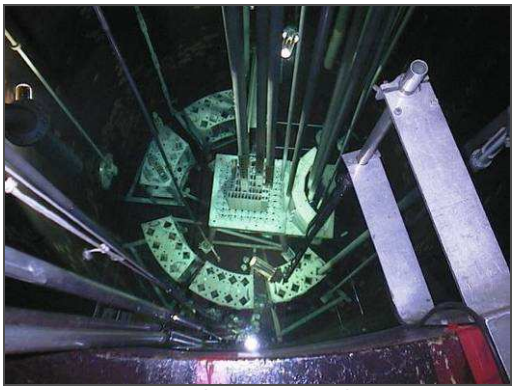
INB 21 - Siloette

La dernière chute de barres de l'INB 21 a eu lieu le 11 juillet 2002 et a marqué l'arrêt de son activité de formation. Depuis cet arrêt, le cœur du réacteur a été déchargé et entreposé dans le bassin de stockage d'éléments combustibles usés avant d'être évacué vers le site de la Hague en 2003. Les équipements expérimentaux ont ensuite été déposés et la piscine vidée en 2004.

Simulateur de conduite de centrale de Siloette

Dernière évacuation de combustible vers la Hague

Le décret 2005-79 du 26 janvier 2005, paru au Journal Officiel le 2 février 2005, a autorisé le CEA-Grenoble à procéder aux opérations de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement de l'INB 21. Les travaux d'assainissement et de démantèlement se sont déroulés jusqu'en septembre 2006, suivis par les démarches de déclassement de l'installation.



Piscine avant démontage des équipements

Démantèlement

L'arrêté du 1er août 2007, paru au Journal Officiel du 15 août 2007, a homologué la décision de l'Autorité de Sûreté Nucléaire portant sur le déclassement de l'INB 21.

Les locaux annexes du bâtiment ont ensuite abrité des bureaux jusqu'en 2011. La démolition du bâtiment a débuté au mois de janvier 2012 après une étape de curage du bâtiment qui a permis de retirer et trier selon leur nature les éléments amovibles (portes, plafonds, tubes fluo, etc.) et de désamianter des locaux. Le bâtiment n'étant plus une INB depuis 2007, c'est le Service Technique et Logistique (STL) du CEA Grenoble qui a pris en charge le pilotage de ces travaux de démolition conventionnelle. Siloette a été le premier réacteur à être démoli sur le centre CEA de Grenoble.

Le terrain libéré sera utilisé pour l'implantation d'activités touchant aux nouvelles technologies de l'énergie, notamment dans le domaine de la biomasse.

Réacteur Siloette

Démolition de Siloette

Remblaiement de la zone

Emplacement de Siloette après démolition

■ Laboratoire d'Analyse des Matériaux Actifs (LAMA), INB n°61

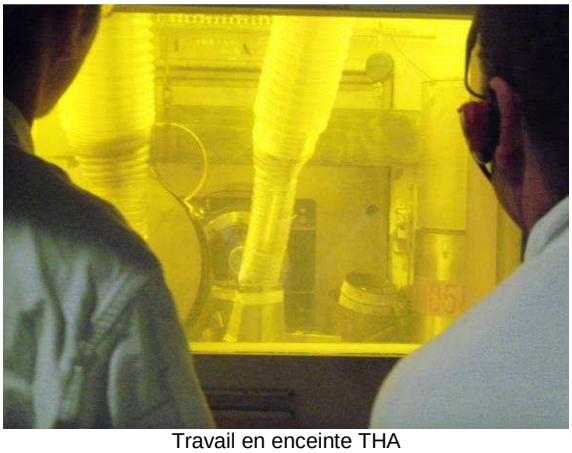
La vocation du LAMA était de réaliser les examens et essais permettant de déterminer les lois de comportement des combustibles ou matériaux sous irradiation. Parmi les expériences menées, on peut citer le suivi du comportement du combustible durant l'irradiation (standards et avancés), l'évolution du combustible de la filière à eau dans le cas des accidents "cœur sévèrement dégradé" et la surveillance des assemblages fertiles et absorbants pour la filière neutrons rapides. Le LAMA recevait les objets à examiner des réacteurs expérimentaux (SILOE, OSIRIS,...) ainsi que de certains réacteurs de puissance (PHENIX, BUGEY, ...).

En outre, de par ses capacités de traitement de matériaux actifs, le LAMA a contribué à l'assainissement des Installations Nucléaires du site du CEA/Grenoble et ponctuellement à l'assainissement d'autres INB du CEA quand cela impliquait la mise en œuvre de fonctions spécifiques du LAMA et tant que celles-ci étaient maintenues en service. Pour cette mission d'aide à l'assainissement d'autres installations, on peut noter par exemple les opérations suivantes :

- La réception de dispositifs (structure et/ou combustible) évacués des réacteurs du CEA/Grenoble (Siloé et Mélusine),
- Le reconditionnement du sodium de l'ancienne INB 59 (AGATE, Fontenay-aux-Roses), en vue de son traitement,
- Le reconditionnement des conteneurs de décroissance de l'INB 79 (STED).

Le LAMA comportait deux grandes parties :

- La partie dite de « Très Haute Activité (THA) » constituée :
  - d'une ligne de 6 enceintes THA en béton (numérotées de 1 à 6),
  - d'une ligne de 4 enceintes THA en plomb (numérotées de 7 à 10),
  - d'une enceinte THA en plomb (numérotée 11),
  - de la zone arrière et des locaux lui attenant,
  - de la zone avant,

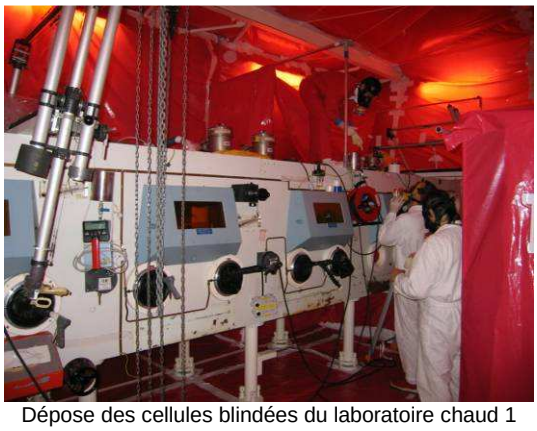


Travail en enceinte THA

Télémanipulation en cellule chaude

- La partie dite « laboratoires chauds » composée :
  - des laboratoires chauds n°1, n°3 et n°4 équipés d' enceintes blindées en plomb,
  - du laboratoire chaud n°2 équipé d'une enceinte blindée en acier et d'une enceinte blindée en plomb,
  - du laboratoire chaud n°6 équipé de deux boîtes à gants,
  - du laboratoire chaud n°5 équipé d'une enceinte blindée d'acier et de trois boîtes à gants,
  - du laboratoire chaud n°7 équipé de trois boîtes à gants.

