

Compte-rendu de la visite à Mol en Belgique et Chooz

21 - 23 juin 2012

1. Organisation :

Du 21 au 23 juin 2012, une vingtaine de membres du CLIS ont visité les installations de Mol du SCK-CEN/ONDRAF, équivalents des CEA et ANDRA pour la Belgique, et rencontré des représentants locaux de Stora – Dessel et Mona – Mol.

Nous avons commencé le 21 par le trajet en bus jusqu'à Mol puis le vendredi 22, nous nous sommes rendus sur le site du SCK. Nous avons eu le matin une présentation générale en salle sur la gestion des déchets radioactifs. Puis nous avons visité l'installation de surface au dessus du laboratoire souterrain HADES équivalent du laboratoire de Bure (High Activity Disposal Experimental Site). Ensuite nous sommes descendus dans le laboratoire souterrain qui est à -225 m dans l'argile de Boom. Retour à la surface pour une présentation sur les projets Guinevere et Myrrha, des réacteurs de dernière génération utilisés pour l'étude de la transmutation, avec la présence des représentants locaux.

Le lendemain, nous avons repris la route pour Chooz près de la frontière franco-belge. Nous avons eu une présentation en salle du projet de démantèlement, suivi d'un brunch. Puis nous avons visité Chooz – A qui est le réacteur en cours de démantèlement.

2. Présentation en salle du SCK-CEN – ONDRAF :

Les présentations portent sur la Recherche & Développement relative à la gestion à long terme des déchets radioactifs d'une part, et le groupement d'étude Euridice d'autre part.

Dès 1974, dès le début des centrales électronucléaires, les recherches sur le stockage des déchets ont commencé. Ils estiment qu'il aurait même fallu commencer avant. Selon eux, la question des déchets ne se résume pas qu'à une question uniquement technologique mais aussi sociétale. La Belgique a réalisé des collaborations intenses avec l'ANDRA, mais a aussi suivi les débats sociétaux en France : contexte politique, prises de décisions ...

a. R&D sur la gestion des déchets radioactifs

L'ONDRAF est l'équivalent belge de l'ANDRA, elle s'occupe de la gestion des déchets et définit le programme de recherche. Le GIE Euridice est un groupement d'intérêt économique entre le SCK-CEN et l'ONDRAF pour l'exploitation du laboratoire souterrain.

En Belgique, les déchets sont classés en 3 types : déchets A (courte vie et faible ou moyenne activité), déchets B (longue vie et faible ou moyenne activité), et déchets C (haute activité, courte ou longue vie). Le cadre législatif de 2003 prévoit de fermer les centrales au bout de 40 ans d'exploitation, soit les 1^{ers} arrêts en 2015 et les derniers en 2025. Deux options sont encore gardées : avec ou sans retraitement ce qui influence les scénarios de prévision des déchets. Depuis 1993, une partie des déchets est retraitée en France. Actuellement, ces déchets sont en entreposage intermédiaire. Ces bâtiments sont prévus pour 75 ans, pour se laisser le temps de réfléchir et permettre aussi une décroissance thermique (60 ans). Il est prévu de commencer le stockage des déchets B à partir de 2035, les déchets C à partir de 2075. Historiquement, l'approche a été totalement technique au départ ce qui a abouti en 1998 à un blocage. Cette approche a été modifiée pour intégrer des 'partenariats' avec des acteurs locaux.

Pour la Belgique, les déchets A représentent environ 70 000 m³, les déchets B 11 000, les déchets C 600 à 4 500 selon le retraitement ou non. Les déchets A seront stockés à Dessel dans un dépôt final en surface, cela sera l'équivalent du centre de Soulaïnes ou de la Manche (même concept que la Manche quasi). Sa mise en exploitation est prévue pour 2017. Les colis seront mis en caissons qui seront empilés. Le système de protection est passif mais restera sous contrôle le plus longtemps possible.

Pour les déchets C, la solution retenue est le stockage géologique en Argile. Deux argiles sont favorables : celle de Boom et les Argiles yprésiennes qui pourraient être une solution alternative. C'est un concept multibarrière classique. L'idée est de 'contenir' surtout pendant la phase thermique puis de 'retarder' lors de la phase de relâchement des radionucléides. La barrière technique est un super conteneur de 60 t étanche des milliers d'années. Deux fûts de déchets vitrifiés seront mis dans un overcap en acier qui sera placé dans un conteneur en béton qui sera mis dans une enveloppe en acier.

