

Traitements et améliorations des sols

REX L16 du GPE traitements de sols pour l'étanchement
Vision croisée Maitrise d'Ouvrage et Maitrise d'Œuvre

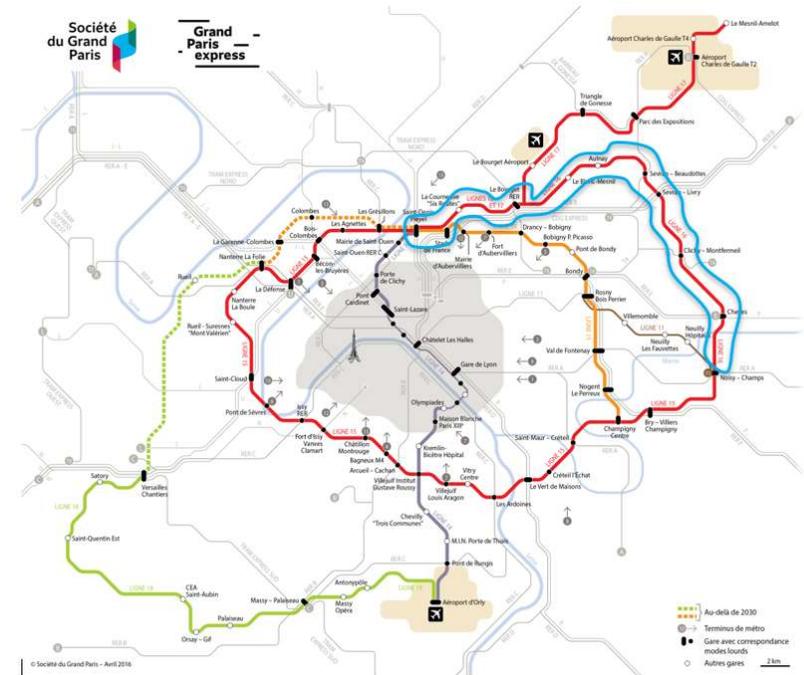
JST DU 05/04/2023

Charles KREZIAK - SGP

Éléments de contexte

➤ L16 du GPE

- Ouvrages enterrés, tunnel entre 10 et 50 de profondeur
- Vallée de la Seine, Plaine de France, Butte de Clichy et vallée de la Marne
- Sols fins – roches tendres



Éléments de contexte

Acteurs

- MOA = SGP
- MOE = Groupement EGIS/Tractebel
- AMO Géotechnique = Terrasol
- Entreprises : Lot1 = Eiffage-TSO / Lot2 = Webuild-NGE / Lot3 = Razel-Sefi
Une dizaine d'entreprises de travaux spéciaux différentes

Usage des traitements de terrain pour les OA du GPE

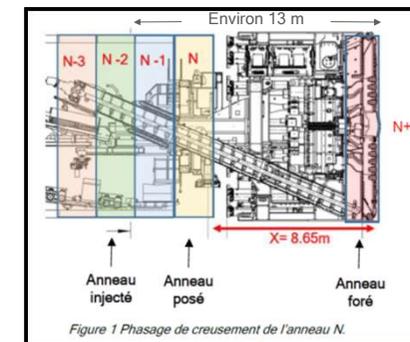
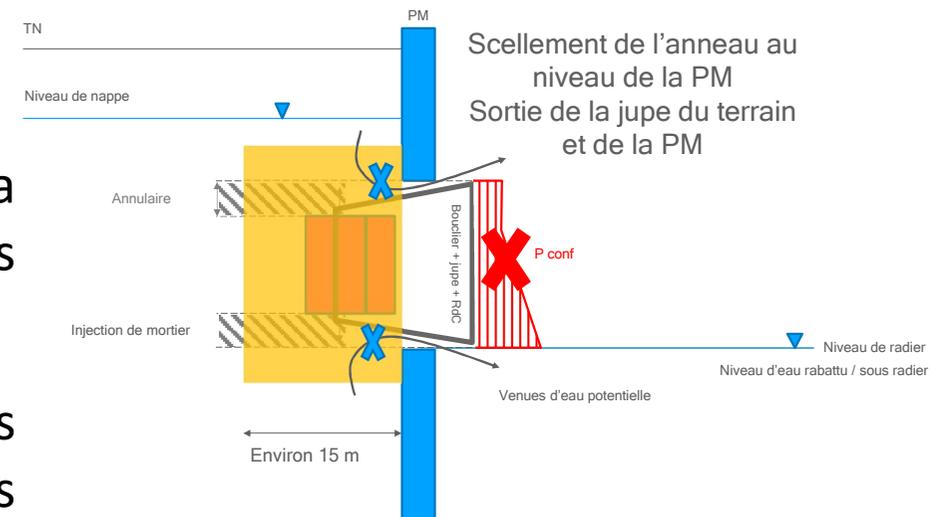
➡ Nécessité de traitement de terrain :

