

Section transfrontalière du Lyon-Turin : apports des campagnes de reconnaissances de phase Projet sur les sites à l'air libre côté France

Lyon-Turin cross-border section: contributions from the study phase exploration campaigns to the French open-air work sites

Jérôme SENEMAUD, Tunnel Euralpin Lyon-Turin, Le Bourget du Lac, France

Maria Elena PARISI, Tunnel Euralpin Lyon-Turin, Turin, Italie

Pascal SCHRIQUI, Tunnel Euralpin Lyon-Turin, Le Bourget du Lac, France

Clément PONCET, Tunnel Euralpin Lyon-Turin, Le Bourget du Lac, France

Lorenzo BRINO, Tunnel Euralpin Lyon-Turin, Turin, Italie

Résumé

Le projet de la section transfrontalière du Lyon-Turin aborde une nouvelle phase avec le passage des études aux travaux de construction du Tunnel de Base du Montcenis proprement dit. Ces travaux, principalement souterrains, nécessitent des aménagements extérieurs et ce dans un contexte géomorphologique et foncier extrêmement contraint. C'est dans cet environnement peu adapté aux aménagements que des sites de dépôts et de travaux sont implantés. Afin de réduire au plus les risques identifiés ainsi que de préciser les conditions géologiques, géotechniques et hydrogéologiques de ces sites, des reconnaissances sont définies et réalisées dans le cadre des phases d'études.

Cet article s'attachera à mettre en lumière les enjeux d'aménagements et les éléments de réponse que peuvent apporter les campagnes de reconnaissances à travers deux types d'aménagements :

- Les sites à l'air libre, dédiés au stockage des matériaux avec principalement une problématique de stabilité de pente des remblais issus du creusement du Tunnel de Base, ainsi qu'une problématique de surveillance de la nappe (Loi sur l'Eau). Le site des Resses sera plus particulièrement développé,
- La piste de contournement de Modane, dite piste A43, accès à la descenderie de Villarodin-Bourget / Modane, avec un sujet relatif à la création d'une galerie au milieu du tracé pour s'affranchir de l'interaction avec un tunnel SNCF.

Les objectifs pour lesquels ces reconnaissances ont été déclenchées ainsi que les résultats obtenus seront développés, notamment vis-à-vis du Projet de Référence Final (PRF).

Abstract

The planned cross-border section of the Lyon-Turin railway link is moving into a new phase with the transition from engineering studies to the construction of the Mont Cenis Base Tunnel proper. This mainly underground work requires external developments in the context of a severely constrained geomorphological terrain. Deposit and work sites have been established in this very difficult environment. In the study phases it was decided to carry out exploration work in this area so as to mitigate the risks identified and gain full knowledge of the geological, geotechnical and hydrogeological conditions of these sites.

This paper will focus on highlighting the development issues and potential solutions that can be provided by geological explorations through two types of development:

- Open-air sites used to store materials with the main problems being slope stability of the backfill from excavating the Base Tunnel as well as the need to monitor the water table (Loi sur l'Eau - the Water Act). Most development work will focus on the Resses site,
- The Modane bypass, known as Piste A43, access to the Villarodin-Bourget/ Modane descent, with the creation of a gallery in the middle of the route to be free of any interaction with an SNCF tunnel.

The results of these explorations will enable goals to be set in particular with respect to the Final Reference Project (PRF).

Section transfrontalière du Lyon-Turin : apports des campagnes de reconnaissances de phase Projet sur les sites à l'air libre côté France

Lyon-Turin cross-border section: contributions from the study phase exploration campaigns to the French open-air work sites

Jérôme SENEMAUD, Tunnel Euralpin Lyon-Turin, Le Bourget du Lac, France

Maria Elena PARISI, Tunnel Euralpin Lyon-Turin, Turin, Italie

Pascal SCHRIQUI, Tunnel Euralpin Lyon-Turin, Le Bourget du Lac, France

Clément PONCET, Tunnel Euralpin Lyon-Turin, Le Bourget du Lac, France

Lorenzo BRINO, Tunnel Euralpin Lyon-Turin, Turin, Italie

1 Introduction

Le projet européen de la section transfrontalière du Lyon-Turin a débuté dans les années 90 avec la démonstration des besoins en termes de transports ferrés et la justification de la nécessité de construire cette voie de communication. S'en est suivi la démonstration de la faisabilité du projet puis les différentes phases d'études.

