

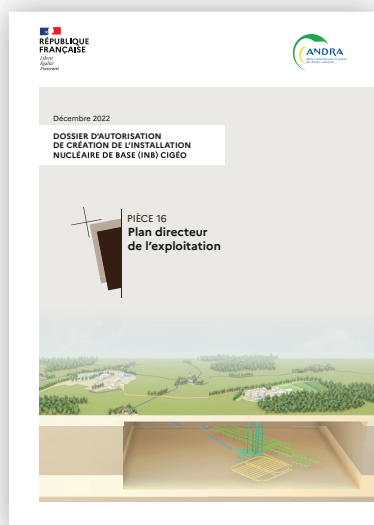
CONCERTATION

Les choix offerts par la réversibilité de Cigéo



Avant-propos

Le présent document est extrait de la première édition du Plan directeur de l'exploitation (PDE) du centre de stockage Cigéo. L'objectif du Plan directeur de l'exploitation est défini par la loi n°2016-1015 : afin « *de garantir la participation des citoyens tout au long de la vie d'une installation de stockage en couche géologique profonde, [l'Andra] élabore et met à jour, tous les cinq ans, en concertation avec l'ensemble des parties prenantes et le public, un plan directeur de l'exploitation de celle-ci.* »



SOMMAIRE

05

La réversibilité

07

Les possibilités offertes
par le développement
progressif du centre de
stockage Cigéo

08

Les possibilités offertes
par la flexibilité de
l'exploitation

11

Les possibilités offertes
par l'adaptabilité des
installations

13

Les possibilités offertes
par la récupérabilité des
colis stockés

15

Références bibliographiques

1. La réversibilité

La préoccupation de réversibilité trouve son origine dans l'échelle de temps qu'implique la gestion des déchets radioactifs HA et MA-VL. Compte tenu de la durée d'ordre séculaire prévue pour le fonctionnement du centre de stockage Cigéo, environ cinq générations successives devraient l'exploiter. Notre génération, qui envisage de créer cette installation, a donc le devoir de ne pas enfermer les générations futures dans des choix de conception faits au lancement du projet. La réversibilité des décisions est donc au cœur de l'approche technique et sociétale pour le développement du stockage géologique et c'est dans ce sens que l'Andra développe le centre de stockage Cigéo pour qu'il soit 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 du stockage permettant d'intégrer le progrès technologique et de s'adapter aux évolutions possibles de l'inventaire des déchets (suite notamment à une évolution de la politique énergétique). Elle inclut la possibilité de récupérer des colis de déchets déjà stockés selon des modalités et pendant une durée cohérente avec la stratégie d'exploitation et de fermeture du stockage* ».

Cette notion est également celle de la directive européenne de 2011 (1) (considérant 23) 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 code de l'environnement fixe des objectifs en matière de réversibilité. Il définit le stockage de déchets radioactifs comme « *l'opération consistant à placer ces substances dans une installation spécialement aménagée pour les conserver de façon potentiellement définitive [...] sans intention de les retirer ultérieurement* » et précise, pour le stockage en couche géologique profonde, qu'il est réalisé « *dans une installation souterraine spécialement aménagée à cet effet, dans le respect du principe de réversibilité* » (article L. 542-1-1).

L'autorisation de création du centre de stockage « *fixe la durée minimale pendant laquelle, à titre de précaution, la réversibilité du stockage doit être assurée. Cette durée ne peut être inférieure à cent ans. [...] Un centre de stockage ne garantissant pas la réversibilité de ce centre dans les conditions prévues par la loi* » ne pourra pas obtenir d'autorisation de mise en service (article L. 542-10-1).

Le code de l'environnement indique également que la phase industrielle pilote du centre de stockage en couche géologique profonde permet « *de conforter le caractère réversible [...] de l'installation* » et que tous les colis de déchets « *doivent rester aisément récupérables* » pendant cette phase (article L. 542-10-1).

Sur la base des résultats de la phase industrielle pilote présentés par l'Andra dans un rapport pour le Parlement et de son instruction, le Gouvernement présente un projet de loi « *adaptant les conditions d'exercice de la réversibilité du stockage* » (article L. 542-10-1).

De plus, « *des revues de la mise en œuvre du principe de réversibilité [...] sont organisées au moins tous les cinq ans* » (article L. 542-10-1 du code de l'environnement).

La décision de la ministre de la Transition écologique et solidaire et du président de l'Autorité de sûreté nucléaire, consécutive au débat public mené dans le cadre de la préparation de la cinquième édition du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs (PNGMDR) (2), indique notamment que « *le PNGMDR précisera les conditions de mise en œuvre de la réversibilité du stockage, en particulier en matière de récupérabilité des colis, les jalons décisionnels du projet Cigéo ainsi que la gouvernance à mettre en œuvre afin de pouvoir réinterroger les choix effectués* ».

La réversibilité du centre de stockage se caractérise par sa capacité à évoluer, dans le futur, pour accompagner et faciliter les décisions qui seront prises en matière de gestion des déchets radioactifs. Elle fera l'objet d'un examen technique lors de l'instruction de la demande d'autorisation de création du centre de stockage Cigéo (DAC) et constituera, avec la sûreté et l'impact environnemental, une des conditions fondamentales pour la délivrance de cette autorisation.

