



Demande de dérogation à l'interdiction d'addition de radionucléides en application de l'article R.1333-4 du Code de la Santé publique.

Utilisation d'un analyseur neutronique dans la gestion et l'emploi de Matériaux d'Excavation (MATEX) issus des travaux de percement du tunnel de base de la section transfrontalière de la future liaison ferroviaire Lyon-Turin

Conformément à l'accord intervenu le 30 janvier 2012 entre les gouvernement des Républiques française et Italienne, la Société **TELT SAS** est en charge de la réalisation des travaux de construction du **Tunnel de base du Montcenis**, partie centrale et internationale de la nouvelle liaison ferroviaire Lyon-Turin et maillon alpin du corridor européen méditerranéen. La politique de développement durable mise en place par les états membres de l'UE a fixé comme objectif de limiter les retombées environnementales des travaux en maximisant l'utilisation des MATériaux EXcavés (MATEX). Par l'intermédiaire des sociétés qui ont préparé le projet, ALPETUNNEL et LTF- Lyon Turin Ferroviaire, elle s'est engagée dès 1997 à conduire une politique d'utilisation maximum des 37 mio de tonnes de matériaux qui seront excavés pour construire cet ouvrage de 57.3 km de longueur.

Avec la volonté affichée de faire progresser les techniques et la réglementation, elle a acquis des connaissances importantes principalement orientées vers la caractérisation en ligne des matériaux excavés et leur transformation en granulats pour béton, toutes ces démarches s'inscrivant dans le contexte géologique particulièrement difficile du tunnel de base où la présence de matériaux contenant des sulfates pourrait interdire leur transformation en granulats pour les bétons du projet.

1. Démarches réalisées ou en cours

- Recherche et analyse des bétons fabriqués avec des granulats provenant de matériaux excavés dans le secteur du tunnel de base du Montcenis pour des aménagements hydroélectriques réalisés depuis 1930
- Plusieurs études prévisionnelles d'utilisation des matériaux excavés pour la production de granulats et de matériaux pour remblai pour atteindre un objectif d'utilisation de l'ordre de 50 %
- Mise en place et utilisation de 2002 à 2005 d'une **station de traitement expérimentale** pour produire des granulats sur le site de travaux de la descenderie de Villarodin Bourget-Modane. Cette station a été équipée de concasseurs spécifiques et de matériel de traitement hydraulique de toute dernière génération pour permettre la production de granulats et de sable de grande qualité. Avec un débit de 120 t/h, elle a permis de traiter 140 000 t de matériaux et de valider la production de granulats à partir de matériaux difficiles, grès, quartzites et micaschistes ; 70 000 m³ de béton ont été produits et mis en place avec ces granulats
- Validation de l'utilisation de matériaux difficiles sur la partie italienne du projet à partir des matériaux excavés de la galerie de La Maddalena et de carottes provenant des sondages de reconnaissance : Micaschistes de La Clarée, Gneiss Alpiciti et Gneiss micacés. Ces différents matériaux ont été concassés et criblés pour produire des granulats pour les bétons d'essai

- Tests d'utilisation de granulats ayant une teneur en SO_3 supérieure aux exigences des normes EN 206 et EN 12 620. Ce programme de recherche est conduit sous l'autorité de l'IFSTTAR, il comporte deux étapes, actuellement en cours, une première en laboratoire, une seconde industrielle avec la fabrication et la mise sous surveillance de 11 blocs de béton (environ 100 m^3) dans la descenderie de Villarodin Bourget-Modane
- Validation d'un matériel d'analyse chimique en ligne réalisés avec les matériaux excavés identique à celui actuellement en service dans l'industrie cimentière. Mise en place de ce type de matériel sur le site de Villarodin Bourget – Modane dans le cadre du lot de travaux 5a, validation industrielle à finaliser dès 2020
- Expérimentation d'outils d'aide à la caractérisation en ligne des matériaux excavés à l'aide de matériels permettant de faire de l'analyse granulométrique et de l'analyse de la couleur sur le site de travaux de Saint Martin la Porte
- Travail en étroite collaboration avec les spécialistes des matériaux de construction en France (**IFSSTAR, CETU, CSTB, ..**) et avec les Maîtres d'Ouvrages suisses et leurs experts pour des réalisations similaires (BLS AT, ATG, ALPIQ)
- Contribution à l'élaboration de la recommandation du groupe de travail n° 35 de l'**AFTES** (Association Française des Tunnels et de l'Espace Souterrain) sur la Gestion et l'Emploi des Matériaux Excavés. Cette recommandation constituera l'un des textes de référence pour les travaux souterrains en France et à l'Etranger.

