



Construite en 1967, Brennilis, dans le Finistère, est la seule centrale nucléaire française (avec Chooz-I dans les Ardennes) dont le démantèlement a commencé. Lancé en 1996, interrompu en 2007, le chantier de déconstruction devrait reprendre prochainement pour s'achever en 2025 au plus tôt.

## 1 Plus de 100 chantiers en cours

**Faire table rase** du passé et rendre « à l'herbe » les sites nucléaires français arrivés en fin de vie, ou devenus inutiles en cas de scénario de sortie du nucléaire, prendra des décennies. Le programme, très chargé, a déjà commencé. Outre le démantèlement de 19 centrales nucléaires est prévu celui d'une centaine d'installations nucléaires de base (INB), où est enrichi l'uranium naturel destiné aux assemblages composant le cœur des réacteurs et où sont retraités ces assemblages après utilisation. Sans oublier les réacteurs expérimentaux, tel Superphénix à Creys-Malville (Isère), arrêté depuis 1998, ou les réacteurs « historiques » qui ont permis de lancer le programme d'équipement à grande échelle...

Les risques, omniprésents, ne sont pas toujours là où on les attendrait. Rappelons ainsi que l'un des derniers incidents graves a eu lieu lors du démantèlement d'un atelier de séparation du plutonium, sous la responsabilité du Commissariat

à l'énergie atomique, à Cadarache (Bouches-du-Rhône), fin 2009 (*lire S. et A. n° 755, janvier 2010*). Directement concernés par le démantèlement, on trouve EDF (pour la production), le CEA (pour la recherche et le développement) et Areva (pour le cycle du combustible). EDF « déconstruit » actuellement neuf centrales appartenant à la première génération : Chinon, Bugey ou Saint-Laurent (graphite-gaz), Brennilis (eau lourde), Chooz (eau sous pression), Superphénix (sodium)... « Le chantier de Chooz (Ardennes) devrait être le premier terminé, fin 2019. Puis viendra Brennilis (Finistère). Quant au dernier des réacteurs graphite-gaz, il sera démantelé vers 2036 », détaille Alain Ensuque, du Ciden, centre spécialisé d'EDF sur ces questions. Selon la configuration de l'installation, ce sont des techniques très différentes qui sont requises sur le chantier. (Suite p. 78)

■ Troisième volet de notre série sur les conséquences de la crise au Japon

# Le casse-tête du démantèlement

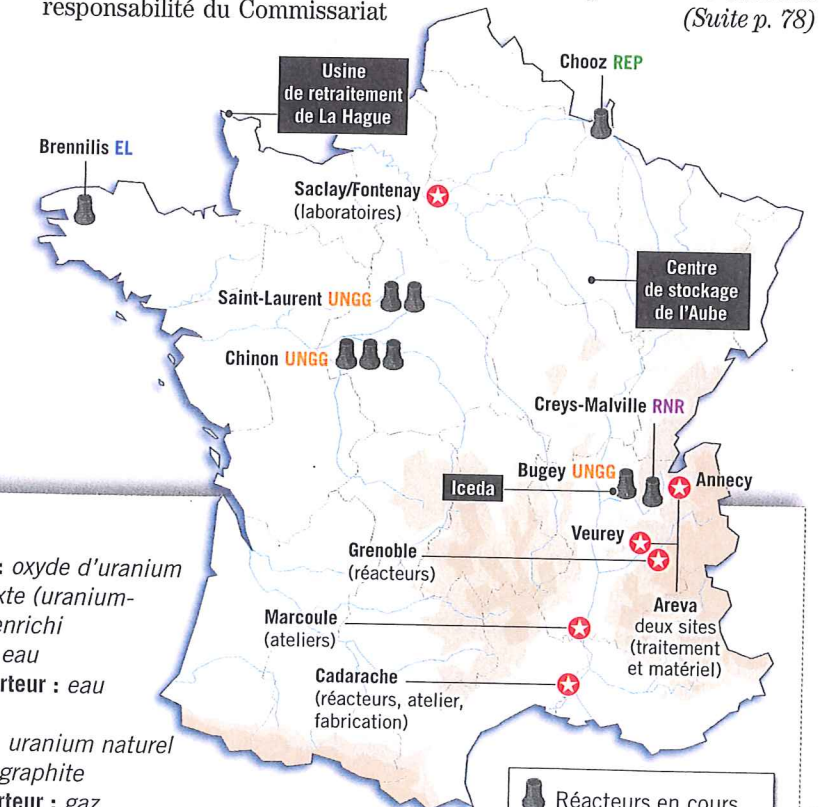
*Que la France poursuive ou arrête le nucléaire (lire S. et A. nos 773 et 774), la déconstruction des installations est un pari industriel et environnemental incontournable et majeur. Revue des difficultés.*

