



MAITRISE D'OUVRAGE



# CHANTIER DE PROLONGEMENT DU METRO B AUX HÔPITAUX SUD

Webinaire AFGC

04/03/2021





# Accueil, Présentation AFGC Ordre du jour & Intervenants

*Jean-Yves SABLON, Président AFGC Centre Est*

*Donovan HUBERT, Membre AFGC Centre Est*

*Armelle GAUTIER, Membre AFGC Centre Est*

04/03/2021



## Une organisation en comités

### Une animation autour de trois comités et une commission jeunes

- **Comité des Affaires Générales** : animation des activités de l'AFGC, organisation des événements nationaux et internationaux, diffusion des publications de l'AFGC, développement des partenariats...
- **Comité Scientifique et Technique** : Animation et élaboration de documents de synthèses des groupes de travail, exploration des axes d'innovation et synthèses de l'état de l'art sur les thèmes majeurs du Génie Civil, organisation de débats...
- **Comité des Affaires Internationales** : Coordination des relations entre l'AFGC et les associations internationales, promotion de l'ingénierie française à l'internationale...
- **Commission Jeune** : valorisation de l'AFGC et du Génie Civil auprès des jeunes, appui pour leur intégration auprès de groupes de travail internationaux, diffusion de l'expertise de l'AFGC auprès des étudiant.e.s...





# PRÉSENTATION AFGC

## Un ancrage territorial

### Un ancrage territorial grâce à huit délégations régionales

Centre Est, Grand Est, Grand Ouest, Hauts-de-France, Ile-de-France et Centre, Méditerranée, Océan Indien, Sud Ouest.



- |                            |   |                         |   |
|----------------------------|---|-------------------------|---|
| Délégation IDF et Centre   | ■ | Délégation Centre-Est   | ■ |
| Délégation Grand Ouest     | ■ | Délégation Sud Ouest    | ■ |
| Délégation Grand Est       | ■ | Délégation Méditerranée | ■ |
| Délégation Hauts-de-France | ■ | Délégation Océan Indien | ■ |

# PRÉSENTATION AFGC

## Relais des grandes Associations Nationales

**Des partenariats avec des grandes associations nationales du Génie Civil**

AUGC - AFPS - AFTES - AITF - ASCO TP - Le Pont.

**Des relations privilégiées avec des acteurs majeurs**

IDRRIM - IMGIC - UAFGC

**Et le relais des grandes associations internationales**

ACI-fib-IABSE-RILEM



# PRÉSENTATION AFGC

Une expertise scientifique et une diffusion de la connaissance

## Une diffusion de la connaissance scientifique et technique

- Organisation d'évènements: Congrès, symposiums, conférences, visites de chantiers, débats...
- Diffusion des publications scientifiques et techniques des groupes de travail de l'AFGC et des comptes rendus des évènements organisés...
- Diffusion d'informations via sa lettre d'information hebdomadaire et via le site internet : [www.afgc.asso.fr](http://www.afgc.asso.fr)



# PRÉSENTATION AFGC

## En conclusion

Être adhérent à l'AFGC c'est pouvoir :

**bénéficier** de documents gratuits (documents scientifiques présentant les travaux des groupes du CST, bulletin annuel, lettres périodiques d'informations, lettres des associations internationales, annuaire des adhérents),

**profiter** des activités de l'AFGC à des tarifs préférentiels,

**participer** aux travaux des divers groupes de l'association,

**visionner** les conférences en podcast,

et plus simplement être tenu informé régulièrement de ce qui se passe dans le monde du Génie Civil.

