COMMENT FONCTIONNERA CIGÉO ?

4

INTRODUCTION

Cigéo sera composé d'installations de surface, où seront notamment réceptionnés, contrôlés et préparés les colis de déchets, d'une installation souterraine dans laquelle seront stockés les déchets, et d'infrastructures de liaison qui relieront l'installation souterraine à la surface. Le stockage sera exploité pendant plus de 100 ans et construit de manière progressive au fur et à mesure des besoins. Pour garantir son rôle et assurer le confinement des déchets sur de très longues périodes de temps sans nécessiter d'actions humaines, les ouvrages de Cigéo devront ensuite être refermés. Cette fermeture se fera de manière progressive.

4.1.
LES INSTALLATIONS DE CIGÉO
..... page 40

4.2.
LA CONSTRUCTION DE CIGÉO
..... page 46

4.3.
LE TRANSPORT DES COLIS DE DÉCHETS
..... page 46

4.4.
L'EXPLOITATION DE CIGÉO
..... page 50

4.5.
LA FERMETURE DE CIGÉO
..... page 51

4.1.
Les installations de Cigéo

Cigéo sera une installation nucléaire de base composée d'installations de surface, réparties sur deux sites, de puits et de descenderies et d'une installation souterraine.

Le projet Cigéo est entré dans une phase de conception industrielle, qui s'appuie sur les résultats de la R&D menée depuis 20 ans et son évaluation. En 2012, plusieurs options techniques ont été étudiées par l'Andra avec sa maîtrise d'œuvre, le groupement Gaiya (Technip/Ingérop). Cette esquisse industrielle fait l'objet en 2013 d'une revue d'experts et d'une évaluation par l'Autorité de sûreté nucléaire et par la Commission nationale d'évaluation.

Les recommandations issues de ces évaluations, les pistes d'optimisation identifiées par l'Andra ainsi que les modifications éventuelles du projet suite au débat public seront prises en compte dans la phase suivante d'études, avant le dépôt de la demande d'autorisation de création.

La description technique dans le présent dossier se fonde sur les options techniques privilégiées par l'Andra à ce stade des études.

1 ZONE DE RÉCEPTION ET DE PRÉPARATION DES COLIS

Cette zone, distante de quelques kilomètres de la zone dédiée aux travaux, sera composée de bâtiments qui permettront la réception des colis de déchets, leur contrôle et leur préparation avant leur transfert vers l'installation souterraine.

2 DESCENDERIES

Une première descenderie permettra le transfert des colis de déchets vers l'installation souterraine. Une seconde descenderie servira d'accès technique.

3 INSTALLATION SOUTERRAINE

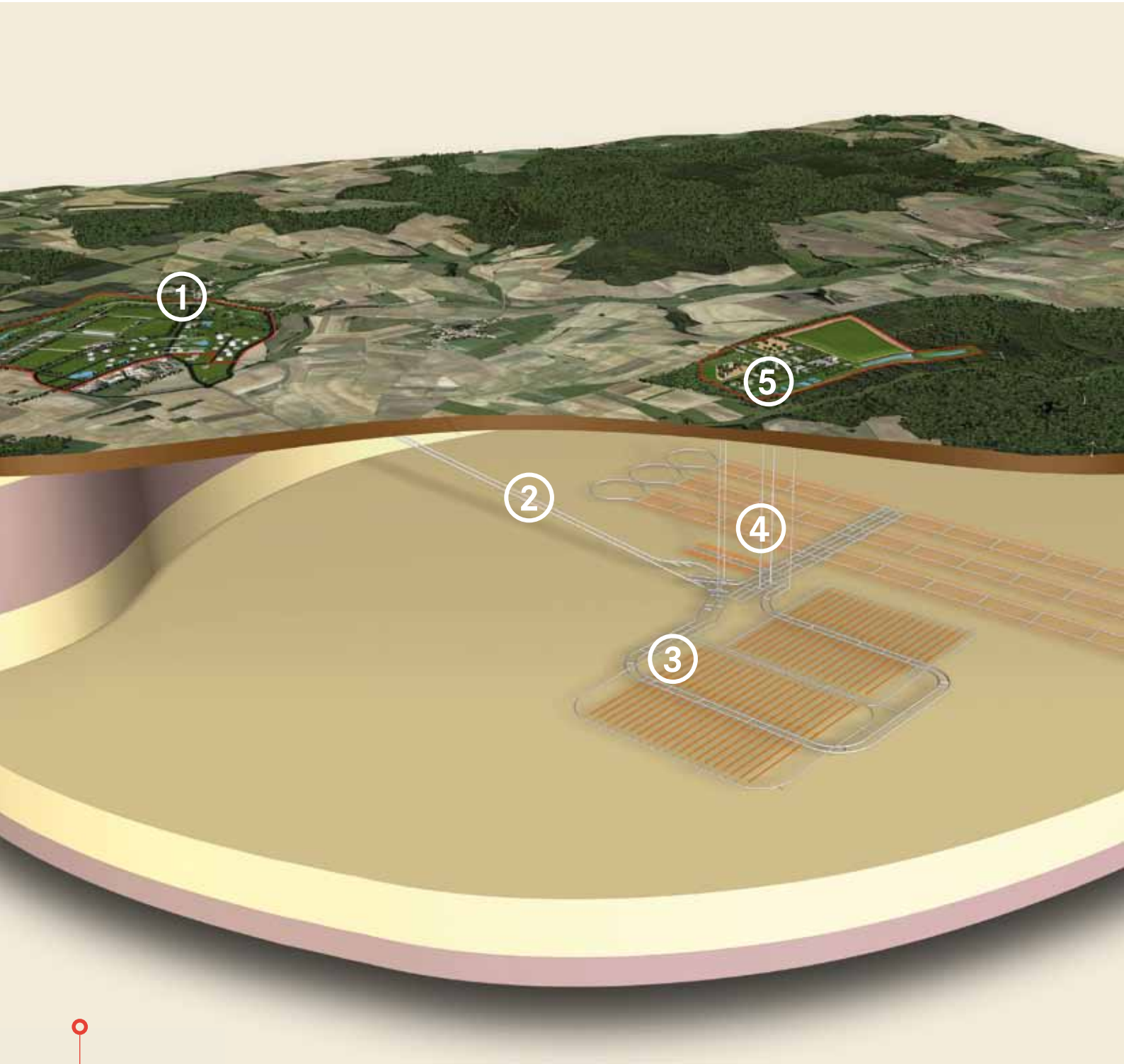
L'installation souterraine de Cigéo se développera au fur et à mesure de l'exploitation, en fonction des besoins, et sera composée de différentes zones.

