

Voyage de presse du Forum nucléaire suisse en Suède, 9 au 12 septembre 2009

Dossier de presse

Table des matières

L'approvisionnement énergétique et électrique en Suède	2
L'énergie nucléaire en Suède	3
La gestion des déchets radioactifs (Suède et Suisse)	6
L'entreposage (Suède et Suisse)	11
Les laboratoires souterrains (Suède et Suisse)	12
Le stockage en profondeur de déchets de faible et de moyenne activité (Suède et Suisse)	14
Le stockage en profondeur de déchets de haute activité et de combustible utilisé (Suède et Suisse)	16
Comparaison Suisse – Suède	18



Thème: L’approvisionnement énergétique et électrique en Suède

Par rapport à la plupart des pays occidentaux, la consommation d’énergie est très élevée en Suède. Ceci s’explique par la structure de l’industrie suédoise, très gourmande en énergie, par le niveau de vie élevé, par la rigueur du climat et par les longues distances.

L’électricité joue un rôle central pour l’approvisionnement énergétique du pays. En 2007, la consommation d’électricité des quelque 9,2 millions d’habitants s’est établie à environ 146,2 térawattheures (Suisse: 61,8 térawattheures pour 7,6 millions d’habitants). La consommation d’électricité par habitant est ainsi presque deux fois plus élevée en Suède qu’en Suisse. Ceci provient essentiellement du pourcentage important d’industries grosses consommatrices d’électricité et du grand nombre de chauffages électriques, ainsi que du niveau peu élevé des prix de l’électricité dans le passé.

Dans les années 1980, la Suède a réduit drastiquement sa consommation de pétrole de presque la moitié. Dans le secteur du chauffage ambiant surtout, le pétrole a été remplacé par l’électricité, et plus récemment par le couplage chaleur-force avec de la biomasse. A l’heure actuelle, les agents énergétiques fossiles ne couvrent plus que 40% à peine de la consommation énergétique globale de la Suède (presque 70% en Suisse).

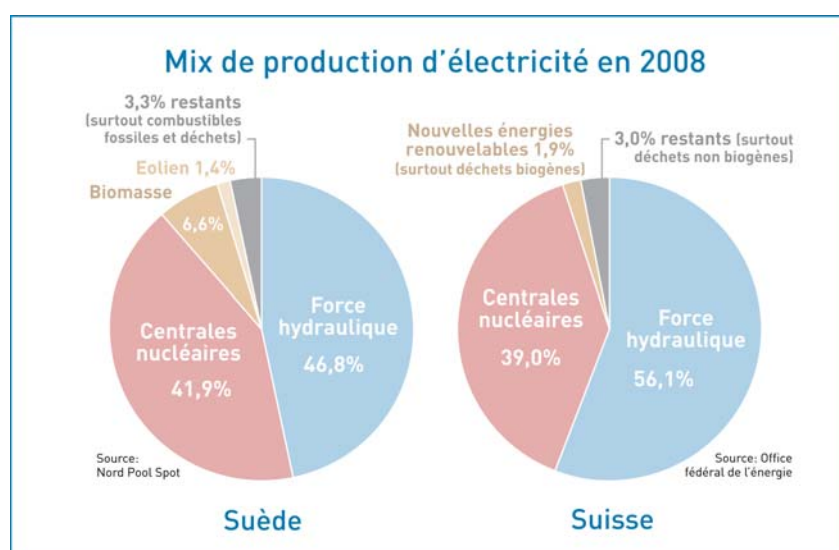
Comme en Suisse, le mix suédois de production d’électricité est pauvre en CO₂. Selon le débit d’eau dans les fleuves, 45 à 50% de l’électricité proviennent de centrales hydrauliques, et 40 à 45% de centrales nucléaires. La biomasse assure une production de 6,6%, et les éoliennes de 1,4% (voir le graphique).

Selon les fluctuations de la production des centrales hydrauliques, la Suède a enregistré au cours de ces dix dernières années des excédents d’importation et d’exportation.

Informations sur l’approvisionnement énergétique en Suède:

www.energimyndigheten.se

→ Version anglaise du rapport annuel 2008 de l’Agence nationale suédoise de l’énergie (Swedish Energy Agency)





La centrale nucléaire de Ringhals sur la côte occidentale suédoise, au sud de Göteborg. La centrale comprend un réacteur à eau bouillante (bâtiment réacteur en forme de caisson avec la cheminée) et trois réacteurs à eau sous pression. (Photo: Vattenfall)

Le référendum de 1980

La politique nucléaire suédoise est fortement marquée par le changement des coalitions gouvernementales. Suite à l'accident survenu le 28 mars 1979 à la centrale nucléaire américaine de Three Mile Island, un référendum (non contraignant pour le gouvernement) sur l'avenir de l'énergie nucléaire a eu lieu en Suède le **23 mars 1980**. Trois «lignes» (options) étaient proposées au vote de la population suédoise:

- La ligne 1 (soutenue par les conservateurs et par l'industrie) recommandait d'achever les six centrales nucléaires alors en construction, de les ajouter aux six installations déjà en service et de développer parallèlement de nouvelles énergies renouvelables. Après expiration de leur durée de vie utile, toutes les centrales nucléaires devaient être arrêtées définitivement sans remplacement.
- La ligne 2 (soutenue par les sociaux-démocrates et les libéraux) allait dans le même sens que la ligne 1, mais décrivait les mesures proposées de manière plus spécifique; la durée de vie des centrales nucléaires était ainsi chiffrée à 25 ans, et la nationalisation totale du secteur de l'électricité était proposée.
- La ligne 3 (soutenue par le parti du Centre et par les communistes) demandait l'arrêt des travaux des six tranches en construction et la mise hors service définitive des six installations en service, ceci dans les dix ans.

Avec une participation élevée de presque 75%, la population suédoise a opté à raison de 58% en faveur des lignes 1 et 2 (avec une nette majorité pour la ligne 2). 39% ont voté pour la ligne 3, le pourcentage des abstentions ayant atteint 3%. Suite à cette nette majorité favorable à la poursuite de l'utilisation de l'énergie nucléaire, les tranches en construction furent achevées et mises en service.

