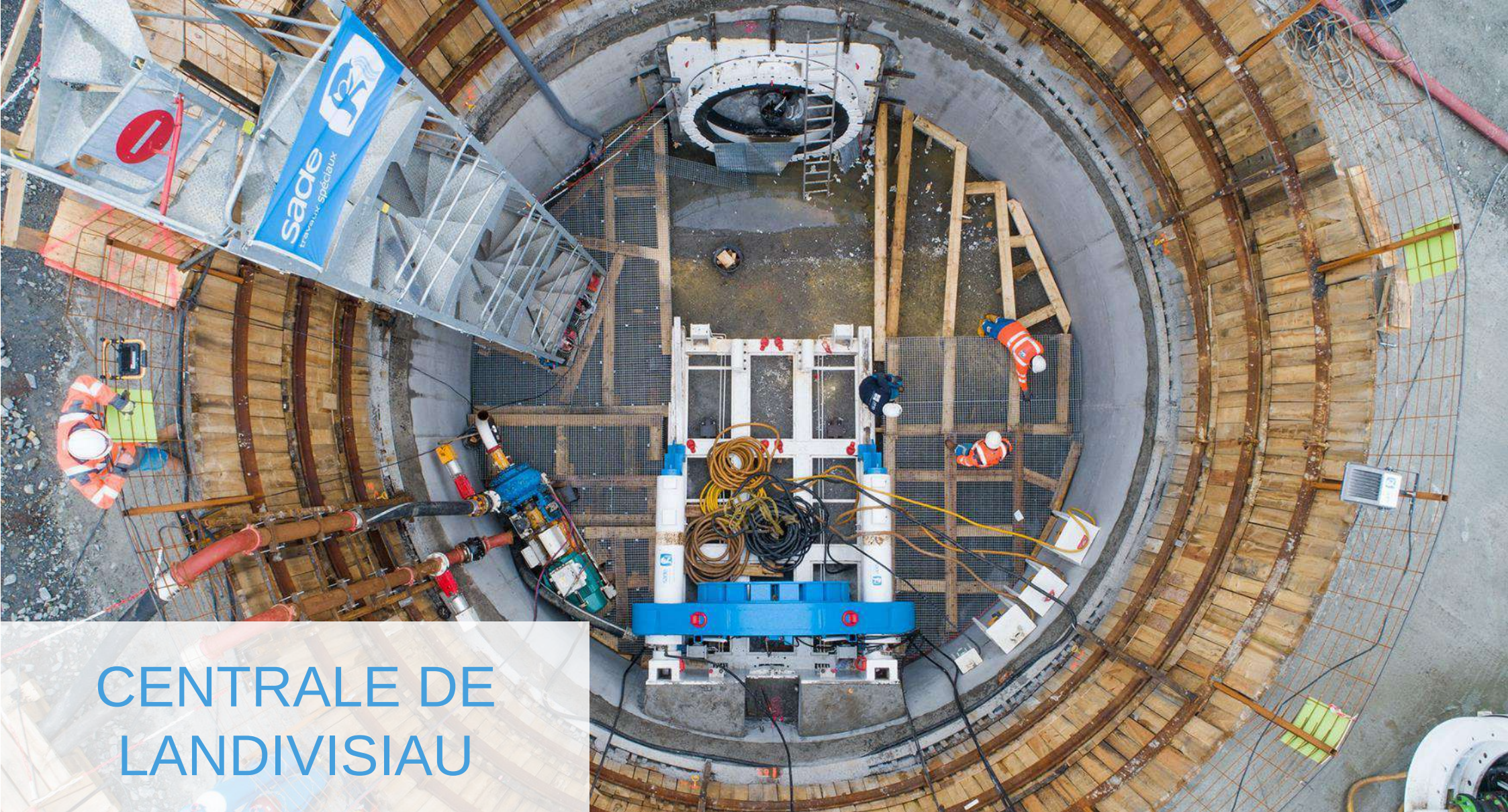




FRANCHISSEMENT DE L'ELORN ET DE LA VOIE FERRÉE PARIS- BREST À LANDIVISIAU (29)

23 SEPTEMBRE 2021



1. LE PROJET

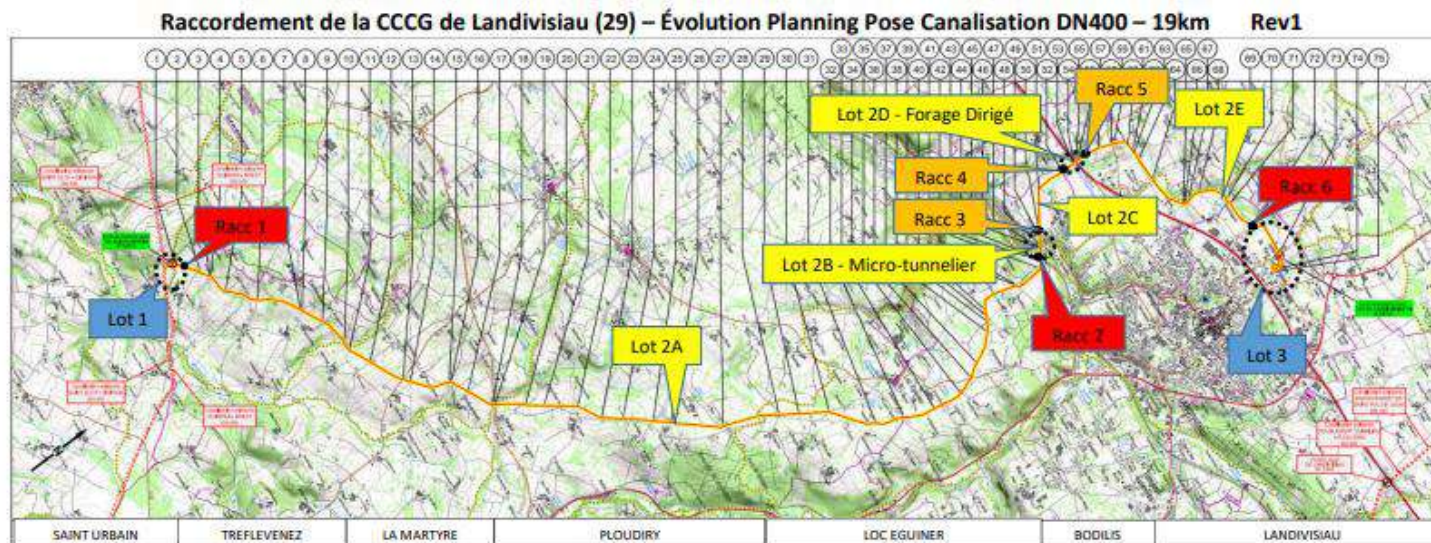
◆ LE PROJET DE LA CENTRALE DE LANDIVISIAU

◆ Création d'une centrale à cycle combiné au gaz Naturel de 450MW à Landivisiau

- Mandataire : Total Direct Energie / Siemens
- Livraison Décembre 2021
- Budget : 300M€

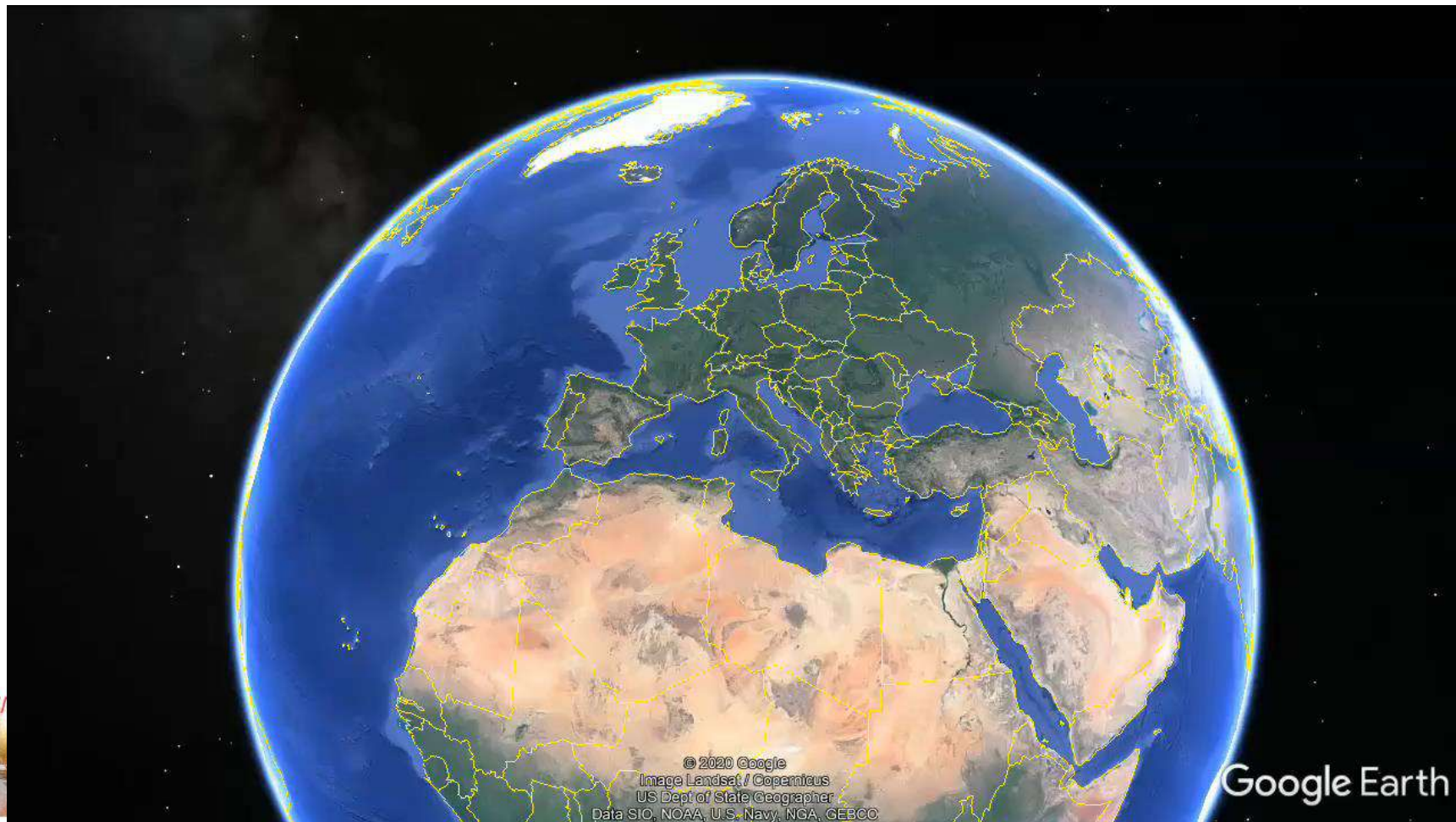
◆ GRTgaz en charge des travaux d'alimentation de la centrale

