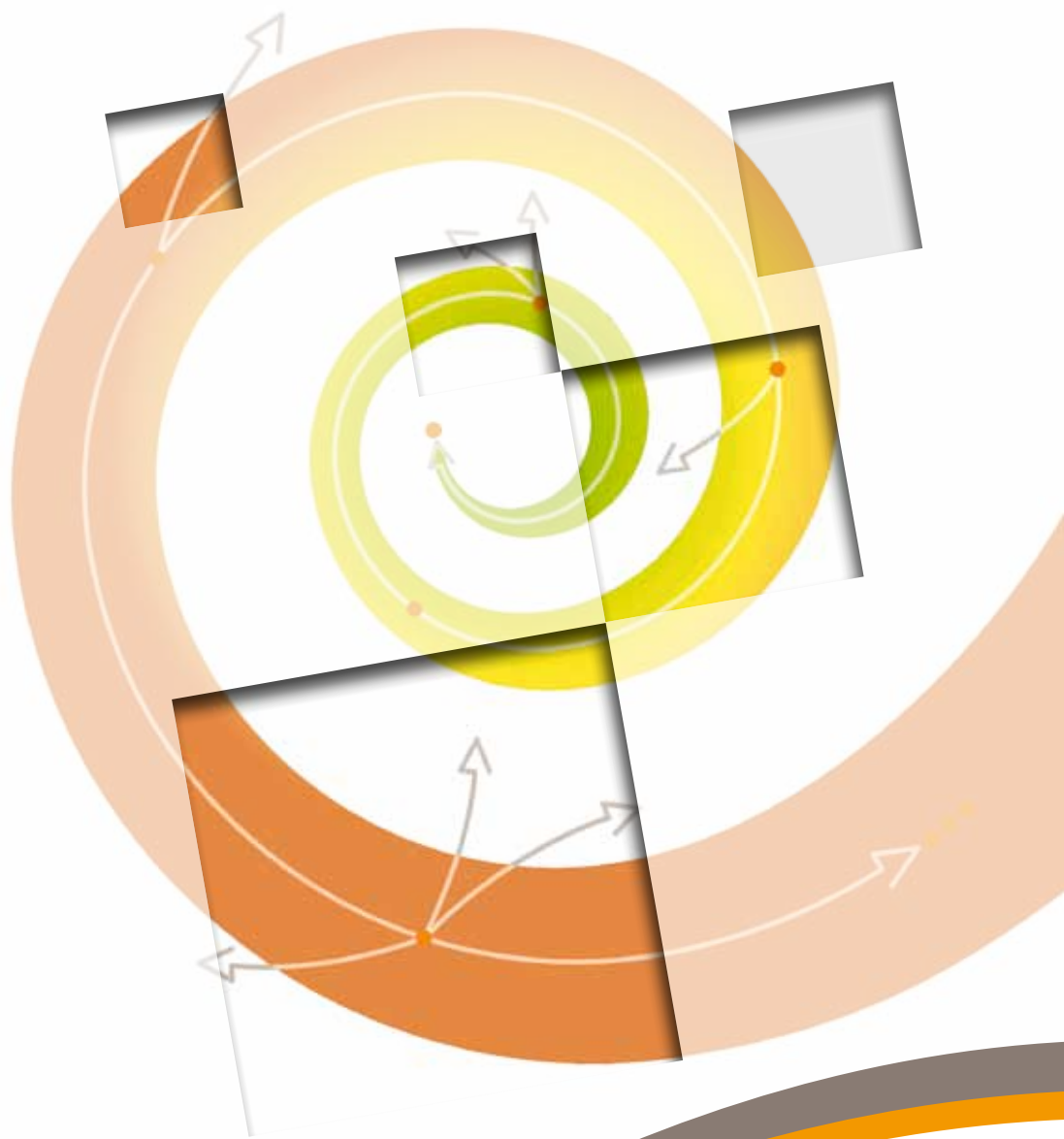


Propositions de l'Andra relatives à la réversibilité du projet Cigéo décembre 2012



Un stockage réversible, c'est se donner la possibilité de retirer les colis de déchets si besoin, et surtout de revenir sur les décisions prises et de modifier le planning de fermeture du stockage jusqu'à sa fermeture.



- *Des conditions de réversibilité qui ne compromettent pas la sûreté du stockage et qui sont réalistes sur le plan industriel.*
- *Des concepts techniques qui permettent la récupération des colis de déchets en toute sûreté.*
- *Une architecture adaptable, une construction progressive du stockage.*
 - *Une fermeture progressive du stockage.*
- *Un planning de fermeture transparent, concerté et modifiable.*

Synthèse des propositions de l'Andra	4
1. Contexte et objet	6
2. Définitions	7
2.1 Stockage et entreposage	7
2.2 Récupérabilité et réversibilité	7
3. Progressivité et flexibilité de l'exploitation et de la fermeture de Cigéo	10
3.1 Schéma directeur de l'exploitation et de la fermeture de Cigéo	10
3.2 Modularité et adaptabilité de l'architecture des installations	11
3.3 Maintenabilité de l'accès aux ouvrages et aux colis de stockage	11
4. Récupérabilité des colis stockés	14
4.1 La prise en compte de la récupérabilité dans la conception	14
4.2 L'étude d'opérations de récupération de colis	15
4.2.1 Situations de retrait	15
4.2.2 Cas d'une situation post-accidentelle	16
4.2.3 Essais technologiques en support à la demande d'autorisation de création de Cigéo	17
4.2.4 Essais avant la mise en service des installations	18
4.3 La gestion des colis récupérés	19
5. Surveillance et observation de Cigéo et de l'environnement	20
6. Préparation de la phase post-fermeture	22
6.1 Poursuite de la surveillance après fermeture	23
6.2 Contrôle institutionnel et mémoire	23
7. Gouvernance du stockage	24
7.1 Autorisation de création de Cigéo	25
7.2 Autorisation de mise en service de Cigéo	26
7.3 Revues générales de Cigéo après sa mise en service	26
7.3.1 Retour d'expérience et perspectives de fonctionnement du Centre	28
7.3.2 Evolution des connaissances scientifiques et techniques	28
7.3.3 Impact d'une évolution éventuelle de la politique électronucléaire	29
7.3.4 Planification	29
7.4 Autorisation d'opérations de fermeture	30
7.5 Autorisation d'opérations de retrait de colis	31
7.6 Financement de la réversibilité	31

Synthèse des propositions de l'Andra

4

Les conditions de réversibilité seront fixées par une nouvelle loi. Après sa promulgation, l'Andra mettra à jour le dossier de demande d'autorisation de création de Cigéo. Les propositions de l'Andra en vue du débat public sur le projet Cigéo sont résumées ci-après. Elles visent à répondre aux préoccupations des parties prenantes, tout en restant réalistes sur le plan industriel et sans compromettre la sûreté.

Elles seront enrichies au fur et à mesure des échanges avec les parties prenantes.

■ Les installations de Cigéo seront développées progressivement par tranches, de manière flexible pour permettre des évolutions de conception. La fermeture sera réalisée progressivement par étapes, avec la possibilité technique de temporiser chaque étape. Ces principes reposent sur une modularité et une adaptabilité des installations, la durabilité des ouvrages de stockage, l'accessibilité aux colis, la maintenabilité des ouvrages d'accès, en tenant compte des facteurs techniques et économiques.

■ Les installations seront conçues de manière à faciliter d'éventuelles opérations de récupération de colis. Les coûts associés seront intégrés à ceux de la construction et de l'exploitation de Cigéo. La faisabilité d'opérations de retrait est d'ores et déjà étudiée, bien que les opérations de mise en stockage de déchets soient réalisées « sans intention de retrait ultérieur¹ ». Le programme d'essai de mise en service de Cigéo comportera des essais liés à la récupérabilité.

■ L'Andra tiendra à jour le schéma directeur de l'exploitation et de la fermeture de Cigéo. Celui-ci programmera notamment le franchissement des étapes de fermeture qui modifient le degré de récupérabilité des déchets dans l'échelle internationale de l'Agence pour l'énergie nucléaire. Le schéma directeur de l'exploitation et de la fermeture donnera aux parties prenantes une visibilité sur les décisions structurantes jalonnant le processus de stockage après la mise en service. Une version préliminaire sera établie pour la demande d'autorisation de création.

■ La phase de démarrage de l'exploitation de Cigéo (typiquement les cinq premières années) comportera une montée en charge progressive. Des ouvrages témoins seront réalisés dans le cadre de la première tranche. Leur évolution dans le temps fera l'objet d'une observation détaillée. Certains alvéoles témoins seront obturés au bout de quelques années pour observer leur évolution et préparer l'étape industrielle de fermeture des alvéoles.

5

■ L'organisation périodique de revues générales permettra d'impliquer largement les parties prenantes avant chaque décision structurante. À chaque revue seront examinés le retour d'expérience (exploitation industrielle, surveillance et observation de l'installation et de l'environnement, sûreté, impact sur le territoire, résultats économiques et sociaux), l'évolution des connaissances scientifiques et techniques, l'inventaire prévisionnel des déchets à stocker en lien notamment avec la politique électronucléaire. Les recommandations issues de ces revues pourront conduire à mettre à jour les conditions de réversibilité. La première revue pourrait être organisée à l'issue de la phase de démarrage de Cigéo. Les revues suivantes se dérouleraient selon une périodicité d'une dizaine d'années.

■ Les étapes successives de fermeture conduisant à une diminution du degré de récupérabilité, les opérations correspondantes feront l'objet d'une demande d'autorisation spécifique. Ces étapes n'interviendraient pas avant 2040.

■ L'autorisation de création de Cigéo inclura des opérations limitées et temporaires de retrait des colis avant obturation des alvéoles. En revanche, d'éventuelles opérations de retrait d'un grand nombre de colis et/ou après fermeture partielle feraient l'objet d'une autorisation spécifique, précédée d'une analyse détriments-bénéfices et de la définition des modifications des installations nécessaires à la situation de retrait considérée.

■ Les générations actuelles financent les dispositions retenues à la conception pour favoriser la réversibilité, offrant ainsi davantage de possibilités d'actions aux générations suivantes. Si elles décidaient de procéder à une opération de retrait, ces dernières devraient en supporter la charge.

■ La phase post-fermeture est préparée dès la création de Cigéo : mise en place de premiers dispositifs de surveillance maintenus après la fermeture définitive ; élaboration de la mémoire du stockage en vue de sa transmission aux générations futures.

■ La fermeture définitive devra être autorisée par une nouvelle loi. Cette dernière pourra fixer les conditions dans lesquelles le site restera contrôlé, sa surveillance maintenue et la mémoire conservée.



1. Contexte et objet

La loi de programme du 28 juin 2006 relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs prévoit qu'un débat public aura lieu préalablement au dépôt de la demande d'autorisation de création du stockage en couche géologique profonde pour les déchets radioactifs de haute activité (HA) et de moyenne activité à vie longue (MA-VL). Ces déchets sont issus principalement du traitement du combustible usé des centrales nucléaires. Une nouvelle loi fixera les conditions de réversibilité. L'autorisation de création du stockage ne pourra être délivrée que si les conditions fixées par cette loi sont garanties. L'autorisation de création fixera la durée minimale pendant laquelle, à titre de précaution, la réversibilité du stockage devra être assurée, cette durée ne pouvant être inférieure à 100 ans.

