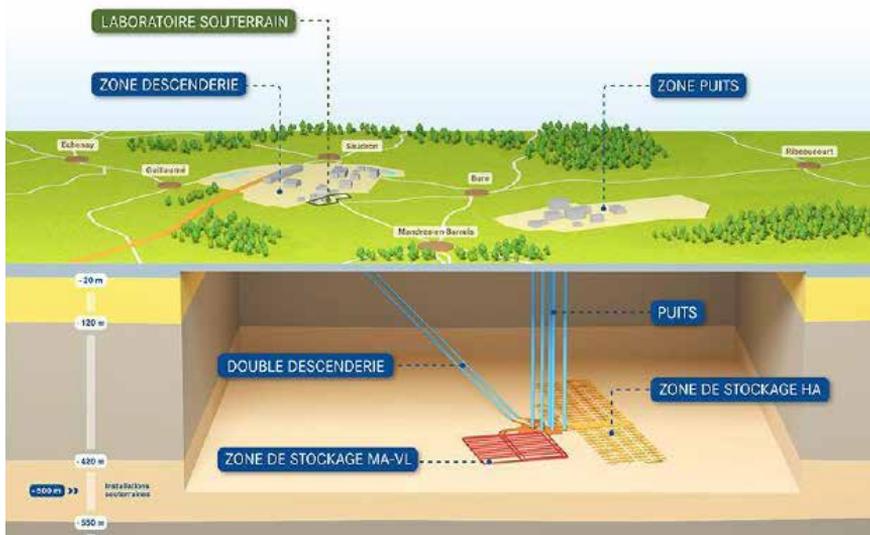


## Présentation des grandes lignes d'un projet pharaonique

**CIGÉO est un projet sans précédent dont on peine à se représenter le gigantisme et la complexité à la lumière des schémas simplificateurs, et parfois mal proportionnés, qui illustrent les dossiers.**

**L'ANDRA évalue les besoins en matériaux à 6 millions de m<sup>3</sup> de béton, 4,4 millions de tonnes de gravier, 3,4 millions de tonnes de sable, 2,25 millions de tonnes de ciment et plus de 200 000 tonnes d'acier. Les installations souterraines s'étendraient sur 15 km<sup>2</sup> (l'équivalent de quelques 2 100 terrains de foot) et nécessiteraient l'excavation de quelques 10 millions de m<sup>3</sup> de roche. Ouvrages de liaison, galeries et « alvéoles » de stockage représenteraient au total 265 km de structures bétonnées et/ou en acier, soit approximativement la distance de Paris à Bruxelles.**

### ANDRA : schéma de principe du projet de stockage Cigéo



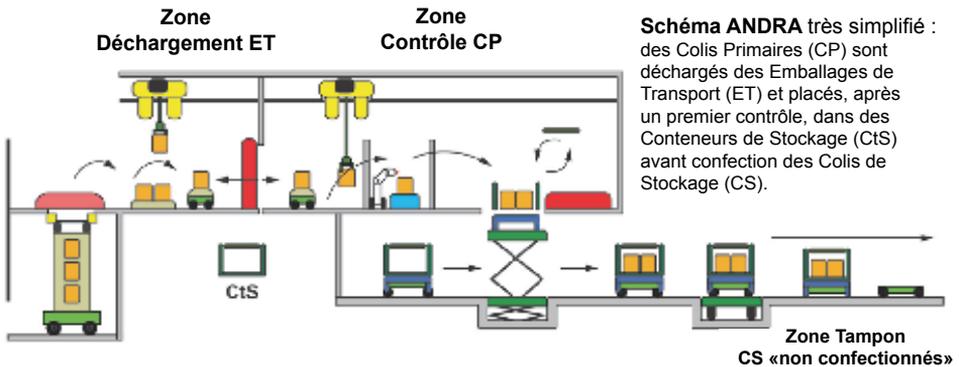
*NB : le texte qui suit est basé sur les informations publiées à ce jour par l'ANDRA, souvent accompagnées de la mention « à ce stade ». Des évolutions sont attendues dans le dossier de demande d'autorisation de création.*

### En surface : la zone « descendierie »

Cette zone devrait s'étendre sur 200 hectares. Elle comporte un terminal ferroviaire, qui devrait recevoir l'essentiel des déchets radioactifs, mais une gare routière est également prévue (notamment pour les déchets du centre CEA de Valduc).