Au niveau géologique (s. l.), les phases de reconnaissances et d'études se sont ensuite enchaînées afin d'acquérir suffisamment de données d'entrée pour permettre de bâtir un modèle géologique à l'échelle du projet et de réduire les risques liés à la géologie sur les différents Chantiers Opérationnels TELT.

La figure 1 permet de visualiser la répartition de ces Chantiers Opérationnels :

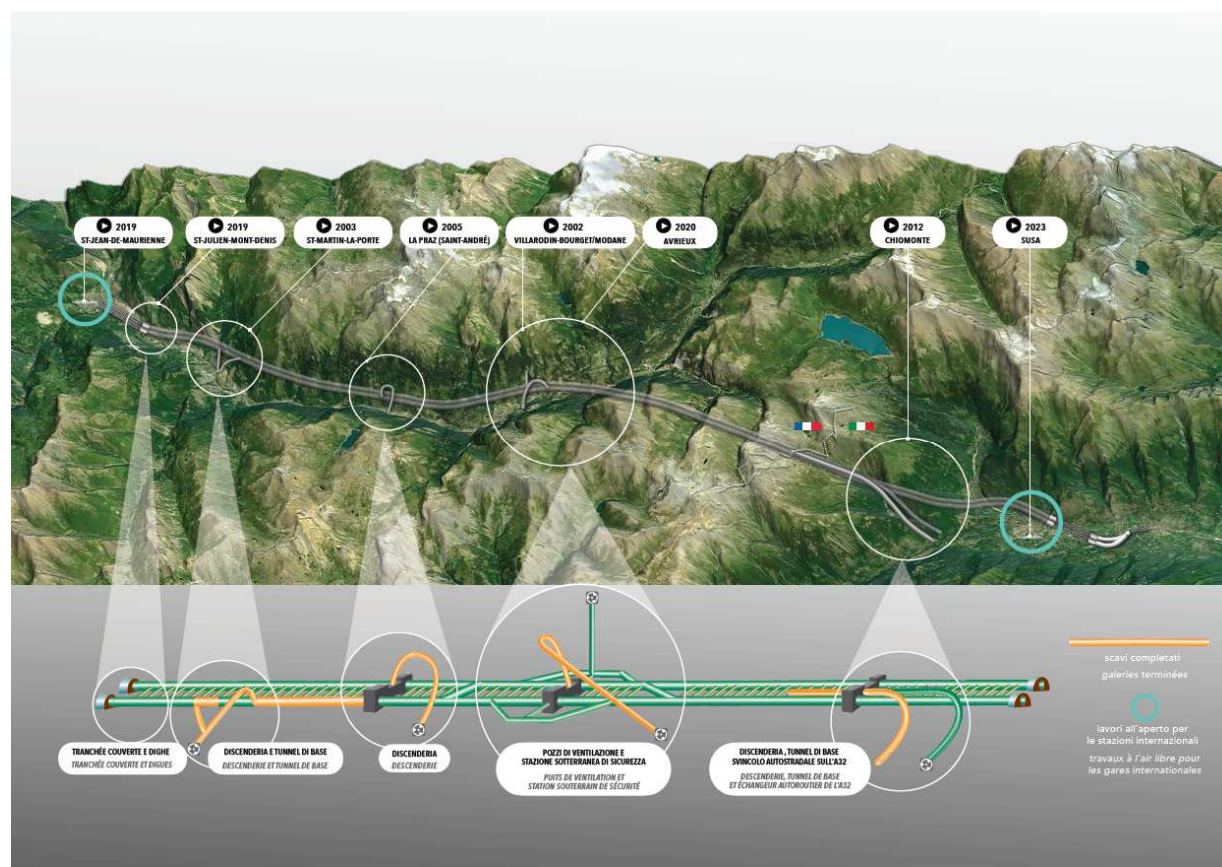


Figure 1. Répartition des Chantiers Opérationnels TELT

La dernière phase d'études avant la rédaction du DCE du tunnel de Base a été la phase projet (PRO). Elle s'est basée sur les études du Projet de Référence Final (PRF) qui s'est terminée en 2017 avec, au niveau géologique, la définition d'un modèle géologique, le design des ouvrages, une définition des risques résiduels et un programme de reconnaissances à réaliser, lors de la phase d'études suivante, pour les sites à l'air libre. Ont été associés à cela un planning de réalisation associé à un coût certifié.

La phase PRO a logiquement repris le programme du PRF et des reconnaissances ont ainsi été réalisées et intégrées aux études.