**Ce sera long et risqué.** Cher aussi, plusieurs dizaines de milliards d'euros, chiffre qui exige d'être réexaminé (*lire p. 78*). Ce sera le prix à payer pour déconstruire les 19 centrales et la centaine d'installations nucléaires de base que compte notre pays. Voire davantage, si la France construit demain de nouveaux réacteurs. L'entreprise, pharaonique par son ampleur et ses exigences, durera

tout le **xx<sup>e</sup>** siècle, et au-delà. Comme nous l'expliquons en détail dans les six pages suivantes, un bâtiment nucléaire ne saurait en effet se comparer à un vulgaire immeuble à détruire. La présence de matériaux radioactifs en son sein oblige à des séquences extrêmement contrôlées de démontage, découpage de matériaux, stockage, recyclage, etc. Celles-ci comportent des risques pour les travailleurs

et l'environnement, nécessitent éventuellement des robots. D'où des délais à rallonge. A preuve, l'emblématique centrale de Brennilis (Bretagne), dont le démantèlement amorcé par EDF en 1996, arrêté en 2007, devrait reprendre suite au décret d'autorisation paru au *Journal officiel* fin juillet. Au moins jusqu'en 2025, soixante ans après sa construction en 1967.



**Dominique Leglu**



**REP**  
**Combustible :** oxyde d'uranium ou oxyde mixte (uranium-plutonium) enrichi  
**Modérateur :** eau  
**Fluide caloporteur :** eau

**UNGG**  
**Combustible :** uranium naturel  
**Modérateur :** graphite  
**Fluide caloporteur :** gaz carbonique

**Eau lourde (EL)**  
**Combustible :** oxyde d'uranium naturel  
**Modérateur :** eau lourde  
**Fluide caloporteur :** gaz carbonique

 Réacteurs en cours de démantèlement (EDF)  
 Autres sites en cours de démantèlement (CEA, Areva)