Les activités de R&D ont été arrêtées définitivement à la fin 2002. Les opérations conduisant à la Cessation Définitive d'Exploitation de l'INB ont débuté en 2003. L'évacuation du terme source s'est déroulée entre 2005 et 2008 avec notamment les expéditions de combustible vers le centre CEA de Cadarache. Les cellules blindées et autres équipements présents dans les laboratoires chauds ont été démontés entre 2004 et 2008.


Dépose des cellules blindées du laboratoire chaud 1

Démontage de cellules blindées dans le laboratoire chaud 3

Le décret de démantèlement est paru en septembre 2008. Les travaux d'assainissement et de démantèlement sur le génie civil ont alors pu commencer par le périmètre des laboratoires chauds, qui a été déclassé par l'ASN en 2009.

Les travaux de démantèlement se sont achevés fin 2012 avec la démolition des cellules THA et la dépose des réseaux enterrés sous la dalle située dans la zone des enceintes THA.

En 2013, le CEA procède aux dernières opérations d'assainissement final au LAMA.

Sous-sol du Lama, assaini, contrôlé et déclassé.

Démolition des enceintes THA

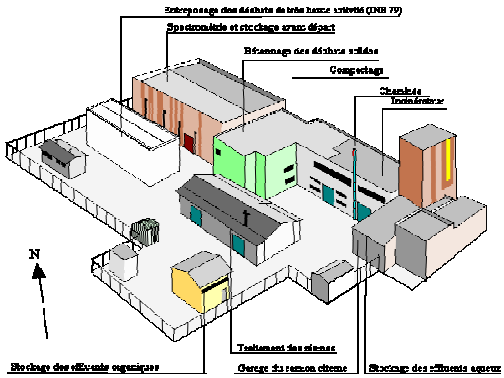
Dépose des réseaux enterrés situés sous les cellules THA

Ecroutage des murs dans la zone qui abritait les cellules THA

■ Station de Traitement des Effluents et Déchets (STED), INB n°36 et 79

La STED est constituée de l'Installation Nucléaire de Base 36 (INB 36) qui comprenait dans son périmètre un entreposage de décroissance de colis de haute activité formant l'INB 79. Il est d'usage de désigner ces deux INB sous le nom de STED.

La mission de la STED était la prise en charge des déchets technologiques des producteurs du CEA/Grenoble, de l'ILL ou d'autres centres du CEA. Ces déchets technologiques étaient des déchets solides ou des effluents liquides de faible ou moyenne activité (pour l'INB 36) et de haute activité (pour l'INB 79). La STED est aussi intervenue en soutien aux opérations de dénucléarisation du Centre.



Vue aérienne des bâtiments de la STED

Depuis l'arrêt de certaines activités en 2001, la STED n'assurait plus que les activées suivantes :

- La réception des déchets solides et des effluents liquides en conditionnement dit « primaire ».
- La caractérisation par spectrométrie gamma et rayon X de déchets solides.
- L'entreposage d'effluents organiques, en bonbonnes ou fûts IP2, provenant de la STED ou entreposés avant le 31/12/2003.
- L'entreposage des déchets solides conditionnés avant expédition vers une filière d'évacuation (Centre de stockage de l'ANDRA, CENTRACO, …).
- L'entreposage de Na et de NaK (sodium-potassium).
- L'entreposage de décroissance des déchets solides de haute activité (INB 79).

L'INB 36 était constituée de 11 bâtiments identifiés respectivement J1, J2, J3, U1, U2, U3, U4, Z36, Z47, O, O1. L'INB 79 est constitué de la fosse Z38 située dans le bâtiment U4.

Caractérisation d'un fût à la STED

Bâtiment U3 en exploitation

Le démantèlement a débuté suite à la parution du décret de démantèlement en septembre 2008. Le démantèlement a été effectué en deux phases ; la déconstruction a démarré par la zone sud afin de conserver le plus longtemps possible les bâtiments nécessaires à l'entreposage et à la caractérisation des déchets produits sur les autres installations.

La déconstruction des bâtiments a été réalisée sous confinement. Ce dispositif a permis de protéger l'environnement de tout risque de dispersion de contamination radioactive lors de la réalisation des travaux.

Montage du confinement sur le bâtiment O tour

Montage du confinement sur le bâtiment O tour

Bâtiment O tour sous confinement

Bâtiment O tour en partie démoli

La déconstruction des bâtiments de la STED a été achevée en septembre 2011. Ces travaux ont généré 11.000 tonnes de gravats très faiblement actifs qui ont été expédiés vers le centre CSTFA de l'ANDRA. Parmi ces déchets produits, 8.200 tonnes ont pu être gérées en déchets calibrés, c'est-à-dire en lots de déchets présentant des caractéristiques identiques permettant ainsi de simplifier et de fluidifier les expéditions vers l'ANDRA.

En 2012, les travaux ont consisté à excaver les terres situées à l'emplacement de la cour de la STED afin de s'assurer de la propreté du site en vue des utilisations futures.

Tous les bâtiments sont aujourd'hui démolis.

Excavations de terres dans la cour de la STED

La sûreté et la protection des travailleurs

La sûreté des installations nucléaires fait l'objet d'un suivi continu du CEA et de l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN).
Ce dispositif de suivi qui existe pendant l'exploitation des installations est maintenu pendant leur démantèlement, avec plusieurs inspections par an.
Tout écart par rapport au référentiel fait l'objet d'une déclaration à l'Autorité de sûreté.
Chaque année, les bilans sont publiés par le CEA dans le rapport prévu par la Loi sur la Transparence et la sécurité nucléaire, dite « Loi TSN », ainsi que par l'Autorité de sûreté nucléaire dans son bilan annuel.