Le Riksdag – la chambre unique du Parlement suédois – décida de mettre un terme à l'utilisation de l'énergie nucléaire d'ici 2010. Il fut décidé en même temps que de nouvelles sources d'énergie devraient être disponibles à cet horizon.

Arrêt définitif de deux tranches pour des raisons politiques

Les débats au sein des partis se renforcèrent après la catastrophe du 26 avril 1986 à la centrale nucléaire soviétique de Tchernobyl. En **1988**, le Riksdag approuva la proposition du gouvernement d'arrêter définitivement deux réacteurs en 1995 et en 1996, à savoir un à Barsebäck et un à Ringhals. Il exigea toutefois que ceci n'entraîne pas une élévation des rejets de CO₂ en Suède.

Le Riksdag annula en **1991** cette décision de 1988, aucune option défendable sous les angles économique et environnemental n'étant en vue. La décision relative à la sortie totale du nucléaire d'ici 2010 fut toutefois maintenue.

En **1997**, le Riksdag décida l'arrêt définitif de Barsebäck 1 d'ici 1998, et celui de Barsebäck 2 d'ici 2001. Les deux tranches nucléaires disposaient d'une puissance unitaire de 600 MW. Le choix était tombé sur Barsebäck parce que cette installation était devenue le symbole des antinucléaires en Suède et au Danemark. La date fixe de 2010 pour l'abandon du nucléaire fut suspendue.

La tranche de Barsebäck 1 a été arrêtée de manière anticipée fin novembre **1999** pour des raisons de politique intérieure et comme concession au Danemark, pays voisin. Selon les sondages de l'époque, 80% de la population suédoise était toutefois favorable à la poursuite de l'exploitation de toutes les douze tranches du parc nucléaire national. Les milieux économiques et les syndicats s'opposaient eux aussi à un arrêt anticipé. Les exploitants des centrales nucléaires reçurent une indemnisation de l'Etat correspondant à 1,1 milliard de francs suisses.

Barsebäck 2 a été arrêtée définitivement elle aussi fin mai **2005**. Le gouvernement suédois avait ordonné cet arrêt en octobre 2004. Divers recours furent présentés contre cette décision, notamment par la commune de site, qui argumenta que la décision violait non seulement le droit industriel et environnemental suédois, mais aussi le droit européen. Le tribunal compétent rejeta toutefois la totalité des plaintes. Les indemnisations versées par l'Etat aux exploitants s'élevèrent cette fois-ci à 900 millions de francs suisses environ. Dans ce cas aussi, des sondages montrèrent que plus de 80% de la population souhaitaient la poursuite du fonctionnement de la centrale.

Suppression de l'interdiction de construction

La coalition de centre-droit actuellement au pouvoir a annoncé le **5 février 2009** son intention d'annuler l'interdiction de construire de nouvelles centrales nucléaires qui était en vigueur depuis presque 30 ans. Aux termes de cette annonce, de nouvelles centrales nucléaires pourront être construites sur les trois sites existants en remplacement des installations actuelles, le nombre total de centrales ne devant toutefois pas dépasser dix. L'annonce avait été précédée d'un changement d'attitude du parti du Centre, parti antinucléaire, qui avait donné son accord à ce compromis.

Le Riksdag a confirmé cette décision le **16 juin 2009**. Les prochaines élections au Riksdag auront lieu en septembre 2010.

Dix centrales nucléaires d'une puissance totale de 9074 MW (3238 MW en Suisse) sont actuellement en service en Suède sur trois sites. Suite à des élévations de puissance et à des améliorations de l'efficacité, le parc nucléaire suédois actuel livre en moyenne pluriannuelle plus ou moins autant d'électricité qu'avant l'arrêt des deux tranches de Barsebäck.

Thème: La gestion des déchets radioactifs (Suède et Suisse)

Des déchets radioactifs sont produits à de multiples endroits: dans les centrales nucléaires surtout, mais aussi, en plus petite quantité, lors de l'utilisation de substances radioactives dans la médecine (par exemple en radiothérapie), dans l'industrie (par exemple pour les chiffres lumineux et les détecteurs de fumées) et dans la recherche. Les déchets présentent des caractéristiques très différentes sous les angles de leur radioactivité et de leur période radioactive, et leur potentiel de danger est de ce fait différent.

Avec la mise en service de la première centrale nucléaire de la Suède en 1971 (voir le sujet «L'énergie nucléaire en Suède»), l'Etat suédois a transféré à l'industrie nucléaire la responsabilité de la gestion des déchets radioactifs. C'est en 1972 que les exploitants des centrales nucléaires ont fondé la Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB, l'entreprise suédoise de gestion du combustible nucléaire usé). La SKB est placée sous la surveillance des autorités suédoises de la sécurité nucléaire et de la radioprotection. Comme la Nagra en Suisse, la SKB s'occupe aussi de la gestion des déchets radioactifs issus de la médecine, de l'industrie et de la recherche.

Le concept suédois de la gestion des déchets radioactifs prévoit le stockage géologique en profondeur de toutes les catégories de déchets. La gestion des déchets radioactifs issus des centrales nucléaires est financée par une taxe sur l'électricité d'origine nucléaire, conformément au principe du pollueur-payeur. Des provisions versées par les exploitants dans un fonds géré par l'Etat garantissent également la couverture des coûts du démantèlement des centrales à la fin de leur durée d'exploitation. En Suède, les combustibles nucléaires sont évacués directement. Ce pays a renoncé presque intégralement au recyclage dans des usines de retraitement.

Pas à pas vers l'objectif visé

Principales phases de la gestion des déchets nucléaires en Suède:

- 1977–1985: forages d'essai sur une dizaine de sites.
- 1976–1979: procédure de sélection d'un site d'entreposage du combustible usé.
- 1980–1983: procédure de sélection du site d'un dépôt géologique profond pour déchets de faible et de moyenne activité.
- 1982: mise en service d'un navire conçu spécialement pour le transport de déchets radioactifs (toutes les centrales nucléaires suédoises sont construites en bord de mer, de même que l'installation d'entreposage Clab et le dépôt pour déchets de faible et de moyenne activité SFR).
- 1985: mise en service du centre d'entreposage souterrain pour combustible usé Clab (Interim Storage Facility) près de la centrale nucléaire d'Oskarshamn (voir le sujet «Entreposage»).
- 1986–1989: procédure de sélection du site d'un laboratoire de recherches souterraines en vue d'un dépôt géologique en profondeur pour combustible usé de haute activité.