Dans la pratique, les outils techniques de conduite du projet définis par le code de l'environnement (Article L. 542-10-1), sont les suivants :

- le développement progressif du stockage ;
- la flexibilité de l'exploitation ;
- l'adaptabilité de la conception ;
- la récupérabilité des déchets.

Si des décisions étaient prises pour activer ces outils de conduite du projet, elles se traduiraient, sur le plan matériel, par de nouvelles opérations d'exploitation ou par de nouvelles constructions, non programmées au stade actuel du projet. L'utilisation pratique de ces outils de réversibilité modifierait le déploiement prévisionnel du projet.

Les possibilités qu'offrent ces outils techniques en matière de décision pour la gestion des déchets et le déploiement du centre de stockage Cigéo sont décrites dans les sous-chapitres 2 à 5 suivants du présent document.

Le présent chapitre constitue la proposition de l'Andra pour « *identifier et expliciter les modalités de mise en œuvre de la réversibilité, dont la récupérabilité* » appelée par la cinquième édition du PNGMDR (action HAMAVL.5).

2. Les possibilités offertes par le développement progressif du centre de stockage Cigéo

La construction progressive du centre de stockage Cigéo correspond à un enchaînement prudent d'opérations de construction et de mises en service successives de parties du centre de stockage sur toute la durée de son fonctionnement. Ces tranches successives de construction mèneront progressivement à la construction complète de l'installation. Ce déploiement prévisionnel jusqu'à terminaison, associé aux choix de conception retenus par l'Andra, constituera la feuille de route initiale du développement du projet. La programmation de ces opérations pourra être revue pour accélérer, retarder ou modifier la construction et la mise en service de ces tranches. Les évolutions seront tracées dans les versions successives du plan directeur de l'exploitation (PDE).

Associé à l'adaptabilité de sa conception (cf. Chapitre 4 du présent document), le principe d'un développement progressif offre notamment la possibilité aux générations successives qui construiront et exploiteront le centre de stockage Cigéo d'adapter les ouvrages à d'éventuelles évolutions d'inventaire (par exemple construction ou non de quartier de stockage de combustibles usés) (cf. Chapitre 4 du présent document).

La progressivité de la construction permet aux générations successives de faire évoluer le programme de construction pour tenir compte des besoins industriels de stockage. Les générations futures pourront accélérer le déploiement du centre de stockage Cigéo en construisant des tranches plus vastes qu'initialement prévu ou au contraire le temporiser en construisant des tranches plus petites ou en reportant les travaux. La construction sera programmée en lien avec les décisions relatives au maintien et au renouvellement des capacités d'entreposage des colis en surface prises dans le cadre de la gouvernance de la gestion des déchets radioactifs et prescrites par le Gouvernement dans le cadre du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs (PNGMDR).

De plus, la progressivité de la construction favorise l'intégration aux futures tranches de construction, de toutes les améliorations qui seront rendues possibles par les progrès scientifiques et technologiques et par le retour d'expérience acquis sur la durée d'ordre séculaire du fonctionnement. Dès lors qu'une meilleure solution technologique aura été développée et aura atteint un degré de maturité suffisant, elle pourra, sous réserve de sa démonstration de sûreté et de son autorisation, être intégrée aux ouvrages à construire. À ce titre, la construction et l'exploitation du quartier pilote HA, dès la phase industrielle pilote (Phipil), permet de disposer d'un retour d'expérience précieux pour la définition technique, la construction, l'exploitation et la surveillance du quartier de stockage HA qui sera mis en œuvre à l'horizon 2080.

Le développement progressif du centre de stockage Cigéo s'appuiera pendant toute la durée de son fonctionnement *a minima* sur une veille scientifique et technologique, voire sur la mise en œuvre en propre par l'Andra d'études et de recherches en matière de développement du stockage. Des évolutions de conception pourraient également provenir de prescriptions formulées par l'ASN à l'occasion des réexamens périodiques de sûreté. La surveillance et l'exploitation du centre de stockage amèneront aussi naturellement des éléments de connaissance additionnels utiles pour l'optimisation de sa conception et de son exploitation. Le développement progressif favorise le maintien du plus haut de niveau de sûreté tout en maîtrisant les coûts du stockage.

Enfin, la progressivité de la construction donne le temps de consolider prudemment le choix de certains modes de conditionnement et les modalités de mise en stockage des colis associés. Il s'agit notamment des colis de déchets bitumés (3) et des déchets MA-VL non encore conditionnés et dont le mode de conditionnement reste donc à confirmer. Les alvéoles seront construits et les colis de déchets seront mis en stockage progressivement, au fur et à mesure de la consolidation de leurs démonstrations de sûreté, de leurs autorisations par l'ASN et de la vérification que les colis respectent le processus d'acceptation des colis sur le centre de stockage.