La protection des personnels (salariés CEA et d'entreprises contractantes) figure, avec celle de l'environnement, parmi les enjeux essentiels des chantiers d'assainissement et de démantèlement d'une installation nucléaire.
Il s'agit de garantir la sécurité du personnel contre les différents risques ou nuisances classiques d'un chantier industriel (risques de manutention, d'incendie, de rejets chimiques, etc.) et de maîtriser les doses radioactives auxquelles le personnel pourrait être soumis, par l'apport d'une démarche permanente et rationnelle de minimisation de ces dernières.
Il s'agit d'étudier au préalable toutes les solutions techniques envisageables afin de choisir la meilleure solution en termes de dose, de sécurité et de coût. La solution retenue est ensuite analysée de manière approfondie pour évaluer l'impact des produits radioactifs ou chimiques en fonctionnement normal et en cas d'incident. Des dispositions supplémentaires peuvent alors être prises : équipements spécifiques, de protection, intervention à distance, modification des modes opératoires, etc.

■ Mesures de protection et de surveillance

Une fois les phases d'études réalisées, les mesures de protection et de surveillance adaptées sont mises en place au niveau des chantiers. Il s'agit de dispositifs de protection des travailleurs (masques, tenues spéciales d'intervention, etc.) et de l'environnement (filtres, emballages spéciaux, etc.).

Des dispositifs de surveillance sont également mis en place pour prévoir et suivre en temps réel les sources de pollution et/ou les doses radiologiques auxquelles peuvent être soumis le personnel et l'environnement :
- suivi en temps réel des rejets gazeux ;
- bilan dosimétrique quotidien des travailleurs ;
- contrôle radiologique systématique des emballages sortant de l'installation.

■ Exposition aux rayonnements

L'exposition du personnel effectivement exposé, mesurée par les moyens de dosimétrie dite « active » a été en moyenne, pour 2012, de 0,04 millisievert (mSv/an) pour les 352 salariés concernés du projet.
Pour mémoire, la dose reçue par la population française du fait de la radioactivité naturelle est en moyenne de 2,2 mSv/an[5] mais peut atteindre une dizaine de mSv/an, selon la région et l'altitude ; la moyenne d'exposition d'origine médicale (radiographies, scanographies, scintigraphies, etc.) est d'environ 0,7 à 0,8 mSv/an.[6]
En 2012, la dose maximale reçue par un salarié du projet a été de 0,07 millisieverts, à comparer au maximum de 20 millisieverts autorisé par la réglementation en vigueur.

[5] *Evaluation de l'exposition de la population française à la radioactivité naturelle, Radioprotection vol 39/2, 2004.*
[6] *Exposition médicale de la population française aux rayonnements ionisants, rapport IRSN/InVS, 2006*

La surveillance de l'environnement

Un objectif permanent

La surveillance radiologique mise en place au CEA Grenoble et dans son environnement vise à vérifier le respect des autorisations d'exploitation et de rejets. L'objectif final consiste à s'assurer que les activités du centre ont un impact aussi réduit que possible sur la population et l'environnement, dans le respect des prescriptions fixées par la réglementation.

Les acteurs du contrôle radiologique

La mesure des niveaux de radioactivité de l'environnement est effectuée depuis 1960. Ce contrôle, qui porte sur de nombreux paramètres en des points et avec des méthodes de prélèvement diversifiées, est effectué par deux acteurs :

1/ L'ILL pour le compte du CEA Grenoble

La surveillance de l'environnement est commune à l'Institut Laue Langevin (ILL) et au CEA Grenoble. Jusqu'au 1er janvier 2010, la surveillance était assurée par le laboratoire « environnement » du CEA Grenoble. Les équipements, les méthodologies de mesures associées, les agréments de l'ASN dédiés à ces mesures ont été transférés à l'ILL pour qu'il puisse assurer la surveillance à partir du 1er janvier 2010. En parallèle de ce transfert les équipes du CEA ont assuré la formation puis le compagnonnage des salariés de l'ILL.

Tous les prélèvements sont effectués par l'ILL également responsable de l'exploitation des résultats et de la préparation des bilans mensuels et annuels. Les résultats sont rendus publics.

2/ L'ASN et son appui technique, l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN)

L'IRSN utilise plusieurs équipements :

- une station de mesures du rayonnement gamma ambiant en périphérie du centre ;
- une station de prélèvement atmosphérique des aérosols ;
- un préleveur d'eau de pluie.

L'IRSN procède chaque mois à des analyses sur les eaux de l'Isère et du Drac ainsi que sur les sédiments de rivière. Il organise également des campagnes de comparaisons auxquelles participent le laboratoire de l'ILL et qui permet à l'IRSN de délivrer les agréments associés.

Voir aussi le site www.mesure-radioactivite.fr.

Historique du contrôle des rejets du centre

Les rejets radioactifs liquides et gazeux sont contrôlés, comptabilisés et communiqués à l'Autorité de sûreté nucléaire depuis 1972, tout d'abord au Service central de protection contre les rayonnements ionisants (SCPRI), ensuite à l'OPRI, puis à l'IRSN.

Les rejets radioactifs autorisés sont définis, installation par installation, par des arrêtés. Ils indiquent les limites à ne pas dépasser sur une année, les conditions et le contrôle des rejets, et les modalités de surveillance de l'environnement.

Le dernier arrêté d'autorisation de rejets d'effluents liquides et gazeux a été publié le 11 juillet 2004. Cet arrêté fixe des limites INB par INB, et revoit à la baisse les niveaux d'autorisation de rejets radioactifs applicables pendant la période de déconstruction nucléaire.

Dans ce cadre, l'ensemble des effluents rejetés fait l'objet de contrôles préalables et/ou continus au niveau des émissaires de rejet que sont les cheminées des installations nucléaires, pour les effluents gazeux. L'émissaire des effluents liquides appelés « égout des eaux spéciales » ayant été arrêté en janvier 2009, le centre n'a plus de rejets liquides.

