Catherine Veyer Novembre 2021

Considérations sur le stockage géologique des déchets nucléaires de haute activité – 3 – les concepts étrangers

Introduction

Dans les précédents numéros des Plumes de l'ARA, nous avons introduit le contexte international et les considérations ayant conduit la grande majorité des pays qui possèdent un programme électronucléaire à choisir le stockage en formation géologique pour gérer les déchets de haute activité. L'objectif dans chaque cas est d'isoler les déchets vis-à-vis de l'homme et de l'environnement sur une durée suffisante pour que le caractère dangereux de ces déchets retombe à des valeurs similaires à la radioactivité naturelle. Le deuxième volet décrit plus particulièrement le programme Français, et les solutions technologiques retenues. Dans cette dernière partie nous décrirons la situation dans quelques autres pays dotés d'une industrie nucléaire.

Les USA : le stockage géologique des déchets de haute activité est dans une impasse

Aux USA, on distingue les déchets de haute activité militaires, les transuraniens militaires, essentiellement riches en plutonium, et les déchets de haute activité (incluant le combustible usé), civils et militaires. Les déchets transuraniens militaires sont évoqués dans le chapitre consacré au WIPP à la fin de ce document. Dans ce chapitre, nous décrivons l'historique de la gestion des déchets de haute activité.

L'histoire du stockage géologique des déchets de haute activité aux USA, et en particulier du combustible usé, bien qu'initiée très tôt, a été caractérisée par des changements très fréquents d'orientation, pour suivre les évolutions politiques et budgétaires des diverses Administrations.

1957 Les premières considérations sérieuses au sujet d'un stockage géologique aux USA sont apparues en 1957, lorsque La NAS (National Academy of Science) a conclu à la faisabilité du concept. A cette époque a été lancée une première recherche de sites favorables et quatre grandes zones potentielles ont été identifiées, toutes dans des formations salines.

1975 Le Président Ford décide d'abandonner le retraitement du combustible commercial en faveur du cycle ouvert.

1976 Le Président Carter confirme le moratoire sur le retraitement pour des raisons associées à la non-prolifération. Pour accompagner cette décision, il propose de créer un entreposage délocalisé pour le combustible. Le National Waste Terminal Storage Program est lancé pour identifier des sites favorables et développer les technologies associées nécessaires. La recherche de site suit deux axes principaux : recherche de formations salines et évaluation des sites fédéraux sur lesquels des matières radioactives étaient déjà présentes : Hanford et le Nevada Test Site. En 1980 Le DOE publie le « *Final Environmental Impact Statement for the Management of Commercially Generated radioactive Waste* » et le ROD (Record of Decision) associé qui **identifie officiellement le stockage géologique profond comme méthode préférée pour l'élimination du combustible commercial usé**.

1980 **Le Président Reagan annule les décisions du Président Carter relatives à l'interdiction du retraitement et à l'entreposage décentralisé**. Mais le retraitement n'a plus jamais été considéré officiellement comme une option faisable. La petite usine pilote de West Valley n'a donc fonctionné que quelques années avant d'être arrêtée. Les opérations de retraitement des combustibles militaires et des combustibles d'essai ont ensuite été progressivement ralenties, avec des fermetures ou des mises en attente d'ateliers. En 1981 l**e Congrès promulgue le Nuclear Waste Policy Act (NWPA)** qui établit au sein du DOE l'OCRWM (Office of Civilian Radioactive Waste Management) et fixe l'ensemble des contraintes et de l'organisation relatives à la recherche, la confirmation et les diverses phases de la vie de ce futur site. **En particulier, le NWPA demande au DOE d'identifier 3 sites potentiels pour un premier site de stockage géologique, et de réaliser une première caractérisation de ces trois sites sur plusieurs années**. La NWPA autorise le DOE à passer des contrats avec les utilités pour la prise en charge et l'élimination du combustible usé. **Les déchets concernés par ce programme sont, outre les combustibles usés des réacteurs civils, non retraités, les déchets de haute activité issus des activités de défense : verres de haute activité produits ou à produire entre autres à Savannah River, à Hanford et à West Valley, ainsi que des combustibles « exotiques » issus d'une grande variété de réacteurs de recherche.**

1986 Le DOE sélectionne **9 sites potentiels**, dont deux seulement ne sont pas dans du sel : le site de Yucca-Mountain, Nevada, dans du tuff et le site de Hanford. En 1986 Le DOE identifie, parmi ces 9 propositions, 5 sites à caractériser de manière plus poussée, parmi lesquels **3 sont proposés au Président**. **Le Président approuve la caractérisation de ces trois sites : Yucca-Mountain, Nevada, dans du tuff, Deaf Smith County, Texas (sel) et Hanford, Washington (basalte**). En 1985, des études sur des roches cristallines avaient aussi été brièvement lancées.