4 PUITS

Cinq puits verticaux relieront l'installation souterraine à la zone dédiée aux travaux souterrains pour permettre le transfert du personnel, des matériels et des engins, la remontée des déblais et la ventilation des ouvrages souterrains.

5 ZONE SUPPORT AUX TRAVAUX SOUTERRAINS

Cette zone, située à l'aplomb de l'installation souterraine, servira notamment de support au creusement et à la construction des ouvrages souterrains. Les déblais issus du creusement de ces ouvrages seront stockés sur cette zone.



Vue générale des installations de Cigéo - schéma de principe.

L'INSTALLATION SOUTERRAINE

Située à environ 500 mètres de profondeur, l'installation souterraine de Cigéo se développera au fur et à mesure de l'exploitation. Elle se composera de zones de stockage pour les déchets HA et de zones de stockage pour les déchets MA-VL, de galeries de liaison et d'installations techniques. **Au terme de la centaine d'années d'exploitation, cette installation représentera une surface d'environ 15 km².**

Les déchets seront stockés, au moyen de dispositifs robotisés, dans des tunnels horizontaux appelés alvéoles, creusés au cœur de la couche d'argile. Les déchets HA seront stockés dans des alvéoles d'une centaine de mètres de longueur et d'environ 70 cm de diamètre revêtus d'un chemisage métallique. Les déchets MA-VL seront stockés dans des alvéoles de stockage horizontales de quelques centaines de mètres de longueur et d'une dizaine de mètres de diamètre.

Les **zones de stockage** seront conçues de **façon modulaire** pour permettre la **construction progressive** des tunnels dans lesquels seront stockés les déchets.

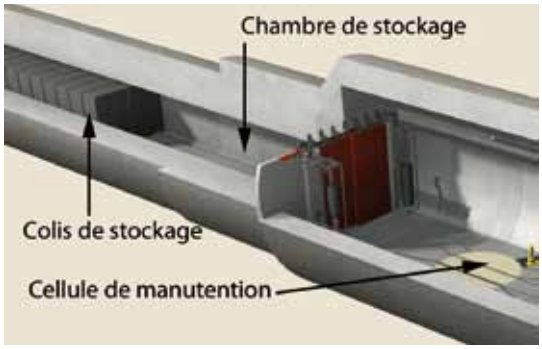


Schéma de principe d'une alvéole de stockage de colis de déchets MA-VL.

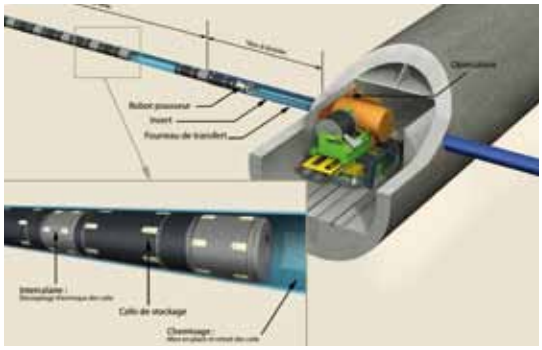


Schéma de principe d'une alvéole de stockage de colis de déchets HA.