- 1988: mise en service du dépôt géologique en profondeur pour déchets de faible et de moyenne activité SFR (Final repository for short-lived radioactive waste) près de la centrale nucléaire de Forsmark (voir le sujet «Stockage géologique en profondeur»).
- 1993–1997: études de faisabilité d'un dépôt en profondeur pour combustible de haute activité dans le nord de la Suède. En 1995 et 1997, lors de référendums, la population locale se prononce en majorité contre un tel dépôt dans leur région.
- 1995: inauguration du laboratoire souterrain Äspö (Äspö Hard Rock Laboratory) près de la centrale nucléaire d'Oskarshamn (voir le sujet «Laboratoire souterrain»).
- 1993–2000: études de faisabilité d'un dépôt en profondeur pour combustible de haute activité dans la partie méridionale de la Suède.
- 1998: mise en service du «Canister Laboratory» à Oskarshamn, où les conteneurs de stockage pour le confinement de longue durée du combustible usé sont en cours de développement.
- 2002: démarrage des recherches du site d'un dépôt en profondeur pour combustible usé dans les communes d'Östhammar (Forsmark) et d'Oskarshamn. Dans les deux communes, la majorité de la population s'exprime positivement sur la construction d'un dépôt profond.
- 2006: présentation de la requête relative à la construction d'une installation d'emballage du combustible usé près du centre d'entreposage Clab.
- Juin 2009: sélection du site de Forsmark, du fait de son aptitude géologique, pour l'aménagement du dépôt en profondeur de combustible usé. SKB a l'intention de présenter d'ici 2010 aux autorités compétentes le dossier nécessaire pour obtenir le permis de construire le dépôt. La décision définitive sur le site sera prise par le gouvernement suédois. La mise en service du dépôt est prévue pour 2023.



M/S «Sigyn», le bateau de transport de déchets radioactifs de SKB. (Photo: SKB)

*Informations sur la gestion des déchets radioactifs en Suède:
www.skb.se (Lien sur les pages en anglais)*

Gestion des déchets radioactifs en Suisse

Sans que le public s'en soit vraiment rendu compte, des tâches essentielles de la gestion des déchets radioactifs ont déjà été réalisées: c'est ainsi que l'inventaire et la caractérisation des déchets radioactifs, leur traitement et leur conditionnement en vue du stockage définitif, de même que leur entreposage, font partie aujourd'hui de la routine d'exploitation en Suisse.

Aux termes de la loi sur l'énergie nucléaire, toutes les catégories de déchets radioactifs doivent être enfouis sous terre et se trouver ainsi à l'écart de l'espace vital des hommes, des animaux et des plantes.

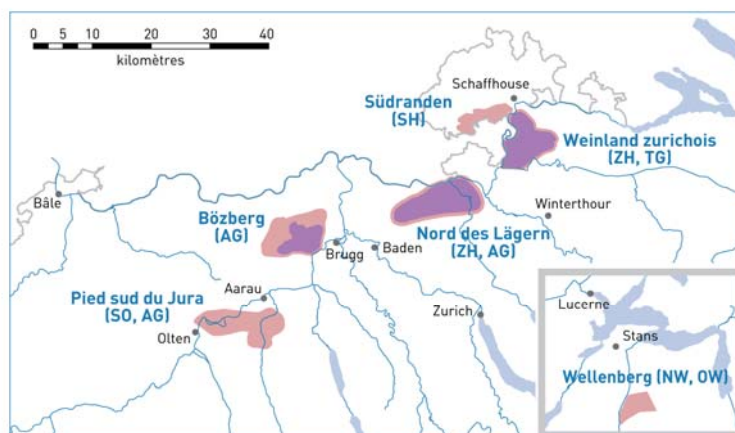
Deux dépôts en couches géologiques profondes sont prévus pour l'évacuation des déchets radioactifs: un dépôt pour les déchets de haute activité et le combustible usé, et un deuxième pour les déchets de faible et de moyenne activité. Les deux dépôts pourront se trouver l'un à côté de l'autre sur le même site ou être aménagés sur deux sites différents.

La loi fédérale sur l'énergie nucléaire exige que les dépôts géologiques en profondeur soient construits de telle manière que les déchets radioactifs restent contrôlables et que, si nécessaire, leur récupération soit possible sans trop de difficultés avant le scellement du dépôt. Après l'emmagasinement des déchets, les dépôts en profondeur feront donc l'objet d'une surveillance souterraine pendant une certaine durée et la protection durable de l'homme et de l'environnement sera contrôlée. Le Conseil fédéral ordonnera ensuite le lancement des travaux de fermeture définitive du dépôt. Après la fermeture dans les règles, il pourra exiger une nouvelle période limitée de surveillance. Les déchets continueront de pouvoir être récupérés aussi après la fermeture du dépôt, mais pour un coût plus élevé.