2. Domaines techniques concernés

Plusieurs domaines techniques sont concernés mais les plus importants concernés par la démarche en cours sont cités ci-dessous:

- Réaction Sulfatique Interne –RSI- et réaction sulfatique avec formation de Thaumasite –TSA- en relation avec les experts de l'AFNOR et du CEN.
- Durabilité des bétons fabriqués avec des granulats ayant une teneur en $SO_3 \geq 0.2\%$,
- Analyse chimique en ligne avec un Cross Band Analyser du type **PGNAA**, Prompt Gamma Neutron Activation Analyser

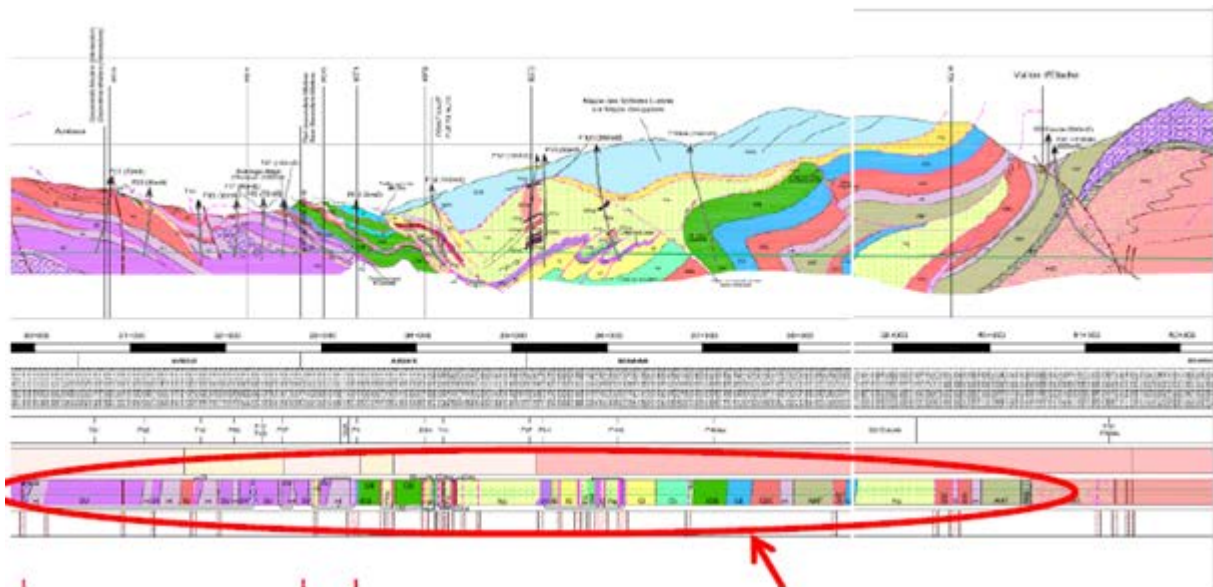
3. Contribution aux travaux EU H 2020

Les démarches listées au § 1 et les secteurs de recherche visés au § 2 montrent à l'évidence que TELT s'est déjà positionnée comme un Maître d'Ouvrage exemplaire dans ce domaine très particulier de l'utilisation et de la transformation des matériaux d'excavation où l'engagement des Maîtres d'Ouvrage est très vivement recommandé. TELT souhaite par ailleurs valoriser son savoir-faire auprès des autorités concernées de l'Union Européenne, qui finance son projet à hauteur de 40 %. C'est la raison pour laquelle elle a présenté sa candidature pour participer aux côtés de l'Autriche « Montan Universität de Leoben » (également très concernée avec le Tunnel de base du Brenner) au programme de recherche « **ProMin** » faisant partie du programme général « EU Horizon 2020 ».

4. Les contraintes du site de travaux de VBM

Les contraintes qui pèsent sur le projet TELT sont principalement concentrées sur le site de travaux de Villarodin-Bourget /Modane -VBM- où seront extraites 12.5 mio de tonnes de MATEX et où une partie importante de ces MATEX est susceptible de contenir de sulfates avec un pourcentage supérieur à 0.2 %, valeur limite acceptée par les normes françaises pour la production de béton.

L'enjeu est déterminant pour le projet car il porte sur l'utilisation de près de 2.5 mio de tonnes granulats sulfatés. S'ils ne peuvent pas être utilisés, il faudra les mettre en dépôt définitif et donc trouver une zone de dépôt définitif supplémentaire d'1.8 mio de m³ avec la perspective dans ces conditions compte tenu des exigences du planning des travaux d'abandonner complètement la valorisation des MATEX sur le site de Modane qui demandera 4 mio de tonnes de granulats pour fabriquer les 2 mio de m³ de béton du lot de travaux.