①

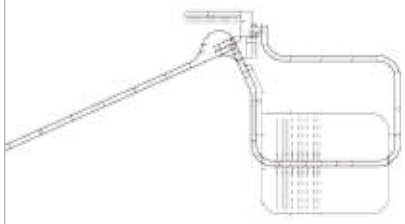


Schéma de principe à l'horizon 2030

②

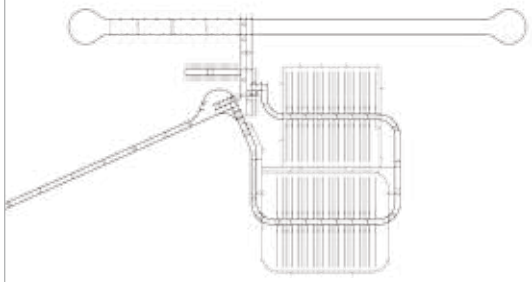


Schéma de principe à l'horizon 2070

③

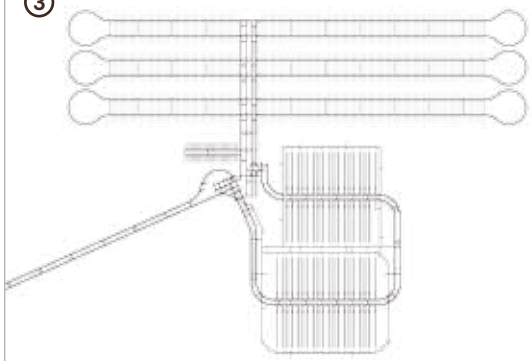


Schéma de principe à terminaison

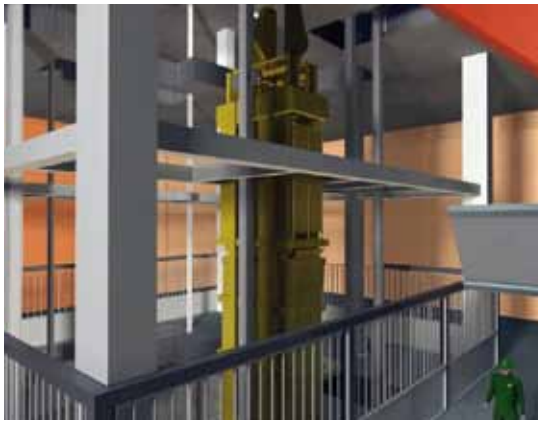
L'installation souterraine sera construite au fur et à mesure de l'exploitation du Centre, en fonction des besoins.

LES INFRASTRUCTURES DE LIAISON

Deux types d'infrastructures serviront à relier les installations de surface de Cigéo à l'installation souterraine. Les **puits verticaux** seront utilisés pour le transfert du personnel, des engins de chantier, des matériaux et la ventilation des ouvrages souterrains.

Le transfert des colis de déchets se fera par une rampe d'accès appelée **descenderie,** au moyen d'un funiculaire.

Transfert par funiculaire dans une descenderie.



Entrée d'un puits.

LES INSTALLATIONS DE SURFACE

Les installations de surface de Cigéo seront réparties sur **deux sites** (zone descenderies et zone puits) distants de quelques kilomètres.

Les installations liées aux descenderies seront insérées dans la zone déjà aménagée autour du Laboratoire souterrain (Espace technologique, Écothèque, bâtiment d'archives d'EDF). La topographie du site est utilisée pour l'insertion paysagère des installations.

Les déblais issus de la zone descenderies devront être transportés jusqu'à la zone puits où seront implantées les verses à déblais. La possibilité d'utiliser un convoyeur est étudiée pour réduire les flux de transports entre les deux sites.

Les installations de surface seront équipées d'équipements de secours et de sécurité (caserne de pompiers, poste de garde…).

Les installations de la première zone de surface serviront notamment à la **réception, au contrôle et à la préparation des colis de déchets** avant leur transfert dans l'installation souterraine par une descenderie. D'une surface d'environ **200 hectares,** cette zone sera composée :

- d'un secteur nucléaire regroupant les installations nécessaires à la réception et au contrôle des colis, à leur conditionnement en colis de stockage et à leur regroupement avant leur transfert vers les alvéoles de stockage ;
- d'un espace pour implanter un futur terminal ferroviaire si ce mode de transport jusqu'à Cigéo est retenu ;
- des équipements nécessaires au fonctionnement des installations : postes électriques, bassins permettant la récupération et le traitement des eaux de pluie, station d'épuration… ;
- d'une zone dédiée aux travaux de chantier et à la maintenance des installations ;
- de bâtiments d'accueil pour les visiteurs ;
- de zones de vie pour les travailleurs : restaurant, bureaux, etc.

Vue générale de la zone de surface dédiée à la réception, au contrôle et à la préparation des colis - schéma de principe avec l'hypothèse d'un terminal ferroviaire implanté sur le site.

Les installations de la deuxième zone de surface seront situées à environ 5 kilomètres de la première zone et serviront essentiellement **aux travaux de creusement et de construction des ouvrages souterrains.** D'une surface d'environ **110 hectares (hors verses à déblais),** cette zone sera située à la verticale de l'installation souterraine et composée :

- d'un secteur dédié aux travaux souterrains ;
- d'un secteur nucléaire qui regroupera les ateliers de maintenance et les différents puits permettant le transfert du personnel et la ventilation de l'installation souterraine ;
- des équipements nécessaires au fonctionnement des installations : postes électriques, bassins permettant la récupération et le traitement des eaux de pluie, station d'épuration...