L'Andra doit présenter des propositions en matière de réversibilité lors du débat public sur le projet de Centre industriel de stockage géologique, Cigéo. Elle tiendra compte des recommandations issues de ce débat pour l'élaboration de la demande d'autorisation de création qui sera déposée en 2015.

Ce document présente l'état actuel des propositions de l'Andra en matière de réversibilité, ainsi que les éléments qui pourront être fournis en support à la demande d'autorisation de création. Il répond aux motivations pour la réversibilité que l'Andra a d'ores et déjà pu identifier lors de ses échanges avec les différentes parties prenantes au niveau local (commission réversibilité du Comité local d'information et de suivi du Laboratoire de Bure, rencontres avec le public et les acteurs locaux), national (colloques scientifiques, échanges avec les évaluateurs, rencontres avec les associations) et international (projet international sous l'égide de l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'Organisation de Coopération et de Développement Économiques, Conférence internationale de Reims en décembre 2010). Il sert de support à la poursuite de ces échanges qui permettront d'enrichir les propositions.

Les conditions de réversibilité qui seront fixées *in fine* pour le stockage devront constituer une réponse aux préoccupations des parties prenantes, tout en restant réalistes sur le plan industriel et sans compromettre la sûreté.

Après la promulgation de la loi fixant les conditions de réversibilité, l'Andra mettra à jour le dossier de demande d'autorisation de création de Cigéo sur la base des dispositions retenues par la nouvelle loi, ce qui permettra alors de finaliser le processus d'autorisation.

Qu'attend-on d'un stockage réversible ?

- Un stockage sûr.
- Une installation qui permette de pouvoir récupérer les colis de déchets.
- Un processus qui permette de revenir sur les décisions prises aujourd'hui : quels déchets va-t-on stocker ? quand va-t-on commencer à stocker chaque type de déchet ? quand va-t-on fermer le stockage ?



2. Définitions

2.1 Stockage et entreposage

La loi du 28 juin 2006 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 dans le respect des principes énoncés à l'article L. 542-1 du code de l'environnement ». Elle précise que le stockage en couche géologique profonde de déchets radioactifs est « le stockage de ces substances dans une installation souterraine spécialement aménagée à cet effet, dans le respect du principe de réversibilité ».

La directive européenne du 19 juillet 2011² définit le stockage comme « le dépôt de combustible usé ou de déchets radioactifs dans une installation sans intention de retrait ultérieur ». Elle rejoint la définition du stockage définitif donnée par l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique, à savoir « la mise en place de déchets radioactifs dans une installation ou un emplacement sans intention de les récupérer³ ».

La notion de stockage se distingue de celle d'entreposage par son caractère potentiellement définitif et par l'absence d'intention de récupérer les déchets stockés. La loi du 28 juin 2006 définit en effet 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 ». Dans la directive européenne du 19 juillet 2011, l'entreposage est défini comme « le maintien de combustible usé ou de déchets radioactifs dans une installation, avec intention de retrait ultérieur ». De façon similaire, l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique entend par entreposage « la conservation de déchets radioactifs dans une installation ou un emplacement avec l'intention de les récupérer. »

2.2 Récupérabilité et réversibilité

Pour permettre la mise en sécurité définitive des déchets, le stockage est conçu pour être fermé. Après sa fermeture, la sûreté doit être assurée de façon passive afin de protéger les personnes et l'environnement des substances radioactives et des toxiques chimiques contenus dans les déchets radioactifs, sans qu'il soit nécessaire d'intervenir⁴. La directive européenne du 19 juillet 2011 mentionne ainsi 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. Toutefois, ces éléments ne pourraient remplacer une installation de stockage bien conçue et destinée à être fermée, le cas échéant ». Dans son rapport d'évaluation de juin 2010, la Commission nationale d'évaluation souligne également que « les progrès que l'Andra a réalisés dans la définition d'options de conception réversible du stockage ne doivent pas faire oublier la vocation de ce dernier à être scellé à terme pour que puisse être garantie sa sûreté passive à long terme ».

Cigéo est conçu pour être fermé de manière progressive et permettre une modification du planning de fermeture.

² Directive 2011/70/EURATOM du Conseil de l'Union européenne établissant un cadre communautaire pour la gestion responsable et sûre du combustible usé et des déchets radioactifs.

³ Normes de sûreté de l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique, Stockage définitif des déchets radioactifs pour la protection des personnes et de l'environnement, Prescriptions de sûreté particulières N° SSR-5, mai 2011.

⁴ Guide de sûreté, publié par l'Autorité de Sûreté Nucléaire en 2008, relatif au stockage définitif de déchets radioactifs en formation géologique profonde.

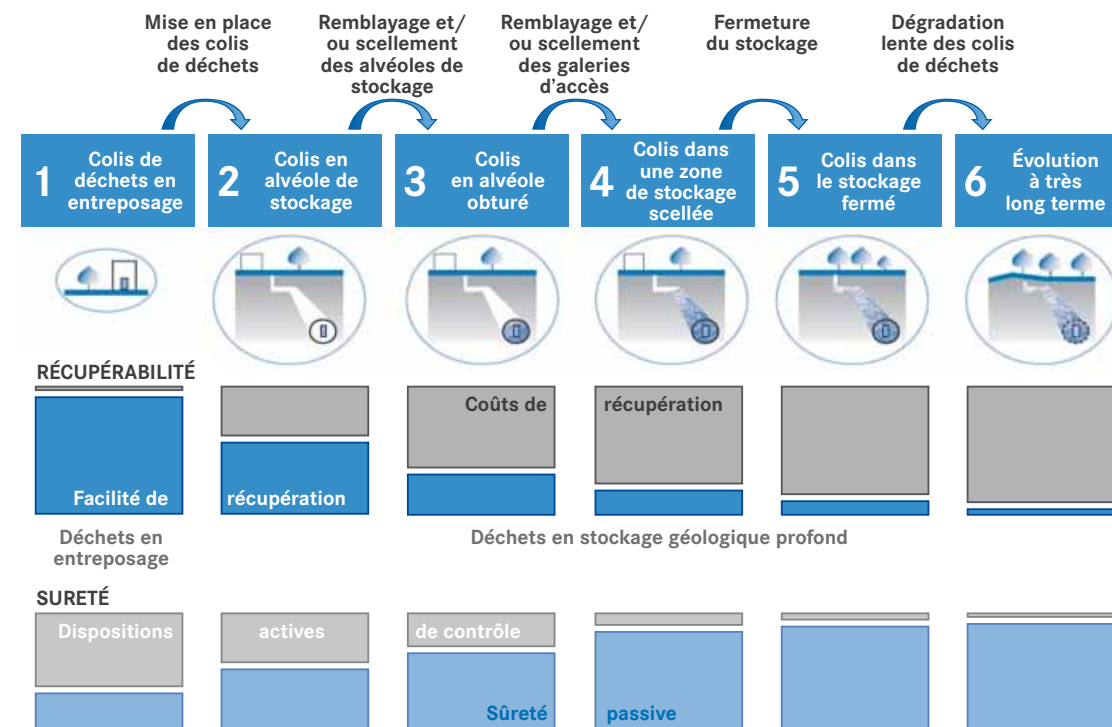
Dans le cadre du projet international « *Reversibility and Retrievability* » mené de 2007 à 2011, l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'Organisation de Coopération et de Développement Économique a établi des définitions et des éléments de méthode en matière de réversibilité⁵. Ceux-ci sont retenus par l'Andra pour exprimer ses propositions.

La récupérabilité désigne ainsi « *la capacité à récupérer des déchets seuls ou sous forme de colis après leur mise en place dans un stockage, indépendamment de l'exercice effectif de cette capacité. Au cours de chaque phase du cycle de stockage, le retrait des déchets est facilité du fait de leur confinement (non-dispersion) et de leur conditionnement dans un volume restreint, caractéristique de tout stockage géologique. Dans un avenir lointain, les déchets seront toujours récupérables, même si les coûts et les efforts nécessaires augmenteront au fil du temps. La récupérabilité est donc plus une question de degré d'effort à consentir que de possibilité ou non de récupérer les déchets* ».

La réversibilité désigne « *la capacité à revenir sur des décisions prises lors de la mise en œuvre progressive d'un système de stockage, indépendamment de l'exercice effectif de cette capacité. Elle implique que le processus de mise en œuvre et les technologies soient suffisamment flexibles pour pouvoir si nécessaire, à tout moment au cours du programme, inverser ou modifier, sans effort démesuré, une ou plusieurs décisions prises antérieurement* ».

L'échelle internationale de récupérabilité issue du projet de l'Agence pour l'énergie nucléaire (figure p.9) offre un cadre pertinent pour caractériser les étapes du processus qui mène à la fermeture du stockage.

Dans la suite, on appelle « opérations de fermeture » les opérations d'obturation d'alvéoles (passage au niveau 3 de l'échelle internationale de récupérabilité), les opérations de remblayage et de scellement de galeries (passage au niveau 4), et les opérations de remblayage et de scellement des ouvrages des liaisons surface-fond (passage au niveau 5). Le terme « fermeture partielle » désigne les opérations de passage aux niveaux 3 et 4. Le terme « fermeture définitive » désigne les opérations de passage au niveau 5.



● Échelle internationale de récupérabilité (Agence pour l'énergie nucléaire)

Le **niveau 1** de l'échelle concerne l'entreposage des colis de déchets.

Au **niveau 2**, les déchets auront été transportés du lieu d'entreposage vers le site de stockage puis ils auront été transférés dans les ouvrages souterrains, ce qui peut nécessiter de les conditionner dans des conteneurs de stockage.

Au **niveau 3**, des barrières supplémentaires auront été installées au niveau des alvéoles de stockage afin de les obturer. Ces barrières assurent un découplage phénoménologique entre les alvéoles et les galeries d'accès. Généralement des remblais sont utilisés pour s'opposer aux déformations de la roche et/ou des scellements sont utilisés pour limiter la circulation d'eau et de gaz.

Au **niveau 4**, les galeries auront été remblayées et/ou scellées, ce qui peut correspondre à la fermeture de la zone de stockage dans laquelle se situera la galerie, voire à la fermeture de toute l'installation souterraine.

Au **niveau 5**, le stockage aura été fermé. L'accès depuis la surface aura été scellé et les installations de surface auront été démantelées.

Le **niveau 6** désigne l'état final du stockage. Même si l'intégrité des colis de déchets ne peut plus être garantie, les déchets sont toujours confinés à l'intérieur de l'installation. La sûreté ne dépend plus d'une maintenance ou d'un suivi. Les mesures visant à garantir la conservation des connaissances et de la mémoire du site peuvent continuer.

