



Projet Cigéo

Les mardis de l'AFTES



Alain Harman

Paris, le 16 juin 2015



Image d'ambiance en zone puits : composer avec le terrain naturel, proposer un parti architectural industriel





A noter

Les concepts, les données quantitatives et les illustrations (plans, photos, etc...) donnés ci-après sont représentatifs du projet à fin mai 2015.

La fin de l'Avant Projet Sommaire puis l'Avant Projet Définitif à fin 2017, pourront amener des évolutions.



Sommaire

1. L'Andra et les déchets radioactifs
2. La gestion des déchets radioactifs
3. Les objectifs du projet Cigéo
4. Cigéo : un projet unique
5. Les Colis
6. Conception de Cigéo à mai 2015 et ses enjeux techniques
7. Le déploiement
8. La construction (soumis à l'obtention du DAC)

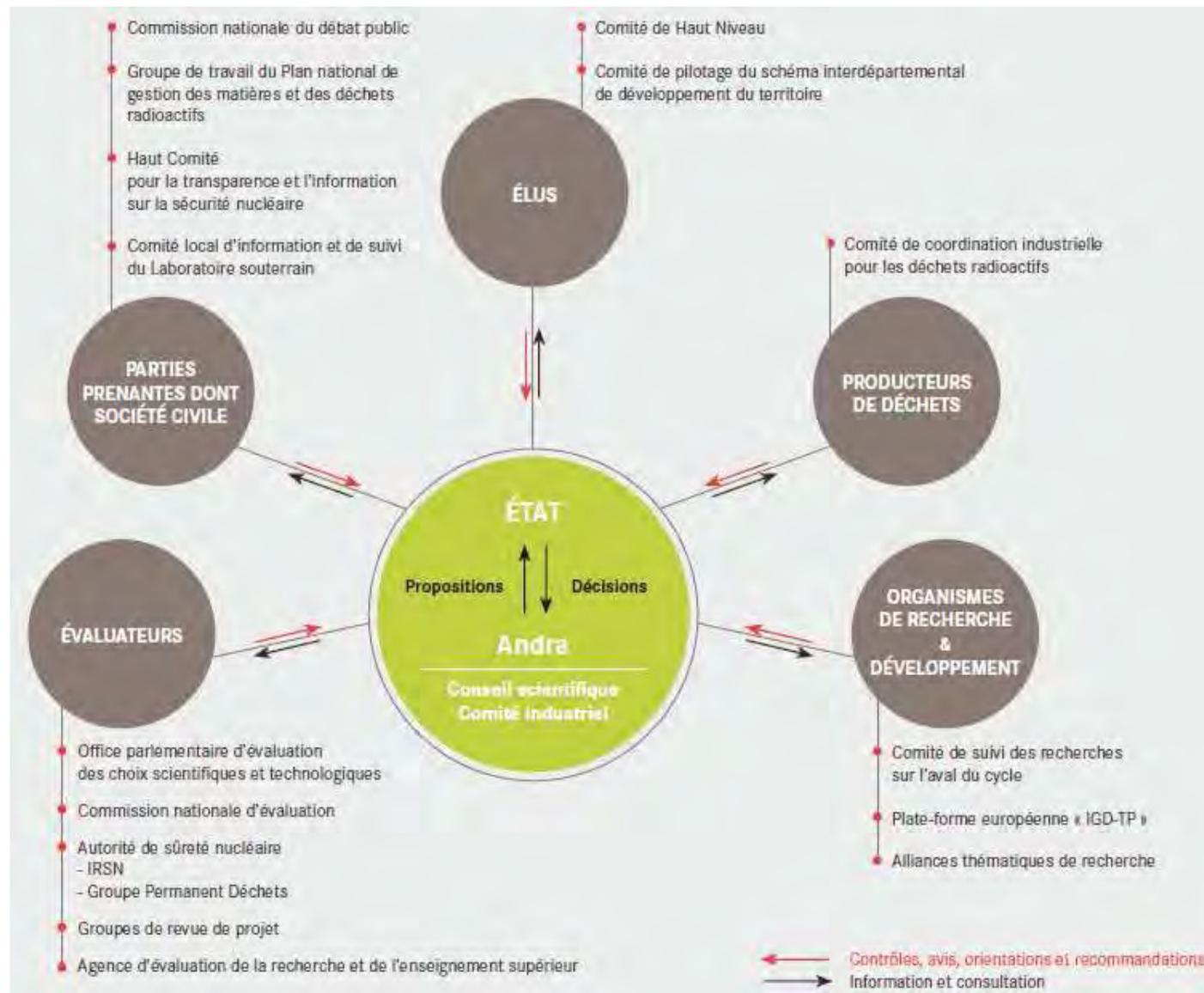


1. L'Andra et les déchets radioactifs

- Établissement public créé par la loi du 30 décembre 1991
- Sous tutelle des ministères en charge de l'énergie, de la recherche et de l'environnement
- Indépendante des producteurs de déchets radioactifs



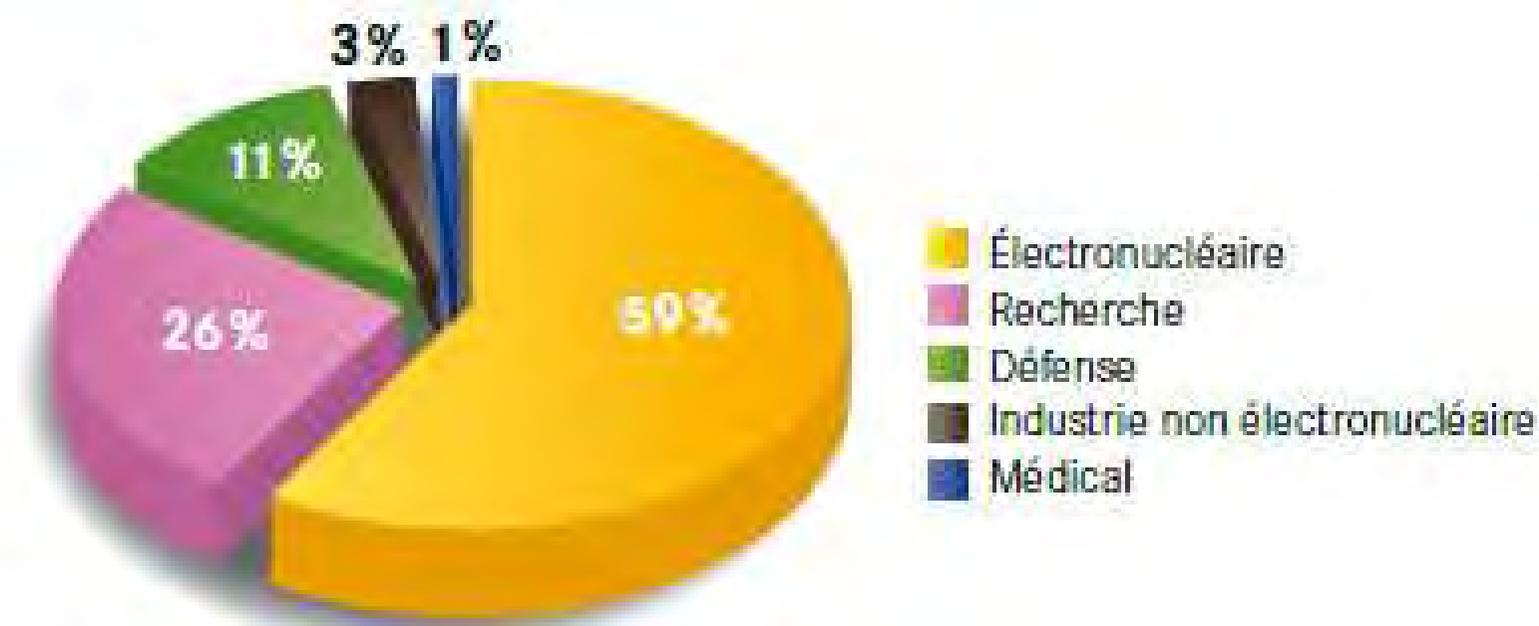
Sa mission : Trouver et mettre en œuvre des solutions de gestion sûres et définitives pour l'ensemble des déchets radioactifs français



Fin 2010, il y avait **1 320 000 m³** de déchets radioactifs en France

Estimation de la répartition des déchets radioactifs existant fin 2010 par secteur économique en France, en volume

(source : *Inventaire national édition 2012*)



➤ Plus de 1 000 producteurs

La classification des déchets radioactifs

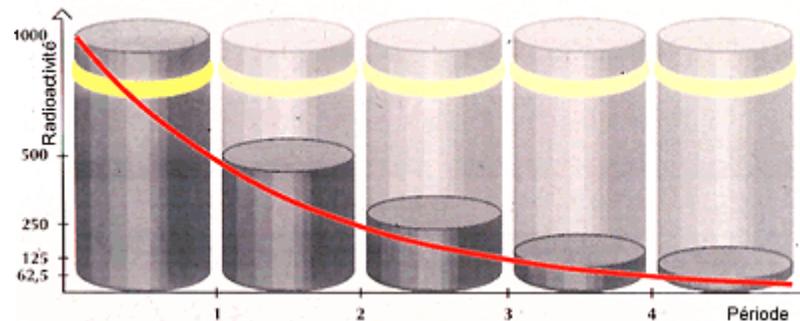
Activité	Demi-vie		
	Vie très courte (VL) < 100 jours	Vie courte (VC) < 31 ans	Vie longue > 31 ans
Très faible activité (TFA)	Gestion par décroissance radioactive sur place	Stockage en surface au CSTFA (Aube) Filières de recyclage	
Faible activité (FA)		Stockage en surface au CSFMA (Aube) sauf pour certains déchets tritiés et certaines sources scellées	A l'étude dans le cadre de l'article 4 de la loi du 28 juin 2006. Projet de stockage en faible profondeur
Moyenne activité (MA)			A l'étude dans le cadre de l'article 3 de la loi du 28 juin 2006. Projet de stockage réversible en profondeur
Haute activité (HA)			A l'étude dans le cadre de l'article 3 de la loi du 28 juin 2006. Projet de stockage réversible en profondeur





2. La gestion des déchets radioactifs

➤ En raison de la décroissance naturelle de la radioactivité, les déchets radioactifs ont la particularité de voir leur **dangerosité diminuer progressivement dans le temps**. En fonction des déchets, cette décroissance peut prendre de quelques jours à plusieurs centaines de milliers d'années.



➤ La solution pour protéger l'homme et l'environnement du danger que les déchets représentent est de les **isoler le temps nécessaire à cette décroissance radioactive**.

➤ C'est pourquoi en complément de l'entreposage, solution provisoire, la France, comme de nombreux autres pays, a fait le choix du **stockage** comme solution de gestion à long terme.

Le principe du stockage : une combinaison de trois éléments, adaptée selon le type de déchet

Le stockage permet d'isoler, durablement, les déchets de l'environnement et de l'homme, en retardant la migration des substances radioactives qu'ils contiennent.

1^{ère} barrière : le colis

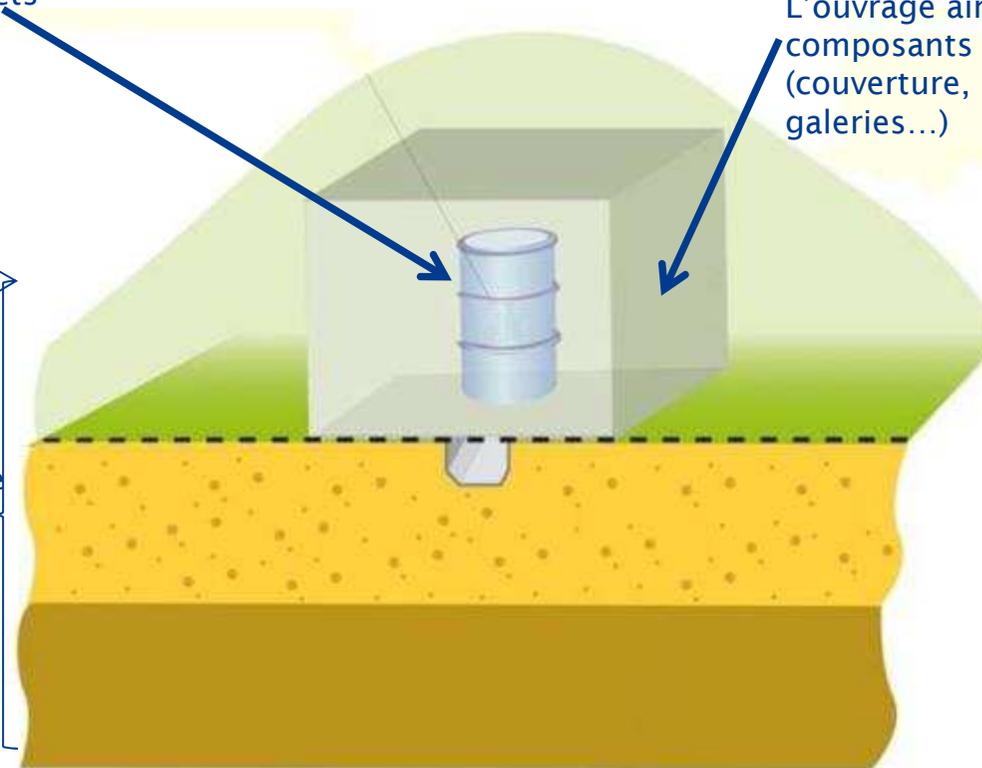
A l'intérieur duquel un matériau de confinement enrobe les déchets

2^e barrière : l'ouvrage de stockage

L'ouvrage ainsi que les composants annexes ouvrages (couverture, scellement de galeries...)

3^e barrière : l'environnement géologique

Une couche d'argile imperméable est une barrière naturelle. Selon les besoins, elle est combinée à un système de drainage ou non. Pour les stockages souterrains, elle entoure complètement les ouvrages





3. Les objectifs du projet Cigéo

90 % du volume produit chaque année bénéficie déjà d'une solution de stockage définitif

Déchets de haute activité (HA) et de moyenne activité à vie longue (MA-VL) :

- 3 % du volume
- 99 % de la radioactivité
- Durée de vie > 100 000 ans
- Origine : industrie nucléaire, recherche, défense nationale



Exemple de colis béton de déchets MA-VL



Exemple de colis de déchets HA vitrifiés

L'inventaire retenu pour la conception du projet Cigéo prend en compte les installations nucléaires passées et actuelles

Cigéo est conçu pour être flexible afin de pouvoir s'adapter à d'éventuels changements de la politique énergétique

60 % des déchets MAVL et 30 % des déchets HA destinés à Cigéo sont déjà produits et entreposés provisoirement





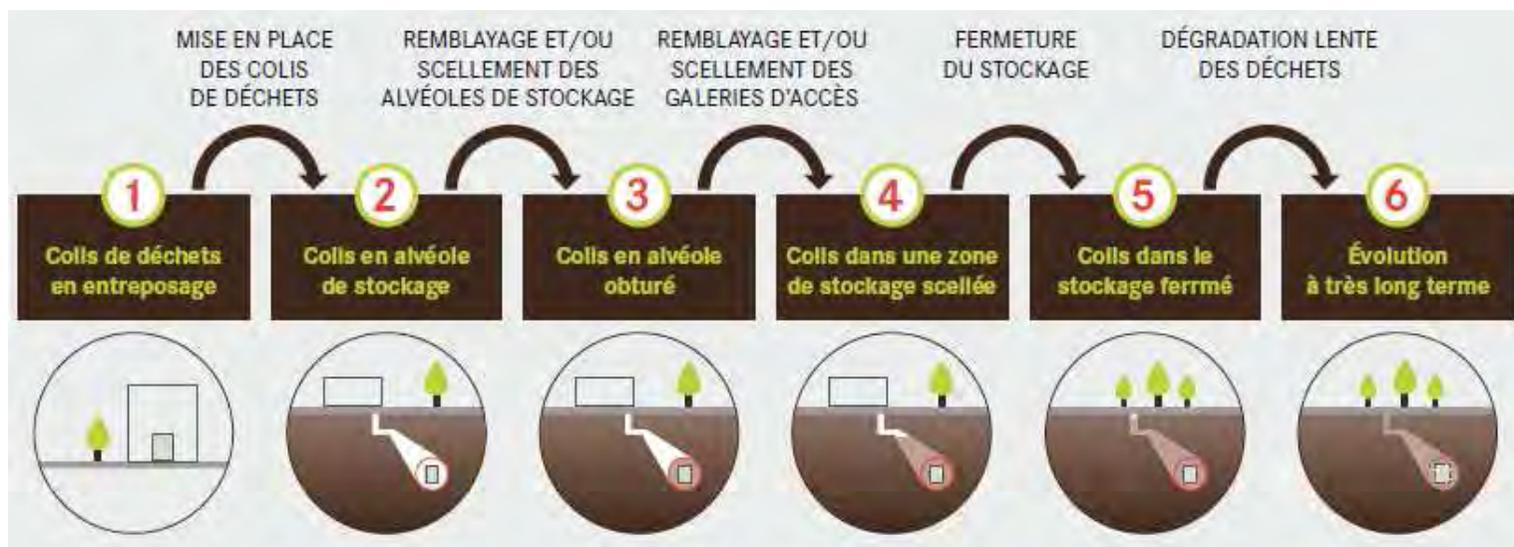
4. Cigéo : un projet unique

- ◆ Une installation nucléaire en surface et en profondeur : **les métiers du nucléaire et des travaux souterrains doivent cohabiter**
- ◆ Une exploitation qui va s'étendre sur **plus d'un siècle** pendant laquelle il faut limiter les risques :
 - Identifier les risques (incendie, manutention...),
 - Prévoir les dispositions pour supprimer les risques ou réduire leur probabilité,
 - Détecter tout dysfonctionnement,
 - Envisager que des accidents puissent tout de même se produire
- ◆ Sur le plus long terme, il faut prendre en compte les aléas humains et climatiques et **apporter la démonstration de la sûreté du stockage sur une période d'un million d'années**