Après une présentation des sites à l'air libre côté français du projet de la section transfrontalière du Lyon-Turin, 2 exemples seront détaillés avec l'apport amené par la campagne de reconnaissances de phase PRO.

2 Présentation des sites dans le cadre du projet tunnel

Les sites à l'air libre sur ce projet sont répartis en 4 types :

- Sites industriels : ce sont principalement les plateformes qui donnent accès aux attaques du Tunnel de Base,
- Sites logistiques et dépôts provisoires : ces sites permettent entre autres le classement et la transformation des matériaux d'excavation (MATEX) avant un stockage définitif ou une valorisation. Ce processus met en œuvre les principes de la recommandation du GT35 de l'AFTES (La Gestion et l'Empli des Matériaux Excavés)
- Dépôts définitifs : ces sites reçoivent de manière définitive les matériaux qui ne sont pas valorisables. On compte parmi eux le dépôt des Resses ou celui des Tierces,
- Accès et pistes : ces aménagements provisoires sont créés dans un but de faire transiter les MATEX en minimisant les nuisances vis-à-vis des riverains. Ce sont les convoyeurs et les pistes. Un de ces aménagements est La Piste de contournement de Modane, dite Piste A43 qui présente une galerie constituée l'un des aménagements à l'air libre du projet.

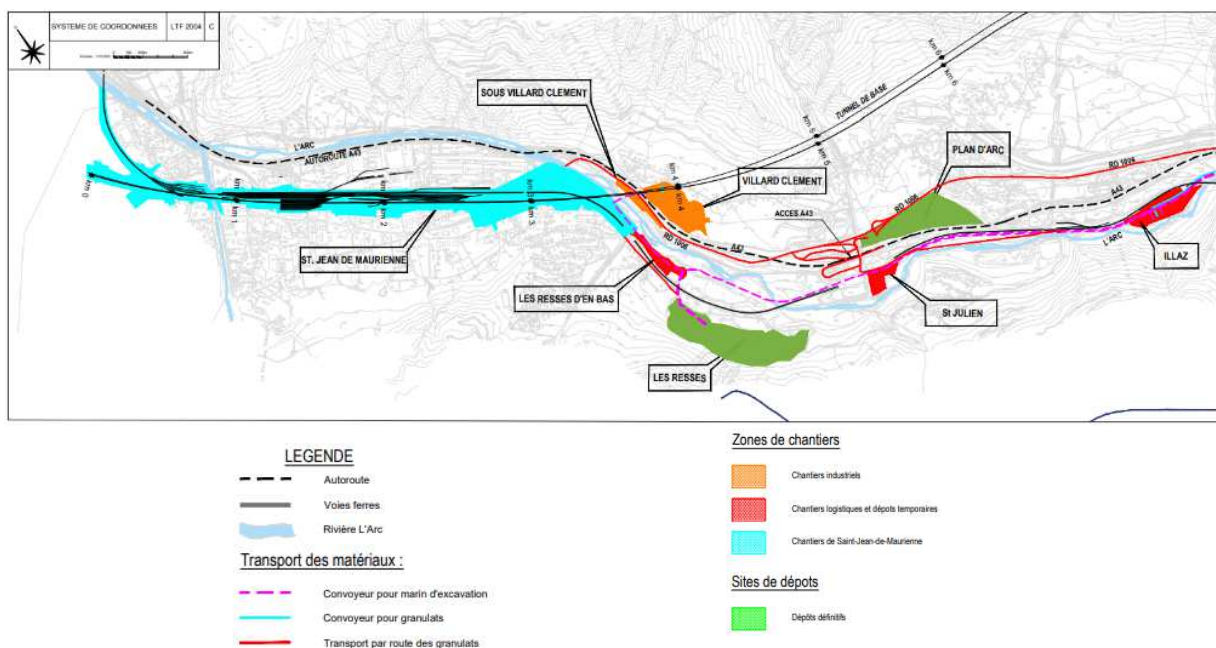


Figure 2. Sites à l'air libre Chantiers Opérationnels CO 6-7

3 Exemple d'un site de dépôt définitif aux Resses

Le site des Resses va être utilisé comme dépôt définitif pour le stockage de matériaux non valorisables issus du creusement du Tunnel de Base. Ce site, situé sur la commune de Villargondran, se trouve en pied de versant, en rive gauche de l'Arc, avec une extension de l'ordre de 1 km (dans le sens de la vallée de l'Arc). La hauteur maximale de ce dépôt est de l'ordre de 35 m. Une vue en plan est présentée ci-après :