Les déblais issus du creusement de l'installation souterraine seront stockés à proximité de cette zone et feront l'objet d'un traitement paysager. Ces verses à déblais seront réalisées progressivement, sur une emprise estimée à terme de l'ordre de 130 hectares.

Vue générale de la zone de surface dédiée aux travaux de construction et de creusement des ouvrages souterrains - schéma de principe selon le scénario d'implantation n°2 présenté au chapitre 3.

4.2.
La construction de Cigéo

Le stockage sera construit de manière très progressive. Les premiers ouvrages à réaliser seront les installations nécessaires aux travaux souterrains et au démarrage de l'exploitation.

Après la mise en service du stockage, la construction de l'installation souterraine se fera au fur et à mesure des besoins, par tranches successives. Les zones en construction seront physiquement séparées des zones en exploitation. Cette séparation sera également réalisée pour les circuits de ventilation : les galeries de transfert des colis disposeront d'une alimentation en air frais indépendante de celle des galeries de travaux.

Les déblais de roche excavés lors du creusement de l'installation souterraine représenteront un volume de l'ordre de 10 millions de mètres cubes produits sur plus de 100 ans.

Les verses à déblais feront l'objet de dispositions particulières pour protéger l'environnement et pour permettre la réutilisation future d'une partie des déblais pour la fermeture de Cigéo (environ 40 % seront réutilisés pour remblayer les ouvrages souterrains).

A titre de comparaison, le volume de déblais générés par le creusement de grands tunnels est du même ordre de grandeur mais pour des chantiers réalisés sur une dizaine d'années (environ 7 millions de mètres cubes pour le tunnel sous la Manche, environ 15 millions de mètres cubes pour le futur tunnel de base de la liaison ferroviaire Lyon-Turin).

4.3.
Le transport des colis de déchets

La réglementation relative au transport de substances radioactives est élaborée au niveau international par l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA). En France, l'Autorité de sûreté nucléaire est responsable du contrôle de la sûreté des transports de substances radioactives pour les usages civils. Le Haut Fonctionnaire de défense et de sécurité du ministère en charge de l'écologie, du développement durable et de l'énergie est responsable de la sécurité des transports sensibles (protection physique).

Le transport de substances radioactives est assuré par des sociétés spécialisées et agréées. L'expéditeur réalise la caractérisation complète des colis à transporter. Cela permet au transporteur de définir le type d'emballage à utiliser et de spécifier les conditions du transport.

Les déchets sont transportés dans des emballages conçus pour être étanches et le rester même en cas d'accident (collision, incendie, immersion...). Ils sont composés de plusieurs types de matériaux qui permettent de réduire les niveaux d'irradiation pour les rendre inférieurs aux limites fixées par la réglementation. Celle-ci établit que la quantité de rayonnements reçus par une personne qui resterait à 2 mètres du véhicule pendant une heure n'excède pas la limite de 0,1 millisievert, quel que soit le type de déchets transporté. À l'issue des opérations de chargement, l'expéditeur vérifie la conformité de l'emballage à la réglementation.

En France, on estime à environ 11 000 par an le nombre total de transports nécessaires au cycle du combustible pour l'activité des centrales nucléaires d'EDF, dont environ 200 pour transférer les combustibles usés déchargés des réacteurs français jusqu'à l'usine Areva NC de La Hague. Ces derniers s'effectuent principalement par voie ferrée jusqu'au terminal ferroviaire de Valognes, situé à 40 kilomètres de l'usine, puis par la route.

Le transport entre les sites de production des déchets et Cigéo

Concernant Cigéo, Areva, le CEA et EDF prévoient aujourd'hui de livrer de l'ordre de 700 à 900 emballages par an à l'horizon 2030-2040. Le transport par voie ferroviaire est privilégié. Dans ce cas, cela représenterait au maximum une centaine de trains par an (avec une dizaine de wagons par train), soit de l'ordre de deux trains par semaine en pic, avec une moyenne de deux trains par mois sur la durée d'exploitation. Pour les colis de déchets provenant du site CEA de Valduc (Côte-d'Or), dont les flux sont limités, le CEA prévoit un transport par voie routière. Cigéo est dimensionné sur cette base pour assurer la mise en stockage des colis au fur et à mesure.