Zone concernée par les MATEX sulfatés sur le tracé du tunnel de base

Les contraintes industrielles auxquelles TELT est donc confrontée sont les suivantes :

- Détecter en continu la présence et le pourcentage de sulfates « SO₃ » sur environ 7 des 18 km de tunnel construits à partir de ce site de travaux
- Effectuer ce contrôle sur les convoyeurs à bandes acheminant les matériaux extraits à des débits très élevés pouvant atteindre 12 à 13 000 t / jour soit un débit instantané de l'ordre de 1 300 t/heure.

5. L'analyseur en ligne « PGNAA »

La seule technique fiable actuellement disponible sur le marché est celle faisant appel à un analyseur utilisant le **rayonnement λ** par la méthode « Prompt Gamma Neutron activation Analysis » en abrégé « PGNAA ». Ce matériel est capable de produire une analyse chimique élémentaire complète toute les minutes soit une analyse pour 25 tonnes de matériau extrait.

L'utilisation d'un tel équipement est soumise à autorisation, c'est la raison pour laquelle TELT a fait cette **demande de dérogation à l'interdiction d'addition de radionucléides auprès de la DGPR en application de l'article R.1333-4 du Code de la Santé publique.**

Avec la participation de la Société LAFARGE-HOLCIM et la contribution du **CEA**, TELT a soumis avec succès en Août 2017 ses matériaux à un test d'analyse en utilisant le matériel installé dans la cimenterie de Saint Pierre la Cour.

C'est ce matériel « CB Omni Fusion RM » utilisant une source de ^{252}Cf fabriqué par la société THERMO FISHER que TELT propose d'utiliser sur son site de travaux de VBM dès 2021 pour une durée de 7 à 8 ans.

Ses caractéristiques sont les suivantes :

| <u>Analyzer Configuration</u> | |
|--------------------------------------|------------------------------|
| Belt Width | 1200mm |
| Belt Thickness | mm |
| Idler Angle | 35 degrees |
| Center Idler Dimension | 300mm |
| Tunnel Height | 400mm |
| Number of Detectors | 4 |
| Moisture Meter | YES |
| Umbilical Length | 25m |
| Customer Reference Standards | Extended Stockpile Standards |
| Type of source | Cf-252 |
| Amount of Isotope | 58µg |
| Communication | Fiber Optic (Multi-Mode) |
| Process Control Software Requirement | RAMOS |
| OpCon Data to Plant | OPC |



6. Références bibliographiques

X. Darmendrail, L. Brino, J. Burdin, ***Bilan et résultats des études sur la gestion et la valorisation des déblais du tunnel de base de la nouvelle liaison ferroviaire Lyon-Turin***, Congrès International AFTES 2008, Monaco

X. Darmendrail, L. Brino, J. Burdin, ***Bilancio e risultati degli studi sulla gestione e valorizzazione dei materiali di scavo del Tunnel di Base della Nuova Linea Torino Lione***, Convegno SIG 2011, Verona

X. Darmendrail, J. Rimey, L. Brino, J. Burdin, ***Nouvelle liaison ferroviaire Lyon-Turin – Une approche d'étude originale pour la valorisation des déblais des tunnels***, Tunnel et Ouvrages Souterrains, mars/avril 2003, n. 176

E Hugot, J. Burdin, L. Brino, ***La transformation en granulats des matériaux excavés du Tunnel de Base du Mont-Cenis - La problématique des matériaux contenant des sulfates***, Congrès International AFTES 2017, Paris

N. Monin, J. Burdin, L. Brino, J. Colas, L. Divet, T. Chaussadent, ***Preliminary tests on concrete aggregates with high sulphate content for tunnel lining***, World Tunnel Congress AITES WTC 2013, Geneva

C. Thalmann, J. Burdin, L. Brino, M. Petitat, ***Fabrication de bétons de grande qualité à partir de sable riche en mica – Expérience sur les grands chantiers de construction***, Congrès International AFTES 2014, Lyon

C. Thalmann, C. Carron, L. Brino, J. Burdin, ***Gestion et valorisation des matériaux d'excavation de tunnels – Analyse comparative de trois grands projets***, Congrès International AFTES 2005, Chambéry

E. Hugot, J. Burdin, L. Brino, P. Schriqui, MA. Parisi, ***Use and management of sulphated Excavation Material from the Montcenis Base Tunnel***, World Tunnel Congress AITES WTC 2019, Naples.

P. Kruspan, S. Baillard, L. Divet, M. Saillio, J. Burdin, E. Hugot, ***Low CO2 Binder Solution resisting extreme sulfate attack in real conditions of the new European Railway tunnel at Mont Cenis***, 15th International Congress on Chemistry of Cement 2019, Praha.