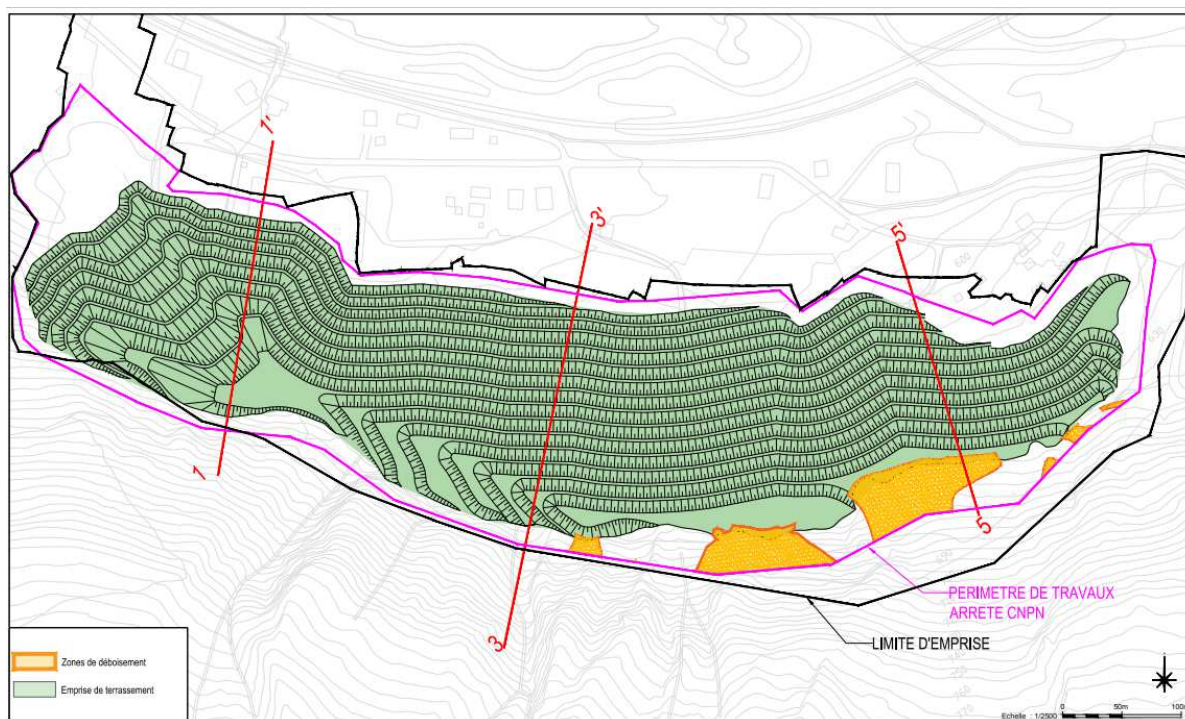


Figure 3. Vue en plan dépôt des Resses

Le versant est constitué par des falaises rocheuses (Flysch du Cheval Noir de la zone ultra-dauphinoise). Le pied de versant est occupé par des matériaux d'éboulis et de cône de déjection qui reposent sur les alluvions récentes de l'Arc.

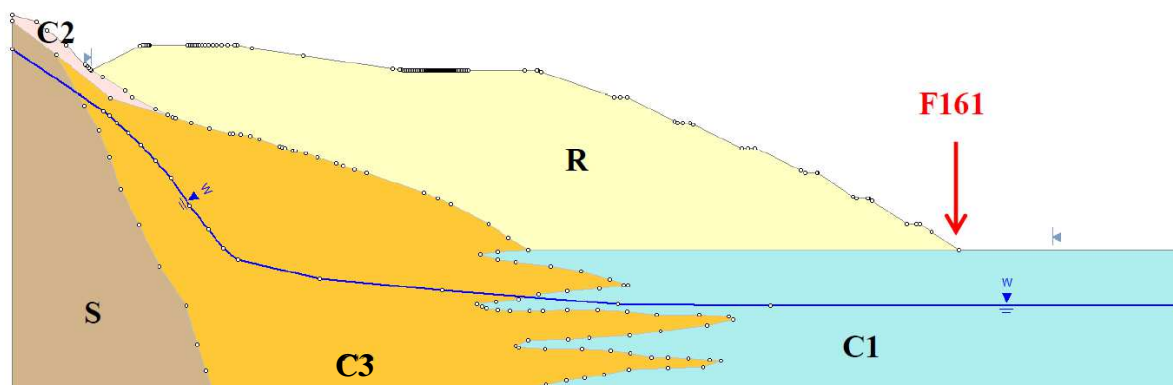


Figure 4. Coupe transversale 1-1'