3. Les possibilités offertes par la flexibilité de l'exploitation

La flexibilité de l'exploitation est définie comme la capacité du centre de stockage Cigéo, une fois construit, à absorber des variations de son programme industriel (chronique de réception des colis, flux de réception, mode de conditionnement de déchets, mode de stockage de colis, évolution d'inventaire, date d'obturation d'alvéoles ou de quartiers de stockage) sans modification des infrastructures ou des équipements existants.

Elle offre la possibilité aux générations futures de faire évoluer les flux de colis reçus sur le centre de stockage Cigéo (dans certaines limites liées aux performances des équipements, à leur taux d'utilisation et à la disponibilité des opérateurs). Cette situation pourrait par exemple être rencontrée si un producteur de déchets souhaitait expédier vers le centre de stockage Cigéo un type de colis de déchets à un rythme différent ou à une échéance autre qu'initialement prévu.

L'installation est également conçue de telle sorte que sa sûreté ne soit pas dépendante de l'ordre dans lequel les colis d'une famille lui sont livrés. Sous réserve de leur conformité au processus d'acceptation des colis de déchets sur le centre de stockage et de leur conformité aux procédures qui seront mises en place pour la livraison, les colis d'une famille peuvent être reçus et stockés dans les alvéoles les concernant sans que l'exploitation soit contrainte par un ordre préétabli.

La flexibilité permet aussi de recevoir et de stocker des colis de déchets dans une gamme de formes, de dimensions et de masses variables. Elle permet de faire évoluer les modes de conditionnement prévus pour les colis de déchets, principalement MA-VL, dans la mesure où ceux-ci respectent le processus d'acceptation des colis de déchets sur le centre de stockage Cigéo.

La flexibilité permet également d'offrir aux générations futures la possibilité de modifier le scénario de fermeture.

Les conteneurs et les ouvrages de stockage sont conçus de façon suffisamment robuste pour que le calendrier de fermeture du centre de stockage Cigéo puisse être retardé ou avancé, sans préjudice pour la sûreté.

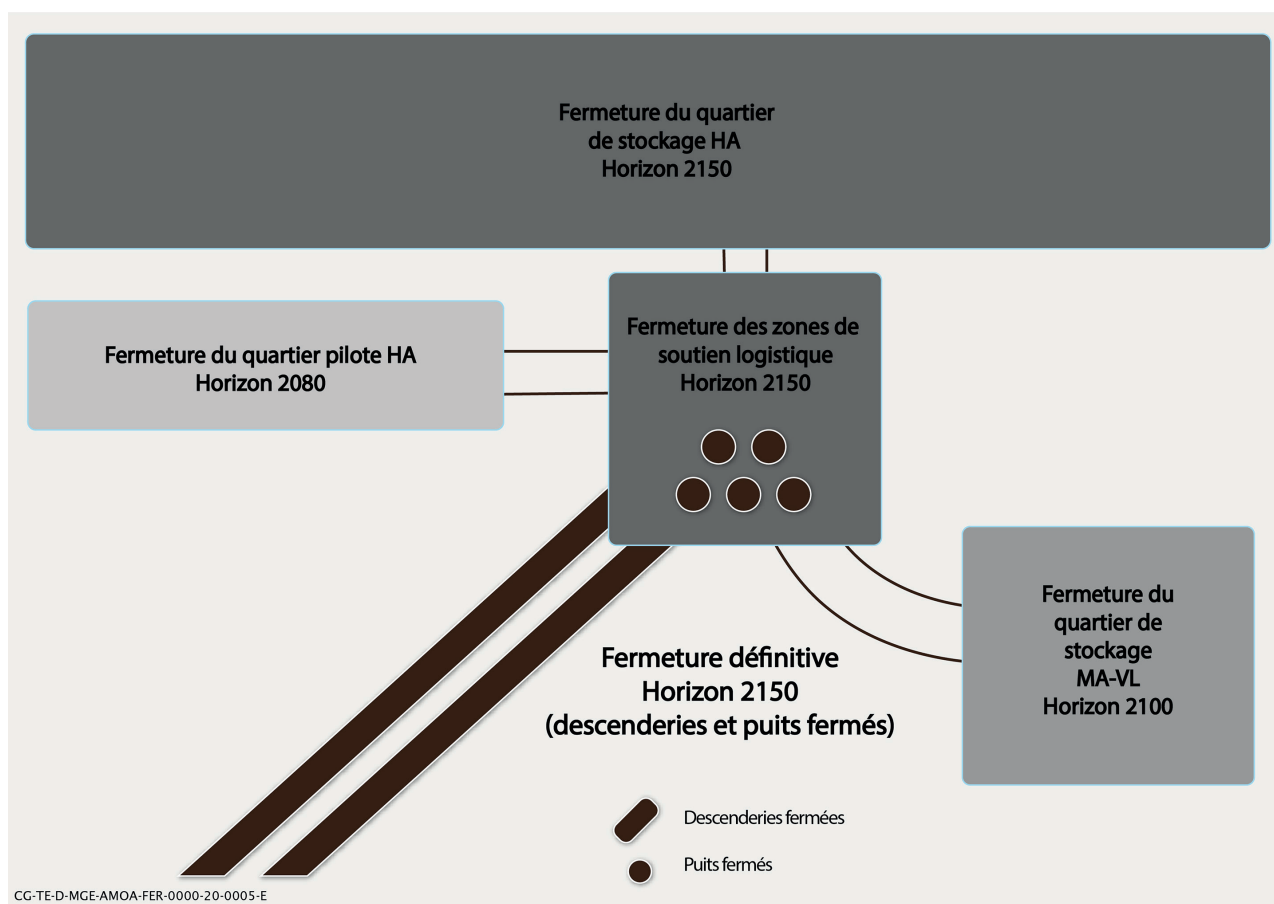
Un scénario de fermeture est une organisation de la succession des opérations nécessaires à la mise en sécurité passive du stockage. Les principales opérations d'un scénario de fermeture visent à obturer les alvéoles de stockage des colis de déchets et à fermer les quartiers de stockage et les zones de soutien logistique. Lors de la dernière étape, dite de « fermeture définitive », que seule une loi peut autoriser, les accès depuis la surface (puits et descenderie) sont scellés et remblayés.