- 21 km de ligne en DN400
- 2 point spéciaux dont le franchissement de l'Elorn
- Budget : 29M€



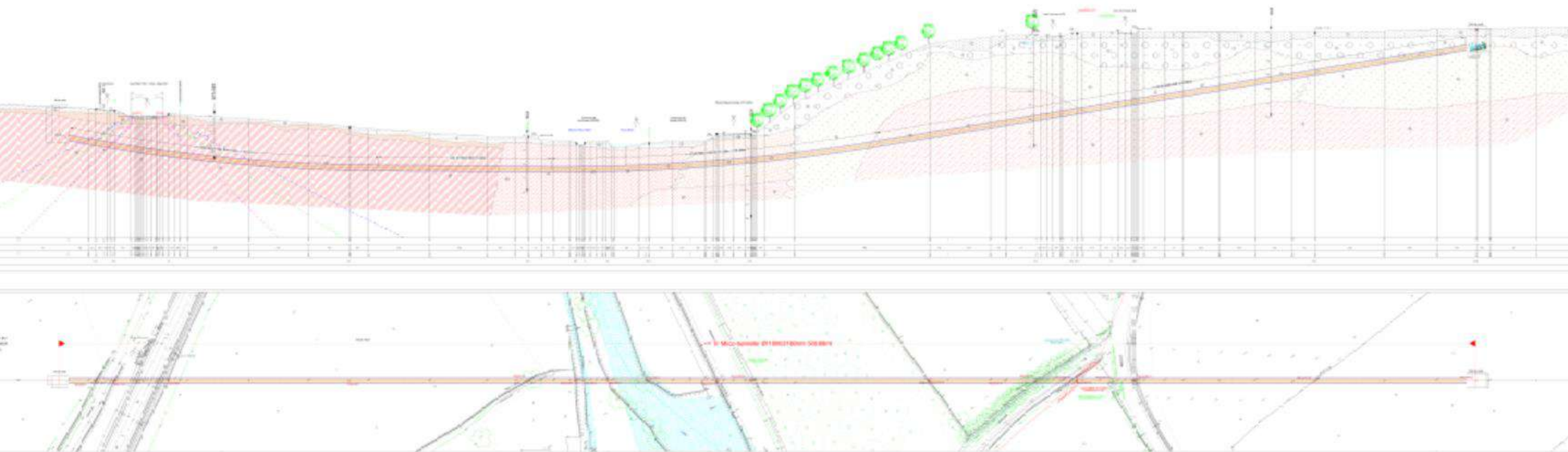
◆ LE PROJET DU FRANCHISSEMENT DE L'ELORN

- ◆ GRTGaz maître d'ouvrage et maître d'œuvre
- ◆ 2 puits à terrasser, 1 tir de microtunnel DN1800
 - Franchissement de la faille géologique de l'Elorn
 - Franchissement de la zone Natura 2000
 - Franchissement des voies SNCF



◆ LES DONNÉES GÉOMÉTRIQUES DU TRONÇON

- ◆ 515m
- ◆ 16% de pente au départ
- ◆ 45m de dénivelé
- ◆ Une courbe suivie d'une pente à monter de 10%





FRANCHISSEMENT
DE L'ELORN

2. Enjeux du projet

◆ LES CONTRAINTES DU PROJET

◆ La géologie :

- Creusement en terrain rocheux sur l'intégralité du projet
- Alternance de Gneiss et de schiste
- Rc supérieure à 120MPa et abrasivité supérieure à 4

◆ L'hydrogéologie

- Présence de la nappe phréatique sur l'ensemble du tracé
- Pression hydrostatique supérieure à 4bars
- Franchissement de l'Elorn avec 7m de couverture

◆ Franchissement des voies SNCF en 24h/24 avec contraintes de planning

- Obtention du chantier : Novembre 2019
- Démarrage du chantier Janvier 2020
- Fin du creusement: 30 Avril 2020



◆ LA PHASE D'APPEL D'OFFRE

- ◆ Appel d'offre rendu le 9 septembre 2019
- ◆ Réunion d'alignement technique le 27 septembre 2019
- ◆ Offre 2 : 15 octobre 2019
 - Principales modifications :
 - Mesures d'accélération pour franchissement des voies SNCF
 - Suppression du puits de sortie
 - Interventions front de taille sorties du forfait
- ◆ Offre finale: 12 Novembre 2019
- ◆ Commande reçu le 26 Novembre 2019
- ◆ Fin de creusement : 15 mai 2020 pour contraintes SNCF





FRANCHISSEMENT
DE L'ELORN

4. La préparation du chantier



4.1 Etudes internes

◆ LES PARTENAIRES DU PROJET

◆ Herrenknecht (fournisseur)

- Réunion technique en Allemagne avec les géotechniciens et ingénieurs pour préconisation
- Assistance sur site par un spécialiste sur toute la durée du chantier
- Intervention d'HK sur le microtunnelier dans nos ateliers pour un diagnostic

◆ Hydrokarst (sous-traitant)

- Préparation aux interventions hyperbares pour changement des outils
- Rédaction des procédures et entraînement dans les ateliers à Melun

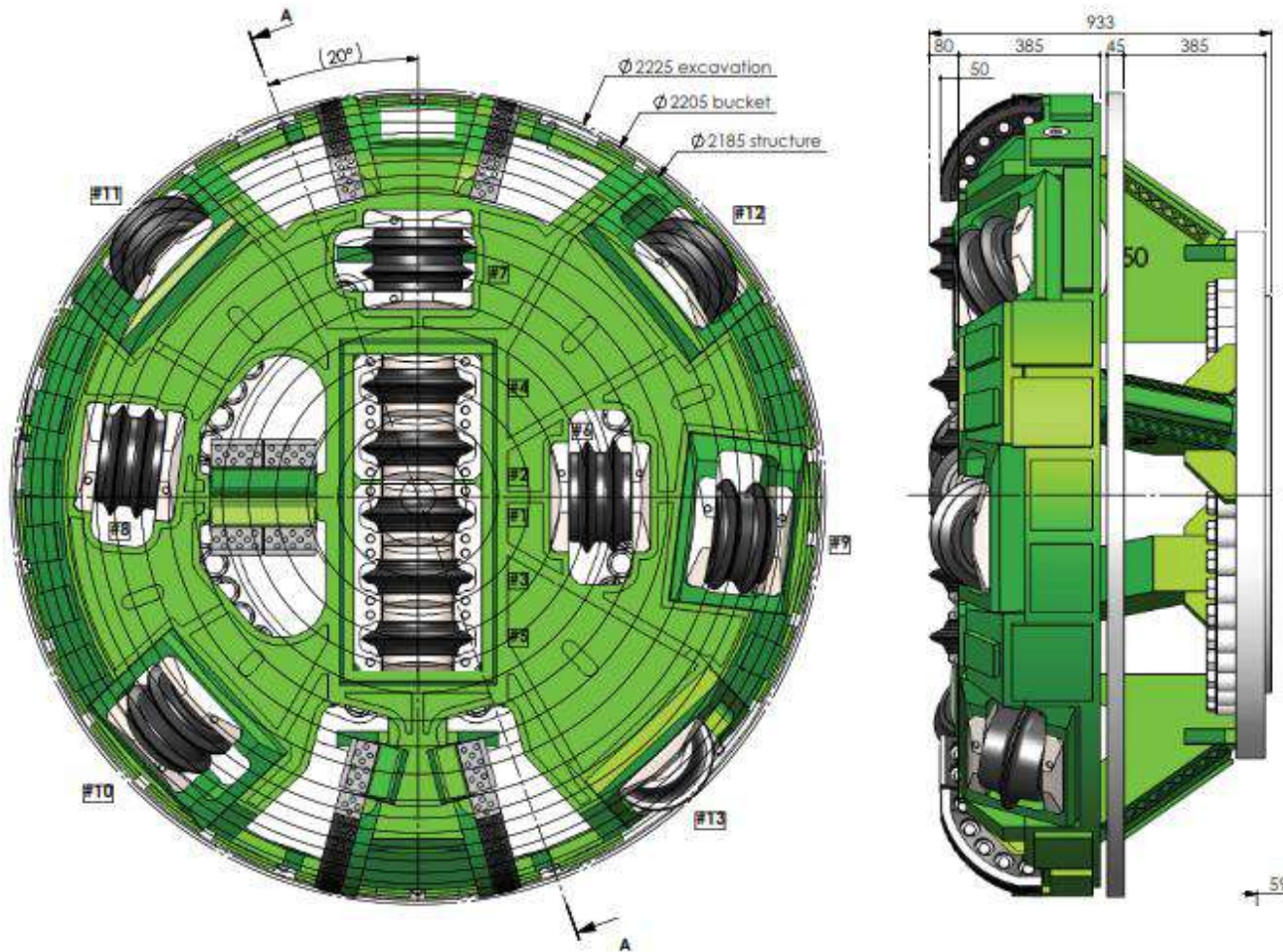
◆ Optimum (cli-traitant)

- Réalisation de la mission G3 d'étude, analyse de l'ensemble des pièces techniques
- Suivi de l'avancement du microtunnelier