Points de contrôle

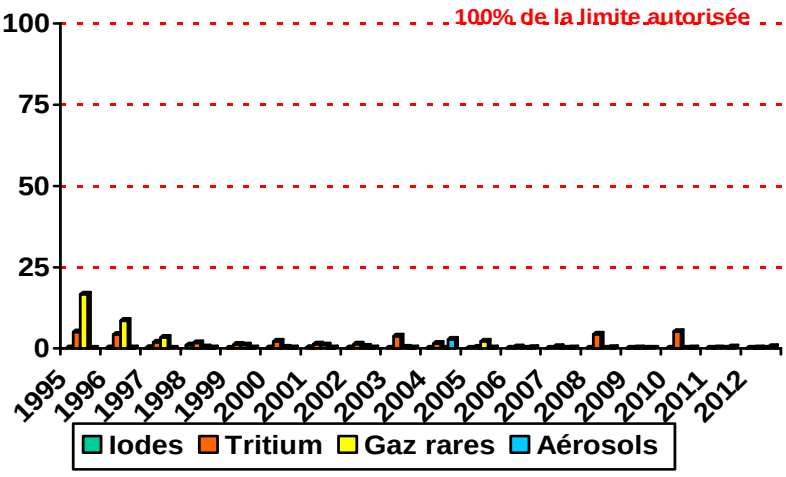
- Quatre stations de prélèvement d'air et une station de météorologie sont implantées à l'extérieur du centre (voir plan ci-contre).
- Des contrôles périodiques sont également effectués sur les eaux de rivière, les eaux de la nappe phréatique, les végétaux (salades) et le lait.
- Les contrôles portent sur près de 5500 mesures effectuées à partir de 2000 échantillons environ, prélevés chaque année dans l'environnement.

Rejets du centre

Rejets gazeux

Les effluents gazeux du centre se sont maintenus très en dessous des niveaux autorisés par l'arrêté de 2004. Le graphique situe les niveaux de radioactivité rejetés vis-à-vis de l'autorisation de 2004.

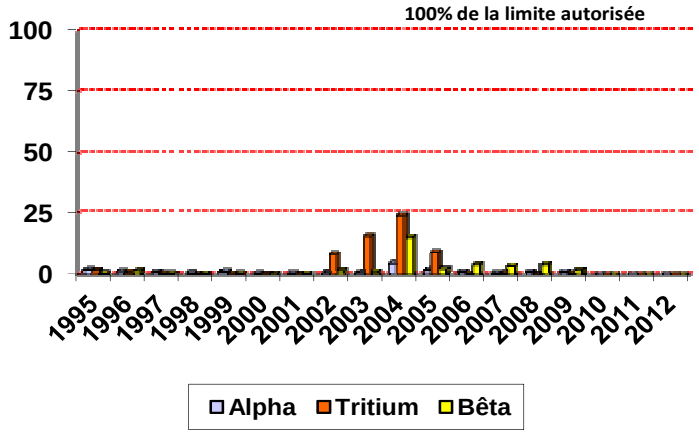
Rejets gazeux
en % des rejets autorisés



Rejets liquides

Le chantier de démontage de l'égout des eaux spéciales (EES) a entrainé l'arrêt définitif des rejets liquides dès le début de l'année 2009.

Avant 2009, les niveaux de rejets se maintenaient en dessous des limites autorisées par l'arrêté de 2004. A noter toutefois des valeurs plus élevées en tritium et en radioéléments émetteurs bêta pour les années 2002, 2003, 2004 et 2005 : ces augmentations ponctuelles étaient dues essentiellement à la vidange de l'eau des piscines des réacteurs qui s'est terminée en 2005.



Rejets liquides *en % des rejets autorisés*

■ Surveillance atmosphérique

Eléments contrôlés : • Rayonnement gamma de l'air ambiant
• Radioactivité alpha et bêta sur les aérosols de l'air

La valeur moyenne de la mesure du rayonnement gamma ambiant relevée aux abords immédiats du site conduit à une exposition annuelle de 0,74 millisievert (mSv), attribuable aux rayonnements naturels (cosmique et terrestre).

La radioactivité alpha des aérosols de l'air pour l'année écoulée se situe en moyenne à 0,58 millibecquerel par mètre cube (mBq/m^3).
➔ Dans ce cas, le niveau de radioactivité mesuré se confond avec ceux enregistrés par l'IRSN dans des sites éloignés de toute installation nucléaire.

■ Surveillance hydrologique

Eléments contrôlés : radioactivité alpha, bêta, gamma

Radioactivité des eaux de surface

La radioactivité mesurée dans les eaux de l'Isère et du Drac, aussi bien en amont qu'en aval du centre, est d'origine naturelle et reflète les niveaux habituellement rencontrés dans le réseau hydrographique hors influence des rejets des installations nucléaires.
➔ Les activités alpha et bêta mesurées au cours de l'année sont respectivement en moyenne de 0,075 becquerels par litre (Bq/l) et de 0,09 Bq/l et correspondent aux activités des radioéléments présents naturellement dans les eaux (principalement uranium et potassium).

Radioactivité des eaux souterraines

Comme pour les eaux de surface, la radioactivité des eaux de la nappe phréatique est d'origine naturelle. Les activités moyennes en émetteurs alpha et bêta sont équivalentes à celles relevées dans les eaux de rivière.
➔ L'eau de la nappe phréatique prélevée sous le site du centre CEA de Grenoble à partir de 12 puits de prélèvement est exempte de toute trace de contamination radioactive artificielle.

■ Conclusions

L'ensemble des résultats obtenus montre que les activités conduites au CEA de Grenoble n'ont eu aucun impact radiologique direct ou indirect sur l'environnement.
Une évaluation théorique, par le calcul, de l'impact dosimétrique sur les personnes, engendré par les rejets actuels, conduit à une dose maximale de l'ordre du millionième de millisievert par an (soit 10^{-6} mSv/an). Cette valeur se situe très en dessous :

- de la limite imposée par la réglementation actuelle pour la population (1 mSv/an) ;
- de l'irradiation moyenne due à la radioactivité naturelle en France (2,2 mSv/an).

Publication des analyses environnementales du CEA Grenoble
Les résultats détaillés des analyses effectuées, sont communiqués tous les mois à l'ASN, à la Préfecture de l'Isère, à la Mairie de Grenoble, et à la Commission locale d'information des INB de l'Isère.
Par ailleurs, le centre de Grenoble éditait une lettre semestrielle d'information résumant les principaux résultats mesurés au cours des six derniers mois, disponible sur simple demande écrite.

STRATEGIE GLOBALE DU CEA EN MATIERE D'ASSAINISSEMENT ET DEMANTELEMENT NUCLEAIRE

Les opérations actuelles d'assainissement et démantèlement nucléaire au CEA

En tant qu'exploitant nucléaire, le CEA est responsable du démantèlement de ses installations et de la gestion des déchets qui en sont issus.