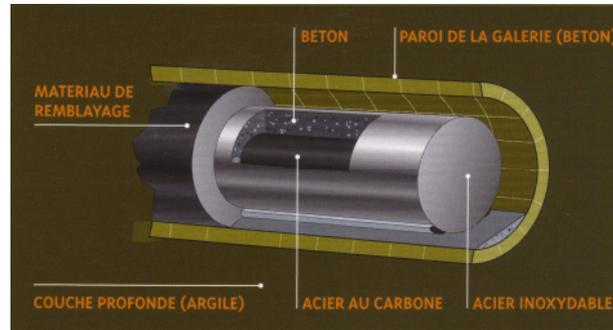


Schéma emballage des colis vitrifiés. Source : plaquette 'Recherches sur la sûreté et la faisabilité d'un dépôt final de déchets radioactifs', Euridice.

La barrière naturelle sera la couche d'argile en profondeur qui isole et retarde la migration, l'argile est pratiquement perméable, plastique et donc se cicatrise. L'argile est une couche de 100 m d'épaisseur, oscillant entre 200 et 300 m de profondeur environ.

Au niveau sociétal, il est prévu un Centre de Communication (centre d'activités touristique et éducationnel, chaîne TV locale), un fond de développement local (valeur ajoutée pour la région, 90 à 110 M d'euros). La participation est un élément fondamental, mais aussi la sûreté, l'environnement et la santé.

Actuellement, le stockage géologique est un consensus international et ne montre aucun obstacle insurmontable mais l'ONDRAF insiste sur la nécessité d'une assise sociétale pour légitimer ce choix. En ce qui concerne la gestion à long terme, il n'y a pas de solutions alternatives au dépôt géologique.

La réversibilité est une demande des acteurs sociaux, portant surtout sur la récupérabilité en phase d'exploitation. Il n'y a pas de durée définie, et l'objectif est plus de fermer au plus vite les galeries.

Les déchets belges comprennent 13 000 fûts de bitumes : pour eux le stockage géologique a été envisagé mais reste peu rentable économiquement. La diffusion de l'hydrogène dans l'argile a été très étudiée. L'idée serait plutôt de réduire les quantités et l'hydrogène qui permettrait une simple évacuation par diffusion dans l'argile.

Les sites favorables au stockage géologique sont au NE, proche des Pays-Bas. Ces derniers étudient ces mêmes roches pour un projet de stockage aussi. Il y a de nombreuses interactions avec les Pays-Bas et cela ira croissant. Pour l'instant, un projet de dépôt multinational n'est pas étudié. Les directives européennes indiquent une responsabilité par état mais n'excluent pas des régionalisations. En Belgique, aucune loi n'interdit les déchets étrangers.

Les déchets sont produits principalement par Electrabel (GDF-Suez) et EDF.

La profondeur de la couche d'argile de Boom est 2 fois plus faible que l'argilite du COx. Les études prévoient que le superconteneur tienne 100 000 ans, ensuite les radionucléides les plus rapides devraient mettre 20 000 ans pour remonter.

b. Euridice et Hades

Les missions de Euridice : gestion et exploitation de Hades, projet PRACLAY (démonstration de la faisabilité d'un dépôt final en formation géologique), communication sur ses activités, étude d'autres projets de recherches et expériences relatifs au stockage des déchets.

Hades se situe à -225 m. De 1980 à 1987 se sont réalisés les travaux pionniers avec le 1^{er} puits. Au début l'argile était congelée avant le creusement car on craignait qu'elle soit si plastique qu'elle ne flue comme une pâte dentifrice. Puis un essai a démontré que cela n'était pas nécessaire malgré un creusement réalisé principalement à la main. Depuis 1997, un 2^{ème} puits a été creusé pour démontrer la faisabilité industrielle. 1997-2007, c'est le projet PRACLAY avec sa galerie d'expérimentation et l'utilisation de techniques industrielles de creusement.

