dépôts géologiques pour déchets radioactifs

la réversibilité

nagra

De quoi s'agit-il?

Afin de protéger l'homme et l'environdéchets radioactifs nement. les doivent être isolés pendant des dizaines, voire des centaines de milliers d'années. Les dépôts géologiques profonds (voir fig. 1), implantés à plusieurs centaines de mètres sous la surface du sol, sont conçus pour confiner la radioactivité en toute sécurité sur de longues périodes. Ceci, sans que la société doive s'en occuper. Ces principes, formulés par l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA)¹, sont admis tant par la Suisse² que par de nombreux autres pays. Stockés en surface ou à faible profondeur, les déchets à longue durée de vie devraient être surveillés en permanence. Mais personne ne peut prédire combien de temps la société sera en mesure d'assurer cette surveillance.

¹ AIEA : Principes fondamentaux de sûreté

² Loi sur l'énergie nucléaire (LENu)

(Références : voir bibliographie)

La Nagra a pour tâche de planifier et mettre en œuvre des dépôts en couches géologiques profondes. Ce faisant, elle doit tenir compte des attentes de la société: surveillance des dépôts et possibilité de récupérer les déchets (ou «récupérabilité», l'un des composants d'une approche «réversible»).

Le cadre juridique

La législation sur l'énergie nucléaire (voir encadré ci-dessous) exige, entre autres, que les déchets radioactifs stockés en profondeur puissent être retirés du dépôt et que les opérations de récupération fassent l'objet d'une démonstration pratique préalable. Il doit être possible de récupérer les déchets moyennant des efforts «raisonnables» jusqu'à la fermeture complète du dépôt.

Un projet peaufiné dans le moindre détail

La Nagra travaille sur un projet de dépôt qui offre des marges importantes en matière de sûreté. Il est donc peu probable qu'une récupération des déchets soit motivée par des questions de sûreté. La géologie du site doit répondre à des exigences strictes. C'est pourquoi la Nagra étudie en détail le sous-sol géologique et les phénomènes susceptibles d'avoir un impact sur le dépôt. Afin d'être prête à toute éventualité, tout en accordant aux générations futures une large liberté de décision, elle doit élaborer un concept de récupération qui évoluera au fil du temps.

La réversibilité : que dit la loi ?

L'autorisation d'exploiter un dépôt en profondeur est accordée si [...]

• la récupération des déchets radioactifs est raisonnablement possible jusqu'à la fermeture éventuelle du dépôt en profondeur.

(Article 37, paragraphe 1, al. b de la loi sur l'énergie nucléaire)

Un dépôt géologique en profondeur doit être conçu de manière [...]

 que les dispositions prises pour faciliter la surveillance et la réparation du dépôt ou pour récupérer les déchets ne portent pas atteinte aux barrières de sécurité passive après la fermeture du dépôt.
 (Article 11, paragraphe 2, al. c de l'ordonnance sur l'énergie nucléaire)

Les techniques qui comptent pour la sécurité et leur fiabilité doivent être testées avant la mise en service du dépôt en couches géologiques profondes. Cela concerne en particulier [...]

- l'extraction du matériau [de remplissage] pour une éventuelle récupération des colis de déchets;
- la technique de récupération des colis de déchets. (Article 65, paragraphe 2, al. b et c de l'ordonnance sur l'énergie nucléaire)

La réversibilité: quelles exigences?

Les déchets radioactifs peuvent être stockés passivement en toute sécurité dans des dépôts géologiques profonds (voir fig. 1). Les générations futures n'auront alors plus l'obligation de s'en occuper, mais conserveront toutefois un certain champ d'action.

Autoriser la récupération

Dès 2001, le groupe d'experts fédéral pour les modèles de gestion des déchets radioactifs (EKRA) a établi³ que la possibilité de reprendre les déchets constituait elle aussi une exigence sociétale. La capacité de récupérer les déchets a ensuite été inscrite dans la loi sur l'énergie nucléaire. Le législateur a également prévu une phase d'observation avant la fermeture complète du dépôt, ainsi qu'une installation de stockage pilote dans laquelle une part représentative des déchets fera l'objet d'une surveillance.

Si, malgré une planification minutieuse, les activités de surveillance révélaient un problème de sûreté imprévu, ou encore inconnu à ce jour, les autorités ordonneraient la récupération des déchets. Du fait qu'une partie des déchets radioactifs est constituée d'éléments combustibles usés, il est envisageable que les générations futures souhaitent les récupérer pour les utiliser comme matière première pour la production d'énergie. Une récupération des déchets pourrait aussi être ordonnée afin de mettre en œuvre un autre mode de stockage.

