

POURQUOI UN STOCKAGE PROFOND ?

INTRODUCTION

La question des déchets radioactifs a été abordée dès les années 1950 et les débuts de la production d'électricité d'origine nucléaire. Plusieurs voies de gestion sont alors imaginées.

C'est au cours des années 1960 et 1970 que le stockage commence à être considéré comme une possibilité de gestion au sein de la communauté scientifique internationale et notamment le stockage profond pour les déchets de haute activité et à vie longue.

Dans les années 1980, des investigations sont prévues pour rechercher des sites susceptibles d'accueillir des laboratoires souterrains. Mais les discussions restent limitées aux experts techniques et scientifiques et l'opinion publique s'oppose aux projets. Le Parlement se saisit alors de la question des déchets radioactifs et vote en 1991 une première loi qui définit un programme de recherche pour les déchets de haute activité et à vie longue. Après 15 ans de recherche, leur évaluation et un débat public, une seconde loi est votée en 2006. Elle retient le stockage profond comme solution de gestion à long terme de ces déchets afin de limiter la charge de leur gestion sur les générations futures.

2

- 2.1.
PLUSIEURS SOLUTIONS
À L'ÉTUDE PENDANT 15 ANS
.....page 22
- 2.2.
LES RÉSULTATS DES RECHERCHES
ET LEUR ÉVALUATION
.....page 22
- 2.3.
LE DÉBAT PUBLIC DE 2005/2006
.....page 23
- 2.4.
LA LOI DU 28 JUIN 2006 :
LE CHOIX DU STOCKAGE
.....page 24
- 2.5.
LOI DU 28 JUIN 2006 :
AUTRES AXES DE RECHERCHE
COMPLÉMENTAIRES AU
STOCKAGE PROFOND
.....page 25
- 2.6.
LA SITUATION
DANS LES AUTRES PAYS
.....page 25

Matières
radioactives

Loi de 2006

Texte complet

- V. Un décret détermine, en tant que de besoin, les conditions et modalités d'application du présent article, notamment dans le respect des normes comptables applicables, les modalités d'évaluation des charges mentionnées au I et de calcul des provisions prévues au II, ainsi que les informations que les exploitants sont tenus de rendre publiques et les règles de publicité y afférentes.

ations nucléaires de base
de base sont assimilées,
combustibles usés et déchets

Article 6-I de la loi n° 2006-739

Article L. 542-1-2

- I. Un plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs dresse le bilan des modes de gestion existants des matières et des déchets radioactifs, recense les besoins prévisibles d'installations d'entreposage ou de stockage, précise les capacités nécessaires pour ces installations et les durées d'entreposage et, pour les déchets radioactifs qui ne font pas encore l'objet d'un mode de gestion définitif, détermine les objectifs à atteindre.

Conformément aux orientations définies aux articles 3 et 4 de la loi n° 2006-739 du 28 juin 2006 de programme relative à la gestion durable des matières et des déchets radioactifs, le plan national organise la mise en œuvre des recherches et études sur la gestion des matières et des déchets radioactifs en fixant des échéances pour la mise en œuvre de nouveaux modes de gestion, la création d'installations ou la modification des installations existantes de nature à répondre aux besoins et aux objectifs définis au premier alinéa.

Il comporte, en annexe, une synthèse des réalisations et des recherches conduites dans les pays étrangers.

- II. Le plan national et le décret qui en établit les prescriptions respectent les orientations suivantes :

- 1° La réduction de la quantité et de la nocivité des déchets radioactifs est recherchée notamment par le traitement des combustibles usés et le conditionnement des déchets radioactifs ;

Les déchets radioactifs en attente de traitement et les déchets en attente d'un stockage sont entreposés dans des installations spécialement aménagées à cet usage ;

Les déchets radioactifs ultimes ne pouvant pour des raisons de sécurité nucléaire ou de radioprotection être stockés dans des installations de profondeur font l'objet d'un stockage en mer.

Le plan est mis à jour tous les trois ans par le décret pris en application de la loi n° 2006-739, soumis au Parlement, qui en saisit pour avis le Comité d'évaluation des choix scientifiques et technologiques.

Le décret est pris en application des dispositions administratives, notamment les articles L. 1333-4 du code de la santé publique et L. 542-1-2 du code de l'environnement, avec les prescriptions du décret n° 2006-739.