Légende :

R : remblai ; S : substratum rocheux ; C1 : alluvions récentes ; C2 : débris de schistes ardoisiers ; C3 : matériaux du cône de déjection de Montricher-le-Bocher

Les enjeux géotechniques liés à ce type d'aménagement sont liés à la stabilité du remblai du dépôt et aux tassements absolus et différentiels des terrains de fondation, induits par ce remblai. La justification de ce remblai nécessite une bonne connaissance des caractéristiques mécaniques et de la portance des terrains de fondations. On notera aussi l'importance vis-à-vis de la stabilité des caractéristiques mécaniques des matériaux du remblai en eux-mêmes, issus du creusement des tunnels. Un suivi des tassements du remblai et de sa fondation apparaît aussi tout à fait important.

Les données d'entrée utilisées pour établir les études du PRF étaient bien adaptées. Pour la phase PRO, il a été nécessaire de les compléter afin d'accroître le niveau de connaissances des conditions géologiques, géotechniques et hydrogéologiques de la zone et ainsi permettre d'établir des hypothèses de calcul les plus représentatives possibles.

Les reconnaissances disponibles au stade du PRF étaient les suivantes :

- 5 profils géophysiques de sismique des ondes de surface MASW (Multiple analysis of surface waves) de 46 m,
- 4 sondages carottés, d'une profondeur de 30 à 50 m,
- 4 forages destructifs avec essais pressiométriques, d'une profondeur de 30 à 50 m, avec enregistrement des paramètres de forage,
- 12 essais Lefranc et Nasberg,
- 4 forages équipés d'un tube piézométrique avec suivi piézométrique,
- Essais de laboratoire : essais pour détermination des classes GTR (Guide Technique du SETRA/ LCPC sur la Réalisation des remblais et couches de forme) et essais de cisaillement à la boîte.

La campagne de reconnaissances PRO a permis de densifier le maillage des investigations pour un bon niveau de représentativité et d'acquérir plus de données pour un meilleur traitement statistique. Elle aura aussi permis et de traiter des sujets comme l'analyse de l'aléa liquéfaction et la position du toit du substratum ainsi que de permettre la mise en place d'inclinomètres pour le suivi futur d'éventuelles déformations induites par la réalisation du remblai du dépôt.

Les reconnaissances de niveau PRO ont été les suivantes :

- 7 sondages carottés de 28 à 30 m,
- 2 sondages destructifs de 30 m de profondeur, avec enregistrement des paramètres de forage,
- 10 sondages destructifs avec essais pressiométriques, de 30 à 50 m de profondeur,
- 3 sondages à la pelle
- Diagraphie gamma-ray dans les sondages carottés et destructifs,
- 1 sondage SPT, de 25 m de profondeur,
- 3 forages équipés d'un tube inclinométrique,
- 5 forages équipés d'un tube piézométrique, avec suivi mensuel sur un an au minimum,
- Essais de laboratoire (essais pour détermination des classes GTR et essais de cisaillement à la boîte, essai IPI ou Indice de Portance Immédiat).

Le plan d'implantation suivant présente les investigations du PRF, en noir et celles de phase PRO, sur fond blanc et encadré de rouge :

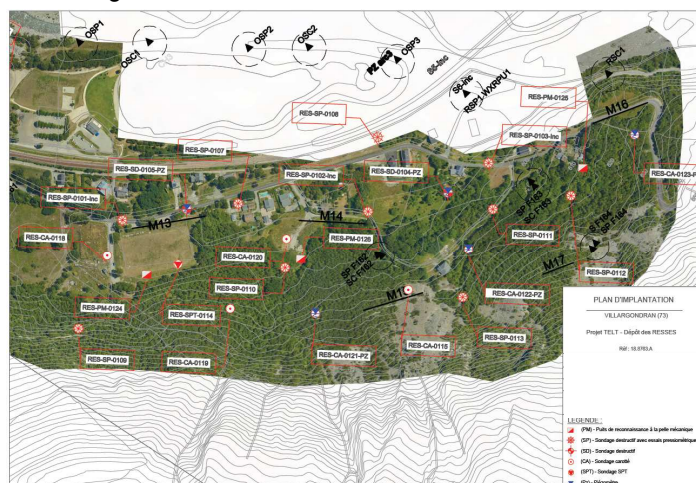


Figure 5. Implantation des reconnaissances dans les emprises du dépôt des Resses

Les résultats obtenus ont permis de préciser les points suivants :