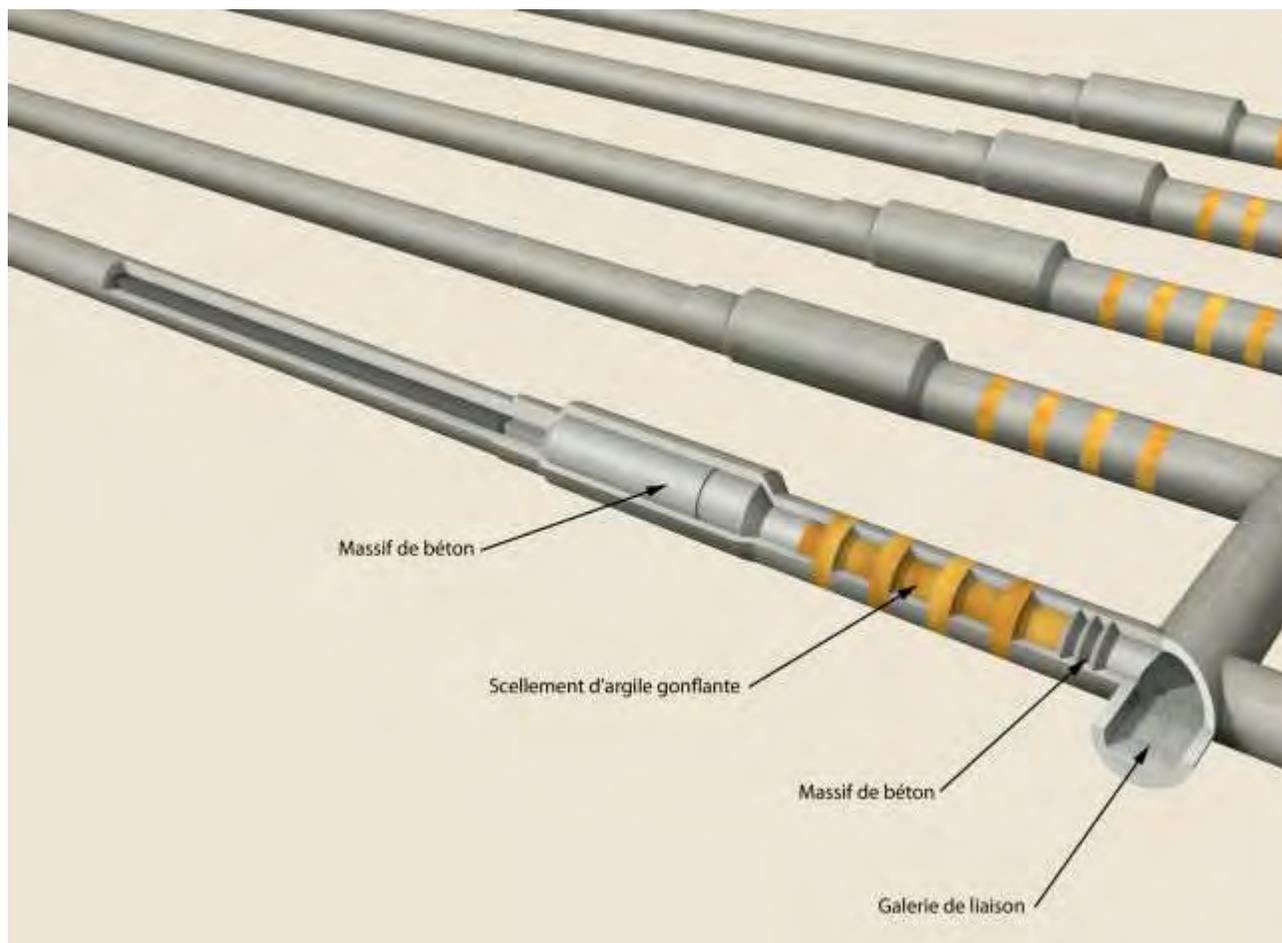
- ◆ Pouvoir récupérer les colis de déchets
- ◆ Pouvoir revenir sur les décisions prises aujourd'hui

Propositions de l'Andra

- ◆ Engins, colis, alvéoles conçus pour permettre le retrait des colis
- ◆ Planning de fermeture progressif et modifiable pour laisser le choix aux générations suivantes
- ◆ Rendez-vous tous les 10 ans avec la société civile pour préparer les décisions



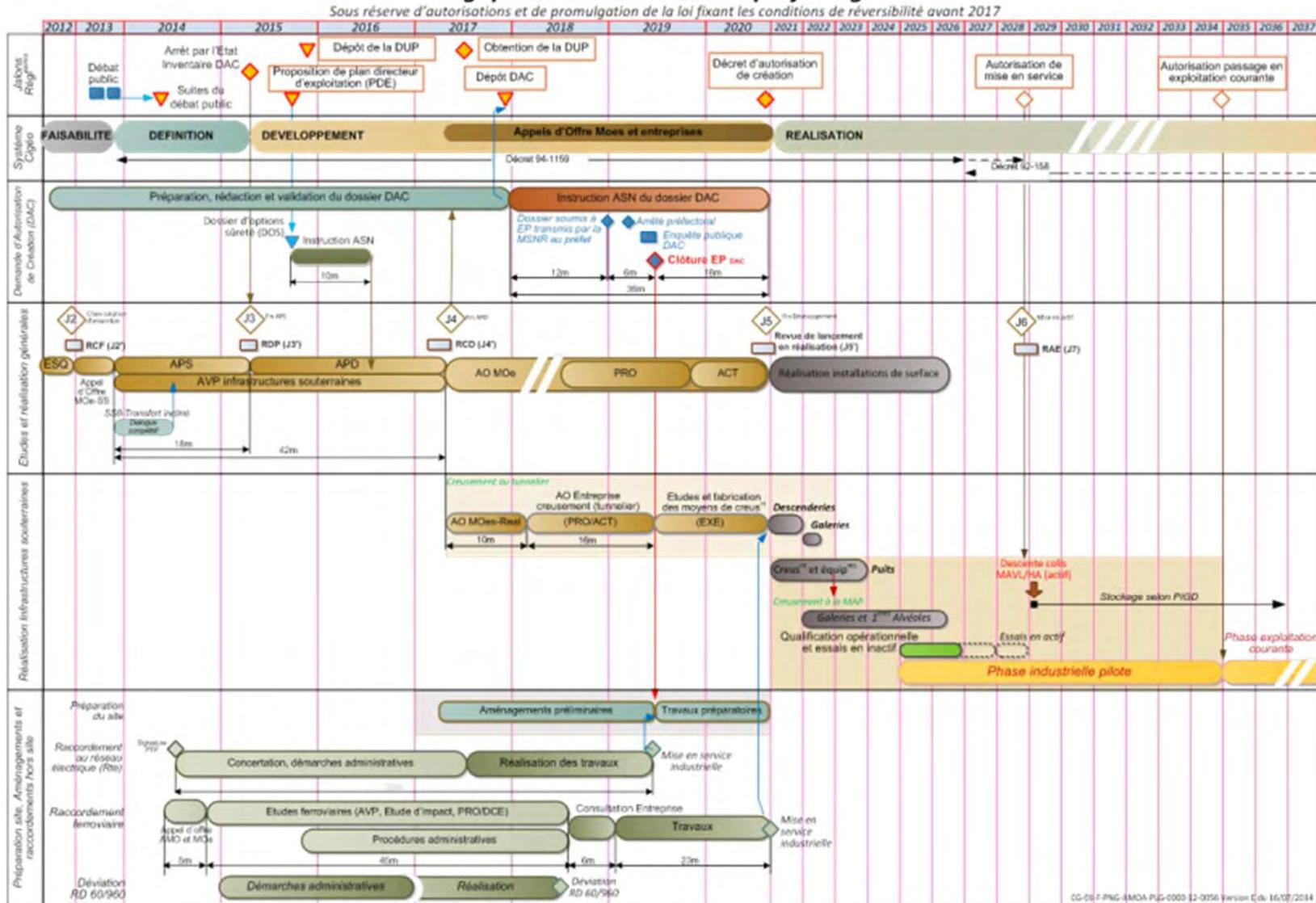
Cigéo est conçu pour être fermé de manière progressive



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

Un calendrier fixé par la loi

Logique de déroulement du projet Cigéo



Un enjeu fort est celui de l'insertion du projet industriel dans son territoire d'accueil, qui implique deux départements : Meuse/Haute-Marne et deux régions : Lorraine/Champagne-Ardennes

- ◆ Depuis 2010, l'accompagnement économique se traduit sur le territoire par :
 - Fonds d'accompagnement, gérés par deux Groupements d'intérêt public (GIP)
 - Implantation d'activités par les producteurs de déchets (EDF, CEA et AREVA)
 - Activités de recherche de l'Andra sur le Centre de Meuse/Haute-Marne
- ◆ En 2013, l'Etat a renforcé cette démarche en définissant un **Schéma Interdépartemental de Développement du Territoire (SIDT)** versé au Débat public pour présenter un des objectifs attendus du projet Cigéo : réussir l'insertion du projet et apporter du développement pour les territoires d'accueil
- ◆ En 2014, l'Etat engage une nouvelle phase par l'élaboration d'un **Contrat de Développement du Territoire (CDT)** visant à organiser d'ici 2017 la configuration opérationnelle de préparation du territoire à l'arrivée de Cigéo



5. Les Colis

- ◆ L'inventaire national répertorie l'ensemble des déchets radioactifs et matières nucléaires français existants et prévus
- ◆ Le PNGMDR définit la gestion envisagée de ces déchets radioactifs et matières nucléaires
- ◆ Le PIGD (document commun Andra, Producteurs mis à jour en début de chaque phase projet) définit les déchets MAVL & HA pris en compte pour le dimensionnement de CIGEO
- ◆ Marge : Prise en compte des incertitudes sur le nombre de colis primaires, cela impacte principalement les colis primaires non encore réalisés



Colis HA



PIGD version D	Inventaire margé	
	Catégorie de déchets	Nombre de colis primaires
HA	56 033	10 072
MAVL	175 981	73 609



Colis MAVL



Concepts conteneurs de stockage MA-VL en cours d'étude

<p>CS 1</p>  <p>1 000 L (1000 L) 1 000 kg (1000 kg)</p> <p>CEA-070 500 L (1000 L) CEA-100 800 L (1000 L) CEA-1010 EP CEA-1000 EP CEA-1101 EP</p> <p>CEA-140 500 L (1000 L) CEA-330 BP CEA-1140 EP</p>	<p>CS 2.1</p>  <p>1 000 L (1000 L) 1 000 kg (1000 kg)</p> <p>COG-030 CBF-C2 COG-050 CAC COG-100 CBF-C2</p> <p>COG-010 CBF-C2 COG-020 CBF-C2 COG-480 CBF-C2</p>	<p>CS 3</p>  <p>1 000 L (1000 L) 1 000 kg (1000 kg)</p> <p>COG-040 P0 acm 1150 L COG-040 P0 acm 1150 L</p>
<p>CS 5.1</p>  <p>1 000 L (1000 L) 1 000 kg (1000 kg)</p> <p>CEA-080 870 L 313 CEA-080 870 L 313 FI CEA-090 870 L 313 FI AND-005 STD L V00 CEA-370 870 L 313 FI CEA-330 870 L 313 FI CEA-1812 870 L 313 FI CEA-1100 870 L 313 FI</p>	<p>CS 2.2</p>  <p>1 000 L (1000 L) 1 000 kg (1000 kg)</p> <p>COG-100 CSD-C COG-110 CSD-C COG-430 CSD-C COG-440 CSD-C COG-450 CSD-C COG-460 CSD-C COG-470 CSD-C COG-480 CSD-C COG-490 CSD-C</p>	<p>CS 4</p>  <p>1 000 L (1000 L) 1 000 kg (1000 kg)</p> <p>CEA-320 P0 acm 1000 L 200 L CEA-330 P0 acm 1000 L 200 L CEA-200 200 L COG-020 P0 acm 218 L + 1000 L 2 190 kg COG-020 P0 acm 218 L + 1000 L 2 190 kg COG-430 P0 acm 218 L + 1000 L 2 190 kg CEA-1000 Sur-00 EP CEA-1010 Sur-00 EP CEA-1020 Sur-00 EP CEA-1021 Sur-00 EP</p>
<p>CS 5.2</p>  <p>1 000 L (1000 L) 1 000 kg (1000 kg)</p> <p>CEA-100 870 L PAFI CEA-100 700 L CEA-110 1000 L</p>	<p>CS 2.3</p>  <p>1 000 L (1000 L) 1 000 kg (1000 kg)</p> <p>CEA-060 3000 L 400 L 1000 L MI + CEA-060 3000 L 370 L 1000 L MI + CEA-110 1000 L 370 L 1000 L MI + CEA-140 500 L 1000 L MI + CEA-100 3000 L 370 L 1000 L MI + CEA-100 1000 L</p>	<p>CS 8</p>  <p>1 000 L (1000 L) 1 000 kg (1000 kg)</p> <p>CEA-200 3495 L CEA-200 1930 L CEA-300 1930 L CEA-400 1930 L CEA-400 2070 L</p>
<p>CS 5.3</p>  <p>1 000 L (1000 L) 1 000 kg (1000 kg)</p> <p>EPF-010 C19G EPF-020 C19G</p>	<p>CS 2.4</p>  <p>1 000 L (1000 L) 1 000 kg (1000 kg)</p> <p>CEA-1110 100 L + 1000 L + 1000 L + 1000 L + CEA-1120 100 L + 1000 L + 1000 L + 1000 L +</p>	<p>CS 7</p>  <p>1 000 L (1000 L) 1 000 kg (1000 kg)</p> <p>CEA-230 8000 L</p>

<p>CS R7/T7 Chaud CS 14</p> <p>Longueur : 1200 mm Diamètre : 500 mm Épaisseur paroi : 10 mm</p> <p>1 100 kg (vide)¹ 1 170 kg (en charge)¹</p>  <p>COG-140 COG-V</p> <p>COG-180 COG-U</p> <p>COG-200 COG-V</p> <p>COG-300 COG-V</p> <p>COG-410 COG-V</p> <p>COG-420 COG-V</p> <p>COG-430 COG-V</p> <p>COG-600 COG-V</p> <p>COG-650 COG-V</p> <p>COG-700 COG-V</p> <p>COG-850 Déchet technologique</p> <p>COG-860 Déchet basse activité ZELAN 1B</p> <p>COG-870 Capsule de 20 litres</p>	<p>CS AVM CS 11</p> <p>Longueur : 1200 mm Diamètre : 500 mm Épaisseur paroi : 10 mm</p> <p>1 411 kg (vide)¹ 1 472 kg (en charge)¹</p>  <p>CEA-350 Déchet vitrifié A/V</p> <p>CEA-1070 Déchet vitrifié A/V</p> <p>CEA-1080 Déchet vitrifié A/V</p> <p>CEA-1050 Déchet technologique A/V</p> <p style="text-align: right;">T1</p> <p>CS R7/T7 Froid CS 13</p> <p>Longueur : 1200 mm Diamètre : 500 mm Épaisseur paroi : 10 mm</p> <p>1 100 kg (vide)¹ 1 170 kg (en charge)¹</p>  <p>COG-180 COG-U</p>	<p>CS Piver type I CS 10-1</p> <p>Longueur : 1200 mm Diamètre : 500 mm Épaisseur paroi : 10 mm</p> <p>1 100 kg (vide)¹ 1 170 kg (en charge)¹</p>  <p>CEA-1180 Piver Type I</p> <p>CEA-030 Piver Type I</p> <p>CS Piver type II CS 10-2</p> <p>Longueur : 1200 mm Diamètre : 500 mm Épaisseur paroi : 10 mm</p> <p>1 100 kg (vide)¹ 1 170 kg (en charge)¹</p>  <p>CEA-090 Piver Type II</p> <p>CS Piver type IV CS 10-4</p> <p>Longueur : 1200 mm Diamètre : 500 mm Épaisseur paroi : 10 mm</p> <p>1 100 kg (vide)¹ 1 470 kg (en charge)¹</p>  <p>CEA-050 Piver Type IV</p>
--	---	--

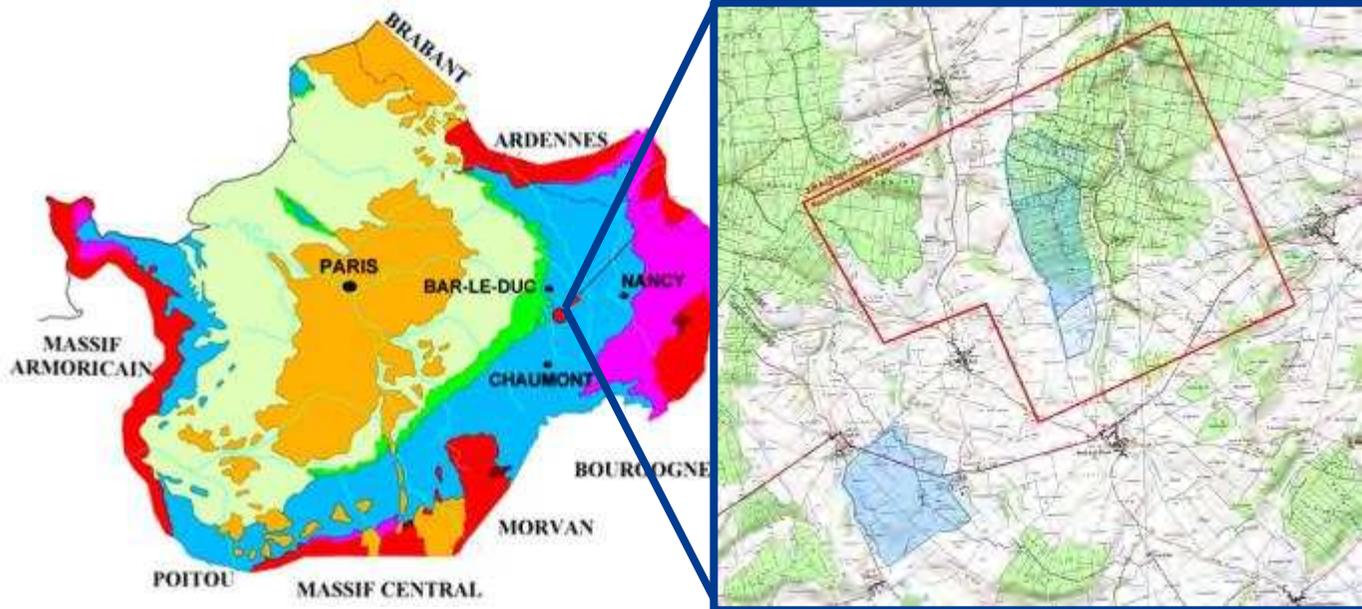
¹ Spécifique de limite inférieure d'industrialisation : 60,44 t/m³. Les masses indiquées en fonction des volumes nominaux sont des masses théoriques et doivent être corrigées de 10,5 t/m³.