- Maîtriser les arrivées d'eau des entrées /sorties des tunneliers
- Maîtriser les arrivées d'eau /confortement des terrains terrassés par méthodes traditionnelles
- Compléter les ancrages hydrauliques des soutènements (jupes injectées)
- Des traitements préalables à l'exécution des PM
- Des consolidations ponctuelles lors de difficultés d'exécution des PM
- Des soutènements provisoires

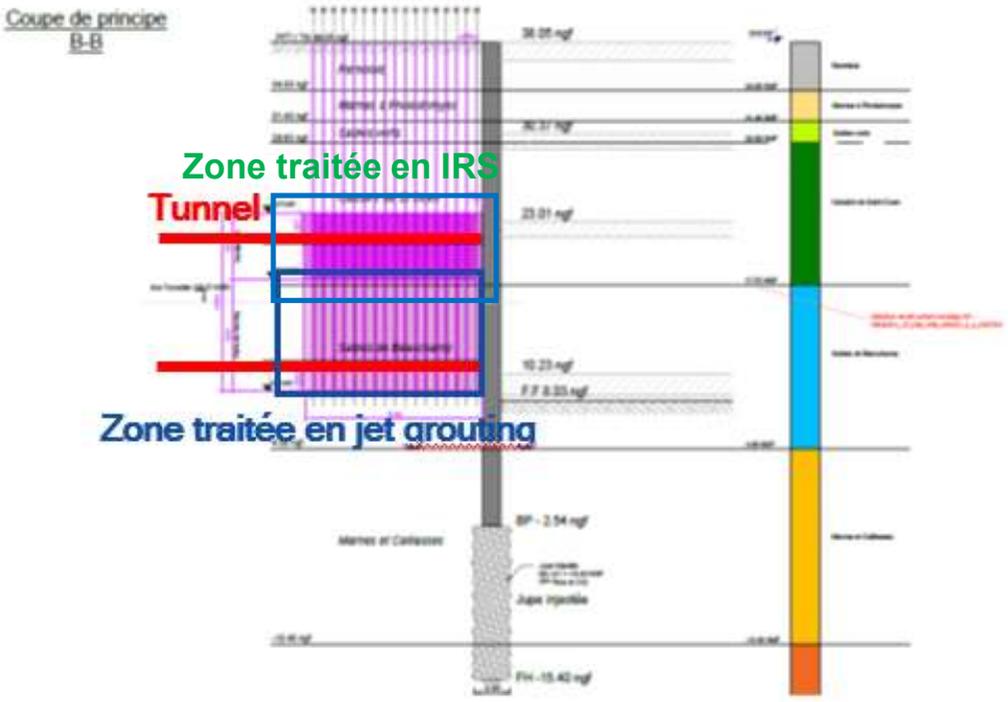
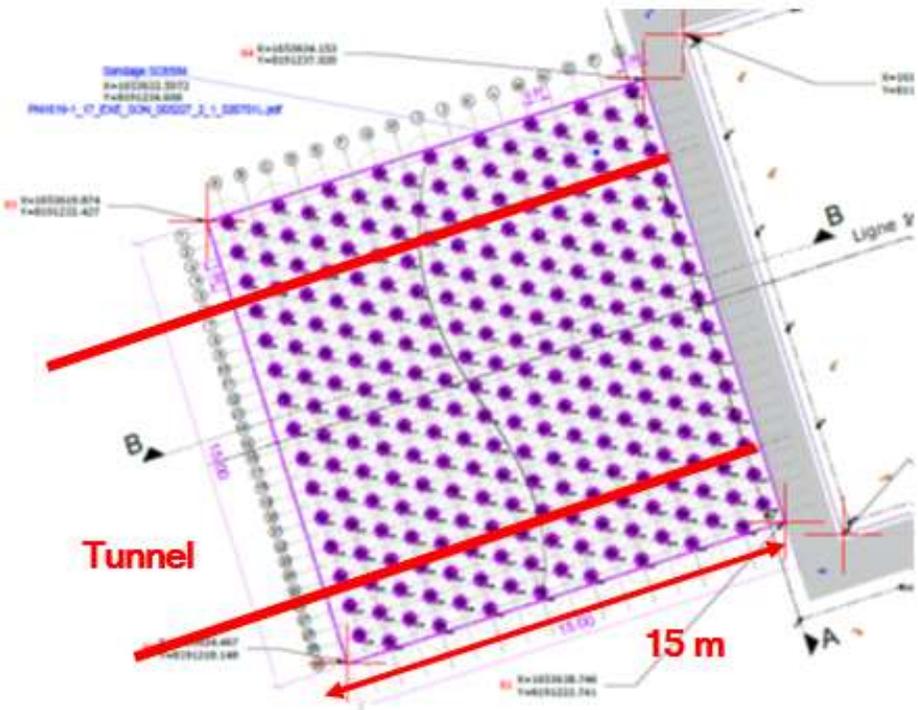
Usage des traitements de terrain pour les OA du GPE