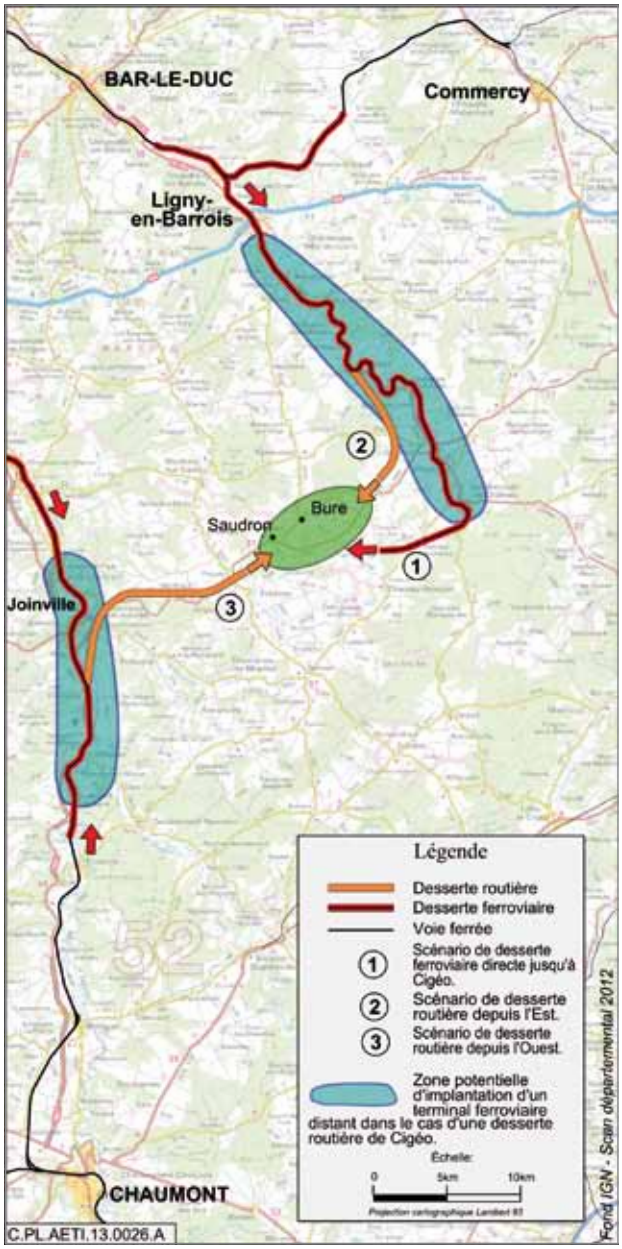
Les modalités d'acheminement des colis jusqu'à Cigéo sont étudiées par Areva, le CEA et EDF. Le réseau ferré national permet d'acheminer les convois jusqu'à proximité de Cigéo. Des itinéraires sont étudiés depuis la Normandie (La Hague) et la vallée du Rhône (Cadarache, Marcoule, Bugey).

Différents itinéraires son étudiés pour l'acheminement des colis de déchets vers Cigéo.

Les scénarios étudiés pour la desserte locale de Cigéo

L'arrivée et le déchargement des trains s'effectueront dans un terminal ferroviaire spécifique. Celui-ci peut être implanté soit sur une voie ferroviaire existante, ce qui nécessite une rupture de charge et un transport final jusqu'à Cigéo par voie routière, soit sur le site même des installations de surface de Cigéo, ce qui implique un prolongement du réseau ferré actuel.

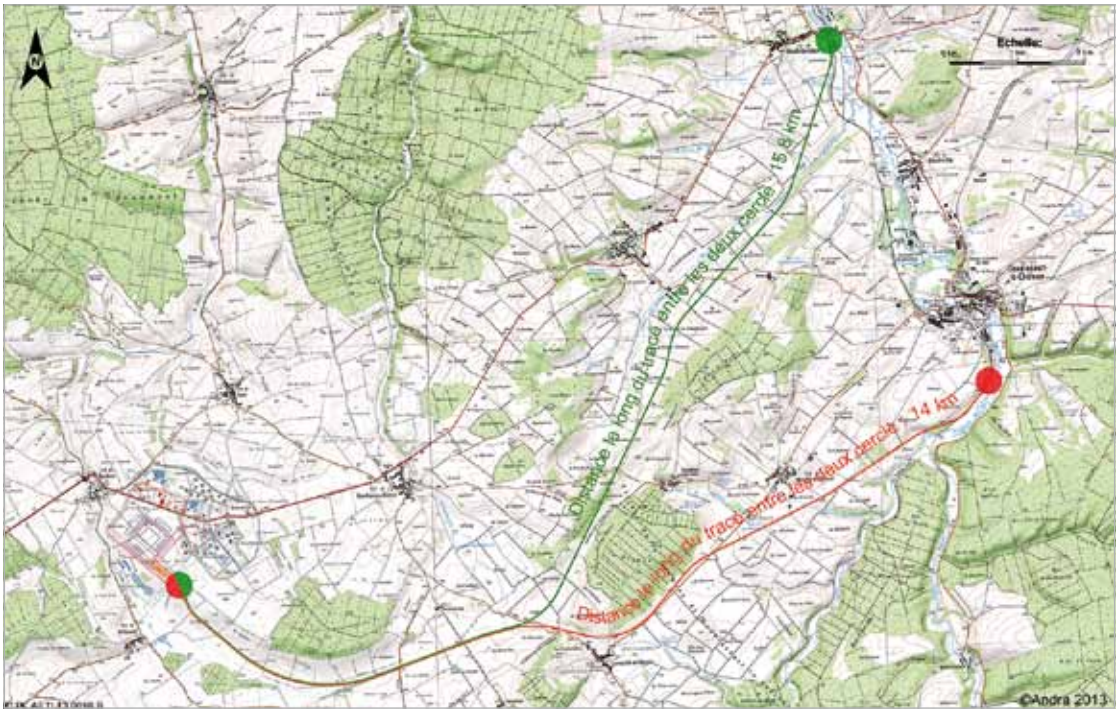
Plusieurs scénarios ont été étudiés et ont fait l'objet d'échanges dans le cadre de l'élaboration du schéma interdépartemental de développement du territoire. Lors du dernier Comité de Haut Niveau, il a été décidé d'approfondir trois scénarios. Le premier scénario consiste à réaliser une desserte ferroviaire directe de Cigéo depuis le réseau ferré existant dans la vallée de l'Ornain, ce qui évite une rupture de charge. Les aménagements sur le réseau existant (renforcement de la voie existante…) relèvent de la maîtrise d'ouvrage de Réseau Ferré de France (RFF) qui gère ces infrastructures. Le tronçon de raccordement à créer jusqu'à Cigéo (d'environ 15 kilomètres) serait réalisé sous la maîtrise d'ouvrage de l'Andra. Le deuxième scénario consiste à implanter le terminal ferroviaire sur le réseau ferré existant dans la vallée de l'Ornain. Le troisième scénario consiste à implanter le terminal ferroviaire sur le réseau existant dans la vallée de la Marne. Dans ces deux derniers scénarios, les colis sont transportés par la route depuis le terminal ferroviaire jusqu'à Cigéo.