© 2017 ANDRA CIGÉO



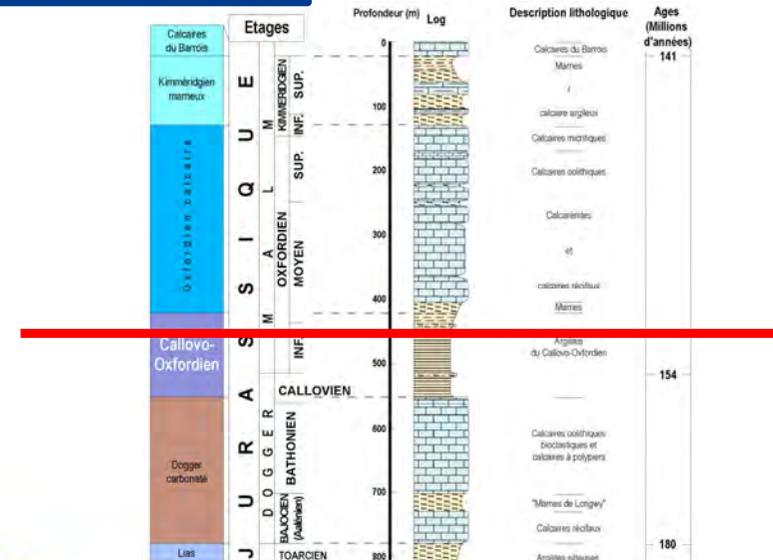
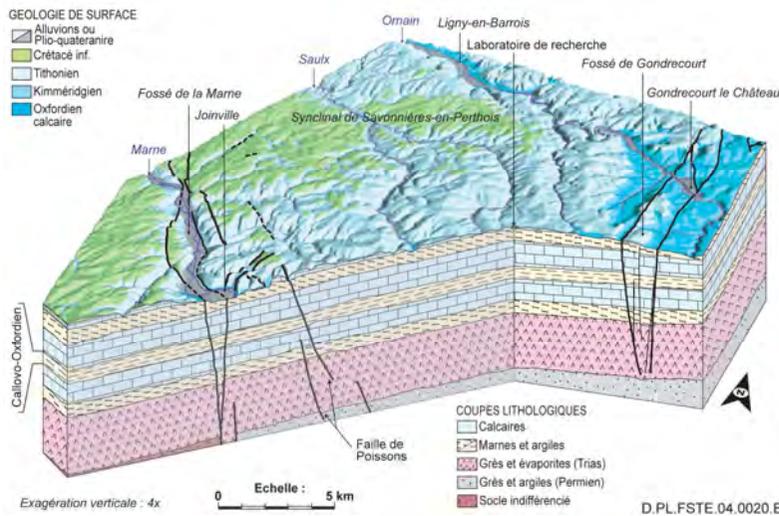
6. Conception de Cigéo à mai 2015 et ses enjeux techniques

Configuration de fin d'Avant-Projet Sommaire



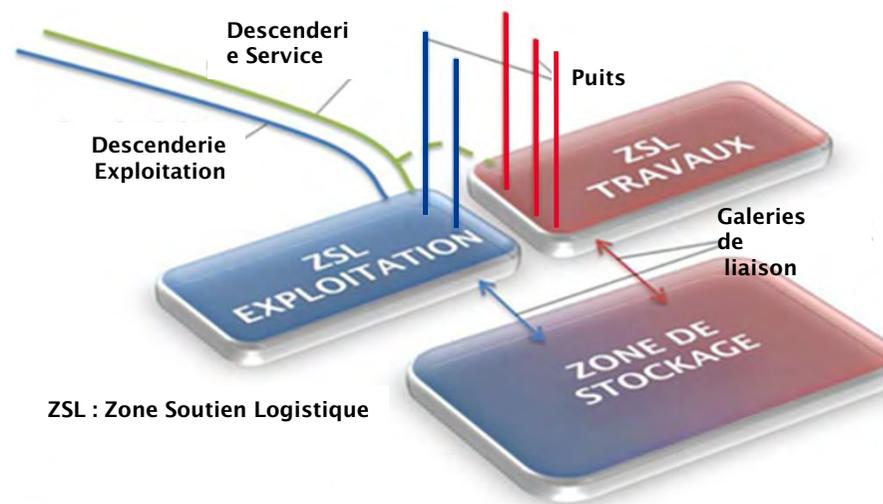
Les argilites du Callovo-Oxfordien (COX) :

- ◆ réputées fortement compactées
- ◆ à très faible perméabilité



Les principes de conception, de sûreté et de sécurité de l'Esquisse ont été repris :

- ◆ Principe d'une séparation physique retenu entre les zones d'exploitation nucléaire et les zones conventionnelles et de travaux
- ◆ Permet de réduire les risques liés à la coactivité (séparation des flux de personnels, des utilités, des fonctions supports, etc.)

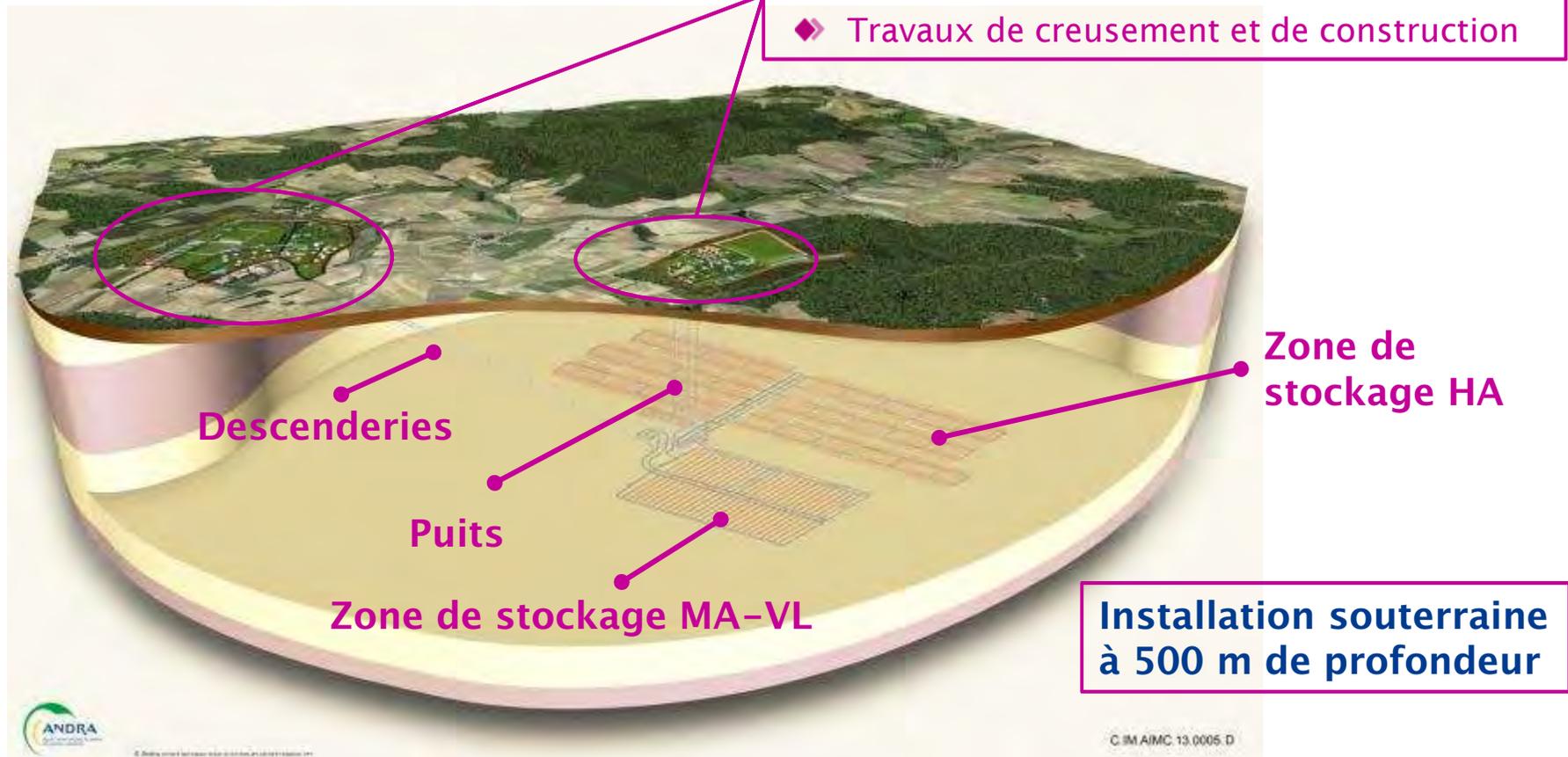


Les Installations de Cigéo

S'il est autorisé, Cigéo sera implanté à la limite des départements de la Meuse et de la Haute-Marne, où l'Andra mène des études depuis près de vingt ans. Avec une demande forte des acteurs locaux pour une implantation en surface partagée.

2 installations de surface :

- ◆ Réception, contrôle et préparation des colis
- ◆ Travaux de creusement et de construction



Superficie : 275 ha

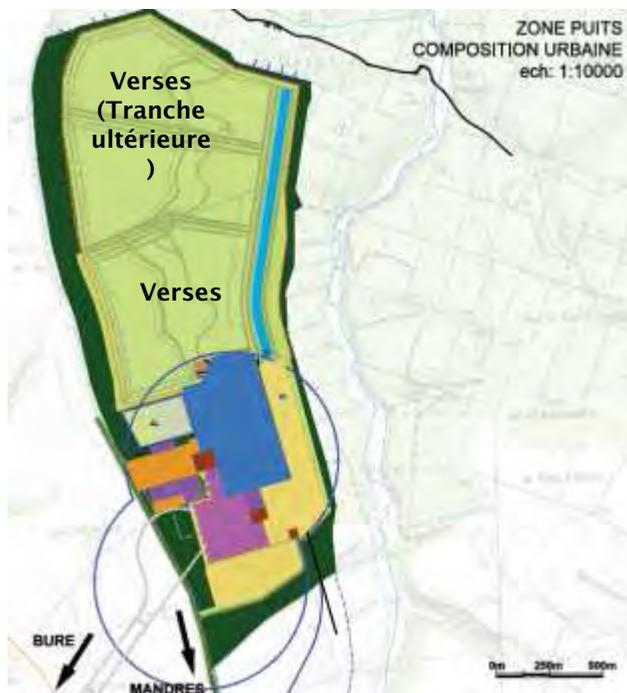


-  Secteur Utilités (U)
-  Secteur Nucléaire (N)
-  Secteur Exploitation (E)
-  Secteur Travaux Souterrains (T)



Superficie : 170 ha

◆ Dont 70 ha de verses



- Secteur Utilités (U)
- Secteur Nucléaire (N)
- Secteur Exploitation (E)
- Secteur Travaux Souterrains (T)

Puits exploitation

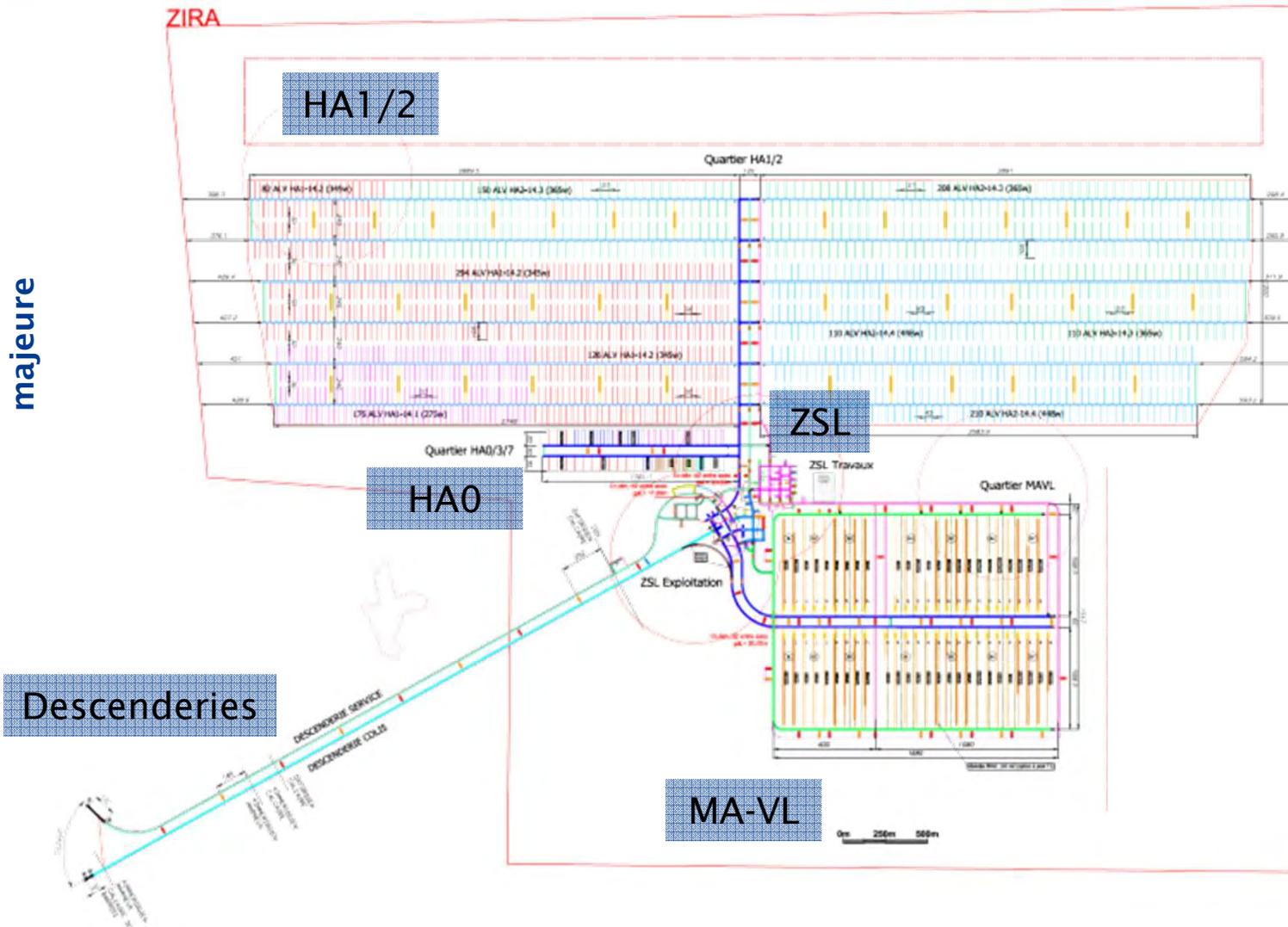
1 Personnel
2 Ventilation

Puits travaux

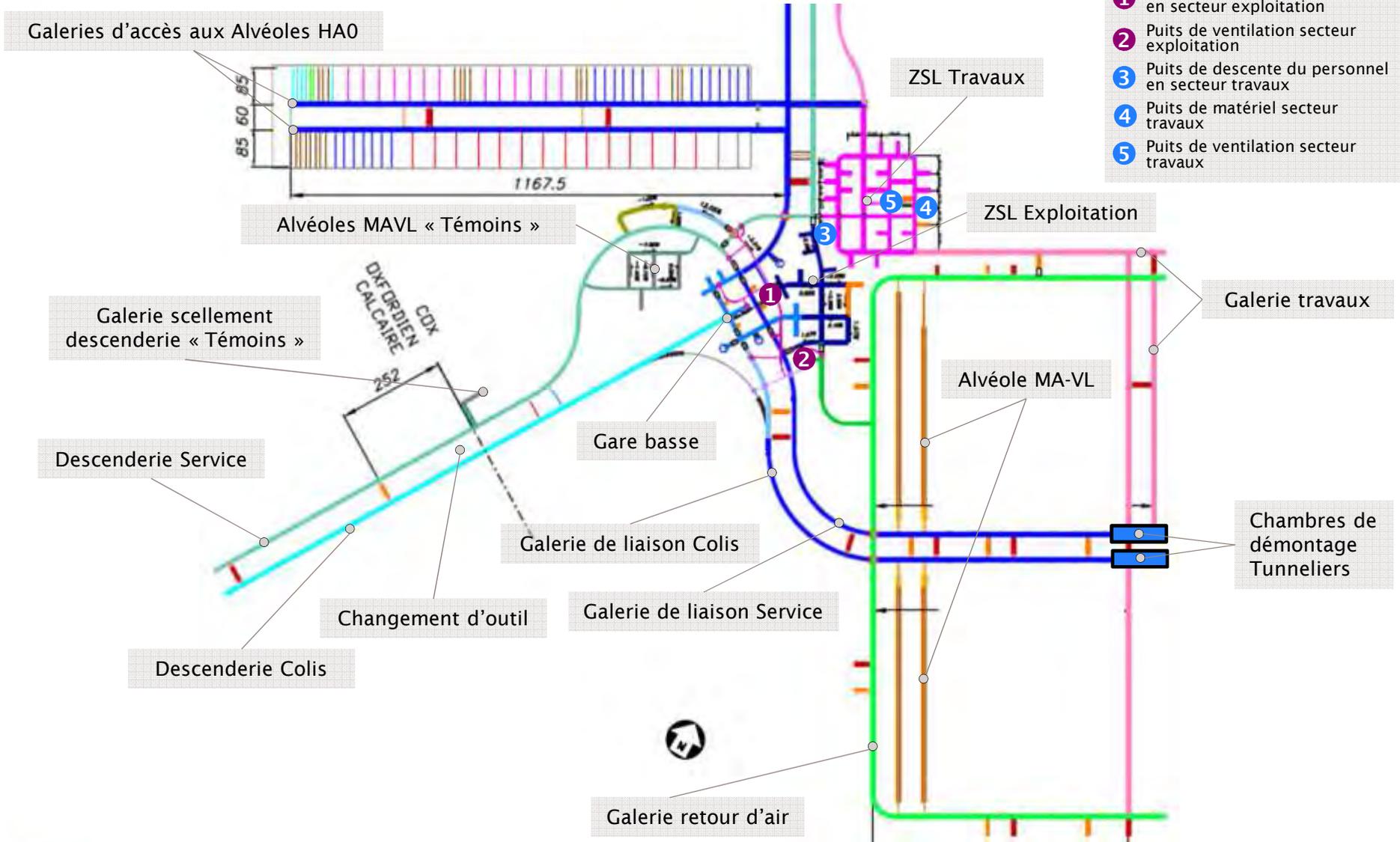
3 Personnel
4 Ventilation
5 Matériels / Matériaux



