

Sommaire

Présentation	2
Géologie	3
Projet	4-5
Méthode et phasage des travaux	6-7
La galerie de Malleray en bref	8



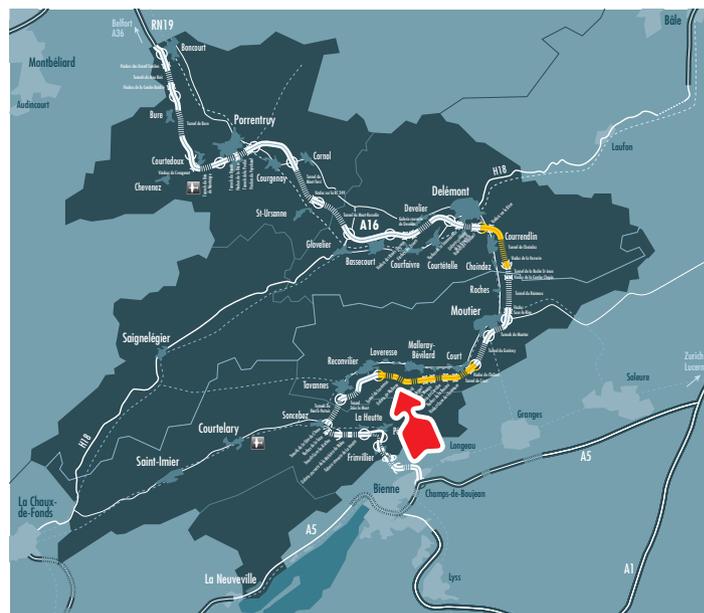
PRÉSENTATION

La galerie couverte A16 de Malleray est un ouvrage de 548 mètres de longueur. Il s'agit d'un tube unique destiné à un trafic bidirectionnel et situé au Sud-Ouest du village éponyme. Le passage de la route nationale en souterrain dans cette zone est issu de la volonté de réduire au minimum les emprises sur les terres agricoles. Le choix de la construction à ciel ouvert plutôt qu'en tunnel est dicté principalement par les conditions topographiques (faible profondeur) et géologiques (terrains de mauvaise qualité).

Une galerie technique sous la chaussée abrite tous les câbles d'alimentation des divers équipements d'exploitation et de sécurité du tunnel ainsi que la conduite d'eau de défense incendie. Au milieu du tunnel, un escalier assure l'accès à cette galerie et permet de quitter l'espace trafic en cas d'urgence, par exemple lors d'un incendie. Cet escalier est accessible par une porte coulissante étanche.

A chaque portail, une centrale technique est collée à la galerie du côté du trafic entrant. Ces deux bâtiments abritent les équipements d'exploitation et de sécurité.

Les travaux d'excavation de la fouille ont commencé au début de l'année 2012 et se sont terminés en mars 2014. Les structures en bétons seront réalisées jusqu'en 2015 et la galerie sera complètement remblayée à l'horizon 2016.





GÉOLOGIE

Le sousbassement rocheux traversé par la galerie de Malleray appartient à la molasse d'eau douce inférieure, vieille d'environ 25 millions d'années (étage géologique: Chattien). Il s'agit de terrains sédimentaires formés dans des plaines d'épandages fluviales soumises localement à des incursions marines.

La variabilité de la nature et de la dureté de ces roches est caractéristique: on y trouve en alternance principalement des niveaux d'épaisseur métrique de marnes, de siltites et de grès très tendres ou durs. Des niveaux de calcaires ou de marnes lacustres plus ou moins riches en particules bitumineuses apparaissent localement. De l'eau souterraine, parfois en pression, circule principalement dans les fissures présentes dans les niveaux calcaires ou gréseux.