⁵ Compréhension internationale des notions de réversibilité des décisions et de récupérabilité des déchets dans un stockage géologique, Agence pour l'énergie nucléaire, novembre 2011 & Réversibilité des décisions et récupérabilité des déchets radioactifs – Éléments de réflexion pour les programmes nationaux de stockage géologique. Organisation de Coopération et de Développement Économique/Agence pour l'énergie nucléaire, 2012. Disponibles sur www.oecd-nea.org/rwm/rr



3. Progressivité et flexibilité de l'exploitation et de la fermeture de Cigéo

L'Andra propose que les installations de Cigéo soient conçues de façon à permettre :

- le maintien des options de gestion du stockage aussi ouvertes que possible dans le respect des exigences de sûreté, de sécurité et de protection de l'environnement, et en tenant compte des facteurs techniques et économiques ;
- l'exploitation du retour d'expérience pour une optimisation continue de la conception et de l'exploitation du stockage.

Cela conduit à intégrer dans la conception :

- un développement progressif des installations du Centre par tranches successives ;
- une flexibilité d'évolution de la conception permettant d'adapter les futures tranches à des évolutions éventuelles de caractéristiques de colis de déchets, d'exigences réglementaires ou à des progrès technologiques, et de les optimiser continûment ;
- une fermeture progressive comprenant la possibilité technique de temporiser chaque étape tout en préservant les fonctions de sûreté.

Construction progressive du stockage.

La modularité et l'adaptabilité de l'architecture étudiée pour les installations souterraines et en surface de Cigéo facilitent le développement progressif du stockage et les évolutions de conception, qui permettent de prendre en compte le retour d'expérience, notamment celui de la première phase de travaux de stockage.

La durabilité des ouvrages de stockage et la maintenabilité des ouvrages d'accès donnent de la flexibilité dans le temps pour exploiter le stockage et procéder aux opérations de fermeture.

Cette flexibilité du projet ne dispense pas d'élaborer une feuille de route allant jusqu'à la fermeture du stockage. L'Andra propose ainsi d'établir un schéma directeur de l'exploitation et de la fermeture de Cigéo.

3.1 Schéma directeur de l'exploitation et de la fermeture de Cigéo

Pour la demande d'autorisation de construction, l'Andra établira une version préliminaire du schéma directeur de l'exploitation et de la fermeture de Cigéo. Une version de référence sera ensuite produite sur la base des dispositions retenues par le décret d'autorisation de création de Cigéo. Ce schéma sera ensuite tenu à jour au fur à mesure des décisions prises au cours de l'exploitation du Centre, jusqu'à sa fermeture définitive.

Le schéma directeur de l'exploitation et de la fermeture programmera :

- les jalons prévisionnels de début de prise en charge de chaque type de colis de déchets de l'inventaire (famille ou ensemble de familles aux caractéristiques proches) et la durée prévisionnelle de leur mise en stockage ;
- les jalons prévisionnels de début d'obturation de chaque type principal d'alvéole (passage au niveau 3 de l'échelle de récupérabilité) et la durée prévisionnelle des travaux correspondants ;
- les jalons prévisionnels de début de remblayage et/ou de scellement de galeries d'accès (passage au niveau 4) et la durée prévisionnelle des travaux correspondants ;
- la date prévisionnelle de début de fermeture définitive et la durée prévisionnelle des travaux correspondants.

Le schéma directeur de l'exploitation et de la fermeture fera apparaître une phase de démarrage de l'exploitation de Cigéo (typiquement les cinq premières années après la mise en service) avec une montée en régime progressive des équipements industriels du site et des personnels d'exploitation. Le nombre de colis de déchets reçus par an augmentera progressivement pour atteindre le rythme d'exploitation industriel. Cette phase permettra d'acquérir un premier retour d'expérience sur les moyens de manutention et plus généralement sur l'ensemble des moyens d'exploitation et de surveillance. L'Andra propose qu'un bilan soit effectué à l'issue de cette phase de démarrage (cf. chapitre 7, p.24).

Le programme industriel de gestion des déchets établi avec les producteurs de déchets en janvier 2012 fournit d'ores et déjà une première version des jalons prévisionnels de prise en charge de différents types de déchets. Un travail d'optimisation de l'ordonnancement des livraisons de colis de déchets sera régulièrement mené par l'Andra et les producteurs.

Afin de préparer la version préliminaire du schéma directeur de l'exploitation et de la fermeture, l'Andra étudie plusieurs variantes de schémas directeurs comprenant des fermetures plus ou moins progressives du stockage, en évaluant leurs avantages et inconvénients⁶. L'Andra présentera lors du débat public une proposition de schéma directeur. Les recommandations issues du débat public et des évaluateurs seront prises en compte pour élaborer le schéma directeur joint à la demande d'autorisation de création.

3.2 Modularité et adaptabilité de l'architecture des installations

Le stockage sera réalisé par tranches successives. À chaque tranche, les investissements seront limités aux besoins industriels de cette tranche, en évitant de préjuger des décisions ultérieures concernant les tranches suivantes et en tenant compte des facteurs techniques et économiques.

L'adaptabilité de l'architecture de l'installation souterraine permettra de faire évoluer la conception des nouvelles tranches. L'architecture souterraine vise aussi à économiser la ressource rare que constitue la roche hôte.

En surface, la possibilité de modifier ou de déconstruire certains ateliers tout en poursuivant l'exploitation des autres sera privilégiée. Des réserves foncières situées autant que possible au voisinage immédiat de ces ateliers laisseront les options de gestion ouvertes.

3.3 Maintenabilité de l'accès aux ouvrages et aux colis de stockage

Les colis et les alvéoles de stockage sont conçus sur la base des meilleures pratiques industrielles, ce qui leur confère durabilité et robustesse. Cela couvre le choix des matériaux, le dimensionnement des composants, ainsi que les conditions d'environnement physico-chimiques assurées par la conception des alvéoles et par les modalités d'exploitation :

- Le dimensionnement du conteneur de stockage en acier étudié pour les déchets HA devra assurer une étanchéité pendant plusieurs siècles. Le choix du matériau pour le chemisage des alvéoles HA (nuance d'acier...) et l'épaisseur seront définis en lien avec le dimensionnement du conteneur de stockage et des moyens de manutention et sur la base des limites technologiques. La conception des alvéoles contribuera

⁶ Dans le cadre des études de conception en cours, l'Andra élabore une comparaison aux plans technique et économique d'options de gestion du stockage prenant pour hypothèse, soit un passage rapide du niveau 2 au niveau 3 (typiquement à partir de l'horizon 2040), soit une temporisation de ce passage (typiquement après plusieurs décennies).

Cigéo est conçu pour permettre une adaptation de son architecture en cas de besoin.



● Maquette de colis de stockage HA



● Démonstrateur de colis de stockage MA-VL en béton

à limiter la corrosion des aciers, par exemple en prévenant l'accumulation d'eau liquide au niveau 2 de récupérabilité.

- Les colis de stockage MA-VL sont conçus dans l'objectif de limiter les masses à manutentionner. Leur conception assure une durabilité mécanique et chimique. Leur mode de manutention permet de les positionner avec précision dans l'alvéole. Le revêtement en béton assure la stabilité mécanique des alvéoles de stockage. De plus, la limitation de la température dans l'alvéole⁷ favorise la durabilité du béton, de même que le maintien d'une ambiance sèche au niveau 2 de récupérabilité grâce à la ventilation.

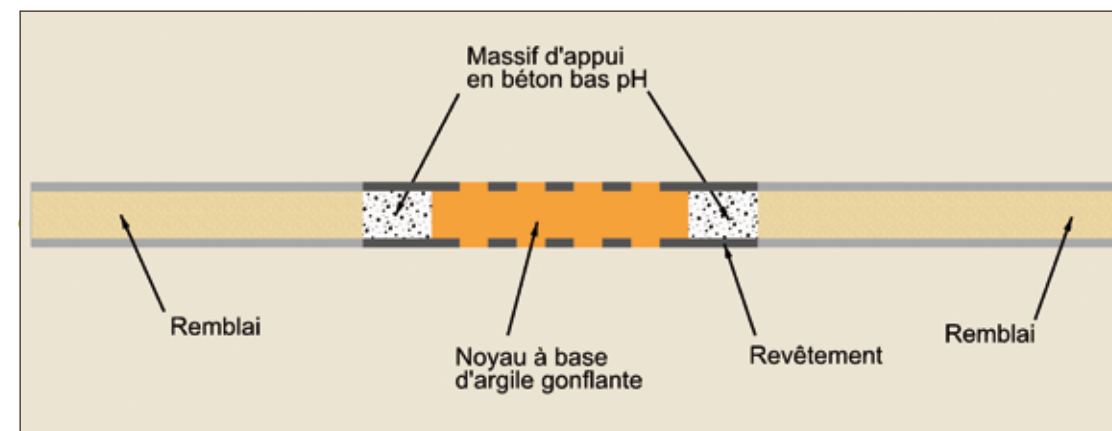
Ces éléments seront présentés dans le dossier support à la demande d'autorisation de création en les justifiant notamment au regard des résultats expérimentaux acquis au Laboratoire souterrain et des simulations.

L'architecture de l'installation souterraine et les modalités d'exploitation et de fermeture permettront d'accéder durablement aux alvéoles et aux colis. Au niveau 2, les alvéoles sont fermées par un dispositif de radioprotection mais non obturés de manière définitive⁸, et les galeries d'accès ne sont pas remblayées.

La conception de Cigéo permettra de temporiser si on le souhaite le passage au niveau 3 (alvéole obturée).

⁷ La température du béton des colis n'excèdera pas 65°C en situation normale, et 80°C en cas de perte de ventilation.

⁸ Le maintien des alvéoles au niveau 2 n'impliquera pas de laisser en place les équipements nécessaires à la manutention des colis. En effet, les équipements pouvant être réutilisés pour l'exploitation d'autres alvéoles seront désinstallés dès lors que cela permettra de réduire les coûts ainsi que le volume de déchets technologiques d'exploitation. Ces équipements seraient réinstallés lors d'une opération éventuelle de retrait de colis. En tout état de cause les moyens de manutention de colis pourront être entretenus aussi longtemps que nécessaire après leur utilisation pour la mise en alvéole.



● Principe de scellement d'une galerie

L'obturation de l'alvéole⁹ lors du passage du niveau 2 au niveau 3 consiste à combler le vide entre la zone courante de l'alvéole et sa galerie d'accès. Au niveau 3, l'accès à proximité de l'alvéole reste possible et l'instrumentation de l'alvéole pourra continuer à être exploitée de manière rapprochée.*

Aussi longtemps qu'elles ne sont pas fermées, les galeries d'accès aux alvéoles, les galeries de liaison et les liaisons surface-fond feront l'objet d'une maintenance technique qui permettra de poursuivre leur exploitation dans le temps.