↑
 Contrainte majeure
 ↓

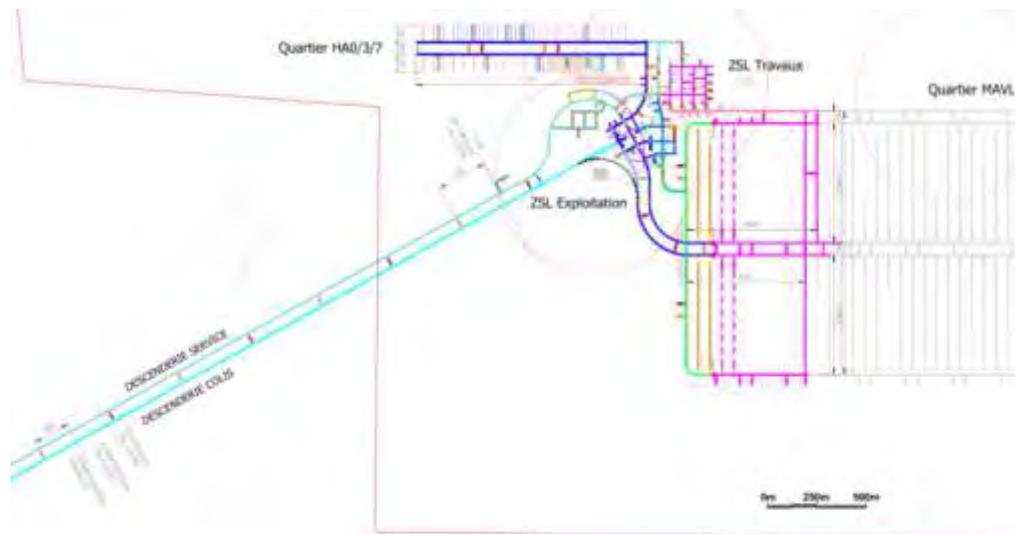


- 1 Puits de descente du personnel en secteur exploitation
- 2 Puits de ventilation secteur exploitation
- 3 Puits de descente du personnel en secteur travaux
- 4 Puits de matériel secteur travaux
- 5 Puits de ventilation secteur travaux

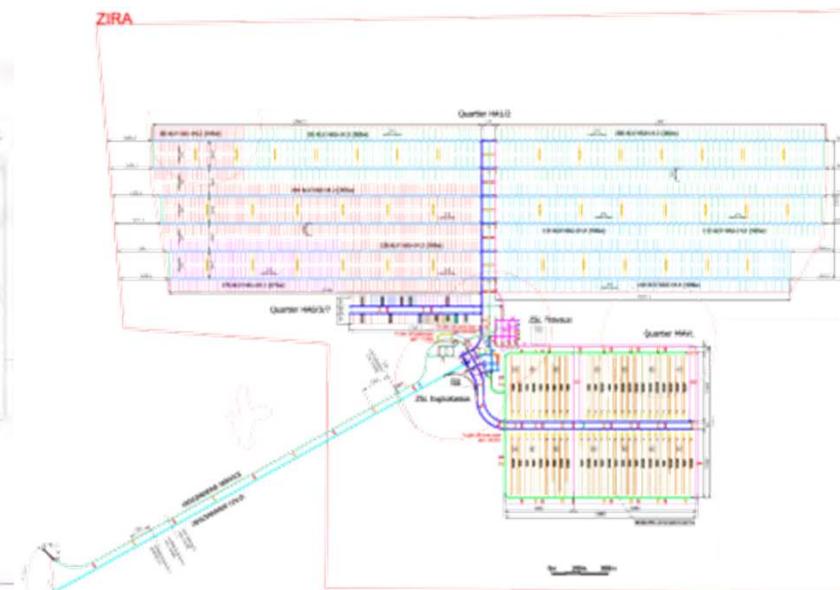


	Tranche 1	Terminaison
Linéaires de Galeries dont alvéoles	40 km	270 km
Alvéoles MA-VL (4 + 46)	2,4 km	29,4 km
Galerie MA-VL	8,5 km	16,3 km
Alvéoles HA (77 + 1 466)	6,2 km	153 km
Galeries HA	3,2 km	52,3 km
ZSL	6,4 km	6,4 km
Volumes excavés	2,54 millions de m³	9,56 millions de m³

Plan d'ensemble des liaisons surface-fond et des installations au fond Tranche 1



Plan d'ensemble des liaisons surface-fond et des installations au fond à terminaison



Descenderies

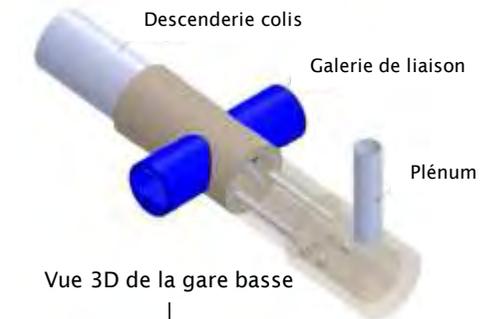
Puits

Zone de soutien logistique (ZSL)

Zone MA-VL

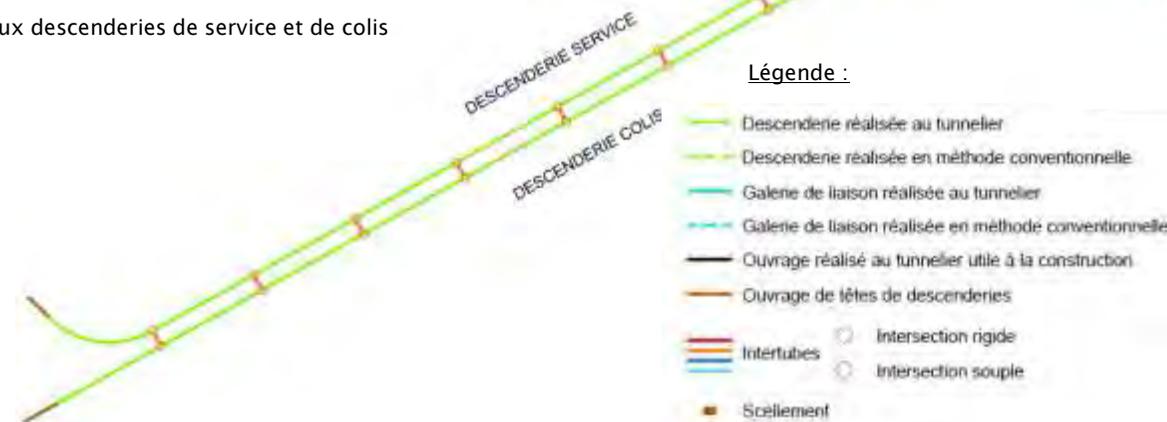
Zone HA0

2 Descenderies	
Tranche 1 (2021-2028)	
2 descenderies afin d'assurer la liaison surface-fond vers la zone « exploitation » pour les flux de colis et de service	
Diamètre utile	8,70 m hors COX ; 8,00 COX
Longueur unitaire	De 4 200 à 4 500 m
Longueur cumulée	9,6 km (y compris locaux techniques et recoupes)
Moyen de creusement	90% Tunnelier 10% MAP, BRH ...
Volume d'excavation	734 000 m³
Revêtement (hors COX)	Voussoirs : 40 cm de béton armé
Revêtement (COX)	Voussoirs bi-couche : 50 cm de béton armé + 15 cm de matériau compressible + Clé compressible



Vue 3D de la gare basse

Tarcat des deux descenderies de service et de colis



Descenderies

Puits

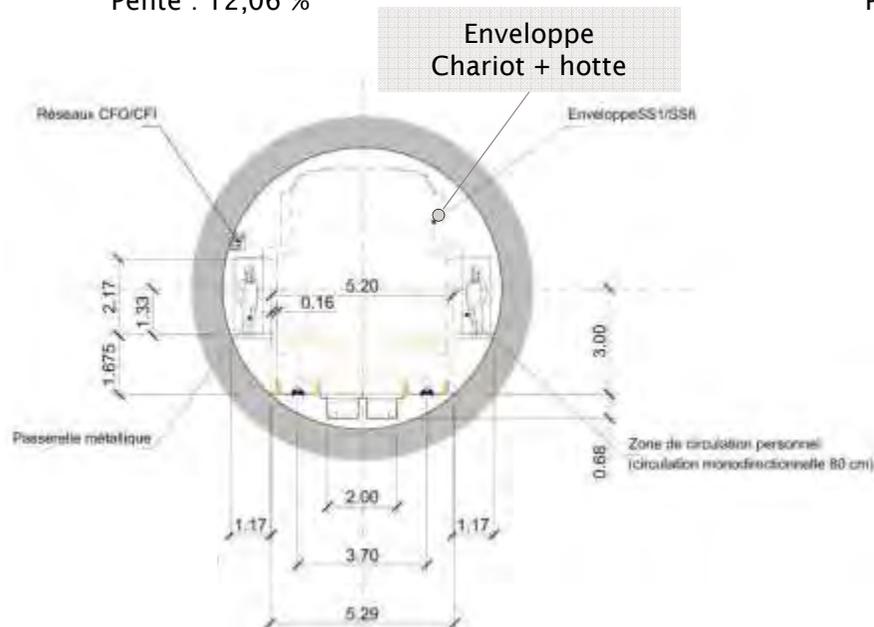
Zone de soutien
logistique (ZSL)

Zone MA-VL

Zone HA0

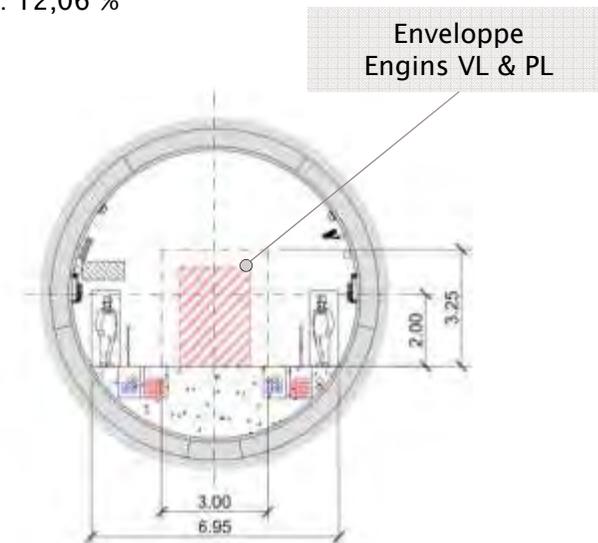
Descenderie Colis : Section dans le COX

Tunnelier Voussoirs
COX / Anisotropie
Diamètre utile : 8,00 m
Diamètre excavé théorique : 9,80 m
Pente : 12,06 %



Descenderie Service : Section dans le COX

Tunnelier Voussoirs
COX / Anisotropie
Diamètre utile : 8,00 m
Diamètre excavé théorique : 9,80 m
Pente : 12,06 %



Descenderies

Puits

Zone de soutien
logistique (ZSL)

Zone MA-VL

Zone HA0

- ◆ **Durée d'exécution : accès au plus tôt à -500m**
- ◆ **Standardisation des sections utiles et des revêtements**
- ◆ **Utilisation de voussoirs bicouches (dans le COX) :**
 - Une couche résistante
 - Une couche compressible
- ◆ **Adaptabilité des tunneliers :**
 - Pour l'arrivée dans le COX (Nature des outils de creusement et de l'équipement du back-up)
 - Adaptabilité des tunneliers au tracé des descenderies (courbes horizontales et verticales)
- ◆ **Etanchéification du revêtement au droit des nappes phréatiques (pas de communication entre nappes)**
- ◆ **Possibilité de creuser les recoupes à faible distance derrière les tunneliers :**
 - Moins d'un kilomètre ?
- ◆ **Méthode de réalisation du radier :**
 - Coulé en place, préfabriqué ?
 - Au plus tôt, au plus tard ?
 - Compatibilité chantier/exploitation ?



Descenderies

Puits

Zone de soutien logistique (ZSL)

Zone MA-VL

Zone HA0

5 Puits

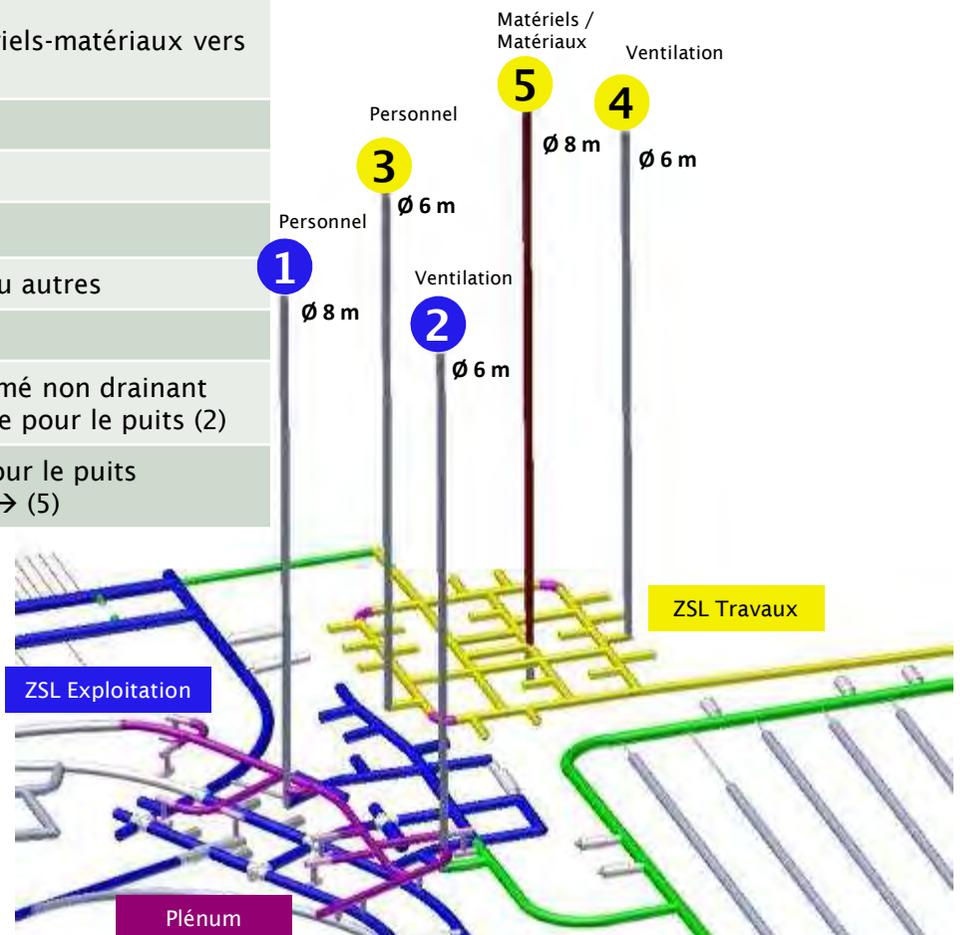
Tranche 1 (2021-2028)

5 puits afin d'assurer la liaison surface-fond pour :

- les flux de personnel et de ventilation vers la zone « exploitation »
- les flux de personnel, de ventilation, de matériels-matériaux vers la zone « travaux »

Diamètre utile	De 6 à 8 m
Longueur unitaire	De 510 à 548 m
Longueur cumulée	2,6 km
Moyen de creusement	Au BRH et Explosif, ou autres
Volume d'excavation	171 000 m³
Revêtement	Revêtement béton armé non drainant Étanchéité particulière pour le puits (2)
Levage	Système « Koepe » pour le puits Matériels/Matériaux → (5)

Vue de l'implantation des puits dans les zones travaux et exploitation



Descenderies

Puits

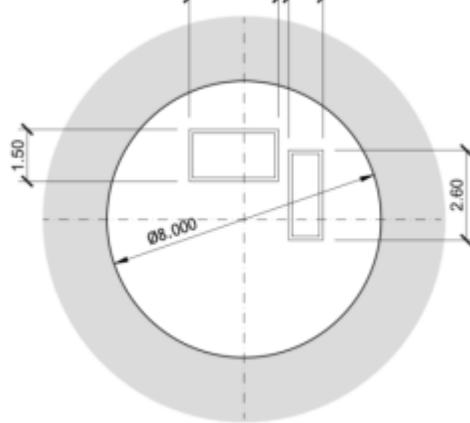
Zone de soutien
logistique (ZSL)