La Suisse n'est pas la seule à prendre en compte la récupération des déchets dans son concept de stockage : il en va de même dans d'autres pays, comme par exemple en France⁴.

Ne pas compromettre la sûreté à long terme

Les mesures visant à assurer la récupérabilité des déchets ne doivent ni porter atteinte aux barrières techniques, ni compromettre la sûreté à long terme⁵. Allonger la période d'ouverture du dépôt pourrait avoir un impact négatif sur les conditions ambiantes. C'est pourquoi les ouvrages de stockage seront remblayés au fur et à mesure. En outre, le dépôt ne pourra rester ouvert que durant une période de surveillance limitée⁶.

³ Rapport final EKRA

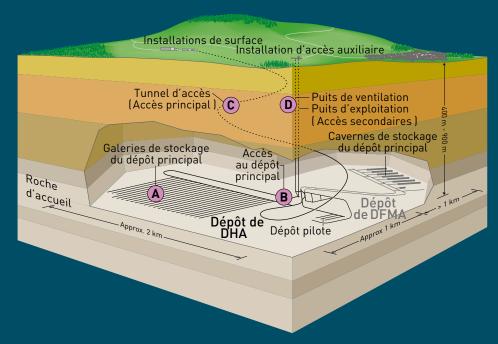
4 OCDE/AEN, AIEA 2009

⁵ Directive ENSI-G03: Chapitre 4.2, paragraphe g

⁶ Rapport d'évaluation de l'OFEN

(Références: voir bibliographie)

Figure 1 Schéma d'un dépôt géologique profond (dépôt combiné). Les déchets de haute activité sont acheminés par l'accès principal (C) via (B) vers les galeries de stockage (A). L'accès est également assuré par les deux puits (D). La mise en place des déchets de faible et moyenne activité dans les cavernes de stockage s'effectue de facon similaire.



Faciliter la récupération

Afin d'assurer qu'une récupération soit «raisonnablement possible», on fera en sorte de documenter l'emplacement des colis de déchets, d'agencer les galeries et les cavernes en conséquence et de sélectionner un matériau de remblayage facile à retirer. Il est également important de disposer de conteneurs de stockage résistants sur le plan mécanique et de développer suffisamment tôt les systèmes de manutention nécessaires à une éventuelle récupération.

Procéder par étapes

Vers 2029, le Conseil fédéral décidera du site où les dépôts seront construits. Comme base de décision, la Nagra soumettra les rapports correspondants et déposera une demande d'autorisation générale vers 2024. A cette occasion, elle devra présenter une ébauche du concept de récupération des déchets (voir fig. 2) et indiquer quand et comment le dépôt géologique devra être fermé. Un concept détaillé de récupération devra être prêt lors du

dépôt de la demande de permis de construire. Il devra spécifier la méthode de récupération et abordera les questions des coûts, du calendrier et de l'exposition aux radiations. A l'aide d'un test mené dans des conditions réalistes, la Nagra devra démontrer que la récupération des déchets est techniquement possible au moment où elle déposera la demande d'autorisation d'exploiter. A chaque étape, la Nagra tiendra compte de l'évolution de la science et de la technologie.

Construire un dépôt sûr, c'est possible

La loi sur l'énergie nucléaire exige une démonstration de la faisabilité du stockage des déchets radioactifs. Il s'agit de prouver que les dépôts en couches géologiques profondes sont en principe réalisables en Suisse. Le Conseil fédéral a accepté la démonstration de faisabilité présentée par la Nagra: dès 1988 pour les déchets de faible et moyenne activité (DFMA), en 2006 pour les déchets de haute activité (DHA).

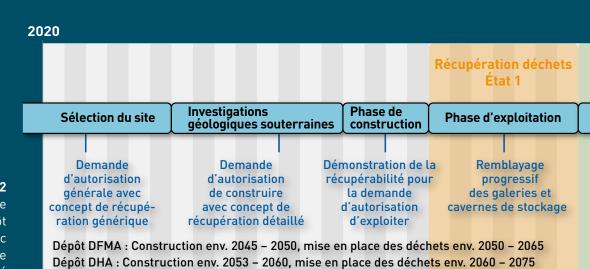


Figure 2
Plan schématique de
mise en œuvre d'un dépôt
géologique profond avec
les trois statuts de
récupérabilité

La réversibilité au fil du temps

De manière simplifiée, on distingue trois «états» du dépôt, qui correspondent à différents statuts au regard de la récupération des déchets. La liste ci-dessous se réfère aux déchets de haute activité (voir figs 1 et 2):

État 1: Les galeries de stockage (A) sont remblayées en continu pendant le stockage des déchets. L'accès au dépôt principal (B) et les accès depuis la surface (C et D) sont encore ouverts.