Scénarios schématisés de desserte ferroviaire locale.

L'option d'une desserte ferroviaire directe de Cigéo

Sur le plan technique, le raccordement depuis le réseau ferroviaire existant dans la vallée de l'Ornain est plus favorable qu'une desserte ferroviaire depuis la vallée de la Marne. Différentes options de raccordement à la voie ferrée existante ont été examinées entre Gondrecourt-le-Château et Houdelaincourt. Le raccordement depuis Gondrecourt-le-Château pourrait permettre de réutiliser une partie des emprises de l'ancienne voie ferrée.



Schémas de raccordement ferroviaire entre le réseau existant et Cigéo.

Emballage de transport dans lequel seront placés les colis de déchets HA. Ces emballages seront contrôlés avant d'être expédiés.

4.4.
L'exploitation de Cigéo

PRODUCTION DES COLIS DE DÉCHETS SUR LES SITES DES PRODUCTEURS

Les **déchets sont conditionnés et les colis sont produits sous la responsabilité des producteurs.** La qualité des colis est vérifiée par les producteurs lors du conditionnement, ainsi qu'avant leur expédition vers Cigéo. Les installations des producteurs sont soumises au **contrôle des autorités de sûreté compétentes** (Autorité de sûreté nucléaire ou Autorité de sûreté nucléaire défense). L'Andra mène également des missions de surveillance pour **vérifier la maîtrise de la qualité des colis** par les producteurs.

Cigéo sera exploité pendant
plus de 100 ans.

L'ACCEPTATION DES COLIS DE DÉCHETS DANS CIGÉO

Un colis ne pourra être accepté qu'après un processus permettant de s'assurer du respect des critères techniques définis par l'Andra pour la sûreté du stockage et approuvés par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN). Les producteurs devront ainsi soumettre à l'Andra une **demande d'acceptation** dans laquelle ils apporteront la démonstration que **les colis de déchets respectent ces critères techniques.** Après accord de l'Andra, les colis pourront ensuite être expédiés vers Cigéo.

LE STOCKAGE DES COLIS DE DÉCHETS

À leur réception sur le site, les colis seront accueillis dans des bâtiments où ils seront **retirés des emballages de transport et contrôlés** (non-contamination, débit de dose…). Ces bâtiments serviront également à gérer les flux de colis avant leur transfert dans l'installation souterraine. **Ces installations ne sont pas prévues pour se substituer aux entrepôts des producteurs,** notamment pour assurer la décroissance thermique des déchets avant leur mise en stockage. Les colis de déchets seront placés dans des **conteneurs de stockage.** Certains colis de déchets livrés par les producteurs pourraient être directement prêts pour le stockage. Les colis de stockage seront placés dans une **hotte** qui assurera une protection contre les rayonnements. La hotte sera chargée sur un funiculaire qui descendra les colis de stockage jusqu'aux alvéoles, à la vitesse d'un homme à pied. La mise en place des colis de stockage dans les alvéoles pourra être commandée à distance. La hotte de transfert commencera par s'appareiller à la porte de l'alvéole de manière à assurer une étanchéité lors de son ouverture. Celle-ci ne pourra être ouverte qu'une fois cette opération effectuée. Dès lors, le dispositif de manutention prendra en charge le colis pour le placer dans l'alvéole. Après mise en place du colis, la porte de l'alvéole sera refermée. **La radioprotection sera assurée pendant toutes ces opérations.**

UNE ZONE PILOTE POUR LES DÉCHETS HA

Les déchets HA se caractérisent par leur concentration de la radioactivité, qui leur confère un caractère fortement irradiant et qui entraîne un dégagement de chaleur important en comparaison des déchets MA-VL.