Une particularité au CEA : chaque chantier est un cas particulier

La spécificité du CEA par rapport aux autres exploitants nucléaires français (EDF et AREVA) 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 un cas particulier et il n'y a pas « d'effet de série ».
Selon la surface et la configuration de l'installation, il faudra démonter les équipements et enlever la radioactivité présente sur des parois, dans des kilomètres de tuyauterie, dans des cuves, etc. Le tout est réalisé selon différents procédés chimiques, mécaniques, thermiques. Si les opérations présentent un risque de contamination pour les opérateurs, elles sont alors effectuées à distance au moyen d'engins robotisés, souvent développés au sein-même du CEA.

La stratégie de démantèlement du CEA

Aujourd'hui, 21 installations nucléaires de base civiles (INB) sont en démantèlement au CEA (sur 43 au total). Ces activités mobilisent près de 800 salariés du CEA et entre 2 000 et 2 500 salariés d'entreprises prestataires, selon les années ; leur financement est assuré de manière pluriannuelle à travers un fonds dédié.
La réduction progressive du périmètre des installations nucléaires du CEA est due soit à l'obsolescence technique de certaines installations, ou 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 : démantèlement immédiat et complet des installations, chaque fois que c'est réalisable, afin de diminuer les risques le plus rapidement possible et de bénéficier des connaissances du personnel d'exploitation. L'ensemble des actions du CEA s'inscrit dans un cadre législatif national, complété par un ensemble de réglementations spécifiques.

Pour chaque chantier, l'état final visé est spécifié dans un dossier de démantèlement adressé à l'ASN. L'état final visé prévoit l'évacuation de la totalité des substances dangereuses (notamment radioactives). Si l'atteinte de l'état visé ne s'avère pas possible, un niveau de servitudes est défini en fonction de la réutilisation industrielle prévue.

Trois centres du CEA rassemblent les chantiers de démantèlement prioritaires au CEA :

- Le centre de Grenoble,
- Le centre de Fontenay-aux-Roses (Hauts-de-Seine), « berceau » du nucléaire français, où le CEA mène actuellement des opérations de reconversion du site, dans la même logique qu'à Grenoble, mais cette fois exclusivement vers des recherches en sciences du vivant et en biotechnologies (voir aussi plus loin).
- Le centre de Marcoule (Gard), où le démantèlement de l'ancienne usine UP1 (1ère usine de retraitement du combustible nucléaire usé), le plus grand chantier de démantèlement en France et l'un des plus importants au monde. Le centre de Marcoule reste un centre de R&D de haut niveau dans le domaine du nucléaire, en particulier sur les technologies du cycle du combustible (voir aussi plus loin).

Ces chantiers correspondent notamment à l'orientation prise en 2001 de regrouper les activités nucléaires civiles du CEA sur trois centres, Cadarache (Bouches-du-Rhône), Marcoule (Gard) et Saclay (Essonne).

Le démantèlement à Fontenay-aux-Roses (Hauts-de-Seine)

En 1946, le fort de Châtillon a été choisi pour accueillir les premières activités de recherche du CEA, devenant ainsi le berceau de la physique nucléaire française de l'après-guerre. Zoé, la première pile atomique française, y a fonctionné de 1948 à 1976. Par la suite, deux générations d'installations nucléaires de recherche ont succédé, afin de mettre au point les procédés de retraitement du combustible nucléaire.
Ces installations ont progressivement été mises à l'arrêt entre 1982 et 1995.

En 1999, le CEA a entrepris l'assainissement-démantèlement des installations du site. Aujourd'hui, le centre CEA de Fontenay-aux-Roses se tourne entièrement vers les technologies pour la santé et l'imagerie médicale.

Le centre comptait initialement quatre installations nucléaires de base (INB n° 34, 57, 59, 73). Ces INB étaient des laboratoires équipés pour l'étude des combustibles et des matériaux sous irradiation, auxquels s'ajoutaient un ensemble d'installations de support, par exemple pour caractériser et traiter les déchets. Les travaux d'assainissement-démantèlement portent sur des équipements spéciaux : un grand nombre de boîtes à gants et de chaînes de cellules blindées (voir lexique), et une grande diversité de servitudes, tuyauteries, cuves etc.

En 2006, les décrets de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement ont été publiés. A cette occasion les installations du centre ont été regroupées en 2 INB :

- INB 165 « procédés », regroupant le bâtiment 18, ancien laboratoire de radiochimie et de production des « transuraniens » (des éléments chimiques plus lourds que l'uranium), et le bâtiment 52, ancien laboratoire de radio métallurgie.
- INB 166 « support », regroupant plusieurs bâtiments permettant d'assurer la gestion des déchets avant leur exutoires.

Ces décrets prévoyaient une fin de programme pour le démantèlement de ces INB, respectivement en 2017 et 2018. Toutefois, du fait de difficultés techniques existant sur ce chantier complexe, le scénario a été révisé en 2010, en accord avec l'Autorité de sûreté nucléaire. Si tous les jalons 2017 et 2018 ne seront pas tenus sur la totalité du périmètre, l'objectif est de tenir les échéances décrets pour toutes celles qui sont réalisables.

Au total, le chantier concerne 24 000 m^2 de surfaces.

■ Principales avancées

- Sur l'INB 165 :
  - L'essentiel du « terme source », c'est-à-dire la radioactivité et son potentiel de rejet, a été évacué par les transferts des derniers effluents de haute activité vers l'atelier de vitrification de Marcoule et de la matière nucléaire vers Marcoule,
  - Au bâtiment 18 : 115 boîtes à gants ont été démantelées sur 134, ainsi que 5 cellules blindées sur 9.
  - Au bâtiment 52 : les travaux de démantèlement avec l'opérateur industriel sont engagés nominalement pour libérer la surface concernée d'ici mi-2017 (≈ 6000m^2)
- Sur l'INB 166 :
  - Les actions permettant le traitement des déchets radioactifs anciens ont été engagées en 2012 ; elles ont permis de reprendre leur évacuation.

L'une des difficultés techniques du chantier réside actuellement dans le démantèlement d'un ensemble d'équipements appelé « Petrus » (situé dans le bâtiment 18), et 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 à distance à l'aide d'engins télécommandés.
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 doté d'un budget de 30 à 40 millions d'euros chaque année.