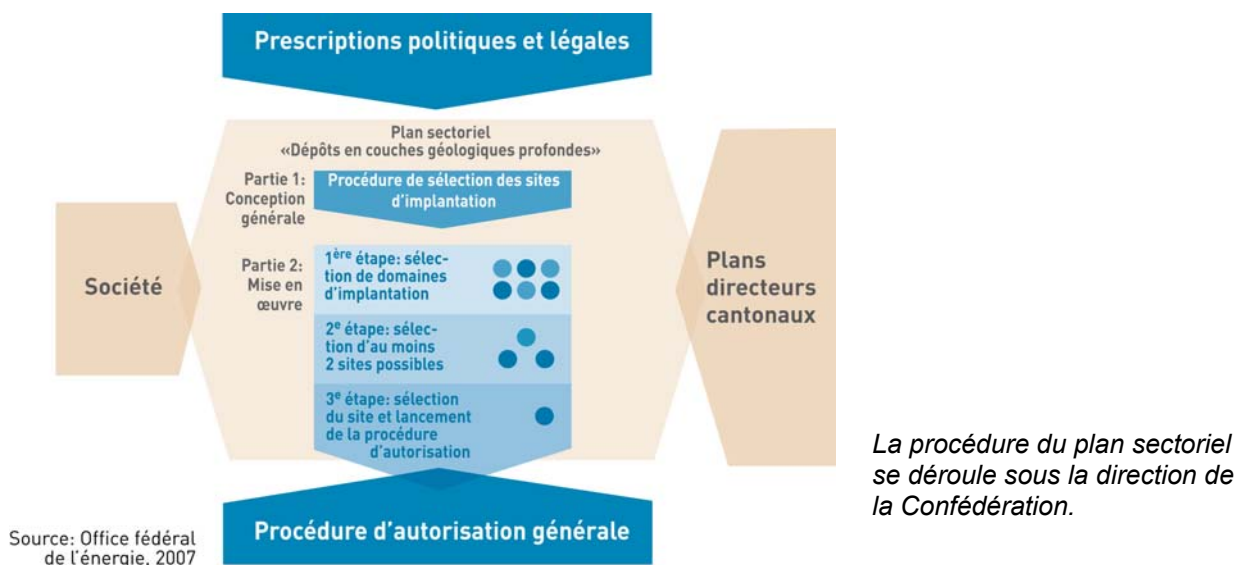
Argiles à Opalinus

L'évaluation systématique par la Nagra de roches sédimentaires appropriées, avec un suivi étroit de la part des autorités fédérales de la sécurité nucléaire, a conduit en 1994 au choix des argiles à Opalinus comme formation géologique prioritaire se prêtant à l'aménagement d'un dépôt géologique en profondeur pour déchets de haute activité. L'argile à Opalinus est une roche argileuse qui s'est formée à l'époque jurassique il y a 180 millions d'années environ par la sédimentation uniforme de fines boues argileuses dans la zone plate d'une mer qui recouvrait le nord actuel de la Suisse. Au cours de l'évolution de la terre, les boues se sont solidifiées en une couche d'argile qui se présente dans le sous-sol comme une roche dure. L'eau interstitielle qui se trouve dans les argiles à Opalinus contient toujours de petites quantités d'eau de mer qui date de nombreux millions d'années.

Les argiles à Opalinus présentent par ailleurs des propriétés géochimiques et de mécanique des roches favorables; c'est aussi une roche peu perméable à l'eau et qui s'étend dans divers endroits du nord de la Suisse à une profondeur favorable de 400 à 900 mètres. Tous ces facteurs offrent une protection optimale pendant une très longue durée contre les influences perturbatrices que l'on peut imaginer.



Régions d'implantation de dépôts géologiques profonds proposées par la Nagra. (Source: Nagra)



Plan sectoriel pour la sélection de sites d'implantation

Pour déterminer les sites de stockage, la Confédération mène une procédure dite de plan sectoriel. Le plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes» a été élaboré ces dernières années avec la participation d'autorités fédérales, de cantons, d'Etats voisins, d'organisations, de partis et de groupes de la population concernée. Les points essentiels du plan sectoriel sont les suivants:

- La Confédération prend la direction des opérations en matière de détermination des sites. Afin que la procédure puisse être mise en œuvre rapidement et dans le respect du calendrier prévu, le Conseil fédéral a doté l'Office fédéral de l'énergie de quatre postes supplémentaires à plein temps.
- La sécurité à long terme de l'homme et de l'environnement présente un caractère de la plus haute priorité pour la sélection du site. Les impacts en surface des installations, à savoir les aspects socio-économiques et relatifs à l'aménagement du territoire, sont également pris en considération.
- Les sites sélectionnés doivent être conçus de manière à permettre une extension ultérieure de la capacité des dépôts pour le cas où de nouvelles centrales nucléaires seraient construites en Suisse.
- Les coûts sont financés par les producteurs de déchets.

Mise en œuvre par étapes

Dans sa **première partie** (conception générale), le plan sectoriel fixe les procédures et les critères de sélection des dépôts en profondeur. L'objectif est de prévoir un déroulement, transparent pour tous, de l'ensemble des diverses phases de la sélection jusqu'à la désignation d'un site et de garantir la coopération avec les cantons et communes concernés, ainsi que la participation d'autres milieux intéressés. La partie «Conception générale» a été approuvée par le Conseil fédéral le 2 avril 2008.

Dans la **deuxième partie** de la procédure du plan sectoriel, on choisit tout d'abord, dans une **première étape**, les régions de site appropriées sous l'angle de la géologie. Ces régions de site sont proposées par la Nagra sur la base du niveau des connaissances en matière de sciences de la terre. L'Office fédéral de l'énergie a communiqué les propositions de la Nagra le 6 novembre 2008 (voir la carte page 8).

A l'heure actuelle, la procédure du plan sectoriel en est à la première étape de la deuxième partie (mise en œuvre).

Dans une **deuxième étape**, les régions de site ont la possibilité de participer à la concrétisation des projets de stockage ainsi qu'à l'examen de l'impact socio-économique et relatif à l'aménagement du territoire. Par ailleurs, les sites sont comparés entre eux sous l'angle de la sécurité. A la fin de cette étape, la Nagra propose au moins deux sites concrets par catégorie de déchets.

Au cours de la **troisième étape**, ces sites font l'objet de recherches approfondies. Selon le Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC), des recherches relevant des sciences de la terre, y compris des forages, seront nécessaires pour atteindre un niveau de connaissances suffisant équivalent pour les différents sites d'implantation.

A la fin de la procédure, le Conseil fédéral prendra une décision sur le **choix définitif** d'implantation du dépôt de stockage, soit sur deux sites, soit sur un site commun pour les deux catégories de déchets. Une fois accordée l'autorisation générale par le Conseil fédéral, le Parlement devra donner son feu vert, puis une votation populaire éventuelle sera organisée s'il est fait recours au référendum facultatif.

Selon le DETEC, la recherche de site devrait durer une dizaine d'années. Suite à la présentation de la preuve de l'évacuation des déchets, la sélection du site est juridiquement séparée de la question de la poursuite de l'exploitation de centrales nucléaires ou de la construction de nouvelles installations.