1987 **Le Congrès amende le NWPA de 1982. En particulier, pour limiter la dépense, le Congrès impose au DOE de se limiter au seul site de Yucca-Mountain**. **Cette décision, imposée à l'Etat du Nevada par les représentants majoritaires au Congrès des Etats de l'Est producteurs d'électricité nucléaire, porte le germe de l'échec du programme.** En effet, le Sénateur Démocrate du Nevada, qui deviendra ensuite Doyen du Sénat, va entamer une action d'obstruction systématique à ce projet sur les 20 années qui suivront. Cet amendement annule aussi la proposition du DOE de construire un site d'entreposage intérimaire à Clinch River (Oak Ridge), Tennessee ou dans deux autres sites potentiels au Tennessee.

1993 Etablissement du *« Nonproliferation and Export Control Policy »* qui recommande d'éviter (« *discourages* ») le retraitement du combustible commercial et le commerce du plutonium en tant que source d'énergie.

1994 Etablissement du *« Civilian Radioactive Waste Management Program Plan »* qui remet à plat l'ensemble du projet. Celui-ci avait atteint un point critique en raison des fluctuations politiques, de législation, de financement, et des exigences des diverses parties, ainsi que de la découverte progressive de la complexité scientifique et réglementaire du projet (et de l'augmentation très importante des coûts par rapport aux prévisions).**Ce Plan reconnaît aussi pour la première fois officiellement que le démarrage du site ne peut avoir lieu en 1998 et il fixe une nouvelle date butoir en 2010. Au cours des années qui suivent, le programme voit son financement constamment remis en question.**

1998 En juillet, publication de la Révision 2 de ce Plan, qui fixe les diverses étapes du projet jusqu'à la demande de licence. Le 18 décembre 1998, parution du *« Viability Assessment »* qui évalue la faisabilité du projet sur le site de Yucca Mountain. Cette étude montre la faisabilité de respecter les critères de dose définis dans la réglementation, mais avec, **à 10.000 ans**, des incertitudes supérieures (de plusieurs ordres de grandeur) au critère fixé.

1999 Parution du « *License Application Design Selection Report* » qui décrit les diverses alternatives et variantes du concept, avant sélection du concept final. Le 6 août, parution de l'étude d'impact complète *« Draft Environmental Impact Statement. »*.

2002 Sur la base de ces résultats, Georges Bush soumet au Congrès une recommandation pour la validation du site de Yucca Mountain en vue de développer un site de stockage profond. L'Etat du Nevada exerce son droit de veto en avril 2002, mais ce veto est débouté par les deux Chambres. L'Etat du Nevada porte alors plainte devant la Cour d'Appel du D.C contestant la règlementation de l'EPA (Agence de Protection de l'Environnement) relative à la période de démonstration de sûreté pour le futur site. Il en résulte en 2008 une augmentation du délai de démonstration de sûreté, **qui passe de 10.000 à 1 millions d'années.** Ceci a de fortes répercussions techniques sur le concept.

2008 **Dépôt de la demande de licence auprès de la NRC** (l'Autorité de Sûreté Civile aux USA) qui a alors entamé l'examen du dossier. En 2010, l'administration Obama annule le financement du programme, hormis ce qui est nécessaire à la poursuite des interactions avec la NRC, puis **l'intention d'abandonner le programme est exprimée devant le Congrès par le Secretary of Energy Chu en 2010**. En parallèle, une commission spécifique, la « Blue Ribbon Commission » est créée pour remettre à plat toutes les alternatives.

2012 **Dans son rapport final, la Blue Ribbon Commission confirme le choix du stockage géologique, avec des recommandations générales pour la mise en œuvre** : processus intégré et progressif, organisation unique pour chapeauter le transport, l'entreposage et la mise en stockage des déchets de haute activité, obligation pour l'Administration de donner à cette organisation l'accès au financement nécessaire disponible dans le Nuclear Waste Fund (Fonds cumulant les taxes ad hoc prélevées auprès des consommateurs d'électricité nucléaire), processus nécessairement adaptatif, par étapes, **basé sur le consentement**, transparent, basé sur des normes claires et des travaux scientifiques rigoureux, et en partenariat avec les communautés locales. Maintien du NWTRB comme organisme technique indépendant.

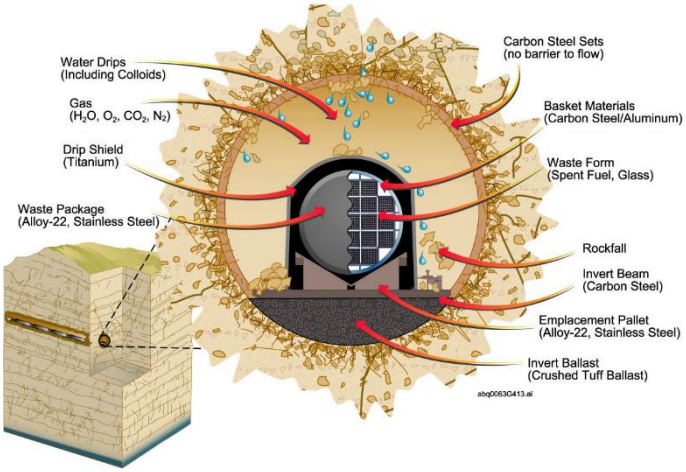
2018 **Malgré trois tentatives d'inclure le redémarrage de la procédure d'autorisation de Yucca Mountain dans les budgets 2018, 2019, et 2020, l'Administration Trump ne réussit pas à faire financer cette action**. Aucune demande de budget dans ce sens n'a été faite par l'administration Biden.