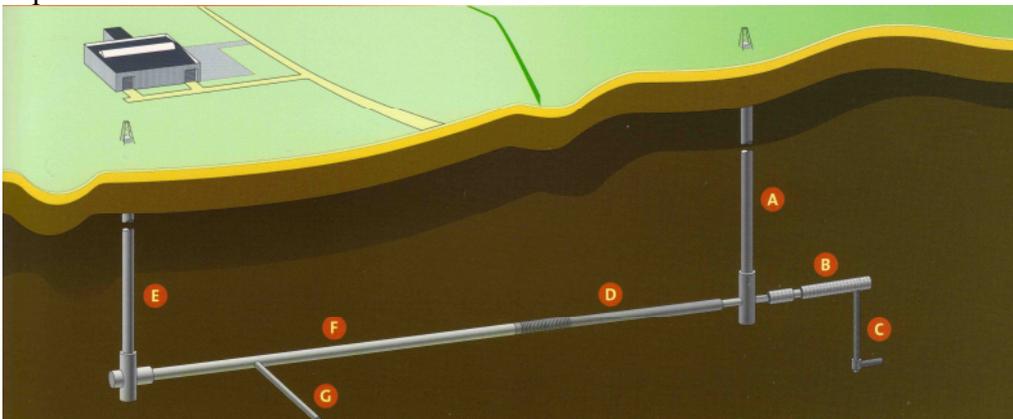
3. Visite de HADES :

En surface sur le site, on peut voir de nombreux étangs issus de l'exploitation du 'sable de Mol'. D'une très grande pureté (99,8% de quartz pur), ce sable est utilisé en particulier pour les vitraux car il produit un verre très transparent.

Juste au dessus du laboratoire souterrain, il ya une exposition regroupant de nombreuses informations sur les recherches sur la faisabilité d'un stockage géologique. Elle présente aussi le laboratoire Hades.

La couche d'argile de Boom au niveau du laboratoire se situe entre -180 et -280 m, le laboratoire est à -220 m. La température de 18°C y est constante. L'argile de Boom est quant à elle très utilisée pour la fabrication de briques. La couche présente une forte continuité latérale, et une variation verticale. La quantité d'eau présente dans l'argile est d'environ 25%. Cette couche est vieille de 30 M d'années. L'eau est très peu saline (2×10^{-2} mol/L, ce qui est très inférieur à Bure), et donc très peu de corrosion est attendue.

Au fond du labo, nous observons le puits originel ainsi que l'essai de puits creusé en argile non congelée (24 m de long). Il y a un revêtement en fonte autour de la galerie. La congélation utilisée au début pour le creusement prenait plusieurs semaines. Nous voyons aussi l'expérience RESEAL : le puits de 24 m a été fermé à 12 m, sans revêtement. La bentonite est encadrée de 2 couches de béton. L'étude porte sur le temps d'hydratation de la bentonite. Les expériences dans le laboratoire sont menées en collaboration internationale, dont plus particulièrement avec l'ANDRA.



Plan HADES. Source : plaquette 'Le laboratoire souterrain HADES', Euridice.

- | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|--|
| a) 1 ^{er} puits | b) 1 ^{ère} galerie | c) puits et galerie expérimentaux |
| d) 2 ^{ème} galerie | e) 2 ^{ème} puits | f) galerie de liaison g) galerie PRACLAY |

Dans la partie plus récente du laboratoire, le creusement se réalisait avec un tunnelier qui progressait d'environ 3 m par jour. Ici, ce sont des blocs de béton de 60 cm qui servent pour le revêtement, intercalés de plaques de bois. Dans cette 2^{ème} partie, il y a des forages de 10-20 cm de diamètre, des filtres récupèrent l'eau, il y a des piézomètres pour réaliser des analyses chimiques, et il y a aussi des essais de migration avec injection. C'est dans cette partie que se place PRACLAY avec des expériences de chauffage à grande échelle. La galerie expérimentale PRACLAY fait environ 2 m de diamètre et 40 m de long, l'expérience de chauffe se réalise sur 30 m environ. Il y a eu de nombreuses études précédentes de chauffe avant de mettre en place cette expérience. Pour PRACLAY, la chauffe est à 80°C au contact de l'argile, ce qui sera supérieur à la température réelle en exploitation normale. Ils utilisent

un chauffage central et en bordure le long des parois. Le tout est remblayé par du sable. Puis la galerie a été fermée, le sable resaturé et la pression atteint 5 bars. La bentonite est actuellement en cours de gonflement. L'essai lui-même devrait commencer en 2013, pour un chauffage de 10 ans. Il y aura un suivi du revêtement, un suivi de la roche environnante ...