État 2: Les galeries de stockage (A), l'accès au dépôt principal (B) et l'accès principal (C) sont remblayés et fermés. L'accès secondaire (D) depuis la surface du sol reste ouvert. Le dépôt pilote fait l'objet d'un suivi.

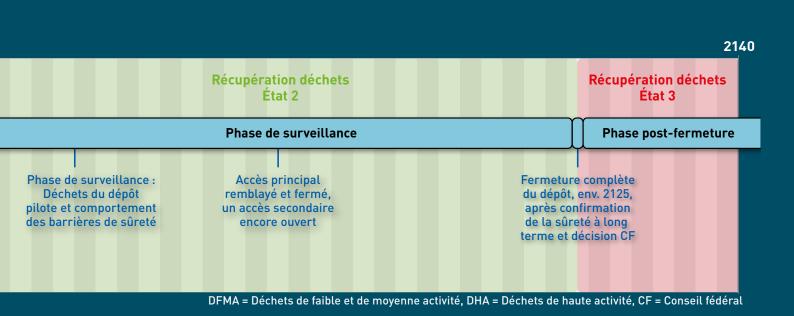
État 3: Toutes les galeries et tous les accès à la surface sont remblayés et fermés (A à D).

Au fur et à mesure que l'on avance vers un mode de fonctionnement passif, la récupération des déchets va exiger un effort plus important (voir fig. 4). Durant l'état 1, cet effort sera à peu près équivalent à celui qui a été consenti pour emmagasiner les déchets. Il va ensuite augmenter régulièrement lorsque l'on évolue de l'état 1 à l'état 3.

Pendant la phase d'observation qui s'étendra sur plusieurs décennies, les déchets stockés dans le dépôt pilote et le comportement des barrières techniques vont faire l'objet d'un suivi. Ceci afin de collecter des données supplémentaires pour confirmer la sûreté à long terme du dépôt. Lorsque l'on aura acquis une confiance suffisante dans la sûreté du dépôt, le Conseil fédéral pourra ordonner sa fermeture complète. L'intégrité des conteneurs de déchets doit être garantie pour autoriser une récupération jusqu'à la fin de la phase de surveillance⁷. A l'état 3, une récupération des déchets est toujours possible, mais l'effort nécessaire sera plus important.

Les difficultés liées à la récupération des déchets sont proportionnelles à la période écoulée depuis la fermeture complète du dépôt.

⁷ L'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN) exige par ailleurs dans la directive ENSI-G03 que, du point de vue de la sûreté à long terme, les conteneurs de stockage des déchets de haute activité demeurent étanches pendant au moins 1000 ans. Selon les expériences et calculs effectués, l'étanchéité des conteneurs de dépôt en acier actuellement prévus est assurée sur environ 10 000 ans.



La récupération en pratique

Le dépôt de DHA

La description qui suit concerne la récupération, au cours de l'état 2 du dépôt, de conteneurs stockés dans une galerie de stockage pour déchets de haute activité (DHA).

Lors de l'accès à l'installation de stockage principale (B), le matériau de remblayage doit d'abord être extrait et le tunnel sécurisé si nécessaire. Ensuite, l'ouvrage de scellement de la galerie concernée (A) est démantelé. Un véhicule télécommandé extrait le remblayage de bentonite. Le dernier conteneur de stockage mis en place est tracté par le véhicule (voir fig. 3). Ce dernier transporte le conteneur hors de la galerie afin qu'il soit ramené à la surface. La galerie ouverte est surveillée en continu et un soutènement mis en place. Cette procédure est répétée jusqu'au retrait des conteneurs concernés.

Le dépôt de DFMA

Les déchets de faible et moyenne activité (DFMA) sont stockés dans des conteneurs en béton, eux-mêmes placés dans des cavernes souterraines. Lors de l'emmagasinage, les vides

entre les conteneurs sont comblés avec un mortier mou qui peut être facilement retiré. Ceci permet de libérer les conteneurs concernés avant leur retrait de la caverne de stockage.

Une technologie déjà au point

Des véhicules de types divers sont d'ores et déjà en service dans le monde entier pour les besoins de l'industrie minière, où l'espace à disposition est aussi limité que dans un dépôt géologique profond. Ces véhicules servent à effectuer des forages dans la roche, sécuriser des galeries, évacuer les matériaux d'excavation ou encore soulever et transporter des charges de plusieurs tonnes, comparables aux conteneurs de dépôt. Du point de vue technique, la récupération des déchets est réalisable en utilisant de tels véhicules. Du point de vue légal, la Nagra doit prouver, à l'aide d'une expérience de démonstration menée avant la mise en place du premier conteneur, que la récupération des déchets est possible.