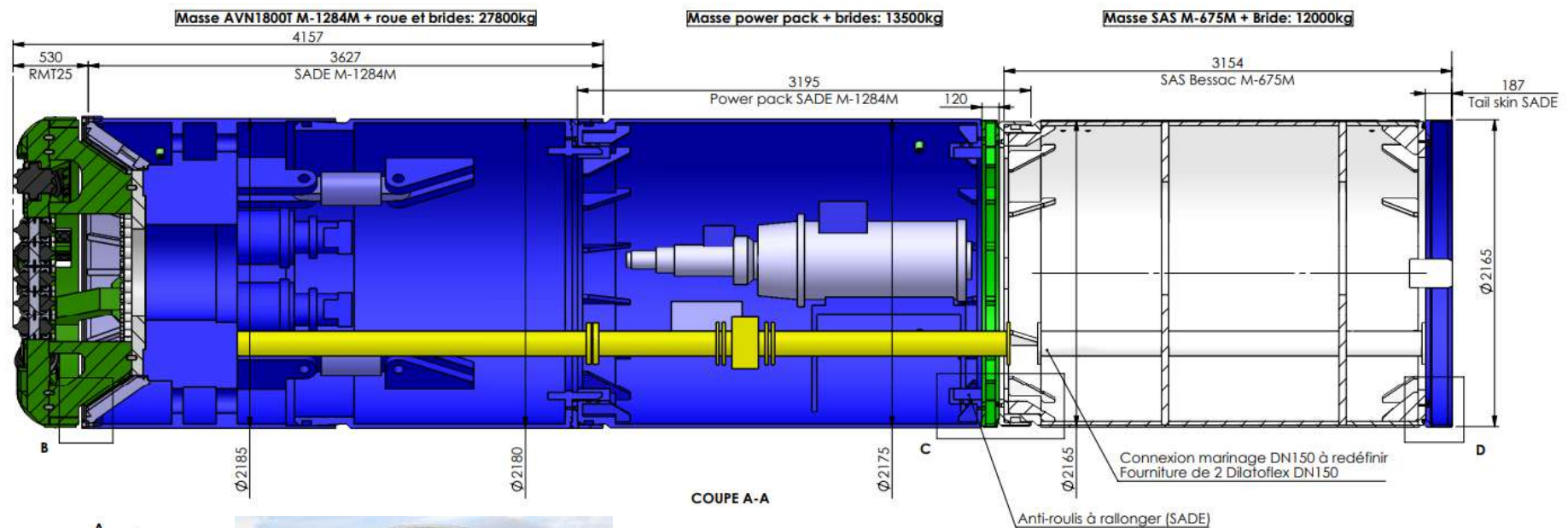
◆ LA PREPARATION DU MATERIEL DE MICROTUNNELAGE

- ◆ Achat d'une roue de coupe rocher



LA PREPARATION DU MATERIEL DE MICROTUNNELAGE

Location d'un sas hyperbare



◆ LA PREPARATION DU MATERIEL DE MICROTUNNELAGE

- ◆ Ensemble microtunnelier, powerpack et SAS hyperbare



LA PREPARATION DU MATERIEL DE MICROTUNNELAGE

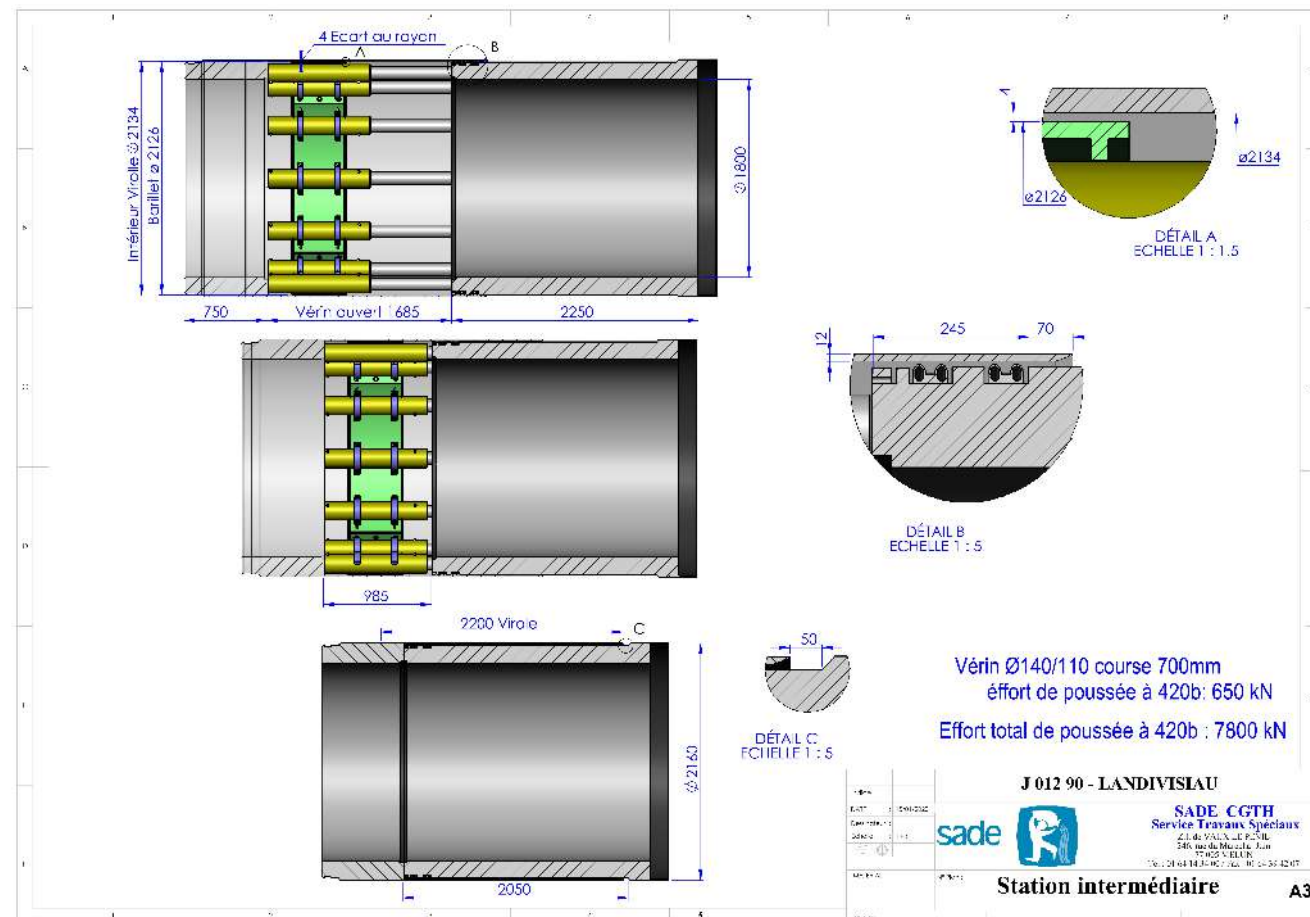
Le reconditionnement de l'AVN1800

- Changement des joints du roulement
- Renouvellement de nombreuses pièces dans la machine et le power pack

Préparation du matériel annexe

- Conception du presse-étoupe
- Rail de guidage
- Cale de poussée
- Stations intermédiaires
- Dessableur