Le démantèlement à Marcoule (Gard)

Sur le site de Marcoule, le CEA conduit un vaste programme d'assainissement-démantèlement centré sur les réacteurs historiques du site (G1, G2, G3) et l'usine de retraitement UP 1. Par ailleurs, il engagera dans les années à venir l'assainissement-démantèlement du réacteur à neutrons rapides PHENIX et des réacteurs CELESTINS.

L'Usine UP1 a été mise en service en 1958 pour retraiter le combustible extrait des réacteurs G1, G2 et G3 appartenant tous trois à la filière UNGG (Uranium Naturel – Graphite – Gaz) : le retraitement consistait à extraire le plutonium de ce combustible irradié en réacteur afin d'assurer les besoins de la Défense. A partir des années 1970 l'usine a également été utilisée pour retraiter les combustibles provenant d'autres réacteurs de la filière UNGG dédiés à la production d'électricité. Après 40 ans d'activité, l'arrêt de la production est intervenue fin 1997 et les opérations d'assainissement – démantèlement ont débuté dans la continuité début 1998. L'ensemble de ces opérations dénommées « Programme UP1 » concerne :

- La mise à l'arrêt définitif et le démantèlement
  - o des ateliers de dégainage G1, G2/G3 et MAR400,
  - o de l'Usine UP1 proprement-dite
  - o de l'Atelier de Vitrification Marcoule et des Stockages de Produits de Fission (AVM/SPF)
  - o des ateliers de support nucléaire : ces ateliers, actuellement en exploitation pour les besoins des opérations en cours, seront les derniers à être mis à l'arrêt.

- La reprise et le conditionnement des déchets (RCD), avec deux grands programmes :
  - o les déchets conditionnés en fûts de bitumes qui résultent du traitement historique des effluents radioactifs à la station de traitement des effluents liquides (STEL). A ce jour de l'ordre de 20% des 60 000 fûts concernés ont été repris et reconditionnés puis entreposés dans une installation dédiée.
  - o l'ensemble des autres déchets regroupés sous la dénomination « Hors Bitume ».

Conditionnement de déchets

Vue de la salle 60 de l'ancienne usine UP1

■ Principales avancées

Au niveau des ateliers de dégainage, où le combustible était débarrassé de sa gaine de protection avant d'être envoyé à l'usine de retraitement, les opérations de démantèlement sont en voie d'achèvement : démantèlement des équipements de procédé, assainissement complet de deux piscines de grandes dimensions, démantèlement de la cellule dédiée au traitement des combustibles particuliers, assainissement des cellules blindées du transporteur mécanique des combustibles et des magasins d'entreposage tampons.

Au sein de l'usine UP1 proprement dite, la tête et le cœur du procédé d'extraction du plutonium – partie de l'usine dite « haute activité » - ont donné lieu depuis une dizaine d'années à des chantiers de rinçages puis de démantèlement. Les produits de rinçage ont été vitrifiés. Ainsi un des ateliers de dissolution est aujourd'hui totalement démantelé et assaini. Etape-clé du fonctionnement de l'usine,

l'extraction liquide-liquide était réalisée dans une série de mélangeurs-décanteurs dont le démontage et l'évacuation sont aujourd'hui en voie d'achèvement après une étape d'assainissement.

La quasi-totalité des salles consacrées à la production du plutonium (partie de l'usine dite « moyenne activité ») ont été vidées de leurs nombreuses boites à gants. Ces dernières ont été démontées « au contact » avec une maîtrise totale du risque de contamination. Pour une majorité d'entre elles, ces salles sont aujourd'hui assainies.

Sur le site, l'Atelier de vitrification de Marcoule, installation emblématique du centre, a produit en 2012 son ultime conteneur de déchets vitrifiés de haute activité. Cette dernière période d'exploitation de l'AVM a permis d'assurer la vitrification des effluents issus des rinçages du programme UP1, et de diverses installations du CEA en phase d'assainissement-démantèlement. Les cuves d'entreposage des sous-produits de fission, en amont du procédé de vitrification, ont fait l'objet de rinçages et caractérisations poussées.

La fin des opérations est prévue à l'horizon 2040 suivant une planification par programmes.
A cette date, les installations ne contiendront plus aucun équipement ni déchets, elles feront alors l'objet d'une simple surveillance.

L'ensemble des opérations d'assainissement-démantèlement menées sur le site de Marcoule représente de l'ordre de 300 millions d'euros de dépenses par an. Dans un objectif d'optimisation demandée par les autorités de tutelle, l'organisation des activités d'assainissement-démantèlement sur Marcoule a donné lieu à un nouveau schéma industriel « post 2010 ». Celui-ci permettra notamment une mise en concurrence élargie pour les marchés à venir.

Vue de la salle 89 – UP1, avant démantèlement

Salle 89, après démantèlement

Organisation économique

Répartition des compétences CEA / entreprises prestataires

Sur ses chantiers de démantèlement, le CEA est maître d'ouvrage et pilote opérationnel.

- maître d'ouvrage : il définit les objectifs des projets, et le calendrier et le budget associés.
- pilote opérationnel : il élabore les diagnostics, précise les différentes étapes des chantiers, assure les contrôles intermédiaires, assure l'information locale, coordonne les différentes phases des chantiers…

- La maîtrise d'œuvre peut être confiée à des entreprises spécialisées. Elle l'est systématiquement pour l'assistance technique et les études d'ingénierie.

Toutes les étapes du chantier de démantèlement, administratives et opérationnelles, sont suivies par les Autorité de sûreté, avec l'expertise technique de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN).

Plusieurs dizaines d'entreprises travaillent sur les chantiers d'assainissement-démantèlement du CEA, aussi bien des grands groupes spécialisés dans le nucléaire (Areva), le BTP (Bouygues, Vinci), l'ingénierie (Spie trindel, Assystem) ou l'environnement (Suez, Veolia), que des PME locales.

Des retombées économiques importantes

Les marchés de travaux d'assainissement–démantèlement nucléaire sont soumis à une réglementation particulière, qui permet au CEA de veiller à l'organisation et à la capacité technique du prestataire/fournisseur. Seules les entreprises habilitées par la « Commission d'acceptation des entreprises en assainissement radioactif et démantèlement d'installations nucléaires » (CAEAR) du CEA sont consultables sur un marché d'assainissement-démantèlement.

Chaque année, le CEA organise des réunions d'information pour les industriels qui suscitent un fort intérêt : plus de 200 responsables d'entreprises ont par exemple été reçues au CEA de Marcoule pour une journée d'information fin janvier 2013.