2006-739

code de l'environnement est
2006.

739

à vie longue produits

39

en provenance
traitement de
étranger.

Article L. 1333-10 du code de la santé publique

Le chef d'une entreprise utilisant des matériaux contenant des radionucléides naturels non utilisés pour leurs propriétés radioactives, fissiles ou fertiles met en œuvre des mesures de surveillance de l'exposition, lorsque celle-ci est de nature à porter atteinte à la santé des personnes, ainsi que les mesures nécessaires pour assurer leur protection.

L'obligation de surveillance incombe également aux propriétaires ou exploitants de lieux ouverts au public ou de certaines catégories d'immeubles bâtis situés dans les zones géographiques où l'exposition aux rayonnements naturels est susceptible de porter atteinte à la santé. Les zones géographiques concernées sont définies par arrêté des ministres chargés de la santé, du travail, de la construction et de l'écologie, pris après avis de l'Autorité de sûreté nucléaire. Lorsque le niveau d'activité du radon et de ses descendants atteint le seuil fixé en application du dernier alinéa, les propriétaires, ou à défaut les exploitants, des immeubles concernés sont tenus de mettre en œuvre les mesures nécessaires pour réduire l'exposition et assurer la santé des personnes.

Les conditions d'application des deux précédents alinéas, en particulier les catégories d'immeubles concernées par l'obligation de surveillance, les niveaux maximaux d'activité et les mesures nécessaires pour réduire l'exposition et assurer la santé des personnes, sont définies par décret en Conseil d'État.

Article L. 1333-4 du code de la santé publique

Les activités mentionnées à l'article L. 1333-1 sont soumises à un régime d'autorisation ou de déclaration, selon les caractéristiques et les utilisations des sources mentionnées à cet article. La demande d'autorisation ou de déclaration comporte la mention de la personne responsable de l'activité. L'Autorité de sûreté nucléaire accorde les autorisations et reçoit les déclarations.

Toutefois, certaines de ces activités peuvent être exemptées de l'obligation de déclaration ou d'autorisation préalable lorsque la radioactivité des sources d'exposition est inférieure à des seuils fixés par voie réglementaire.

Tiennent lieu de l'autorisation prévue au premier alinéa l'autorisation délivrée en application de l'article L. 162-4 du code de l'environnement et les autorisations délivrées aux installations nucléaires de base en application des dispositions de la loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire. Les installations ou activités concernées ne sont pas soumises aux dispositions prévues au 3° de l'article L. 1333-5.

Les dispositions de l'alinéa précédent ne s'appliquent pas aux activités destinées à la médecine, à la biologie humaine ou à la recherche médicale, biomédicale et vétérinaire.

Article L. 541-45 du code de l'environnement

Les agents verbalisateurs ont libre accès aux installations de gestion des déchets, aux

2006-739

Le montant de ces
et de « diffusion
ation d'un coefficient
Conseil d'État après
à l'article L. 542-11
nt » et de « diffusion
ancement, en fonction
avant pas être stockés

2006-739	
« Diffusion technologique »	
[0,6-1]	
[0,6-1]	
[0,6-1]	
[0,6-1]	

ation et jusqu'à
ents pour 2007
mpagnement »
isées dans le

es et déchets actifs

rogramme du 28 juin 2006

solidé par l'Andra en date du 20 septembre 2011



2.1. Plusieurs solutions à l'étude pendant 15 ans



Le Parlement s'est activement saisi de la question de la gestion des déchets radioactifs dès 1991. **Une**

Loi « Bataille » du 30 décembre 1991 : première loi sur la gestion des déchets radioactifs.

première loi sur la gestion des déchets radioactifs, dite « loi Bataille », du nom de son rapporteur, a fixé les grandes orientations des recherches à mener sur la gestion des déchets à haute activité et à vie longue.

Trois axes ont été retenus :

1 / LA SÉPARATION ET LA TRANSMUTATION DES RADIONUCLÉIDES À VIE LONGUE PRÉSENTS DANS LES DÉCHETS

Étudiée par le Commissariat à l'énergie atomique (CEA), l'objectif de cette technique est de réduire la quantité et la nocivité des déchets radioactifs. Le principe consiste, dans une première étape, à séparer les différents radionucléides contenus dans les déchets les uns des

autres. Une seconde étape vise ensuite à transformer, par une série de réactions nucléaires, ceux à vie longue en radionucléides à vie plus courte.