## En 2021 : j'adhère à l'AFGC

[www.afgc.asso.fr](http://www.afgc.asso.fr)





## La délégation Centre Est



Président	Jean-Yves SABLON ( <b>setec</b> als)
Vice-présidente	Estelle RODOT-CHAZAL (VICAT)
Trésorier	Laurent BASTARD-ROSSET (VCF TP Lyon)
Secrétaire	Danièle CHAUVEL (EDF SEPTEN) / Délégués aux Concessionnaires
Jeunes	Marie NOE ( <b>setec</b> als) et Chaymae SAMIR (EGIS) / déléguées AFGC Jeune Fabien DELHOMME (INSA Lyon), Julien BAROTH (UJF Grenoble/Pologne) / Délégués à l'Enseignement et aux Universités Hervé VADON (STRATES) / Délégué aux architectes Jean-Michel ODIN (ARCADIS), Renaud LECONTE (DIADES), Pascale GUICHON (ARTELIA QUADRIC), et Philippe PRIEUR (INGEROP) / Délégués aux B.E. Pierre-Antoine D'ARGENTO (Délégué UNICEM/SNBPE) / Délégués aux Syndicats des Bétons Grégoire GAVANIER (EIFFAGE INFRA), Christophe CAMPOY (BOUYGUES TPRF), Donovan HUBERT (Demathieu Bard) / Délégués aux Entreprises Marc VINCENS (EGIS) / Délégué aux MOE et Ingénierie Nucléaire Armelle GAUTIER (SYTRAL), Christophe MONTANTEME (SNCF) / Délégué aux MOA
Site WEB	Marc VINCENS (EGIS)



## Manifestations 2020



Sujet	Visite / conférence	Date prévue
Les matériaux d'aujourd'hui pour nos solutions de demain	Conférence	23 Janvier – 17h/20h
« Quelque chose de Grand » - projection film	Conférence	ANNULE COVID 17/11/2019
A480 et Rondeau (Grenoble)	Visite	ANNULE COVID Mai
Tranchée St Julien et actualités TELT (avec AFTES)	Visite	ANNULE COVID
Métro B vers Hôpitaux Sud (Lyon)	Visite	ANNULE COVID
Les nouvelles mobilités et concertation Nœud Ferroviaire Lyonnais (NFL)	Conférence	ANNULE COVID
BIM : actualités et point de vue des maîtres d'ouvrage	Conférence	ANNULE COVID
Pont-sur-Yonne : réhabilitation d'un ouvrage	WEBINAIRE	décembre

## Programme de manifestations 2021



Date prévue	Sujet	Mode de présentation
21 Janvier	La réparation des haubans du pont de Bourgogne	webinaire
4 mars	Le chantier du métro B à Lyon	Webinaire
Avril / mai	Conférence et visite du viaduc du Teil	Sur site ?
Printemps	Les chantiers de la Part-Dieu	Webinaire
Mai/juin	RCEA : mise à 2x2 voies sur 90kms	Sur site ?
Automne 2021	Les bétons bas carbone : c'est quoi ?	Conférence
Nov. 2021	BIM : du point de vue des maîtres d'ouvrages	Conférence
Fin 2021	Conférence sur les nouvelles mobilités	En présentiel

# ORDRE DU JOUR & INTERVENANTS



- **Présentation de l'opération**  
*M. ROIGNOT, SYTRAL, Maîtrise d'ouvrage*
- **Le lot GC01, la géologie du tracé, le Réemploi des matériaux issus du marinage**  
*R. PROST, SYSTRA, Membre du groupement de maîtrise d'œuvre*
- **Focus sur la construction de la station Oullins Centre (en taupe)**  
*L. CHATAIN, Responsable Travaux des Ouvrages DEMATHIEU BARD Construction*
- **Focus sur la construction des voussoirs à Ambronay (industrialisation, logistique)**  
*Y. LACHOUETTE, Responsable de l'usine d'Ambronay DEMATHIEU BARD Construction*
- **Focus sur la méthodologie de creusement à l'aide d'un tunnelier à densité variable**  
*D. VIALLE, Directeur technique, Groupement d'entreprises*