Après la phase de démarrage, l'ANDRA annonce 5 convois ferroviaires par mois en moyenne pendant plus de 100 ans.

L'élément clef est une installation nucléaire, dénommée EP1. Elle regroupe des bâtiments semi-enterrés dédiés à la réception, au contrôle et au conditionnement des colis de déchets de Haute Activité (HA) et de Moyenne Activité à Vie



Longue (MA-VL). Des dispositifs automatisés doivent assurer les opérations de déchargement, de levage et de transfert. Dans les cellules chaudes, toute intervention humaine directe est interdite compte tenu des niveaux d'irradiation. Pour s'adapter à la variation des flux des déchets, les cadences pourraient être portées jusqu'à 24h/24, 7j/7.

Après déchargement et contrôle, les colis dits « primaires » (c'est-à-dire tels que préparés par les producteurs) sont retirés de leurs emballages de transport. Ils sont alors soumis à un certain nombre de contrôles basiques : vérification du numéro d'identification, mesures, pesée pour vérification du taux de vide, recherche visuelle de défauts type fissurations, impacts ou corrosion... Les contrôles radiologiques systématiques sont limités à la mesure des débits de dose et au contrôle de la contamination surfacique labile (transférable à l'atmosphère, aux personnes...). Pour celle-ci, l'ANDRA accepte jusqu'à 0,4 Bq/cm<sup>2</sup> pour les radionucléides émetteurs de rayonnements  $\alpha$  et 4 Bq/cm<sup>2</sup> pour les émetteurs  $\beta$ . Rapportés à 1 m<sup>2</sup>, les chiffres passent déjà à 4 000 Bq/m<sup>2</sup> pour les  $\alpha$  (plutonium 239 par ex) et 40 000 Bq/m<sup>2</sup> pour les  $\beta$  (iode 129 par ex.). Si l'on considère les surfaces cumulées (colis primaires, emballages de transport, ...), les activités totales n'ont rien de négligeable. Ajoutons qu'une

contamination « fixée » ne l'est jamais définitivement.

Les colis qui dépassent ces limites ne seraient pas renvoyés mais traités sur place. Des installations sont dédiées aux opérations de décontamination, incluant les traitements à base d'eau à haute pression (génératrices d'effluents radioactifs et par fixation (auquel cas, le terme « décontamination » est abusif, les particules radioactives n'étant plus labiles, mais toujours présentes).

L'Andra fait allusion à des contrôles aléatoires plus approfondis, avec prélèvement, mais ne précise ni le pourcentage de conteneurs concernés, ni la nature des analyses complémentaires : il faut attendre les suites de « la réflexion en cours avec les producteurs de déchets ». Dans tous les cas, la détermination de la composition chimique et radiologique des déchets, information déterminante pour la sûreté du stockage, s'effectuera pour l'essentiel en amont, chez les producteurs avec toutes les questions associées sur la fiabilité des résultats et des contrôles.

Après contrôle, les colis seraient placés dans un conteneur de stockage adapté : des cylindres en acier bas carbone pour les colis HA ; des parallélépipèdes en béton armé pour les colis MA-VL (ou en acier pour les colis CS 6 et CS7). Dans la terminologie officielle, ils ne sont plus alors

des « colis primaires » mais des « colis de stockage ». Pour les colis MA-VL, la procédure prévoit le serrage mécanique du couvercle (le cas échéant l'injection d'un liant de clavage entre le conteneur et le couvercle). Les cylindres HA doivent passer par le poste de soudure pour fixation du couvercle sur le corps du conteneur. Si le projet se fait, il faudra espérer que les défauts soient moins nombreux, et les contrôles par ultrasons plus efficaces, que sur l'EPR de Flamanville <sup>1</sup>.

Les conteneurs HA accueilleraient 1 à 2 colis primaires pour une masse maximale de 3,2 t ; les conteneurs MA-VL 1 à 4 colis primaires pour un maximum de 17 t. In fine, les colis de stockage seraient installés dans la **hotte de transfert** qui doit les acheminer jusqu'à l'entrée de l'alvéole de stockage.