Photo de la galerie Praclay. Source : plaquette 'Le laboratoire souterrain HADES', Euridice.

La galerie principale est équipée tout du long de laser et petits miroirs pour réaliser des mesures.

Dans la 3^{ème} partie se font les recherches ANDRA, avec un test de revêtement cintré. Les cintres métalliques ont bougé au départ (les 1^{ers} mois) mais quasi plus depuis (10 ans environ). Il y a eu une expérience de diffusion des radionucléides. Certains sont retenus (et donc ne sortent pas), d'autres, non sorbant, migrent lentement. Certains ont mis 7 ans pour parcourir 2 à 3 cm par exemple. La diffusion est fonction du carré du temps. Il a aussi été réalisé un suivi de produits radioactifs naturels dans l'argile qui a 30 M d'années. Pour comparaison, le coefficient de diffusion est 10 fois plus bas que dans l'argile de Bure.

Aucun déchet ne sera mis en dépôt final dans Hades.

Euridice représente un effectif de 15 personnes, et 40-45 personnes pour la recherche.

4. Les partenariats locaux :

Les partenariats ont été développés sur 2 sites : STORA à Dessel (9 000 personnes), où il devrait y avoir les déchets Vie Courte ; MONA à Mol (35 000 personnes). La gestion des déchets radioactifs repose sur 3 bases : politique/économique/social.

Un fond de développement local est prévu pour des projets à long terme. Il sera effectif lorsque les stockages seront en exploitation, mais les fonds sont déjà prévus.

Des groupes de travail s'intéressent à diverses thématiques, chacun peut y participer. L'université d'Anvers a réalisé une étude éco-sociologique dans la commune de Dessel. Ils ont défini les groupes socioculturels qui y participent.

L'ONDRAF a demandé leur accord aux communes. Lors des réunions, les communes ont indiqué accepter les projets si on leur assure la sûreté et un fond de développement local. Ces décisions ne sont pas politiques mais bien locales. Les fonds seront remis à une fondation et ce seront les intérêts qui seront utilisés. L'idée est d'assurer une gestion à long terme. Il est prévu 1 M d'€ d'intérêts par commune et par an. Au final, il y a quelques opposants à Mol, et quasiment pas d'opposition à Dessel. La plupart des décisions sont prises en consensus.

5. Les projets Myrrha et Guinevere :

Le contexte du nucléaire en Belgique : il y a 7 centrales PWR réparties sur 2 sites, et qui produisent 5 800 MWe au total. 55% de l'électricité est nucléaire en Belgique.

Le SCK-CEN existe depuis 1952, il comprend 700 personnes dont 70 doctorants. Son budget est de 120 M€/an. Il est à l'origine de l'invention du MOX et du tout premier laboratoire souterrain en argile avec Hades. Actuellement, il y a 2 gros projets : un réacteur avec accélérateur, Guinevere, qui est un préconcept du projet Myrrha, décrit ci-après, est opérationnel depuis 2010 (après modification du réacteur Venus à puissance zéro) ; et une

installation pour la transmutation avec accélérateur de particules, Myrrha, qui devrait être opérationnel en 2023.

Myrrha est un réacteur couplé à un accélérateur (ADS), où la réaction nucléaire en fonctionnement sous critique s'interrompt lorsque l'accélérateur à particule (ici protons) est arrêté. Il aura un refroidissement au plomb-bismuth. Il est prévu pour remplacer le réacteur BR2 qui date de 1962. Les réacteurs à neutrons rapides (RNR) permettent de tester les matériaux pour la fission et la fusion. La production d'isotopes (dont Molybdène) est prévue ainsi que le dopage du silicium pour l'obtention de composants électroniques performants utilisés notamment pour les énergies renouvelables (éoliennes, voitures hybrides ...) Il y aura des essais de séparation-transmutation toujours avec pilotage par accélérateur (ADS, accelerator driven system). Myrrha en ADS prévoit des cycles de fonctionnement de 3 mois, d'où aussi l'intérêt des chercheurs en physique nucléaire de pouvoir à plus long terme utiliser du faisceau de protons pour expérimentations. La plupart des accélérateurs pour la recherche ne permettent que des durées d'exposition de quelques heures ou jours.

a. Guinevere

C'est le projet d'un petit ADS qui permet des simulations d'un réacteur couplé à un accélérateur. C'est un réacteur sous critique. Guinever signifie Generator of Uninterrupted Intense NEutrons at the lead VENus REactor. Il a été conçu à partir du réacteur Venus (Vulcan Experimental Nuclear System) qui datait de 1964. Ce projet a été monté en partenariat avec le CNRS qui a fourni l'accélérateur GENEPI et avec le CEA qui a fourni le combustible. Guinevere est le premier ADS au plomb. Genepi est un Générateur de Neutron Pulsé Intense qui est aussi utilisé dans Mazurca à Cadarache.