Zone MA-VL

Zone HA0

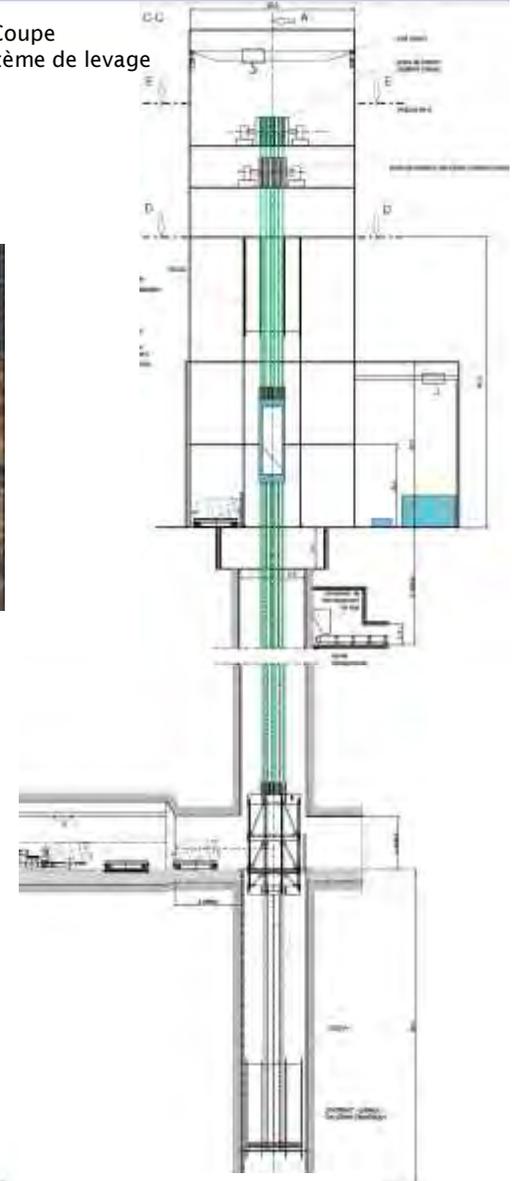
Puits (1) : Exploitation personnel / Ventilation air frais

BRH et Explosif / COX
Diamètre utile : 8,00 m
Diamètre excavé théorique : 11,50 m



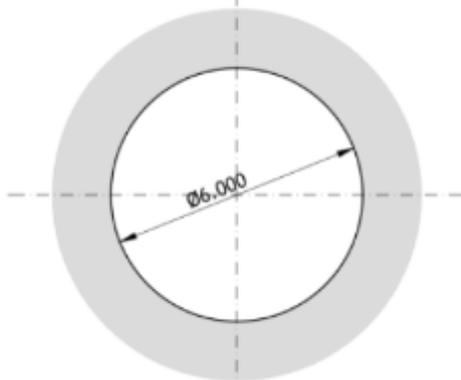
Puits Matériels / Matériaux : Coupe longitudinale intégrant le système de levage « Koepe »

Bras hydraulique articulé avec godet rétro fixée sous plancher



Puits (2) : Exploitation / Ventilation air vicié

BRH et Explosif / COX
Diamètre utile : 6,00 m
Diamètre excavé théorique : 8,60 m



Chargement mécanique avec grappin sous plancher de travail



Ce document est la propriété de l'Andra.

Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.

Descenderies

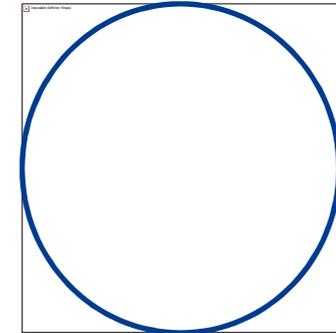
Puits

Zone de soutien
logistique (ZSL)

Zone MA-VL

Zone HA0

- ◆ **Standardisation** des sections utiles et des revêtements
- ◆ **Constitution d'un revêtement ne nécessitant que peu de maintenance :**
 - Interventions pour le traitement des venues d'eau en général
 - Et particulièrement dans le puits de ventilation nucléaire
- ◆ **Durabilité** des puits travaux qui seront utilisés par phases successives mais disjointes
- ◆ **Durée d'exécution et d'équipement :**
 - Accès au plus tôt à -500m
 - créer les accès supplémentaires au fond
- ◆ **Objectif « Zéro accident »** pendant les travaux des puits et du fond
- ◆ **Gestion des systèmes de ventilation** après mise en communication entre puits et descenderies
- ◆ **Passage des gros équipements en puits après mise en service de l'INB :**
 - Accessibilité par la descenderie de service ne pouvant être qu'exceptionnelle



Descenderies

Puits

Zone de soutien logistique (ZSL)

Zone MA-VL

Zone HA0

2 Zones de soutien logistique (ZSL)

Tranche 1 (2021-2028)

2 Zones permettant :

- Le transfert, la maintenance et les secours en zone « exploitation »
- La construction et les secours en zone « travaux »

Diamètre utile	8 m (y compris galeries techniques et de liaison) 7,4 m (3 alvéoles MAVL témoin, essais de scellement)
Longueur cumulée	6,4 km (galeries, alvéoles témoin et jonction puit)
Moyen de creusement	93% MAP, BRH ... 7% Tunnelier
Volume d'excavation	449 600 m³
Conception	Séparation ZSL exploitation et travaux
Revêtement	- Rigide en ZSL Exploitation pour toutes les galeries process (bleu foncé) et hors process (bleu clair) - Souple en ZSL Travaux

Localisation des zones de soutien logistique travaux et exploitation



ZSL Exploitation

Descenderies

Puits

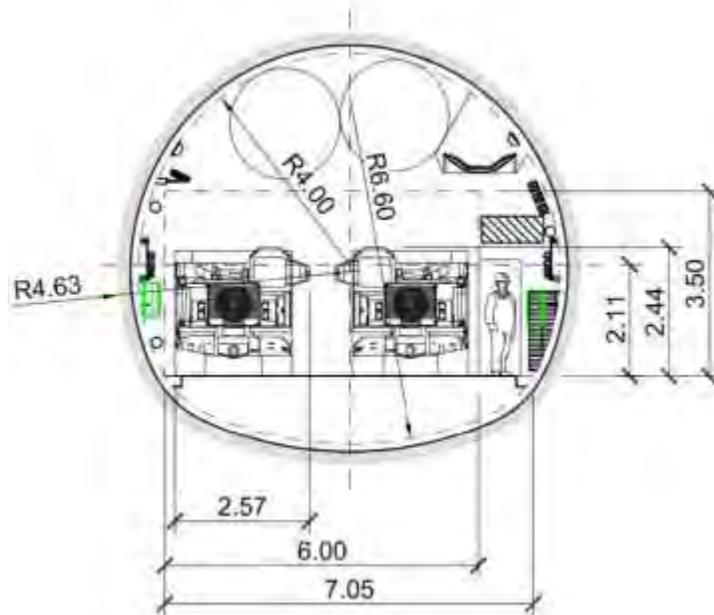
Zone de soutien logistique (ZSL)

Zone MA-VL

Zone HA0

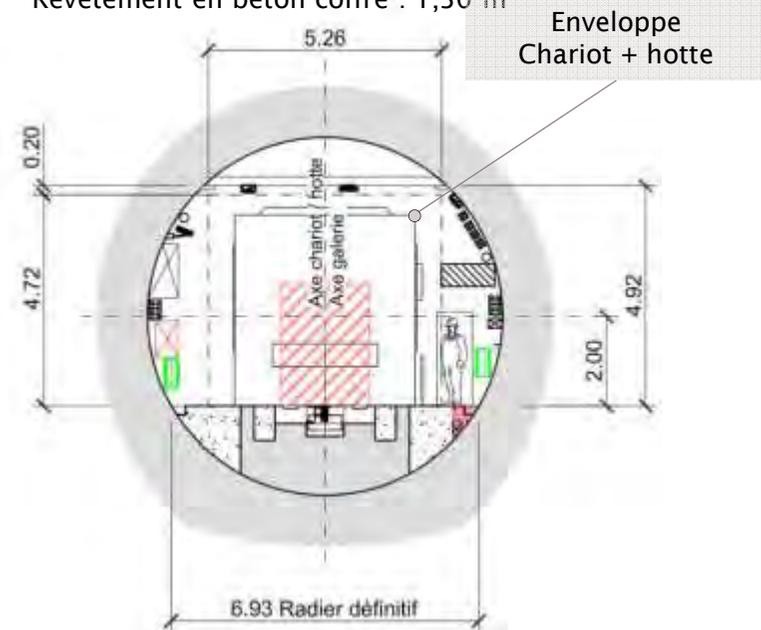
ZSL Travaux : Section des galeries courantes

BRH Souple
 COX / Anisotropie
 Diamètre utile : 8,00 m
 Diamètre excavé théorique : 8,80 m
 Soutènement : coque en béton projeté fibré de 30 cm, cales compressibles, boulons radiaux (Voûte plein cintre, piédroits courbes, radier en voûte inversé)



ZSL Exploitation : Section des galeries avec process

BRH Rigide
 COX / Anisotropie
 Diamètre utile : 8,00 m
 Diamètre excavé théorique : 11,50 m
 Soutènement provisoire : béton projeté fibré et boulons radiaux (parements), béton projeté et de boulons horizontaux en fibre de verre (front)
 Revêtement en béton coffré : 1,30 m



Descenderies

Puits

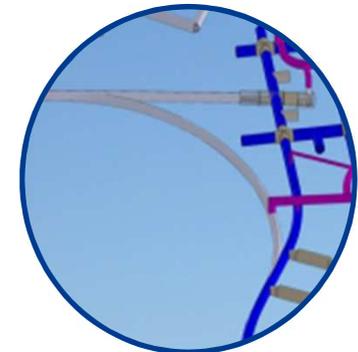
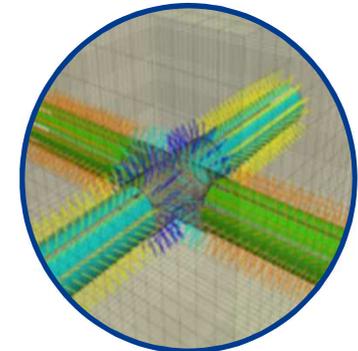
Zone de soutien logistique (ZSL)

Zone MA-VL

Zone HA0

→ En ZSL Travaux

- ◆ **Construire au plus tôt** tous les ouvrages nécessaires à la réalisation des différentes phases de creusement sans trop nécessiter de reprises
- ◆ **Donner suffisamment de place** pour les **flux travaux**, qui vont s'additionner du fait des nombreux ouvrages en réalisation simultanée
- ◆ **Ne pas accroître exagérément les complications techniques :**
 - Jonctions en sifflet
 - Carrures de grandes dimensions
 - Ventilation ...
- ◆ **Maintenir la possibilité** de réaliser les scellements définitifs (**sûreté après fermeture**)



Descenderies

Puits

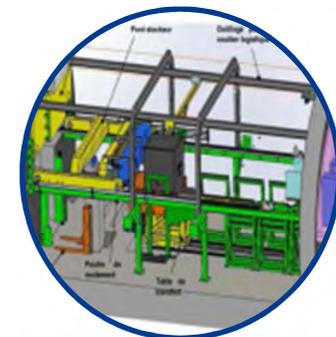
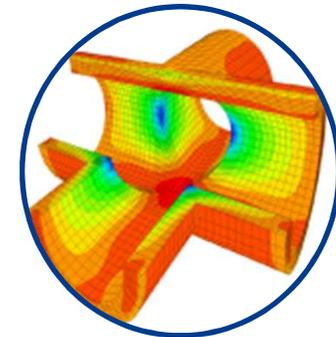
Zone de soutien logistique (ZSL)

Zone MA-VL

Zone HA0

→ En ZSL Exploitation :

- ◆ **Réaliser un revêtement durable :**
 - Pour minimiser les travaux de maintenance (zone INB)
- ◆ **Donner suffisamment de place pour les flux d'exploitation :**
 - Qui vont varier fortement entre le début et la fin d'exploitation
- ◆ **Passage des matériels exceptionnels :**
 - Cloisons d'accostage
 - Cloisons de séparation entre Travaux et Exploitation
 - Rails ...



Descenderies

Puits

Zone de soutien
logistique (ZSL)

Zone MA-VL

Zone HA0

Zone MA-VL

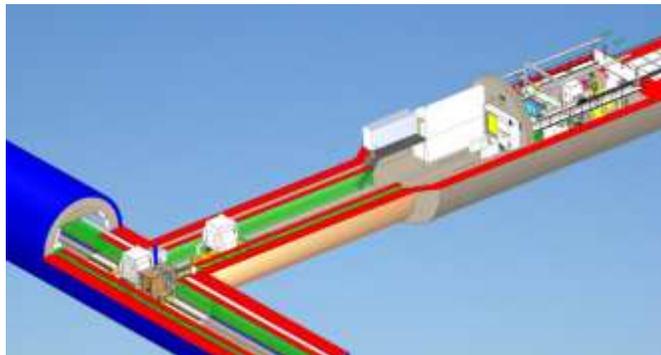
Tranche 1 (2021-2028)

Diamètre utile	8 m (galeries de liaison et d'accès) 11 m (zone d'accostage, cellule de manutention) 7,4 m (4 alvéoles de 500 m utile)
Longueur par alvéole	500 m de stockage utile 600 m au total (zone d'accostage, cellule de manutention, noyau de scellement)
Longueur cumulée	8,5 km (galeries, locaux techniques et recoupes) 2,4 km (4 alvéoles)
Moyen de creusement	76% MAP, BRH, ... (galeries, alvéoles MAVL) 23% Tunnelier (galeries) 1% micro tunnelier (galeries de ventilation)
Volume d'excavation	788 900 m³
Revêtement	- Rigide en galerie de liaison Exploitation et Alvéoles MA-VL - Souple en galerie de liaison Travaux

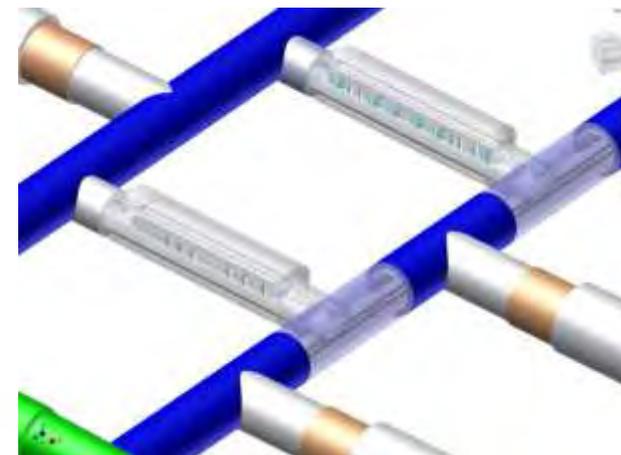
Vue 3D du quartier MAV-L avec ses galeries



Vue 3D de la galerie d'accès MA-VL et cellule de manutention



Vue 3D des recoupes entre galeries de liaison MA-VL



Descenderies

Puits

Zone de soutien
logistique (ZSL)

Zone MA-VL

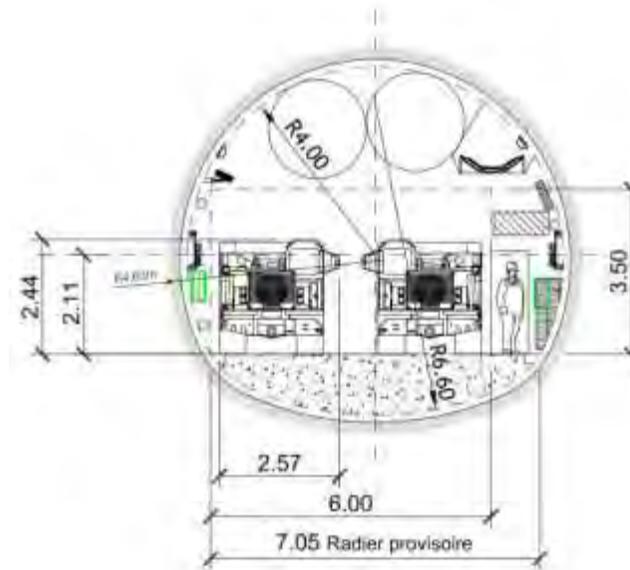
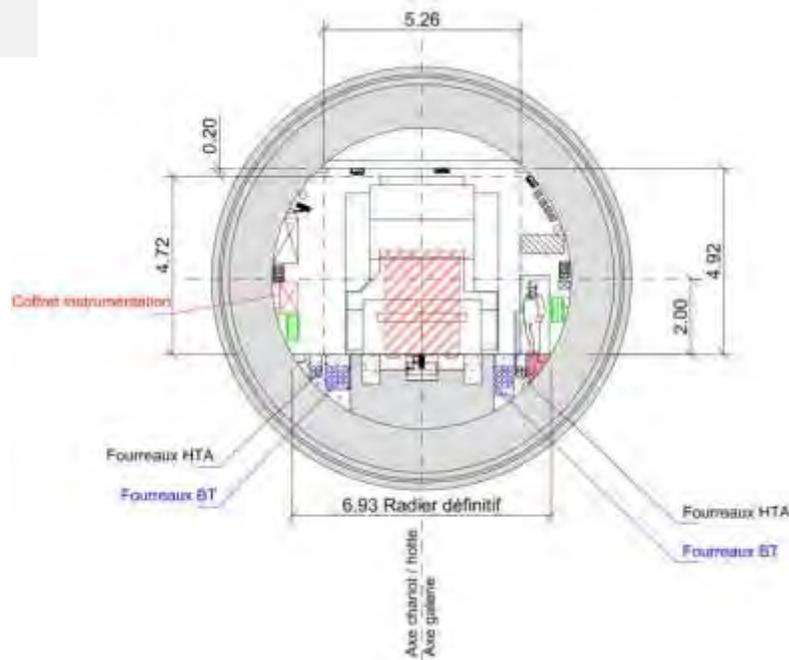
Zone HA0