Etanchéité des entrées/sorties des TBM

- Permettre une diminution progressive de la pression de confinement pour l'entrée dans les ouvrages terrassés
- Maîtriser les venues d'eau lors du percement des PM des ouvrages centrés (gares, entonnements et OA)
- Selon les terrains, objectif de perméabilité après traitement de 1.10^{-6} à 5.10^{-7} m/s



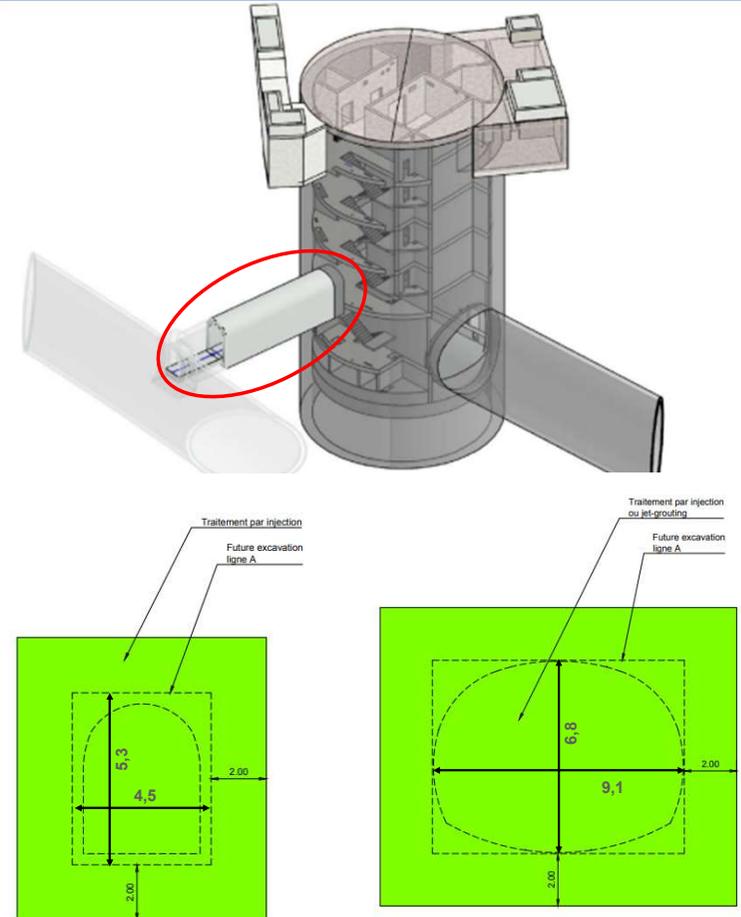
Usage des traitements de terrain pour les OA du GPE