2021 **Pour faire face à l'accumulation de combustible usé (avec un total envisagé de 40.000 tonnes), avec dans certains cas des réacteurs arrêtés en cours de démantèlement, des initiatives privées pour la construction d'un entreposage intermédiaire voient le jour, mais avec une forte opposition des Etats envisagés pour les héberger ou des populations et tribus locales**[1]. Une première licence avait été accordée en 2006 à PFS (Private Fuel Storage) pour un site basé dans l'Utah, dans la réserve indienne Goshute de Skull Valley. La demande a été retirée en 2012. Plus récemment, **ISP (Interim Storage Partners, une joint-venture entre Waste Control Specialists (WCS) et Orano**) vient de recevoir le 13 Septembre dernier l'autorisation Fédérale de construire et d'exploiter une première installation de 5000 tonnes de capacité sur une durée de 40 ans à Andrews, Texas, par la NRC, mais 4 jours plus tôt le Gouverneur du Texas (Républicain) a signé une loi pour bloquer la construction d'un tel site dans l'Etat. Le « Texas ban » interdit le transport, l'entreposage et le stockage des déchets de Haute Activité (qui incluent le combustible usé) dans l'Etat. La NRC est en train de passer en revue une troisième demande de licence déposée par Holtec International pour le County de Lea (adjacent au WIPP) au Nouveau Mexique. La décision est attendue pour Janvier 2022. En conséquence de cette situation le DOE, qui n'a pu faire face à ses engagements légaux de prise en charge du combustible en 1998, doit dédommager les Utilités. A l'heure actuelle les dommages payés avoisinent les 9 milliards de dollars, sans qu'aucune solution n'ait encore été trouvée. Les quelques programmes nécessaires pour relancer le travail de rationalisation du programme ne sont même pas financés.

[1] RL33461 Civilian Nuclear Waste Disposal – Congressional Research Service – 17 Septembre 2021

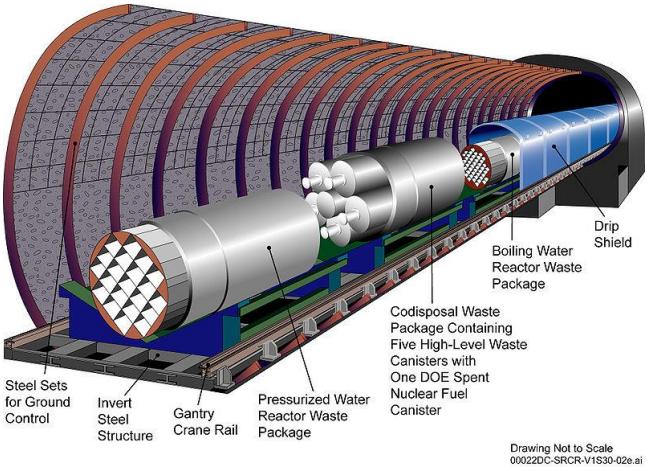
Le concept de Yucca Mountain

Le site était situé au-dessus du niveau de la mer, dans une montagne de tuff (roche poreuse issue de la consolidation de cendres volcaniques) dans le Nevada Test Site, une enclave militaire au Nevada sur laquelle avaient entre autres été réalisés les premiers essais d'armes aériens. Ce site désertique reçoit de très faibles précipitations. Contrairement aux sites profonds étudiés dans d'autres pays, l'environnement est oxique (présence d'oxygène) et donc oxydant, et semi-saturé en eau (l'eau circule mais, du fait de sa très faible quantité, n'atteint aucun exutoire à longue distance et se disperse par évaporation). La sécheresse du climat représente un élément déterminant de la barrière naturelle, ainsi que le fait que la circulation de l'eau est limitée dans l'enceinte d'un bassin géologique clos dont l'eau ne s'échappe que par évaporation. La nappe phréatique est aussi à une très grande profondeur par rapport à l'horizon de stockage.



Du fait de la médiocre qualité de la roche hôte, le concept d'isolement mettait en œuvre de très importantes barrières ouvragées pour retarder l'arrivée de l'eau sur le combustible, et la migration des radioéléments vers l'extérieur.