- Meilleure connaissance de la coupe géologique avec position du toit du substratum rocheux sous les éboulis et les alluvions,
- Précision sur les caractéristiques des terrains de fondation du remblai : classe GTR et caractéristiques mécaniques pour les calculs de stabilité du remblai et de tassements,
- Approfondissement des connaissances sur les conditions hydrogéologiques (niveau de nappe) et respect des critères réglementaires de suivi de la nappe liés à la Loi sur l'Eau,
- Analyse de l'aléa liquéfaction des terrains.

Actuellement, les résultats de ces reconnaissances seront intégrés dans le cadre des études d'exécution à la charge du Groupement d'entreprise qui sera choisi à la suite de la procédure d'appel d'offres.

Focus sur la galerie des Resses :

Une galerie existante dans la zone du futur dépôt, la galerie des Resses, permet le captage d'une source. L'entrée de cette galerie se trouve dans l'emprise du remblai du dépôt. Les travaux doivent permettre de conserver l'exploitation de cette source. Il a donc été prévu de prolonger la galerie afin de pérenniser l'écoulement de la source. Après diagnostic en phase d'exécution, une étude de reprise en sous-œuvre sera menée afin de procéder à son renforcement si nécessaire. On retrouve la position en élévation de cette galerie dans les illustrations ci-dessous :

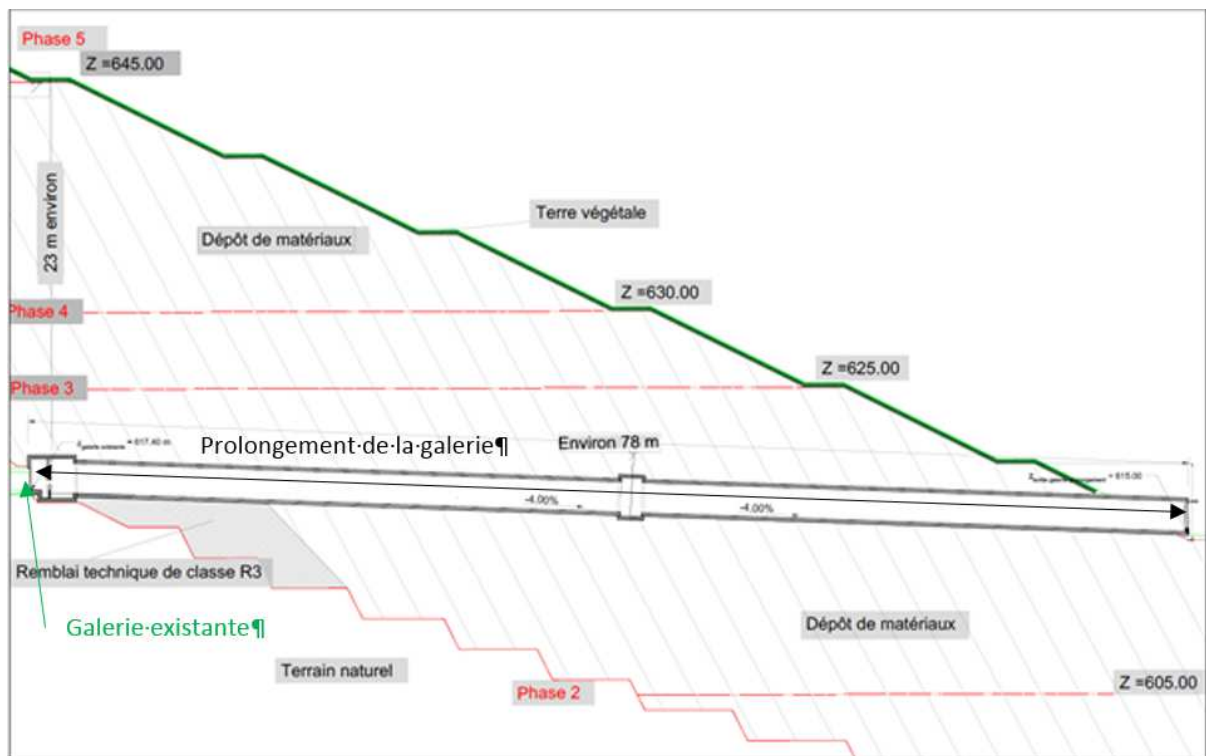


Figure 6. Coupe du dépôt des Resses avec position de la galerie existante et de son prolongement