Stock de pièces détachées

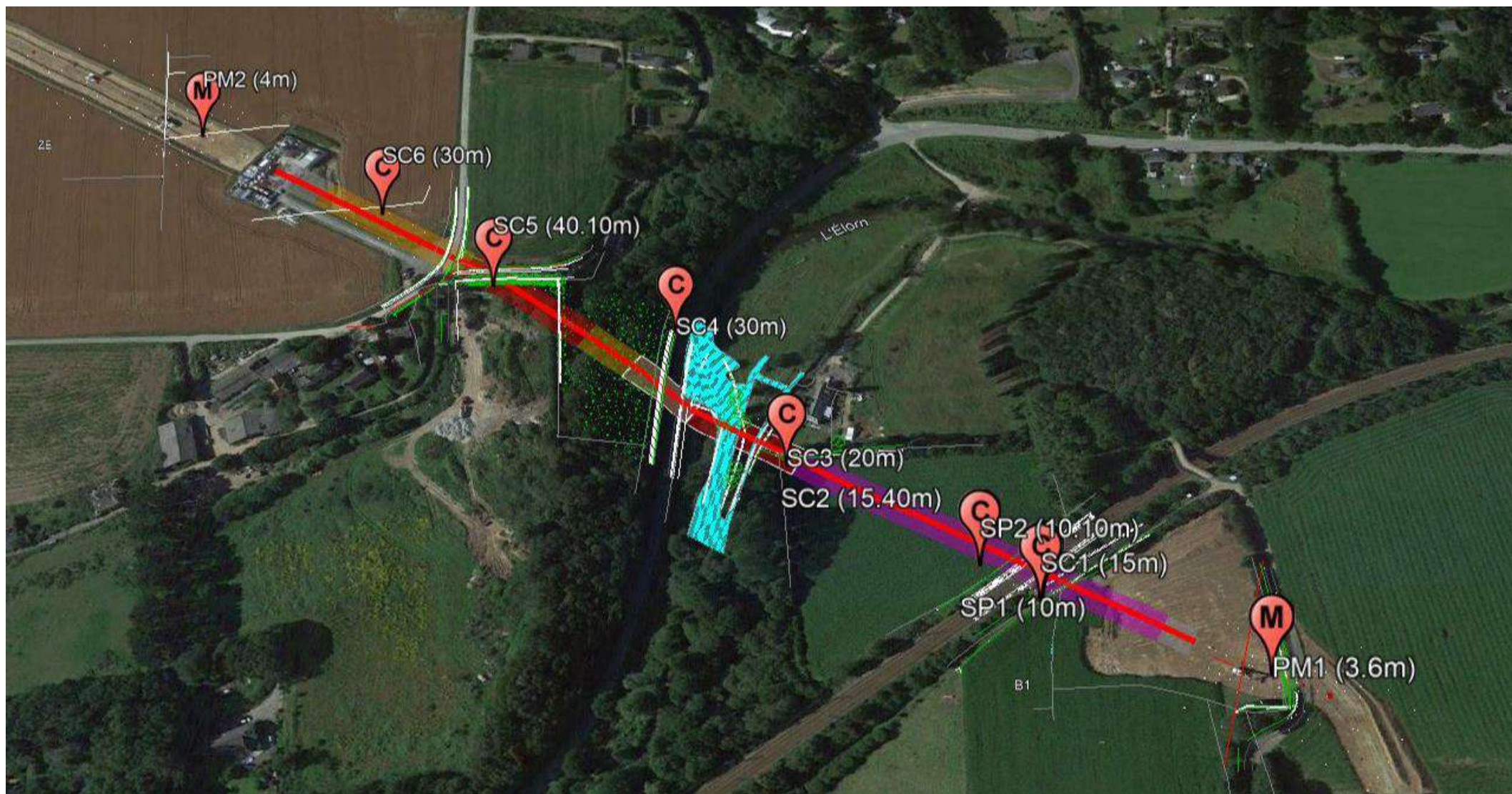




FRANCHISSEMENT
DE L'ELORN

3.2 Rapport initial G3

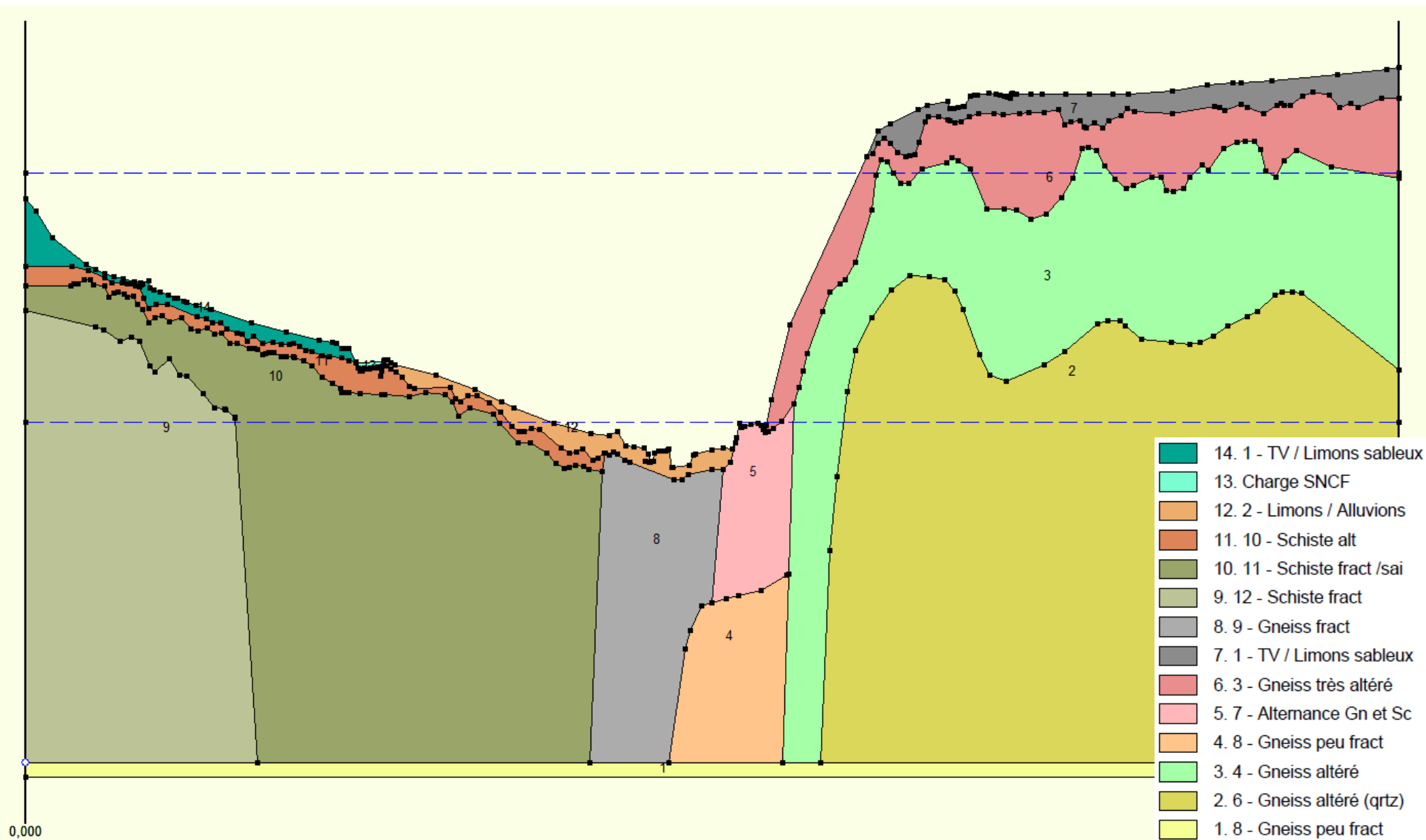
Modèle géotechnique



Modèle géotechnique

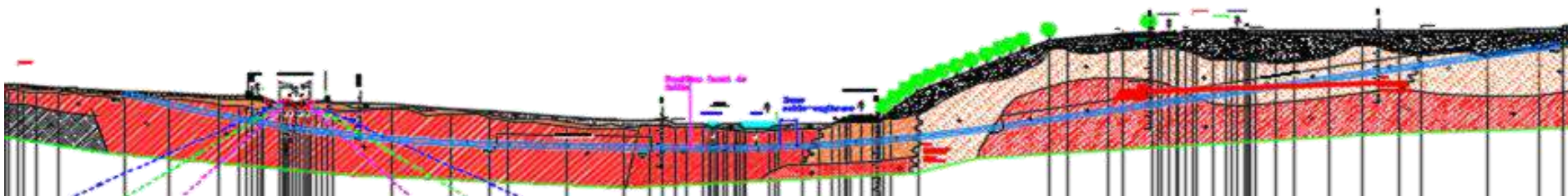
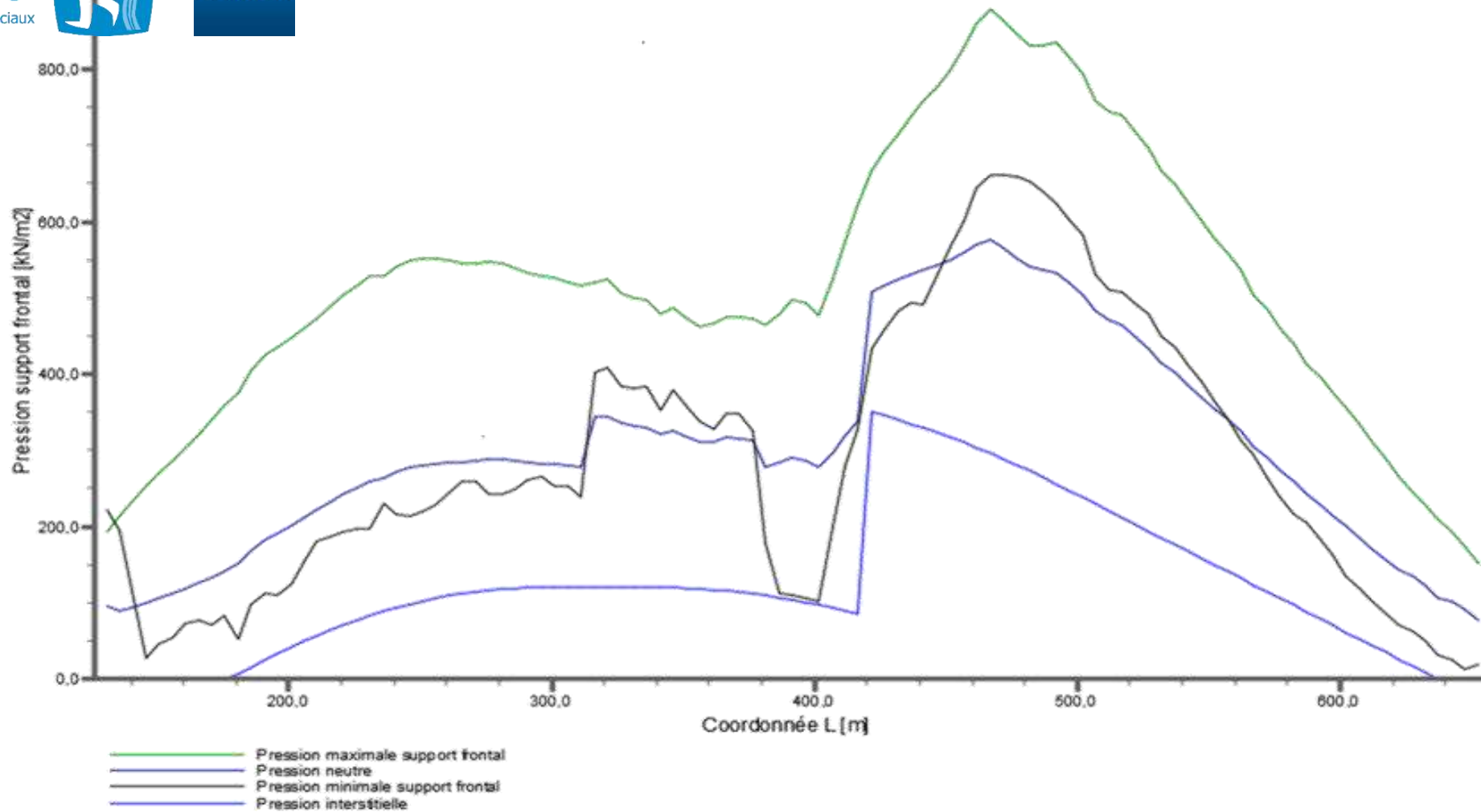
Linéaire Cumulé	Linéaire creusé	Légende Calligée	Dénomination de la couche	Paramètres principaux
0 à 30m	30ml	③	Arènes gneissiques	Pas d'identification faite. Se présente sous forme de graves et blocs sableux.
30 à 53m	23ml	⑤	Gneiss altérés à passages fracturés	Les perméabilités moyennes sont très faibles, de l'ordre de 10^{-7} m/s. La résistance à la compression moyenne des blocs rencontrés est faible avec une valeur mesurée à 5MPa, certains passages sont néanmoins beaucoup plus francs et durs (120MPa). La couche est faiblement abrasive avec un niveau mesuré à 1.3. Les passages plus francs peuvent être également plus abrasifs (3.25).
241 à 280m	39ml	⑦	Gneiss altérés à passages fracturés	Les perméabilités moyennes sont très faibles, de l'ordre de 10^{-7} m/s. La résistance à la compression moyenne des blocs rencontrés est faible avec une valeur mesurée à 5MPa, certains passages sont néanmoins beaucoup plus francs et durs (120MPa). La couche est faiblement abrasive avec un niveau mesuré à 1.3. Les passages plus francs peuvent être également plus abrasifs (3.25).
280 à 344m	64ml	⑨	Gneiss fracturés	La perméabilité de cette couche est mesurée quasiment nulle. Cette couche est caractérisée par des roches assez dures avec des résistances à la compression comprises entre 45MPa et 75MPa. L'abrasivité de cette couche est également très élevée avec des valeurs de 3.8 et 3.9.
344 à 539m	195ml	⑪	Schistes verdâtres	Les perméabilités mesurées sur cette couche sont également nulles. Elle est représentée par une roche moyennement dure dont les résistances à la compression sont comprises entre 38MPa et 67MPa. Contenant des passées de quartz, cette roche est assez abrasive en moyenne avec une seule valeur mesurée à 2.5.