Le concept de stockage reposait sur la mise en place des déchets dans des châteaux massifs disposés dans des tunnels creusés dans la montagne, et protégés des agressions externes (chute de roches, égouttage d'humidité, par des structures complémentaires, dont un bouclier anti-égouttures en titane.



Le Royaume Uni

Le Royaume Uni a une histoire du retraitement civil forte, avec ses usines Magnox puis Thorp. En conséquence, la typologie de déchets est assez proche de la nôtre, avec des déchets de haute activité incluant une forte proportion de déchets vitrifiés, même si l'usine Thorp a cessé son exploitation. Il existe aussi, comme chez nous, des déchets dits « Intermediate Level Waste » incluant les déchets de structure des combustible et d'autres déchets à vie longue. En 1987, après la décision de stocker conjointement les déchets de haute et de moyenne activité, des activités de choix de site ont commencé, avec une revue géologique par la British Geological Survey. En 1989, Nirex (l'organisme en charge du stockage des déchets radioactifs) publie un rapport décrivant les principaux concepts étudiés pour le stockage des déchets de haute activité et de moyenne activité : roches dures proches de la côte, roches sédimentaires proches de la côte ou sous la mer, bassin sédimentaire à l'intérieur des terres, socle granitique sous une couverture sédimentaire ou petites îles. A cette date, deux sites sont retenus : Sellafield (socle granitique à faible perméabilité sous une couverture sédimentaire et Dounreay (roches dures proche de la côte). En

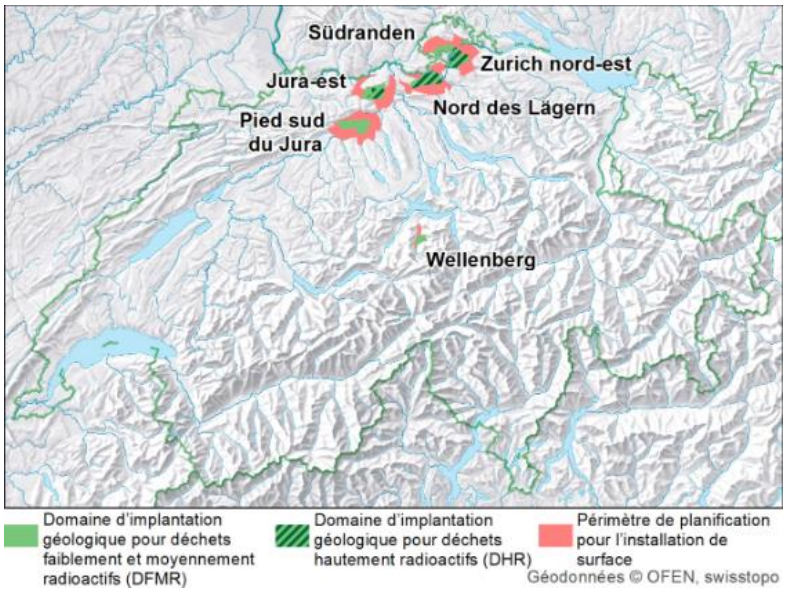
1991, Nirex décide de se concentrer sur le site de Sellafield (qui contient alors 60% de l'inventaire de déchets concernés). Après des études poussées (géologiques entre autres), Nirex demande au Cumbria County Concil un permis de construire pour un laboratoire souterrain (Rock Characterisation Facility). Le permis fut refusé et, malgré l'appel de Nirex, la décision fut confirmée par le Secrétaire d'Etat à l'Environnement à la suite d'une enquête publique défavorable. L'analyse ultérieure par NIREX des raisons de cet échec conclut comme pour de nombreux autres pays, que le processus de sélection doit se faire en favorisant le consensus et en impliquant les communautés concernées. Le fonctionnement même de NIREX a aussi été critiqué.

Le processus a donc été réinitié avec la nouvelle optique. Une revue géologique générale a été réalisée et le processus de choix de site a été lancé à nouveau en 2017, sous la supervision d'une nouvelle organisation, RWM (Radioactive Waste management). Dans le même temps, pour étayer le processus et la communication, RWM a développé trois concepts génériques pour trois types d'environnements géologiques : roches dures (comme du granite), roches tendres (comme de l'argile) et sel (comme de l'halite).