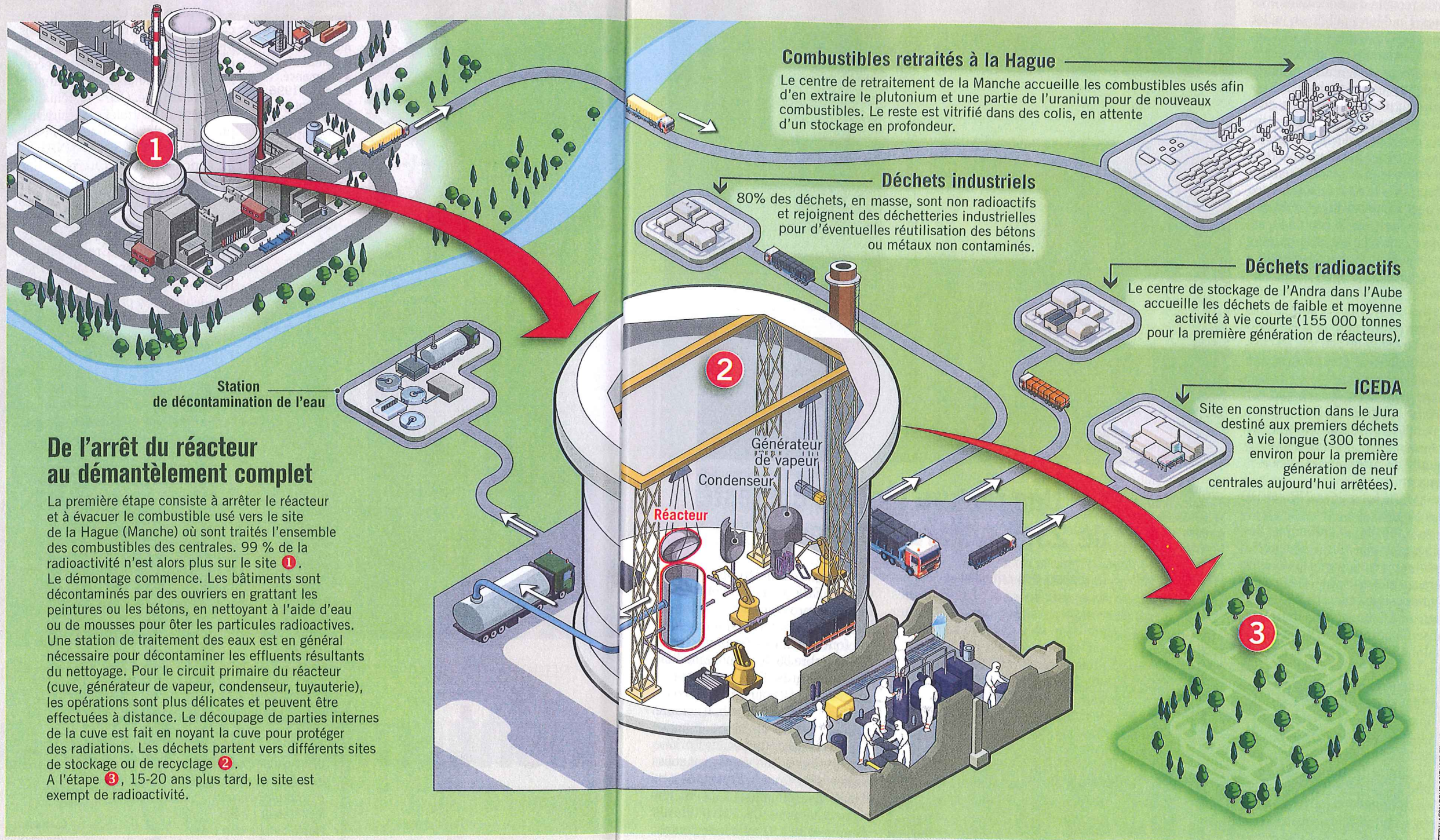
 Iceda Sites concernés par les déchets



## 2 Il faut plus de vingt ans pour mener les opérations à leur terme

Afin d'éviter tout risque de « perte de la mémoire » de l'histoire des lieux (fuites, présence de contaminants, incidents...), la France a fait le choix de démanteler rapidement ses centrales après leur arrêt. Un choix partagé par la moitié seulement des pays membres de l'OCDE selon une étude parue en 2003, l'autre moitié faisant valoir qu'attendre une baisse de la radioactivité facilite les opérations. La première phase consiste à évacuer le combustible utilisé vers le site de retraitement de la Hague (Manche) avant de conduire, pendant deux ou trois ans, la déconstruction des équipements non radioactifs. Vient ensuite l'étape principale, d'une durée de quinze à vingt ans, consistant à décontaminer les bâtiments (en grattant la peinture, en lavant à l'eau...), à les démonter et à les évacuer dans différents conditionnements selon qu'ils constituent ou non des déchets radioactifs. Au cours de cette phase, le démantèlement du cœur du réacteur se révèle, bien sûr, très délicat. La cuve est remplie d'eau, ainsi que les autres parties du circuit primaire (générateur de vapeur, tuyauterie...). Des systèmes téléopérés entrent en jeu pour découper les parties les plus radioactives. Une installation de traitement de l'eau est souvent rajoutée pour piéger la radioactivité résiduelle dans des boues. Des systèmes de ventilation supplémentaire sont également mis en place pour filtrer l'air à l'intérieur des bâtiments.

EDF a en outre commencé la construction d'un site, Iceda, sur la centrale du Bugey (Ain) pour accueillir les déchets à vie longue en attendant leur stockage dans un site souterrain prévu pour 2025. Iceda devrait être achevé début 2014 selon EDF.