## La double descenderie

À l'intérieur d'EP1, une zone dite « tête de descenderie » assurerait la liaison avec le stockage souterrain. La descenderie est composée de deux tunnels parallèles, espacés d'environ 50 mètres : l'un est destiné à l'acheminement des déchets radioactifs ; le second aux opérations de service (notamment à l'acheminement des matériaux et équipements destinés aux

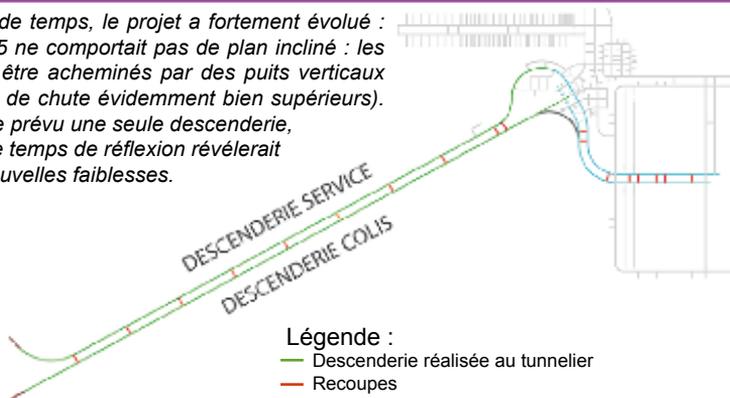
opérations de maintenance et de secours). L'ANDRA retient, à ce stade, une longueur totale de 4,2 km avec une pente de 12% (± 1%) permettant de descendre, selon un axe rectiligne, jusqu'à une profondeur d'environ 500 mètres. Les ouvrages seraient creusés au moyen de 2 tunneliers permettant d'excaver un diamètre d'une dizaine de mètres, pour un diamètre utile de 8,4 m ; des recoupes installées tous les 400 mètres permettraient le passage d'un tunnel à l'autre. Le revêtement serait constitué de voussoirs en béton <sup>2</sup>.

La descente des hottes pleines, puis la remontée des hottes vides pour réutilisation après contrôle (et le cas échéant la remontée des hottes pleines en cas de reprise de colis) sont assurées par un « funiculaire ». Un câble alimenté par deux poulies motrices assure son déplacement sur rails. Les équipements électriques et les systèmes de freinage seraient alimentés par un ensemble de batteries embarquées associées à des coffrets électriques (constituant tout autant de sources d'hydrogène et d'étincelles).

1 - Cf. article TU 80.

2 - Dans la couche d'argilite, ils seraient complétés, à l'extrados, par une couche de matériau compressible encore indéterminée.

*NB : en très peu de temps, le projet a fortement évolué : la version de 2005 ne comportait pas de plan incliné : les déchets devaient être acheminés par des puits verticaux (avec des risques de chute évidemment bien supérieurs). Le projet a ensuite prévu une seule descenderie, puis deux. Plus de temps de réflexion révélerait assurément de nouvelles faiblesses.*

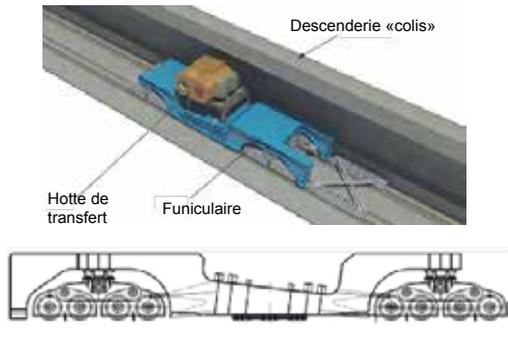


Légende :  
 — Descendrie réalisée au tunnelier  
 — Recoupes

### Schéma du «funiculaire»

(véhicule de transport des hottes de transfert des colis de stockage)

Il mesurerait près de 23 m de long sur 4,5 m de large et 2,5 m de haut (hors charge). D'un poids à vide de 80 tonnes, il pourrait transporter jusqu'à 130 t. Il est équipé de 18 roues de près de 90 cm de diamètre (dont 8 roues de guidage sont implantées sur le premier rail).