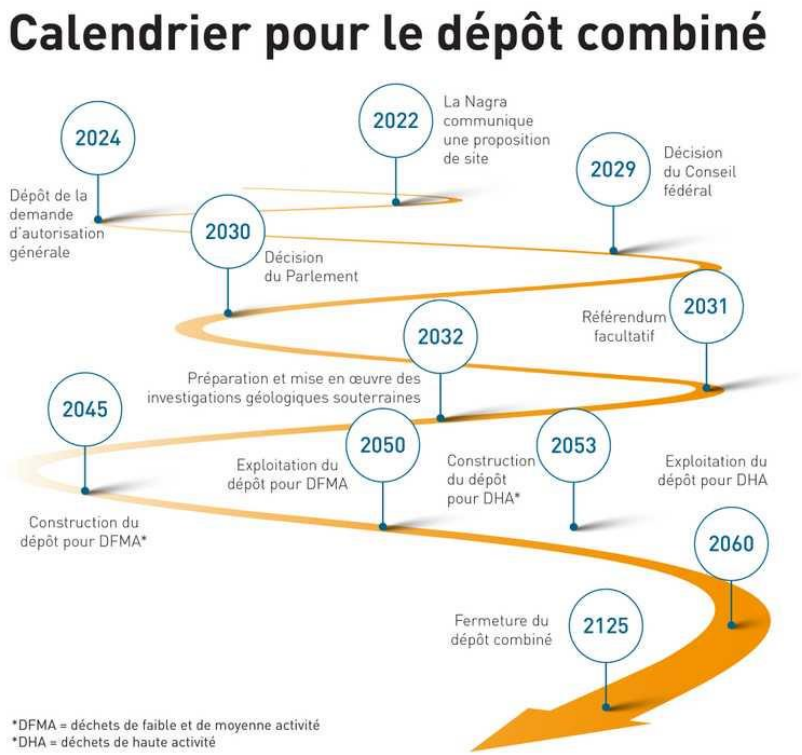
Le planning envisage le début du stockage des déchets de moyenne activité existants vers 2040, pour environ 100 ans d'exploitation. Le stockage des déchets de haute activité existants se déroulerait entre 2075 et 2115 et serait suivi par le stockage des combustibles MOX usés à partir de 2131, puis le stockage du combustible qui sera produit par 16 GWe de nouveaux réacteurs. En 2017, on estimait le coût total du programme, jusqu'à la fermeture du site, entre 20 et 30 Milliards de Livres.

La Suisse

Comme dans beaucoup d'autres pays, la Suisse, qui avait initié des recherches essentiellement fondées sur des critères scientifiques et techniques a dû revenir en arrière pour mettre en place un plan structuré de détermination de l'implantation d'un futur site de stockage. Le processus comprend maintenant 4 étapes



L'étape 1 qui s'est terminée en 2011 était surtout consacrée à l'identification de domaines d'implantation appropriés sur la base de critères géologiques ainsi que de critères techniques de sécurité. La Société coopérative nationale pour le stockage des déchets radioactifs (Nagra) a proposé trois domaines d'implantation aptes à accueillir des déchets hautement radioactifs (DHR) et six aptes à accueillir des déchets faiblement et moyennement radioactifs (DFMR), que l'IFSN a examinés et confirmés. Ce sont les domaines d'implantation Jura-est, Nord des Lägern et Zurich nord-est, Pied sud du Jura, Südranden et Wellenberg (DFMR et DHR). Le Conseil fédéral a approuvé les six domaines d'implantation et les a intégrés dans le plan sectoriel. Des conférences régionales ont été créées à la fin de l'étape 1 pour que les régions d'implantation participent à la procédure.



NAGRA était chargée à l'étape 2 de proposer au moins deux domaines d'implantation pour chaque type de dépôt (déchets hautement radioactifs, déchets faiblement et moyennement radioactifs) en vue d'un examen plus approfondi lors de l'étape 3. Elle a proposé les deux domaines d'implantation Jura-est et Zurich nord-est. Dans son examen, l'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN) est arrivée à la conclusion qu'il fallait aussi continuer d'étudier le domaine d'implantation Nord des Lägern. Tous ces domaines concernent des formations argileuses. La Commission de sécurité nucléaire (CSN) partage cet avis. C'est pourquoi fin 2018, le Conseil fédéral a décidé qu'il fallait poursuivre la procédure avec ces trois régions dans le cadre de l'étape 3. Outre la réduction du nombre de sites, la Nagra a identifié et désigné à l'étape 2 des emplacements susceptibles d'accueillir les installations de surface en étroite collaboration avec les régions d'implantation. Par ailleurs, l'impact socio-économique et environnemental potentiel d'un dépôt en couches géologiques profondes sur chaque région d'implantation a été évalué.