Le scénario prévisionnel de fermeture, proposé par l'Andra à ce stade, est d'obturer les alvéoles et de remblayer les galeries de chaque quartier dans la foulée, au même horizon temporel, à l'issue de l'exploitation de chaque quartier. Chaque quartier est fermé en une seule et même phase d'opérations regroupant le démontage des équipements puis la construction des ouvrages d'obturation des remblais.

La proposition de l'Andra consiste à :

- fermer le quartier pilote HA à l'horizon 2080, après environ 40 ans de fonctionnement et de surveillance ;
- fermer le quartier de stockage MA-VL à l'horizon 2100, à l'issue de son remplissage, après environ 60 ans de fonctionnement et de surveillance ;
- fermer le quartier de stockage HA à l'horizon 2150, à l'issue de son remplissage, après jusqu'à environ 70 ans de fonctionnement et de surveillance¹ ;
- engager la fermeture définitive du centre de stockage Cigéo à l'horizon 2150, c'est-à-dire sceller et remblayer les accès depuis la surface (puits et descenderies).

1. Les différentes parties du quartier de stockage HA sont construites et mises en service progressivement à partir de l'horizon 2080.



» Synthèse illustrative du scénario prévisionnel de fermeture proposé par l'Andra

Ce scénario prévisionnel repose donc sur des étapes de fermeture de quartier organisées par tailles et complexités croissantes. Ainsi, la fermeture du quartier pilote HA permet d'acquérir du retour d'expérience qui sera mis à profit, environ 20 ans après, pour fermer le quartier de stockage MA-VL. De même, la fermeture du quartier de stockage MA-VL procure de l'expérience pour la fermeture du quartier de stockage HA, entreprise environ 50 ans après. Les opérations peuvent ainsi être améliorées en vue d'une efficacité et d'une performance croissantes.

L'Andra considère que le scénario prévisionnel de fermeture qu'elle propose constitue, à ce stade, un optimum du point de vue industriel. Des scénarios de fermeture différents pourront être présentés si des éléments nouveaux sont identifiés, en particulier lors des études, pendant les essais, puis pendant toute la durée de vie de l'installation.

L'étude des scénarios de fermeture possibles sera approfondie tout au long de la vie du centre de stockage et bénéficiera du retour d'expérience du fonctionnement et de la surveillance du centre de stockage, ainsi que de l'exploitation des démonstrateurs de fermeture construits dès la phase industrielle pilote).

Le scénario prévisionnel de fermeture proposé par l'Andra n'est donc pas figé. La conception de l'installation nucléaire Cigéo et la flexibilité de son exploitation offre la possibilité de schémas de fermeture plus progressifs et anticipés ou, inversement, plus concentrés dans le temps à la fin du fonctionnement.

Le scénario prévisionnel de fermeture sera réévalué à échéances périodiques dans le cadre des revues périodiques de réversibilité prévues par le code de l'environnement (article L. 542-10-1). L'engagement des étapes de fermeture fera l'objet de procédures d'autorisation adaptées. Conformément à la décision de la ministre de la Transition écologique et solidaire et du président de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), consécutive au débat public dans le cadre de la préparation de la cinquième édition du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs (PNGMDR) (2), c'est le PNGMDR qui « *précisera les conditions de mise en œuvre de la réversibilité du stockage [...], les jalons décisionnels du projet Cigéo ainsi que la gouvernance à mettre en œuvre afin de pouvoir réinterroger les choix effectués* ».

Quel que soit le scénario de fermeture apparaissant le plus approprié à ce jour, le centre de stockage Cigéo est conçu pour que les opérations d'obturation puissent être décidées et engagées sur toute la période de fonctionnement du centre de stockage Cigéo. La proposition de scénario est donc flexible. Elle pourra être adaptée par les générations à venir pour répondre aux contraintes et aux enjeux qui apparaîtront au cours du temps :

- dans le cas où le choix serait fait d'une obturation au plus tôt, de premiers alvéoles de stockage pourraient être fermés à l'horizon 2060 (sous réserve des conditions de réversibilité fixées par le Parlement au vu des résultats de la phase industrielle pilote ;
- inversement, s'il est décidé de reporter au maximum les décisions de fermeture, il serait possible d'obturer tous les alvéoles, de fermer tous les quartiers et de procéder à la fermeture définitive du centre de stockage à l'horizon 2150.