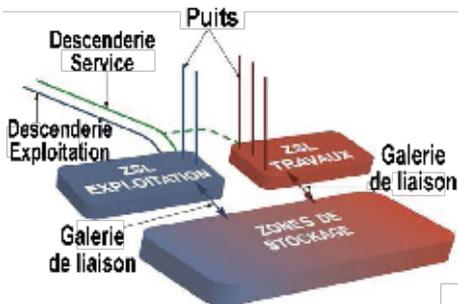


D'après l'ANDRA, leur autonomie serait de 12h et elles seraient rechargées quasi en continu : via les rails (lors du stationnement en gare ou en zone de maintenance) et grâce à 4 alternateurs placés sur 4 roues différentes (lors des transferts).

La vitesse de transfert est de 2,55 m/s, soit 9,18 km/h, soit un minimum théorique de 28 mn, et 1h pour un cycle aller-retour, hors démarrage et décélération, et sans compter les temps de chargement ou déchargement des hottes. Il n'y a qu'un seul funiculaire. Cela donne le rythme d'une opération d'urgence.

## Les installations souterraines

Creusées dans la partie médiane de la formation d'argile, elles comporteraient deux **zones de soutien logistique** (l'une pour les secteurs en exploitation, l'autre pour les secteurs en travaux), assurant



la communication entre les ouvrages surface-fond et les lieux de stockage. C'est là que seraient entreposés les matériaux et les équipements et que s'organiseraient les zones-vie.

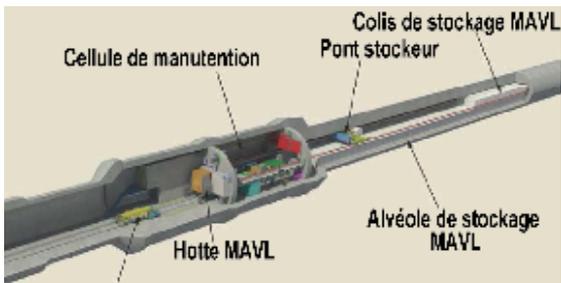
Les structures de stockage sont organisées en quartiers qui abritent les **alvéoles**. Bien qu'employé au masculin, le terme est trompeur : il évoque une construction plutôt trapue, les alvéoles d'une ruche ou d'un poumon, alors que les *alvéoles* de CIGÉO sont des structures très longues et étroites. Le terme est donc noté en italique. La longueur cumulée des *alvéoles* avoisinerait 177 km (25,2 km pour les déchets MA-VL, 6 km pour les HA0 et 145,2 km pour les HA1+2).

### Les tunnels MA-VL

Le quartier dédié aux déchets de **MA-VL** comporterait **50 alvéoles** : des tunnels horizontaux de plus de 500 m qui se composent de 3 parties : à l'entrée, la cellule de manutention, la partie utile, dédiée au stockage, et pour finir, à l'extrémité, une partie plus étroite qui permet l'évacuation de l'air.

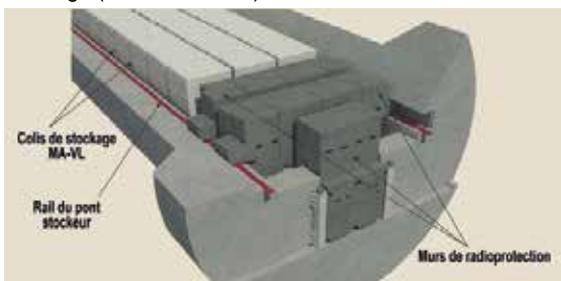
La zone de stockage a une longueur d'environ 500 m sur un diamètre utile de plusieurs mètres (de 3,16 m à 7,25 m selon les catégories de déchets). Pour visualiser les proportions, on peut imaginer une longueur d'1 mètre sur 1 cm de diamètre (0,6 à 1,4 cm).

## Coupe d'une alvéole MA-VL



### Alvéole MA-VL pleine

Un mur de béton serait construit à l'entrée de la zone de stockage (schémas Andra)



À l'intérieur de ce tunnel en béton, l'accumulation des conteneurs serait très compacte. Dans la plupart des *alvéoles*, les empilements s'organiseraient en 2 colonnes sur 3 niveaux ou en 3 colonnes sur 2 niveaux<sup>3</sup>. L'espacement entre colis serait strictement limité aux exigences de la manutention : 13 cm seulement entre les colis et les parois ; 23 cm entre les colis et le toit de l'*alvéole*. Compte tenu de la longueur des tunnels et des dimensions des colis, une seule *alvéole* pourrait contenir plus de 1 000 conteneurs.

