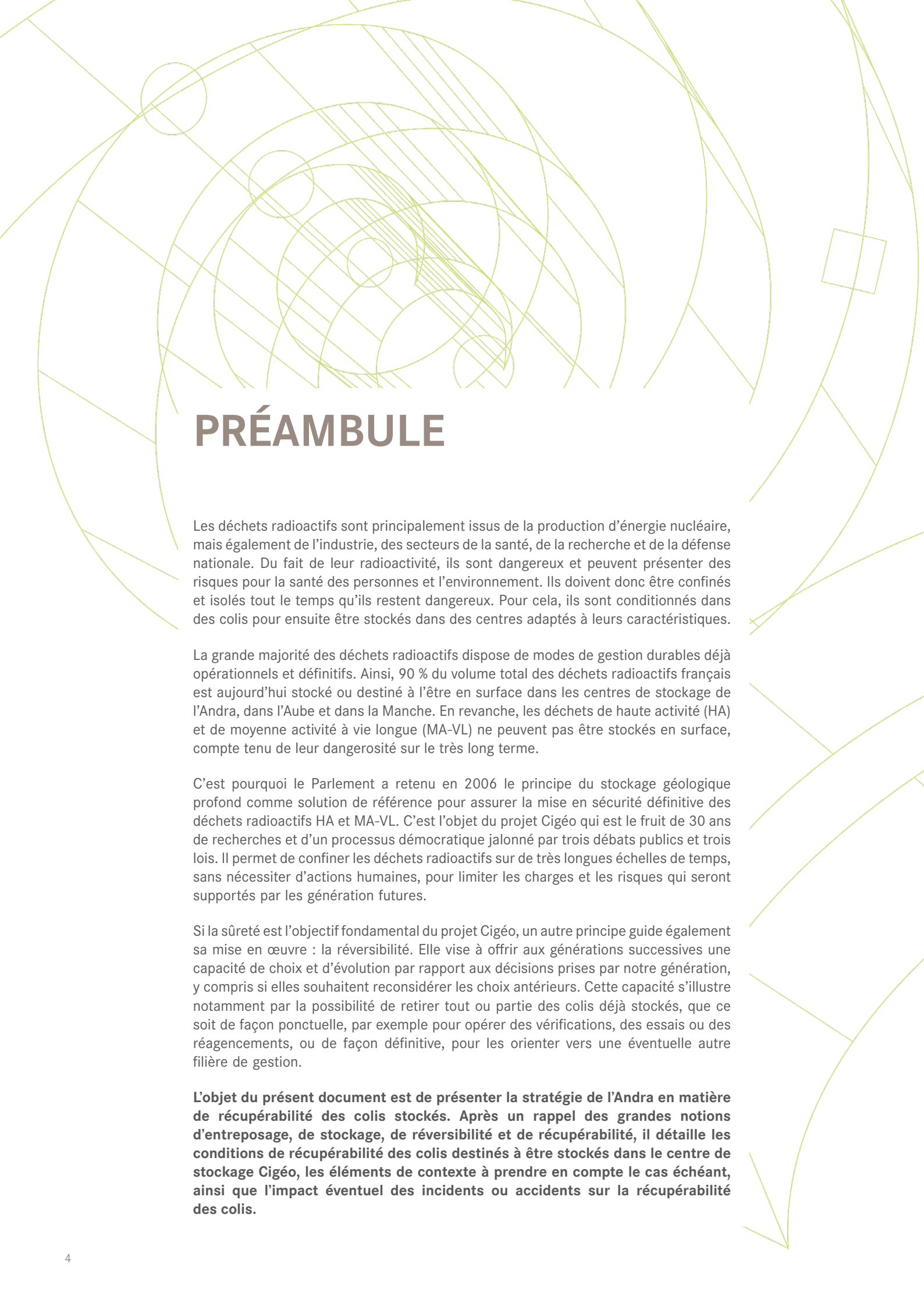


La récupérabilité des colis de déchets stockés dans Cigéo

Janvier 2021

SOMMAIRE

Préambule	4
Rappel des grandes notions	5
L'entreposage et le stockage	5
• L'entreposage	5
• Le stockage	7
• L'entreposage et le stockage sont complémentaires	9
Réversibilité et récupérabilité	10
• La réversibilité	10
• La récupérabilité	11
La récupérabilité des colis dans Cigéo	12
Les objectifs de récupérabilité	12
Les dispositions mises en place pour la récupérabilité dans la conception du centre de stockage Cigéo	13
La durée de la récupérabilité	15
L'échelle de récupérabilité	16
Conclusions sur la récupérabilité des colis de déchets stockés dans Cigéo	19
Au-delà de Cigéo, la récupérabilité au niveau de la gestion globale des déchets	20
Décision alternative au stockage	20
Les moyens de gestion des colis de déchets retirés de Cigéo	21
Les temps de retrait des colis comparés au temps de développement des moyens nécessaires aux solutions alternatives de gestion des colis retirés	22
Le moment de la décision – analyse au-delà de Cigéo	23
Conclusions	23
La gestion des situations incidentelles et accidentelles	24
La mise à l'état sûr du centre de stockage Cigéo ne repose pas sur des opérations de retrait	24
Le cas très peu probable de l'occurrence d'une situation extrême	25
Des dispositions liées à la sûreté qui participent au maintien de la capacité à retirer les colis stockés	26
Les essais de retrait en situations dégradées lors de la phase industrielle pilote	27
Conclusions	27
Annexes	29
Annexe 1 ~ Principes régissant le stockage géologique	30
Annexe 2 ~ Principaux jalons du développement du projet	31
Annexe 3 ~ Échelle internationale de récupérabilité de l'AEN	32



PRÉAMBULE

Les déchets radioactifs sont principalement issus de la production d'énergie nucléaire, mais également de l'industrie, des secteurs de la santé, de la recherche et de la défense nationale. Du fait de leur radioactivité, ils sont dangereux et peuvent présenter des risques pour la santé des personnes et l'environnement. Ils doivent donc être confinés et isolés tout le temps qu'ils restent dangereux. Pour cela, ils sont conditionnés dans des colis pour ensuite être stockés dans des centres adaptés à leurs caractéristiques.

La grande majorité des déchets radioactifs dispose de modes de gestion durables déjà opérationnels et définitifs. Ainsi, 90 % du volume total des déchets radioactifs français est aujourd'hui stocké ou destiné à l'être en surface dans les centres de stockage de l'Andra, dans l'Aube et dans la Manche. En revanche, les déchets de haute activité (HA) et de moyenne activité à vie longue (MA-VL) ne peuvent pas être stockés en surface, compte tenu de leur dangerosité sur le très long terme.

C'est pourquoi le Parlement a retenu en 2006 le principe du stockage géologique profond comme solution de référence pour assurer la mise en sécurité définitive des déchets radioactifs HA et MA-VL. C'est l'objet du projet Cigéo qui est le fruit de 30 ans de recherches et d'un processus démocratique jalonné par trois débats publics et trois lois. Il permet de confiner les déchets radioactifs sur de très longues échelles de temps, sans nécessiter d'actions humaines, pour limiter les charges et les risques qui seront supportés par les générations futures.

Si la sûreté est l'objectif fondamental du projet Cigéo, un autre principe guide également sa mise en œuvre : la réversibilité. Elle vise à offrir aux générations successives une capacité de choix et d'évolution par rapport aux décisions prises par notre génération, y compris si elles souhaitent reconsidérer les choix antérieurs. Cette capacité s'illustre notamment par la possibilité de retirer tout ou partie des colis déjà stockés, que ce soit de façon ponctuelle, par exemple pour opérer des vérifications, des essais ou des réagencements, ou de façon définitive, pour les orienter vers une éventuelle autre filière de gestion.

L'objet du présent document est de présenter la stratégie de l'Andra en matière de récupérabilité des colis stockés. Après un rappel des grandes notions d'entreposage, de stockage, de réversibilité et de récupérabilité, il détaille les conditions de récupérabilité des colis destinés à être stockés dans le centre de stockage Cigéo, les éléments de contexte à prendre en compte le cas échéant, ainsi que l'impact éventuel des incidents ou accidents sur la récupérabilité des colis.

RAPPEL DES GRANDES NOTIONS

L'ENTREPOSAGE ET LE STOCKAGE

L'entreposage

L'article L542-1-1 du code de l'environnement définit l'entreposage de matières ou de déchets radioactifs comme « *l'opération consistant à placer ces substances à titre temporaire dans une installation spécialement aménagée en surface ou en faible profondeur à cet effet, dans l'attente de les récupérer* ». Cette définition est équivalente à celles données par la directive européenne¹ et par l'AIEA².

L'entreposage est donc caractérisé par son caractère temporaire. Il constitue une mesure provisoire de mise en sécurité de matières ou de déchets. Il peut durer plusieurs décennies, en attente par exemple de la disponibilité d'une filière de conditionnement ou de stockage. Actuellement, les déchets HA et MA-VL déjà produits sont ainsi entreposés dans l'attente de la mise en œuvre du centre de stockage Cigéo, installation qui, si elle est autorisée, est destinée à les prendre en charge.

Dans le cadre de la gestion globale des déchets, les installations d'entreposage sont particulièrement adaptées à la prise en charge des déchets de haute activité en attente de leur décroissance thermique. En effet, au moment de leur production, ceux-ci produisent une quantité de chaleur de l'ordre de plusieurs milliers de Watt par colis. Ce phénomène est une contrainte de conception importante des installations qui les accueillent. Les dispositifs de ventilation (forcée ou naturelle) des entreposages permettent d'évacuer cette chaleur de façon optimisée. Au-delà d'une période de l'ordre du siècle, la décroissance thermique est plus lente et les gains pour le dimensionnement des installations sont moins importants. Des installations plus passives peuvent plus aisément prendre le relai pour leur gestion.

Les installations d'entreposage sont des bâtiments, constitués de béton et d'acier, qui comportent des équipements mécaniques et électriques. Ils ont une durabilité limitée. Le vieillissement et l'obsolescence la restreignent en général à une cinquantaine d'années. Aujourd'hui, diverses installations d'entreposage de déchets, construites dans les années 1960 et 1970, sont d'ailleurs en cours de reprise. Les déchets bruts ou les colis de déchets en sont retirés pour être transférés, après conditionnement ou parfois après reconditionnement, vers des installations d'entreposage plus modernes (EIP de Marcoule, D/E EDS et ECC de La Hague, CEDRA à Cadarache).

1 Directive 2011/70/EURATOM du Conseil du 19 juillet 2011 établissant un cadre communautaire pour la gestion responsable et sûre du combustible usé et des déchets radioactifs. Elle définit l'entreposage comme « le maintien de combustible usé ou de déchets radioactifs dans une installation, avec intention de retrait ultérieur ». Elle indique dans ses considérants que « l'entreposage de déchets radioactifs, y compris à long terme, n'est qu'une solution provisoire qui ne saurait constituer une alternative au stockage ».

2 Normes de sûreté de l'AIEA pour la protection des personnes et de l'environnement, Gestion des déchets radioactifs avant stockage définitif, Prescriptions générales de sûreté, Partie 5. L'AIEA indique que « dans le contexte de la gestion des déchets radioactifs, l'entreposage désigne la mise en place temporaire de déchets radioactifs dans une installation où un isolement et une surveillance appropriés sont assurés ». Le guide indique aussi que « on entrepose les déchets dans l'intention de les récupérer en vue de leur libération, de leur transformation et/ou de leur stockage définitif à une date ultérieure ».



Piscine d'entreposage des combustibles usés à l'usine de retraitement d'Orano à La Hague

La mise en œuvre des meilleures technologies disponibles en matière de génie civil et de matériaux, l'utilisation du retour d'expérience et les progrès issus des études et des recherches menées sur l'entreposage³ ouvrent la perspective de conférer une durée de fonctionnement de l'ordre du siècle aux nouvelles installations d'entreposage (choix des matériaux, épaisseurs d'enrobage des armatures des bétons de structure...)⁴.