Modèle géotechnique



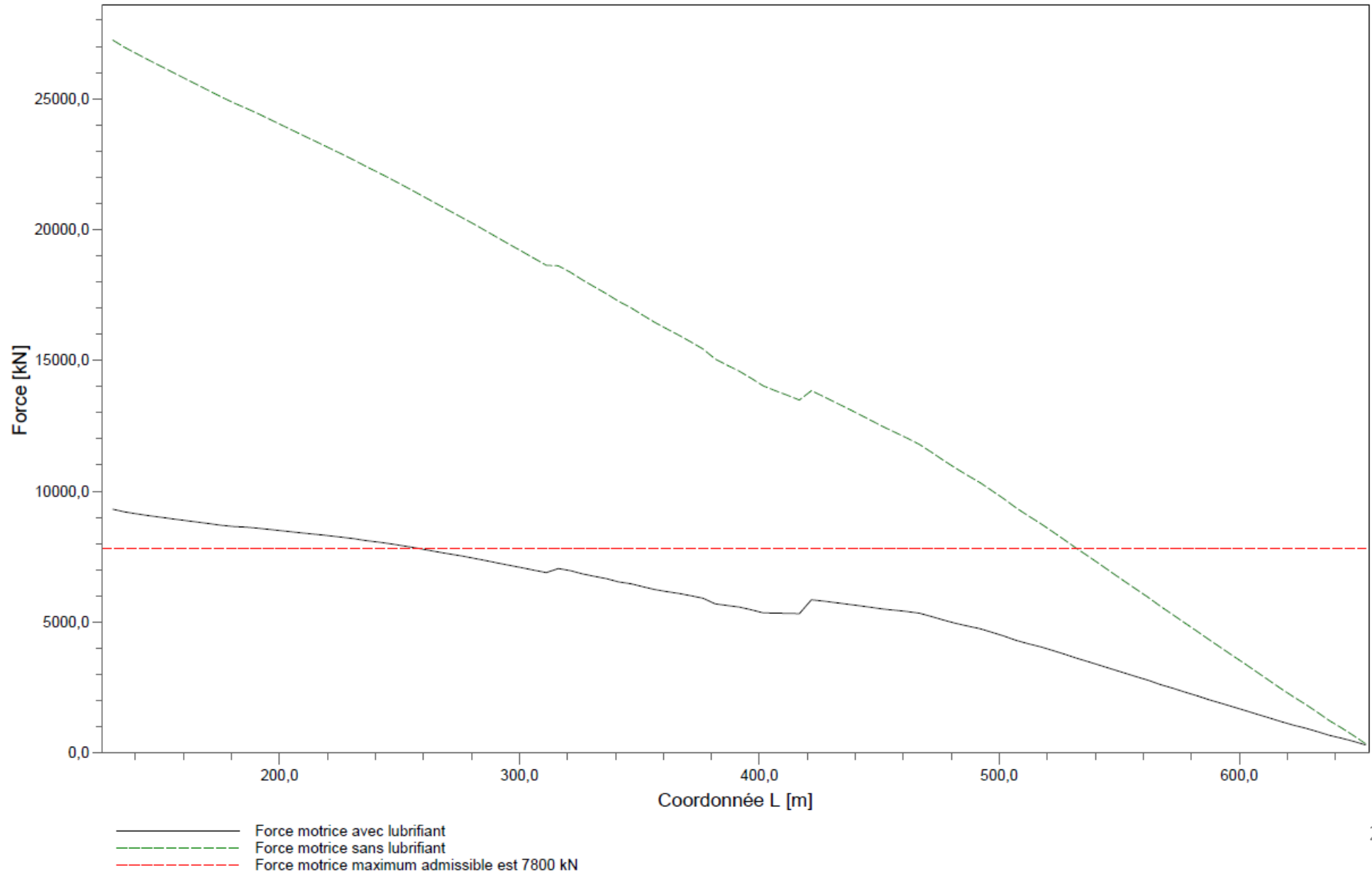
Calculs et modélisations

Pressions support frontal



Calculs et modélisations

Forces motrices





FRANCHISSEMENT
DE L'ELORN

4. Les Travaux



FRANCHISSEMENT
DE L'ELORN

4.1 Les Puits

◆ TERRASSEMENT Puits de Travail

◆ Puits blindé par méthode traditionnelle

- Diamètre intérieur 10m
- Profondeur 8m
- Cuvelage béton
- Radier à la pente de 16%
- Limon et arène sableuse pu



◆ TERRASSEMENT Puits de TRAVAIL



◆ TERRASSEMENT Puits DE SORTIE

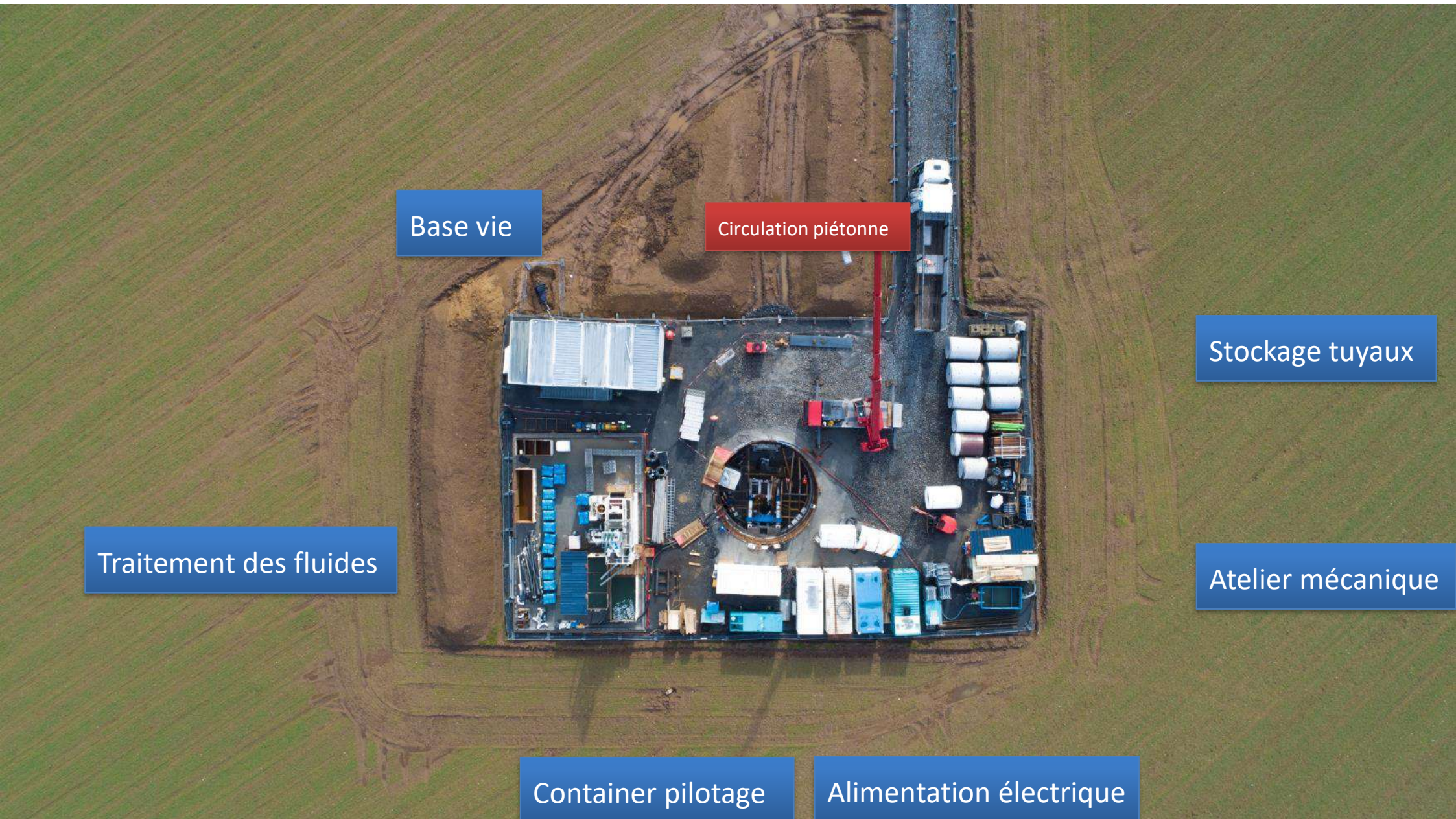
◆ Réalisation d'une fouille talutée





FRANCHISSEMENT
DE L'ELORN

4.2 Installation de chantier





FRANCHISSEMENT
DE L'ELORN

4.3 Interventions au front de taille

◆ CHANGEMENT DES OUTILS

◆ Difficultés à intervenir en hyperbarie

- 4 bars de pression
- Durée d'intervention réduite (liée à la compression et à la décompression)
- 12 heures de repos par équipe entre chaque intervention
- Exiguïté pour l'intervention dans un petit diamètre

◆ Essai d'intervention sans hyperbarie

- Injection résine vide annulaire
- Ouverture de la porte et contrôle des arrivées d'eau
- Contrôle d'usures des outils
- Changement des outils
 - **Durée totale d'intervention : 24 heures**



◆ OUVERTURE DE LA PORTE D'ACCÈS AU FRONT DE TAILLE



◆ CONTRÔLE ET CHANGEMENT DES OUTILS DE COUPE





FRANCHISSEMENT
DE L'ELORN

4.4 Mission G3 - Contrôle de la géologie

Observation Prise d'échantillons

Photos



Déblais de Gneiss et Shistes mélangés (403ml)



Schistes au front de taille (404,96ml)



Schistes au front de taille (404,96ml)