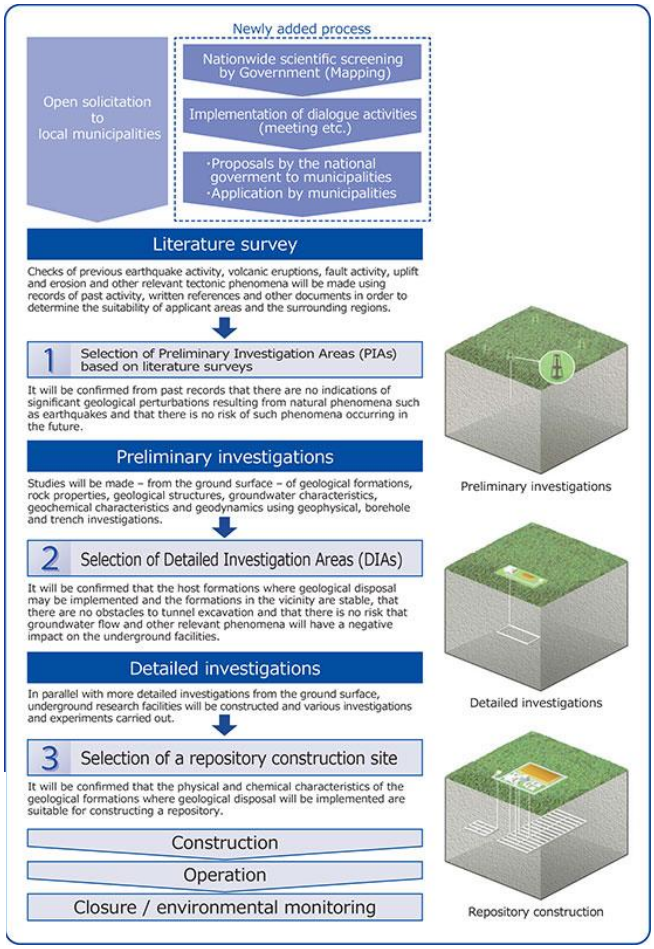
Nagra complète depuis 2019 ses connaissances géologiques sur les trois domaines d'implantation encore en lice à l'étape 3, au moyen notamment de forages. La concrétisation des projets de dépôt se fait avec le concours des régions d'implantation et les conséquences des dépôts sur la société et sur l'économie sont étudiées de manière plus approfondie. En 2022, la Nagra communiquera sa sélection de sites et déposera fin 2024 des demandes d'autorisation générale pour la construction des dépôts en couches géologiques profondes, qui seront examinées par les autorités. Le Conseil fédéral se prononcera sur ces demandes en 2029. Sa décision doit être approuvée par le Parlement, la décision du Parlement est sujette au référendum. Si un référendum devait avoir lieu, le peuple suisse serait appelé à se prononcer sur les demandes d'autorisation générale au début des années 2030. Les sites accueillant des dépôts en couches géologiques profondes seraient alors fixés définitivement en cas de décision favorable.

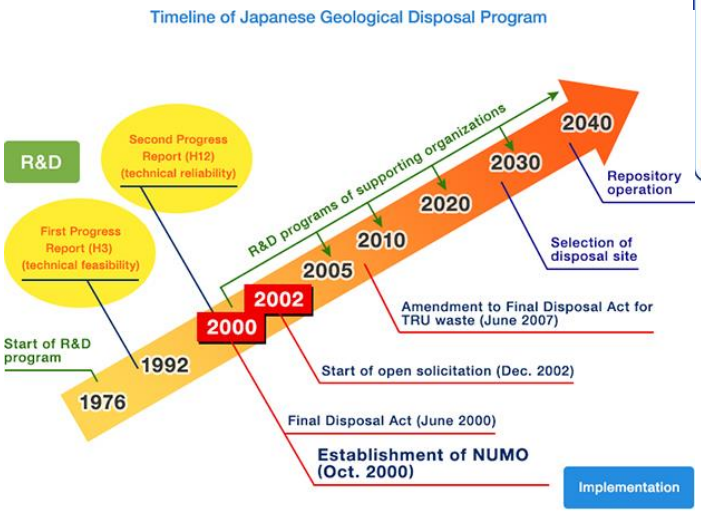
Le Japon

La Japon a réalisé une première analyse de sûreté pour un site de stockage géologique en 1999, il s'agissait du projet H12[2] rédigé par JAEA. Ce rapport était fondé sur un concept de stockage de type KBS-3 (concept suédois) en roche granitique et concluait à la sûreté du stockage. Mais l'initiation des étapes suivantes de recherche d'un site a mis en évidence une grande opposition du public et a conduit le projet dans une impasse.

[2] H12: Project to Establish the Scientific and Technical Basis for HLW Disposal in Japan" (H12 report).

En 2000, le METI a validé la création de NUMO, une organisation commune aux utilités Japonaises, et chargée de développer une solution de stockage géologique. En 2002, NUMO lance un appel à candidature auprès de toutes les municipalités japonaises pour la première phase des études pour le choix d'un futur site de stockage. Cette première phase consistait uniquement en études documentaires, qui ne pouvaient être lancées qu'après consentement des municipalités. Sur cette base on proposait une liste de site à caractériser de manière préliminaire (mesures géophysiques, forages), puis une liste restreinte de sites à caractériser de manière détaillée (creusement de tunnels d'essais) et enfin choix d'un site pour lancement des procédures d'autorisation. A chaque étape la municipalité et les populations locales sont impliquées. Dès la phase 1, l'opposition locale a empêché le processus de se dérouler, par manque de candidatures. La recherche d'une solution a été interrompue par l'accident de Fukushima en mars 2011.