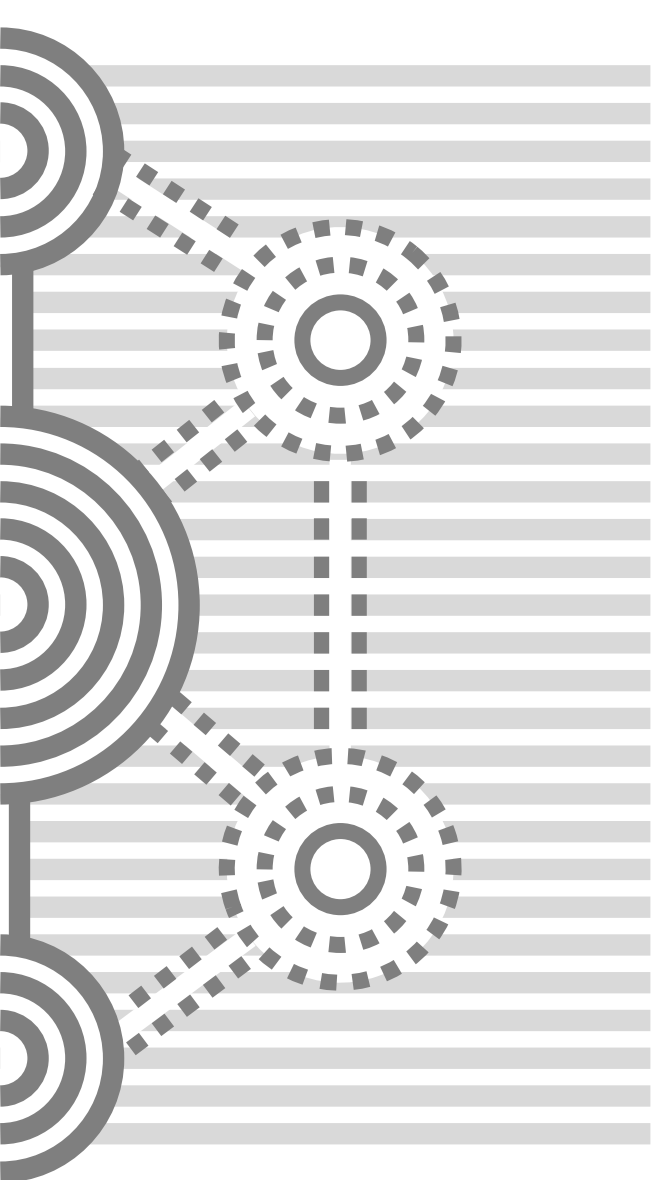
# Présentation de l'opération

*Michel ROIGNOT, Chef de projet SYTRAL*

04/03/2021







## Le prolongement du métro B aux Hôpitaux Lyon Sud



LA MOBILITÉ QUI BOUGE !