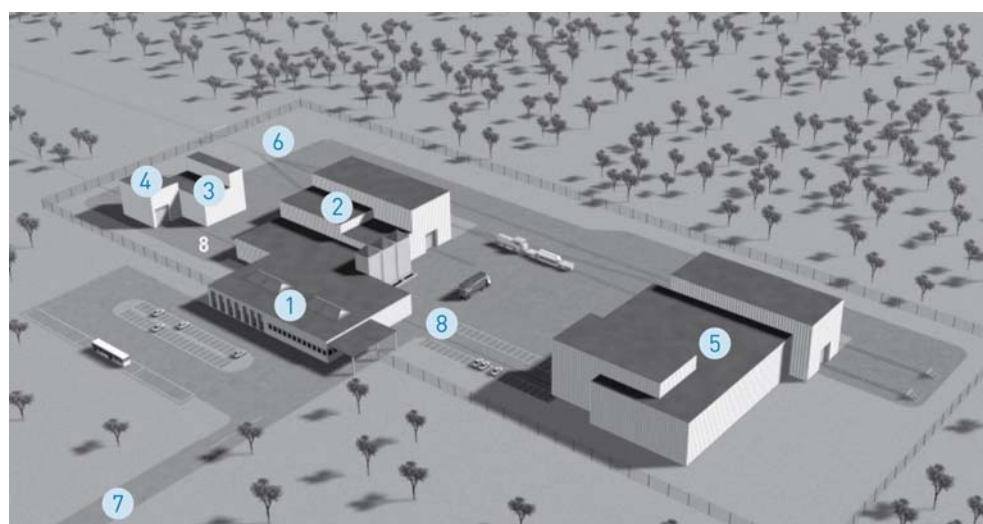
Besoins de place réduits

Les besoins de place d'un dépôt géologique en profondeur sont relativement réduits pour les installations en surface et correspondent à ceux d'une entreprise industrielle moyenne.

Informations sur la gestion des déchets radioactifs en Suisse:

– www.bfe.admin.ch → lien «Déchets radioactifs»

– www.nagra.ch



- 1 Administration
- 2 Exploitation
- 3 Ventilation
- 4 Sas des appareils
- 5 Conditonnement
- 6 Accès ferroviaire
- 7 Accès routier
- 8 Tunnel d'accès (recouvert)

Source: Nagra, 2007

Installations en surface d'un dépôt géologique profond en Suisse.

Thème: L'entreposage (en Suède et en Suisse)

Centre d'entreposage de combustible usé (Interim Storage Facility, Clab)

L'entreprise suédoise de gestion des déchets radioactifs Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) exploite depuis 1985 à proximité de la centrale nucléaire d'Oskarshamn un centre d'entreposage souterrain pour combustible usé issu des centrales nucléaires suédoises. Clab garantit une centaine d'emplois.

Une fois que le combustible usé est déchargé du réacteur, il est stocké pendant un an environ dans les bassins de désactivation des centrales nucléaires. Pendant cette période, il perd plus de 90% de sa radioactivité initiale. Le combustible nucléaire est ensuite transféré par bateau dans des conteneurs de transport spéciaux jusqu'au centre d'entreposage Clab, où il reste stocké pendant 30 à 40 ans. Au cours de cette période, la radioactivité, et donc la chaleur émise diminuent à un point tel que le combustible peut être transféré ensuite dans un dépôt de stockage géologique en profondeur.

Clab fait partie des dépôts dits humides, ce qui veut dire que le combustible de haute activité est stocké dans des piscines d'eau. Cette eau sert de blindage contre le rayonnement et a aussi une fonction de refroidissement. Le dépôt humide est aménagé à une quarantaine de mètres de profondeur dans la roche granitique.

Quelque 5000 tonnes de combustible sont actuellement entreposées dans l'installation Clab. Suite à son extension, la capacité de Clab atteint actuellement 8000 tonnes. Une centrale nucléaire suédoise produit chaque année entre 15 et 25 tonnes de combustible usé.

Informations sur l'entreposage en Suède: www.skb.se (Lien sur les pages en anglais)

Le concept d'entreposage en Suisse

En Suisse, la société ZWILAG Zwischenlager AG exploite à Würenlingen (canton d'Argovie) une installation de traitement et d'entreposage de toutes les catégories de déchets radioactifs. Les capacités de stockage ont été calculées largement et suffiront pendant des décennies, si bien que l'on dispose de suffisamment de temps pour la mise à disposition de dépôts géologiques profonds.

Contrairement au concept suédois, le combustible usé et les déchets de haute activité sont entreposés à sec en Suisse dans des conteneurs de transport et de stockage. Les conteneurs sont refroidis par convection naturelle de l'air dans une halle spéciale disposant de 200 emplacements. Les conteneurs massifs en acier moulé, d'un poids de 135 tonnes, protègent le combustible usé et les déchets hautement radioactifs contre des accidents et d'autres impacts externes.

La halle d'entreposage de conteneurs de Zwilag abrite actuellement (été 2009) 25 conteneurs de stockage de combustible usé et 8 conteneurs de déchets vitrifiés de haute activité issus du retraitement. Les déchets de faible et de moyenne activité provenant de l'exploitation des centrales nucléaires sont entreposés eux aussi à Zwilag. Les déchets issus de la médecine, de l'industrie et de la recherche sont conservés quant à eux dans un dépôt intermédiaire de la Confédération (BZL) situé près de Zwilag.

Traitement des déchets radioactifs

Les déchets de faible et de moyenne activité provenant de la médecine, de l'industrie et de la recherche, ainsi que les déchets d'exploitation issus des centrales nucléaires, sont transférés à Zwilag où on leur confère une forme solide appropriée au stockage en profondeur, puis ils sont emballés (cimentés, bitumés ou coulés dans du verre dans des fûts). Zwilag exploite notamment à cette fin le premier four à

plasma qui existe dans le monde, four dans lequel les déchets de faible activité sont thermiquement décomposés à des températures très élevées, fondus et mélangés à du verre.

Les blocs de déchets similaires à du verre qui en résultent sont extrêmement résistants du point de vue chimique et difficilement lixiviables, des particularités optimales pour leur stockage ultérieur dans des dépôts géologiques profonds. L'incinération ne diminue pas la radioactivité des déchets, mais réduit leur volume. Pour le stockage dans le dépôt géologique profond, les déchets sont emballés en plus dans des conteneurs en béton, ce qui entraîne une augmentation du volume total.

Depuis la mise en service du four à plasma en 2004, cette installation a permis de traiter jusqu'à ce jour (été 2009) 3449 fûts de déchets de faible activité et de produire 723 conteneurs en béton.