⁹ On note que l'opération d'obturation de l'alvéole est assimilée, dans la figure présentée par l'Agence pour l'énergie nucléaire, à une opération de remblayage ou de scellement, par symétrie avec l'opération de remblayage et/ou scellement des galeries, qui marque le passage au niveau 4. En pratique, le passage au niveau 3 n'a pas nécessairement pour objet d'assurer un remblayage des vides autour des colis, ni un scellement pour s'opposer à la circulation d'eau vis-à-vis de la sûreté après fermeture ; il a pour objet de mettre en place les dispositions, au niveau de l'alvéole, qui permettent d'assurer la sûreté après fermeture, sans qu'il soit nécessaire de revenir dans l'alvéole ultérieurement. Le passage au niveau 3 comprend ainsi l'enlèvement des équipements d'exploitation à l'intérieur des alvéoles, sauf ceux laissés définitivement, ainsi que l'arrêt de l'éventuelle ventilation de l'alvéole. Dans le cas de micro-tunnels de stockage, il comprend la réalisation des bouchons d'alvéoles. Dans le cas des tunnels de stockage, il comprendra la réalisation des massifs d'appui en béton et du noyau de scellement.*

*Modifications mars 2013

4. Récupérabilité des colis stockés

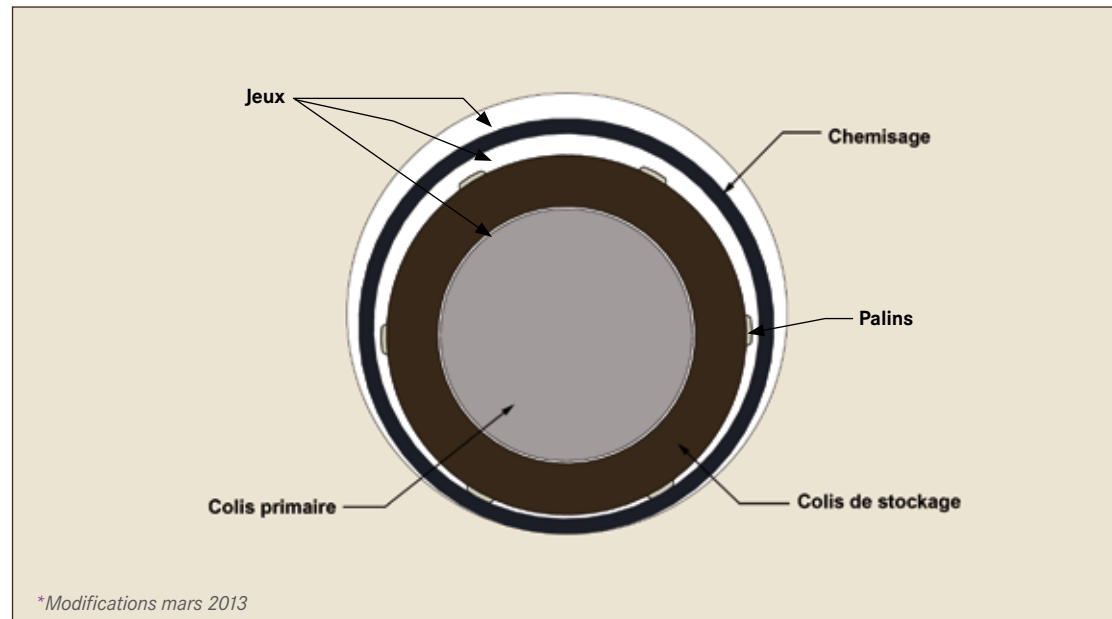
4.1 La prise en compte de la récupérabilité dans la conception

L'Andra conçoit Cigéo de manière à réduire la complexité d'éventuelles opérations de récupération de colis stockés.

Cigéo est conçu pour permettre de retirer les colis de déchets.

Des dispositions sont ainsi adoptées pour faciliter la manutention des colis lors d'éventuelles opérations de retrait :

- la préservation de jeux autour des colis de stockage, évitant la mise en charge mécanique des colis par la roche hôte, et permettant le passage des moyens de préhension et de transfert des colis pour leur retrait. Pour concilier cette exigence avec la minimisation des vides résiduels nécessaires pour la sûreté après fermeture, la section intérieure des alvéoles est autant que possible ajustée au gabarit des colis de stockage qui y sont placés ;
- des interfaces de manutention sur les colis, qui permettent non seulement de mettre en place les colis mais aussi de les reprendre, y compris en tenant compte d'un vieillissement à l'échelle séculaire : patins en céramique et gorge de manutention pour les colis HA, encoches ou passages de fourches pour les colis MA-VL.



● Coupe d'un colis de stockag HA dans un alvéole

Le dossier support à la demande d'autorisation de création décrira ces dispositifs et justifiera leur adéquation vis-à-vis d'opérations de retrait.

Le programme d'observation et de surveillance de Cigéo (cf. chapitre 5, p.20) permettra de suivre l'évolution des ouvrages du stockage. Il fournira notamment des informations sur les conditions techniques d'une éventuelle opération de retrait.

4.2 L'étude d'opérations de récupération de colis

L'Andra étudie concrètement la faisabilité d'opérations de retrait. Cela consiste en :

- la description des conditions à prendre en compte pour un éventuel retrait, dans le cadre de situations représentatives : état des ouvrages et des colis, conditions d'environnement dans les ouvrages ;
- la définition de moyens de manutention susceptibles d'effectuer le retrait dans les conditions précédentes et la justification de cette définition : notes d'analyse, infographies, retour d'expérience et essais technologiques.

Les opérations de retrait de colis devront être conduites dans le respect des objectifs de sécurité, de sûreté nucléaire et de protection de l'environnement applicables à l'exploitation du Centre.

4.2.1 Situations de retrait

Pour orienter le choix des dispositions de conception favorisant la récupérabilité et définir des moyens de retrait, il est nécessaire au préalable d'identifier un panel de situations de retrait à prendre en compte. Le panel retenu couvre les différentes problématiques qui pourraient se présenter en cas de retrait de colis.

L'Andra a ainsi défini trois groupes de situations :

• Groupe 1

Retrait d'un petit nombre de colis, au niveau 2 de l'échelle de récupérabilité. Pour ces situations, l'accent est mis sur les interférences possibles entre les opérations de retrait et la poursuite des opérations d'exploitation : il s'agira de minimiser les perturbations pour l'exploitation. La gestion des quelques colis retirés du stockage ne soulèvera pas de problématique particulière d'entreposage ou d'évacuation, ces colis retournant dans le stockage à l'issue de l'opération.

• Groupe 2

Retrait d'un nombre significatif de colis, au niveau 2 de l'échelle de récupérabilité. Pour ces situations, l'accent est mis sur les flux de retrait. Un arrêt de la mise en place des colis ainsi que des opérations de construction de nouveaux ouvrages est admis dans ce cas.

• Groupe 3

Retrait de colis aux niveaux 3 et 4 de l'échelle de récupérabilité. Le retrait aux niveaux 3 et 4 est une opération plus complexe car il nécessiterait une réouverture d'alvéole et, le cas échéant, le déblaiement de galeries. Les situations correspondantes visent à permettre de décrire les principes de retrait à ce niveau et de mieux évaluer l'augmentation de complexité pour éclairer les décisions de passage au niveau 3 puis 4.

4.2.2 Cas d'une situation post-accidentelle

Un retrait des colis de déchets est-il nécessaire en cas d'accident ?

En cas d'accident, l'installation sera mise en sécurité par la pose rapide d'équipements provisoires (ventilation, barrière de confinement...) et non par une opération de retrait de colis. Une fois la mise en sécurité réalisée, l'exploitant examinera les dispositions à mettre en œuvre pour reprendre l'exploitation normale. Le maintien en stockage de colis, même endommagés, ou leur retrait éventuel pourra alors être décidé sans caractère d'urgence.

Les situations citées dans la section précédente ne comprennent pas le retrait de colis dans le cadre d'une intervention post-accidentelle, par exemple suite à un incendie. L'Andra présentera dans le dossier de demande d'autorisation de création les modalités de gestion de telles situations. Dans l'hypothèse d'un accident affectant le stockage, l'installation doit d'abord être rapidement replacée dans un domaine de fonctionnement sûr (maintien ou rétablissement des fonctions de sûreté : protection des opérateurs contre l'exposition aux rayonnements, confinement, évacuation des gaz...). Cette mise en sécurité peut nécessiter la mise en place d'équipements provisoires (ventilation, barrière de confinement...). Elle ne repose pas sur une opération de retrait de colis.

Une fois la mise en sécurité réalisée, l'exploitant examinera les dispositions à mettre en œuvre pour pérenniser la sûreté de l'installation et poursuivre ou reprendre son exploitation normale. Le retrait de colis constitue dans ce cadre l'une des réponses possibles à une situation post-accidentelle, sans pour autant devoir être envisagée systématiquement. Le maintien en stockage de colis, même endommagés, ou leur éventuelle récupération sera décidé au regard de la sûreté en exploitation et à long terme du stockage. En tout état de cause, si elle était décidée, une opération de retrait après accident n'aurait pas à s'effectuer dans l'urgence.



● Banc d'essai du robot pousseur, test de mise en place et de retrait de colis

4.2.3 Essais technologiques en support à la demande d'autorisation de création de Cigéo

4.2.3.1 Essais technologiques de retrait de colis de déchets de haute activité (HA)

Pour les colis de déchets HA, les moyens de mise en place étudiés et présentés à l'Espace technologique du Centre de Meuse/Haute-Marne comprennent une chaîne pousseuse et un robot de manutention. Pour le retrait, le robot pourrait être utilisé pour extraire chaque colis, ou pour accrocher un grappin qui serait ensuite actionné par un treuil extérieur à l'alvéole. La capacité à récupérer les colis repose ainsi sur la forme de la tête du colis, qui permet d'accrocher un moyen de préhension, sur le maintien de jeu autour du colis et sur des patins de glissement positionnés sur le colis pour éviter le collage par corrosion à l'échelle séculaire.

Les essais de récupérabilité des colis de stockage réalisés à ce jour par l'Andra ont porté sur la récupération de colis HA factices (inactifs mais dont la géométrie et la masse sont respectées) en alvéole d'une longueur de 100 m installé en surface, dans le cadre du projet européen ESDRED¹⁰. Ces essais comprenaient la simulation du niveau 2 de récupérabilité. Ces essais réalisés avec succès ont permis de justifier la capacité de retrait des colis avec des défauts géométriques de l'alvéole majorants par rapport à ceux observés sur les alvéoles creusés au Laboratoire souterrain.

Le programme d'essais technologiques de l'Andra prévoit des essais complémentaires d'ici la demande d'autorisation de création, dans un alvéole reconstitué en surface. Ils comporteront en particulier la récupération de colis HA factices en température (85-90 °C) avec eau de suintement sur la génératrice inférieure du chemisage et « enroulement » de la piste de glissement des colis.

4.2.3.2 Essais technologiques de retrait de colis de déchets MA-VL

Plusieurs technologies sont envisagées pour la mise en alvéole des colis MA-VL et pour leur retrait éventuel. À ce stade, l'Andra a étudié deux solutions de mise en place individuelle, par gerbage dans l'alvéole avec un chariot à fourches ou par mise en couches successives avec un pont gerbeur, et une solution de mise en place par translation d'une pile de colis constituée à l'entrée de l'alvéole (pré-empilage). Le choix du système de manutention s'effectuera dans le cadre des études de conception industrielle de Cigéo. Les différents types de système pourraient perdurer, en fonction des colis de stockage.