# Prolongement du métro B aux Hôpitaux Lyon Sud

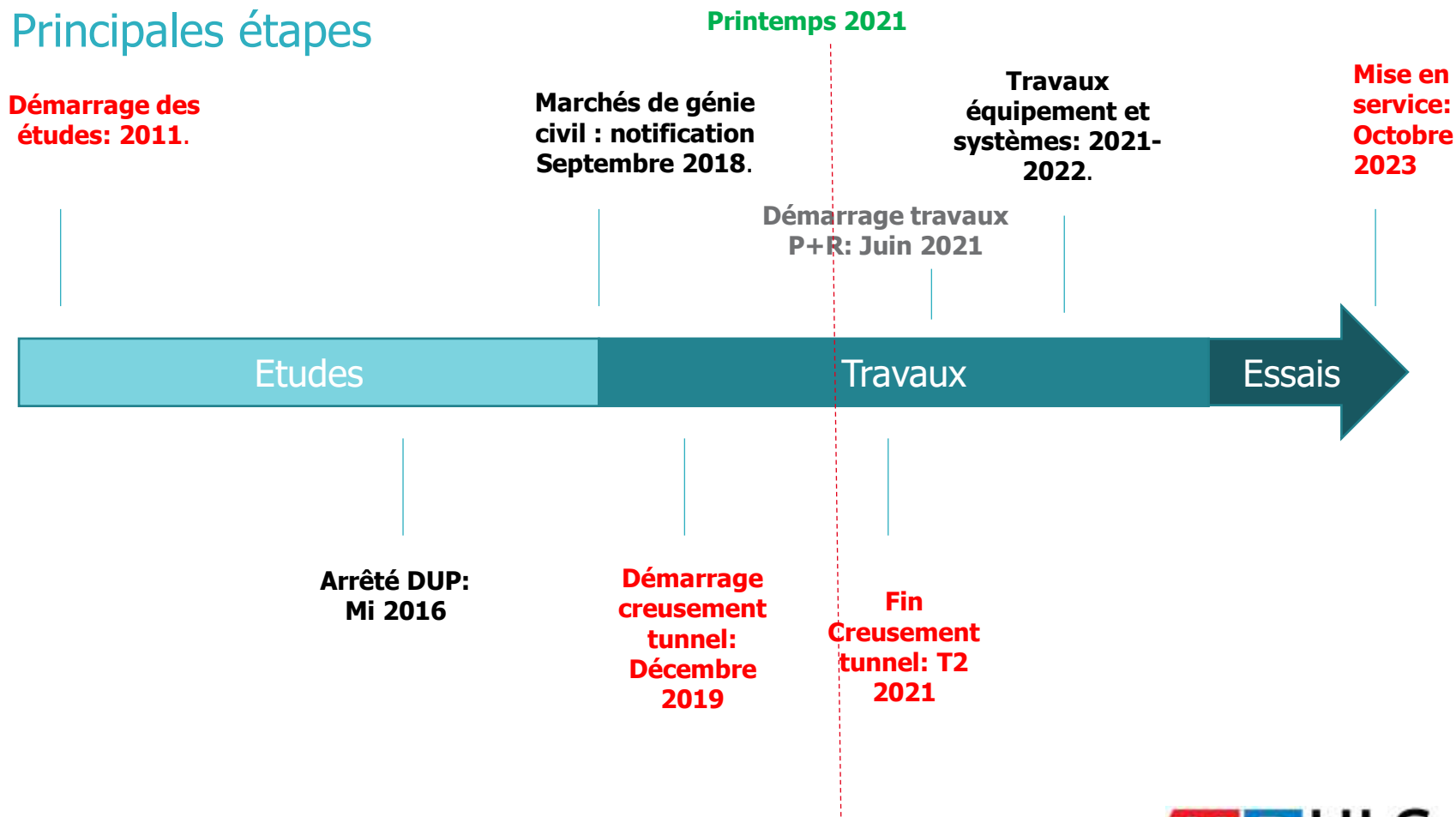
## Fiche identité projet

Linéaire	2,445 km
Nombre de stations	2 stations : Oullins Centre / St Genis Laval Hôpitaux Sud
Correspondances principales TC (lignes fortes)	Lignes de bus au futur pôle d'échanges Hôpitaux Sud
Projet connexe	Construction d'un bâtiment P+R de 900 places à St Genis Laval, et 200 places vélos
Fréquence (heure de pointe)	3 min
Matériel roulant	Métro MPL16 (interface projet AVM (DEP SYTRAL))
Temps de parcours	17 min entre St Genis Hôpitaux Sud et Charpennes
Fréquentation prévisionnelle (horizon 2030)	29 000 aux Hôpitaux Sud / 24 000 à Oullins Centre
Budget (dont travaux)	391 M€ (dont 285 M€ de travaux) valeur mai 2012
Communes concernées	Oullins, Saint-Genis-Laval