2 / L'ENTREPOSAGE DE LONGUE DURÉE

Les recherches, également menées par le CEA, avaient pour objectif d'étudier des concepts d'installations d'entreposage, en surface ou à faible profondeur, conçues pour des durées longues (de l'ordre de 300 ans).

3 / LE STOCKAGE PROFOND

Cet axe de recherche a été confié à l'Andra qui a été chargée d'identifier des sites géologiques favorables à l'implantation d'un centre de stockage profond et d'en étudier la sûreté et la faisabilité.

La loi avait prévu **15 années de recherche** afin que chaque axe puisse faire l'objet d'une proposition étayée scientifiquement et techniquement. **Un nouveau rendez-vous avec le Parlement avait été fixé à l'horizon 2006.**

2.2. Les résultats des recherches et leur évaluation

En 2005, l'Andra et le CEA ont remis à l'État les résultats des recherches menées sur les trois axes.

1 / LA SÉPARATION/TRANSMUTATION

Les résultats du CEA ont montré que **la séparation/transmutation ne supprime pas la nécessité d'un stockage profond** car elle ne serait applicable qu'à certains radionucléides contenus dans les déchets, ceux de la famille de l'uranium, appelés actinides mineurs (américium, curium, neptunium). Par ailleurs, les installations nucléaires nécessaires à la mise en œuvre d'une telle technique produiraient des déchets qui nécessiteraient aussi d'être stockés en profondeur pour des raisons de sûreté.

2 / L'ENTREPOSAGE DE LONGUE DURÉE

Le CEA a conclu que les concepts d'installations étudiés présentaient une robustesse particulière aux aléas externes, techniques ou sociétaux, mais **nécessitaient une surveillance et un contrôle pendant toute leur durée de vie pour garantir la possibilité de récupérer les colis de déchets entreposés**. En effet, quels que soient les concepts, il reste indispensable de reprendre les colis de déchets lorsque les entrepôts ont atteint leur fin de vie, éventuellement de les reconditionner, et de construire de nouveaux entrepôts.

Après analyse de ces résultats, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a estimé que **l'entreposage de longue**

durée ne constituait pas une solution définitive car il supposait de maintenir un contrôle de la part de la société et la reprise des déchets par les générations futures, ce qui semble difficile à garantir sur des périodes de plusieurs centaines d'années.

3 / LE STOCKAGE PROFOND

En s'appuyant sur l'ensemble des recherches, réalisées notamment lors des campagnes de reconnaissance géologique et dans son Laboratoire souterrain, **l'Andra a montré que la couche d'argile sur le site étudié en Meuse/Haute-Marne présente toutes les caractéristiques favorables pour accueillir un stockage profond de déchets radioactifs, sûr à long terme.** Ces résultats, ainsi que les orientations techniques pour la conception et le fonctionnement du futur stockage, ont été **évalués par la Commission nationale d'évaluation (CNE) mise en place par le Parlement et l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN).** À la demande du Gouvernement, les travaux de l'Andra ont également fait l'objet d'une revue par un groupe international d'experts. **Ces évaluations ont confirmé les résultats de l'Andra** sur la faisabilité et la sûreté d'un stockage profond sur le site étudié en Meuse/Haute-Marne.

Avis de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) du 1^{er} février 2006 sur les recherches menées dans le cadre de la loi du 30 décembre 1991.

« L'ASN considère que la faisabilité technologique de la séparation et de la transmutation n'est pas acquise à ce jour. Même en cas de mise en œuvre d'une telle solution, l'élimination des déchets radioactifs de haute activité et à vie longue ne sera pas totale. Une autre solution de référence est nécessaire ».

« L'ASN considère que l'entreposage de longue durée ne peut pas constituer une solution définitive pour la gestion des déchets radioactifs de haute activité à vie longue. »

« Le dossier 2005 argile, remis par l'ANDRA à ses ministres de tutelle, en juin 2005, a été instruit par l'IRSN et a fait l'objet d'un avis du groupe permanent d'experts en charge des déchets radioactifs dans la séance du 12 au 13 décembre 2005. Ces examens mettent en évidence que des résultats majeurs relatifs à la faisabilité et à la sûreté d'un stockage ont été acquis sur le site de Bure. L'ASN considère que le stockage en formation géologique profonde est une solution de gestion définitive qui apparaît incontournable. »

2.3. Le débat public de 2005/2006

Les résultats des recherches menées dans le cadre de la loi de 1991 ont également fait l'objet d'un débat public national sur la politique de gestion des déchets radioactifs qui s'est ouvert à la fin de l'année 2005. Organisé par la Commission nationale du débat public (CNDP) à la demande des ministères en charge de l'environnement et de l'industrie, ce débat a réuni 3 000 participants lors de 13 réunions publiques pour échanger sur les différentes voies de gestion étudiées.