Concernant les moyens de manutention à fourches, quelques adaptations peuvent être nécessaires pour récupérer les colis dans l'alvéole : elles consistent en général à ajouter des degrés de liberté supplémentaires (translation, rotation) spécifiquement pour l'opération de retrait. Le pont gerbeur est particulièrement favorable à la récupération des colis, il ne demande pas d'adaptation particulière.

Un prototype industriel de mise en place de colis MA-VL en alvéole par pré-empilage a été réalisé. Les essais sont en cours à Saint-Dizier. Ils montrent qu'en condition normale d'exploitation, le système satisfait à la récupération de la pile de colis. Des essais complémentaires de récupérabilité sont envisagés. Le prototype peut en effet être testé au-delà de son domaine de fonctionnement nominal pour évaluer sa capacité, d'une part à retirer des piles ayant subi des déplacements et se trouvant plus proches que prévu les unes des autres ou au contact, d'autre part à dépiler dans la cellule blindée une pile désaxée, y compris moyennant une adaptation de certains de ses composants (palonnier et/ou portique, table d'empilage/dépilage).

¹⁰ ESDRED : projet « ENGINEERING STUDIES and DEMONSTRATION of REPOSITORY DESIGNS » mené de 2004 à 2009 et soutenu par le 6^{ème} programme cadre Euratom de l'Union européenne

Dans certains cas de mise en place par pré-empilage, la récupération de colis pourrait s'effectuer par une manutention individuelle plutôt qu'à l'aide du chariot de translation de la pile.



● Démonstrateur de pré-empilage pour certains colis de stockage MA-VL

4.2.4 Essais avant la mise en service des installations

À l'issue des études de conception, des essais de qualification seront menés avant la mise en service. Ils ont pour objet de soumettre les équipements à des conditions d'environnement représentatives de leur environnement réel de fonctionnement. Ils visent à démontrer l'aptitude des procédés à offrir le service spécifié, dans l'environnement spécifié, avant la mise en exploitation en environnement réel.

Par ailleurs, l'exploitant d'une installation nucléaire de base doit mener un programme d'essais complet avant d'être autorisé à mettre en service son installation. L'Andra devra donc mener des essais sur l'ensemble des fonctions d'exploitation, dont la manutention des colis. Un programme d'essais sera ainsi établi pour la mise en service de Cigéo. Il aura pour objet de valider le comportement satisfaisant des équipements, y compris dans les scénarios incidentels décrits dans le rapport préliminaire de sûreté.

L'Andra propose que le programme d'essais de mise en service comporte des essais liés à la récupérabilité :

• Essais en inactif

La capacité des équipements de la chaîne cinématique (transfert des colis vers l'installation souterraine et mise en place dans les alvéoles) à retirer les colis des alvéoles et à les remonter dans les installations de surface sera testée sur des colis factices. Ceci permettra notamment de valider les différents interfaçages : géométrique, fluides, contrôle-commande.

• Essais en actif

Après les essais en inactif, c'est-à-dire sans source de rayonnement, les équipements et les procédures sont testés sur site en actif dans le cadre d'une campagne spécifique. Ils nécessitent une autorisation préalable de l'Autorité de sûreté nucléaire. Des essais menés avec des sources scellées permettront de vérifier la conformité des écrans de radioprotection (par exemple les bouchons métalliques pour les alvéoles HA, les portes du sas pour l'alvéole MA-VL). Après les mesures de débit de dose, la source scellée est retirée. Ces essais permettront aussi de vérifier l'adéquation des dispositions de radioprotection pour une éventuelle opération de retrait.

Au-delà de la mise en service de Cigéo, si des modifications devaient être apportées sur les moyens de manutention, les colis de stockage ou les alvéoles, des essais seraient réalisés pour vérifier le maintien des objectifs de récupérabilité.

4.3 La gestion des colis récupérés

Les colis extraits d'un alvéole devront être gérés en fonction de leur nouvel exutoire : entreposage, stockage ou le cas échéant nouveau mode de gestion. Cette question concerne particulièrement le cas de colis qui seraient retirés en grand nombre.

La préparation et la construction des nouvelles installations qui seraient nécessaires dans une telle situation seraient effectuées avant de procéder à la récupération des colis ; ces nouvelles installations seraient alors adaptées spécifiquement aux besoins de la situation considérée. Dans le cadre des recherches sur l'entreposage programmées par la loi du 28 juin 2006, l'Andra étudie des concepts innovants qui seraient ainsi capables d'accueillir des colis de stockage récupérés. La question se pose de la pertinence de prévoir des réserves foncières.

Dans le cas où le retrait des colis serait suivi d'une évacuation hors du site, on préserve dans la conception des installations de surface de Cigéo la possibilité de leur adjoindre ultérieurement des ateliers de reconditionnement et de réexpédition en cas de besoin.

5. Surveillance et observation de Cigéo et de l'environnement

Toute installation nucléaire fait l'objet d'une surveillance, consistant en la mesure systématique et périodique d'un certain nombre de grandeurs (température, débit de dose...) permettant de contrôler le fonctionnement de l'installation. Pour Cigéo, la surveillance s'exercera sur les installations de surface et souterraines, ainsi que sur les eaux souterraines et sur l'environnement, conformément à l'arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base. Elle fera l'objet d'une information du public conformément à la loi du 13 juin 2006 relative à la transparence et la sécurité en matière nucléaire¹¹. Un programme d'observation sera également mis en œuvre, qui apportera des connaissances complémentaires sur l'évolution de Cigéo et de son environnement.

Les principes de surveillance de Cigéo seront décrits dans le dossier support à la demande d'autorisation de création. Le programme de surveillance sera défini pour la mise en service de l'installation (règles générales d'exploitation, plan réglementaire de surveillance).

L'Andra a d'ores et déjà mis en place en Meuse/Haute-Marne un Observatoire pérenne de l'environnement, qui a pour objectif de faire un état initial de l'environnement actuel du futur stockage, pendant 10 ans, puis de suivre son évolution lors de la construction et l'exploitation de Cigéo.

L'observation de l'évolution des ouvrages et des colis amènera des éléments de connaissance additionnels à ceux issus des études et recherches menées en amont de la réalisation du stockage. Elle vise à conforter les prédictions d'évolution et à alimenter la prise de décision au fur et à mesure du développement de l'installation souterraine, de son exploitation et de sa fermeture par étapes. Elle consiste à suivre l'évolution de certains paramètres caractérisant l'état des composants de l'installation de stockage et du milieu géologique, ainsi que les principaux phénomènes responsables de cette évolution. Le retour d'expérience permettra de mieux apprécier les marges prises dans les dimensionnements en vue de l'optimisation de la conception future de nouvelles tranches du stockage.

Le suivi des paramètres du stockage permet aussi une détection précoce de toute déviation par rapport aux hypothèses de conception de Cigéo. Compte tenu de la robustesse du concept de stockage dans la couche géologique étudiée et de la durabilité des ouvrages, la mise en œuvre d'éventuelles opérations de récupération pourrait s'effectuer sans caractère d'urgence. Elle bénéficierait des dispositions intégrées dans la conception pour favoriser la récupérabilité.

Le système d'auscultation sera conçu pour fournir une caractérisation tridimensionnelle des processus thermo-hydro-mécanique-chimique-radiologiques, autour et dans les ouvrages. En outre, afin de permettre des analyses et interprétations fiables, les paramètres d'influence et leur amplitude feront l'objet de mesures. Cela conduira à acquérir et gérer un grand nombre de données.

Le programme d'études et de recherches du Laboratoire souterrain inclut le développement des moyens d'observation et de surveillance pour la gestion réversible du stockage. Dans ses conclusions sur l'enquête publique en 2010 concernant le renouvellement de l'autorisation d'exploitation du Laboratoire, la Commission d'Enquête a insisté pour que ce dernier approfondisse ses travaux sur les procédures, les

¹¹ Conformément à la loi relative à la transparence et la sécurité en matière nucléaire, les exploitants d'installations nucléaires de base établissent chaque année un rapport sur la situation de leurs installations au regard de la sûreté nucléaire, de la radioprotection et de la protection de l'environnement. Ce rapport est rendu public et il est transmis à la commission locale d'information et au Haut Comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire.

outils (les capteurs par exemple) et les moyens de garantir dans le temps, l'observation et la surveillance du stockage. L'auscultation de Cigéo bénéficiera ainsi de l'expérience acquise au Laboratoire, dont le système d'acquisition et de gestion des données intègre plusieurs milliers de points de mesure.

Pour optimiser la répartition des dispositifs d'auscultation dans le stockage, on exploitera d'une part la répétitivité des différents types d'ouvrages, d'autre part l'homogénéité des propriétés de la roche. Les contraintes industrielles seront également prises en compte. La stratégie d'observation propose de suivre une séquence d'ouvrages, dont la densité d'instrumentation *in situ* est progressivement réduite. Plusieurs niveaux d'instrumentation d'alvéoles sont ainsi envisagés :

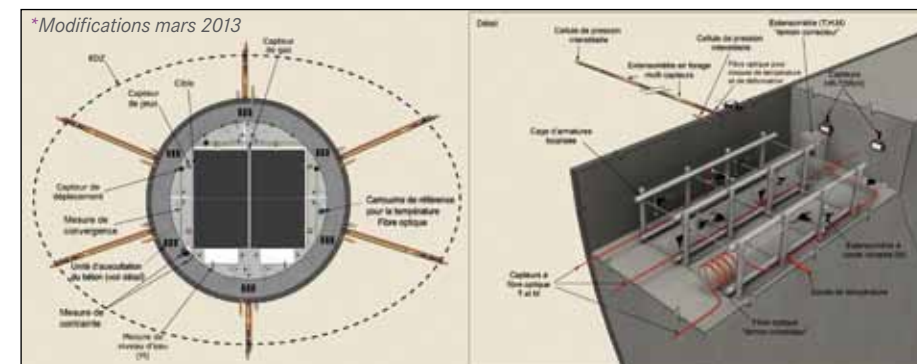
- dans des « alvéoles témoins », une forte densité d'instrumentation est envisagée pour caractériser la globalité des processus ;
- dans certains autres alvéoles, les processus les plus importants seront également caractérisés pour s'assurer de la représentativité des alvéoles témoins ;
- l'instrumentation des autres alvéoles (« alvéoles courantes ») sera limitée aux dispositifs nécessaires à la surveillance opérationnelle.

Dans le cadre de la première tranche de construction de Cigéo, plusieurs ouvrages témoins seront réalisés :

- des alvéoles¹² témoins de déchets MA-VL et HA, représentatifs des déchets livrés en première tranche ;
- des sections fortement instrumentées de la descenderie et d'un puits, et des systèmes de mesure plus globaux sur ces ouvrages ;
- des sections ou tronçons témoins de galeries (parties courantes et tronçons à sceller), ainsi que des intersections témoins et des tronçons de galeries d'accès aux alvéoles de déchets exothermiques.