Usage des traitements de terrain pour les OA du GPE

► Traitement des rameaux

- Connexion tunnel, ouvrages annexes, géométrie selon la fonction (secours/ventilation)
- Augmenter les caractéristiques mécaniques des terrains (cohésion et module) pour assurer la stabilité de l'excavation en phase provisoire
- Réduire la perméabilité pour rendre les débits compatibles avec des exhaures en fond de fouille



Usage des traitements de terrain pour les OA du GPE



L16-1 - 3403P
- Front de
taille dans un
massif traité
au JG



L16-1 - 0210P
- Front de
taille dans un
massif traité
au JG

Usage des traitements de terrain pour les OA du GPE

➤ Principaux risques couverts par les traitement de terrains

- Venues d'eau impactant le déroulement des travaux
- Débit excessifs impossibles à maîtriser avec ennoisement
- Instabilité du front de taille
- Mouvements de terrain avec manifestation en surface
- Impacts sur les avoisinants voir sur les personnes

Constat en cours d'exécution des traitements

➤ Soulèvement des terrains de surface

- Fonction des structures enterrées proches
- Soulèvements pluri-décimétriques
- Poussées sur les structures enterrées voisines

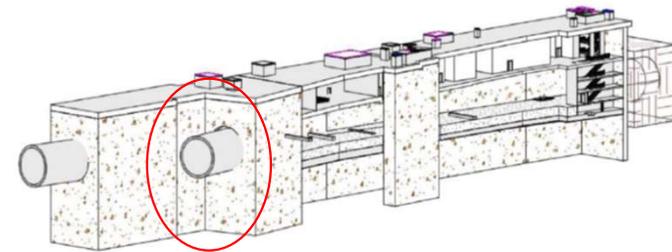
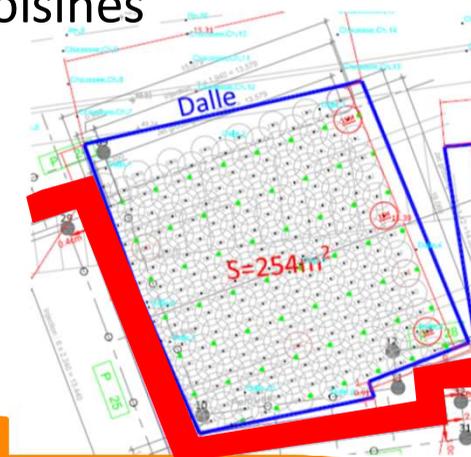