Informations sur l'entreposage en Suisse: www.zwilag.ch



Conteneurs de combustible usé et de déchets de haute activité au Centre d'entreposage de Würenlingen, dans le canton d'Argovie. (Photo: Zwilag)

Thème: Les laboratoires souterrains (Suède et Suisse)

Le laboratoire souterrain d'Äspö (Äspö Hard Rock Laboratory)

La compagnie suédoise de gestion des déchets Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) exploite près de la centrale nucléaire d'Oskarshamn l'Äspö Hard Rock Laboratory. La construction de l'installation a duré cinq ans (de 1990 à 1995).

Un tunnel de 3600 mètres de longueur donne accès au laboratoire souterrain proprement dit, aménagé à 460 mètres de profondeur sous l'île d'Äspö. Ce laboratoire comporte un tunnel principal et des cavernes dans lesquelles ont lieu les essais. Aucun déchet radioactif ne sera emmagasiné dans Äspö: le laboratoire sert uniquement à la recherche à laquelle participent des groupes de scientifiques d'Allemagne, du Canada, d'Espagne, de Finlande, de France, du Japon, de la République tchèque et de Suisse.

La roche, qui se compose de granite, a plus d'un milliard d'années. Les essais effectués dans le laboratoire souterrain servent à déterminer la sécurité à long terme et à analyser les conditions naturelles dans la roche, ainsi que l'interaction entre les barrières techniques entourant les déchets et la roche. Äspö permet de tester les diverses techniques de gestion des déchets à l'échelle 1:1 et dans des conditions naturelles. Il permet aussi de recueillir des enseignements importants pour la construction, l'exploitation, la récupération des déchets et la fermeture du dépôt.

L'objectif des travaux réalisés à Äspö est de construire un dépôt géologique en profondeur pour le combustible de haute activité. Dans le dépôt profond réel, le combustible sera confiné dans des conteneurs en cuivre d'un mètre de diamètre environ et emmagasiné dans des trous de forage qui seront percés à partir des galeries de stockage. L'espace vide entre les conteneurs et la roche sera comblé par de la bentonite, une cendre volcanique naturelle traitée spécialement. Les recherches menées dans le laboratoire souterrain ont permis notamment de démontrer que parallèlement à d'autres roches d'accueil, le granite se prête lui aussi à l'aménagement d'un dépôt géologique en profondeur (voir les thèmes «Stockage profond de déchets de faible et de moyenne activité» et «Stockage profond de déchets de haute activité et de combustible usé»).

Informations sur la gestion des déchets radioactifs en Suède:

www.skb.se (Lien sur les pages en anglais)

Les laboratoires souterrains en Suisse

La Suisse exploite deux laboratoires souterrains: le laboratoire du Grimsel (depuis 1984) dans le granite des Alpes centrales, et le laboratoire du Mont Terri (depuis 1996) dans l'argile à Opalinus du Jura près de St-Ursanne. Les deux laboratoires sont de purs laboratoires de recherche destinés uniquement à la mise à disposition de savoir-faire. Le stockage de déchets radioactifs sur ces deux sites est exclu. Le savoir-faire acquis dans les deux laboratoires dans le cadre de la coopération internationale en place sera repris essentiellement pour les roches des sites potentiels futurs de dépôts géologiques en profondeur. La Nagra aménagera aussi des laboratoires sur les sites de stockage effectifs et réalisera d'autres essais dans la roche de stockage réelle.

Informations sur les laboratoires souterrains suisses:

– **www.grimself.com**

– **www.mont-terri.ch**



Laboratoire souterrain du Mont Terri: recherche internationale dans les couches d'argile du Jura. (Photo: Forum nucléaire suisse)

Thème: **Le stockage en profondeur de déchets de faible et de moyenne activité (Suède et Suisse)**

Le dépôt géologique en profondeur pour déchets de faible et de moyenne activité de Forsmark SFR (Final repository for short-lived radioactive waste)

Après cinq ans de construction, le dépôt géologique en profondeur suédois pour déchets de faible et de moyenne activité de Forsmark SFR a été mis en service dès 1988 à proximité de la centrale nucléaire de Forsmark; il s'agissait alors de la première installation de ce type dans le monde. Le SFR est aménagé dans le granite à 50 mètres de profondeur sous la mer Baltique. En plus des déchets d'exploitation des centrales nucléaires suédoises, le SFR emmagasine également les déchets de faible et de moyenne activité (DFMA) provenant de la médecine et de l'industrie. Avant leur transfert au SFR, les DFMA sont traités et emballés à Studsvik près de Nyköping.

La capacité de stockage du SFR est de 63'000 mètres cubes de matières radioactives. Quelque 31'000 mètres cubes de déchets ont été emmagasinés jusqu'à présent. Chaque année viennent s'y ajouter 1000 mètres cubes environ. L'installation actuelle n'est conçue que pour le stockage de déchets d'exploitation. Plus tard, lorsque les centrales nucléaires actuelles seront démantelées après la fin de leur durée de vie, 150'000 mètres cubes supplémentaires devront être stockés. Une série d'autres cavernes souterraines vont être construites dans les années à venir pour le stockage de ces matières.

La propriétaire du SFR est la SKB, qui exploite aussi l'installation depuis cet été. L'exploitation était assurée auparavant par le Forsmark Kraftgrupp AB.

Le dépôt en profondeur comporte quatre tunnels horizontaux de 160 mètres de longueur ainsi qu'une caverne souterraine avec un silo en béton de 50 mètres de hauteur entouré lui-même de bentonite imperméable à l'eau. L'accès à l'installation est assuré par deux tunnels d'une longueur respective d'un kilomètre.

Ce sont surtout des filtres de moyenne activité provenant des centrales nucléaires, filtres auparavant solidifiés, qui sont stockés dans le silo en béton. Ce silo contient la plus grande partie de la radioactivité du SFR.

Les quatre tunnels de stockage horizontaux abritent des matières diverses. L'un de ces tunnels abrite des déchets très faiblement radioactifs (par exemple des vêtements de protection) placés dans des conteneurs de transport habituels dans le commerce. Les trois autres tunnels sont conçus pour des déchets de moyenne activité, ces déchets étant stockés dans diverses sortes de conteneurs en béton.