4 Exemple d'un ouvrage d'accès avec la galerie de la piste A43

La réalisation de la piste de contournement de Modane ou piste A43 a été programmée à la suite de la DUP de 2007 afin de supprimer l'impact des travaux sur les riverains en termes de nuisances comme le bruit ou les poussières. Cette piste doit servir à faire transiter par camions des matériaux et du matériel du portail de la descendière de Villarodin-Bourget/Modane à l'autoroute A43 via la plateforme du tunnel du Fréjus, en limitant au maximum le passage des poids lourds à proximité des habitations.

Le tracé de cette piste a été réparti en différents secteurs dont on retrouve la répartition sur le schéma de circulation suivant :

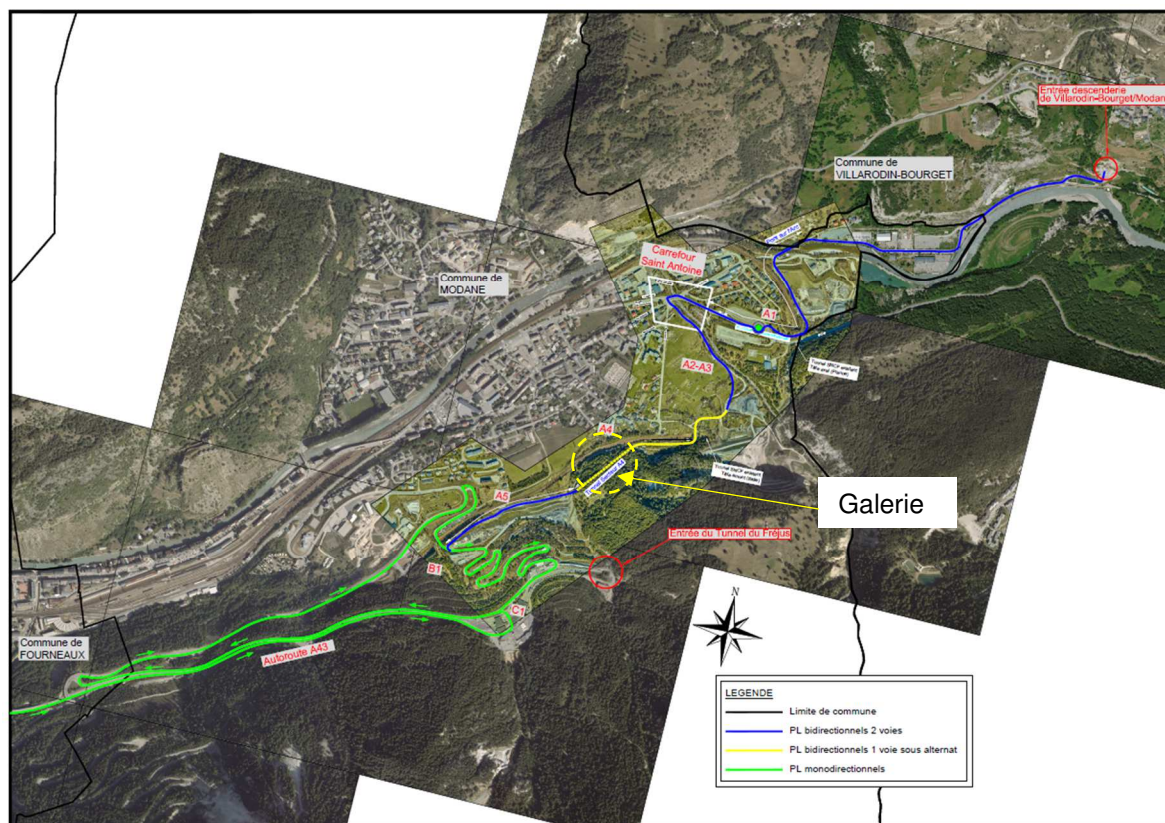


Figure 7. Schéma de circulation de la piste A43 avec indication de la position de la galerie (hors convois exceptionnels)

Sur le tracé, on note l'existence d'une galerie à réaliser dans le secteur A4. D'une longueur de 200 m de long environ et d'une section utile d'environ 45 m², cette galerie a été conçue afin de s'affranchir des contraintes du passage des camions en surplomb des voies SNCF. Elle présentera un seul sens de circulation. Un alternat sera mis en place afin de permettre les 2 sens de circulation.