L'Andra propose de procéder à l'obturation de certains alvéoles témoins au bout de quelques années après la mise en service de Cigéo afin de disposer de résultats d'observation d'alvéoles fermés pour préparer le passage à l'étape industrielle d'obturation d'alvéoles de stockage.

Par ailleurs des colis témoins sont prévus dès la première tranche pour suivre spécifiquement l'évolution des colis primaires et des conteneurs de stockage. Ces colis témoins pourront être placés dans des ouvrages représentatifs des conditions d'environnement en souterrain, mais plus facilement accessibles que des alvéoles de stockage afin de faciliter les mesures et les expertises.



● Exemple d'instrumentation d'un alvéole MA-VL

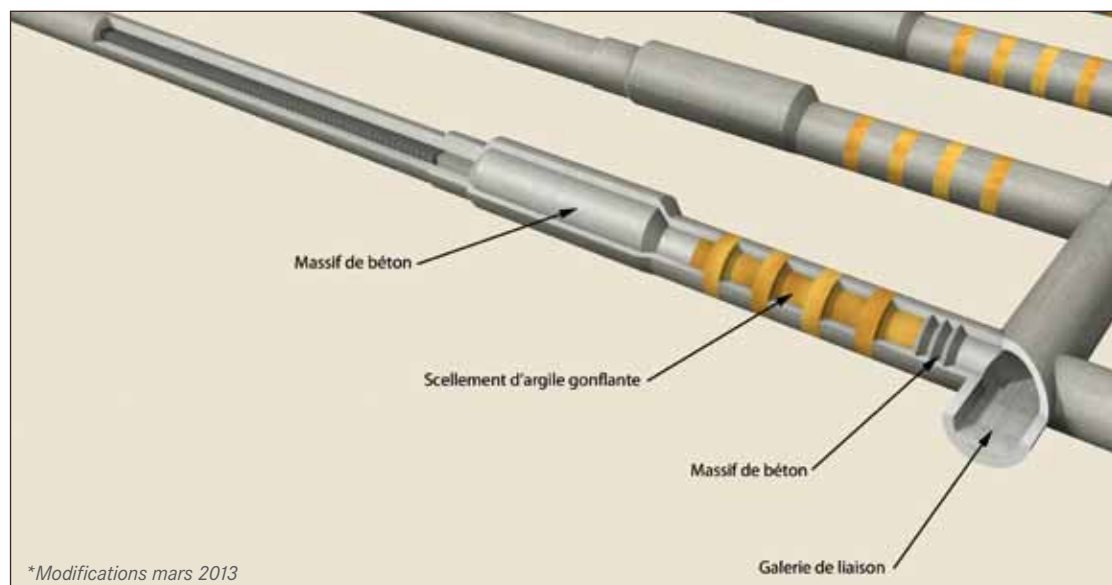
¹² La réalisation de deux alvéoles témoins d'un même type permet d'observer en parallèle l'évolution dans le temps de ce type d'alvéole d'une part au niveau 2 de récupérabilité, d'autre part au niveau 3.

La définition des colis et ouvrages témoins sera présentée dans le dossier support à la demande d'autorisation de création.



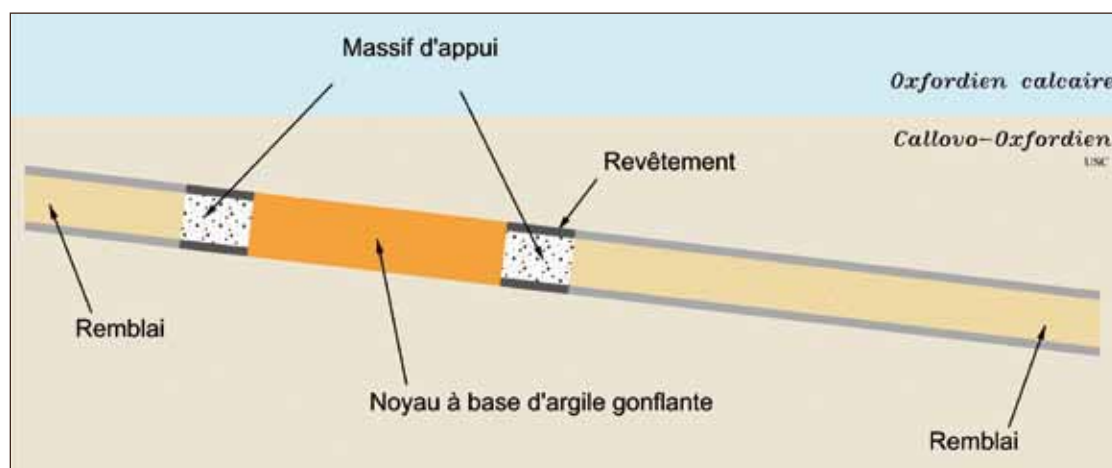
6. Préparation de la phase post-fermeture

Le stockage en couche géologique profonde est conçu pour être fermé à l'issue de son exploitation, permettant de limiter les charges transmises aux générations futures. La fermeture définitive correspond au passage au niveau 5 de l'échelle internationale de récupérabilité. Même si elle devient de plus en plus complexe, une récupération des déchets stockés restera techniquement possible tant que la mémoire du stockage est préservée.



*Modifications mars 2013

● Principe du scellement d'une galerie d'accès à des alvéoles de stockage



● Principe de scellement d'une descenderie

Après fermeture définitive, aucune action humaine n'est nécessaire à la sûreté du stockage, à l'exception d'un contrôle institutionnel du site pendant 500 ans au moins tel que spécifié par le guide de sûreté de l'Autorité de sûreté nucléaire. Pour autant, le bon fonctionnement du stockage continuera à être surveillé, et la mémoire de son existence sera préservée, aussi longtemps que les générations futures le jugeront utile. Des dispositions sont donc prises, avant la fermeture du stockage, pour permettre une surveillance post-fermeture et une préservation de la mémoire le plus longtemps possible.

6.1 Poursuite de la surveillance après fermeture

Plusieurs moyens pourront être mis en œuvre pour continuer de surveiller l'installation souterraine et l'environnement après fermeture. Les pistes à l'étude sont des forages depuis la surface jusqu'à l'Oxfordien calcaire situé au-dessus de la couche argileuse du Callovo-Oxfordien, des moyens géophysiques et des instruments laissés en place dans l'installation souterraine lors de sa fermeture.

Les forages instrumentés permettront notamment un suivi du système hydrogéologique. L'instrumentation pourrait être renouvelée périodiquement (typiquement tous les 50 ans), en fonction du retour d'expérience.

L'Andra propose de mettre en œuvre de premiers dispositifs dès la tranche 1, ceci permettant de les qualifier et de les caler au cours de la phase d'exploitation.

6.2 Contrôle institutionnel et mémoire

La mémoire du stockage sera transmise aux générations futures pour les informer de l'existence et du contenu de l'installation.

La solution de référence retenue par l'Andra pour assurer la mémoire de ses centres de stockage de déchets radioactifs repose sur cinq dispositifs : deux dispositifs de mémoire dite « active », pour assurer la préservation de la mémoire à court et moyen termes, et trois dispositifs de mémoire dite « passive », pour le plus long terme.

Les dispositifs dits de « mémoire active » recouvrent le développement de la communication avec les publics et la possibilité de renforcer le rôle des commissions locales d'information pour en faire des acteurs de la mémoire et la faire vivre localement.

Les dispositifs « passifs » consistent en des servitudes mentionnées au cadastre, une mémoire de synthèse comportant des informations essentielles du Centre, et une mémoire détaillée du stockage. En complément des documents techniques, des documents fournissant les éléments de contexte et permettant de comprendre les décisions qui ont été prises sont à intégrer dans la mémoire détaillée. Un document de synthèse à caractère historique pourra être rédigé à intervalle régulier (typiquement tous les dix ans). Les documents constitutifs des mémoires détaillées et de synthèse sont imprimés sur un papier dit « permanent » permettant un archivage sur 6 à 10 siècles.

Les dispositifs relatifs à la mémoire détaillée et notamment les critères de sélection des documents seront décrits dans le dossier support à la demande d'autorisation de création et réévalués régulièrement pour vérifier leur adéquation aux besoins des générations futures.

Ce dispositif de référence sera mis en œuvre avec une exigence de pérennité de la mémoire après fermeture de l'installation, sur cinq siècles au moins.

L'Andra développe en parallèle les réflexions et les études sur la mémoire plurimillénaire.

7. Gouvernance du stockage

La gouvernance comprend les modalités d'évaluation et de prise de décision nécessaires à la mise en œuvre du stockage, en tenant compte de la multiplicité des acteurs et parties prenantes.

Le dispositif législatif et réglementaire, dont notamment la loi du 28 juin 2006, définit d'ores et déjà les modalités pour les autorisations de création puis de mise en service de Cigéo. Le périmètre technique que l'Andra envisage d'inscrire dans ce cadre est précisé dans la suite.

Les modalités de gouvernance du stockage sur la période de réversibilité pourront être décrites par la future loi fixant les conditions de réversibilité.

Les propositions de l'Andra en matière de gouvernance visent à prolonger, après la mise en service de Cigéo, l'approche souple et prudente mise en place par la loi du 30 décembre 1991 et poursuivie par celle du 28 juin 2006, fondée sur des rendez-vous successifs pour l'évaluation et la prise de décision et permettant à chaque étape majeure une consultation des parties prenantes.

Gouvernance et réversibilité

Le Comité d'expertise et de suivi de la démarche d'information et de consultation, rattaché au Conseil scientifique de l'Andra, appelle l'attention sur l'articulation entre gouvernance et réversibilité : « La mise en œuvre de la réversibilité, qui désigne une modalité particulière de prise de décision, implique des structures de gouvernance originales. Celles-ci doivent d'une part faciliter l'intégration des progrès techniques et scientifiques dans la conception et la conduite du stockage et d'autre part favoriser l'adaptation aux évolutions de la demande sociétale. »



● Essai de montage d'un mur en briquettes d'argile gonflante et son instrumentation dans le laboratoire souterrain de l'Andra

7.1 Autorisation de création de Cigéo

La demande d'autorisation de création de Cigéo, qui sera déposée par l'Andra en 2015, portera sur les différents types de colis et le volume total de l'inventaire de référence du projet assorti des réserves prises en compte pour gérer des incertitudes sur la production et la gestion de certains déchets. L'inventaire et les réserves sont décrits dans le programme industriel de gestion des déchets établi avec les producteurs de déchets.

Outre la construction des installations nécessaires à la mise en exploitation du Centre, la demande d'autorisation de création portera sur l'ensemble des opérations préalables à l'obturation des alvéoles¹³ : réceptionner, décharger, préparer, mettre en place les colis, ventiler, contrôler et surveiller l'exploitation du stockage, observer le stockage. Dans les parties souterraines, ces opérations sont réalisées parallèlement au creusement et à l'aménagement de nouveaux alvéoles et de leurs accès. La demande d'autorisation de création inclura des opérations limitées et temporaires de récupération de colis au niveau 2 de récupérabilité, notamment à des fins de surveillance de l'installation.