4. Les possibilités offertes par l'adaptabilité des installations

L'adaptabilité des installations du centre de stockage Cigéo est définie comme la capacité à leur apporter des modifications pour les adapter à de nouvelles hypothèses de dimensionnement. Elle peut aller jusqu'à des évolutions des équipements existants ou à des constructions d'ouvrages nouveaux requérant éventuellement des modifications du décret d'autorisation de création initial et un processus d'autorisation adapté.

La principale hypothèse de dimensionnement du centre de stockage Cigéo susceptible d'être revue avec le temps concerne son inventaire, c'est-à-dire le nombre et le type des familles de colis de déchets à y stocker. En fonction des volumes et des types de déchets concernés, de telles adaptations présenteraient des enjeux techniques différents, allant de simples ajustements de la conception et de l'exploitation du centre de stockage, jusqu'à des modifications de son architecture à terminaison, par exemple pour la prise en charge de combustibles usés.

À titre de précaution, depuis les premières étapes du projet dans les années 2000, l'Andra étudie la faisabilité du stockage d'une partie des déchets FA-VL et de combustibles usés dans la formation argileuse du Callovo-Oxfordien. De telles études de faisabilité ont été périodiquement instruites par l'ASN depuis 2005.

Dans le cadre de la préparation du dossier de demande d'autorisation de création (DAC) de l'installation nucléaire Cigéo, l'Andra a approfondi ses études de conception et ses évaluations de sûreté sur un inventaire plus large que l'inventaire de référence du projet. Cet inventaire est dénommé « inventaire de réserve ». Les études relatives à l'éventuel stockage des déchets de cet inventaire de réserve sont dénommées « études d'adaptabilité ».

Dans son avis n° 2018-AV-0300 du 11 janvier 2018 (3), l'ASN présente les objectifs des études à mener pour la prise en charge de l'inventaire de réserve de la manière suivante : « *l'Andra doit présenter l'inventaire de réserve retenu, conformément à l'avis de l'ASN du 31 mai 2016 susvisé, et justifier qu'il n'y a pas d'élément réducteur au stockage des déchets de cet inventaire de réserve* ». À cela s'ajoute la demande de la lettre ASN du 12 janvier 2018 (4) que ces études permettent « *d'avoir la raisonnable assurance que la démonstration de*

sûreté pourra, le cas échéant, être confirmée pour les déchets de l'inventaire de réserve ».

Conformément à la démarche retenue pour mener les études d'adaptabilité présentée en 2019 dans le cadre du Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs (PNGMDR) 2016-2018 (5), les études d'adaptabilité ont pour premier objectif d'évaluer la faisabilité technique de la prise en charge des colis de l'inventaire de réserve dans le centre de stockage Cigéo et d'identifier, le cas échéant, les évolutions éventuelles de l'installation par rapport à la conception actuelle prévue pour le stockage des colis de déchets radioactifs de l'inventaire de référence. Parmi les évolutions éventuelles sont identifiées en priorité les dispositions conservatoires à mettre en place dès la construction initiale.

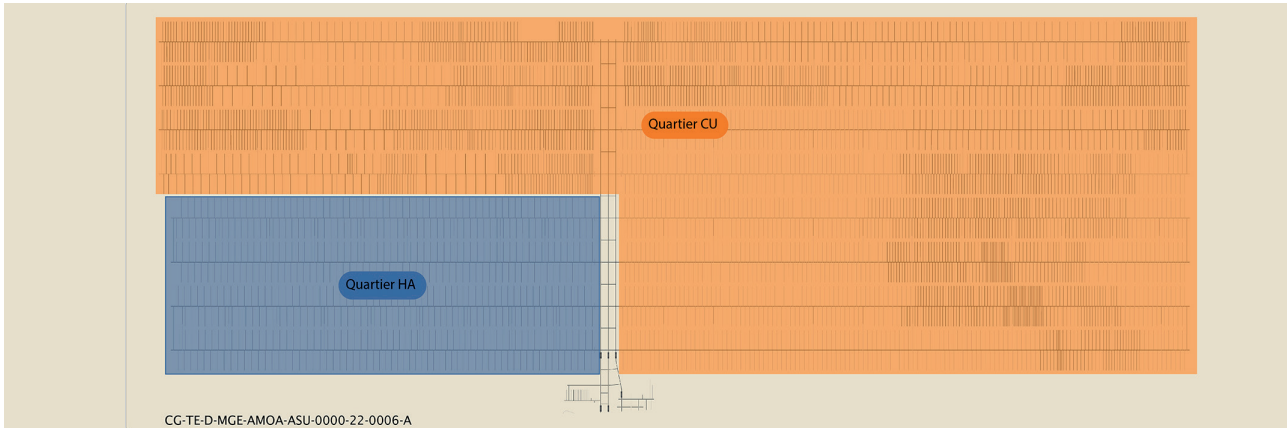
Elles ont pour second objectif de montrer que les évolutions éventuelles de la conception, ainsi que les travaux prévus pour les mettre en œuvre en temps voulu et la mise en stockage des colis de l'inventaire de réserve ne remettent pas en cause la sûreté du centre de stockage Cigéo. Ainsi, ces éléments inhérents aux études de sûreté d'adaptabilité visent à vérifier la « faisabilité d'une démonstration de sûreté » et la justification de la capacité de l'Andra à apporter ultérieurement les compléments de démonstration de sûreté spécifiques à la prise en charge de ces colis.