Cette galerie permet la traversée d'un éperon rocheux composé de gypse, de quartzite, de matériaux hétérogènes tectonisés et recouvert par des éboulis.

La couverture de cette galerie n'est pas très développée avec au maximum 27 m et au niveau des têtes de galerie environ 6 m. Cette configuration impose de réaliser les attaques à partir de parois clouées à réaliser.

On retrouve ci-après la coupe géologique interprétative :



Figure 8. Galerie de la piste A43 – Coupe géologique interprétative

Les principales incertitudes identifiées dans ce secteur sont :

- conditions géologiques et géomécaniques de la réalisation :
 - des têtes de galerie avec une incertitude sur l'épaisseur des formations meubles,
 - du creusement de la galerie avec possibilité de zones tectonisées,
- conditions hydrogéologiques avec des (fortes) venues d'eau,
- présence de cavités ou des cheminées de fontis.

Afin de reconnaître les terrains concernés par la réalisation des futures têtes et de la section courante de la galerie, des reconnaissances et essais ont été effectués :

- 2 sondages carottés sub-horizontaux d'une longueur de 65 à 100 m de profondeur,
- 1 série d'essais de laboratoire pour identification GTR, détermination des caractéristiques mécaniques (dureté, abrasivité, résistance à la compression),
- 3 essais d'arrachement d'ancrage scellés sous effort axial de traction.



Figure 9. Secteur A4 – Tête Amont galerie - Dispositif d'un essai d'arrachement de clous

Les résultats obtenus ont permis de préciser les points suivants :

- caractéristiques géologiques et géomécaniques des terrains à traverser pour réaliser les têtes de galerie et le début de la galerie,
- caractéristiques géomécaniques pour le dimensionnement des parois clouées,
- possibilité de venues d'eau avec un débit important et ponctuel sans possibilité de le prévoir à l'avance (en l'état).

Les résultats de ces reconnaissances ont été exploités et intégrés aux études PRO.

5 Conclusion

La phase d'études du Projet de Référence Final avait permis de justifier la faisabilité des aménagements à l'air libre du projet de section transfrontalière du tunnel Lyon-Turin. La nouvelle phase dite de Projet, précédant la procédure d'Appel d'Offres pour les travaux du tunnel de base, a permis de réaliser les dimensionnements des ouvrages liés à ces aménagements. Ce travail a nécessité l'acquisition de nouvelles données d'entrée. A partir du traitement de ces données, les hypothèses de calcul des ouvrages à l'air libre ont pu être établies. Cette démarche s'inscrit dans le processus de réduction des risques liés au contexte géologique, géotechnique et hydrogéologique qui est mené à chaque étape des études et qui fait l'objet de l'établissement du registre des risques, en application des principes de la recommandation du groupe de travail 32 de l'AFTES. Au niveau des études d'exécution, cette démarche sera poursuivie avec la prise en compte d'éventuelles reconnaissances complémentaires et la réduction des risques résiduels.

6 Références

1. N. Monin, L. Brino, X. Darmendrail, Le projet ferroviaire Lyon-Turin – 20 ans d'études et de reconnaissances techniques pour la conception du tunnel de base, Géologie de l'ingénieur, Hommage à la mémoire de Marcel Arnould, Journée scientifique internationale, CFGI (Comité Français de Géologie de l'Ingénieur et de l'Environnement) et IAEG (International Association for Engineering Geology and the environment), Paris, 12 octobre 2011, pp. 25-40, Presse des Mines
2. N. Monin, L. Brino, A. Chabert, Le tunnel de base de la nouvelle liaison ferroviaire Lyon-Turin : retour d'expérience des ouvrages de reconnaissance, Congrès International AFTES 2014, Lyon, 13-15 octobre 2014
3. Recommandation de l'AFTES n° GT35R1F2, La Gestion et l'Emploi des matériaux excavés, Janvier 2019
4. Recommandation AFTES GT32.R2F1 sur la caractérisation des incertitudes et des risques géologiques, hydrogéologiques et géotechniques, 23/07/2012
5. Recommandations de l'AFTES GT1R1F1 relatives à la caractérisation des massifs rocheux utile à l'étude et à la réalisation des ouvrages souterrains, 29/04/2003
6. SETRA LCPC, Guide Technique Réalisation des remblais et des couches de forme Fascicules 1 & 2, Juillet 2000