Aucun couloir de circulation n'est prévu et les difficultés d'accès augmenteraient avec le taux de remplissage. In fine, si l'on constate une montée en température, un départ de feu, l'incident aura largement le temps de dégénérer. Pour toute opération

3 - Les colis les plus massifs, CS6 et CS7 seraient stockés les uns à la suite des autres dans les *alvéoles* les plus étroites.

de retrait, il faudra commencer par évacuer un à un tous les colis interposés. Vu les délais de manutention, les vitesses de déplacement et les distances à parcourir, évacuer un conteneur défectueux mais en bon état pourrait nécessiter des semaines, voire plus ; si le conteneur est endommagé ou contaminé, l'intervention serait encore plus délicate. Encore faut-il que tous les équipements fonctionnent, et en premier lieu le pont-stockeur. Si l'incident est plus sérieux, au-delà des délais qui peuvent alors se compter en années ou en décennies, c'est la faisabilité même de l'intervention qui est en cause.

## Les micro-tunnels HA

Les déchets de Haute Activité moyennement exothermiques (HA0) seraient réunis dans un seul quartier composé de **75 alvéoles** ; les déchets HA fortement exothermiques (HA1 et HA2) seraient répartis en 6 quartiers comportant au total **1 425 alvéoles**.

Les structures de stockage des déchets HA sont conçues comme des tunnels borgnes (pas d'ouverture à leur extrémité) et en très légère pente (1 à 2%) afin de permettre l'écoulement des effluents vers la galerie d'accès. Leurs dimensions sont nettement inférieures à celles des MA-VL : un diamètre utile d'environ 70 cm pour une longueur de **80 m** pour les déchets HA1 et HA2 et de **100 m** pour les déchets HA0 (7 à 9 mm de diamètre sur 1 m de longueur). Afin de tenir compte des contraintes thermiques, l'espacement minimum entre *alvéoles* serait de 30 m et des intercalaires sont prévus entre les colis de stockage HA1+2 afin de limiter leur impact sur la roche et le béton.

## Le circuit des déchets

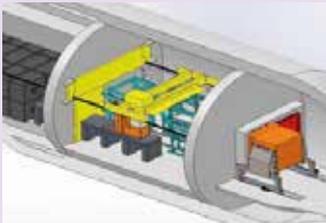
Dans les scénarios de l'ANDRA, la hotte chargée du colis de stockage, arrive en pied de descenderie où elle est transférée du « funiculaire » à un « **chariot de fond** » équipé d'un système de levage. Ce chariot circule dans les « **galeries de liaison** » où il est guidé et alimenté par des rails électriques enchâssés dans le radier. Cinq tables tournantes évitent les croisements de rails et permettent de faire pivoter les chariots sur des axes de  $\pm 90^\circ$ . Le chariot achemine la hotte jusqu'à l'entrée d'une « **galerie d'accès** » aux alvéoles de stockage ; à l'entrée, une « **navette** » récupère la hotte et l'achemine jusqu'à l'alvéole destinataire. La prise en charge dépend ensuite du quartier concerné.

Dans le quartier MA-VL, la hotte est déposée sur une « **table d'accostage** » qui la positionne précisément sur la « **façade d'accostage** » où s'effectue le transfert vers la « **cellule de maintenance** ». Des dispositifs automatisés déchargent le contenu, déplacent et positionnent les colis de stockage avant leur prise en charge par un « **pont stockeur** ». Un écran de protection atténue le flux de rayonnement en provenance du stockage à  $25 \mu\text{Sv/h}$  (de l'ordre de 250 fois le niveau naturel). Après ouverture de la « porte blindée », le pont stockeur assure le déplacement du

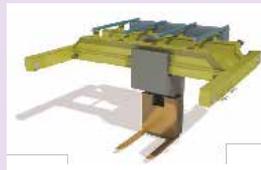
conteneur à l'intérieur du tunnel et son positionnement à la distance requise, dans la rangée, la colonne et le niveau appropriés. Le remplissage s'effectue du fond de l'alvéole vers l'entrée en commençant par le 1er niveau ; quand il est plein, c'est au tour du 2<sup>ème</sup> niveau puis, le cas échéant, du 3<sup>ème</sup> niveau).