### De longues étapes à franchir



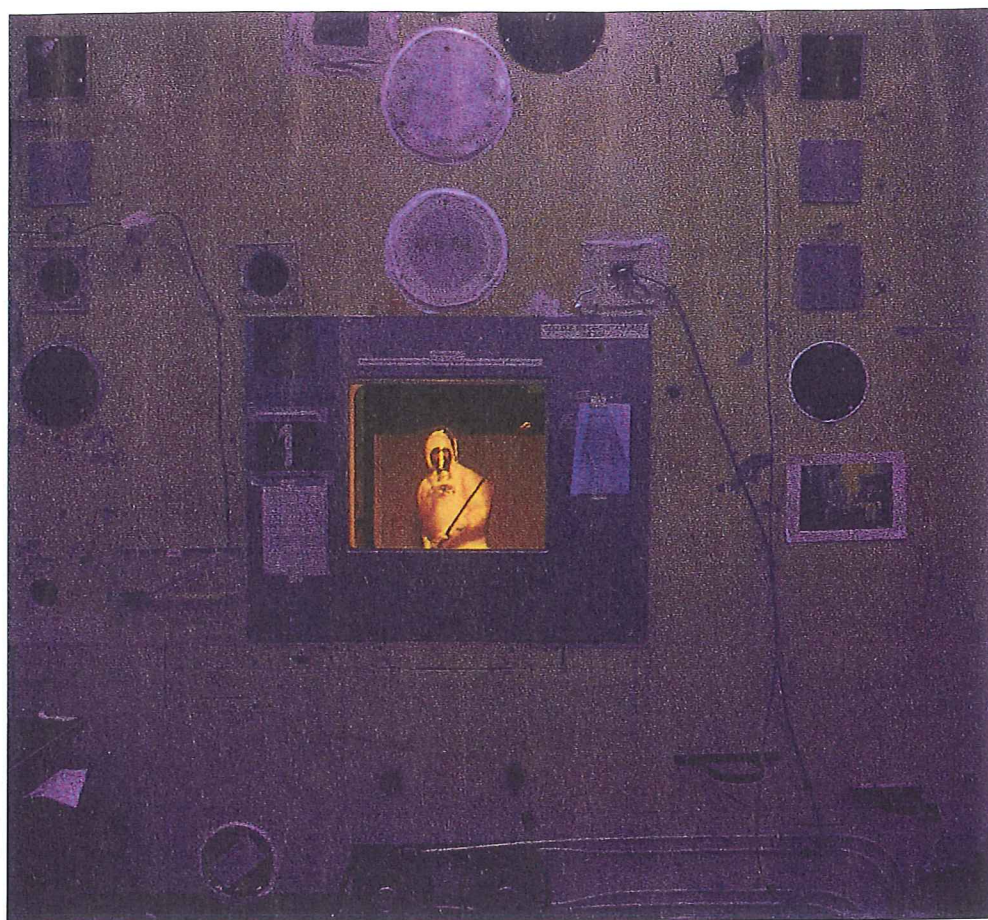


(Suite de la p. 75) Le plus ancien, celui de Brennilis, a commencé en 2002 avant d'être interrompu à la suite de recours d'associations écologistes. Un décret publié en juillet autorise EDF à reprendre le démantèlement partiel du site (notamment en faisant un inventaire radiologique du site, ce que les associations demandent depuis longtemps, suspectant des contaminations aux alentours). L'opérateur devra déposer un nouveau dossier pour le démantèlement complet, incluant le cœur du réacteur. Mais le retour d'expérience sera plus administratif et politique que technique, car la centrale n'est pas du même type que les réacteurs actuellement en fonctionnement.

La référence pour les experts, c'est Chooz. Un générateur de vapeur, l'une des grosses pièces situées près de la cuve du réacteur, a été ainsi enlevé au début de l'année. La cuve elle-même devrait être découpée en 2013. « Nous pensons que cela prendra entre quinze et dix-sept ans par réacteur », estime EDF. Une durée qui paraît courte. Une fois le chantier terminé, sera déposée auprès de l'autorité de sûreté une demande de déclassement du site. Celui-ci sera alors rayé de la liste des INB, et EDF pourra le revendre.

Areva mobilise également des équipes pour conduire le démantèlement de sept sites, parmi lesquels ne figure aucune centrale. Deux de ces chantiers sont déjà terminés (Pierrelatte et Miramas). Son unité spécialisée, baptisée « Valorisation », emploie 1400 personnes. L'entreprise lorgne sur le marché mondial du démantèlement et table sur un parc d'une centaine de centrales en fin de vie dans le monde. Quant au CEA, il a déjà démantelé neuf réacteurs de recherche ou maquettes de réacteurs (comme Saturne ou Siloette) et 11 laboratoires ou usines (liés au plutonium ou à l'uranium). Il lui reste cinq sites majeurs à démanteler à Grenoble, Saclay, Cadarache, Fontenay-aux-Roses et Marcoule.