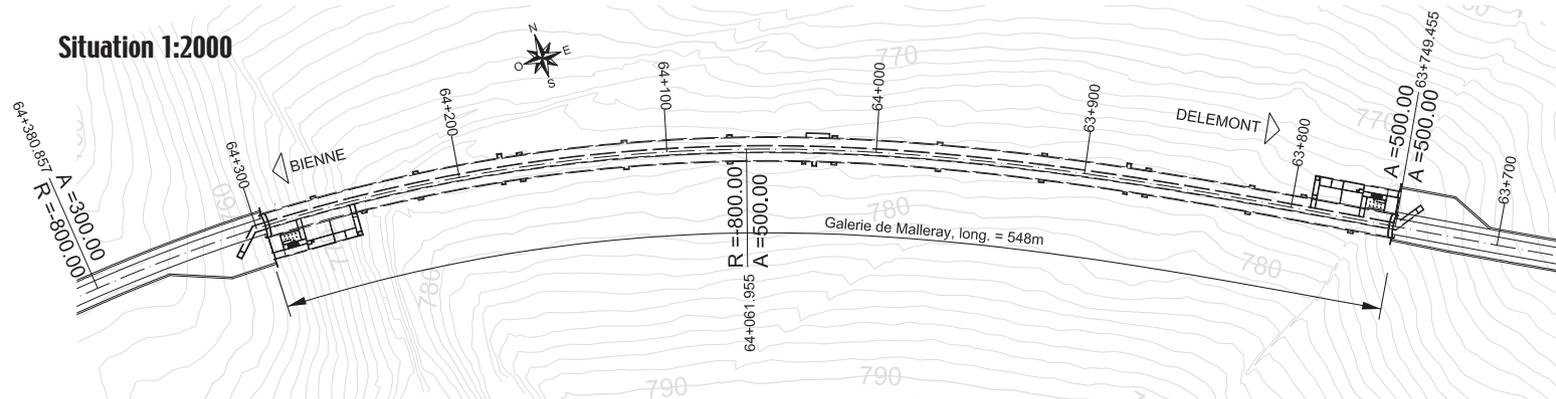
Dans le secteur de la galerie, le pendage des couches est assez régulier, d'environ 10° dans le sens de la pente topographique.

La partie sommitale du massif rocheux, jusqu'à une profondeur de 5 à 10 mètres sous la surface topographique, a subi une importante perte de cimentation due à l'altération principalement exercée par les eaux d'infiltration. Les grès ont été transformés en sable meuble et les marnes en limon argileux plastique de mauvaise tenue. Dans la tranche tout à fait proche de la surface (1 à 2 m), la molasse est complètement désagrégée: ces terrains deviennent alors des « colluvions ».

Au portail Ouest de la galerie, les travaux d'excavation ont recoupé un ancien glissement contenant de nombreux gros troncs d'arbres, soit encore en pied, soit arrachés et couchés. L'écorce était encore présente et dans les racines de certains troncs, on pouvait encore trouver des mottes du sol forestier originel. Après étude géologique du site et datation chronologique des troncs (comptage des cernes de croissance) par le service archéologique du canton de Berne, il s'avère que la configuration de ce site est le résultat de l'arrivée subite d'une coulée boueuse dont le départ, encore bien visible dans la morphologie, se situait à plus de 700 m à l'amont du tracé de la N16. Cet événement aurait eu lieu en l'an 3435 avant J.-C.

Avant les travaux de creusage de l'ouvrage, 29 forages carottés avaient été réalisés afin de reconnaître la structure géologique du massif rocheux et d'évaluer les caractéristiques mécaniques des différentes roches. Des tubes inclinométriques ont été installés pour pouvoir mesurer d'éventuels mouvements de terrain avant, pendant et après les travaux.

Situation 1:2000



PROJET

Le projet définitif du tronçon Tignes-Loveresse a été approuvé par la Confédération (DETEC) en 2001.

La galerie se développe sur une longueur totale de 548 mètres et s'inscrit sur le tracé de l'A16 en présentant une courbe à rayon variable. Cet ouvrage est situé à 1.5 kilomètre à l'est de la jonction de Loveresse et en est séparé par le tunnel éponyme. La galerie est en pente de 1.8% en direction de Bienne. La différence altimétrique entre les deux portails est d'environ 9 mètres.

De type monotube, la galerie fait partie d'un tronçon d'autoroute de deuxième classe, avec une chaussée à deux voies et un régime de trafic bidirectionnel. Ces deux voies suffisent à absorber le trafic prévisionnel.

La galerie est une tranchée couverte. Sa construction débute par l'excavation d'une fouille en tranchée sur toute la longueur de l'ouvrage. Les parois de cette fouille, qui atteint 23 mètres de profondeur, sont soutenues à l'amont et à l'aval par des parois de pieux ancrées. Après la réalisation de l'anneau en béton armé, la fouille est entièrement remblayée. Au final, l'utilisateur ne pourra pas faire la distinction entre la galerie et un tunnel excavé en souterrain.