Les études d'adaptabilité permettent ainsi de vérifier que la conception actuelle de l'INB ne présente pas de caractère réducteur au stockage des colis de l'inventaire de réserve.

S'agissant des combustibles usés, les principales adaptations concerneraient, d'une part le processus de transfert dans l'installation souterraine, d'autres part la substitution de quartiers de stockage HA par des quartiers de stockage de combustibles usés.

En effet, si ceux-ci venaient à être stockés, les colis HA qui auraient été générés par leur traitement ne seraient pas produits. Toutefois, aucune opération de stockage de combustibles n’est envisagée avant l’horizon 2100 afin de bénéficier

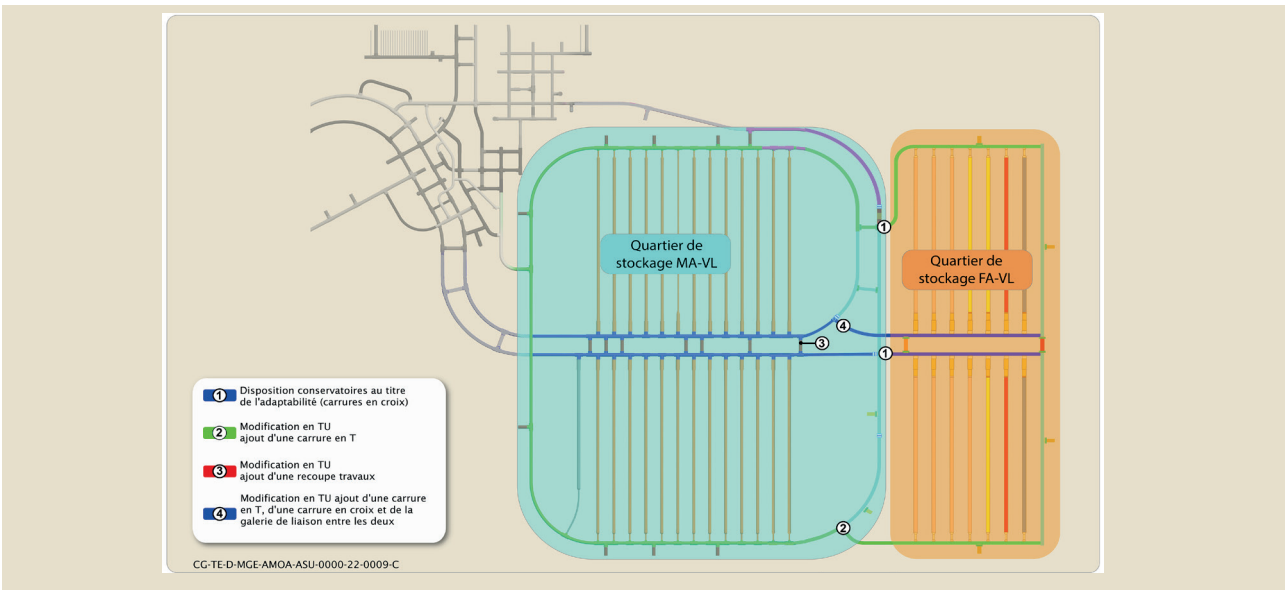
d’une décroissance notable de leur dégagement thermique et d’intégrer la construction de leurs alvéoles de stockage au programme de déploiement des ouvrages souterrains.



» Illustration des quartiers de stockage HA et de CU (hypothèse à terminaison pour le scénario dit « SNR » enveloppe des évolutions de politique énergétique de l’Inventaire national (6))

S’agissant des déchets de faible activité à vie longue (FA- VL) actuellement destinés à un stockage à proximité de la surface, si certains étaient *in fine* orientés vers le centre de stockage Cigéo, et sous réserve d’autorisation, ces colis supplémentaires pourraient être stockés dans des alvéoles de même type que les alvéoles MA-VL. Ceux-ci pourraient être ajoutés au sein du quartier de stockage MA-VL, voire dans une extension de ce quartier.

La mise en œuvre des évolutions de conception nécessaires à l’adaptabilité ferait l’objet le moment venu de procédures d’autorisation adéquates selon le cadre réglementaire en vigueur. Elle induirait nécessairement une modification du déploiement prévisionnel envisagé pendant phase de fonctionnement du centre de stockage.