Quelle que soit la durabilité des installations d'entreposage de déchets, au terme d'une certaine durée de fonctionnement, même séculaire, les colis de déchets doivent en être retirés et être transférés dans d'autres installations pour assurer à nouveau une protection efficace de la santé des personnes et de l'environnement.

³ Les recherches pour augmenter la durée des entreposages ont été réalisées dans le cadre de la loi de 2006.

⁴ Une durabilité de ces installations jusqu'à 3 siècles a été avancée au plan technique. Les études ont néanmoins montré qu'une interruption prolongée de leur maintenance et de leur surveillance pourrait mettre leur sûreté en défaut.

Le stockage

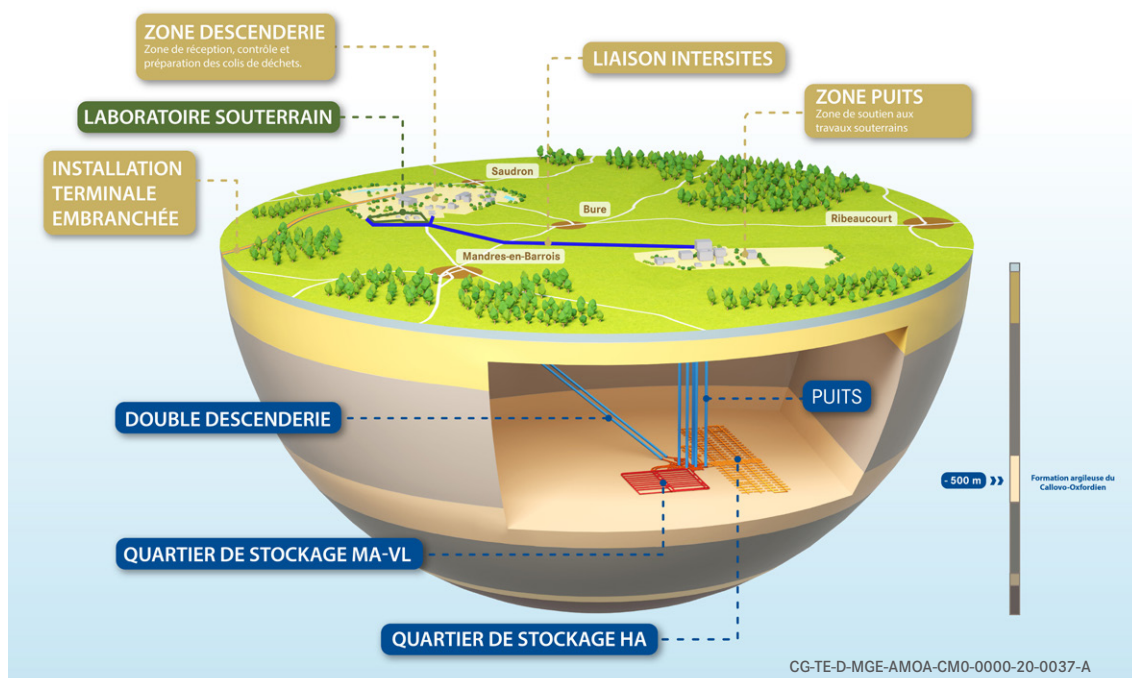
La loi du 28 juin 2006⁵ définit le stockage des déchets radioactifs comme « l'opération consistant à placer ces substances dans une installation spécialement aménagée pour les conserver de façon potentiellement définitive [...] ».

La directive européenne de 2011 définit le stockage comme « le dépôt de combustible usé ou de déchets radioactifs dans une installation sans intention de retrait ultérieur ». Cette définition rejoint celle du stockage définitif donnée par l'AIEA, à savoir « la mise en place de déchets radioactifs dans une installation ou un emplacement sans intention de les récupérer ».

La notion de stockage se distingue donc de la notion d'entreposage par son caractère potentiellement définitif. Au moment où les déchets sont stockés, il n'y a pas d'intention d'aller les récupérer plus tard⁶. Ce qui est visé, au moment de leur mise en stockage, c'est, à terme, leur mise en sûreté définitive.

Le principe du stockage géologique des déchets HA et MA-VL consiste à les placer dans des ouvrages construits dans le sous-sol continental à une profondeur permettant d'isoler durablement les déchets des personnes et de l'environnement. Cette stratégie permet de tirer parti des propriétés naturelles des formations géologiques sur de grandes échelles de temps. Les principes fondamentaux qui régissent le stockage géologique sont présentés en annexe.

CENTRE DE STOCKAGE CIGÉO



Centre de stockage géologique Cigéo pour les déchets HA et MA-VL

⁵ Loi n° 2006-739 du 28 juin 2006 de programme relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs.

⁶ Au moment où les déchets sont stockés, leur retrait ultérieur n'est pas planifié ou souhaité. Toutefois, la capacité de les retirer du stockage est préservée.

Le principe du stockage géologique est de pouvoir accueillir les déchets sans limite de temps. À la fin de son remplissage, une fois que les déchets y ont tous été introduits, la fermeture définitive du centre de stockage est engagée. L'article L542-10-1 du code de l'environnement indique que seule une loi peut autoriser la fermeture définitive du stockage.

Le milieu géologique est choisi et l'installation de stockage est conçue de telle sorte qu'après la fermeture définitive de l'installation, sa sûreté soit assurée de façon passive. Les personnes et l'environnement sont protégés des substances dangereuses contenues dans les déchets radioactifs, sans que des actions humaines soient nécessaires (ventilation, maintenance...). De tels dispositifs de sûreté passive sont prévus par la directive européenne⁷.

Le stockage géologique répond complètement à la gestion durable des déchets HA et MA-VL les plus dangereux définie par l'article L542-1 du code de l'environnement. En effet, il répond au double objectif :

- **d'éviter progressivement de mobiliser les générations futures pour gérer ces déchets, grâce au caractère passif des dispositifs de sûreté mis en œuvre ;**
- **de protéger durablement la santé des personnes et l'environnement en isolant les déchets dangereux et en confinant durablement les substances dangereuses qu'ils contiennent.**

Les pistes alternatives au stockage géologique envisagées pour la gestion durable des déchets radioactifs sont, d'une part, la réduction de la dangerosité des déchets par transmutation dans des réacteurs à neutrons rapides, dans des réacteurs hybrides ou en utilisant des lasers de forte puissance, ainsi que des forages très profonds et, d'autre part, des pistes d'évacuation historiques, non poursuivies actuellement, par exemple vers l'espace ou dans les océans⁸. En 2019, dans le cadre du débat public sur le Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs (PNGMDR), l'IRSN a établi un panorama des recherches sur ces pistes alternatives⁹. En l'état actuel des connaissances scientifiques et techniques, aucune des pistes alternatives au stockage géologique envisagées n'offre de perspectives réalistes et atteignables à moyen terme pour gérer l'ensemble des déchets HA et MA-VL. Toutes les autres voies de gestion demanderaient encore des recherches et des investissements très importants et des délais difficilement prédictibles dans l'espoir, non garanti, de lever des verrous technologiques aujourd'hui rédhitoires à leur mise en œuvre. Aucune n'est susceptible de gérer toute la variété des natures de déchets HA et MA-VL, déjà conditionnés ou non, existants ou futurs. Elles ne permettraient donc pas de se passer complètement d'une installation de stockage géologique.

À l'heure actuelle, le stockage géologique constitue la seule solution de gestion durable des déchets HA et MA-VL qui puisse être engagée à l'échelle industrielle par notre génération et qui permette à moyen terme leur mise en sécurité définitive. Il constitue la solution de référence au niveau international. La quasi-totalité des pays ayant à gérer ce type de déchets se préparent à les stocker dans de telles installations avec des degrés d'avancement différents d'un pays à l'autre. La Finlande, la Suède et la France sont les pays les plus avancés à ce jour dans leurs projets de centre de stockage géologique¹⁰. Selon la directive européenne de 2011 « le stockage en couche géologique profonde constitue, actuellement, la solution la plus sûre et la plus durable en tant qu'étape finale de la gestion des déchets de haute activité et du combustible usé considéré comme déchet ».

⁷ Considérant que « les déchets radioactifs (...) doivent être confinés et isolés durablement des êtres humains et de la biosphère », la directive prescrit que les politiques nationales des pays membres en matière de gestion du combustible usé et des déchets radioactifs reposent notamment sur le principe suivant : « le combustible usé et les déchets radioactifs sont gérés de manière sûre, y compris à long terme grâce à des dispositifs de sûreté passive. »

⁸ L'élimination dans l'espace n'est actuellement pas envisageable compte tenu des contraintes techniques (nombre de lancements très important, lanceurs actuels non adaptés à des charges lourdes et irradiantes, taux de fiabilité des lanceurs incompatibles avec les risques de retombées radioactives en cas d'accident, coûts...). L'élimination dans les océans est interdite depuis 1993 en application de la convention de Londres sur la prévention de la pollution des mers.

⁹ *Panorama international des recherches sur les alternatives au stockage géologique des déchets de haute et moyenne activité à vie longue. Rapport IRSN/2019-00318 (2019).*

¹⁰ Les centres finlandais et suédois sont dédiés au stockage géologique de combustibles usés, car ces deux pays ne procèdent pas à leur traitement pour extraction de leur part valorisable.

L'entreposage et le stockage sont complémentaires

Aujourd'hui, la gestion des déchets HA et MA-VL consiste à les entreposer principalement sur le site Orano de La Hague et sur les centres CEA de Marcoule, de Cadarache et de Valduc et nouvellement sur le site EDF de Bugey (installation d'entreposage ICEDA).

L'entreposage est nécessaire en attente de la disponibilité du centre de stockage Cigéo. Pour autant, si la création de Cigéo est autorisée, elle ne supprimera pas le besoin d'entreposage pendant toute la durée séculaire de son fonctionnement. En effet, les entreposages permettent de préparer, d'organiser et de réguler les flux d'expédition des colis depuis les installations des producteurs, vers le stockage. Les colis de déchets ne sont expédiés vers Cigéo que lorsqu'il a été démontré qu'ils respectent les spécifications d'acceptation du centre de stockage et uniquement lorsque l'Andra dispose de la capacité à les stocker.

Pour les colis de déchets MA-VL, leur transfert depuis les entreposages vers l'installation de stockage permettra de réduire progressivement les charges de leur gestion en surface (le volume des déchets MA-VL est environ 7 fois supérieur à celui des déchets HA). Pour les déchets HA, la chaleur qu'ils dégagent impose, pour la plupart d'entre eux, un décalage dans le temps de leur mise en stockage. Ils doivent rester entreposés pendant plusieurs décennies jusqu'à ce que leur puissance thermique résiduelle permette de les stocker de façon optimisée. Leur stockage dans Cigéo est prévu à partir de l'horizon 2080. Leur mise en stockage durerait environ 70 ans.



Déchets MA-VL



Déchets HA

Quelle que soit la décision relative à l'engagement d'une filière de stockage en couche géologique profonde (ou de toute autre filière de gestion des déchets HA et MA-VL), les entreposages de déchets vont donc perdurer pendant plus d'un siècle. La décision d'engager ou non la construction du centre de stockage Cigéo ne se pose donc pas en termes de choix immédiat entre les voies du stockage géologique, de l'entreposage ou de la recherche de nouvelles solutions de gestion.

RÉVERSIBILITÉ ET RÉCUPÉRABILITÉ

La réversibilité

Afin de répondre à une demande sociétale forte, le Parlement a demandé en 2006 que le stockage en couche géologique profonde soit réversible. La durée minimale de 100 ans pendant laquelle, « à titre de précaution, la réversibilité du stockage doit être assurée » est fixée par l'article L542-10-1 du code de l'environnement.