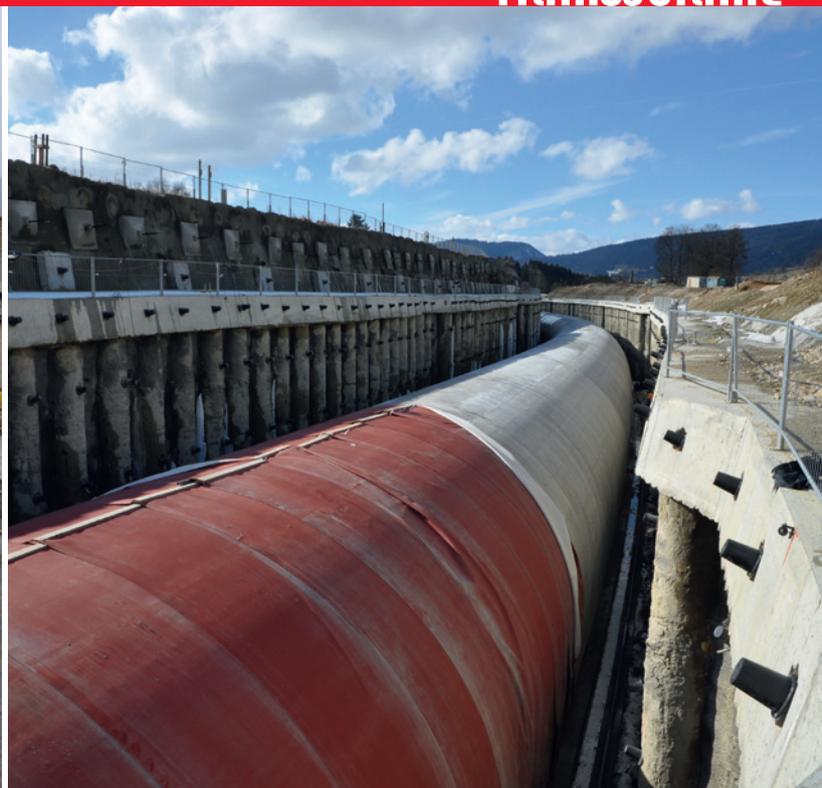
La structure de la galerie est un anneau en béton coulé en place dont la partie inférieure (le radier contre-voûte) est épaisse de 50 centimètres et dont la partie supérieure (la voûte) est épaisse de 40 centimètres.

L'étanchéité de la galerie est constituée d'un lé de bitume polymère (LBP) de cinq millimètres collé sur la voûte. Une natte de protection appliquée sur le lé avant remblayage complète le dispositif.

La chaussée, d'une largeur de 7.75 mètres, est bordée par des trottoirs d'environ 1.3 mètre.

La superstructure de la chaussée est constituée de trois couches de revêtements bitumineux d'une épaisseur totale de 20 centimètres.

Au milieu de la galerie se trouve l'issue de secours qui donne accès au chemin de fuite empruntant la galerie technique située sous la chaussée. Tous les 150 mètres se trouvent des niches SOS, équipées d'un téléphone de secours et d'un extincteur. Les niches qui accueillent les bornes hydrantes pour la défense incendie respectent le même intervalle.



Deux centrales techniques, une à chaque extrémité de la galerie, assurent l'alimentation électrique et disposent de toutes les installations de surveillance et de commande des équipements d'exploitation et de sécurité (EES). À l'état final, les portails seront également remblayés et seules les entrées des centrales techniques resteront visibles.

En raison de la faible longueur de l'ouvrage, la ventilation y est naturelle. Les vents, le trafic et l'effet cheminée participent à l'évacuation suffisante des gaz et fumées.

Le concept architectural des portails se distingue par sa simplicité et sa sobriété. Il s'insère dans un concept global uniformisé pour les six ouvrages souterrains entre Tavannes et Court.