Les cavernes rocheuses du SFR ne sont pas imperméables à l'eau. De l'eau souterraine peut y pénétrer. Cette eau provient du sol rocheux sous la mer, où règne partout la même pression. C'est la raison pour laquelle elle ne se déplace guère; l'eau souterraine qui pénètre actuellement dans l'installation a 7000 ans. Il a été tenu compte, dans le concept du dépôt, de cette eau qui se déplace très lentement. Avec les barrières que constituent le béton, la bentonite et le granite environnant, le concept du stockage garantit que la radioactivité aura décréu si des matières devaient éventuellement être relâchées dans l'environnement à partir du dépôt (voir le thème «Stockage en profondeur de déchets de haute activité et de combustibles usés»).

Informations sur la gestion des déchets radioactifs en Suède:
www.skb.se (Lien sur les pages en anglais)

La gestion des déchets de faible et de moyenne activité (DFMA) en Suisse

Le concept que poursuit la Suisse est de stocker les DFMA emballés dans des conteneurs en béton dans un dépôt géologique profond. Les fûts de déchets et leur contenu solidifié seront placés dans des conteneurs en béton et les espaces vides seront colmatés avec du mortier au ciment. Les grands composants, issus par exemple du démantèlement futur des centrales nucléaires, devraient eux aussi être stockés dans ce dépôt après confinement dans des conteneurs en béton.

Pour réduire leur volume, les déchets combustibles sont incinérés en partie dans un four spécial de Zwilag à Würenlingen (voir le thème «Entreposage»). Le volume total des DFMA engendrés en Suisse par l'exploitation et le démantèlement des centrales nucléaires s'élève au total à quelque 60'000 mètres cubes, emballage compris. Viennent s'y ajouter 33'000 mètres cubes de DFMA issus de la médecine, de l'industrie et de la recherche (état à fin 2008).

Le Conseil fédéral a admis dès 1988 la faisabilité de l'évacuation des DFMA en Suisse (démonstration de la faisabilité du stockage final des DFMA). Après le renoncement au site du Wellenberg, dans le canton du Nidwald, pour des raisons politiques – ce site était prévu pour des DFMA – une nouvelle procédure de sélection de site a été lancée en Suisse pour cette catégorie de déchets, procédure régie dans le plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes». Le plan sectoriel se déroule actuellement sous la direction de la Confédération. La décision sur le site est attendue dans les années 2016/2018; un dépôt en profondeur pour DFMA devrait être mis en service en 2030 au plus tôt.

– www.bfe.admin.ch → Lien «Déchets radioactifs»

– www.nagra.ch



L'exploitation et le démantèlement des centrales nucléaires suisses engendrent en 50 ans quelque 60'000 mètres cubes de déchets solidifiés de faible et de moyenne activité. (Photo: Nagra)



Par habitant Suisse, ceci entraînera environ huit fûts de béton d'un litre en 50 ans. Trois fûts d'un litre viendront s'y ajouter pour les déchets de la médecine, de l'industrie et de la recherche. (Photo: Nagra)

Thème: Le stockage en profondeur de déchets de haute activité et de combustible usé (Suède et Suisse)

Le dépôt profond pour combustible usé de haute activité projeté à Forsmark

La Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) s'occupe depuis plus de 30 ans de la gestion du combustible de haute activité issu des centrales nucléaires suédoises. Les travaux de recherche et développement sont réalisés dans deux installations: au laboratoire souterrain d'Äspö (voir le thème «Laboratoires souterrains») et au «Canister Laboratory» d'Oskarshamn, où se déroulent les travaux de développement des conteneurs de stockage destinés au confinement de longue durée du combustible usé.

Le concept de stockage

Comme partout dans le monde occidental, le concept suédois de gestion des déchets radioactifs prévoit le stockage géologique en profondeur du combustible usé. Les roches cristallines (granite) dont est formé le sous-sol supérieur dans de larges parties de la Suède constituent la roche d'accueil. Conformément aux propriétés de cette roche d'accueil, la méthode de stockage que la Suède entend appliquer englobe les barrières suivantes:

- Le combustible est tout d'abord confiné dans des conteneurs en cuivre robustes et résistants à la corrosion.
- Ces conteneurs en cuivre sont ensuite emmagasinés dans le socle cristallin à une profondeur d'environ 500 mètres et enrobés dans de la bentonite. La bentonite est une roche volcanique naturelle qui assure un très bon colmatage contre l'eau.
- Une fois l'emmagasinage achevé, les galeries seront elle aussi remplies d'argile étanche à l'eau. L'argile gonfle en cas de pénétration d'eau, si bien que des fissures éventuelles dans la roche se referment très vite.
- L'épaisse couche de roche cristalline environnante constitue enfin une barrière à long terme contre le relâchement de substances radioactives en surface.

Choix du site

La procédure de sélection du site a été introduite il y a une vingtaine d'années. SKB a alors axé la procédure sur deux sites, à savoir la commune d'Östhammar (Forsmark) et celle d'Oskarshamn. A la fin de la procédure, à laquelle la population a participé, la majorité de la population des deux communes était essentiellement favorable à la construction d'un dépôt profond.

SKB a annoncé le 3 juin 2009 qu'elle avait opté pour le site de Forsmark. Des raisons relevant de la géologie avaient déterminé son choix. Le dépôt profond sera aménagé à presque 500 mètres de profondeur dans la roche cristalline qui est sèche à cet endroit et ne présente que quelques rares zones de rupture. SKB a l'intention de présenter en 2010 une demande correspondante de permis de construire aux autorités compétentes. C'est l'Etat suédois qui prendra une décision définitive sur le site. SKB prévoit de mettre le dépôt profond en service vers 2023.

SKB a présenté parallèlement en 2006 une demande d'autorisation de construction d'une installation de conditionnement de combustible usé près du Centre d'entreposage Clab à Oskarshamn.

Gestion des déchets de haute activité et du combustible usé en Suisse

La Suisse applique elle aussi le concept qui consiste à emmagasiner le combustible usé ainsi que les déchets de haute activité provenant du retraitement dans un dépôt géologique profond. Le volume total du combustible usé et des déchets de haute activité est faible: une durée d'exploitation de 50 ans des cinq tranches nucléaires actuelles donne lieu à quelque 1250 mètres cubes de déchets de haute activité, soit le volume d'une grande maison particulière pour une famille. Après emballage dans des conteneurs de stockage, le volume total atteint quelque 7300 mètres cubes (état à fin 2008).