La préoccupation éthique de réversibilité est apparue graduellement depuis la loi de 1991. Elle trouve son origine dans la compréhension progressive de la durée inhabituellement longue du fonctionnement du centre de stockage Cigéo. En effet, compte tenu, d'une part de l'inventaire des déchets HA et MA-VL produits et à produire par les installations nucléaires existantes, d'autre part du temps de décroissance thermique nécessaire à la gestion des déchets HA, une durée supérieure au siècle est prévue pour la construction, le démarrage, le fonctionnement, le démantèlement et la fermeture définitive du centre de stockage. Environ cinq générations successives seraient donc amenées à exploiter le centre de stockage Cigéo¹¹. Notre génération, qui envisage de créer cette installation, a donc le devoir de laisser à ces générations la possibilité de faire des choix. C'est dans ce sens que l'Andra développe un projet de stockage réversible.

L'article L. 542-10-1 du code de l'environnement précise que « *la réversibilité est la capacité, pour les générations successives, soit de poursuivre la construction puis l'exploitation des tranches successives d'un stockage, soit de réévaluer les choix définis antérieurement et de faire évoluer les solutions de gestion. La réversibilité est mise en œuvre par la progressivité de la construction, l'adaptabilité de la conception et la flexibilité d'exploitation d'un stockage en couche géologique profonde de déchets radioactifs permettant d'intégrer le progrès technologique et de s'adapter aux évolutions possibles de l'inventaire des déchets consécutives notamment à une évolution de la politique énergétique.* »

Cette volonté de ne pas figer le développement d'un centre de stockage est également celle de la directive européenne de 2011 qui indique que « *la réversibilité et la récupérabilité en tant qu'éléments d'exploitation et de conception peuvent servir à orienter la mise au point technique d'un système de stockage* ».

Le centre de stockage Cigéo est donc conçu pour offrir des choix aux générations suivantes en matière de gestion des déchets HA et MA-VL et pour ne pas les enfermer par des choix de conception faits au lancement du projet. Le déroulement du projet est ainsi jalonné de décisions qui seront soumises à la gouvernance. Les principaux grands jalons qui pourront être mis à profit pour éventuellement réorienter le projet sont présentés en annexe. Pendant toute la durée du projet, des connaissances seront acquises. Elles seront intégrées au développement progressif du centre de stockage et utilisées pour demander et instruire les différentes autorisations successives. Les connaissances acquises sur la durée nourrissent peu à peu les futures décisions nationales en matière de gestion des déchets radioactifs et la conception réversible du stockage permet de les mettre en œuvre.

11 La durée d'une génération est classiquement considérée comme égale à 25 ans.

La récupérabilité

La récupérabilité est la capacité à retirer des colis de déchets d'une installation de stockage en couche géologique profonde. Cette définition a été proposée par l'Andra suite au débat public sur le projet Cigéo de 2013¹².

La récupérabilité est un des outils qui offre des choix aux générations futures dans le cadre de la réversibilité. L'article L. 542-10-1 du code de l'environnement précise que la réversibilité « *inclut la possibilité de récupérer des colis de déchets déjà stockés selon des modalités et pendant une durée, cohérentes avec la stratégie d'exploitation et de fermeture du stockage.* »

La récupérabilité ne constitue pas une fin en soi. En effet, le fait de retirer du stockage un ou des colis de déchets, qui y avaient initialement été acceptés sans l'intention de les en retirer ultérieurement, implique une réorientation de la décision initiale. La mise en œuvre de la récupérabilité doit donc avoir un but, une finalité qui procure un avantage par rapport à la décision initiale de stocker, y compris en termes de sûreté en fonctionnement ou après-fermeture. Elle ne peut donc être exercée qu'associée à d'autres décisions dans le cadre de la gouvernance globale du stockage.

Du point de vue opérationnel, il faut noter que la récupérabilité, associée à la flexibilité de l'exploitation, offre de la souplesse pour la gestion du centre de stockage. Son exploitant pourrait ainsi retirer, de façon ponctuelle, un ou plusieurs colis de leurs alvéoles, sans perturber significativement les flux de mise en stockage. Ces opérations pourraient éventuellement être utiles pour des vérifications, des essais¹³ ou des réagencements de colis au sein d'un avéole. Les colis de déchets seraient ensuite réintroduits en alvéole pour stockage. Dans le cadre de la demande d'autorisation de création (DAC) de l'installation nucléaire de base du centre de stockage Cigéo, l'Andra prévoit ainsi de demander l'autorisation de mener de telles opérations de retrait ponctuelles, qui ne sont pas associées à une remise en cause de la volonté initiale de stocker les colis de déchets.

En matière de gestion globale des déchets, la récupérabilité, associée à l'amélioration continue des connaissances, notamment par la poursuite des programmes de recherches et de développement (R&D) sur les déchets radioactifs, permettrait aux générations futures de retirer tout ou partie des colis de déchets stockés dans Cigéo, par exemple pour les orienter vers une autre filière de gestion. Il faut toutefois souligner que ces déchets sont des déchets ultimes et qu'il n'y a pas à l'heure actuelle d'utilisation prévue ou envisagée pour ces substances. Une telle décision de développement d'une nouvelle filière de gestion des déchets HA ou MA-VL et de réorientation de déchets stockés vers cette filière devra donc procurer des avantages en termes globaux. Elle serait donc nécessairement de portée nationale. Sa mise en œuvre demanderait un volet d'autorisations spécifiques¹⁴.

12 Délibération du Conseil d'administration de l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs du 5 mai 2014 relative aux suites à donner au débat public sur le projet Cigéo.

13 Par exemple, des essais de mise en service de nouveaux équipements ou de nouveaux alvéoles pourraient éventuellement être réalisés avec des colis déjà stockés plutôt que de prévoir des livraisons spécifiques.

14 Toutes les voies potentielles de mise en sécurité définitive des déchets HA et MA-VL, y compris le stockage sur le centre de stockage Cigéo, se déroulent sur des périodes supérieures au siècle. Si des techniques nouvelles présentant un avantage décisif par rapport au stockage venaient à apparaître sur cette durée, elles seront naturellement utilisées pour la gestion des déchets radioactifs. La récupérabilité offre aux générations futures la possibilité de changer de voie de gestion pour tout ou partie des colis stockés, si une voie plus avantageuse, y compris en termes de sûreté à long terme, venait à être découverte.

LA RÉCUPÉRABILITÉ DES COLIS DANS CIGÉO

Cigéo est conçu pour que les colis de déchets qui y seront stockés puissent en être retirés pendant toute sa durée de fonctionnement, de sa mise en service jusqu'à sa fermeture définitive, soit plus d'une centaine d'année.

À cette fin, des dispositions techniques ont été prises dès la conception du centre de stockage afin de permettre le retrait des colis sans risque pour la santé des personnes et l'environnement : robustesse des composants, moyens de manutention adaptés, enregistrement de la position précise et du contenu de chaque colis, surveillance des alvéoles de stockage, emprises laissées libres à proximité des installations de surface pour permettre la construction d'éventuels ouvrages si des opérations sur les colis retirés s'avéraient nécessaires. Des essais de retrait de colis seront également réalisés avant la mise en service et les conditions de retrait seront réévaluées périodiquement.

La fermeture progressive des ouvrages souterrains augmentera le degré d'effort à mettre en œuvre pour un éventuel retrait de colis de déchets et ce, jusqu'à la fermeture définitive du centre de stockage, qui marque la fin de la réversibilité.

LES OBJECTIFS DE RÉCUPÉRABILITÉ

L'objectif de la conception est que les colis de déchets puissent être retirés des alvéoles de stockage :

- de façon similaire à la mise en stockage (procédé inverse) ;
- sur la base des mêmes objectifs de sûreté et de modalités similaires de protection et de gestion des risques.

En fonction de la date de la mise en œuvre d'une éventuelle décision de retrait de colis, certains équipements et modes d'exploitation pourront naturellement être renouvelés ou adaptés aux conditions opérationnelles. L'Andra a veillé à ce que des évolutions ou des modifications lourdes ne soient pas d'emblée nécessaires pour des colis stockés dans des alvéoles en fonctionnement ou non encore obstrués (le cas de la récupérabilité des alvéoles obstrués ou des quartiers de stockage fermés est discuté dans la partie relative à l'échelle de récupérabilité).

Deux possibilités de gestion sont envisagées pour les colis retirés du stockage :

- leur remise en stockage dans un alvéole du centre de stockage Cigéo (le même alvéole ou éventuellement un autre) ;
- leur expédition vers un autre site de gestion, quels que soient son type et sa filière.

LES DISPOSITIONS MISES EN PLACE POUR LA RÉCUPÉRABILITÉ DANS LA CONCEPTION DU CENTRE DE STOCKAGE CIGÉO

Les principales dispositions techniques prises pour permettre le retrait des colis stockés sur le centre de stockage sont les suivantes :

- les composants jouant un rôle important pour le retrait (colis, équipements de manutention, alvéoles) sont conçus de façon robuste et durable. Par exemple, les alvéoles dans lesquels seront stockés les colis de déchets sont revêtus d'une structure, en béton ou en acier, pour limiter leurs déformations. Sur la durée du fonctionnement du centre de stockage, les jeux fonctionnels et les conditions de fonctionnement des équipements utilisés pour le retrait des colis de déchets sont préservés ;
- les moyens de manutention utilisés pour stocker les colis de déchets MA-VL dans les alvéoles peuvent également les en retirer. Pour les colis HA, des robots spécifiques permettant de les retirer des alvéoles HA sont développés et opérationnels dès les premières opérations de stockage des colis HA peu exothermiques (dits «HA0») dans le quartier pilote HA¹⁵. Des tests à l'échelle 1 ont d'ores et déjà été réalisés avec des prototypes pour les deux types de colis. En fonction de la date de l'éventuelle opération de retrait, les moyens de manutention utilisés pourront être renouvelés (équipements éventuellement obsolètes) ou adaptés aux conditions opérationnelles ;
- la position précise de chaque colis stocké et son contenu seront enregistrés afin de disposer de toutes les informations permettant de préparer un éventuel retrait ;
- les alvéoles de stockage seront surveillées pour suivre l'évolution des conditions de retrait (jeux fonctionnels, conditions de fonctionnement des équipements de retrait, colis...) ;
- des essais de retrait de colis seront réalisés avant la mise en service des alvéoles pour vérifier la performance des équipements de retrait ;
- les conditions de retrait feront l'objet de réévaluations périodiques (réexamens de sûreté, revues de réversibilité, mise à jour du plan directeur pour l'exploitation) ;
- des emprises seront laissées libres à proximité des installations nucléaires de surface pour permettre la construction d'éventuels ouvrages qui pourraient être nécessaires quelle que soit l'échéance à laquelle les opérations de retrait seraient décidées (entreposage tampon complémentaire, préparation des expéditions, soutien aux activités de réouverture...).

La faisabilité des opérations de retrait fait l'objet de développements techniques intégrés à la conception du centre de stockage Cigéo. À titre d'exemple, un banc d'essais de récupérabilité de conteneurs HA a été réalisé. Les essais menés ont permis de valider la possibilité du retrait d'un colis de stockage HA, y compris dans des conditions plus difficiles que celles attendues en conditions opérationnelles réelles (déformation, corrosion, hygrométrie...). Des essais spécifiques de reprise de colis MA-VL en situation altérée ont également été réalisés utilisant des fourches spécifiques télescopiques et orientables pour la reprise d'empilements désordonnés.

¹⁵ Les alvéoles HA sont des micro-tunnels en cul-de-sac. Compte tenu de cette géométrie, les robots utilisés pour le retrait sont des robots « tracteurs », alors que les robots utilisés pour la mise en alvéole sont des robots « pousseurs ». Le reste du procédé de manutention utilise des moyens similaires à ceux de la mise en stockage.



Banc d'essais de récupérabilité de conteneurs HA



Banc d'essai du système de retrait des colis MA-VL

Les options techniques permettant d'assurer le retrait des colis de déchets stockés sont intégrées dès la conception. Ces dispositions visent à rendre possibles les opérations de retrait sans préjudice pour la sûreté et l'environnement. Elles recouvrent des dispositions de conception robustes des composants du stockage et de ses équipements, des essais pour vérifier leur bon fonctionnement et des dispositions prudentes d'exploitation et de surveillance. Leur performance est justifiable sur la période séculaire prévue pour le fonctionnement du stockage.