La demande d'autorisation de création portera également sur les opérations d'obturation d'alvéoles témoins et plus généralement sur toutes les opérations nécessaires à l'exploitation des alvéoles et ouvrages témoins. Les opérations d'obturation d'alvéoles témoins sont prévues quelques années après la mise en service de Cigéo (cf. chapitre 5 p.20).

En plus d'une démonstration de la sûreté des opérations ci-dessus relevant du périmètre de la demande d'autorisation de création, le dossier support à la demande d'autorisation de création comprendra des éléments sur la faisabilité et la performance de tous les composants du stockage à terminaison, de sorte que la sûreté du stockage à chaque étape de la gestion du Centre et après sa fermeture puisse être évaluée¹⁴. Notamment, il contiendra des éléments permettant d'apprécier la faisabilité des étapes de fermeture. Le dossier support à la demande d'autorisation de création présentera également une description des principes techniques de retrait de colis des alvéoles après passage aux niveaux 3 et 4 de l'échelle de récupérabilité.

L'Andra propose de ne pas inscrire dans le périmètre de la demande d'autorisation de création les opérations de fermeture (hormis l'obturation de certains alvéoles témoins), qui ne devraient pas intervenir avant l'horizon 2040. En effet, les décisions de fermeture partielle constitueront des étapes structurantes du processus de stockage correspondant à un changement de niveau dans l'échelle internationale de récupérabilité. L'Andra propose donc que la réalisation des premières opérations de fermeture partielle fasse l'objet au préalable d'une demande d'autorisation spécifique. La date prévisionnelle de démarrage de ces opérations sera présentée dans le schéma directeur d'exploitation et de fermeture joint à la demande d'autorisation de création de Cigéo.

Les opérations éventuelles de récupération d'un grand nombre de colis ou les opérations éventuelles de récupération après fermeture partielle ne seront pas inscrites dans le périmètre de la demande

¹³ Toute opération incluse dans la demande d'autorisation de création, sous réserve qu'elle soit ensuite autorisée par le décret d'autorisation de création à l'issue de l'instruction prévue par l'article L.542-10-1 du code de l'environnement et la loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire, peut être mise en œuvre par l'Andra dans le respect des modalités prévues par le décret et des prescriptions édictées par l'Autorité de sûreté nucléaire.

¹⁴ L'article L. 542-10-1 du code de l'environnement dispose que la sûreté du centre est appréciée au regard des différentes étapes de sa gestion, y compris sa fermeture définitive.

d'autorisation de création. En effet, le stockage de déchets s'effectue « sans intention de retrait ultérieur » (cf. directive européenne du 19 juillet 2011). Par ailleurs, de telles opérations pourraient nécessiter des modifications notables de l'installation qui dépendent notamment du devenir des colis récupérés. L'autorisation de telles opérations ferait donc l'objet d'une instruction spécifique.

L'autorisation de création fixera la durée minimale pendant laquelle, à titre de précaution, la réversibilité du stockage devra être assurée, cette durée ne pouvant être inférieure à 100 ans. L'Andra propose que la période de réversibilité commence à la mise en service et se termine avec la fermeture définitive. En effet, la mise en service de Cigéo correspondra au passage du niveau 1 (entreposage) au niveau 2 de l'échelle internationale de récupérabilité (mise en stockage). La fermeture définitive constitue la dernière décision à prendre dans le cadre du processus opérationnel de stockage (passage à l'étape 5 de l'échelle) ; au-delà la mise en sécurité définitive des déchets ne nécessite plus d'action humaine.

La fermeture définitive sera autorisée par une nouvelle loi. Cette dernière pourra fixer les conditions dans lesquelles le site restera contrôlé, sa surveillance maintenue et la mémoire conservée.

7.2 Autorisation de mise en service de Cigéo

Afin d'être autorisée à mettre Cigéo en service, l'Andra déposera un dossier *ad hoc* au moins un an avant la date envisagée pour cette mise en service, conformément à l'article 20 du décret du 2 novembre 2007. Ce dossier sera instruit par l'Autorité de sûreté nucléaire.

Pour que la mise en service puisse être prononcée par l'Autorité de sûreté nucléaire, des essais de démarrage seront réalisés pour vérifier le bon fonctionnement des installations et procéder au réglage des équipements. Ces essais porteront sur l'ensemble des opérations d'exploitation autorisées par le décret d'autorisation de création, y compris le retrait limité de colis au niveau 2 (cf. section 4.2.4, p. 18).

7.3 Revues générales de Cigéo après sa mise en service

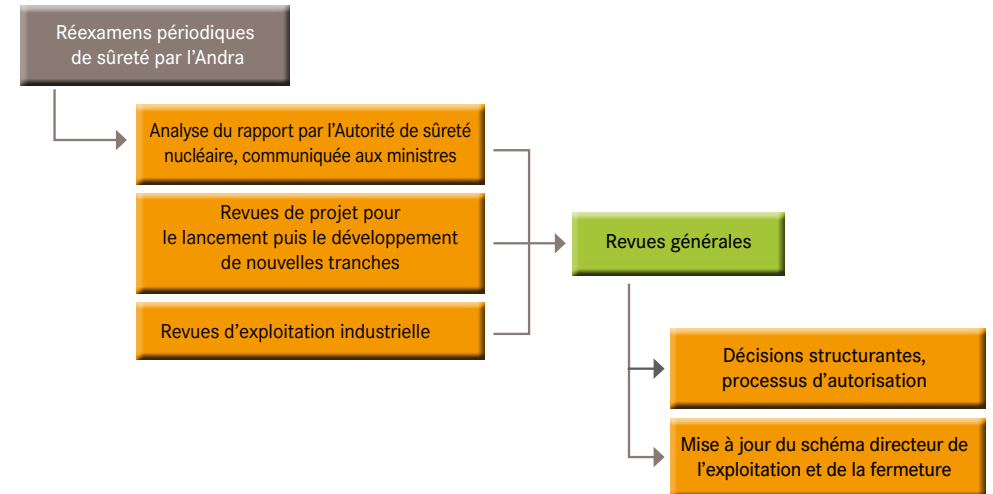
Afin de donner aux différents acteurs une visibilité sur les décisions jalonnant le processus de stockage après la mise en service de Cigéo, l'Andra propose de fonder la gouvernance du stockage sur le schéma directeur de l'exploitation et de la fermeture défini au chapitre 3 (p. 10).

Le schéma directeur de l'exploitation et de la fermeture identifie les décisions structurantes de changement d'étape de l'échelle internationale de récupérabilité au cours de la période de réversibilité :

- accueil de nouveaux types de colis (passage du niveau 1 au niveau 2), en lien avec le développement progressif de l'installation souterraine ;
- début d'opérations industrielles de fermeture (passage aux niveaux 3, 4 puis 5).

Comme pour toute autre installation nucléaire ou industrielle, l'exploitation de Cigéo sera ponctuée de rendez-vous techniques au cours desquels divers aspects techniques des installations devront être examinés.

Conformément à la loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire (article 28), l'exploitant d'une installation nucléaire de base doit procéder périodiquement au réexamen de la sûreté de son installation¹⁵. Chaque réexamen doit permettre d'apprécier la situation de l'installation au regard des règles qui lui sont applicables et d'actualiser l'appréciation des risques ou inconvénients que l'installation présente pour la sécurité, la santé et la salubrité publiques, la protection



- Place des revues générales dans la gouvernance de Cigéo

de la nature et de l'environnement, en tenant compte notamment de l'état de l'installation, de l'expérience acquise au cours de l'exploitation, de l'évolution des connaissances.

La réalisation progressive du stockage par tranches successives conduira l'Andra à effectuer, pour chaque tranche, des revues de projet aux différentes étapes d'enclenchement d'une nouvelle phase d'études et de travaux. Par ailleurs, la recherche continue d'améliorations en matière industrielle sur la période d'exploitation séculaire de Cigéo conduira aussi à réaliser périodiquement des revues d'exploitation au cours desquelles seront notamment examinés le bilan de l'exploitation passée, les besoins en maintenance, les opportunités technologiques...

À ces rendez-vous techniques, l'Andra propose d'ajouter des revues plus générales en préalable aux décisions structurantes jalonnant le processus de stockage. Tout en bénéficiant des travaux menés dans le cadre des rendez-vous techniques, ces revues permettraient de recueillir plus largement l'avis des parties prenantes. Outre l'émission d'avis et de recommandations pour la prise de décision, ces revues conduiraient à réexaminer et mettre à jour le schéma directeur de l'exploitation et de la fermeture, concernant les dates de passage aux niveaux 3, 4 puis 5 ou la prise en charge de nouveaux types de colis. La future loi fixant les conditions de réversibilité pourrait définir les modalités de concertation des différents acteurs pour ces revues.

Les revues générales comporteront systématiquement l'examen de plusieurs volets : le retour d'expérience et les perspectives de fonctionnement du Centre de stockage, l'évolution des connaissances scientifiques et techniques résultant notamment des recherches poursuivies en parallèle à la mise en œuvre industrielle du stockage, l'inventaire prévisionnel des déchets à stocker dans Cigéo en lien notamment avec la

¹⁵ Les réexamens de sûreté ont lieu tous les dix ans, toutefois, le décret d'autorisation peut fixer une périodicité différente si les particularités de l'installation le justifient. L'exploitant adresse à l'Autorité de sûreté nucléaire et aux ministres chargés de la sûreté nucléaire un rapport comportant les conclusions de cet examen et, le cas échéant, les dispositions qu'il envisage de prendre pour remédier aux anomalies constatées ou pour améliorer la sûreté. Après analyse du rapport, l'Autorité de sûreté nucléaire peut imposer de nouvelles prescriptions techniques. Elle communique aux ministres chargés de la sûreté nucléaire son analyse du rapport.

politique électronucléaire. Les recommandations issues de ces revues pourront conduire à mettre à jour les conditions de réversibilité.

L'Andra propose que des points de rendez-vous soient prévus tous les 10 ans (revues générales), en lien avec les examens périodiques de sûreté auxquels sera soumis Cigéo.

7.3.1 Retour d'expérience et perspectives de fonctionnement du Centre

Le retour d'expérience peut être compris comme un champ large incluant l'exploitation industrielle de Cigéo, la surveillance et l'observation de l'installation et de l'environnement, le réexamen de sûreté, l'impact sur le territoire et les résultats économiques et sociaux.

Pour chaque revue générale, l'Andra établira un bilan complet de l'ensemble du retour d'expérience. Celui-ci comprendra une mise en perspective des étapes ultérieures prévues par le schéma directeur de l'exploitation et de la fermeture. L'Andra présentera ce bilan à la future Commission locale d'information de Cigéo¹⁶ et le transmettra au Gouvernement. Compte tenu des implications économiques et sociétales de Cigéo sur le territoire, le Gouvernement pourrait solliciter l'avis d'autres entités, en particulier les collectivités territoriales concernées, les conseils économiques, sociaux et environnementaux des régions Champagne-Ardenne et Lorraine. La loi fixant les conditions de la réversibilité pourrait définir le mécanisme correspondant d'information et de consultation des parties prenantes.