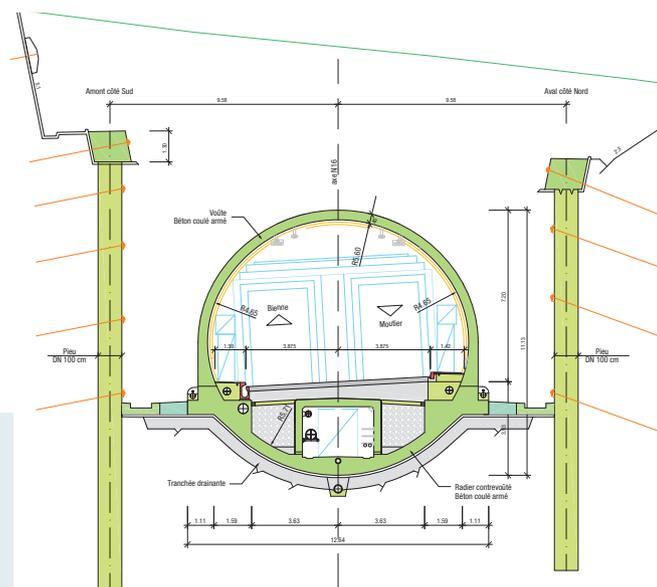
DÉROULEMENT DU CHANTIER

Début des travaux : 31 octobre 2011

Début bétonnage radier contre-voûté : mars 2014

Fin des travaux : été 2016

Coûts de construction : 54 millions de francs
(sans les équipements d'exploitation et de sécurité)





MÉTHODE ET PHASAGE DES TRAVAUX

La galerie de Malleray est un ouvrage souterrain de type tranchée couverte. Les travaux menant à la réalisation d'un tel ouvrage sont une succession d'opérations dont la cadence, multipliée par le nombre d'étapes à réaliser, détermine la durée du chantier. A Malleray, ce train d'opérations a avancé depuis le portail ouest en direction du portail est.

TERRASSEMENT ET SOUTÈNEMENT

La première action consiste à décaper précautionneusement la surface de terre végétale. La terre est stockée, en bord de chantier, en tas de maximum deux mètres de hauteur ensemencés et régulièrement fauchés. De cette manière, la terre reste fertile et elle permet de rétablir les sols après le remblayage pour les rendre à l'agriculture.

La deuxième action, dans le cas de Malleray, est le drainage systématique des terrains en amont de l'ouvrage par la réalisation de tranchées longues de 37 mètres environ, perpendiculaires à l'axe A16, de trois mètres de profondeur et espacées de dix mètres.

Les excavations se déroulent en deux phases principales: la pré-fouille et la fouille en tranchée.

La pré-fouille en pleine masse permet d'atteindre le niveau de la plateforme qui accueillera les engins nécessaires à la confection des pieux forés qui soutiendront la fouille en tranchée. A Malleray, cette pré-fouille atteint au maximum six mètres de

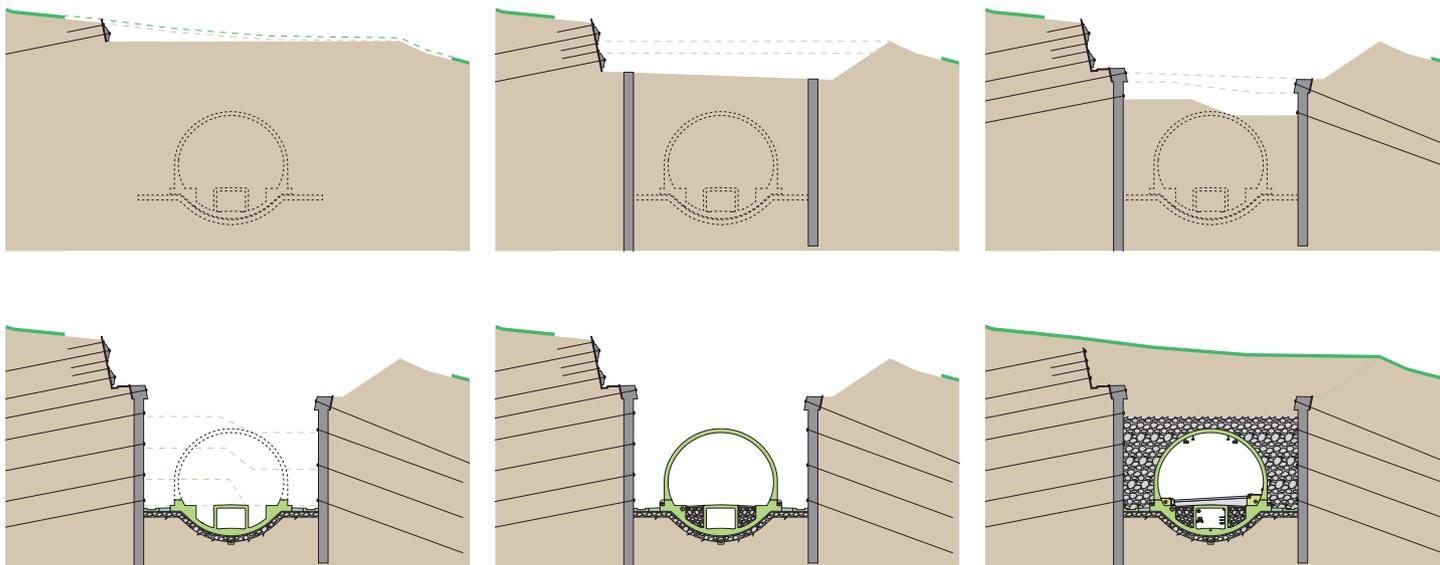
profondeur. Le bord nord (aval) de la pré-fouille est simplement taluté alors que le bord sud (amont) est recouvert de béton projeté armé et stabilisé par des ancrages passifs (barres scellées longueur 5 à 10 m) et des ancrages actifs (câbles scellés, longueur 24 à 36 m, précontrainte 335 à 670 kN par câble). Le terrassement est approfondi par étapes de 1.50 mètre pour la mise en place progressive des ancrages à chaque niveau.