Ces options de récupérabilité ont été formalisées en 2016 dans un document spécifique dénommé « Dossier d'options techniques de récupérabilité »¹⁶. Elles ont fait l'objet d'une instruction par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) au même titre que le dossier d'options de sûreté et la proposition de plan directeur pour l'exploitation (PDE)¹⁷.

LA DURÉE DE LA RÉCUPÉRABILITÉ

La récupérabilité est associée à des dispositions techniques dont la performance est justifiable techniquement sur la durée d'ordre séculaire prévue pour le fonctionnement du centre de stockage (fermeture définitive prévue à l'horizon 2150).

Compte tenu des conditions d'environnement induites par la roche du Callovo-Oxfordien, l'évolution du stockage exclut l'apparition de désordres rapides ou d'altérations soudaines des ouvrages souterrains construits dans cette roche. Quelques années après leur creusement et leur construction, le comportement de ces ouvrages devient asymptotique (comportement confirmé au laboratoire souterrain). Leur déformation progressive, liée à leur mise en charge, est très limitée. Elle sera surveillée sur toute la durée d'ordre séculaire du fonctionnement du centre de stockage. Ce comportement très durable des ouvrages est prévu sur toute cette durée et même au-delà. L'atteinte effective de ce régime durable pourra être vérifiée au cours de la phase industrielle pilote¹⁸. Le comportement durable des ouvrages sur toute la durée du fonctionnement de Cigéo, qui est une des conditions principales pour la sûreté de leur exploitation et pour les opérations de retrait, pourra donc être confirmé en conditions réelles dans les premières années après leur construction.

Au-delà de cette durée d'ordre séculaire, les dispositions prises en conception facilitent toujours la récupérabilité (jeux fonctionnels, robustesse des composants du stockage, surveillance...). Des opérations de retrait resteraient toujours envisageables. Si les générations suivantes veulent poursuivre le fonctionnement du centre de stockage Cigéo au-delà de l'horizon identifié actuellement pour sa fermeture définitive (vers 2150), elles le pourront en réalisant les travaux et en prenant les mesures éventuellement nécessaires. L'amélioration continue des connaissances et la surveillance de Cigéo participeront à la réévaluation périodique de la longévité prévisionnelle de l'installation.

¹⁶ Dossier d'options techniques de récupérabilité (DORec), CG-TE-D-NTE-AMOA-RV0-0000-15-0059.

¹⁷ Avis n° 2018-AV-0300 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 11 janvier 2018 et lettre CODEPDRC-2018-001635 du 12 janvier 2018. Dans son avis, l'ASN a demandé à l'Andra d'apporter la démonstration de la récupérabilité des colis pendant la phase industrielle pilote. Par ailleurs, elle a demandé d'apporter dans la demande d'autorisation de création de Cigéo des compléments relatifs aux liens entre récupérabilité et stratégie de fermeture et entre récupérabilité et situations post-accidentelles.

¹⁸ La phase industrielle pilote est prévue par le code de l'environnement (article L. 542-10-1). L'Andra propose qu'elle débute après la délivrance du décret d'autorisation de création et couvre de premières années de fonctionnement du centre de stockage. Elle donnera lieu à une loi qui fixera les conditions de poursuite du projet.

L'ÉCHELLE DE RÉCUPÉRABILITÉ

Pour garantir la mise en sécurité des déchets stockés sur de très longues périodes de temps, les ouvrages souterrains du centre de stockage Cigéo doivent être fermés.

Cette fermeture se fait de façon progressive, selon un processus d'autorisation spécifique. En pratique, les opérations visant à la fermeture consistent au démontage des équipements d'exploitation et à la construction progressive d'ouvrages, complémentaires de la barrière géologique, dont la fonction est d'assurer le bon fonctionnement passif du stockage à très long terme. Les alvéoles d'un quartier de stockage sont d'abord obturés, puis ses galeries sont remblayées et le quartier est fermé et le cas échéant scellé. La fermeture définitive du centre de stockage, que seule une loi peut autoriser (L 542-10-1 du code de l'environnement), correspond au scellement et au remblaiement de ses accès depuis la surface (puits et descenderies).

Les ouvrages spécifiques pour la fermeture sont composés d'éléments introduits ou construits dans l'installation souterraine, par exemple des blocs préfabriqués, des murs en béton, des remblais¹⁹ et des scellements utilisant des matériaux possédant des propriétés de gonflement. L'Andra étudie ces ouvrages dans des installations de surface et au laboratoire souterrain. Des démonstrateurs seront construits dans Cigéo dès la phase industrielle pilote afin d'acquérir progressivement la vérification de leur faisabilité et de disposer, au moment de leur construction, d'un retour d'expérience de leur comportement sur une durée importante.



Essai de scellement au Laboratoire souterrain de l'Andra

¹⁹ Le remblaiement des galeries se fera en réutilisant des déblais argileux excavés au moment du creusement et entreposés en surface.

En contrepartie de l'avancée vers un fonctionnement passif du stockage, chaque opération visant à la fermeture augmente le degré d'effort à mettre en œuvre pour un éventuel retrait de colis de déchets. En effet, avant d'accéder aux colis, il faut d'abord démonter un à un les ouvrages construits pour la fermeture et rééquiper le stockage en vue du redémarrage du procédé nucléaire de manutention. L'échelle internationale de récupérabilité élaborée par l'Agence pour l'énergie nucléaire (AEN) de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) décline la capacité à retirer les colis de déchets en tenant compte de la progression vers la fermeture définitive²⁰. Elle est décrite plus précisément en annexe de la présente note.

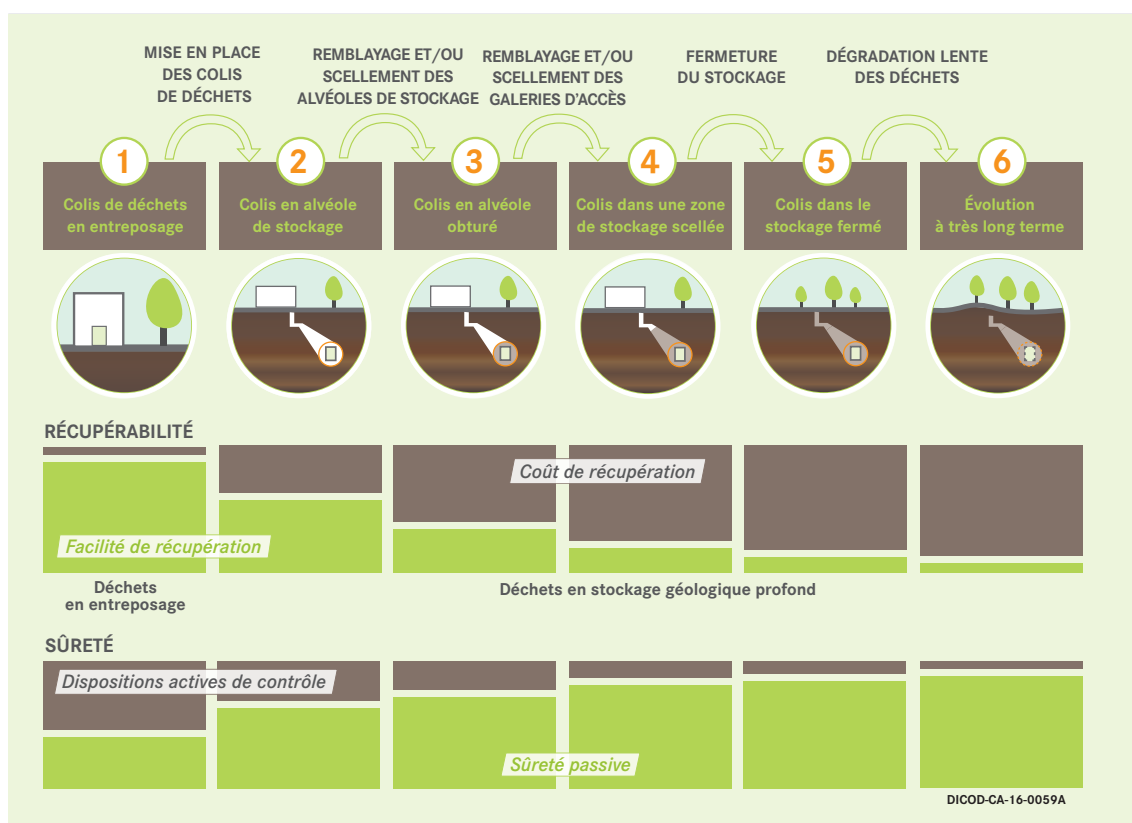
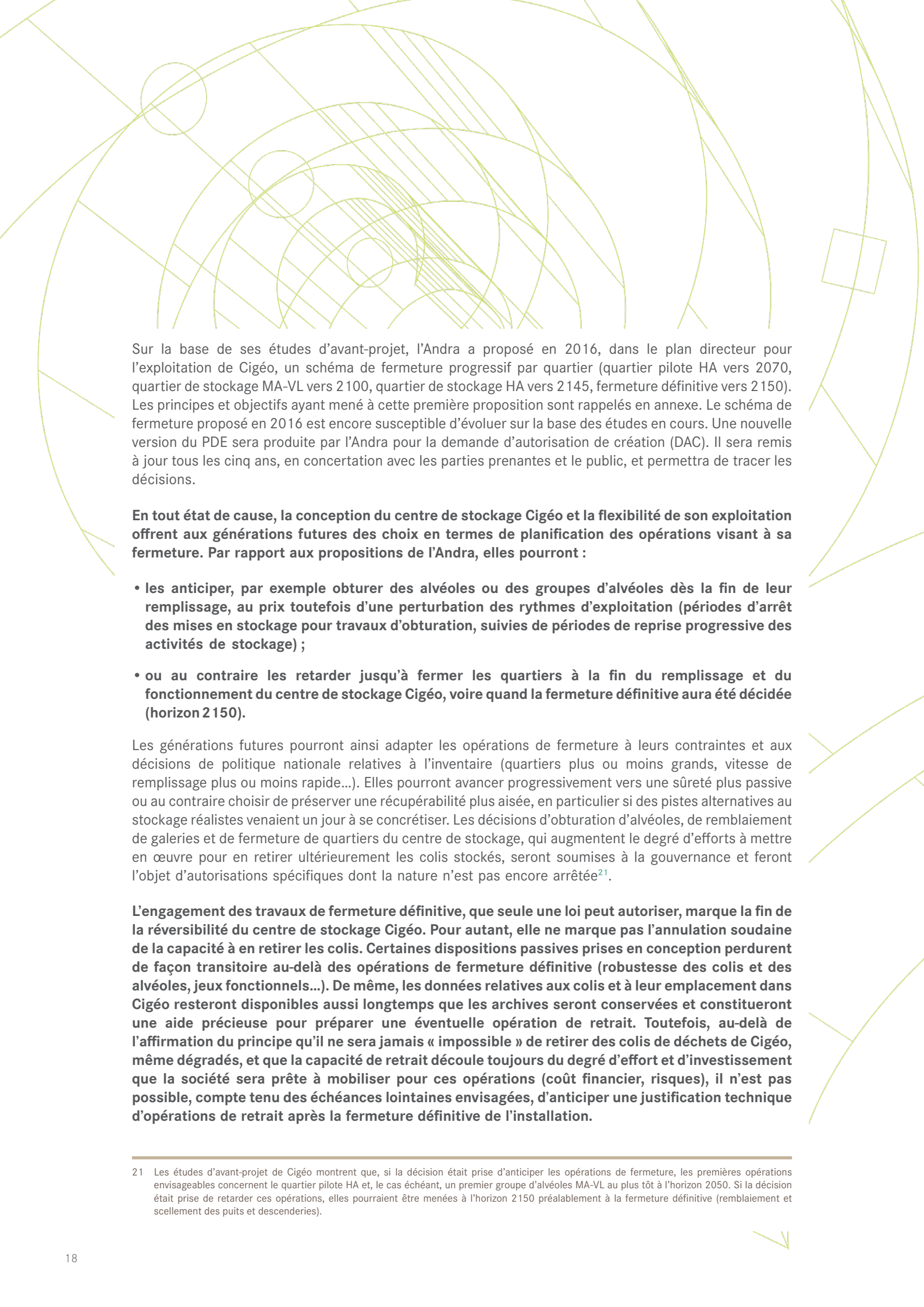


Figure 1 Niveau de l'échelle internationale de récupérabilité (AEN)

Cigéo est conçu pour que les opérations visant à progresser vers la fermeture de l'installation souterraine puissent être engagées sur toute la période de fonctionnement de Cigéo.