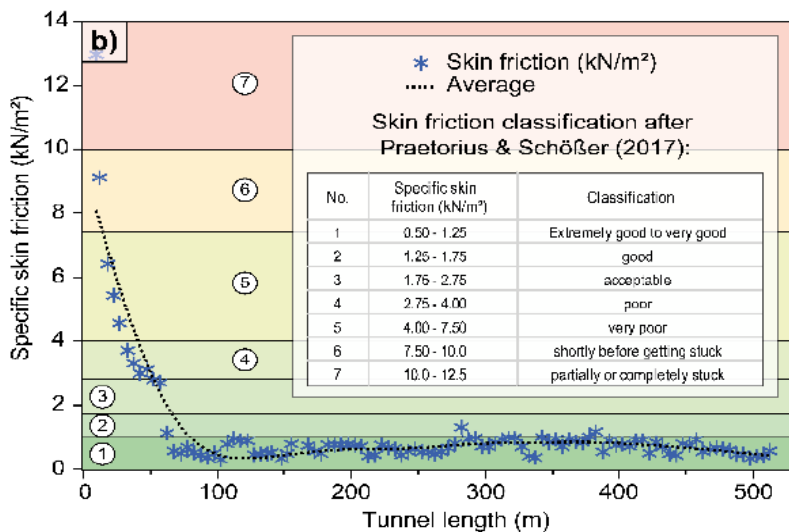
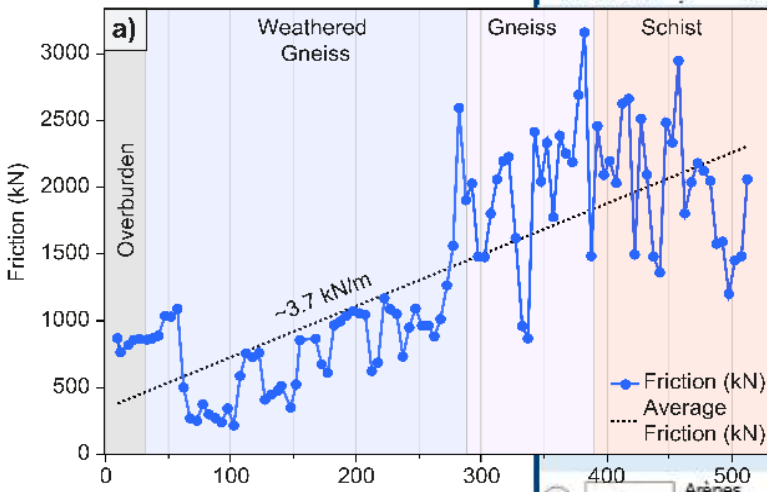


Déblais de Gneiss à la transition

Contrôle des paramètres

Suivi creusement hebdo.

Date de creusement	Número de tube	Linéaire théorique* [m]	Avancement [mm/min]	Forces théoriques** [kN]	Ratio	Efforts appliqués [kN] Forces au banc Forces ST1/ST2	Pressions confinement th.** [bar]	Pressions front mesurées [bar]	Volumes excavés [m³]
05/10/2020	128	394,13	15	7762	106%	5100 3100	2,44 - 5,49	3,10	18
05/10/2020	129	397,13	20	7762	96%	4550 2900	2,44 - 5,49	2,10	18
06/10/2020	130	400,13	15 - 25	7844	53%	4150 0	2,29 - 5,52	1,04	18
07/10/2020	131	403,13	10 - 20	7921	67%	2800 2500	2,2 - 5,51	1,49	18
08/10/2020	132	406,13	13 - 18	7921	87%	4400 2500	2,2 - 5,51	1,81	18
		409,13	15 - 18	7993	97%	5200 2550	2,14 - 5,49	2,20	18



Linéaire théorique* [m]	Commentaire sur le creusement	Linéaire ajusté** [m]
0 à 30	Formation traversée au lancement de la machine. A l'interface avec la formation sous-jacente, différenciation difficile. Avancement moyen : 30mm/min. Poussée conforme au modèle.	0 à 35
30 à 53	Changement probable de formation décelé avec des passages francs (gneiss fracturés). Avancement moyen : 20mm/min. Poussée légèrement inférieure au modèle.	35 à 140
53 à 136	Le changement de formation attendu n'a pas été constaté de manière flagrante, quelques zones plus rocheuses ont été rencontrées. Les conditions de creusement sont quasi identiques. Nous constatons toujours majoritairement des déblais sablo-argileux, typiques des arènes gneissiques.	140 à 223
136 à 214	Un changement dans la couleur et la composition des déblais a été constaté à 153,40ml de creusement. Une interface moins argileuse a été notée avec la présence de morceaux rocheux plus sains. Cela semble correspondre à une zone moins altérée. Il n'y a pas de variation majeure dans les cadences mesurées.	223 à 284
214 à 241	Les terrains rencontrés sont globalement beaucoup plus francs avec un faible niveau d'altération. Les matériaux remontés au désableur sont beaucoup plus rocheux et constitués de petits blocs de Gneiss. L'intervention au front de taille a permis de constater le creusement dans des Gneiss francs roses à gris.	284 à 290
241 à 280	A partir de 284ml de creusement, il est constaté la remontée plus importante "d'argiles" au système de criblage en surface. Ces argiles sont généralement constatées dans les zones d'altération des gneiss. Cela est le signe que le tir est stabilisé en majorité dans un horizon de gneiss altérés.	290 à 394
280 à 344	A partir de 290ml, nous notons un changement de formation transitoire avec des remontées de matériaux exclusivement rocheux.	
344 à 540	La transition entre les Gneiss et les Schistes s'est opérée progressivement entre 385m et 394m. Passant d'abord par une zone d'altération légère, les fragments de Schistes sont repérés à partir de 394ml creusés.	en cours

Essais en laboratoire

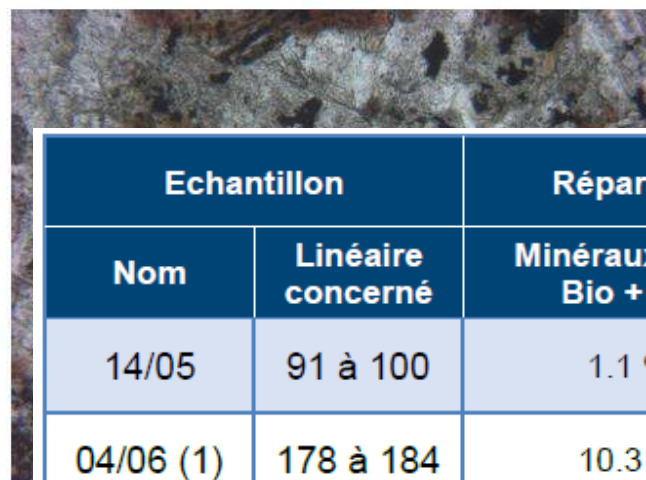


Figure 3 : MPP, LPI
Vue de détail de la l
déstabilisation diffé

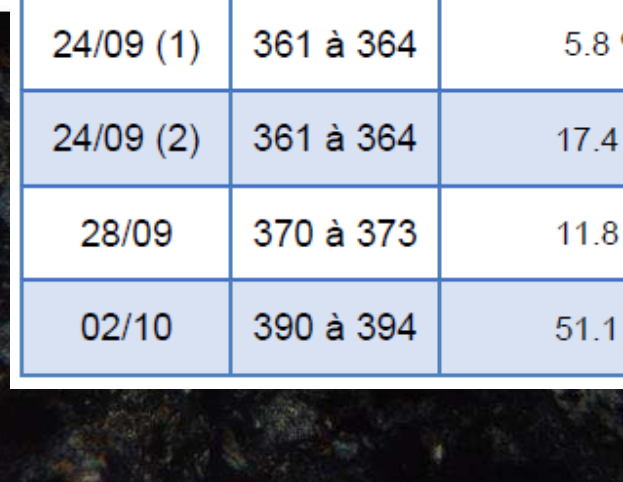
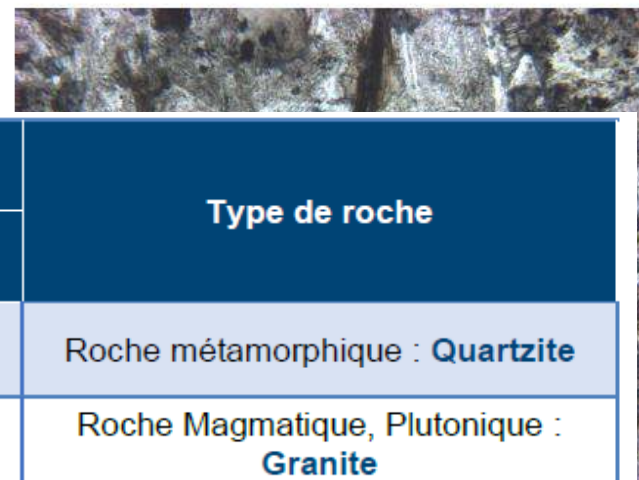


Figure 4 : MPP, LFA, dimensions de la photographie 1,00 x 0,75 mm.
Vue de détail de la lame mince. Feldspath plagioclase séricitisé avec ses macles polysynthétiques.



moins déstabilisés



Figure 6 : MPP, LFA, dimensions de la photographie 1,00 x 0,75 mm
Vue de détail de la lame mince. Quartz automorphe à croissance dendritique.

Echantillon		Répartition selon dureté MOHS		Type de roche
Nom	Linéaire concerné	Minéraux < 5.5 Bio + Op	Minéraux > 5.5 Q + FA + PL + Zr	
14/05	91 à 100	1.1 %	98.9%	Roche métamorphique : Quartzite
04/06 (1)	178 à 184	10.3 %	89.7 %	Roche Magmatique, Plutonique : Granite
19/06	257 à 263	30.9 %	69.1 %	Roche Magmatique, Hypovolcanique : Dolérite
24/09 (1)	361 à 364	5.8 %	94.2 %	Roche Magmatique, Plutonique : Granite
24/09 (2)	361 à 364	17.4 %	82.6 %	Roche Magmatique, Plutonique : Granite
28/09	370 à 373	11.8 %	88.2 %	Roche Magmatique, Plutonique : Granite
02/10	390 à 394	51.1 %	48.9 %	Roche métamorphique : Schiste



Identification des écarts

Géologie attendue		Linéaire théorique [m]	Commentaire sur le creusement	Linéaire constaté [m]
⑤		Gneiss altérés à passages fracturés	30 à 53	Changement probable de formation décelé avec des passages francs (gneiss fracturés). Avancement moyen : 20mm/min. Poussée légèrement inférieure au modèle.
④		Gneiss fracturés à passages sains	53 à 136	Le changement de formation attendu n'a pas été constaté de manière flagrante, quelques zones plus rocheuses ont été rencontrées. Les conditions de creusement sont quasi identiques. Nous constatons toujours majoritairement des déblais sablo-argileux, typiques des arènes gneissiques.