Zone MA-VL : Section de la galerie de liaison Exploitation (Tranche 1)

Tunnelier Voussoirs
COX / Anisotropie
Diamètre utile : 8,00 m
Diamètre excavé théorique : 9,80 m

Zone MA-VL : Section de la galerie de liaison Travaux

BRH Souple
COX / Isotrope et Anisotropie
Diamètre utile : 8,00 m
Diamètre excavé théorique : 8,90 m



Descenderies

Puits

Zone de soutien logistique (ZSL)

Zone MA-VL

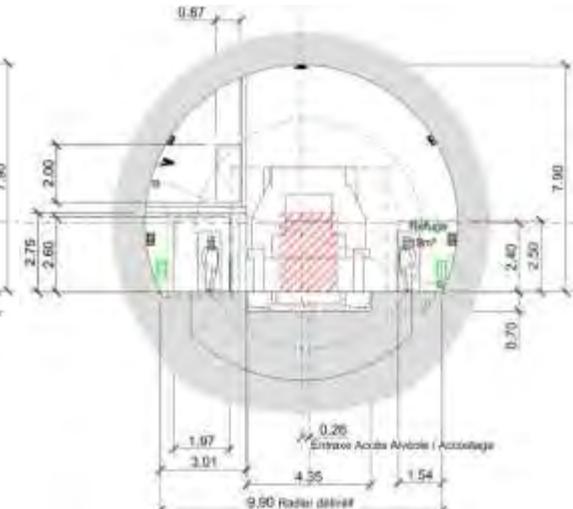
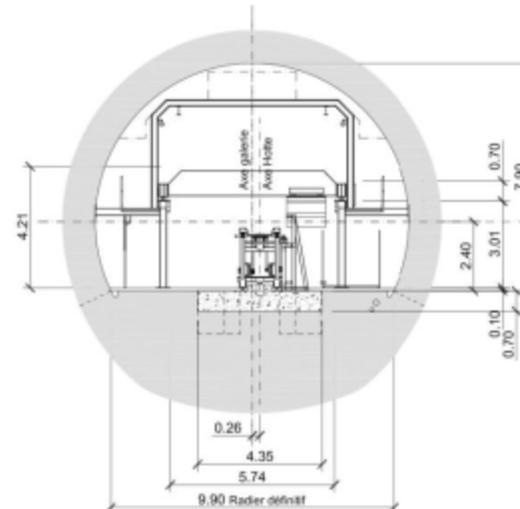
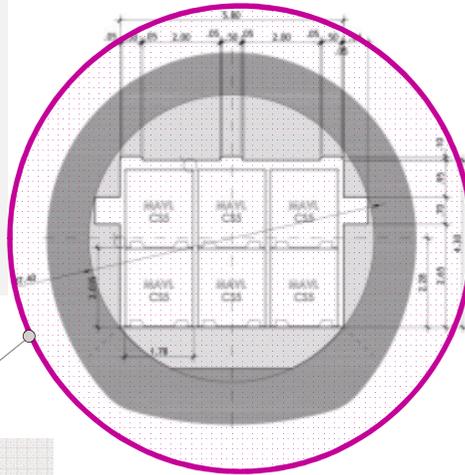
Zone HA0

Zone MA-VL : Alvéole MAVL (type CS5)

BRH Rigide
COX / Isotropie
Diamètre utile : 7,40 m
Diamètre excavé théorique : 9,50 m

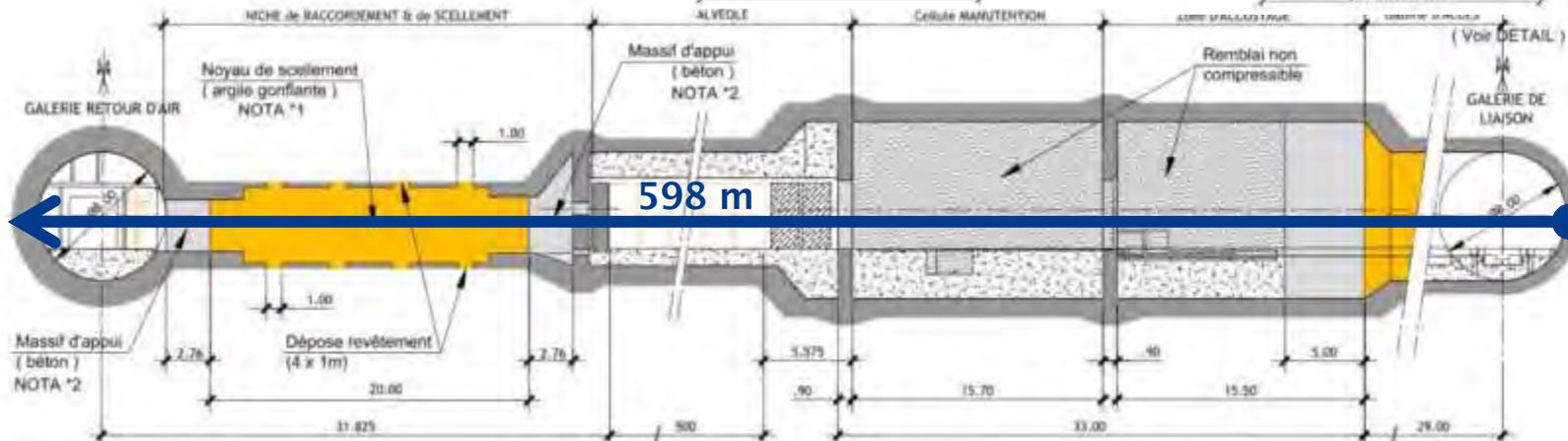
Zone MA-VL : Cellule de Manutention et Zone d'accostage

BRH Rigide
COX / Isotropie
Diamètre utile : 11,00 m
Diamètre excavé théorique : 13,80 m



Objectif Cigéo

GRa



GLi

Descenderies

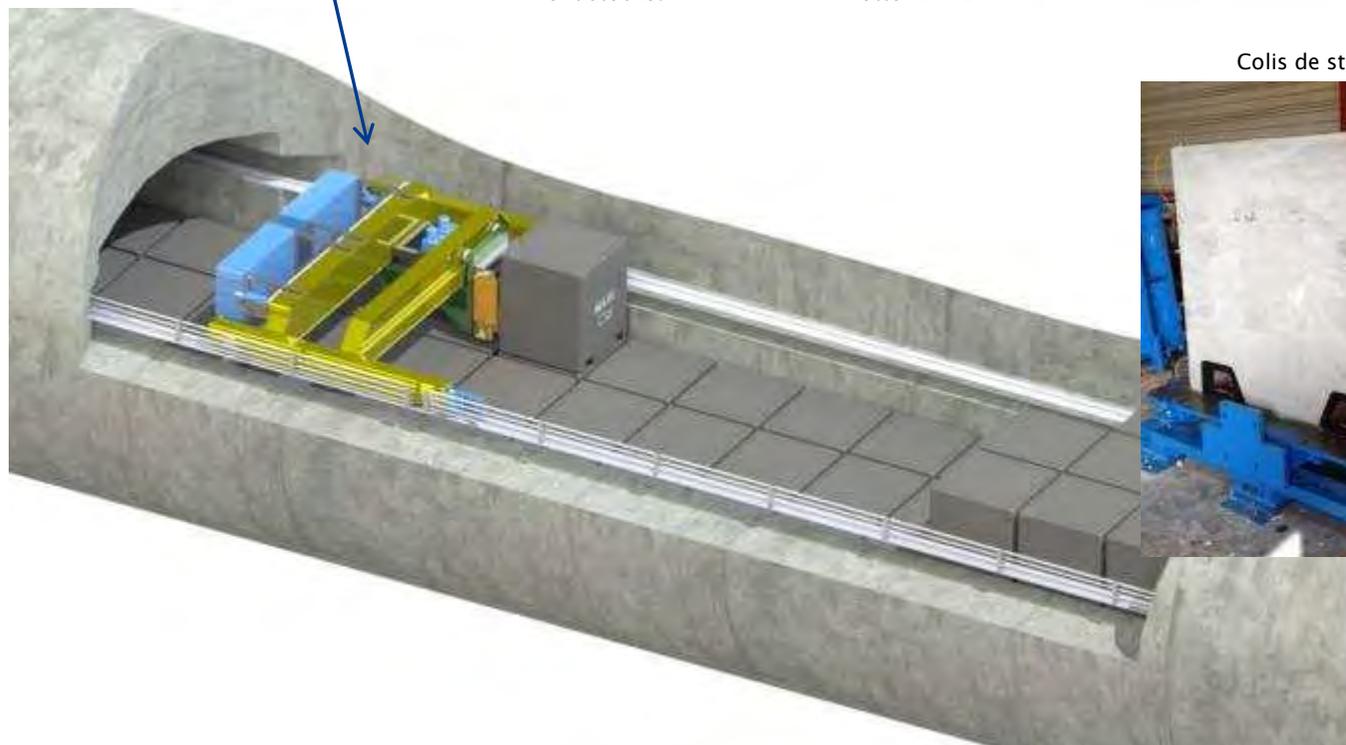
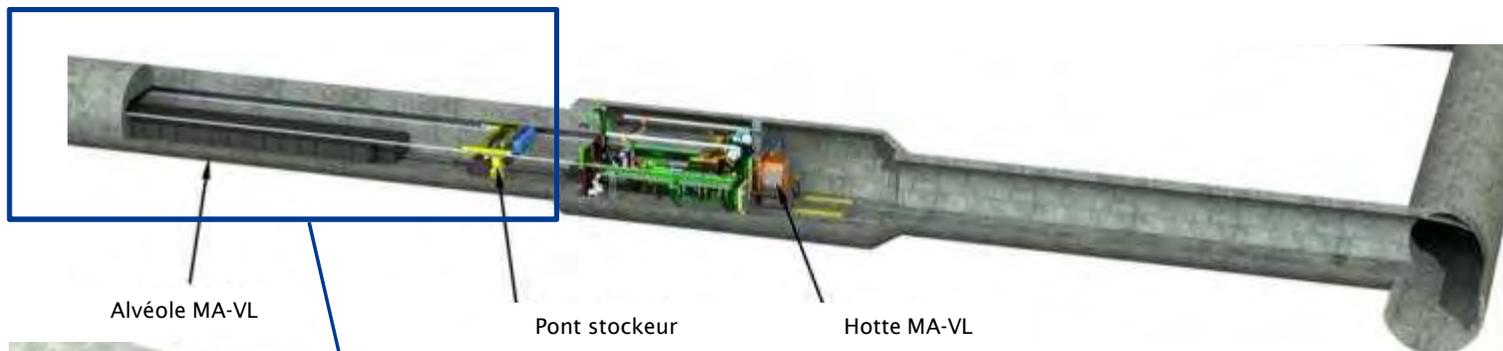
Puits

Zone de soutien
logistique (ZSL)

Zone MA-VL

Zone HA0

Vue 3D d'une alvéole de stockage MA-VL



Colis de stockage béton



Descenderies

Puits

Zone de soutien
logistique (ZSL)

Zone MA-VL

Zone HAO

→ Pour les alvéoles

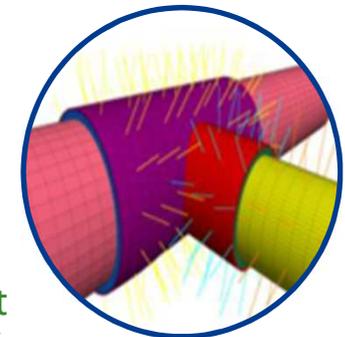
◆ Industrialiser la réalisation :

- Un alvéole a une longueur utile de 500 m
- En creusement, cette industrialisation peut passer par l'utilisation de machines particulières (TBM rétractable ...)
- Interférences avec d'autres zones de travaux



◆ Simplifier les méthodes de réalisation des carrures :

- Jonctions entre tubes de dimensions comparables



◆ En revêtement, imaginer la pose de voussoirs bicouches :

- Comme en descenderie et en galerie de liaison
- Si ce n'est pas possible, phaser la réalisation du revêtement en fonction des contraintes dues au comportement du COX
- En exploitation, les alvéoles ne sont plus accessibles pour inspection/maintenance/réparation du revêtement
- Minimiser l'impact de ce phasage sur le temps de construction



◆ Assurer la réalisation des changements de section (hors zone de stockage proprement dite)

◆ Alvéoles soumises à chaleur et radiation : durabilité du revêtement

Descenderies

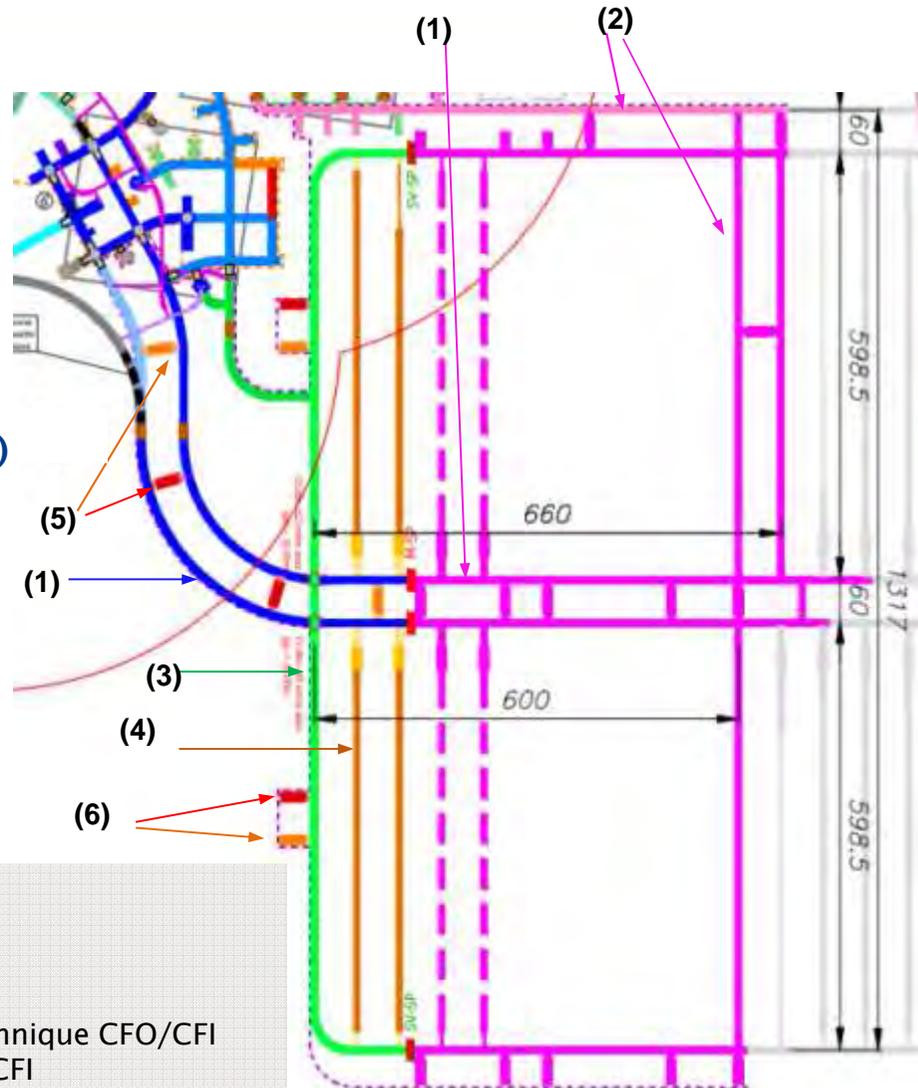
Puits

Zone de soutien
logistique (ZSL)

Zone MA-VL

Zone HA0

- ◆ **Les deux galeries de liaison exploitation sont réalisées au tunnelier**
- ◆ **Les autres ouvrages sont excavés par la méthode conventionnelle (MAP, BRH ...)**
- ◆ **En fin de période T1, les galeries et 4 alvéoles de la première boucle sont complètement construites, 6 alvéoles étant en cours de construction**



- (1) Galeries de liaison Exploitation
- (2) Galeries de liaison Travaux (souple)
- (3) Galeries de retour d'air
- (4) Alvéoles de stockage MA-VL
- (5) Recoupes évacuation/secours-Local technique CFO/CFI
- (6) Galeries borgnes Local technique CFO/CFI

Descenderies

Puits

Zone de soutien
logistique (ZSL)

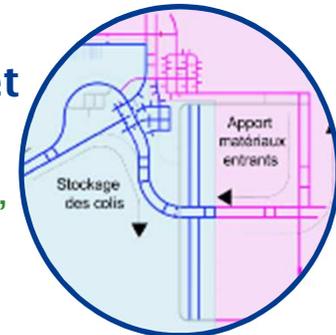
Zone MA-VL

Zone HA0

→ Pour les galeries et les recoupes :

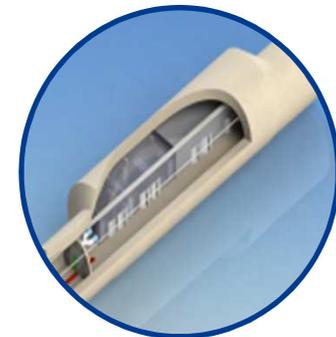
◆ Assurer l'absence de coactivité entre zone Travaux et zone Exploitation :

- Des cloisons étanches et déplaçables doivent être conçues, pour s'adapter au déploiement progressif de l'INB



◆ Tendre vers une solution industrielle :

- Par exemple TBM pour les galeries
- Et standardisation pour les recoupes
- Cette solution industrielle devra tenir compte de la coactivité entre chantiers : galeries/carrures/alvéoles/recoupes