²⁰ Réversibilité des décisions et récupérabilité des déchets radioactifs. Éléments de réflexion pour les programmes nationaux de stockage géologique. Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire. (2012) Gestion des déchets radioactifs. n° AEN 7105.



Sur la base de ses études d'avant-projet, l'Andra a proposé en 2016, dans le plan directeur pour l'exploitation de Cigéo, un schéma de fermeture progressif par quartier (quartier pilote HA vers 2070, quartier de stockage MA-VL vers 2100, quartier de stockage HA vers 2145, fermeture définitive vers 2150). Les principes et objectifs ayant mené à cette première proposition sont rappelés en annexe. Le schéma de fermeture proposé en 2016 est encore susceptible d'évoluer sur la base des études en cours. Une nouvelle version du PDE sera produite par l'Andra pour la demande d'autorisation de création (DAC). Il sera remis à jour tous les cinq ans, en concertation avec les parties prenantes et le public, et permettra de tracer les décisions.

En tout état de cause, la conception du centre de stockage Cigéo et la flexibilité de son exploitation offrent aux générations futures des choix en termes de planification des opérations visant à sa fermeture. Par rapport aux propositions de l'Andra, elles pourront :

- **les anticiper, par exemple obturer des alvéoles ou des groupes d'alvéoles dès la fin de leur remplissage, au prix toutefois d'une perturbation des rythmes d'exploitation (périodes d'arrêt des mises en stockage pour travaux d'obturation, suivies de périodes de reprise progressive des activités de stockage) ;**
- **ou au contraire les retarder jusqu'à fermer les quartiers à la fin du remplissage et du fonctionnement du centre de stockage Cigéo, voire quand la fermeture définitive aura été décidée (horizon 2150).**

Les générations futures pourront ainsi adapter les opérations de fermeture à leurs contraintes et aux décisions de politique nationale relatives à l'inventaire (quartiers plus ou moins grands, vitesse de remplissage plus ou moins rapide...). Elles pourront avancer progressivement vers une sûreté plus passive ou au contraire choisir de préserver une récupérabilité plus aisée, en particulier si des pistes alternatives au stockage réalistes venaient un jour à se concrétiser. Les décisions d'obturation d'alvéoles, de remblaiement de galeries et de fermeture de quartiers du centre de stockage, qui augmentent le degré d'efforts à mettre en œuvre pour en retirer ultérieurement les colis stockés, seront soumises à la gouvernance et feront l'objet d'autorisations spécifiques dont la nature n'est pas encore arrêtée²¹.

L'engagement des travaux de fermeture définitive, que seule une loi peut autoriser, marque la fin de la réversibilité du centre de stockage Cigéo. Pour autant, elle ne marque pas l'annulation soudaine de la capacité à en retirer les colis. Certaines dispositions passives prises en conception perdurent de façon transitoire au-delà des opérations de fermeture définitive (robustesse des colis et des alvéoles, jeux fonctionnels...). De même, les données relatives aux colis et à leur emplacement dans Cigéo resteront disponibles aussi longtemps que les archives seront conservées et constitueront une aide précieuse pour préparer une éventuelle opération de retrait. Toutefois, au-delà de l'affirmation du principe qu'il ne sera jamais « impossible » de retirer des colis de déchets de Cigéo, même dégradés, et que la capacité de retrait découle toujours du degré d'effort et d'investissement que la société sera prête à mobiliser pour ces opérations (coût financier, risques), il n'est pas possible, compte tenu des échéances lointaines envisagées, d'anticiper une justification technique d'opérations de retrait après la fermeture définitive de l'installation.

²¹ Les études d'avant-projet de Cigéo montrent que, si la décision était prise d'anticiper les opérations de fermeture, les premières opérations envisageables concernent le quartier pilote HA et, le cas échéant, un premier groupe d'alvéoles MA-VL au plus tôt à l'horizon 2050. Si la décision était prise de retarder ces opérations, elles pourraient être menées à l'horizon 2150 préalablement à la fermeture définitive (remblaiement et scellement des puits et descenderies).

CONCLUSIONS SUR LA RÉCUPÉRABILITÉ DES COLIS DE DÉCHETS STOCKÉS DANS CIGÉO

L'objectif fondamental du centre de stockage Cigéo est la mise en sécurité définitive des déchets radioactifs. Pour cela, il est conçu pour pouvoir être fermé définitivement à l'issue de son fonctionnement, confinant ainsi les déchets en profondeur sur de très longues échelles de temps.

Le centre de stockage Cigéo est également conçu pour que, sur toute la période allant de sa mise en service jusqu'à la décision de sa fermeture définitive, les colis puissent en être retirés.

Le centre de stockage Cigéo offre de fait, pendant plus de 100 ans, aux générations futures, des fonctions analogues à celles d'une installation d'entreposage centralisé (surveillance, retrait éventuel, réexpédition éventuelle).

Par rapport à une installation classique d'entreposage de colis de déchets, ses performances en termes de flux de retrait sont toutefois réduites, compte tenu du temps nécessaire pour la manutention des colis dans les alvéoles et dans les galeries et des distances à parcourir, en particulier pour leur remontée jusqu'à la surface par le funiculaire (5 km). Un éventuel entreposage centralisé, en particulier s'il était implanté en sub-surface, connaîtrait ce même type de contraintes²².

Par rapport à une installation d'entreposage centralisé, le centre de stockage Cigéo apporte une fonction supplémentaire essentielle. En effet, il est prévu pour être fermé et, compte tenu de sa profondeur et de la nature de la roche dans laquelle il est implanté, il apporte la possibilité d'une mise en sécurité définitive des déchets.



Funiculaire de Cigéo

La conception et la flexibilité de l'exploitation du centre de stockage Cigéo offrent aux générations futures des choix en termes de planification des opérations visant à sa fermeture. En tout état de cause, les décisions d'obturation d'alvéoles, de remblaiement de galerie et de fermeture de quartiers du centre de stockage, qui augmentent naturellement le degré d'efforts à mettre en œuvre pour en retirer ultérieurement les colis stockés, peuvent être anticipées ou repoussées jusqu'à la décision de fermeture définitive du centre de stockage. Elles seront soumises à la gouvernance et feront l'objet d'autorisations spécifiques dont la nature n'est pas encore arrêtée. Compte tenu de l'horizon le plus proche pour engager de premières opérations visant à la fermeture, elles n'appartiennent pas aux choix de notre génération, mais à ceux de la génération suivante.

22 La plus faible profondeur d'un entreposage de subsurface réduirait *a priori* les temps de transfert jusqu'à la surface par rapport à ceux d'un stockage géologique (les temps de transferts dépendent des vitesses unitaires).

AU-DELÀ DE CIGÉO, LA RÉCUPÉRABILITÉ AU NIVEAU DE LA GESTION GLOBALE DES DÉCHETS

Si la décision était prise de retirer un nombre important de colis de déchets du centre de stockage Cigéo, ce serait nécessairement à la suite de l'apparition d'une solution alternative concrète, dont l'identification et le développement prendraient probablement au minimum une décennie. Compte tenu de la robustesse de la conception du centre de stockage, ce délai serait suffisant pour préparer les opérations de retrait des colis, sans urgence. La durée nécessaire au retrait des colis, même si elle s'accroît à mesure que les alvéoles se remplissent, ne constituerait donc pas un frein ou une contrainte pour sa mise en œuvre.

La mise en œuvre de la récupérabilité nécessiterait toutefois la construction d'un certain nombre d'équipements et d'installations de gestion en surface (préparation et expédition des colis retirés, transport, entreposage, etc.). Là encore, la conception robuste du stockage permettrait d'éviter toute situation d'urgence.

Par ailleurs, des capacités d'entreposage pourraient également être maintenues opérationnelles dans l'éventualité de la mise en œuvre de la récupérabilité, cette décision appartenant à la génération suivante.

DÉCISION ALTERNATIVE AU STOCKAGE

Au fur et à mesure du développement du centre de stockage, de sa construction progressive et du remplissage de ses alvéoles, le nombre de colis stockés augmente, le temps pour vider les alvéoles s'accroît et les distances de manutention s'allongent. Le retrait des colis est possible durant la phase de fonctionnement du centre de stockage, mais l'exercice effectif de la récupérabilité gagne naturellement en complexité avec le temps. Cette évolution prévisible affecterait également une installation d'entreposage centralisé.

Si la décision était prise de retirer un nombre important de colis de déchets du centre de stockage Cigéo, ce serait nécessairement à la suite de l'apparition d'une alternative concrète au stockage géologique présentant un avantage significatif en matière de gestion des déchets et justifié au sens de la radioprotection (analyse bénéfices/risques). Il faudrait également avoir pris la décision de la mettre en œuvre industriellement et avoir construit toutes les installations associées. Le temps nécessaire à l'identification d'une telle solution alternative et à son développement global ne pourrait probablement pas être inférieur à la décennie. Pendant ce laps de temps, il est probable que les générations futures interrompraient tout d'abord la mise en stockage des colis concernés, si elle est encore en cours, et prépareraient progressivement les opérations de retrait.

Le comportement des ouvrages de l'installation souterraine est durable et prévisible sur toute la durée du fonctionnement du centre de stockage. La longévité des composants de l'installation jouant un rôle dans la récupérabilité sera réévaluée périodiquement et les prévisions sur ce point couvriront la durée de développement d'une filière alternative. Les opérations de retrait et de gestion alternative des colis pourront donc être préparées en toute connaissance de cause, à

leur rythme, sans être mises artificiellement sous pression par un risque de perte brutale de la capacité de retrait. L'éventuelle décision de revenir sur le choix du stockage géologique comme mode de gestion de certains déchets HA et MA-VL serait donc une décision programmée, instruite et autorisée dans le cadre de la gouvernance. La conception robuste du stockage permet d'éviter une décision dans l'urgence.

LES MOYENS DE GESTION DES COLIS DE DÉCHETS RETIRÉS DE CIGÉO

Le centre de stockage Cigéo dispose uniquement de la capacité logistique permettant de gérer de façon optimale les arrivées des convois de colis de déchets et les volumes de stockage disponibles. Aucun entreposage de gestion des colis de déchets (pour refroidissement, attente de disponibilité de filière, attente pour reconditionnement...) n'est prévu sur le centre de stockage Cigéo.

Ce principe de conception répond notamment aux demandes locales. En effet, dès 2010, certains acteurs du territoire ont exprimé la volonté de ne pas accueillir d'installation d'entreposage de décroissance thermique. Lors du débat public de 2013, l'Andra n'a pas proposé de construire en Meuse/Haute-Marne d'autres entreposages que ceux requis pour les stricts besoins logistiques du centre de stockage Cigéo.

Une éventuelle décision de retirer un nombre important de colis de Cigéo impliquerait nécessairement la disponibilité ou la construction d'un certain nombre d'équipements et d'installations de gestion en surface :

- sur le centre de stockage Cigéo, des emprises foncières en surface sont conservées à proximité des bâtiments EP1 et EP2 pour y construire d'éventuelles capacités complémentaires de préparation et d'expédition des colis retirés ;
- hors de Cigéo, il s'agit notamment de la flotte d'emballages de transport adaptés à leur transport sur la voie publique et des installations en support de la filière alternative de gestion choisie (entreposages, installations alternatives de traitement ou d'évacuation).

La modification d'emballages ou la fabrication d'emballages neufs (sur la base de la conception des emballages ayant servi à livrer ces colis sur Cigéo) et l'obtention de leurs agréments peuvent être réalisées sur des durées de plusieurs mois allant jusqu'à quelques années.