La principale inconnue tient à la gestion des déchets accumulés sur ces chantiers. Une partie d'entre eux, les matériaux à vie longue, doivent en effet être stockés dans un site souterrain. Problème : l'Agence nationale pour la gestion des déchets (Andra) n'a toujours pas trouvé de site adéquat à ce jour, et devrait faire une proposition d'ici à la fin 2012.



PATRICK LANDMANN/LOOKSCIENTIFICS

**Chantier d'assainissement et démantèlement du laboratoire du CEA de Fontenay-aux-Roses (Hauts-de-Seine). Pour éliminer les particules radioactives, les installations sont sablées par des ouvriers revêtus de combinaisons refroidies. Poussières et sable sont ensuite aspirés et conditionnés avec d'innombrables précautions.**

### 3 Une facture globale contestée de 23,5 milliards d'euros

La plupart des critiques se concentrent sur le coût. La Cour des comptes, saisie par le Premier ministre, va à nouveau se pencher sur la question six ans après son premier rapport (2005), dans lequel elle avait estimé la facture à 23,5 milliards d'euros pour la déconstruction de l'ensemble du parc nucléaire français. Cette crispation découle en grande partie des dérapages constatés à Brennilis. Selon la Cour des comptes, le coût final du démantèlement de cette centrale sera plus proche de 480 millions d'euros que des 20 millions d'euros estimés en 1979... « L'erreur commise serait inquiétante si elle devait se reproduire », concluaient les experts.

Autre sujet d'inquiétude : les provisions. EDF a en effet l'obligation légale de provisionner le montant global de la facture estimée dans un fonds d'actifs financiers. Au 31 décembre 2010, ce montant était de 11 milliards d'euros (2 pour le parc ancien et 9 pour le parc en cours d'exploitation). Or, pour bon nombre d'opposants au nucléaire, comme pour la députée européenne Corinne Lepage (1), ces montants sont sous-estimés. En Grande-Bretagne et en Suède, les estimations sont en effet respectivement de 104 milliards d'euros et 19 à 41 milliards d'euros. Reste que ces calculs sont imprécis. Ainsi, le chiffre britannique couvre également la gestion des déchets et celle du site de retraitement de Selkfield. Si l'on s'en tient aux 19 réacteurs proprement dits, le montant passe à 22,8 milliards de livres (soit 25,2 milliards d'euros environ). Pour ce qui est du plan suédois, un récent rapport de 2010 de l'entreprise de gestion des déchets et des combustibles

suédois, SKB – non encore traduit en anglais –, donne le chiffre de 2,4 milliards d'euros (22,17 milliards de couronnes) pour la seule déconstruction de 12 réacteurs. Difficile donc d'extrapoler ces données pour le parc français, d'autant que ces réacteurs ne sont pas de même technologie : ils fonctionnent à l'eau bouillante en Suède et sont refroidis au gaz en Grande-Bretagne. L'OCDE (2003) donne quand même une fourchette : le démantèlement d'un réacteur REP du même modèle que celui qui équipe les centrales françaises coûtera entre 125 et 515 dollars le kW (86 € à 356 €). Les chiffres français tournent autour de 225 dollars (155 €).

Autre critique, énoncée par Corinne Lepage : les « tours de passe-passe » comptables qui permettraient à EDF de disposer pour autre chose des sommes provisionnées pour le démantèlement. Si EDF a bien recours à un fonds spécifique, en Suède, ce fonds est séparé des comptes des exploitants, afin de garantir un meilleur contrôle. De surcroît, le facteur temps n'est pas négligeable. Plus loin est repoussé le démantèlement (par exemple grâce à une durée de service plus longue), meilleure est la donne financière pour l'exploitant : les provisions sont moins importantes. Il faut en effet tenir compte d'un taux d'actualisation, sorte de taux d'intérêt « à l'envers ». Ainsi, avec un taux d'actualisation de 3 % sur trente ans, si l'on multiplie par quatre le coût des travaux à venir, le montant des provisions n'est, lui, multiplié que par 1,6. « Tout report dans un programme de démantèlement ou de gestion des déchets entraîne une diminution immédiate des provisions », rappelle ainsi la Cour des comptes. De là à penser que les opérateurs ont intérêt à faire durer leurs installations le plus longtemps possible... Quoi qu'il en soit, ces sommes, élevées en chiffres absolus, semblent bien moindres en relatif : elles ne représenteraient qu'environ 0,2 centime par kWh, ou encore 15 % du coût de construction. Cependant, selon la Cour des comptes, une somme aussi importante sera nécessaire – 24,4 milliards d'euros – pour gérer les seuls déchets d'EDF.