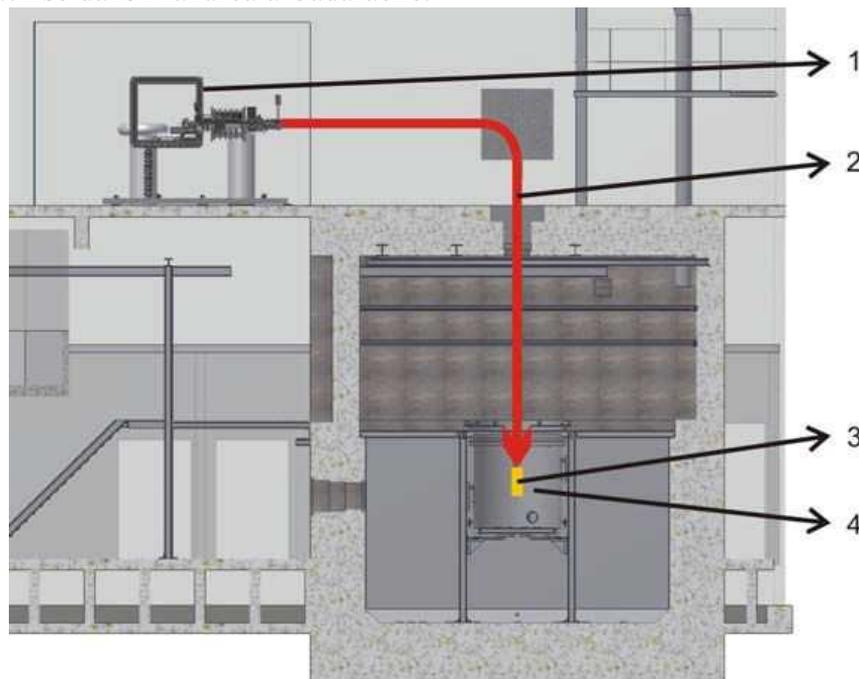
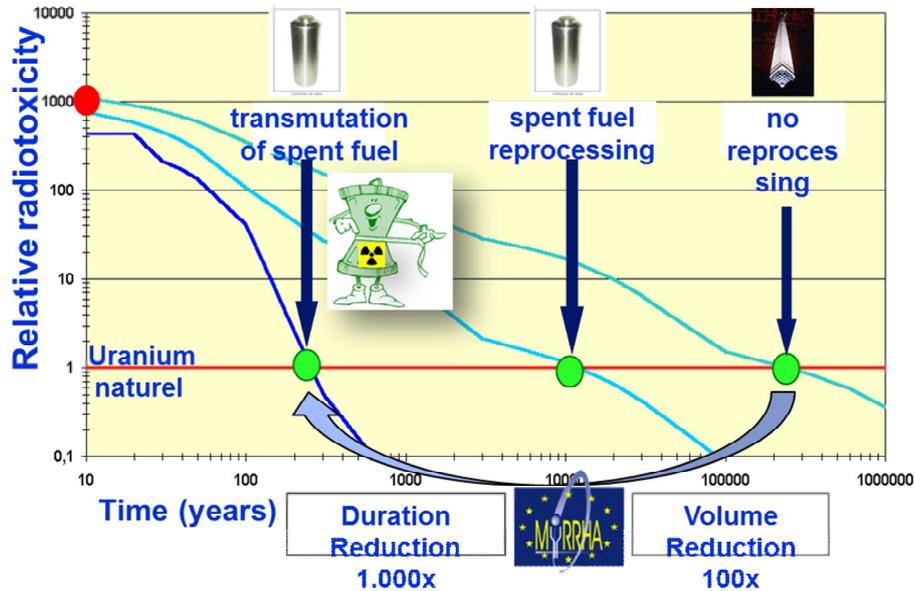


Schéma de l'installation de GUINEVERE: 1) Accélérateur GENEPI-3C; 2) Faisceaux de deutérium; 3) Cible de tritium; 4) Réacteur 'sous critique' VENUS. Source : CEN.