Une sûreté passive grâce aux dépôts géologiques

Dans un dépôt géologique profond, la sûreté à long terme est assurée par des barrières techniques et géologiques. Celle-ci maintiennent les déchets à l'écart de l'homme et de l'environnement, tout en protégeant les colis contre les phénomènes qui pourraient avoir un impact sur la sûreté. Dans un dépôt géologique profond pour déchets de haute activité, les barrières techniques comprennent le conteneur en acier, le remblayage des galeries de stockage et le scellement des voies d'accès avec de l'argile gonflante (bentonite).

Les ouvrages de stockage souterrains⁸ sont aménagés dans l'Argile à Opalinus, une roche argileuse imperméable à l'eau. Avec les couches rocheuses situées en dessus et en dessous, elle constitue la barrière géologique. Celle-ci assure la rétention à long terme des matières radioactives. Dans les régions envisagées pour l'implantation d'un dépôt, l'Argile à Opalinus se trouve à une profondeur de plusieurs centaines de mètres. Aux endroits jugés appropriés, elle est restée stable sur plusieurs millions d'années.

Comment parvenir à l'état de sûreté passive

Les mécanismes de sûreté passive vont être progressivement renforcés afin qu'une surveillance active ne soit plus nécessaire une fois le dépôt géologique fermé (voir fig. 4).

Le stockage des déchets en couches géologiques profondes est en soi un garant de sûreté. La sûreté passive sera encore renforcée par le remblayage et le scellement des ouvrages de stockage. Parallèlement, une surveillance active va devenir de moins en moins nécessaire, tandis qu'une récupération éventuelle des déchets se fera au prix d'un effort toujours plus grand. A l'étape suivante, tous les accès souterrains au dépôt principal (voir fig. 1) seront scellés. Pendant les quelques décennies de la phase d'observation, un accès depuis la surface restera ouvert pour surveiller le dépôt pilote. Lor'sque cet accès sera également scellé, la sécurité passive sera garantie. Une surveillance à long terme⁹ depuis la surface pourra aussi être ordonnée après la fermeture complète de l'installation, mais elle n'est pas nécessaire pour garantir sa sûreté.

La sûreté passive augmente

- 8 Le terme «ouvrage de stockage souterrain» recouvre à la fois les galeries de stockage pour les déchets de haute activité et les cavernes de stockage pour les déchets de faible et moyenne activité
- ⁹ Loi sur l'énergie nucléaire (LENu), art. 39, al. 3

(Références : voir bibliographie)

Remblayage et /ou Remblayage et /ou Dégradation lente Mise en place des Fermeture du scellement des scellement des dépôt profond galeries d'accès ouvrage souterrains Colis stocké dans Colis en stockage Colis dans Évolution à très de stockage les ouvrages ouvrage souintermédiaire stockage fermé long terme souterrains terrain scellé scellée Récupérabilité Les coûts de récupération augmentent Déchets avant mise en place dans le dépôt La facilité de récupération décroit Sûreté La surveillance active décroit

Figure 4
Evolution du degré de sécurité passive au fur et à mesure de la fermeture des installations de stockage (diagramme dérivé d'une figure de l'OCDE/AEN.

voir bibliographie).

Bibliographie/Pour en savoir plus

- « Principes fondamentaux de sûreté, AIEA, Collection Fondements de sûreté n° SF-1 », AIEA, 2007
- « Richtlinie für die schweizerischen Kernanlagen Spezifische Auslegungsgrundsätze für geologische Tiefenlager und Anforderungen an den Sicherheitsnachweis, ENSI-G03», IFSN, avril 2009 [en allemand]
- «Modèles de gestion des déchets radioactifs: Rapport final», EKRA, 31 janvier 2000
- « Réversibilité des décisions et récupérabilité des déchets radioactifs », OCDE/AEN, 2012
- «Geological Disposal of Radioactive Waste: Technological Implications for Retrievability», Nuclear Energy Series No. NW-T-1.19, AIEA, 2009
- « Plan sectoriel "Dépôts en couches géologiques profondes ": Rapport sur les résultats de la consultation concernant l'étape 2 (rapport d'évaluation) », OFEN, 21 novembre 2018
- Loi sur l'énergie nucléaire (LENu), état au 1er janvier 2020
- Ordonnance sur l'énergie nucléaire (OENu), état au 1er février 2019

Société coopérative pour le stockage des déchets radioactifs

Hardstrasse 73 BP 280 CH-5430 Wettingen

Tél. +41 56 437 11 11

info@nagra.ch www.nagra.ch