En termes d'installations d'entreposage, il est intéressant de noter que tous les colis HA les plus exothermiques de l'inventaire de référence auront été produits et entreposés sur le site de La Hague quand démarrera leur stockage à l'horizon 2070. Quelle que soit la date d'une éventuelle opération de retrait de ces colis, les installations d'entreposage pourraient donc être disponibles en surface, sous réserve qu'elles aient été conservées et maintenues dans un état permettant leur remise en service et leur réutilisation. Si ce n'était pas le cas, de nouvelles installations d'entreposage devraient éventuellement être construites. A cet égard, les entreposages actuels pour ces déchets HA, construits entre les années 80 et aujourd'hui, devront, quels que soient les choix concernant la création ou les rythmes de fonctionnement du centre de stockage Cigéo, être partiellement renouvelés ou remis à niveau à l'horizon de la seconde moitié du siècle.

Les colis HA0 peu exothermiques dont le stockage est prévu en phase industrielle pilote (colis en provenance de La Hague) ne constituent qu'un nombre très limité de colis (environ 800 au minimum) au regard des capacités d'entreposage prévues par Orano (plusieurs dizaines de milliers)²³. En cas de remise en question de leur stockage dans Cigéo, leur retour à La Hague et leur entreposage dans des installations en service devraient donc pouvoir être organisés sans perturbation majeure du programme de développement des entreposages du site.

23 Le nombre de colis HA entreposé sur le site de La Hague est d'environ 29 000 à fin 2030. Les colis HA0 peu exothermiques de la phase industrielle pilote constitue environ une année de production.

S'agissant des installations d'entreposage des colis de déchets MA-VL, l'analyse est plus complexe compte tenu du nombre d'installations concernées (sur les sites de La Hague, Bugey, Marcoule et Cadarache), de la variété des typologies de déchets et des mutualisations possibles. Sur la base des flux prévisionnels actuels, de premiers entreposages de colis de déchets MA-VL pourraient fermer pendant la seconde moitié du ^{xxi}^e siècle, suite à l'expédition vers Cigéo de la totalité de leurs colis. La fin de leur exploitation et leur éventuel démantèlement réduiraient les capacités d'entreposage disponibles. Dans cette situation, si une décision de retrait de colis de déchets MA-VL devait être programmée, la construction de nouveaux entreposages pour les colis retirés serait organisée et entreprise dans le cadre de la décision globale. La conception et le délai de construction de ces éventuels nouveaux entreposages ne présenteraient pas d'enjeu particulier²⁴.

LES TEMPS DE RETRAIT DES COLIS COMPARÉS AU TEMPS DE DÉVELOPPEMENT DES MOYENS NÉCESSAIRES AUX SOLUTIONS ALTERNATIVES DE GESTION DES COLIS RETIRÉS

Sur le centre de stockage Cigéo, les études montrent que les temps unitaires des opérations de mise en stockage des colis et des opérations de retrait des colis stockés pourraient être très proches. La durée totale nécessaire au retrait d'un colis serait du même ordre que la durée de sa mise en stockage.

La durée des opérations de retrait d'un groupe de colis pourrait même, dans certaines conditions, être réduite par rapport à la durée prévisionnelle actuelle de leur mise en stockage :

- en moyenne annuelle, le centre de stockage Cigéo est exploité en 2x8 pour les opérations de mise en stockage. Un passage en 3x8 pour les opérations de retrait permettrait de réduire de 33 % la durée de retrait par rapport à la durée de stockage. En augmentant les cadences d'exploitation, des colis mis en stockage sur 10 ans pourraient ainsi en être retirés en moins de 7 ans ;
- les rythmes de mise en stockage sont contraints par les chroniques de livraison. Sur toute la période de fonctionnement du centre de stockage, le funiculaire est chargé environ 1 000 fois par an en moyenne pour descendre des colis à stocker. Or, la capacité maximale de la descenderie, exploitée en 3x8, est d'environ 3 800 remontées par an (maintenance comprise). Le centre de stockage Cigéo possède donc une marge importante pour accélérer d'éventuelles opérations de retrait de colis de déchets. Si nécessaire, les colis stockés progressivement sur les 6 premières années de fonctionnement pourraient en être retirés en environ deux ans.

Si des filières de gestion des déchets HA et MA-VL alternatives au stockage venaient un jour à être mises en œuvre, la durée de leur développement et leur rythme de prise en charge des colis déstockés seraient nécessairement longs. Les opérations de retrait des colis de Cigéo pourraient être progressivement programmées et optimisées. La durée du retrait ne constituerait pas un frein à la mise en œuvre de filières alternatives au stockage.

²⁴ Dans le cadre de leurs travaux en réponse à l'article 53 du Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs (PNGMDR), les producteurs de déchets analysent la disponibilité de leurs capacités d'entreposage.

LE MOMENT DE LA DÉCISION – ANALYSE AU-DELÀ DE CIGÉO

Sur la durée séculaire du fonctionnement de Cigéo et au fur et à mesure des opérations de mise en stockage, les installations d'entreposage en surface se vident peu à peu. Une fois complètement vides, il ne peut pas être garanti qu'elles pourront être maintenues opérationnelles ou qu'elles pourront être ultérieurement remises en service (vieillesse des structures, démantèlement des sites, réutilisation du foncier pour d'autres besoins...).

Avec le temps, compte tenu du nombre croissant de colis stockés et de l'obsolescence progressive des installations d'entreposage en surface (si celles-ci ne sont pas maintenues ou renouvelées une fois vidées), survient nécessairement un point d'inflexion après lequel les capacités d'entreposage opérationnelles en surface ne permettent plus de prendre en charge la totalité des colis stockés.

Il est difficile de préciser la date à laquelle survient ce point d'inflexion compte tenu des incertitudes qui existent sur la disponibilité des installations d'entreposage en surface. Il ne peut pas *a priori* être associé à un jalon pré-identifié. Toutefois, compte tenu des rythmes prévisionnels de réception des colis sur le centre de stockage Cigéo, il n'apparaîtrait pas avant l'horizon 2060, date effective à laquelle de premiers entreposages MA-VL auront été vidés.

La décision du maintien opérationnel de capacités d'entreposage en vue d'un éventuel retrait ou de leur éventuel renouvellement appartient à la génération suivante.

CONCLUSIONS

Si la décision était prise de retirer un nombre important de colis de déchets du centre de stockage Cigéo, ce serait nécessairement à la suite de l'apparition d'une solution alternative concrète, présentant un avantage significatif par rapport au stockage géologique, y compris en matière de sûreté après-fermeture. Le temps nécessaire à son identification et à son développement global serait nécessairement long (supérieur à la décennie). Compte tenu de la robustesse de la conception du centre de stockage Cigéo, les opérations de retrait des colis stockés, en vue d'alimenter cette filière alternative, pourront être préparées en toute connaissance de cause, à leur rythme, sans être mises artificiellement sous pression par un risque de perte soudaine et prématurée de la capacité de retrait.

L'éventuelle décision de revenir sur le choix du stockage géologique comme mode de gestion de certains déchets HA et MA-VL serait une décision programmée, instruite et décidée dans le cadre de la gouvernance, sans urgence. La durée nécessaire au retrait des colis de Cigéo ne constituerait pas un frein ou une contrainte pour sa mise en œuvre.

La décision de construire, de maintenir ou de renouveler des installations d'entreposage utilisées en surface dans le cadre d'une gestion alternative des colis retirés du stockage est une question de gouvernance et de supervision globale des équilibres entre les filières, du type de celle exercée par le PNGMDR.

LA GESTION DES SITUATIONS INCIDENTELLES ET ACCIDENTELLES

La sûreté du stockage consiste en un ensemble de dispositions techniques et de mesures d'organisation visant à prévenir les accidents ou à en limiter les effets. La récupérabilité n'en fait pas partie. Dans l'hypothèse d'un événement affectant le fonctionnement du stockage, l'installation devrait d'abord être rapidement replacée dans un état sûr et ce retour à la sécurité ne reposerait pas sur une opération de retrait de colis.

Toutefois, certaines dispositions de conception liées à la sûreté de Cigéo contribuent à la récupérabilité des colis. Il s'agit notamment des exigences appliquées aux colis réceptionnés, en particulier du confinement des substances radioactives, du dimensionnement des alvéoles, qui sont conçus pour résister aux sollicitations thermiques, hydrauliques, chimiques et radiologiques, et plus généralement des dispositions de prévention du risque d'incendie et d'explosion sur le centre de stockage.

Parallèlement à ces dispositions, des essais de retrait en situations dégradées seront menés au cours de la phase industrielle pilote pour éprouver la capacité de retrait des colis.

LA MISE À L'ÉTAT SÛR DU CENTRE DE STOCKAGE CIGÉO NE REPOSE PAS SUR DES OPÉRATIONS DE RETRAIT

La sûreté nucléaire consiste en l'ensemble des dispositions techniques et des mesures d'organisation prises en vue de prévenir les accidents ou d'en limiter les effets²⁵.

La sûreté nucléaire consiste à interposer entre la source de danger (les déchets radioactifs dans le cas du centre de stockage Cigéo) et les travailleurs, le public et l'environnement, un nombre suffisant de dispositions techniques et organisationnelles de protection, éliminant ou réduisant à un niveau acceptable les risques liés à cette source de danger (rayonnements, substances radioactives, toxiques chimiques).

De façon générale, la sûreté nucléaire est organisée autour du concept de défense en profondeur qui consiste à prendre en compte l'éventualité de la défaillance de certaines dispositions de protection, liée à des causes humaines ou techniques, et de les compléter par d'autres, indépendantes, organisées par niveaux de défense successifs²⁶. La mise en œuvre de ce principe s'appuie sur l'analyse des risques liées aux situations de fonctionnement et sur l'identification des fonctions dites « de sûreté » qui doivent être préservées pour assurer la protection de la santé des personnes et de l'environnement.

25 Définition issue du site internet de l'ASN. Les dispositions de sûreté nucléaire concernent la conception, la construction, le fonctionnement, l'arrêt et le démantèlement des installations nucléaires de base, ainsi que le transport des substances radioactives.

26 Arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base (INB). Selon l'arrêté, l'exploitant applique le principe de défense en profondeur, consistant en la mise en œuvre de niveaux de défense successifs et suffisamment indépendants visant à 1) prévenir les incidents ; 2) détecter la survenue des incidents et mettre en œuvre les actions permettant, d'une part, d'empêcher que ceux-ci ne conduisent à un accident et, d'autre part, de rétablir une situation de fonctionnement normal ou, à défaut, d'atteindre puis de maintenir l'installation dans un état sûr ; 3) maîtriser les accidents n'ayant pu être évités ou, à défaut, limiter leur aggravation en reprenant la maîtrise de l'installation afin de la ramener et de la maintenir dans un état sûr ; 4) gérer les situations d'accident n'ayant pas pu être maîtrisées de façon à limiter les conséquences notamment pour les personnes et l'environnement.

Les fonctions de sûreté en exploitation du centre de stockage Cigéo ont été partagées avec l'ASN lors de l'instruction du dossier d'options de sûreté du centre de stockage transmis en 2016.

Les 5 fonctions retenues sont :

- confiner les substances radioactives, de manière à se prémunir des risques de dispersion ;
- protéger les personnes contre l'exposition aux rayonnement ionisants ;
- maîtriser la sûreté vis-à-vis du risque de criticité ;
- évacuer la puissance thermique des déchets ;
- évacuer les gaz formés par la radiolyse afin de gérer les risques d'explosion.

La récupérabilité ne constitue pas une des fonctions de sûreté du centre de stockage Cigéo. Dans l'hypothèse d'un événement affectant le fonctionnement du stockage²⁷, l'installation doit d'abord être replacée dans un état sûr (maintien ou rétablissement des fonctions de sûreté, protection des opérateurs contre l'exposition au rayonnement, confinement, évacuation des gaz...). Cette mise en état sûr ne repose pas sur une opération de retrait de colis.