Figure 1 : Représentation 3D schématique de l'ouvrage

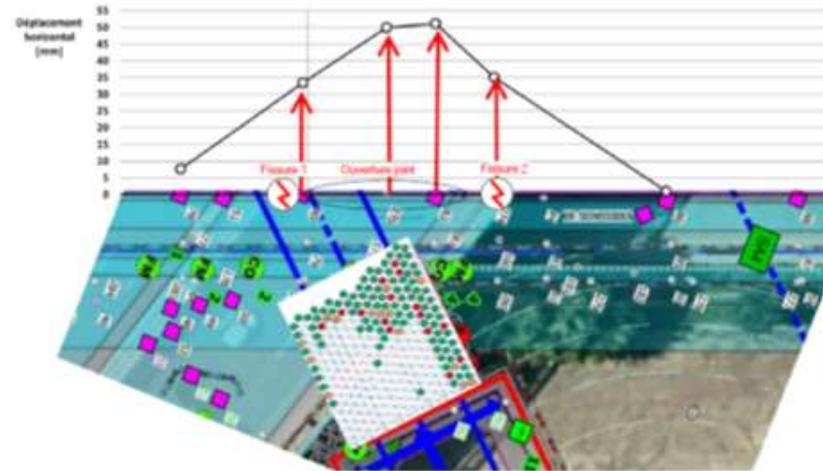
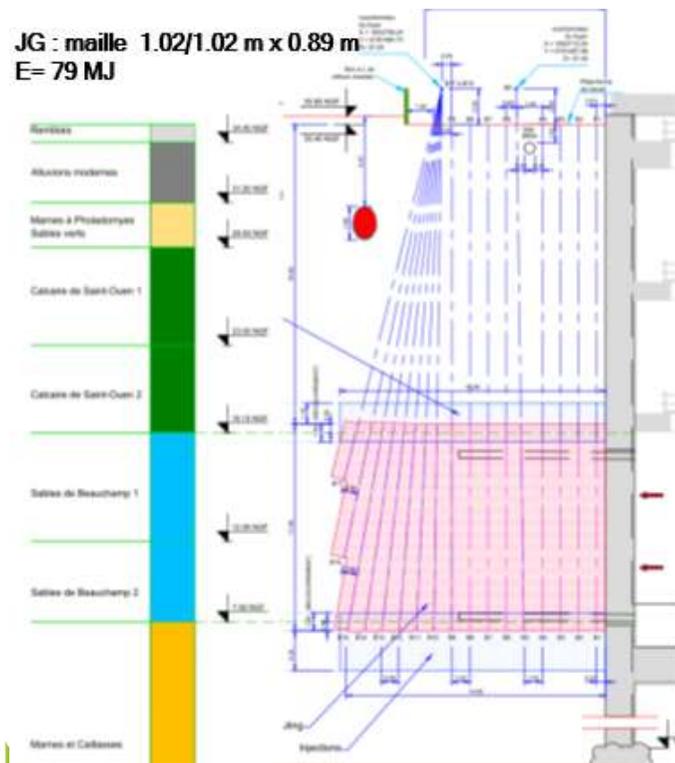


Constat en cours d'exécution des traitements



Apparition de la fissure le 02/10/2019 : injection résine polyuréthane aqua-réactive à travers des forages en quinconce.

Constat en cours d'exécution des traitements



Déplacement horizontal de la tête du quai (Aout 2019)

Mesures préventives / correctives :