Depuis le niveau atteint avec la pré-fouille, les pieux sont forés, armés et bétonnés tous les deux mètres du côté nord et du côté sud de la future fouille en tranchée. Les pieux présentent une longueur de 10.5 à 20.5 mètres pour un diamètre de 1 mètre. Une longrine en béton armé couronne chaque paroi de pieux et des ancrages précontraints stabilisent ces poutres. La fouille excavée entre les parois de pieux a 16 mètres de largeur et jusqu'à 18 mètres de profondeur. Le terrassement abaisse la fouille par étapes de trois à quatre mètres pour permettre la mise en place successive de 4 rangées d'ancrages précontraints au sud et de trois rangées au nord (câbles scellés, longueur 16 à 36 m, précontrainte 335 à 670 kN par câble). Au fur et à mesure de l'excavation, l'espace de terrain mis à jour entre les pieux est armé et revêtu de béton projeté.

Dès que le fonds de fouille est atteint, on procède à l'excavation supplémentaire semi-cylindrique pour le radier contre-voûté. Un drain longitudinal est confectionné, puis la forme (rayon 6.21 m) est façonnée avec du béton de propreté.

CONSTRUCTION DE LA GALERIE

Les 548 mètres de la galerie sont divisés en 44 étapes de 12.5 mètres de longueur. Une section complète d'une étape d'anneau en béton armé est formée de trois parties: le radier contre-voûté (rayon intérieur 5.71 m) qui représente la partie inférieure du cylindre, comprenant aussi les élargissements linéaires des fondations et l'amorce de la voûte; la voûte (rayon intérieur 4.65 m latéralement et 5.60 m en calotte) qui est la partie supérieure du cylindre; la galerie technique qui repose au creux du radier contre-voûté. L'entrepreneur a, de plus, choisi de bétonner le radier contre-voûté en deux phases: d'abord la partie inférieure centrale puis les deux parties latérales.



Les phases de construction sont identiques pour la réalisation de chacune des 44 étapes de 5 éléments bétonnés constituant la galerie : pose de l'armature, incorporation des tubes et canalisations, coffrage, bétonnage, traitement de cure des surfaces non coffrées pour limiter la fissuration, décoffrage, traitement de cure des surfaces décoffrées.

La pose des aciers d'armature est facilitée par la confection de cages pré-assemblées sur le chantier. Le ferrailage de la voûte est réalisé selon une méthode inédite, car il est effectué sans le coffrage. L'armature autoportante est supportée par des cintres réticulés utilisés habituellement pour le soutènement d'un tunnel. Ces arcs portants, formés de barres d'armature courbées et assemblées par soudage en usine, sont intégrés dans le maillage du ferrailage. Espacés de 1.85 mètre, ils maintiennent les cages d'armature transversales et les barres longitudinales inférieures et supérieures. Les ferrailleurs travaillent depuis un chariot spécialement élaboré, ce qui leur permet de progresser indépendamment. Ce système présente l'avantage de pouvoir poser les aciers et les éléments incorporés dans d'excellentes conditions et sans que le travail de coffrage et de bétonnage de la voûte soit retardé par les tâches des ferrailleurs. Chaque équipe travaille ainsi au maximum de son efficacité.