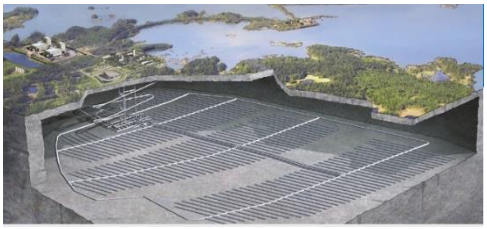




En 2015, NUMO a opté pour une nouvelle approche mettant l'accent sur la communication, l'éducation du public, et les incitations morales, financières, et le support à l'activité locale. En Juillet 2017, le gouvernement publie un rapport d'évaluation scientifique des diverses zones du Japon pour l'accueil éventuel d'un site. On s'aperçoit alors que ce sont essentiellement les zones côtières qui conviennent, en particulier en raison des facilités de transport par mer. Une grande surface est incompatible en raison du volcanisme, de l'activité géothermale, de la présence de failles …[3] La publication de cette carte n'a pas causé de grands mouvements de protestation, et NUMO est maintenant engagée dans la phase de communication et d'éducation. Le 9 Octobre 2020, les villes de Suttu et Kamoenai (Hokkaido) ont candidaté pour la première étape du processus.

[3] NUMO : Japan's Policies and activities for deep geological disposal of HLW – WM 2018

La Suède



En Suède ce sont les producteurs qui sont responsables de la gestion des déchets nucléaires. La Suède a choisi le stockage direct des combustibles usés, sans retraitement. L'entité SKB a été créée dans les années 1970 par les producteurs pour la gestion des déchets radioactifs des centrales et, en particulier définir la solution de stockage et, plus tard la construire et l'exploiter.

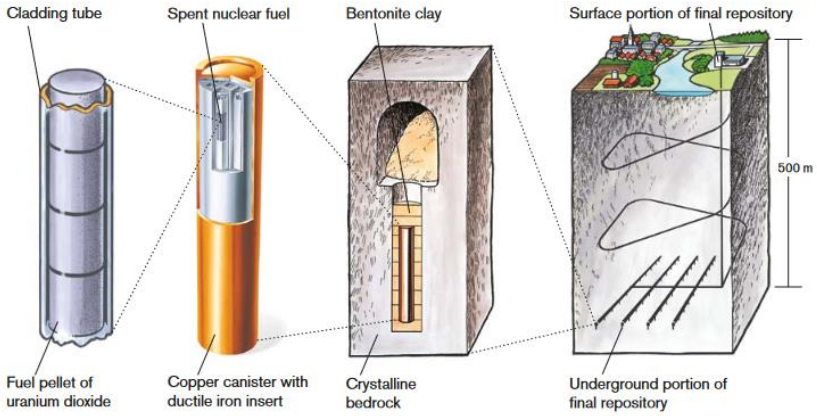
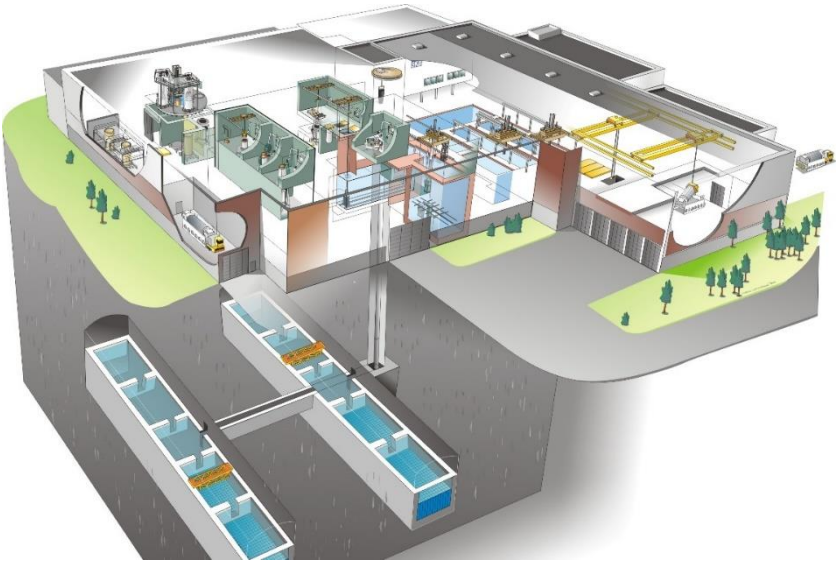


Figure S-1. The KBS-3 concept for disposal of spent nuclear fuel.