Une fois cette mise en état sûr réalisée, l'exploitant du centre de stockage Cigéo examinera les différentes dispositions à mettre en œuvre pour pérenniser la sûreté de l'installation et reprendre son fonctionnement. Le retrait de colis constitue dans ce cadre l'une des actions possibles, sans pour autant devoir être envisagé systématiquement. Le maintien en stockage de colis, même endommagés, ou leur éventuel retrait sera décidé au regard des enjeux de sûreté sur l'ensemble des phases de vie du stockage²⁸.

LE CAS TRÈS PEU PROBABLE DE L'OCCURRENCE D'UNE SITUATION EXTRÊME

Dans le cadre de l'analyse de sûreté des installations nucléaires de base (INB), des situations extrêmes sont imaginées pour évaluer la robustesse de leur conception et de leurs dispositions de sûreté. Ces situations extrêmes combinent les défaillances de plusieurs systèmes de protection. Leur origine peut être interne ou externe. L'objectif de cette démarche spécifique est d'identifier d'éventuels effets « falaise »²⁹, en termes de conséquences sur la santé des personnes et sur l'environnement (principalement liées à la dispersion de substances radioactives ou de toxiques chimiques), mais aussi de possibilité de reprise ultérieure du fonctionnement. Cette analyse est menée pour identifier, le cas échéant, les dispositions préventives et les équipements cruciaux pour faire face à ce type de situation.

Sans que la création d'installations de type « noyau dur » n'ait été jugée nécessaire, les dispositions identifiées au stade du dossier d'options de sûreté pour prévenir les effets falaise sur le centre de stockage Cigéo sont :

- le dimensionnement de certaines structures de génie civil (cellule de déchargement, alvéoles, puits...) ;
- la possibilité de remise en fonctionnement de l'alimentation électrique et de la ventilation ;
- l'intégration dans le plan d'urgence interne (PUI) de mesures de gestion de crise.

²⁷ Il s'agit de situations de fonctionnement dégradées, incidentelles ou accidentelles et des situations de dimensionnement du plan d'urgence interne.

²⁸ Dans la pratique, les opérations d'assainissement d'une INB entreprises suite à un incident ou à un accident sont principalement liées à la poursuite d'objectifs de sûreté à moyen et long terme ou de remise en fonctionnement industriel, sans lien avec le caractère initialement plus ou moins réversible de l'installation concernée.

²⁹ Un effet falaise se comprend comme une forte discontinuité dans le comportement de l'installation conduisant à une aggravation notable brutale de la situation de fonctionnement et une augmentation des risques, voire des conséquences de l'événement.

Les équipements et dispositions permettant le retrait des colis ne sont pas concernés par la gestion des situations extrêmes.

Compte tenu des mesures de prévention des risques prises à la conception du centre de stockage Cigéo (limitation des charges calorifiques, utilisation d'un funiculaire...), l'occurrence d'une situation extrême, d'origine interne ou externe, affectant ses parties souterraines est très peu probable. À cet égard, il faut rappeler que le caractère souterrain des alvéoles de stockage (500 m de profondeur) les protège des agressions externes pouvant survenir en surface quelle que soit leur intensité, par exemple des explosions, des tornades, des inondations, des sécheresses ou des effets de sols qui augmentent l'effet des séismes³⁰. La faible sismicité fait d'ailleurs partie des critères importants de sélection du site d'implantation du centre de stockage Cigéo.

Dans le cas très peu probable d'occurrence d'une situation extrême affectant les parties souterraines du centre de stockage Cigéo, l'objectif principal de l'exploitant serait, comme pour les autres événements, de revenir à l'état sûr. Il ne peut pas être garanti que les colis seraient systématiquement retirés du stockage par la suite, en particulier si des parties de l'installation souterraine étaient très dégradées. Comme pour les événements affectant le fonctionnement, cette analyse serait menée ultérieurement compte tenu des enjeux de sûreté et de l'état de l'installation.

DES DISPOSITIONS LIÉES À LA SÛRETÉ QUI PARTICIPENT AU MAINTIEN DE LA CAPACITÉ À RETIRER LES COLIS STOCKÉS

Dans le cadre de la défense en profondeur, la conception du centre de stockage Cigéo retient un ensemble de dispositions de prévention, de détection ou de mitigation des risques dont l'objectif est d'assurer sa sûreté. Certaines participent néanmoins au maintien des conditions nécessaires au retrait des colis stockés.

Parmi celles-ci et sans viser l'exhaustivité :

- le colis constitue le premier système de confinement³¹. Il répond pour cela à des exigences qui lui sont spécifiées de manière à permettre notamment sa manutention sûre lors des opérations de mise en stockage dans l'alvéole et lors d'éventuelles opérations de retrait. Les exigences en matière de maintien du confinement sont intégrées dans les spécifications d'acceptation auxquelles doivent satisfaire les colis pour pouvoir être stockés sur le centre de stockage de Cigéo. L'exigence de confinement des substances radioactives (non gazeuses) sur la durée de l'exploitation participe de la robustesse des colis et à la capacité à les retirer de l'installation ;
- les alvéoles sont dimensionnées pour résister au chargement statique (convergence du Callovo-Oxfordien sous le poids du terrain) et dynamique (séisme majoré de sécurité) sur une longue durée couvrant la totalité de la période de fonctionnement prévue pour Cigéo. Leur dimensionnement aux sollicitations thermique, hydraulique, chimique, radiologique renforce leur robustesse et leur stabilité. De plus, ils sont équipés de dispositifs de surveillance de leurs conditions d'ambiance ;
- des dispositions de prévention de la formation d'atmosphère explosive sont mises en place (limitation des quantités d'hydrogène de radiolyse produites par les colis MA-VL, évacuation des gaz par la ventilation, prévention de l'apparition de zones d'accumulation [zones « mortes »], surveillance de la concentration en hydrogène, dispositifs de secours en cas d'arrêt de la ventilation...).

30 L'Andra a mis en place au Laboratoire souterrain un réseau de surveillance sismique afin de caractériser la fonction de transfert entre les signaux sismiques enregistrés en surface et ceux enregistrés en profondeur. L'exploitation des enregistrements montre que la couche hôte est globalement atténuante vis-à-vis du mouvement sismique.

31 En fonction du mode de stockage, il s'agit ici de l'ensemble constitué par le colis primaire en conteneur ou du colis primaire seul tel que livré par les producteurs (mode de stockage direct).

LES ESSAIS DE RETRAIT EN SITUATIONS DÉGRADÉES LORS DE LA PHASE INDUSTRIELLE PILOTE

La phase industrielle pilote constitue une première phase d'apprentissage technique dont l'objectif est notamment de contrôler et d'éprouver, dans l'environnement réel, l'ensemble de la conception, du fonctionnement et des dispositions de maîtrise des risques du centre de stockage Cigéo.

S'agissant du fonctionnement de l'installation, il s'agira notamment de confirmer en phase industrielle pilote la capacité de retirer des colis de leur alvéole de stockage. Cette confirmation sera fondée d'abord sur des essais d'ensemble en inactif, menés sur des maquettes de colis. Ils seront l'occasion de tester des opérations complètes de retrait en situations nominales et dégradées (pannes, incidents, blocage de la chaîne cinématique...). Cette confirmation s'appuiera ensuite sur des essais en actif, sans prendre de risques pour les colis de déchets radioactifs utilisés. Ils seront conduits avec les colis prévus lors de la construction de la première tranche d'ouvrages de stockage, sous la surveillance renforcée des équipes d'exploitation et de sûreté.

La phase industrielle pilote devra fournir à la gouvernance tous les éléments démontrant que les colis stockés dans Cigéo peuvent bien en être retirés. Le contenu de la phase industrielle pilote et son jalonnement progressif pourront être concertés avec les parties prenantes et le public en vue d'aboutir à une démonstration collectivement convaincante de la récupérabilité.

CONCLUSIONS

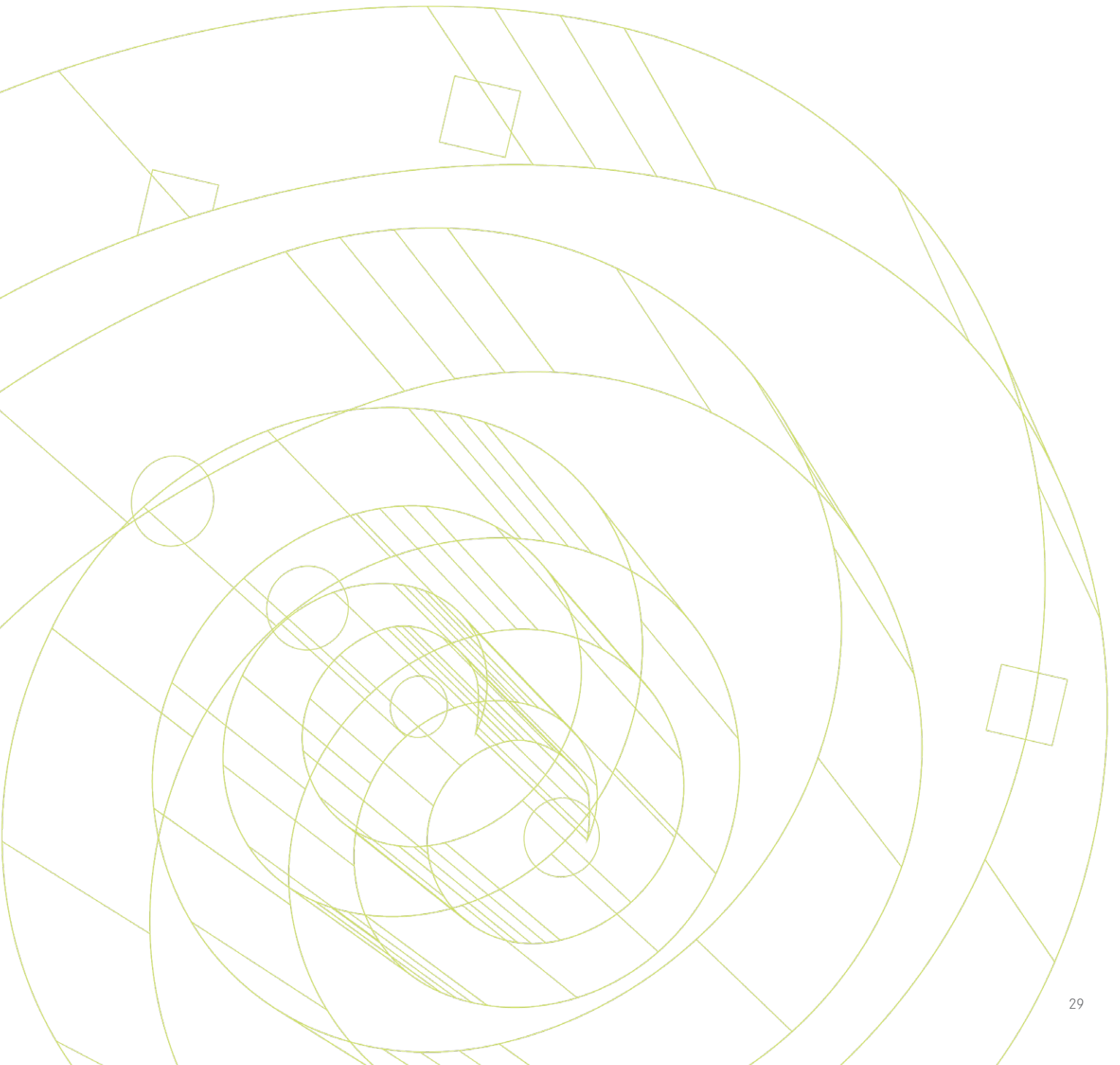
La récupérabilité ne constitue pas une des fonctions utilisées pour garantir la sûreté du centre de stockage Cigéo.

Dans l'hypothèse d'un événement affectant le fonctionnement du stockage, l'installation doit d'abord être rapidement replacée dans un état sûr. Ce retour à la sécurité ne repose pas sur une opération de retrait de colis.