- Phasage : encagement du spoil
- Événements

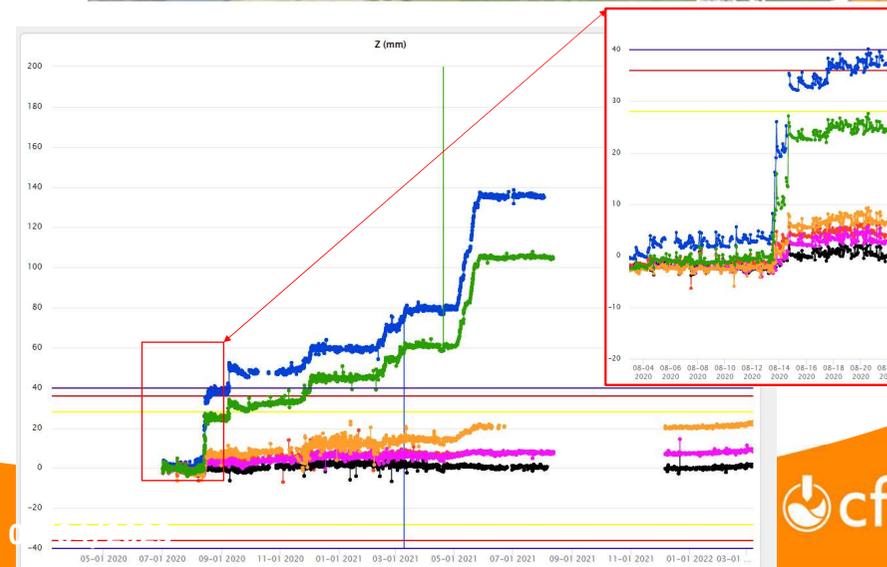
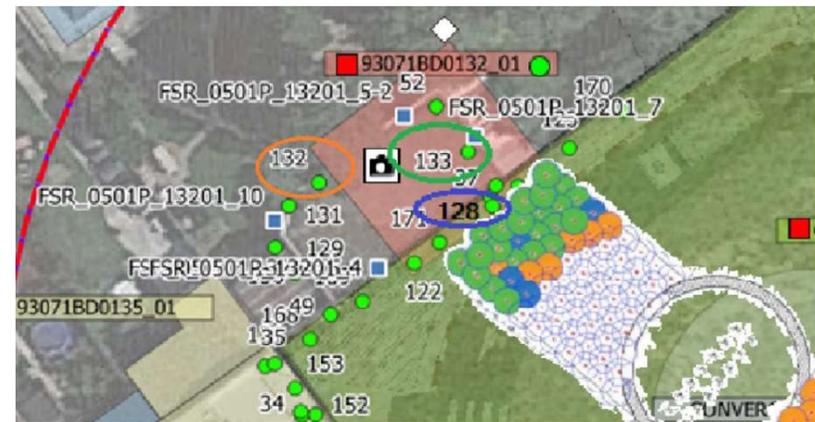
➤ Insuffisantes (déplacements jusqu'aux dernières colonnes), principalement du à un manque de rigueur sur le chantier (événements bouchés, dalles sur les événements ...)



Constat en cours d'exécution des traitements

Remaniement des terrains

- Déformations sur les avoisinants
- Résurgences des spoils
- Après rupture, les incréments de pression se répercutent en déformations immédiates



Observations lors des terrassements

➤ Venues d'eau +/- diffuses

- Difficultés de traitement du fait des variations de faciès
- Possibles impacts des modalités de traitement aux interfaces géologiques (superposition Jet/IRS)



Observations lors des terrassements

➤ Arrivées d'eau localisées

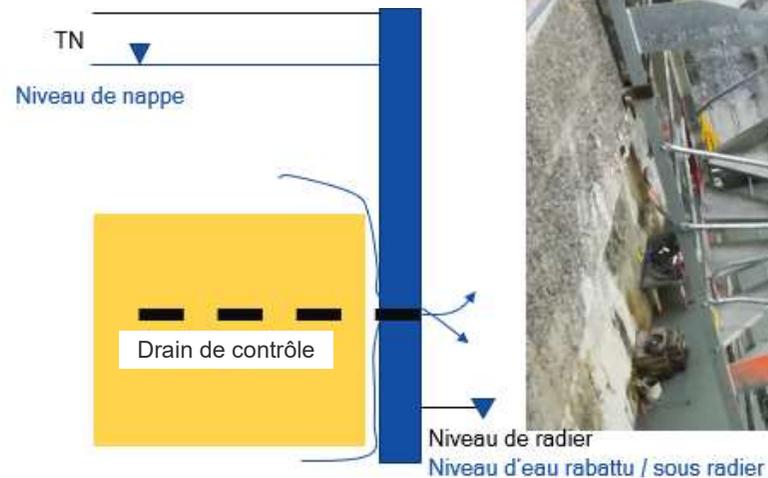
- Défaut de rebouchage de forages de reconnaissance ou de contrôle ...
- Vérification des comblements via des investigations en surface, ou des traitements complémentaires au front