Après environ 30 ans de recherches et de caractérisation de sites, SKB a déposé une demande d'autorisation pour la construction d'un site de stockage à Forsmark, près de l'une des centrales suédoises et une usine de mise en conteneur à Oskashamn, près de l'installation centralisée d'entreposage en piscine enterrée CLAB. La roche hôte envisagée est le socle granitique de cette région. Le concept de stockage, KBS-3[4], repose sur 3 barrières principales : un conteneur massif en fonte pour la résistance mécanique recouvert de 5 cm cuivre de grande pureté résistant à la corrosion, fermé par « friction stir welding », un tampon de bentonite, argile qui gonfle à l'eau, pour isoler et sceller le conteneur et remblayer les tunnels, et enfin la roche hôte, un granite massif très stable et peu fracturé. Les conteneurs sont mis en place dans des puits individuels creusés sur le fond des tunnels de mise en place. L'horizon de stockage est situé à environ -500 m. Le site est dimensionné pour contenir 12.000 tonnes de combustible usé (6000 conteneurs).



La demande d'autorisation a été déposée en 2011. Elle concernait, d'une part, le site de stockage de Forsmark et, d'autre part le site d'Oskarshamn. Mais la demande couplait une demande pour la construction de l'usine de mise en conteneur avec une demande d'extension de la capacité d'entreposage de CLAB de 8000 à 11000 tonnes. L'autorité de sûreté et le ministère de l'environnement ont donné un avis favorable en 2018, et les deux municipalités concernées ont donné leur accord. Mais le gouvernement a décidé de scinder l'autorisation en deux, en distinguant l'extension de l'entreposage du stockage proprement dit, ce qui induit des retards et des complications légales. Les plans initiaux étaient de démarrer la construction des deux sites au milieu des années 2020.

[4] https://youtu.be/WCHqxqlZUNA

La Finlande

La Finlande est probablement le pays le plus proche de la mise en service d'un site de stockage géologique sur le territoire Européen.

Le choix du site a démarré en 1983, avec l'analyse de l'ensemble du territoire Finlandais. De 1993 à 2000, quatre sites potentiels ont été examinés, sur le plan géologique et environnemental, mais aussi en tenant compte de l'opinion des populations locales. Sur la base de cette étude, le site de Olkiluoto a été identifié par Posiva Oy, une compagnie formée par les deux producteurs historiques d'énergie nucléaire Fortum et TVO. La municipalité a confirmé son acceptation et la décision a été ratifiée par le gouvernement en Mai 2001. La municipalité a émis un permis de construire en 2003 et les travaux de préparation ont débuté en 2004. L'installation baptisée Onkalo mettra en œuvre le même concept KBS-3 codéveloppé avec la Suède, dans un socle granitique similaire. L'autorisation de construire le site de stockage a été accordée par le gouvernement Finlandais en 2015 et la construction a démarré en 2016. La construction de l'usine de mise en conteneurs a débuté en 2019. La mise en exploitation est prévue officiellement pour 2023, et le site est prévu pour 100 ans de production. Posiva Oy se prépare à demander une autorisation d'exploiter.

Les déchets transuraniens militaires aux USA : le premier site de stockage géologique en activité dans le monde

Pour les transuraniens militaires américains, dérivés de la fabrication des armes, un site de stockage est en exploitation dans une formation saline profonde (-400 m) à Carlsbad, dans l'Etat du Nouveau Mexique depuis 1999, pour une phase expérimentale. A l'heure actuelle, le site doit soumettre une demande de poursuite de l'exploitation tous les 10 ans. La dernière échéance date de 2020. Le site reçoit les déchets d'exploitation de nombreux sites de fabrication et de laboratoires nationaux de recherches, dont certains en cours de démantèlement. Il s'agit essentiellement de déchets technologiques conditionnés en fûts ou autres conteneurs, mis en place directement dans des galeries creusées dans le sel. Quelques déchets irradiants sont stockés dans des châteaux adaptés. L'intérêt du sel est l'absence d'eau, la résistance à l'irradiation, et la capacité de fluage qui permet de refermer naturellement le sel autour des déchets au bout de quelques années. Ce site, bien que très différent des autres concepts à l'International, est un pilote très riche en enseignements pour les concepteurs et autorités du sûreté des autres pays. En particulier l'exploitation de ce site a été émaillée de plusieurs incidents, dont un incendie dans une alvéole de stockage et un incendie de véhicule en souterrain, qui ont conduit à revoir complètement le schéma de ventilation et les procédures d'exploitation. L'exploitation de ce site met aussi en évidence l'impact énorme du transport sur les activités.

Conclusion

Dans la plupart des cas, on constate que les premiers travaux, dirigés vers la mise au point scientifique et technique de concepts de stockages sûrs et faisables n'ont pas abouti au développement d'un projet. En effet, on s'est heurté à une opposition de la société civile et des populations, qui n'avaient pas été suffisamment impliquées au début. La seule exception est le site de stockage du WIPP aux USA, réservé exclusivement aux déchets transuraniens résultant des activités de défense américaine. Le pays le plus proche d'une mise en œuvre industrielle du stockage pour les déchets de haute activité (combustible usé en l'occurrence) est probablement la Finlande, qui a misé dès le départ sur une approche très globale du projet, et dans lequel la population est assez dispersée.