Le débat public s'est terminé début 2006.

Le *Compte rendu* du débat public a fait émerger deux options, l'entreposage et le stockage et un choix éthique : *« faire confiance à la société ou à la géologie »*. L'une des

options retient le stockage géologique comme solution en tenant compte de l'exigence de réversibilité ; la seconde option consiste à mettre en place un « double programme d'essais *in situ* », l'un à Bure pour le stockage géologique, l'autre sur un site à déterminer pour l'entreposage de longue durée et à renvoyer la décision autour de 2020.



2.4. La loi du 28 juin 2006 : le choix du stockage

Sur la base des résultats des 15 années de recherche, de leur examen par les différents évaluateurs et du débat public de 2005/2006, le Gouvernement a préparé un projet de loi, comme prévu par la loi de 1991.

Avec la loi du 28 juin 2006, **le Parlement entérine le choix du stockage profond réversible pour la gestion à long terme des déchets HA et MA-VL** et fixe des échéances pour sa mise en œuvre. Cette décision répond à l'objectif de mettre en sécurité définitivement les déchets radioactifs pour **limiter les charges qui seront supportées par les générations futures**.

L'Andra a été chargée de poursuivre les études et les recherches afin de concevoir et d'implanter un centre de stockage profond de telle sorte que sa demande d'autorisation puisse être instruite en 2015. Sous réserve de son autorisation, la loi prévoit sa **mise en service en 2025**. Le Parlement a également demandé que ce stockage soit **réversible** pour une durée d'au moins 100 ans. Les conditions de cette réversibilité seront définies par une future loi qui devra être votée avant que le stockage puisse être autorisé.

Un nouveau débat public est prévu avant le dépôt de la demande d'autorisation du stockage.

La loi du 28 juin 2006 relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs :

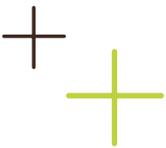
« L'entreposage de matières ou de déchets radioactifs est l'opération consistant à placer des substances à titre temporaire dans une installation spécialement aménagée en surface ou en faible profondeur à cet effet, dans l'attente de les récupérer. »

« Le stockage de déchets radioactifs est l'opération consistant à placer ces substances dans une installation spécialement aménagée pour les conserver de façon potentiellement définitive. »

« Après entreposage, les déchets radioactifs ultimes ne pouvant pour des raisons de sûreté nucléaire ou de radioprotection être stockés en surface ou en faible profondeur font l'objet d'un stockage en couche géologique profonde. »

Concernant le stockage profond :

« Les études et recherches correspondantes sont conduites en vue de choisir un site et de concevoir un centre de stockage de sorte que, au vu des résultats des études conduites, la demande de son autorisation prévue à l'article L. 542-10-1 du code de l'environnement puisse être instruite en 2015 et, sous réserve de cette autorisation, le centre mis en exploitation en 2025. »



UN PROCESSUS D'AUTORISATION SPÉCIFIQUE

La loi du 28 juin 2006 a fixé une procédure spécifique pour instruire la demande d'autorisation de création de Cigéo.

Le dossier de demande d'autorisation déposé par l'Andra en 2015 fera l'objet d'un avis de la Commission nationale d'évaluation, de l'Autorité de sûreté nucléaire, des collectivités territoriales et d'une évaluation par l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST) avant qu'une loi soit votée, pour fixer les conditions de réversibilité. Après cette loi, l'Andra devra compléter son dossier pour justifier la conformité à la loi. L'évaluation par l'ASN se poursuivra, une enquête publique aura lieu, avant que le décret d'autorisation puisse être signé. L'ensemble du processus prendra au moins trois ans.

Le décret d'autorisation du stockage fixera l'inventaire des déchets destinés au stockage dans Cigéo et définira les jalons d'évaluations et de points d'arrêt permettant d'accompagner le développement progressif de l'installation conformément à la logique de réversibilité.