Les conditions de leur stockage sont testées au Laboratoire souterrain grâce à des expériences à l'échelle 1 : creusement d'alvéoles, chargement thermique… Leur manutention a été étudiée jusqu'à réaliser des prototypes, également à échelle 1, avec des colis factices mais incluant les protections vis-à-vis du rayonnement. Ces prototypes sont d'ores et déjà présentés au public à l'Espace technologique de Saudron. Ces résultats alimenteront la démonstration de sûreté qui sera présentée dans le cadre de la demande d'autorisation de création de Cigéo en 2015.

Le stockage de premiers colis de déchets HA sera réalisé à partir de 2025 dans une zone pilote. Le volume des déchets qui y seront stockés représentera 5 % du total des déchets HA. Cette zone pilote sera observée pendant une cinquantaine d'années avant de commencer à stocker les 95 % restants.

4.5.
La fermeture de Cigéo

Pour garantir le confinement des déchets sur de très longues périodes de temps sans nécessiter d'actions humaines, **les ouvrages souterrains de Cigéo devront être refermés.**

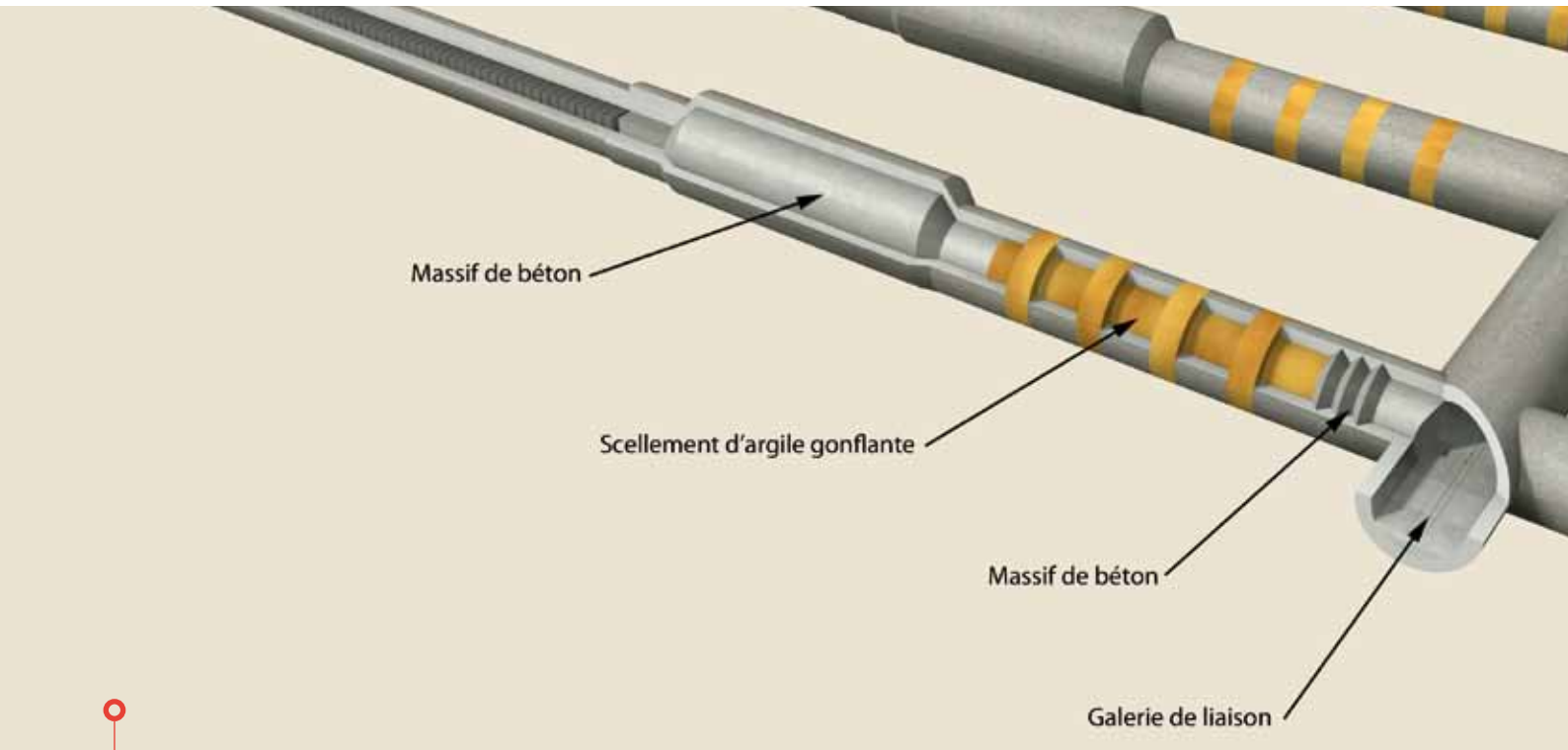
La fermeture du stockage se fera de manière **progressive,** selon un processus décisionnel qui devrait être défini dans la future loi fixant les conditions de réversibilité du stockage.