Les coffrages sont des outils mécaniques mobiles développés pour chacune des parties de la section. Ils permettent de bétonner avec précision les 12.5 mètres d'une étape, sauf pour le coffrage de la galerie technique (GAT) dont la longueur de 25 mètres couvre deux étapes d'un coup. Pour la GAT et la voûte, des contre-coffrages ferment les moules par l'extérieur avant le bétonnage.

Le béton jeune est protégé des variations de température et de la dessiccation par des nattes thermiques et hydriques déposées sur les faces supérieures et par des nattes de même type étendues sur des chariots de cure qui s'insèrent sous la voûte.

Les chariots de ferrailage et de cure ainsi que les coffrages-outils sont déplacés d'étape en étape sur des voies ferrées, tout comme les deux portiques-grues qui assurent le transport des charges à pied d'œuvre.

Les ateliers opérants aux phases de travail se suivent avec quelques étapes de décalage et forment ainsi un train après le passage duquel la galerie est construite.

La construction des locaux techniques, à l'est et à l'ouest de l'ouvrage, achève de manière traditionnelle les travaux de béton armé.

ÉTANCHÉITÉ, REMBLAYAGE ET AMÉNAGEMENTS INTÉRIEURS

Pour protéger l'ouvrage des infiltrations d'eau, la galerie est recouverte d'une étanchéité en lés de bitume polymère de cinq millimètres d'épaisseur collés en plein. La surface de béton est préalablement nettoyée à haute pression et les pores et fissures sont bouchés au bitume à froid. L'étanchéité est recouverte de nattes drainantes à haute résistance mécanique pour la préserver des perforations par le matériel de remblayage.

Du ballast drainant est remblayé contre l'ouvrage pour faciliter l'évacuation de l'eau vers les drains et empêcher la mise en pression de l'eau contre la galerie. Le matériel d'excavation est ensuite remis en place sur la voûte puis compacté par couches successives. De la grave d'apport est nécessaire au remblayage des portails pour garantir la stabilité des talus. Les terres agricoles sont reconstituées avec la remise en place des sols stockés dans ce but. L'aspect architectural des portails est conféré par la confection, de part et d'autre de l'entrée de la galerie, de parois en gabions métalliques remplis de pierre calcaire concassée de la région.

A l'intérieur de la galerie, la chaussée et les trottoirs sont revêtus d'enrobés bitumineux. Ensuite une peinture blanche, appliquée en trois couches sur les parements, apporte de la clarté pour renforcer l'effet de l'éclairage. Les équipements d'exploitation et de sécurité, dont la signalisation des issues de secours, les niches SOS et les hydrants pour la défense incendie, sont installés. Les locaux techniques reçoivent les installations d'alimentation en eau, les raccordements électriques, les liaisons de télécommunication, de surveillance et de gestion. La galerie technique servant de chemin de fuite est mise en légère surpression au moyen de ventilateurs pour y assurer un air frais et pur en permanence, même en cas d'incendie. Avant la mise en service de l'ouvrage, des tests de toutes les installations doivent être effectués.

GALERIE COUVERTE DE MALLERAY EN BREF

Longueur totale: 548 m

Chaussée bidirectionnelle, largeur: 7.75 m

Profil en long: pente de 1.8% en direction de Biene

Dévers: de 3 à 5.5%, à pente unique

Géologie: molasse d'eau douce inférieure

Couverture maximale: 12 m

Volume d'excavation totale: 219'000 m³

Volume de remblayage sur l'ouvrage: 115'500 m³

Pieux forés-tubés: diamètre 100 cm, 10'500 m

Tirants d'ancrages actifs: 2'650 p

Tirants d'ancrages passifs (clous): 1'210 p

Béton:

- Projété: 1'500 m³
- Coulé: 13'900 m³

Locaux techniques: 300 m² à chaque portail

Issue de secours: 1 accès au chemin de fuite au centre du tunnel

Chemin de fuite: galerie technique placée sous la chaussée

Ventilation: naturelle

Niches hydrant: 3

Niches SOS: 3