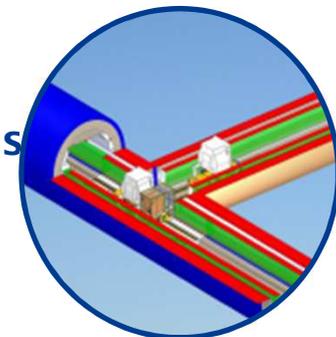


◆ Simplifier les méthodes de réalisation des carrures :

- Jonctions entre tubes de dimensions comparables

◆ Assurer la durabilité du revêtement des galeries et recoupes (zone INB)

◆ Assurer la stabilité dimensionnelle dans le temps des ouvrages dans lesquels circulent des engins de manutention



◆ Rendre possibles la maintenance et la jouvence des équipements installés

Descenderies

Puits

Zone de soutien logistique (ZSL)

Zone MA-VL

Zone HA0

Zone HA0	
Tranche 1 (2021-2028)	
Diamètre utile	8,0 m (galeries de liaison) 0,8 m (77 alvéoles)
Longueur par alvéole	80 m de stockage utile
Longueur cumulée	3,2 km (galeries, locaux techniques et recoupes) 6,2 km (alvéoles)
Moyen de creusement	64% micro tunnelier (alvéoles) 36% MAP, BRH ... (galeries)
Volume d'excavation	223 293 m³

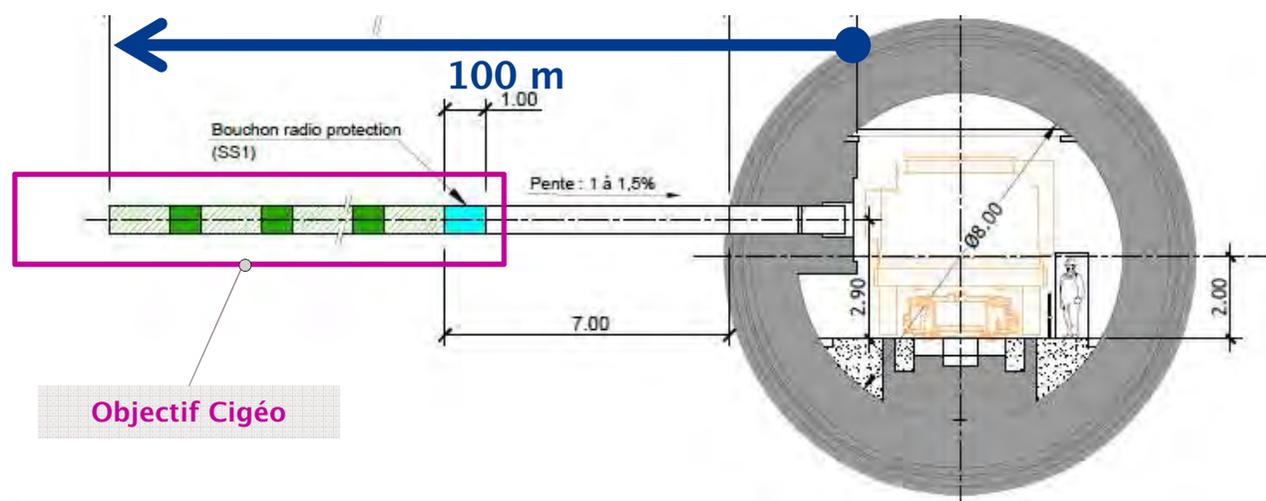
Micro Tunnelier



Tête d'un Micro Tunnelier



Coupe longitudinale d'une Alvéole HA



Descenderies

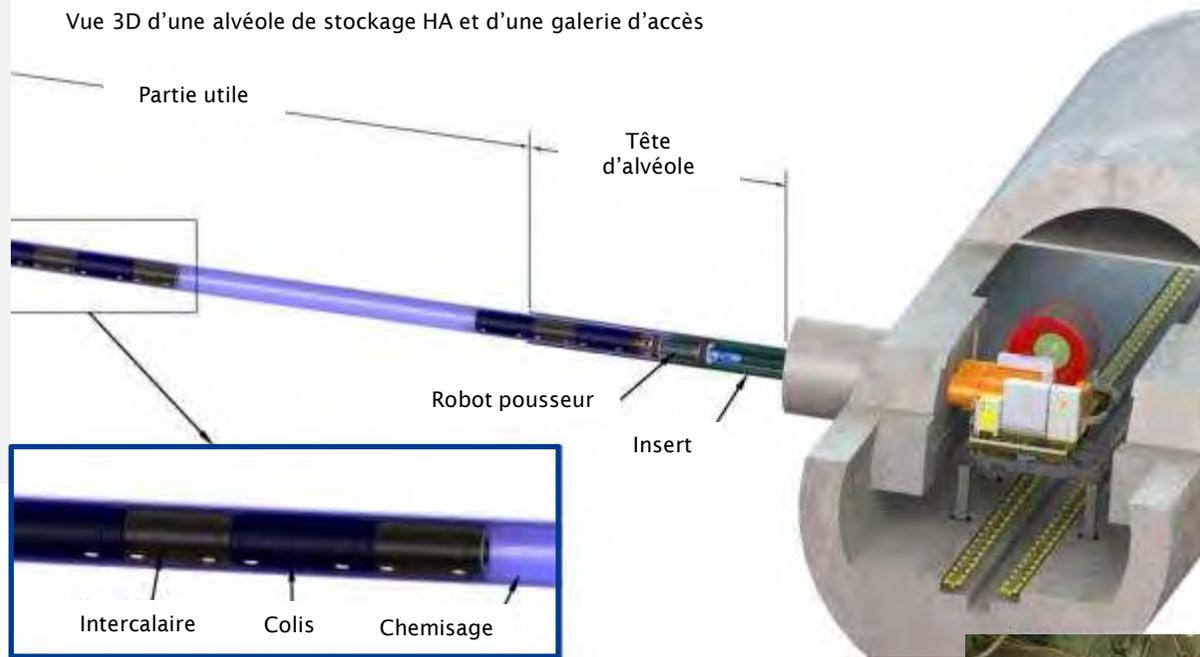
Puits

Zone de soutien
logistique (ZSL)

Zone MA-VL

Zone HA0

Vue 3D d'une alvéole de stockage HA et d'une galerie d'accès



Principe du colis de stockage HA



Essai de creusement dans le laboratoire souterrain



Essai de manutention d'un colis HA



Descenderies

Puits

Zone de soutien
logistique (ZSL)

Zone MAVL

Zone HA0

◆ **Assurer l'absence de coactivité entre zone Travaux et zone Exploitation :**

- Cette absence de coactivité, pour la zone HA0, conduit actuellement à réaliser l'ensemble de la zone (77 alvéoles) avant tout début d'exploitation
- Le planning de réalisation sera de ce fait très tendu



◆ **Industrialiser la réalisation des alvéoles HA0 :**

- Micro-tunnelier/mise en place des chemisages métalliques/injection de remplissage d'extrados)
- Les essais menés au Laboratoire Souterrain n'ont pas pu démontrer la possibilité d'une telle industrialisation



◆ **La réalisation de la zone HA0 servira à justifier et préparer la réalisation des zones HA1 et HA2**





7. Le déploiement

Chantier surface

Zone descendrie

Zone puits

Chantier souterrain

ITC SS4

ITC SS2

ITC SS5

Chantier Nord RD960

ITC SS3

Chantier Sud RD960

Chantier TF

Base Vie MOA

3 Centrales à béton

- Chantier zone descendrie « SS4 »
- Chantier zone ensembles transverses « SS5 »
- Chantier terminal ferroviaire « TF »

ITC : Installations temporaires de chantier

	Bureaux
	Parking
	Zone de stockage
	Atelier de préfabrication
	Centrale à béton
	Zone pour mise en place tunnelier

ITC : Installations temporaires de chantier

Chantier surface

Zone descendrière

Zone puits

Chantier souterrain

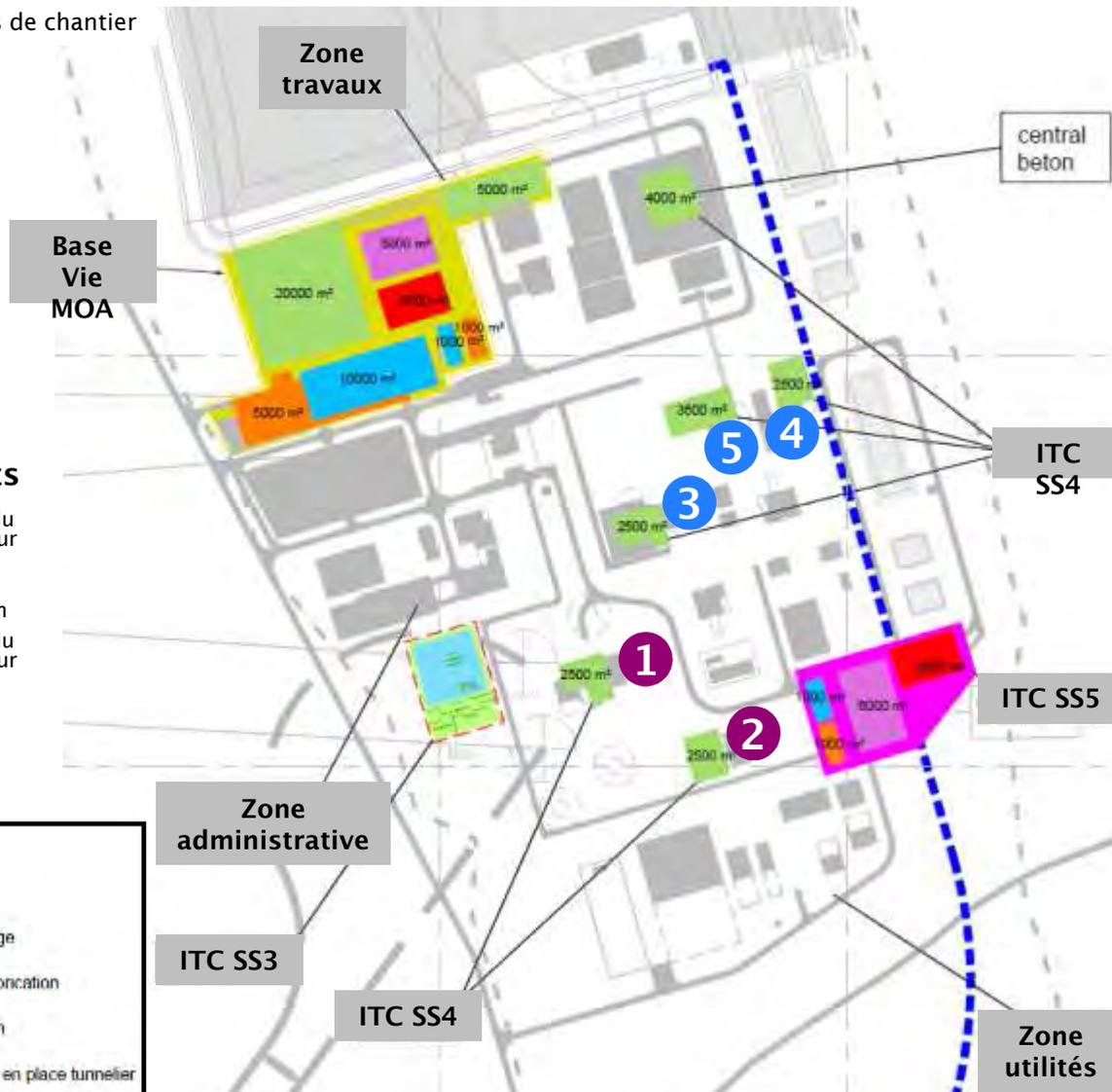
2 Centrales à béton

- Chantier zone creusement « SS4 »
- Chantier zone ensembles transverses « SS5 »

Têtes des puits

- 1 Puits de descente du personnel en secteur exploitation
- 2 Puits de ventilation secteur exploitation
- 3 Puits de descente du personnel en secteur travaux
- 4 Puits de matériel secteur travaux
- 5 Puits de ventilation secteur travaux

	Bureaux
	Parking
	Zone de stockage
	Atelier de préfabrication
	Centrale à béton
	Zone pour mise en place tunnelier



Chantier surface

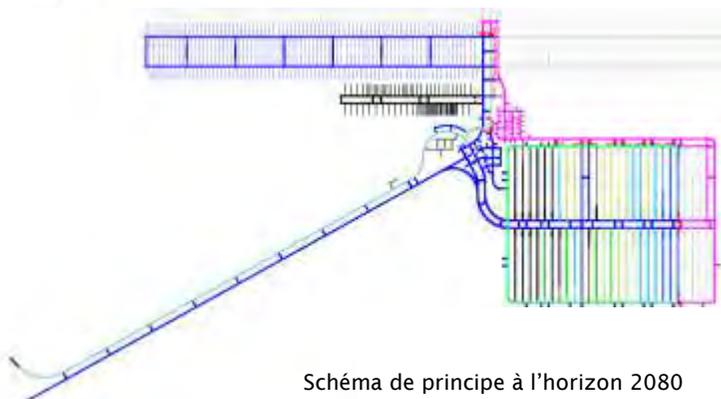
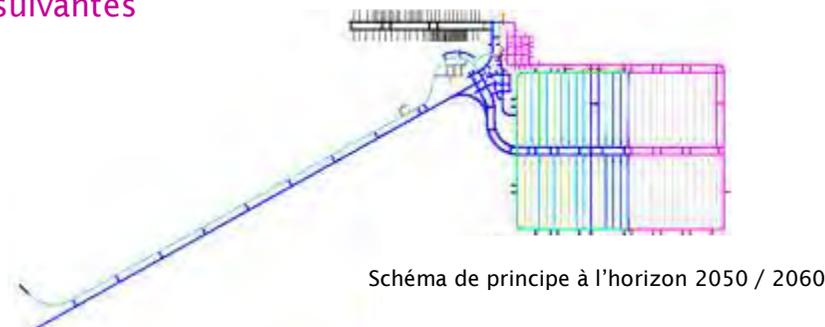
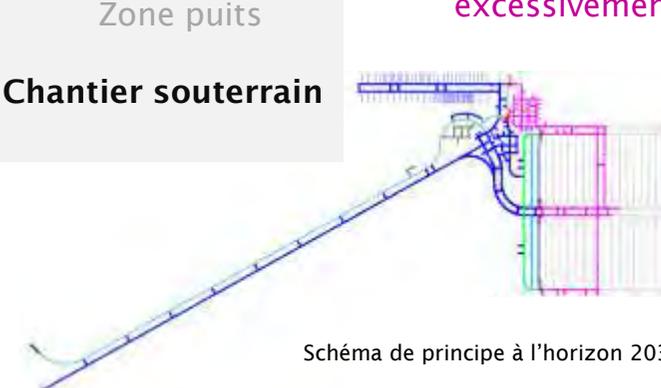
Zone
descenderie

Zone puits

Chantier souterrain

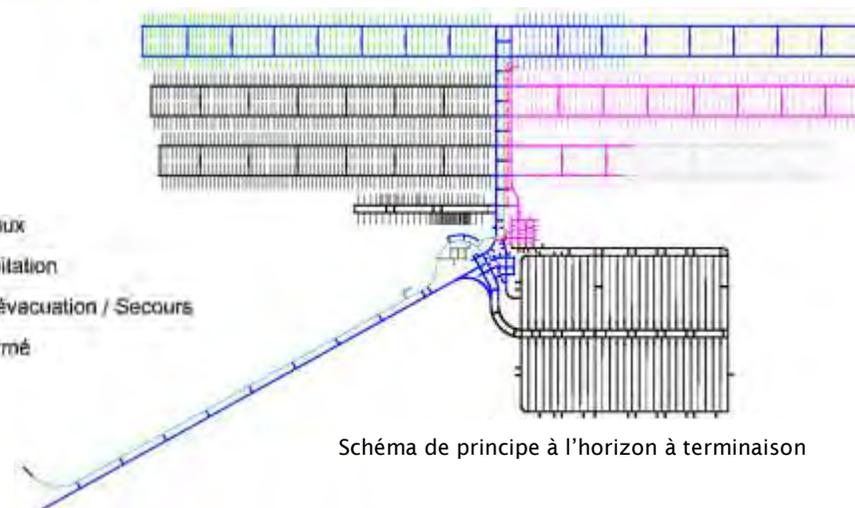
La durée séculaire de construction et d'exploitation conduit à un déploiement graduel de la construction des ouvrages souterrains avec :

- ◆ Une logique de construction par tranches, correspondant à des périodes d'exploitation réduites (en mode « chassant, rabattant »)
- ◆ Un développement progressif et flexible qui permet que chaque tranche ne contraint pas excessivement les suivantes



Légende :

- Zone Travaux
- Zone Exploitation
- Galeries d'évacuation / Secours
- Quartier fermé