Ci-contre : la rencontre organisée à Marcoule le 31 janvier 2013.

En 2011, le CEA a dépense 631 millions € pour le démantèlement de ses installations.
Près de 2 500 emplois dépendent ainsi directement du financement de ces opérations par l'Etat *via* le CEA. A titre d'exemple, sur le seul site de Marcoule, 950 salariés de fournisseurs sont chargés de l'assainissement et du démantèlement nucléaires.

De fait, les chantiers d'assainissement-démantèlement nucléaire ont un impact économique important :

- en termes d'emplois ;
- 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 haute technologie en soutien

Les chantiers d'assainissement-démantèlement nucléaire appellent différents savoir-faire et technologies. Une majeure partie des opérations utilise des techniques courantes, adaptées au milieu nucléaire. En appui, le CEA mène des actions de R&D dans les domaines de la mesure de la radioactivité, de la décontamination, de la robotique, de la découpe (procédés laser notamment), mais aussi du conditionnement des déchets et du traitement des effluents spécifiques générés par ces opérations. L'objectif est 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.

La stratégie du CEA consiste à valoriser, au profit du tissu industriel français, les résultats de la R&D qu'il mène et le « retour d'expérience » de ses chantiers d'assainissement-démantèlement.
Cela s'est traduit notamment début 2013 par la signature d'un accord de partenariat avec Véolia dans le domaine de la caractérisation des installations avant et après assainissement –démantèlement.

■ Mesure et contrôle radiologique

Pour ce qui concerne les phases préparatoires, différentes technologies de mesure et de cartographie radiologiques sont utilisées :

- Technologies d'imagerie gamma, avec en particulier la gamma caméra, qui permet de visualiser les points de radioactivité sur une zone définie ;
- Logiciels de cartographie radiologique de terrain en temps réel, basés sur des méthodes géostatistiques ;
- Technique LIBS (*Laser Induced Breakdown Spectroscopy*), qui permet une analyse à distance de la composition chimique d'un matériau, par spectrométrie d'émission optique sur un plasma produit par laser.

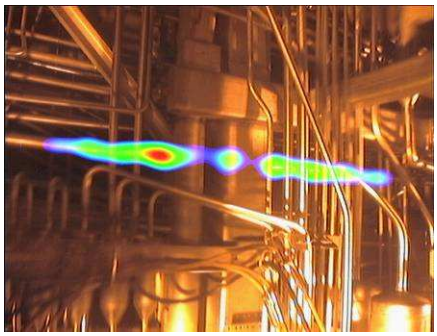
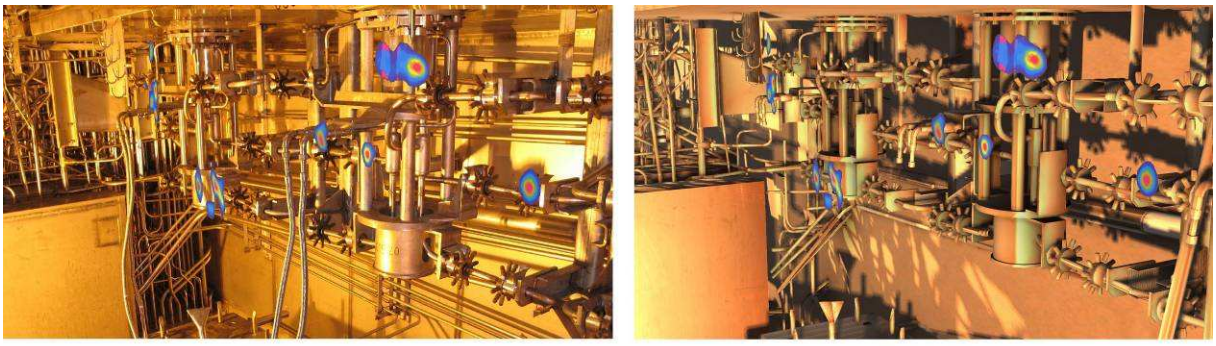


Photo ci-contre : vue d'un « point chaud » par caméra gamma.

Les mesures nucléaires sont utilisées à toutes les étapes de l'assainissement et du démantèlement pour la détermination de l'état radiologique initial, pour le suivi des chantiers et pour le contrôle final des parois des locaux.

■ Simulation et modélisation

La simulation et la modélisation sont très utiles pour préparer les interventions et définir les dispositifs de radioprotection nécessaires. Le CEA a conçu des logiciels spécifiques afin de permettre l'évaluation interactive de la dosimétrie des personnels, qui couplent la simulation numérique aux instruments de mesure radiologique comme les gamma caméras afin d'identifier, en réel, toutes les traces de radioactivité.



Mesure radiologique par caméra gamma. A gauche, photo de l'installation – A droite, rendu sur un logiciel de simulation 3D.

Techniques de décontamination

En général, les techniques de décontamination font appel à des procédés chimiques, mécaniques ou thermiques, voire par laser, ou à une combinaison de ceux-ci. Le choix d'une méthode de décontamination est fait en fonction du niveau radiologique, de l'accessibilité de l'installation, de la quantité de déchets secondaires générés…

- Chimique : pour réduire le volume des déchets radioactifs, des chercheurs du CEA ont mis au point des gels solidifiants et des mousses décontaminantes réduisant les quantités d'effluents générés lors de la décontamination des surfaces polluées.

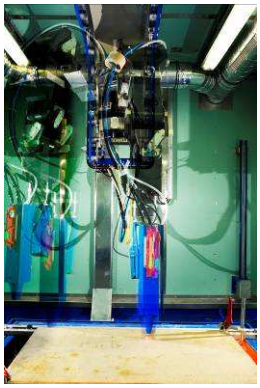
- Mécanique : la décontamination mécanique est utilisée essentiellement en assainissement final sur des supports de type béton ou métal. Elle s'applique sur des surfaces extérieures de locaux ou sur de gros équipements.

- Thermique : pour décontaminer des surfaces de béton ou de métal, on utilise par exemple la projection de granulés de glace carbonique à très haute vitesse.

- Par laser : cette technique dérive de celle employée pour nettoyer les statues. L'Aspilaser, basé sur un laser à impulsion, est ainsi destiné au décapage des peintures. L'utilisation du laser a l'avantage d'être adaptée à de grandes surfaces, d'être automatisable et de ne pas produire d'effluents à traiter.