L'installation souterraine sera refermée zone par zone :

- obturation des alvéoles de stockage ;
- construction de scellements (ouvrage en argile gonflante destiné à donner une bonne imperméabilité aux galeries remblayées) et remblaiement des galeries d'accès aux alvéoles puis des galeries principales ;
- remblaiement et scellement des puits et des descenderies.

Le remblaiement des ouvrages se fera grâce aux déblais argileux excavés au moment du creusement du stockage et conservés en surface. Les scellements seront constitués d'argile gonflante et de béton afin de limiter les circulations d'eau à long terme dans les galeries et les liaisons surface-fond.

En parallèle de la fermeture de l'installation souterraine, les installations de surface seront démantelées.



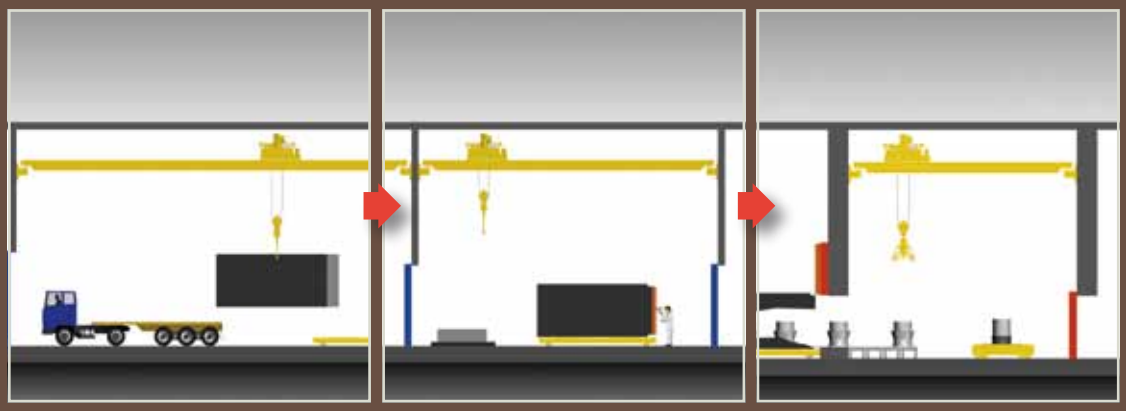
Principe de fermeture d'une alvéole de stockage MA-VL.

ITINÉRAIRE DES DÉCHETS HA ET MA-VL, DE LEUR ARRIVÉE JUSQU'À LEUR STOCKAGE

1

RÉCEPTION DES COLIS

À leur réception, les colis de déchets seront accueillis dans des bâtiments où ils seront contrôlés une première fois et déchargés des emballages dans lesquels ils auront été transportés.



2

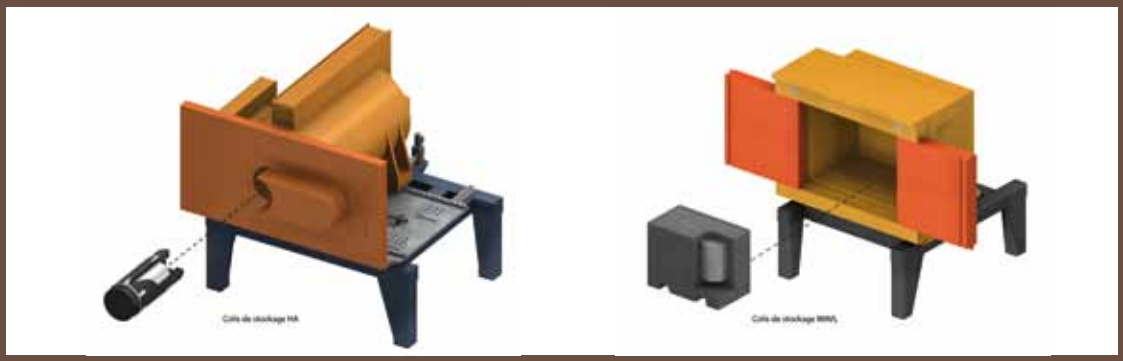
CONTRÔLE ET PRÉPARATION DES COLIS

Ils feront l'objet d'un second contrôle avant d'être placés, si besoin, dans des conteneurs de stockage.

3

MISE EN PLACE DANS DES HOTTES DE TRANSFERT

Pour permettre leur transfert au fond, les colis de stockage seront placés dans une hotte qui assurera une protection contre les rayonnements.



4

TRANSFERT DES COLIS VERS L'INSTALLATION SOUTERRAINE

La hotte sera placée sur un funiculaire qui acheminera les colis de stockage jusqu'à l'installation souterraine par une rampe d'accès (descenderie).

5

STOCKAGE DES COLIS DE DÉCHETS

Les déchets seront stockés dans les alvéoles de stockage au moyen de dispositifs robotisés.