En cas d'occurrence très peu probable d'une situation extrême affectant l'installation souterraine, il ne peut pas être garanti que les colis seront systématiquement retirés du stockage par la suite. Pour autant, dans le cadre de la défense en profondeur en vue de sa sûreté, la conception du centre de stockage Cigéo retient un ensemble de dispositions de prévention, de détection ou de mitigation des risques qui participent au maintien des conditions nécessaires au retrait des colis stockés (dimensionnements mécanique et thermique, dispositions de maîtrise des risques...).

La phase industrielle pilote aura pour objectif de conforter la capacité à retirer les colis stockés. Le contenu de la phase industrielle pilote et son jalonnement progressif pourront être concertés avec les parties prenantes et le public en vue d'aboutir à une démonstration collectivement convaincante de la récupérabilité.

ANNEXES



ANNEXE 1

PRINCIPES RÉGISSANT LE STOCKAGE GÉOLOGIQUE

Le stockage géologique consiste à placer les colis de déchets radioactifs dans des ouvrages construits dans le sous-sol continental, à une profondeur permettant d'isoler les déchets des personnes et de l'environnement, pour tirer parti des propriétés naturelles des roches sur de grandes échelles de temps.

Dans un stockage géologique :

- le rayonnement des déchets ne peut pas atteindre les êtres vivants compte tenu de la très forte épaisseur de roche les séparant de la surface du sol ;
- la profondeur et la stabilité des formations géologiques mettent les déchets à l'abri des perturbations d'origine naturelle (intempéries, érosion, inondation, désertification...) et humaine (chantiers, destruction, pillage, agressions...) ayant lieu à la surface. Les roches choisies sont souvent stables depuis des dizaines de millions d'années et les prévisions permettent de prévoir le maintien de cette stabilité géologique sur des millions d'années à venir (phénomènes d'érosion, de soulèvement, de volcanisme lié aux mouvements tectoniques...). De plus, sur le continent, les propriétés des roches peuvent être étudiées de façon approfondies par des investigations depuis la surface et dans des laboratoires dédiés ;
- les propriétés et l'épaisseur de la couche de roche dans laquelle les déchets sont placés assurent le confinement sur de grandes échelles de temps, en complémentarité avec le conditionnement des déchets et la conception des ouvrages de stockage. En pratique, les substances radioactives et toxiques contenues dans les déchets sont piégées dans la roche. Si elles reviennent un jour au contact d'êtres vivants, se sera dans des dizaines, voire des centaines de milliers d'années. Leur dangerosité aura été annulée avec le temps par la dilution et la décroissance radioactive. Les circulations d'eau souterraine sont le principal vecteur de transport de ces substances jusqu'à la biosphère. Dans un stockage, il est donc essentiel de choisir le site d'implantation et de concevoir les ouvrages de sorte à réduire au maximum le risque de circulation d'eau au contact des déchets ;
- la profondeur du stockage réduit l'éventualité d'une intrusion humaine involontaire, car les forages à de telles profondeurs sont très peu fréquents. En effet, ils sont coûteux et ne sont effectués qu'avec des intentions précises d'investigation géologique. Les zones recherchées pour les stockages géologiques ne présentent pas un intérêt exceptionnel en termes de ressources souterraines. Le choix de ce type de zone, pauvre en ressources, vise à réduire encore le risque qu'un forage profond soit réalisé à leur proximité. Ainsi, même si les restrictions d'usage du terrain en surface, voire la mémoire même de l'existence du stockage, disparaissent avec le temps, la probabilité d'intrusion humaine involontaire dans un stockage géologique est très faible par rapport à un ouvrage de surface ou proche de la surface.

Le principe du stockage est de pouvoir accueillir les déchets sans limite de temps. C'est ce qui le différencie du principe de l'entreposage qui est nécessairement temporaire.

À la fin de son remplissage, une fois que les déchets y ont tous été introduits, le stockage géologique est « fermé ». La fermeture consiste à démonter les équipements d'exploitation et à construire des ouvrages spécifiques, complémentaires de la barrière géologique (remblais de galeries, murs, scellements...), pour assurer le bon confinement des déchets sur de très grandes échelles de temps.

Le milieu géologique est choisi et l'installation de stockage est conçue de telle sorte qu'après la fermeture définitive de l'installation, la sûreté est assurée de façon passive, c'est-à-dire que les personnes et l'environnement sont protégés des substances radioactives et des toxiques chimiques contenus dans les déchets radioactifs, sans plus nécessiter d'action humaine (ventilation, maintenance...).

ANNEXE 2

PRINCIPAUX JALONS DU DÉVELOPPEMENT DU PROJET

Parmi les grands jalons décisionnels et réglementaires qui pourront être mis à profit pour éventuellement réorienter le projet de centre de stockage Cigéo (sans préjudice de la concertation et des exercices périodiques de réexamens de sûreté, de revue de réversibilité et de mise à jour du PDE), on peut citer notamment :

- **dans la prochaine vingtaine à trentaine d'années :**

- l'autorisation de création de l'INB du centre de stockage par décret ;
- les étapes de la construction initiale qui sera naturellement progressive et prudente (construction, creusement, équipement, essais inactifs...) ;
- l'autorisation de mise en service pour démarrer les essais en actif, y compris les essais de sûreté et les essais de récupérabilité ;
- le début du stockage de colis sans intention de les retirer ;
- la loi qui décidera des conditions de sortie de la phase industrielle pilote ;

- **à plus long terme et sur une durée d'un siècle :**

- les décisions d'étendre par tranches le quartier de stockage MA-VL pour y poursuivre le stockage ;
- à l'horizon 2080 la décision opérationnelle de stocker des colis de déchets HA et de construire progressivement les quartiers adaptés ;
- à l'horizon 2100 la décision opérationnelle éventuelle de stocker des combustibles usés et de construire progressivement les quartiers adaptés. Les combustibles irradiés produisent encore plus de chaleur que les déchets HA et doivent connaître une longue période de décroissance thermique avant que leur stockage ne soit envisagé. Dans une logique de progressivité, le quartier qui leur serait dédié, devrait être réalisé après la construction et le début de l'exploitation du quartier de stockage HA ;
- d'éventuelles décisions d'obturation anticipée d'alvéoles ou de fermeture de quartiers de stockage pour avancer dans les étapes visant la fermeture définitive du centre de stockage ;
- le démantèlement des installations du centre de stockage ;
- la fermeture définitive du centre que seule une loi peut autoriser.

ANNEXE 3

ÉCHELLE INTERNATIONALE DE RÉCUPÉRABILITÉ DE L'AEN

L'échelle de l'AEN présente 6 niveaux, dont les durées possibles peuvent varier suivant les programmes nationaux. De même, la définition du positionnement exact des transitions entre les niveaux est du ressort de chaque programme national.

Son premier niveau est associé à l'entreposage en surface qui précède le stockage des colis de déchets et qui présente une récupérabilité maximale en fonctionnement normal. Le dernier niveau correspond à l'installation de stockage ayant évolué à très long terme après sa fermeture. Le passage d'un niveau au suivant marque le franchissement d'une étape augmentant progressivement le degré d'effort nécessaire à la mise en œuvre d'une opération de retrait.

Les franchissements des niveaux de récupérabilité sont les suivants :

- passage du niveau 1 au niveau 2 : mise en place de colis de déchets dans l'alvéole de stockage. On dit que l'alvéole se trouve au niveau 2 dès qu'elle contient un premier colis de stockage contenant des déchets ;
- passage du niveau 2 au niveau 3 : mise en place des ouvrages d'obturation de l'alvéole. Le niveau 3 correspond au premier niveau de fonctionnement passif de l'alvéole. En pratique, le passage du niveau 2 au niveau 3 est effectif au moment où les dispositifs d'extraction des fluides (gaz ou eau) sont rendus inopérants (arrêt de la possibilité de ventilation ou de soutirage d'éventuelles venues d'eau) ;
- passage du niveau 3 au niveau 4 : remblayage et scellement éventuel des galeries permettant d'accéder aux alvéoles ;
- passage du niveau 4 au niveau 5 : remblayage et scellement des puits et des descenderies jusqu'à la surface ;
- passage du niveau 5 au niveau 6 : lente évolution à long terme du stockage impliquant une dégradation progressive des colis de déchets.

L'échelle de récupérabilité de l'AEN est utilisée par l'Andra comme base pour la description des étapes successives de fonctionnement et de fermeture de Cigéo. Le terme « fermeture définitive » désigne les opérations de passage au niveau 5. En France, conformément aux dispositions législatives actuelles, seule une loi pourra les autoriser.

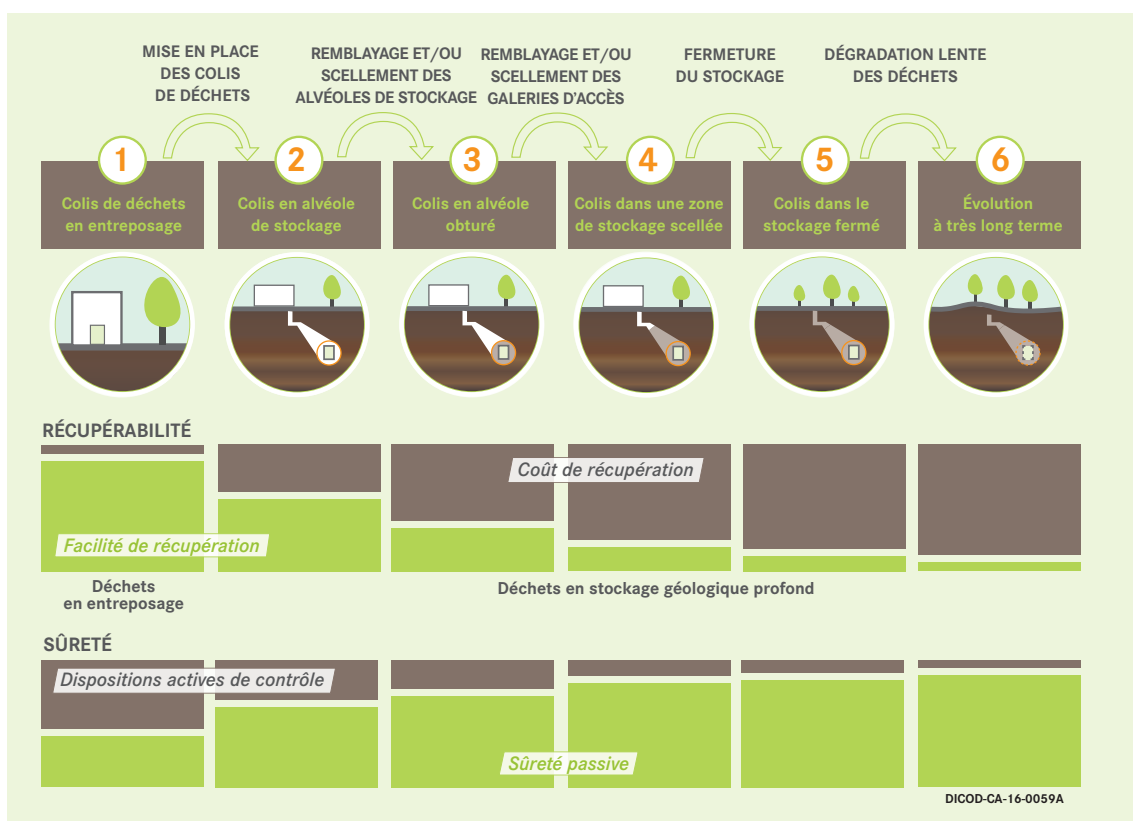


Figure 1 Niveau de l'échelle internationale de récupérabilité (AEN)





AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION
DES DÉCHETS RADIOACTIFS

1-7, rue Jean-Monnet
92298 Châtenay-Malabry cedex
Tél. : 01 46 11 80 00

www.andra.fr



© Andra - 607 - Janvier 2021 - DDP/DICOM/20-0045 • Création graphique : Agence Les Récréateurs • Crédits photos : Andra
Impression certifiée Imprim'Vert avec des encres végétales sur un papier partiellement recyclé, certifié FSC — **Gratuit, ne peut être vendu**