2.5. Loi du 28 juin 2006 : autres axes de recherche complémentaires au stockage profond

La loi de 2006 décide également de **poursuivre les études sur la séparation/transmutation** qui doivent être conduites **en lien avec celles menées sur les futures générations de réacteurs** nucléaires et sur les réacteurs pilotés par accélérateur dédiés à la transmutation des déchets. Fin 2012, le CEA a remis au Gouvernement un dossier sur les perspectives industrielles de cette technique.

Concernant l'entreposage, les études et les recherches sont réorientées vers des études appliquées visant à l'extension d'installations existantes

ou la création de nouvelles installations. Les résultats obtenus ont d'ailleurs été pris en compte dans l'extension de l'entreposage de déchets HA en cours de construction par Areva à l'usine de La Hague. **La loi charge l'Andra de piloter ces études sur l'entreposage et d'en assurer la coordination avec celles sur le stockage profond dans une optique de complémentarité.** Fin 2012, l'Andra a réalisé un bilan des études et des recherches sur l'entreposage (dossier consultable sur www.debatpublic-cigeo.org).

2.6. La situation dans les autres pays

Les pays utilisant l'énergie électronucléaire **retiennent tous le stockage profond pour une gestion définitive** et sûre à long terme de leurs déchets les plus radioactifs.

De nombreux pays ont engagé des recherches sur le stockage géologique. Outre la France, c'est le cas par exemple des États-Unis, de la Finlande, de la Suède, du Canada, de la Chine, de la Belgique, de la Suisse, de l'Allemagne, du Royaume-Uni ou encore du Japon. Les concepts et les milieux géologiques choisis varient en fonction des pays. Le WIPP (*Waste isolation pilot plant*) aux États-Unis stocke depuis une dizaine d'années, à 700 m de profondeur, les déchets MA-VL issus des activités de défense américaines.

Toujours aux États-Unis, le projet de stockage profond de Yucca mountain a été interrompu en 2010. Cette même année, une commission a été créée (*Blue Ribbon Commission*) afin d'examiner toutes les alternatives permettant de gérer les combustibles usés et les déchets radioactifs de haute activité. Cette commission a conclu qu'il était nécessaire de reprendre les études pour la conception d'un stockage profond.

Concernant la Suède et la Finlande, les demandes d'autorisation de création de stockages en milieu granitique sont en cours d'instruction.

L'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) indique que « *la sûreté du stockage géologique est largement acceptée dans la communauté technique et de nombreux pays ont maintenant décidé d'aller de l'avant avec cette option* » (*The long term storage of radioactive waste : safety and sustainability - A position Paper of International Experts, AIEA 2003*).

En 2011, la directive européenne 2011/70/EURATOM du 19 juillet établissant un cadre communautaire pour la gestion responsable et sûre du combustible usé et des déchets radioactifs rappelle que le stockage géologique constitue actuellement la solution la plus sûre et la plus durable en tant qu'étape finale de la gestion des déchets de haute activité.



LE PRINCIPE DU STOCKAGE PROFOND

La dangerosité des déchets radioactifs diminue au fil du temps du fait de la décroissance naturelle de la radioactivité qu'ils contiennent. Le principe du stockage profond consiste à confiner ces déchets et à les isoler de l'homme et de l'environnement sur de très longues échelles de temps.