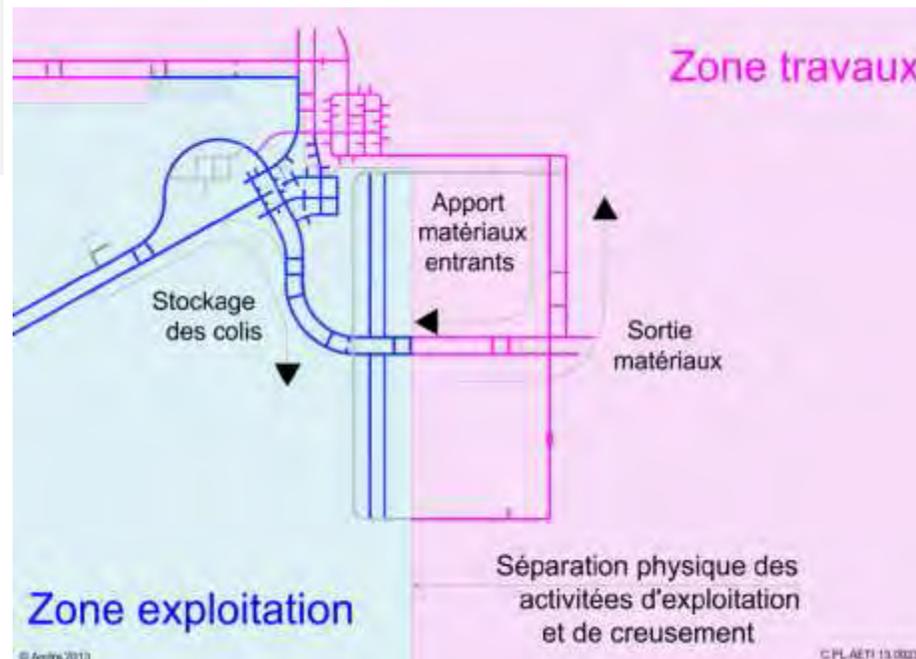
Chantier surface

Zone
descenderie

Zone puits

Chantier souterrain

Tout au long de la vie de l'installation, des travaux de construction, d'exploitation et de fermeture seront conduits en parallèle



Cela implique la maîtrise de la coactivité par la mise en œuvre de chantiers clos et indépendants :

- ◆ Séparation par des barrières physiques
- ◆ Gestion indépendante des flux de travaux et des flux d'exploitation

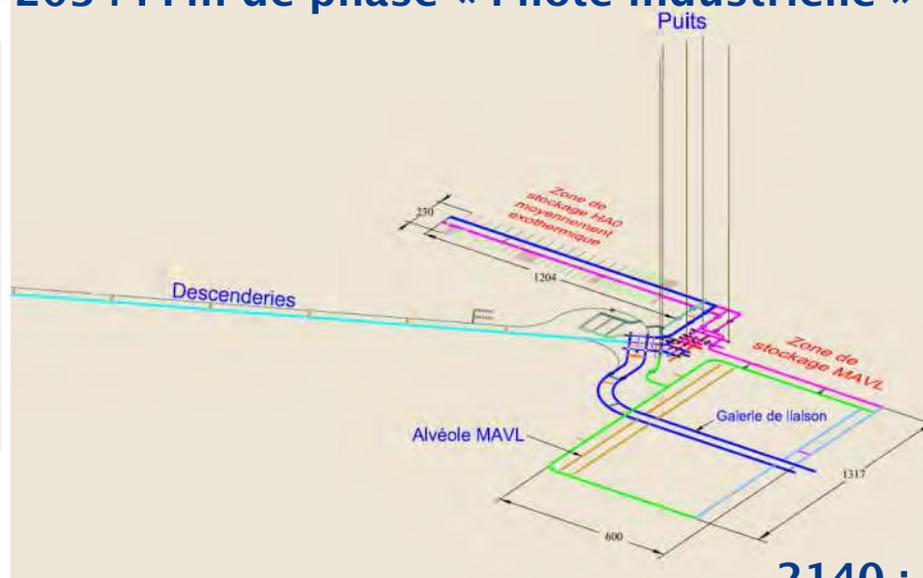
2034 : Fin de phase « Pilote industrielle »

Chantier surface

Zone
descenderie

Zone puits

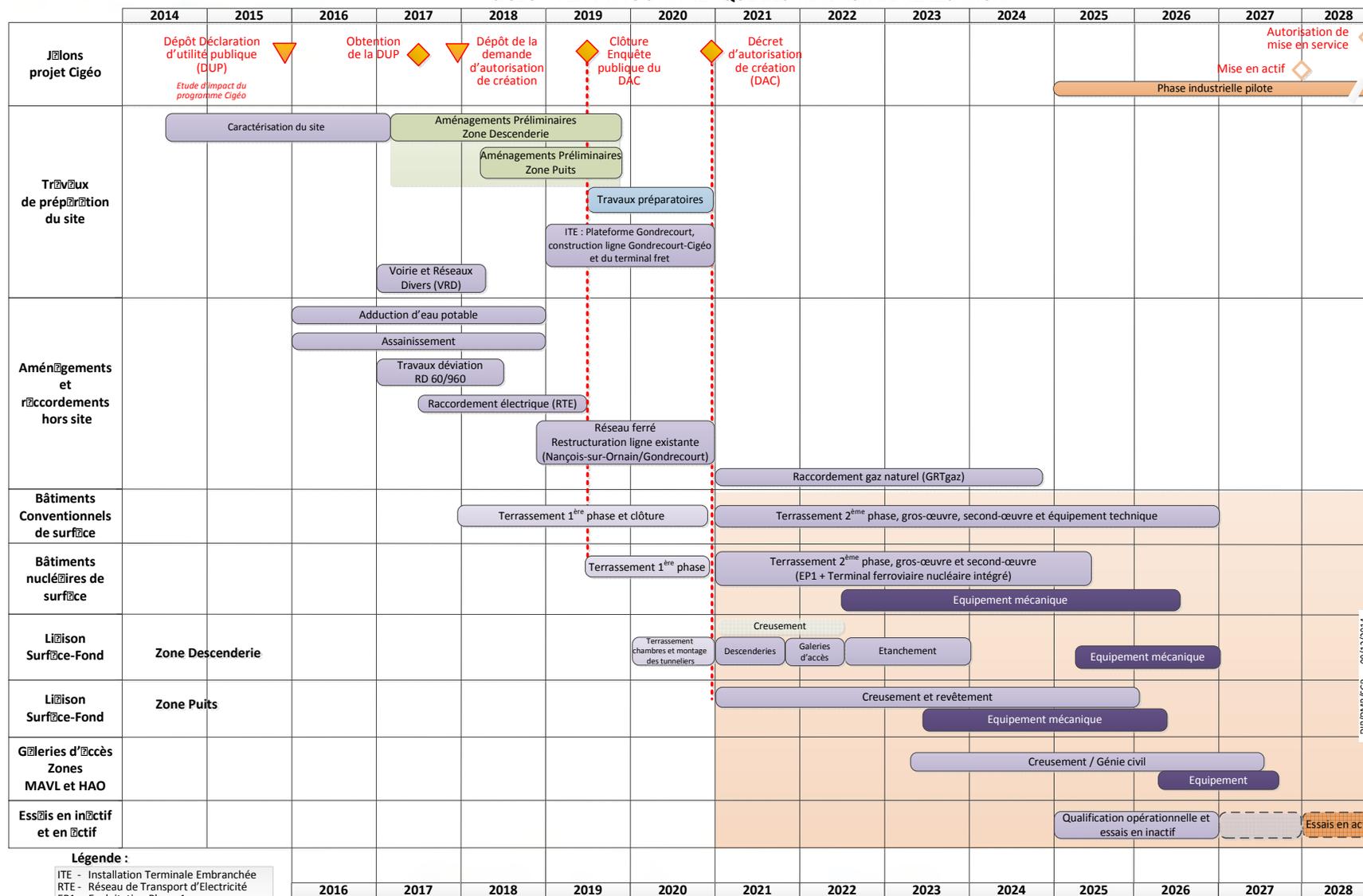
Chantier souterrain



2140 : Fin de phase « Exploitation »



CIGEO – PLANNING SYNTHETIQUE DES TRAVAUX DE REALISATION



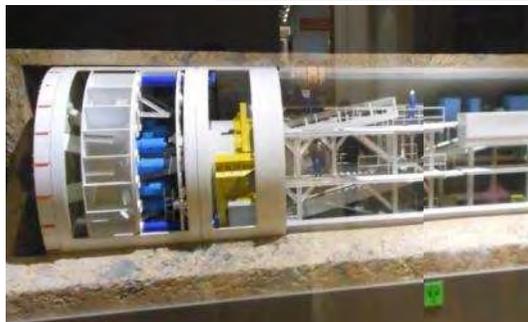
DIP/DMP/SGP 08/12/2014



8. La construction (soumis à l'obtention du Décret d'autorisation de création)

**Liaison Surface
Fond
Souterrain**

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Jalons	Décret DAC						Autorisation Mise en Service de l'Installation (MSI)		
Liaison Surface-Fond Zone Descenderie	Terrassement chambres et montage des tunneliers	Creusement Descenderies	Galeries d'accès	Etanchement			Phase industrielle pilote		
Liaison Surface-Fond Zone Puits		Creusement et revêtement				Equipement mécanique			
Galeries d'accès Zones MAVL et HAO				Creusement / Génie civil			Equipement		



Préfabriqués fond (voussoirs)	2016 - 2030
Voussoirs béton armé	156 090 m ³

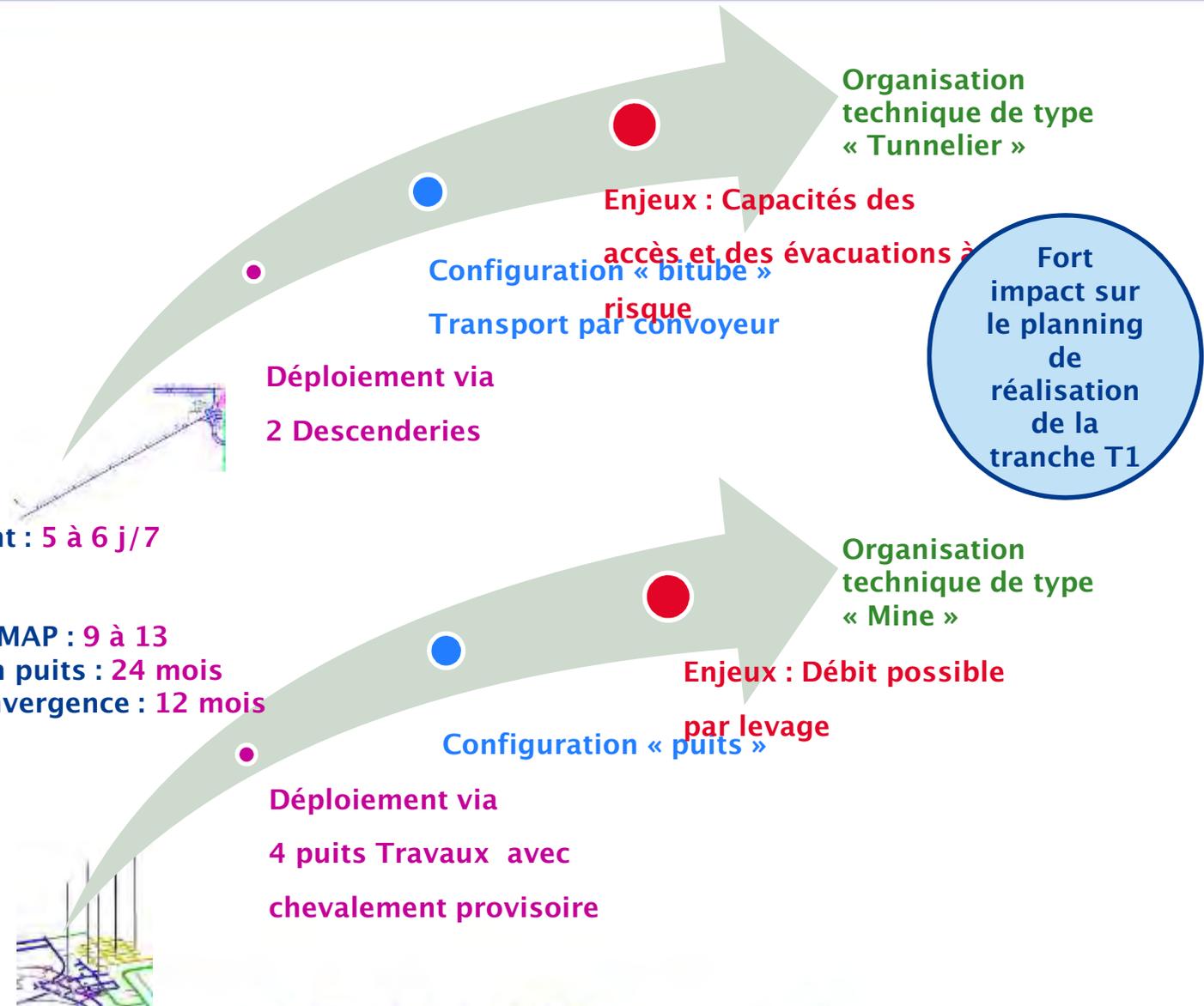
Béton en place	2016 - 2030
Béton projeté (soutènement)	120 907 m ³
Béton revêtement	
Béton coffré	360 476 m ³
Bourrage	50 881 m ³
Revêtements spécifiques puits	62 901 m ³
Autres bétons	
GC : radiers provisoires	469 065 m ³
GC : radiers définitifs	270 074 m ³
2 nd œuvre	19 962 m ³
Total	1 354 266 m³



Liaison Surface
Fond
Souterrain

Hypothèses :

- Efficience au creusement : 5 à 6 j/7
- Tunnelier : 15 à 17 m/j
- BRH : 1,5 à 2 m/j
- Nombre d'ateliers BRH, MAP : 9 à 13
- Délai de réalisation d'un puits : 24 mois
- Délai d'attente pour convergence : 12 mois
-



Liaison Surface
Fond

Souterrain



Micro tunnelier, HA



Tête d'un Micro tunnelier, HA



Outil de fonçage, Puits

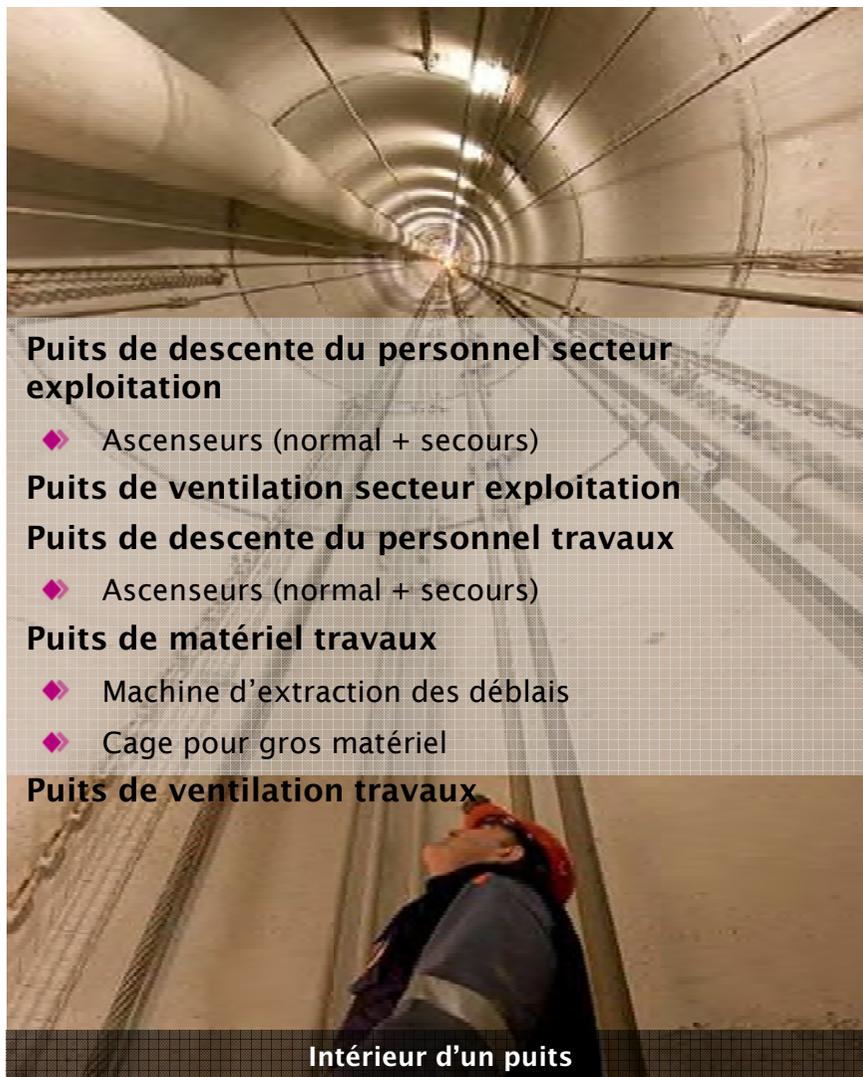


Trépan-benne pour paroi moulée,
Puits



Jumbo de fonçage, Puits

Liaison Surface
Fond
Souterrain



Puits de descente du personnel secteur exploitation

- ◆ Ascenseurs (normal + secours)

Puits de ventilation secteur exploitation

Puits de descente du personnel travaux

- ◆ Ascenseurs (normal + secours)

Puits de matériel travaux

- ◆ Machine d'extraction des déblais
- ◆ Cage pour gros matériel

Puits de ventilation travaux

Intérieur d'un puits



Tête de puits



Machinerie d'ascenseur

Liaison Surface
Fond

Souterrain

La construction de l'ensemble de Cigéo compte de **nombreux enjeux généraux**, dont chacun peut avoir un **impact sur le déploiement du Projet** :



- ◆ **Accidentologie** : pas d'accident de personnel)
- ◆ **Incendie** : pas de départ de feu, pas d'impasse)
- ◆ **Durabilité** : pas d'accident de structure
- ◆ **Environnement** : pas de pollution vers l'extérieur du site)
- ◆ **Délais** : pas de dérapage majeur du planning)
- ◆ **Implication forte des autorités locales et régionales** : pouvant apporter des contraintes techniques (trafic routier, emploi local...)
- ◆ **Implication forte des Evaluateurs** : (ASN, IRSN...) ne donnant pas le droit à l'erreur
- ◆ **Implication forte de l'Etat** : (lois, décrets relatifs à Cigéo...)
- ◆ **Implication des groupes anti-nucléaires** : nécessitant un « zéro faute »
- ◆ **Durée importante de construction** : nécessitant une adaptation du Projet (construction et exploitation) à l'évolution de la réglementation

« Et le moins cher possible



Image d'ambiance du bâtiment de contrôle et de préparation des déchets

Merci de votre attention