Dans le quartier des déchets HA, les alvéoles dédiées aux déchets **HA** ne comportent pas de cellule de maintenance. La hotte de transfert reste dans la galerie d'accès. Après retrait du bouchon de protection radiologique placé à l'entrée de l'alvéole pour atténuer le flux de rayonnement, le colis de stockage est introduit par un système de poussée installé sur la hotte de transfert. Le bouchon est ensuite remis en place. Un « robot pousseur » intervient dans un second temps pour faire avancer le conteneur de déchets jusqu'à l'emplacement disponible (il doit lui-aussi retirer, puis repositionner, le bouchon de radioprotection).

Après déchargement de son contenu, la hotte vide est reprise par la navette, puis le chariot de fond et acheminée en pied de descenderie pour retour en surface, contrôle, décontamination éventuelle, puis réutilisation.



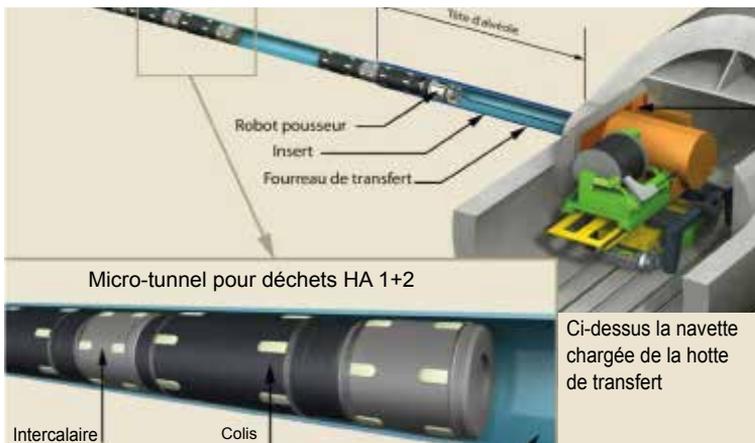
Entrée d'une alvéole MA-VL, au centre la cellule de maintenance, à l'arrière-plan, la zone de stockage



Pont stockeur : la fourche permet la préhension par le dessous des conteneurs MA-VL.



Placement d'un colis de stockage par le pont stockeur sur le niveau 2



Ci-contre, la galerie d'accès aux alvéoles HA. La navette a positionné la hotte de transfert (en orange) sur la façade d'accostage pour insertion du colis de stockage.

Ci-dessus la navette chargée de la hotte de transfert

Le chemisage de ces micro-tunnels devrait être en acier à basse teneur en carbone, censé résister pendant au moins 500 ans aux différentes contraintes (pression, température, corrosion...). Il est strictement ajusté aux dimensions des conteneurs : l'ANDRA évoque un « fourreau métallique circulaire ». Les alvéoles HA0 contiendraient 64 ou 45 conteneurs ; les alvéoles HA1 et HA2, de l'ordre de 30 à 50. Dès que le remplissage commence, toute opération de retrait imposera de retirer tous les conteneurs interposés.

*NB : comme si les configurations actuelles n'étaient pas assez préoccupantes, l'ANDRA envisage en outre de diminuer le nombre d'alvéoles en augmentant leur volume : augmentation des sections des tunnels MA-VL de 65-70 m<sup>2</sup> à 110 m<sup>2</sup> (pour un plus grand nombre de colonnes et de niveaux dans les empilements) ; allongement de 100 m à 150 m des alvéoles de stockage des déchets HA1+2.*

## Les puits et la seconde zone de surface

Au stade actuel, le projet prévoit le creusement à l'explosif de **5 puits** de 510 m à 550 m de profondeur, leur diamètre utile variant de 6 à 8 m (3 puits

supplémentaires sont en option). Deux puits seraient dédiés aux secteurs en exploitation : l'un pour l'approvisionnement en air frais qui permettrait également le transfert du personnel (cabine de 20 personnes et cage de secours de 8) ; le second assurerait l'extraction de l'air vicié. Les trois autres puits desserviraient les secteurs en travaux avec deux puits aux fonctions similaires à ceux de la zone en exploitation (mais avec une cabine de 50 personnes) et un troisième puits réservé à l'acheminement des équipements et matériaux et à la remontée des déblais (capacité de 2 850 m<sup>3</sup> par jour).