7.3.2 Évolution des connaissances scientifiques et techniques

L'examen de l'évolution des connaissances scientifiques et techniques permettra de questionner au cours du temps la gestion du stockage.

L'expérience acquise en particulier par l'exploitation de Cigéo, l'observation de l'évolution de l'installation souterraine et des colis et les actions de R&D poursuivies en matière de gestion des déchets radioactifs permettront :

- de réévaluer la durée prévisionnelle d'intégrité des colis déjà stockés et des ouvrages déjà réalisés, compte tenu des marges prises dans leur dimensionnement ;
- d'examiner les possibilités d'optimisation de la conception, de la réalisation et de l'exploitation des prochaines tranches du Centre.

Plus généralement, les avancées des études et recherches poursuivies en France et dans les autres pays sur les déchets pourraient rendre possibles de nouvelles optimisations pour la gestion des futurs déchets à stocker dans Cigéo : appréciation de leur caractère ultime, nouveaux modes de traitement et de conditionnement...

Pour chaque revue générale, l'Andra réalisera un bilan des études et recherches. La future loi fixant les conditions de réversibilité pourrait prévoir des modalités d'évaluation de ce bilan.

¹⁶ La loi du 13 juin 2006 institue une Commission locale d'information auprès de tout site comprenant une ou plusieurs installations nucléaires de base. L'articulation avec l'actuel Comité locale d'information et suivi du Laboratoire de l'Andra sera à préciser.

7.3.3 Impact d'une évolution éventuelle de la politique électronucléaire

L'inventaire des déchets prévus d'être stockés décrit dans le Programme industriel de gestion des déchets constitue une donnée d'entrée pour la demande d'autorisation de création de Cigéo. Une évolution de cet inventaire pourrait conduire à une modification notable de l'installation au sens du décret n°2007-1557 du 2 novembre 2007 (article 31). Les raisons d'une telle modification seraient l'introduction de nouveaux colis aux caractéristiques très différentes ou l'augmentation du volume total de déchets à stocker. Dans l'hypothèse d'une requalification de certains combustibles usés en déchets¹⁷, une autorisation spécifique pour leur stockage serait ainsi à instruire.

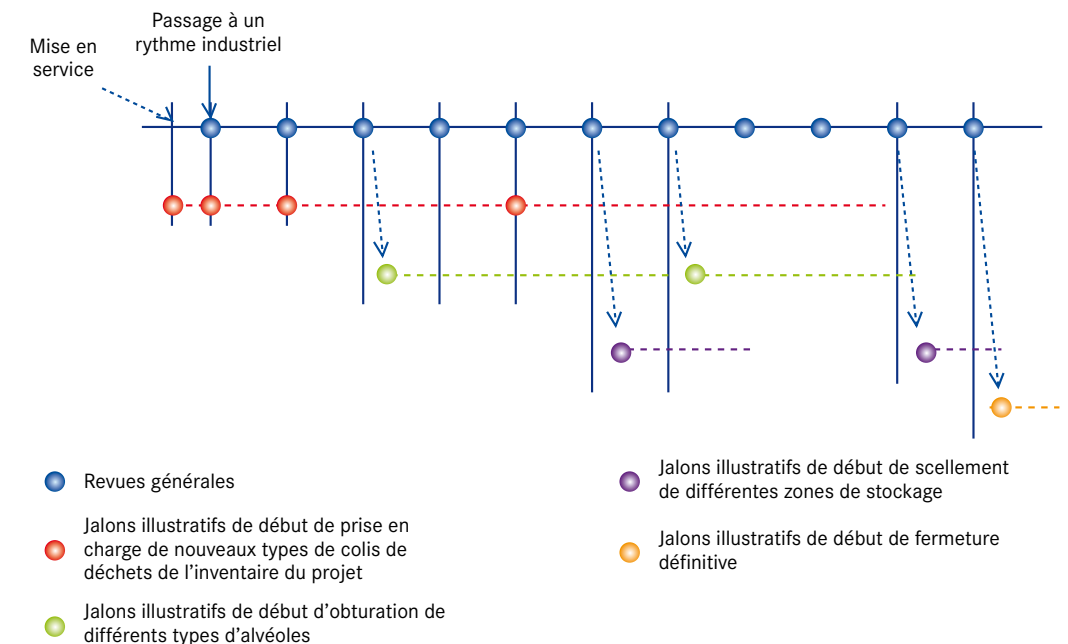
Une telle évolution de l'inventaire serait analysée dans le cadre du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs dans les conditions fixées par l'article L.542-1-2 du code de l'environnement.

Le cas échéant, l'Andra serait alors chargée par le Gouvernement de préparer une demande de modification du décret d'autorisation de création de Cigéo soumise à enquête publique.

Toute évolution notable de l'inventaire sera soumise à une nouvelle autorisation et fera l'objet d'une nouvelle enquête publique.

7.3.4 Planification

Schéma directeur de l'exploitation et de la fermeture et revues générales



¹⁷ L'article L.542-1-2 du code de l'environnement dispose que la réduction de la quantité et de la nocivité des déchets radioactifs est recherchée notamment par le traitement des combustibles usés. Par précaution, le Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs demande à l'Andra de vérifier que les concepts de stockage restent compatibles avec l'hypothèse du stockage direct des combustibles usés.

Dans le cadre de la montée en régime progressive et prudente de Cigéo décrite au chapitre 3 p.10, l'Andra propose que la première revue générale intervienne au terme des cinq premières années d'exploitation. Cette revue pourra notamment exprimer des recommandations relatives aux ouvrages témoins, en particulier l'enclenchement de premières opérations d'obturation d'alvéoles témoins pourra être examiné, et à la mise à jour du programme de surveillance et d'observation. Elle pourra également dresser un premier bilan socio-économique.

Les revues générales pourront être ensuite planifiées selon une périodicité minimale, même en l'absence de jalon opérationnel marquant. Une périodicité d'une dizaine d'années apparaît pertinente pour questionner régulièrement les options de gestion du stockage. Ce questionnement bénéficiera notamment des résultats acquis par l'observation du stockage sur une durée significative. À l'issue de chaque revue, l'échéance de la revue suivante pourra être programmée.

7.4 Autorisation d'opérations de fermeture

Les niveaux de l'échelle internationale de récupérabilité se caractérisent notamment par :

- un retrait des colis des alvéoles plus aisé au niveau 2 qu'aux niveaux suivants ;
- une surveillance rapprochée pour les niveaux 2 et 3 (capteurs implantés en champ proche, avec possibilité de les maintenir, de les remplacer, voire de procéder à des mesures complémentaires) ;
- une surveillance à distance pour les niveaux 4 et 5 (capteurs interrogeables à distance, mesures d'effets déportés).

Du point de vue technique, les opérations d'obturation d'alvéoles, de remblayage, et de scellement de galeries souterraines permettent de reporter la sûreté de l'installation sur des dispositions passives. Par ailleurs, elles conduisent à diminuer les débits de ventilation de l'installation et les opérations de maintenance des parties obturées ou remblayées. En cela, les passages aux niveaux 3 et 4 réduisent les coûts d'exploitation du stockage.

En revanche, le passage aux niveaux 3 et 4 induira une augmentation du degré d'effort qui serait nécessaire pour récupérer les colis. En particulier, l'obturation des alvéoles (passage au niveau 3) diminuera notablement leur récupérabilité.

Les décisions de fermeture partielle constituent donc des étapes structurantes du processus de stockage. Au moment où elles seront prises, elles marqueront davantage l'absence d'intention de revenir en arrière et de modifier les ouvrages concernés. Les revues générales qui seraient organisées en amont de ces décisions permettraient d'impliquer les parties prenantes.

Selon les options de gestion du stockage étudiées par l'Andra, les premières opérations d'obturation d'alvéoles courants¹⁸ (passage au niveau 3) pourraient intervenir à partir de l'horizon 2040. L'Andra établira un dossier de demande d'autorisation spécifique pour procéder à ces opérations. En matière de récupérabilité postérieure à l'obturation des alvéoles, l'Andra propose que ce dossier décrive les dispositions de conception et les équipements restant en place dans les ouvrages visant à faciliter le retrait éventuel des colis si les générations futures décidaient de revenir sur les décisions de fermeture.

¹⁸ Par opposition aux alvéoles « témoins », les alvéoles « courants » constituent tous les alvéoles exploités de façon industrielle.

7.5 Autorisation d'opérations de retrait de colis

Comme indiqué ci-dessus, l'Andra propose que le décret d'autorisation de création de Cigéo couvre des opérations de retrait limité et temporaire de colis au niveau 2 de l'échelle de récupérabilité. Ces opérations seront décrites dans le rapport de sûreté et dans les règles générales d'exploitation.

Dans l'hypothèse d'une évolution de la politique en matière de gestion des déchets qui conduirait à envisager une opération de retrait d'un nombre plus important de colis, l'État demanderait alors à l'Andra d'étudier l'opération. L'étude devrait comprendre une analyse dérivés-bénéfices. L'opération pourrait nécessiter des modifications notables de l'installation, notamment en surface : l'Andra définirait la nature de ces modifications en fonction de la situation de retrait considérée : famille de colis concernée, volumes, dates de retrait, devenir des colis retirés du stockage...

Toute opération notable de retrait de colis de déchets devra faire l'objet d'une autorisation spécifique.

Ce type d'opérations nécessiterait ensuite le dépôt d'une demande de modification du décret d'autorisation de création par l'Andra, évaluée par l'Autorité de sûreté nucléaire et soumise à enquête publique. L'autorisation demandée devrait couvrir les opérations envisagées (opérations de retrait, de reconditionnement éventuel, d'expédition...) et l'ensemble des modifications à apporter à l'installation (construction éventuelle d'entrepôts, de nouveaux ateliers...). Le dossier support à la demande devrait présenter une démonstration complète et justifiée de la sûreté des opérations projetées.

7.6 Financement de la réversibilité

Les propositions suivantes visent à un partage équilibré du financement de la réversibilité entre les générations.

Les générations actuelles doivent financer les moyens nécessaires à la mise en sécurité définitive de leurs déchets radioactifs. Cela comprend la construction, l'exploitation et la fermeture de Cigéo.

Le coût des dispositions prises à la conception pour favoriser la réversibilité et la récupérabilité est intégré aux coûts de la construction de Cigéo. En finançant ces dispositions, les générations actuelles offrent aux générations suivantes des possibilités d'action sur le processus de stockage.

Si les générations suivantes décidaient de procéder à une opération de retrait de colis, elles auraient à en supporter la charge. Cependant, la prise en compte de la réversibilité dès la conception du stockage limite cette charge potentielle.

À chaque revue générale, les modalités de financement de la réversibilité seront réexaminées en fonction des conditions de réversibilité.

Les générations actuelles financent la conception réversible du stockage et sa fermeture.

Chaque génération aura à sa charge le financement nécessaire lié aux choix qui seront faits en matière de réversibilité



www.cigéo.com

Le site de référence pour s'informer
sur le projet de Centre de stockage profond
de déchets radioactifs français



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