Avec les déchets de faible et de moyenne activité, ce sont quelque 100'000 mètres cubes provenant des centrales nucléaires, de la médecine, de l'industrie et de la recherche qui sont à évacuer en Suisse, ce qui correspond plus ou moins au volume de l'ancien hall de la gare de Zurich.

Le Conseil fédéral a approuvé le 28 juin 2006 la démonstration de la faisabilité du stockage final du combustible usé et des déchets de haute activité. La procédure de sélection du site du dépôt géologique pour cette catégorie de déchets est réglée par le plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes». La décision sur le site est prévue pour les années 2016/2018, et la mise en service d'un dépôt profond pour déchets de haute activité et combustible usé à partir de 2040.

Informations sur la gestion des déchets radioactifs en Suisse:

– www.bfe.admin.ch → Déchets radioactifs

– www.nagra.ch



L'exploitation pendant 50 ans des centrales nucléaires suisses donne lieu à 0,5 décilitre, ou 500 grammes de combustible nucléaire usé de haute activité par personne. Après emballage dans de l'acier moulé – le matériau du conteneur de stockage final – cela fait un fût d'un litre par personne. (Photo: Nagra)

Thème: Comparaison Suisse – Suède

Point communs et différences des politiques de la Suisse et de la Suède en matière d'énergie et de gestion des déchets radioactifs

	Suisse	Suède
Centrales nucléaires	<ul style="list-style-type: none"> – 5 centrales nucléaires en service (puissance totale 2009: 3238 MW) <ul style="list-style-type: none"> • 2 réacteurs à eau bouillante (Mühleberg, Leibstadt), • 3 réacteurs à eau sous pression (Beznau 1 et 2, Gösgen) – Consommation en 2007: 61,8 térawattheures – Part d'électricité nucléaire en 2008: 39,0% 	<ul style="list-style-type: none"> – 10 centrales nucléaires en service (puissance totale 2009: 9074 MW) <ul style="list-style-type: none"> • 7 réacteurs à eau bouillante (Forsmark 1 à 3, Oskarshamn 1 à 3, Ringhals 1) • 3 réacteurs à eau sous pression (Ringhals 2 à 4) – Consommation en 2007: 146,2 térawattheures – Part d'électricité nucléaire en 2008: 41,9%
Politique nucléaire	<ul style="list-style-type: none"> – Votation populaire de mai 2003: rejet de deux initiatives sur l'abandon du nucléaire par <ul style="list-style-type: none"> • 58,4% de non («Moratoire-plus») et • 66,3% de non («Sortir du nucléaire») – Février 2005: entrée en vigueur de la nouvelle loi sur l'énergie nucléaire. L'option nucléaire est maintenue. – Juin 2006: approbation par le Conseil fédéral des démonstrations de la faisabilité du stockage final pour toutes les catégories de déchets – 2008: présentation à la Confédération de trois demandes d'autorisation de nouvelles centrales nucléaires 	<ul style="list-style-type: none"> – Mars 1980: majorité des votants favorable à l'utilisation de toutes les centrales nucléaires en service et en construction jusqu'à la fin de leur durée de vie et à un arrêt consécutif de ces installations sans remplacement. – 1988: mise en service du dépôt profond pour déchets de faible et de moyenne activité à Forsmark. – 1999/2005: pour des raisons politiques, le gouvernement décide l'arrêt anticipé de Barsebäck 1 et 2. – Février/juin 2009: le gouvernement et le Parlement annulent l'interdiction de construire de nouvelles centrales nucléaires.
Retraitement	Moratoire de dix ans depuis le 1 ^{er} juillet 2006	Pas de retraitement
Concept de gestion des déchets	Stockage géologique en profondeur avec barrières techniques	Stockage géologique en profondeur avec barrières techniques
	Fixation d'un agenda par étapes en vue de dépôts géologiques profonds	Fixation d'un agenda par étapes en vue de dépôts géologiques profonds
	Financement par les exploitants des centrales (Couverture des coûts actuels et des provisions dans un fonds contrôlé par l'Etat).	Financement par les exploitants des centrales (Couverture des coûts actuels et des provisions dans un fonds contrôlé par l'Etat).
Géologie	Socle cristallin, couches sédimentaires épaisses, exploration partiellement complexe, limitation du choix de sites par la tectonique (Alpes et Jura).	Socle cristallin, pratiquement sans sédiments. Exploration facile, nombreux sites appropriés sur de grandes régions du pays.
Etat d'avancement du concept de gestion	Entreposage dans les centrales nucléaires: Centre d'entreposage ZWILAG en service depuis 2001 à Würenlingen (stockage à sec).	Entreposage dans les centrales nucléaires: Centre d'entreposage CLAB en service depuis 1985 à Oskarshamn (stockage humide).
	Dépôt profond pour déchets de faible et de moyenne activité: approbation en 1988 par le Conseil fédéral de la démonstration de la faisabilité. Plan sectoriel en cours pour le choix du site. Décision du Conseil fédéral sur le site prévue d'ici 2016/2018. Mise en service en 2030 au plus tôt.	Dépôt profond pour déchets de faible et de moyenne activité en service depuis 1988 à Forsmark. Conçu uniquement pour les déchets provenant de l'exploitation actuelle des centrales nucléaires. Extension dans les prochaines années pour pouvoir emmagasiner également les déchets issus du démantèlement.
	Dépôt profond pour déchets de haute activité et combustible usé: approbation en 2006 par le Conseil fédéral de la démonstration de la faisabilité. Plan sectoriel en cours pour le choix du site. Décision du Conseil fédéral sur le site prévue d'ici 2016/2018. Mise en service en 2040 au plus tôt.	Dépôt profond pour combustible usé: choix provisoire du site (Forsmark) en juin 2009 par la société de gestion des déchets SKB; présentation de la demande d'autorisation prévue pour 2010. Décision définitive du gouvernement sur le site. Mise en service prévue pour 2023.
	Laboratoires souterrains en service du Grimsel (granite) dans le canton de Berne et du Mont Terri (argile) dans le canton du Jura	Laboratoire souterrain en service à Oskarshamn (granite)