Ces puits relierait le stockage à une seconde zone de surface, dénommée « zone puits », qui s'étendrait sur **250 hectares**. Elle comprend tous les bâtiments et équipements destinés aux travaux de creusement ainsi que l'usine de ventilation et les locaux techniques associés au fonctionnement des puits (machinerie de levage et autres). Ce secteur intègre également une surface de 180 ha où les millions de tonnes de roches excavées formeraient progressivement d'immenses verses, dans l'attente de leur réutilisation pour les travaux de remblayage.

## Ventilation et filtration de l'air souterrain

**Étant donné les risques d'explosion liés à l'accumulation de l'hydrogène<sup>4</sup>, les puits et les équipements de ventilation participent d'une fonction de sûreté essentielle.**

L'air frais arrive dans les zones de soutien logistique, circule dans les galeries de liaison, puis dans les galeries d'accès. Dans les quartiers MA-VL, il pénètre dans les alvéoles avant d'être filtré et évacué à leur extrémité, par une gaine dédiée raccordée au puits de retour d'air. Dans les quartiers HA, les alvéoles n'ayant pas de débouché, l'air vicié est évacué par des trappes situées à l'extrémité des galeries d'accès. Il circule ensuite dans la partie supérieure des galeries (isolée par une dalle en béton) avant rejet à l'extérieur via le puits de retour d'air. En cas de contamination, les polluants radioactifs sont rejetés directement à l'atmosphère car l'air qui circule dans les galeries et les descenderies n'est pas filtré avant rejet.

### Filtration avant rejet ?

L'ANDRA assure que, dans les alvéoles MA-VL, « des filtres de très haute efficacité [THE] garantissent que, même en cas d'accident, les particules radioactives ne se dispersent pas dans l'environnement. ». Précisons tout d'abord que la contamination concerne le fonctionnement normal et pas seulement les accidents : les conteneurs MA-VL ne sont pas étanches au gaz et laisseront donc échapper, outre des éléments comme l'hydrogène et le méthane, des gaz radioactifs comme le tritium, le carbone 14 ou le krypton 85. Les dispositifs de filtration THE de Cigéo sont les mêmes que ceux qui équipent les centrales nucléaires et autres usines

de retraitement : ils n'empêchent pas des rejets considérables de tritium, de carbone 14 et de gaz rares. En cas d'incendie, la situation empirerait avec le colmatage plus ou moins rapide des filtres. L'IRSN a montré qu'il serait très rapide en cas d'incendie impliquant des colis de déchets radioactifs enrobés dans du bitume.

### Contrôle avant rejet ?

Contrôler la contamination des alvéoles MA-VL est un point clef de la sûreté et nous nous attendions à des contrôles au plus près des conteneurs, répartis tout au long des 500 m de longueur du stockage afin d'identifier, le plus précocement et le plus précisément possible, l'origine de la contamination. Ce n'est pas ce qu'a prévu l'ANDRA : la surveillance se fera à l'extrémité des 500 mètres de tunnel et – peut-on le croire ? – le dispositif de mesure sera placé en aval des dispositifs de filtration, c'est-à-dire APRÈS que l'air contaminé aura été filtré par le système THE (et éventuellement par la filtration Haute Efficacité que l'ANDRA envisage de positionner en complément) : autant dire que l'ANDRA organise sa surveillance pour voir le minimum de contamination et le plus tard possible. Ajoutons que cette précision majeure n'est pas apportée dans le Dossier d'Orientation de Sûreté, qui reste très évasif sur nombre de points dérangement, mais dans un rapport de l'IRSN qui indique que l'ANDRA a précisé ce point « au cours de l'instruction ». Qu'il est long le chemin vers la transparence !

<sup>4</sup> - Les risques induits par l'exploitation de Cigéo seront analysés dans un article distinct.