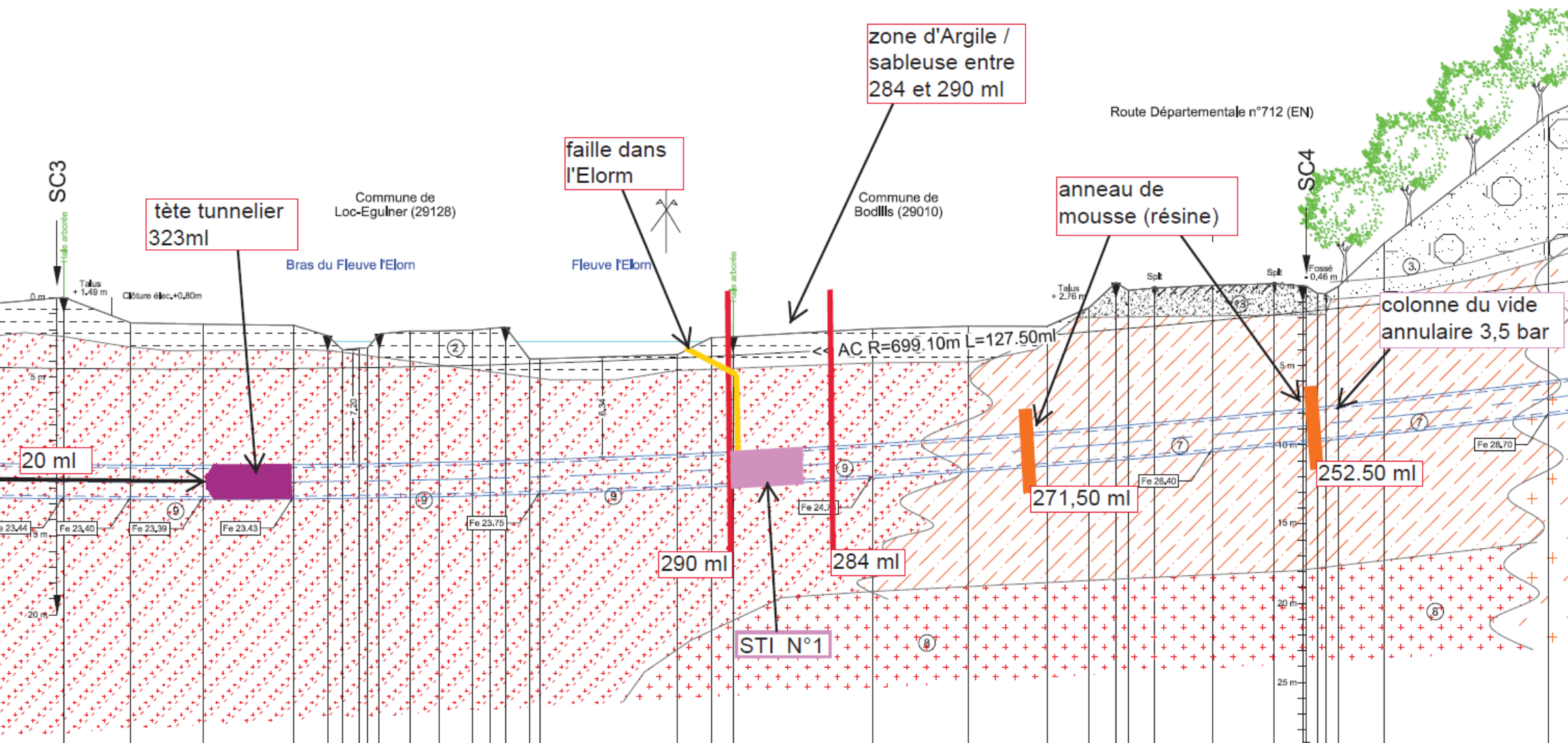
241 à 280m	Gneiss altérés à passages fracturés	La résistance à la compression moyenne des blocs rencontrés est faible avec une valeur mesurée à 5MPa, certains passages sont néanmoins beaucoup plus francs et durs (120MPa). La couche est faiblement abrasive avec un niveau mesuré à 1.3. Les passages plus francs peuvent être également plus abrasifs (3.25).	La dureté CERCHAR mesurée donne des valeurs assez faibles de l'ordre de 20 caractérisant la roche comme Tendre.	leur et la composition des 40ml de creusement. Une tée notée avec la présence us sains. Cela semble ins altérée. Il n'y a pas de idences mesurées.	140 à 223
			La résistance à la compression mesurée est de l'ordre de 20MPa. L'abrasivité mesurée dans cette couche est de 0.6, caractéristique d'un matériau peu abrasif. Les analyses pétrographiques montrent tout de même un potentiel d'abrasivité élevé.	globalement beaucoup plus d'altération. Les matériaux beaucoup plus rocheux et : Gneiss. L'intervention au istater le creusement dans s.	223 à 284 (+125%)
				ement, il est constaté la d'argiles" au système de rgiles sont généralement altération des gneiss. Cela bilisé en majorité dans un	284 à 290 (-64%)
280 à 344m	Gneiss fracturés	Cette couche est caractérisée par des roches assez dures avec des résistances à la compression comprises entre 45MPa et 75MPa. L'abrasivité de cette couche est également très élevée avec des valeurs de 3.8 et 3.9.	La dureté CERCHAR mesurée donne une valeur >120 caractérisant la roche comme Extrêmement dure. La résistance à la compression mesurée est de l'ordre de 140MPa. L'abrasivité mesurée dans cette couche est de 5.1, caractéristique d'un matériau Extrêmement abrasif.	tons un changement de s remontées de matériaux jrit de fragments de Gneiss	290 à 394 (+62%)
				et les Schistes s'est opérée et 394m. Passant d'abord égère, les fragments de de 394ml creusés.	394 à 540 (-25%)



FRANCHISSEMENT
DE L'ELORN

5. Aléas/Perte du marinage

RÉSURGENCE DANS L'ELORN

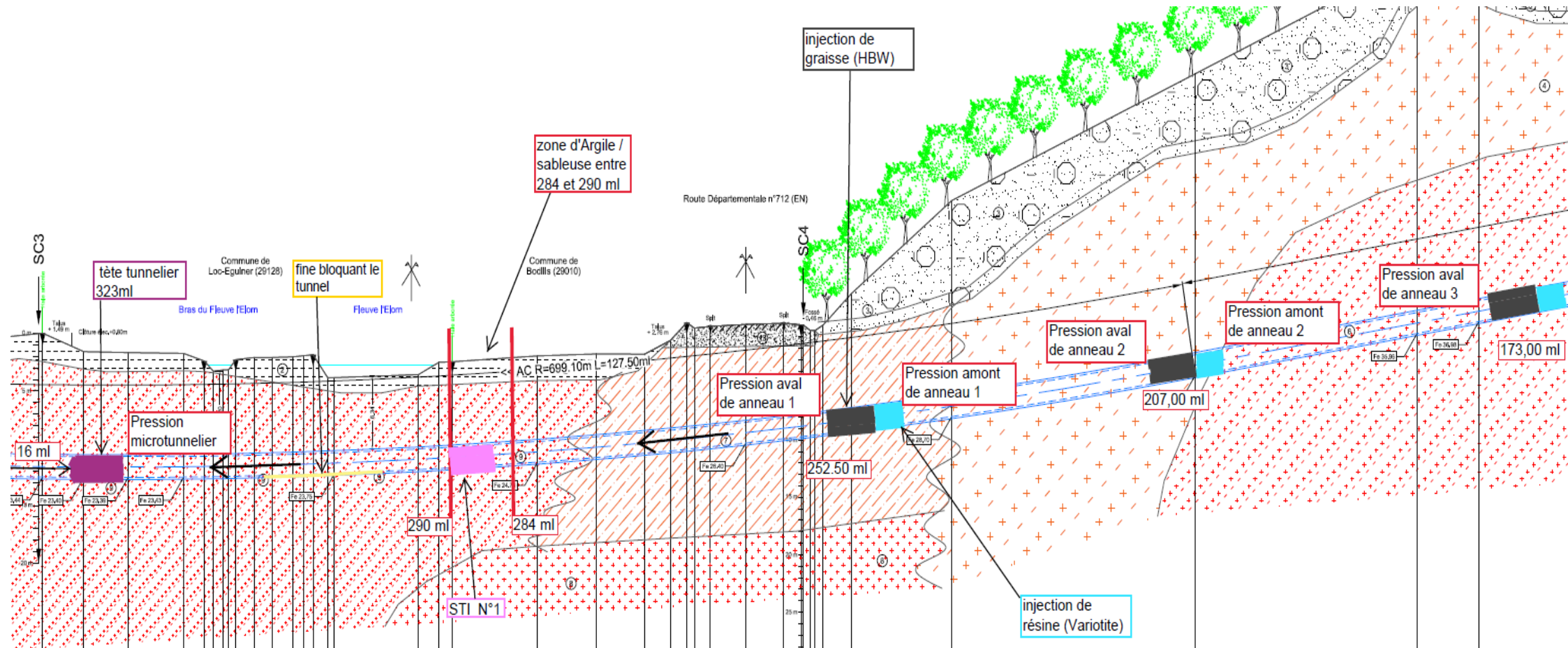


- ◆ Serrage de la galerie par les fines dans vide annulaire
 - Réflexion sur le décolmatage du vide annulaire
 - Rédaction de protocole en cas de blocage