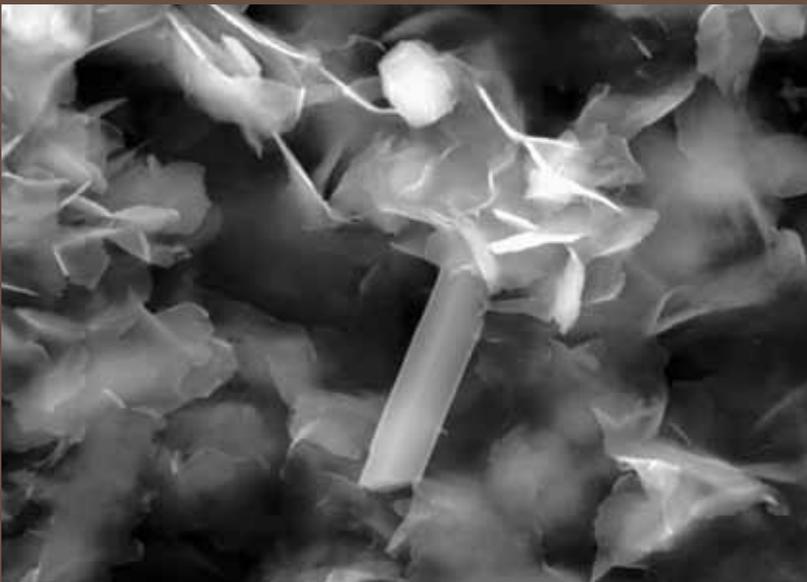
1 / LES COLIS DE DÉCHETS

La sûreté du stockage profond s'appuie dans un premier temps sur les matériaux utilisés pour conditionner les déchets. Ces matériaux sont choisis pour leur robustesse et leur capacité à limiter ou ralentir le relâchement des radionucléides contenus dans les déchets. Il s'agit par exemple d'acier, utilisé pour la fabrication des conteneurs de stockage dans lesquels sont placés les déchets les plus radioactifs (déchets HA), qui reste étanche pendant plusieurs centaines d'années. Ces déchets sont également incorporés dans un verre qui se dissout très lentement, retardant ainsi le relâchement des radionucléides qui s'étale sur plusieurs centaines de milliers d'années. Le béton, utilisé pour les déchets MA-VL, contribue également à ralentir la migration des radionucléides.

2 / LA ROCHE ARGILEUSE : UNE ROCHE IMPERMÉABLE

Lorsque des radionucléides seront relâchés par les colis de déchets, la roche argileuse prendra le relais comme barrière naturelle imperméable. La grande majorité des radionucléides relâchés n'atteindront jamais la surface. Certains, comme ceux de la famille de l'uranium, sont en effet très peu mobiles dans l'argile et ne parcourront que quelques mètres en plusieurs centaines de milliers d'années. D'autres auront perdu leur radioactivité, du fait de la décroissance naturelle de la radioactivité.

Seuls quelques radionucléides mobiles et dont la durée de vie est longue (essentiellement l'iode 129 et le chlore 36) pourront migrer jusqu'aux limites de la couche d'argile qu'ils atteindront après plusieurs dizaines de milliers d'années, puis potentiellement atteindre ensuite la surface en quantités extrêmement faibles, après plus de 100 000 ans. Ainsi, grâce à l'épaisseur de la couche d'argile, plus de 130 mètres, le déplacement de ces radionucléides est étalé sur une durée supérieure à la centaine de milliers d'années, ce qui rend leur impact potentiel sur l'homme et l'environnement largement inférieur à celui de la radioactivité naturellement présente dans l'environnement.



Argile vue au microscope électronique à balayage.

La profondeur du stockage, sa conception et son implantation dans une roche argileuse imperméable et dans un environnement géologique stable permettent de mettre les déchets à l'abri des activités humaines et des événements naturels de surface (comme l'érosion) et d'isoler les déchets HA et MA-VL de l'homme sur de très longues échelles de temps. Une fois l'installation refermée, celle-ci ne nécessite plus d'actions humaines. Ainsi, la charge de la gestion de ces déchets n'est pas reportée sur les générations futures.



1

Les déchets radioactifs sont d'abord conditionnés dans des colis conçus pour confiner les substances qu'ils contiennent.

2

Ces colis seront ensuite placés dans des ouvrages souterrains qui formeront une seconde protection pendant l'exploitation du stockage.

3

Au fil du temps, les colis et les ouvrages se dégraderont petit à petit au contact de l'eau contenue dans la roche. Après plusieurs centaines d'années, certains radionucléides pourront se dissoudre dans cette eau.

4

C'est là que l'argile, roche imperméable, prend le relais pour retenir ces radionucléides et freiner leur déplacement. Le stockage permet ainsi de garantir leur confinement sur de très longues échelles de temps.

5

Seuls certains radionucléides, très mobiles et à vie longue, pourront migrer jusqu'aux limites de la couche d'argile, de manière très étalée dans le temps (plus d'une centaine de milliers d'années). Cet étalement atténuera fortement leur concentration.

6

Les différentes voies potentielles de transfert de ces radionucléides jusqu'à l'homme ont été étudiées. Leur impact radiologique sera inférieur à celui de la radioactivité naturelle.

- Radionucléides peu mobiles
- Radionucléides mobiles