Assainissement à Marcoule

Opérations de grattage à Grenoble



Aspilaser

Pour assurer la protection radiologique, un chantier d'assainissement-démantèlement utilise pour ce faire diverses techniques : blindages amovibles, sas et cellules temporaires, systèmes de ventilation et de filtration mobiles, vêtements spéciaux, scaphandres ventilés, masques.

Opérations de découpe

Les opérations de découpe ont lieu essentiellement dans la phase de démantèlement. Les outils utilisés sont des outils industriels qui ont été adaptés aux conditions de travail dans le nucléaire. Ils diffèrent selon qu'il s'agit de structures en béton ou en métal.
La découpe du béton fait appel aux lances thermiques, marteaux-piqueurs, câbles diamantés, jets abrasifs à haute pression, ciments expansifs… Pour l'acier, on utilise des scies, scies circulaires, disqueuses, chalumeaux oxycoupeurs, jets abrasifs à haute pression, lasers…

Téléopération

La téléopération permet d'intervenir dans des zones radioactives inaccessibles à l'homme, de réduire les doses reçues par les opérateurs et de limiter la pénibilité du travail. Les opérateurs utilisent des robots industriels (matériels de levage et de manœuvre, par exemple) souvent couplées à des techniques télécommandées : télémanipulateurs, outillage semi-automatique permettant aux employés de travailler à une certaine distance des sources de rayonnement.
Le CEA conçoit également des engins spécialement à destination des travaux de démantèlement nucléaire, comme le bras robotisé Maestro.

Vue du robot Maestro et d'une opération de découpe

ANNEXES

La direction de l'énergie nucléaire du CEA

Au sein du CEA, **la Direction de l'énergie nucléaire (DEN)** apporte aux pouvoirs publics et aux industriels les éléments d'expertise et d'innovation sur les systèmes de production d'énergie nucléaire. Il s'agit de **développer un nucléaire durable, sûr et économiquement compétitif**.

Pour répondre à cet enjeu, la Direction de l'énergie nucléaire conduit ses travaux selon **trois axes majeurs** :

- l'optimisation du nucléaire industriel actuel ;
- les systèmes nucléaires du futur, dits de 4ème génération, réacteur et cycle du combustible associé ;
- le développement et l'exploitation de grands outils expérimentaux et de simulation indispensables pour mener ses recherches.

Pour mener à bien ces recherches, le CEA dispose d'un ensemble d'installations de recherche, pour certaines unique au monde, réparties sur trois centres, Cadarache (Bouches-du-Rhône), Marcoule (Gard) et Saclay (Essonne). Ce parc est constamment adapté et renouvelé afin de maintenir la capacité expérimentale au meilleur niveau. Il constitue une spécificité et un atout majeur du CEA.

Ce parc est constitué de trois catégories d'outils :

- les réacteurs (réacteurs de recherche ou maquettes critiques) ;
- les laboratoires chauds qui permettent de réaliser des études sur les objets irradiés ;
- et les plateformes expérimentales.

Quand ces installations ne répondent plus aux besoins ou aux normes actuelles de sûreté, celles-ci sont arrêtées et démantelées. **Une autre grande mission de la DEN est d'assurer le pilotage des chantiers d'assainissement et de démantèlement des installations de recherches civiles sur les centres de Grenoble, Fontenay-aux-Roses, Marcoule, Saclay et Cadarache, ainsi que de l'usine UP1 de Marcoule.**

La Direction de l'énergie nucléaire compte près de 4 400 salariés.

En 2011, ses chercheurs ont été à l'origine de 427 publications scientifiques et du dépôt de 57 brevets.

Glossaire

Actinide : élément chimique radioactif, naturel ou artificiel, de n° atomique compris entre 89 et 103.

ANDRA : Agence Nationale pour la gestion des Déchets Radioactifs.

Assainissement : ensemble d'opérations visant, dans une installation nucléaire, à réduire ou à supprimer les risques liés à la radioactivité. On évacue notamment les substances dangereuses (matières radioactives, produits chimiques, etc.) de l'installation.

Autorité de sûreté nucléaire (ASN) : elle est responsable de la définition et de la mise en œuvre de la politique en matière de sûreté nucléaire et de radioprotection ainsi que du contrôle de son application.

Becquerel (Bq) : unité de mesure de la radioactivité, correspondant à une désintégration (transformation d'un atome) par seconde.

Béton baryté : béton contenant de la baryte, oxyde de baryum, qui augmente la densité du béton et assure de ce fait une meilleure protection biologique.

Boîte à gants : une boîte à gants est une enceinte étanche, à parois transparentes, utilisée pour la manipulation de matériaux radioactifs. Elle est maintenue en légère dépression pour confiner les produits radioactifs liquides, gazeux ou pulvérulents.

Caractérisation (des déchets) : ensemble des opérations permettant la connaissance des caractéristiques des déchets et leur comparaison avec les exigences spécifiées.

Cellule blindée : Une cellule blindée permet de travailler sur des matières radioactives, dans de plus grandes dimensions, via des télémanipulateurs. Le confinement et la protection contre les rayonnements sont assurés par des parois blindées.

Démantèlement : pour une installation nucléaire, ensemble des opérations techniques (démontages d'équipements, etc.) qui conduisent, après assainissement final, à son déclassement (radiation de la liste des installations nucléaires de base).

Gray (Gy) : unité de mesure de la quantité d'énergie reçue (ou dose absorbée) par une personne sous l'effet d'un rayonnement.

ICPE : installation (industrielle ou de recherche) classée pour la protection de l'environnement.

INB : installation nucléaire de base. Les installations nucléaires sont réglementairement classées dans différentes catégories correspondant à des procédures plus ou moins contraignantes selon l'importance des risques potentiels. Le décret n° 6 3-1228 du 11 décembre 1963 fixe les catégories d'installations nucléaires, dénommées installations nucléaires de base. Les installations nucléaires qui ne sont pas considérées comme des INB peuvent être répertoriées en tant qu'installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE).

IRSN : Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire.

Millisievert (mSv) : 1 millième de sievert (10^{-3} Sv).

SRSE : Service du CEA chargé de la radioprotection et de la surveillance de l'environnement.

Sievert (Sv) : unité mesurant l'effet produit par les divers rayonnements sur une personne.

Zones d'intérêt : zones du site (hors périmètre INB) sur lesquelles il convient de réaliser des investigations après examen de l'historique du centre et des résultats de la première campagne de mesures.