Le premier couplage du réacteur à Genepi a été réalisé le 12 octobre 2011, c'était une première mondiale. Le système est dit 'sous critique', il n'y a pas assez de matière fissile pour entretenir la réaction et il faut alimenter en permanence le réacteur avec une source externe de neutrons, par un accélérateur. L'autre particularité est que c'est un réacteur au plomb (pas au sodium comme avec superphenix).

b. Myrrha

Myrrha doit démontrer la faisabilité industrielle de la transmutation ce qui permettrait de réduire la nocivité des déchets radioactifs de centaines de milliers d'années à quelques centaines d'années. La durée de toxicité devrait être divisée par 1000 mais cela devrait aussi permettre de réduire les quantités par 100 (voir figure ci-dessous).



Document 'motivation for transmutation'. Source : CEN.

Myrrha est un démonstrateur européen, ce sera un réacteur utilisant le plomb-bismuth, un matériau opaque et dense, pour le refroidissement. Actuellement, les études sur les générations IV sont de 3 types : les SFR au Sodium qui sont la référence actuelle en France (ASTRID), les LFR au plomb et les GFR au gaz qui sont des alternatives. Myrrha sera un réacteur de 100 MW, et fonctionnera au MOX avec 30 % de Pu (contre 7-8 % dans les réacteurs actuels). Sa technologie est prévue pour remplacer à terme le réacteur BR2 comme indiqué ci-dessus. Sa construction devrait débuter en 2017 et il devrait marcher à plein régime en 2025, avant l'arrêt du BR2. Il sera composé de 2 bâtiments principaux (réacteur et source accélérateur) reliés par un tunnel de plus ou moins 300 m de long nécessaire à l'accélération du faisceau de protons au niveau d'énergie recherché.



Vue artistique de l'installation MYRRHA sur site existant: Bâtiment accélérateur (gauche tunnel), tunnel; bâtiment réacteur (droite tunnel), Bâtiments de service en périphérie. Source : CEN.

6. CHOOZ - A :

a. Le site de CHOOZ

Le site de Chooz est inclus dans le parc naturel dans la pointe des Ardennes et entouré par la Belgique. Ce qui implique une coopération et une communication permanentes avec la Belgique. Il y a sur le site 2 unités en production et une en déconstruction, Chooz-A. Les 2 unités en production sont des 1450 MW, les plus grands actuellement au monde avec Civeaux, en attendant l'EPR. Elles représentent 5 % de la production EDF, soit 21,1 Milliards de kWh en 2011.

Chooz A est une centrale franco-belge, sa partie nucléaire est située dans des grottes et c'est le premier réacteur en déconstruction.



Vue aérienne de l'accès de Chooz A et la colline protégeant le réacteur. Source : <http://energie.edf.com/>

L'exploitation est totalement informatisée. C'est la turbine Arabelle, création française qui est utilisée. Sur le site, il y a 750 agents EDF, 200 prestataires permanents. La moyenne d'âge est de 39 ans, la répartition se fait selon : 42 % en maintenance, 28 % en tertiaire/contrôle/direction, 30 % en exploitation. En 2011, il y a eu 56 embauches. Lors des arrêts de tranches, c'est 1000 à 2000 personnes de plus sur le site. La centrale représente 8 M d'€ de retombées économiques pendant les arrêts, surtout en Belgique.

Les contrôles sont permanents, l'ASN est très présente sur le site, AIEA un peu moins, et WANO (qui s'est renforcé après Fukushima) intervient surtout sur la conception ou la gestion de crises.

b. Chooz-A et le démantèlement

Chooz A et 8 autres réacteurs sont en cours de déconstruction en France : Brennilis (eau lourde), 2 à St Laurent, 1 au Bugey et 3 à Chinon (uranium naturel/graphite gaz) et Creys Malville (RNR). Chooz est un réacteur à eau pressurisée techniquement moins difficile à déconstruire. EDF considère que la déconstruction est une phase normale de la vie d'une centrale. Actuellement, c'est la phase 'découpage électromécanique'. La 1^{ère} étape est l'évacuation de tout le matériel. La 2^{ème} consiste à assainir les structures des bâtiments pour leur déclassement puis leur démolition. Pour le cas particulier de Chooz, il est prévu de combler les cavernes. EDF en tant que propriétaire assure la déconstruction. Ils ont fait le choix du démantèlement 'sans attendre' et non pas d'attendre la décroissance radioactive. Cela permet de garder la 'connaissance du site'.