» Illustration des ouvrages d’un éventuel quartier de stockage FA-VL (hypothèse à terminaison)

5. Les possibilités offertes par la récupérabilité des colis stockés

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 2013 (7). 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 un objectif 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 et procurer 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 les dispositions mises en œuvre pour la récupérabilité, associée à la flexibilité de l'exploitation, offre de la souplesse pour la gestion du centre de stockage. Son exploitant pourra ainsi retirer, de façon ponctuelle, un ou plusieurs colis de leurs alvéoles, sans perturber significativement les flux de mise en stockage. Ces opérations pourront être utilisées pour des vérifications, des essais ou des réagencements d'alvéoles. Les colis de déchets seraient ensuite réintroduits en alvéole pour stockage.

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, 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 ferait l'objet, le moment venu, de prescriptions du Gouvernement dans le cadre du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs (PNGMDR) et de procédures d'autorisation adéquates selon le cadre réglementaire en vigueur.

Si une décision était prise de retirer du centre de stockage Cigéo des colis stockés, les colis retirés du centre de stockage Cigéo seraient réexpédiés hors du centre vers la filière de gestion alternative choisie. Il n'y a pas d'entreposage pérenne prévu parmi les installations de surface du centre de stockage Cigéo.

Les principales options techniques permettant d'assurer le retrait des colis de déchets stockés avant l'obturation des galeries sont intégrées dès la conception. Ces dispositions visent à rendre possible 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 de fonctionnement et de surveillance. Leur performance est justifiable sur la période séculaire prévue pour le fonctionnement du stockage. Ces options de récupérabilité ont été formalisées dans un dossier spécifique en 2016 (8) et ont fait l'objet d'une instruction par l'ASN en parallèle du dossier d'options de sûreté (avis n° 2016-AV-0267 ASN du 31 mai 2016 (9)).

La faisabilité des opérations de retrait fait l'objet de développements techniques de l'Andra intégrés à la conception du centre de stockage Cigéo. Les essais menés ont permis de valider la possibilité du retrait de colis de stockage HA et MA-VL, y compris dans des conditions plus difficiles que celles attendues en conditions opérationnelles réelles (déformation importante de l'alvéole HA, hygrométrie élevée et présence de produits de corrosion dans l'alvéole HA, déplacement des piles de colis MA-VL, etc.). Conformément au code de l'environnement (article L. 542-10-1), des essais dédiés à la récupérabilité sont menés pendant la phase industrielle pilote).

Compte tenu des conditions d'environnement induites par la roche du Callovo-Oxfordien et des options très robustes de conception de l'installation, l'évolution du stockage exclut l'apparition de désordres rapides ou

d'altérations soudaines des ouvrages souterrains construits dans cette roche sur la durée d'ordre séculaire prévue pour le fonctionnement du centre de stockage. Quelques années après leur creusement et leur construction, le comportement des 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 pilote (Phipil).

L'installation nucléaire Cigéo est conçue 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.

Si au cours de la phase de fonctionnement du centre de stockage, une décision était prise d'en retirer tout ou partie des colis de déchets déjà stockés et de les diriger vers une autre filière de gestion, jugée avantageuse, y compris au plan de la sûreté à long terme, alors elle induirait nécessairement une modification du déploiement prévisionnel du centre de stockage.

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 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.

La sûreté du stockage consiste en un ensemble de dispositions de protection visant à prévenir les accidents ou à en limiter les effets.

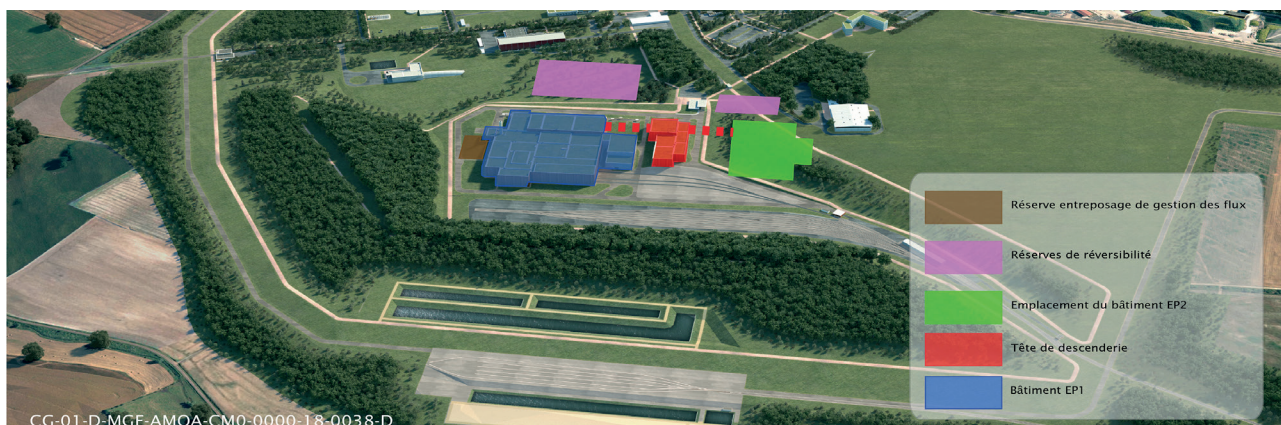
Elle consiste à interposer entre la source de danger (les colis de déchets radioactifs) et les travailleurs, le public et l'environnement, un nombre suffisant de dispositions de protection techniques et organisationnelles, éliminant ou réduisant à un niveau acceptable les risques liés à cette source 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 successifs. 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.