Observations lors des terrassements

Défaut de perméabilité local via une zone mal ou partiellement traitée

Venue d'eau via un drain de contrôle horizontal.
Identification d'un défaut de contact entre le massif traité et la paroi moulée ... collage

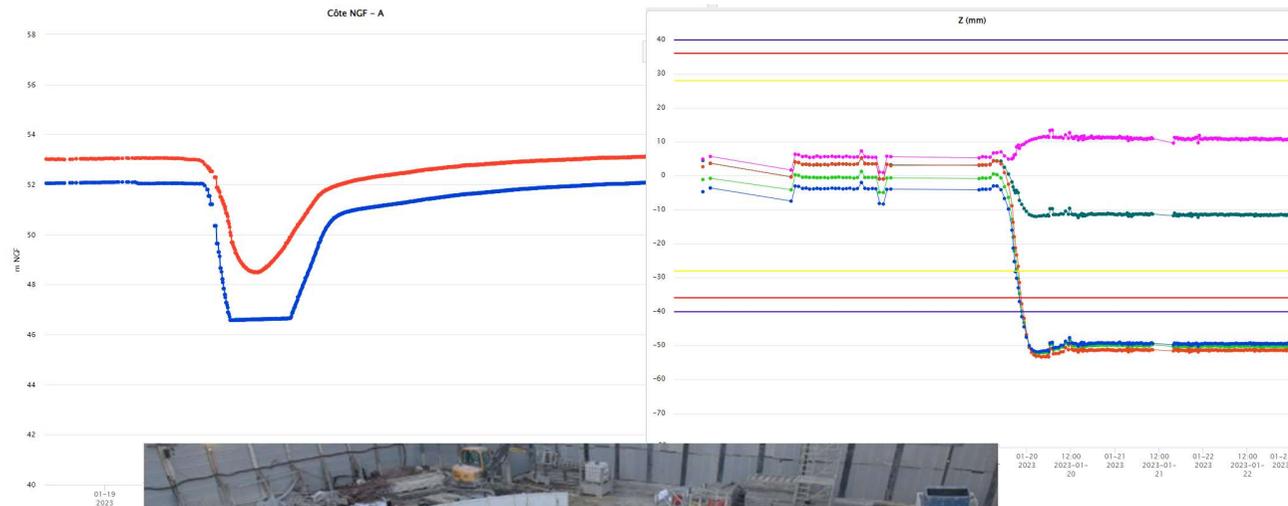


Observations lors des terrassements

➡ Débits non maîtrisables

- Plusieurs dizaines de m³ entrant
- Forts rabattement sur la(les) nappe(s)
- Impacts sur les avoisinants

=> ennoiement de l'ouvrage par mesure de sécurité

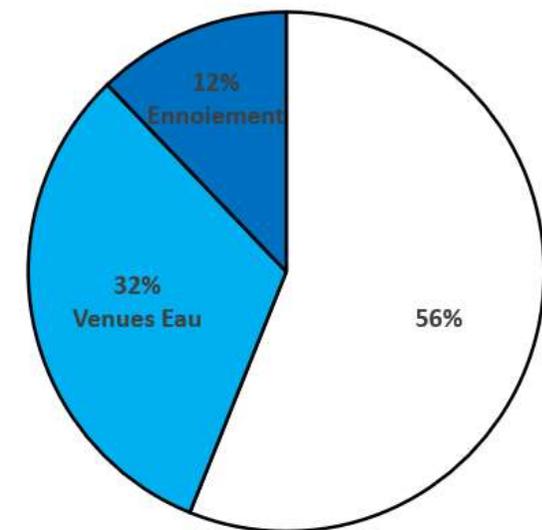


Observations lors des terrassements

➤ Fréquence des événements

- 43% des massifs traités ont connu au moins une venue d'eau significative ($>10\text{m}^3/\text{h}$)
- 12% des ouvrages ont été envoyés ... forts débits et choix de mise en sécurité avoisinants
- Part non négligeable des événements liée à une mauvaise gestion des sondages de reconnaissance / forages de contrôle
($>$ impact des variations de faciès)