1. La Vérité sur le nucléaire, Albin Michel, juin 2011.

## 4 Des risques à chaque étape

« Même en cours de démantèlement, une centrale reste une INB nécessitant des contrôles et la prévention de risques particuliers pour les travailleurs. Notre but est de mettre tous les moyens en œuvre pour garantir qu'aucun radioélément ne subsiste sur le site », affirme Alain Ensuque, du Ciden d'EDF. Ces risques émanent, bien sûr, principalement de la radioactivité, même si 99 % de celle-ci doivent être évacués dès le début du chantier, lors de l'envoi du combustible usé vers La Hague.

Reste les rejets globaux possibles lors des opérations. Il est difficile d'en donner une estimation précise car les « vieilles » centrales se trouvant sur les mêmes sites que les plus récentes, les rejets liés à la déconstruction font l'objet d'une autorisation globale. Selon un document d'EDF, sur une centrale du type graphite-gaz comme celle du Bugey, le maximum de rejets de tritium estimé serait au moins 100 fois en deçà des normes réglementaires.

On comprend cependant qu'il faut absolument préserver l'histoire d'un site pour s'assurer du niveau de contamination de certaines zones lors d'éventuels incidents antérieurs. Cela permet également d'adapter les techniques et les protections. Ainsi, on sait désormais que noyer la cuve dans une centrale du type du Bugey

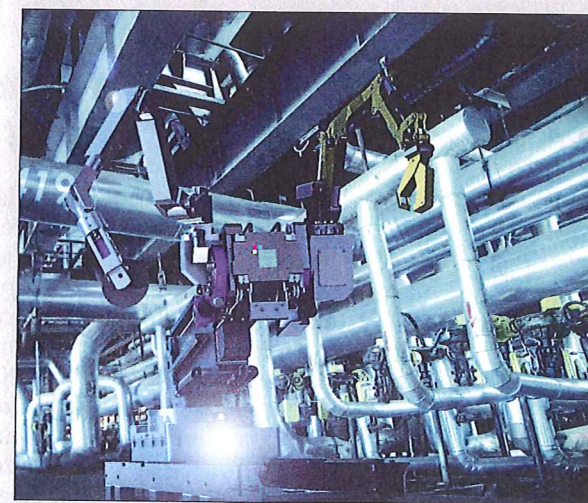
permet de limiter la dose maximale reçue par les ouvriers en intervention de 200 millisieverts/heure à 200 microsieverts/heure. L'IRSN (Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire) pointe également le risque incendie, qui aurait notamment pour conséquence d'envoyer des poussières dans l'atmosphère. « Nous recommandons d'éviter les points chauds comme les découpes par chalumeau », rappelle François Besnus, responsable du service Évaluation de sûreté, déchets et démantèlement à l'IRSN. L'institut rappelle aussi que la présence de produits chimiques peut, comme sur tout chantier, augmenter le risque d'explosion.

Quant à l'EPR (réacteur de demain), ses concepteurs font valoir que le design prend en compte le démantèlement. Autrement dit, l'agencement des différentes pièces devra faciliter leur démontage. Rendez-vous dans quarante ans pour le vérifier.

A noter, enfin, que pour ses chantiers de démantèlement, EDF fait appel à des entreprises sous-traitantes. Leurs ouvriers possèdent-ils vraiment les mêmes compétences que ceux actuellement affectés à la maintenance des installations ? Cette question fait l'objet d'une attention renouvelée de la part des autorités, qui y voient un facteur de risque.

David Larousserie

## Manipulations à distance



Ce robot a été développé par la société Onet Technologies, spécialisée dans les activités de maintenance des réacteurs nucléaires mais aussi dans l'assainissement et le démantèlement. Doté de 21 axes de déplacement, il sera utilisé en 2015 pour décontaminer une installation nucléaire de la Défense. Un bras découpe avec une scie ou une cisaille, le second maintient les pièces à extraire pour éviter les chutes. Une caméra permet aux trois opérateurs pilotant cet équipement de contrôler la précision et la qualité.

Bras téléopéré en image de synthèse.

ONET TECHNOLOGIES