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 (11, 12).

Les cinq 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.



» Illustration d'emplacements conservés pour la construction éventuelle de bâtiment s'ils s'avéraient nécessaires à la mise en œuvre d'opérations liées à la réversibilité du stockage.

La récupérabilité ne constitue pas une des fonctions de sûreté du centre de stockage Cigéo. Toutefois, certaines dispositions de conception liées à la sûreté 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.

Dans l'hypothèse d'un événement affectant le fonctionnement du stockage, l'installation devrait d'abord être rapidement replacée dans un état sûr (maintien ou rétablissement

des fonctions de sûreté, protection des opérateurs contre l'exposition au rayonnement, confinement, évacuation des gaz...). Ce retour à la sécurité 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, sous réserve d'autorisation de l'ASN. 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 stockage².

Références bibliographiques

1. Directive n°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. Conseil de l'Union européenne (2011). Journal officiel de l'Union européenne, N°L 199, pp.48–56.
2. Décision du 21 février 2020 consécutive au débat public dans le cadre de la préparation de la cinquième édition du plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs. Ministère de la Transition écologique et Solidaire ; Autorité de sûreté nucléaire (ASN) (2020). Journal officiel de la République française.
3. Avis n°2018-AV-0300 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 11 janvier 2018 relatif au dossier d'options de sûreté présenté par l'Andra pour le projet Cigéo de stockage de déchets radioactifs en couche géologique profonde. Autorité de sûreté nucléaire (ASN) (2018). N°2018-AV-0300. 7 p. Disponible à l'adresse : <https://www.asn.fr/content/download/155337/1525188?version=3>
4. Lettre CODEP-DRC-2018-001635 de l'ASN du 12 janvier 2018 relative au Dossier d'options de sûreté pour le projet de stockage de déchets radioactifs en couche géologique profonde. Autorité de sûreté nucléaire (ASN) (2018). N°CODEP-DRC-2018-001635. 45 p. Disponible à l'adresse : <https://www.asn.fr/Media/Files/Lettre-adressee-a-l-Andra-precisant-les-options-de-surete-Cigeo>
5. PNGMDR 2016-2018 - Proposition de types et de quantités de déchets à inclure dans l'inventaire de réserve de Cigéo en application de l'article 56 de l'arrêté du 23 février 2017. Andra (2017). Document N°DG/DIR/17-0128. Disponible à l'adresse : https://www.andra.fr/sites/default/files/2018-07/PROPOSITION%20DE%20TYPES%20ET%20DE%20QUANTITES%20DE%20DECHETS%20A%20INCLURE%20DANS%20L%27INVENTAIRE%20DE%20RESERVE%20DE%20CIGEO_PNGMDR1618.pdf
6. Inventaire national des matières et déchets radioactifs - Les essentiels 2018. Andra (2018). Document N°PUBLI/20-0826. Disponible à l'adresse : https://inventaire.andra.fr/sites/default/files/documents/pdf/fr/andra-les_essentiels-2018.pdf
7. 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 CIGEO. Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (2014). Journal officiel de la République française, N°108, pp.7851–4.
8. Dossier d'options techniques de récupérabilité (DORec). Andra (2016). Document N°CGTEDNTEAMOARV00000150059. Disponible à l'adresse : <https://www.andra.fr/sites/default/files/2018-11/CG-TE-D-NTE-AMOA-RV0-0000-15-0059-A%20DOREC.pdf>
9. Avis n°2016-AV-0267 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 31 mai 2016 relatif à la réversibilité du stockage de déchets radioactifs en couche géologique profonde. Autorité de sûreté nucléaire (ASN) (2016). N°2016-AV-0267. 3 p. Disponible à l'adresse : <https://www.asn.fr/content/download/103432/762427?version=1>
10. Dossier d'options de sûreté - Partie après fermeture (DOS-AF). Andra (2016). Document N°CGTEDNTEAMOASR20000150062. Disponible à l'adresse : https://www.andra.fr/sites/default/files/2018-04/dossier-options-surete-apres-fermeture_0.pdf
11. Dossier d'options de sûreté - Partie exploitation (DOS-Expl). Andra (2016). Document N°CGTEDNTEAMOASR10000150060. Disponible à l'adresse : <https://www.andra.fr/sites/default/files/2018-04/dossier-options-surete-exploitation.pdf>

2. « La récupérabilité des colis de déchets stockés dans Cigéo », <https://concertation.andra.fr/project/la-phase-industrielle-pilote-de-cigeo/presentation/presentation>.



© Andra • Juin 2025 • DDP/DICOM/25-0053



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