Fréquence des différentes difficultés rencontrées
Rameaux et Bouchons entrée/sortie
(41 ouvrages considérés)



Interrogations du MOA

Identification du risque

Les occurrences retenues au stade des études ont-elles été trop optimistes ?

Note	Échelle	Ordre de grandeur (valeur médiane issue du GT 32)	
4	Possible	20%	Plus de 8% à <=50%
3	Peu probable	5%	3 à 8%
2	Très peu probable	2%	1 à 3%
1	Improbable	0,5%	<1%

N° risque	Contexte / classification du risque				Appréciation du risque (identification, analyse et évaluation du risque)		Anticipation	Evaluation du risque résiduel par le MOE										Anticipation	Evaluation du risque résiduel par le Groupement											
	TBM7	TBM8	Autres	Catégorie	Faciès ou conditions	Description de l'incertitude		Risque	Description des conséquences	Mesures préventives et de détection	Conséquences sur les objectifs du MOA (notes de 1 à 4)										Mesures préventives et de détection additionnelles aux mesures intégrées par la Moe	Conséquences sur les objectifs du MOA								
									Vraisemblance du risque résiduel (note de 1 à 4)	Coûts	Délais	Domages corporels	Environnement naturel	Environnement humain	Image	Performance	Gravité (note de 1 à 4)	Niveau de risque résiduel (note de 1 à 16)		Vraisemblance du risque résiduel (note de 1 à 4)	Coûts	Délais	Domages corporels	Environnement naturel	Environnement humain	Image	Performance	Gravité (note de 1 à 4)	Niveau de risque résiduel	
MOEL T15_069	0	X	X	0	0	Présence d'eau et perméabilité des terrains plus importante que prévue	Débourrage de terrain et/ou venues d'eau lors de la traversée d'ouvrages en paroi moulée (SMI, ALN, SEB, 0401P, SEL et CMF)	Tassements, foyers. Sécurité dans l'ouvrage en paroi moulée et dans le tunnelier	Méthode laissée au choix de l'Entreprise (bouchon, cloche, massif, etc...)	2	2	3	0	0	0	0	0	3	6		2	2	3	0	0	0	0	0	3	6
MOEL T15_080	0	0		0	0	Venue d'eau au droit des rameaux	Défaut d'étanchéité des rameaux	Arrivées d'eau massives Reprise des étanchéités des ouvertures Débits de rejet importants	Traitements de terrain (rémunérés au BPU)	2	3	3	0	0	0	0	0	3	6		2	2	3	0	0	0	0	0	3	6
MOEL T15_080	0	1		0	1	Terrains moins bons que prévus/inefficacité des traitements de terrain (jet grouting)	Instabilité du front de taille ou de la voûte	Déstabilisation du front de taille ou de la voûte, tassements	Béton projeté de confinement Boulonnage de front Contrôle et suivi de l'excavation Auscultations	2	2	2	0	0	0	0	2	4		2	2	2	0	0	0	0	0	2	4	
							Hors profil au-delà de la ligne G Excédent de déblais Surconsommation de béton	Contrôle et suivi de l'excavation Auscultations																						

Interrogations du MOA

➤ Conception

- Revoir les spécifications techniques GPE ?
- Affiner le traitements des points singuliers ?

➤ Actions en suivi d'exécution

- Approfondir les tests préalables (plots d'essais) ?
- Synthèse en fin de traitement ? ... plan qualité des travaux

➤ Repenser les contrôles

- Quels types d'essais ?
- Quels critères de réception ?