- ◆ Arrêt de chantier imposé par la préfecture



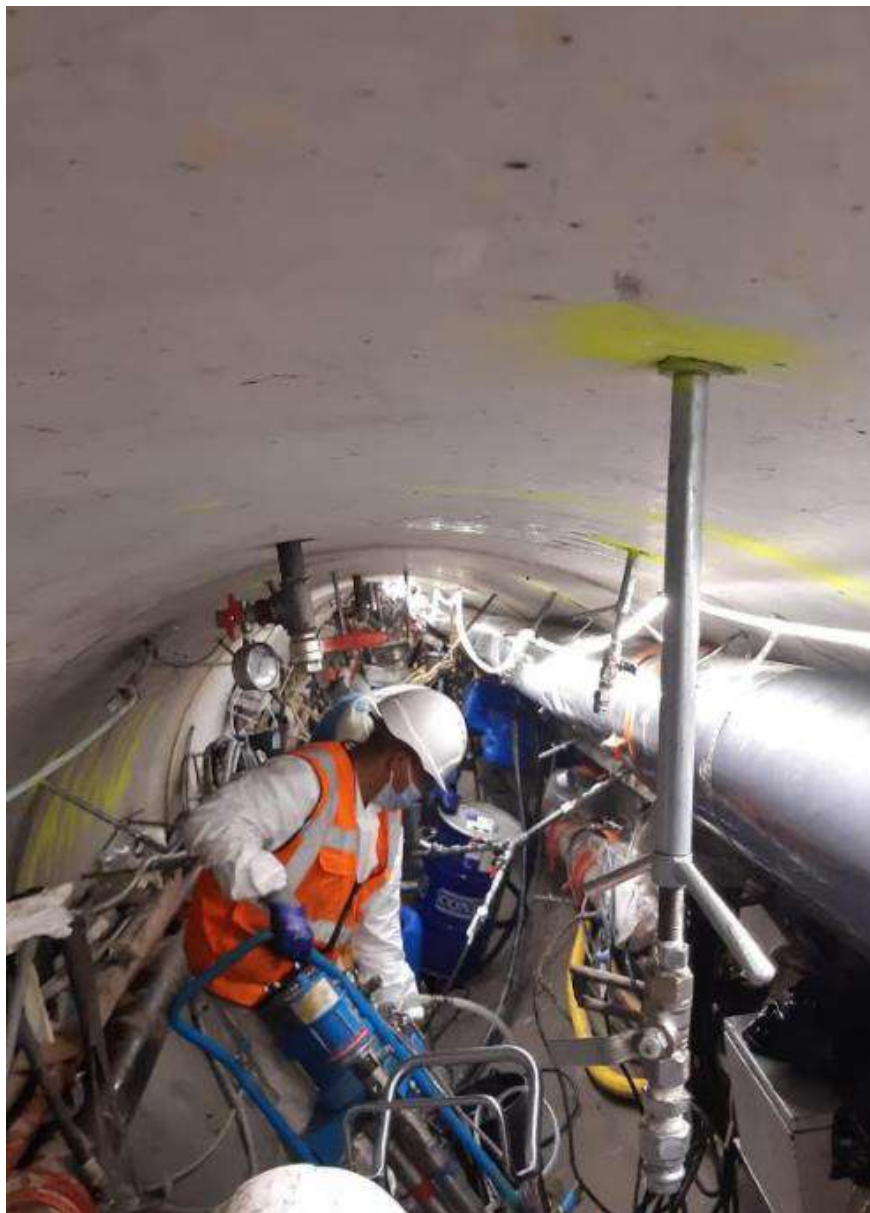
RÉSURGENCE DANS L'ELORN



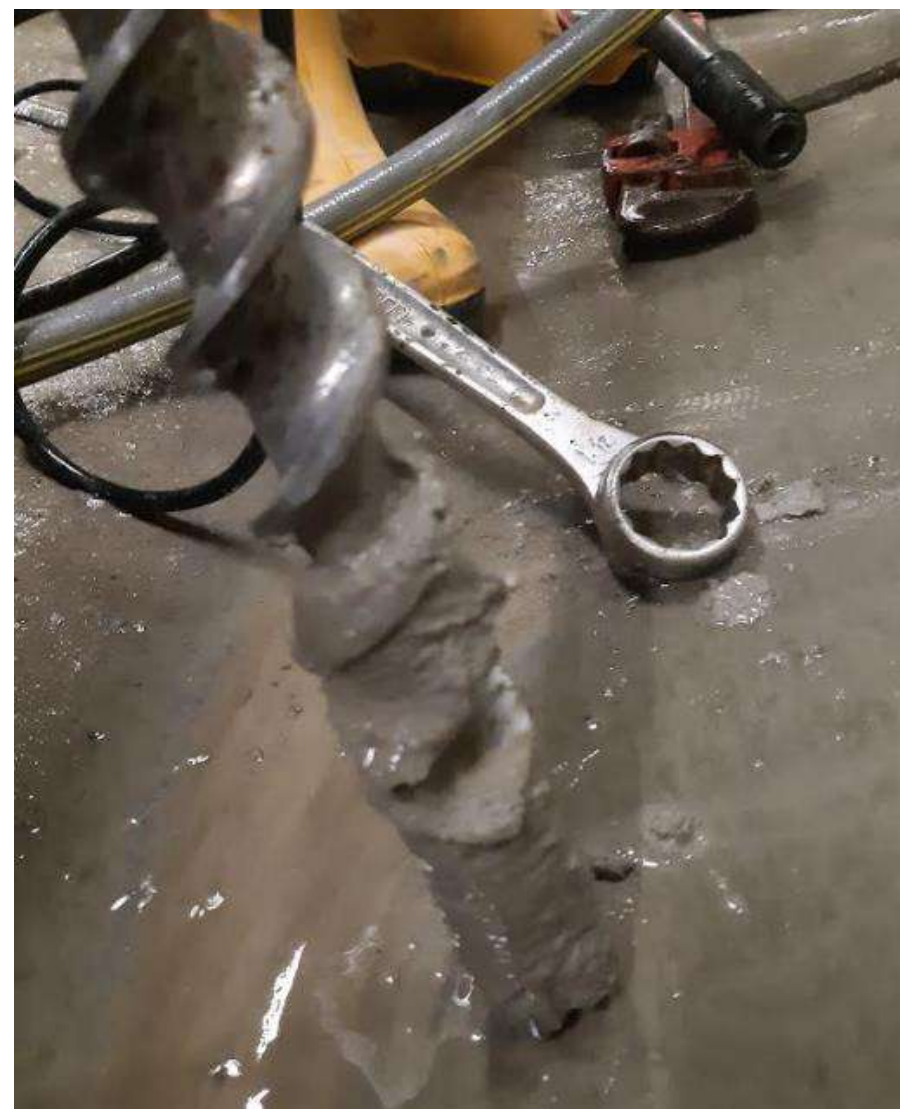
◆ PROTOCOLE 2 - TRAITEMENT DE TERRAIN



◆ PROTOCOLE 2 - TRAITEMENT DE TERRAIN



◆ NETTOYAGE DES FINES DANS LE VIDE ANNULAIRE





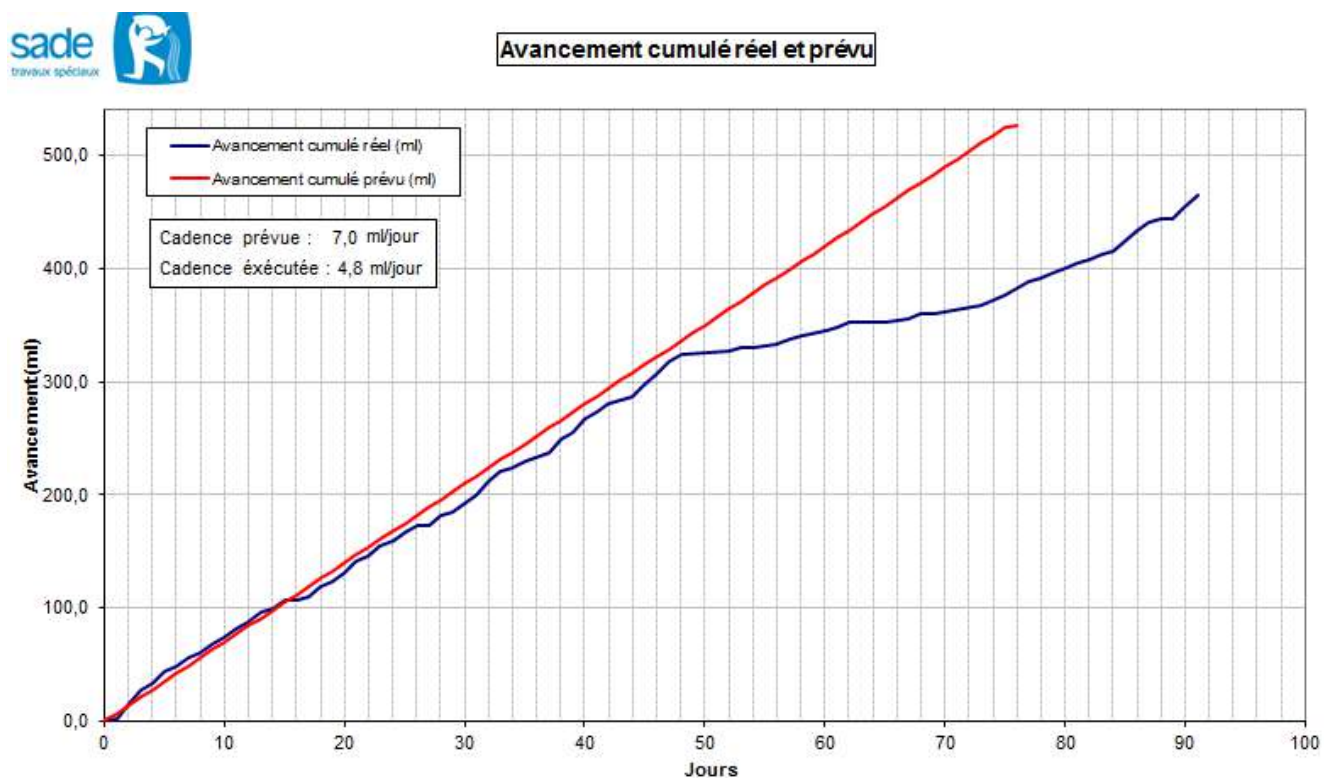


FRANCHISSEMENT
DE L'ELORN

6. Conclusion

◆ CADENCES

- ◆ Cadences moyennes : 6 ml/j
- ◆ 9 interventions au front de taille



◆ PLANNING

- ◆ Début du creusement : 9 mars 2020
- ◆ Interruption Covid : du 17/03 au 01/05 (48m creusés)
- ◆ Résurgence de marinage dans la rivière début juillet (323m creusé)
- ◆ Arrêt du chantier du 03/07 au 15/08
- ◆ Sortie microtunnelier : 23 novembre 2020 (20 semaines de creusement)





FRANCHISSEMENT
DE L'ELORN

Merci de votre attention