Le CIDEN a été créé à Lyon en 2001, c'est le Centre d'Ingénierie Déconstruction et Environnement.

L'ICEDA est le centre d'entreposage temporaire d'EDF pour les déchets Vie Longue.

L'inventaire du démantèlement prévoit 985 400 t, réparties en : 800 000 t de déchets conventionnels (80 %), 115 000 t de TFA, 53 000 t FA-MA VC, 17 100 t de graphite et 300 t

de FA-MA VL.

Chooz-A a été la 1^{ère} centrale REP, représentant 305 MW et qui a fonctionné entre 1967 et 1991. Sa particularité vient du fait que les bâtiments sont en partie dans des grottes. Elle a été arrêtée pour des raisons économiques, elle n'était plus rentable. Le décret de mise à l'arrêt définitif date de 1993. Le combustible a été évacué en 1995. Entre 1999 et 2008 s'est déroulée la phase du démantèlement partiel : démolition de la salle des machines, démolition des bâtiments nucléaires de la colline, démantèlement des installations des galeries principales. Le décret d'autorisation de démantèlement complet date de 2007 (démantèlement du cœur du réacteur). Entre 2008 et 2016, il y aura le démantèlement de la caverne réacteur et de la caverne auxiliaire. Les premiers travaux ont été de réduire les risques de feu, tous les câbles électriques et les matériaux à potentiel calorifique ont été enlevés. Pour éviter toute dispersion de poussière, les locaux sont dépressurisés et des sas sont montés sur les zones de travaux. En 2011, le 1^{er} générateur de vapeur a été déposé (110 t, 15 m de long) et décontaminé. Lors de notre visite, nous avons vu le traitement du 4^{ème} générateur, il passe d'une catégorie FA-MA à une catégorie TFA. En 2014 est prévu le démantèlement de la cuve, cela se fera sous eau et en téléopéré. La déconstruction devrait prendre 25 à 30 ans, les opérations restent longues et complexes.

L'équipe locale du CIDEN est composée de 20 personnes.

Pour Chooz-A, les déchets devraient représenter : 26 530 t de déchets conventionnels, 78 000 t de TFA et 2 360 t de FA-MA.

EDF refuse de communiquer précisément sur le coût du démantèlement avant la fin des travaux. Les coûts sont réévalués tous les 3 ans en fonction des avancées techniques. Cependant 2 milliards d'€ ont été provisionnés chez EDF. La Cour des Comptes attend la déconstruction de Chooz pour estimer le coût du nucléaire, mais les premiers chiffres prévoient 50 € par MWh pour toute la vie d'une centrale, le coût de la déconstruction représenterait alors environ 1 € sur ces 50 €. Sur Chooz-A, le calendrier prévisionnel de la déconstruction fixé il y a 10 ans est tenu à quelques mois près.

Petite anecdote, il y a sur le site de Chooz A une étude des neutrinos et de leur masse car c'est un site souterrain proche d'un réacteur et protégé de l'influence spatiale. Ce travail est dans la course au prix Nobel.



Installations en cours de démantèlement. Source :

http://energie.edf.com/fichiers/fckeditor/Commun/En_Direct_Centrales/Nucleaire/Centrales/Chooz/Publications/documents/note_information_deconstruction2012_fiches%20ICEDA_Brennilis_Chooz%20A_Creys.pdf

Dans la caverne, nous pouvons voir les générateurs de vapeur démontés et décontaminés. La décontamination se fait par l'utilisation d'acide. Sur le dernier générateur, un sas est installé sur son extrémité en cours de traitement. La solution d'acide contaminé est ensuite passée sur des résines échangeuses d'ions qui récupéreront la radioactivité. Ces résines seront alors des déchets radioactifs qui partiront en centre de stockage. Nous observons aussi des colis de

déchets TFA qui sont mis en grande caisse remplie de sable. Enfin nous sommes passés au dessus de l'ancienne piscine à combustible qui a été décontaminée. Les combustibles quant à eux ont été envoyés à La Hague en 1995.