# Planning

## Principales étapes





# Ouvrages de Génie Civil: Station Oullins Centre



Station inscrite sur la place Anatole-France du vieux Oullins

# Ouvrages de Génie Civil: Station Oullins Centre

73m x 27m x 30m profondeur

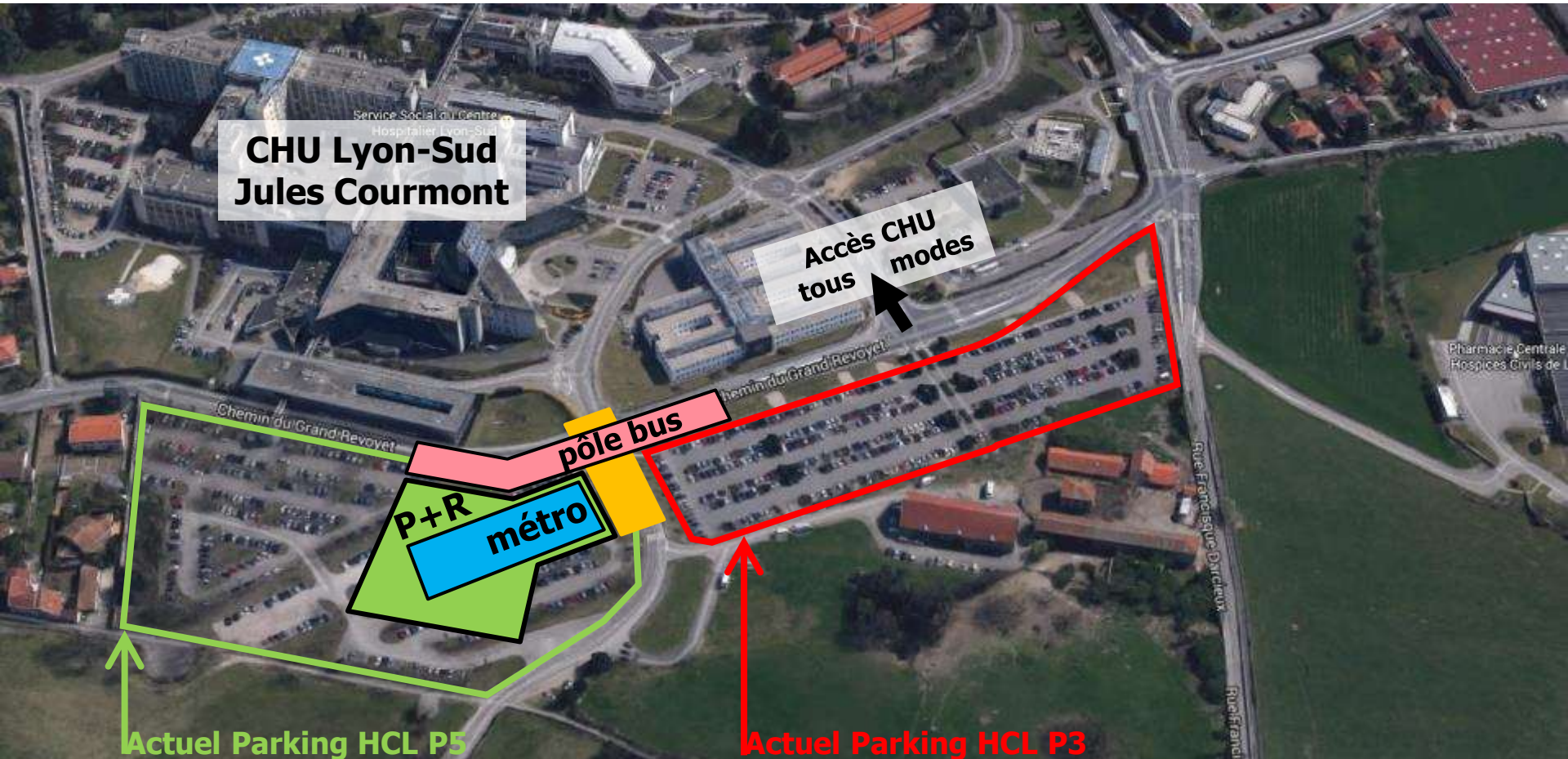


STATION OULLINS CENTRE Vue sur les quais

Fernal AS



# Ouvrages de Génie Civil: Station HLS et P+R



Le schéma d'aménagement du futur Pôle d'Echanges Multimodal des Hôpitaux Sud est représenté à titre indicatif (en cours d'élaboration avec les partenaires du SYTRAL: Communes, Métropole, HCL).



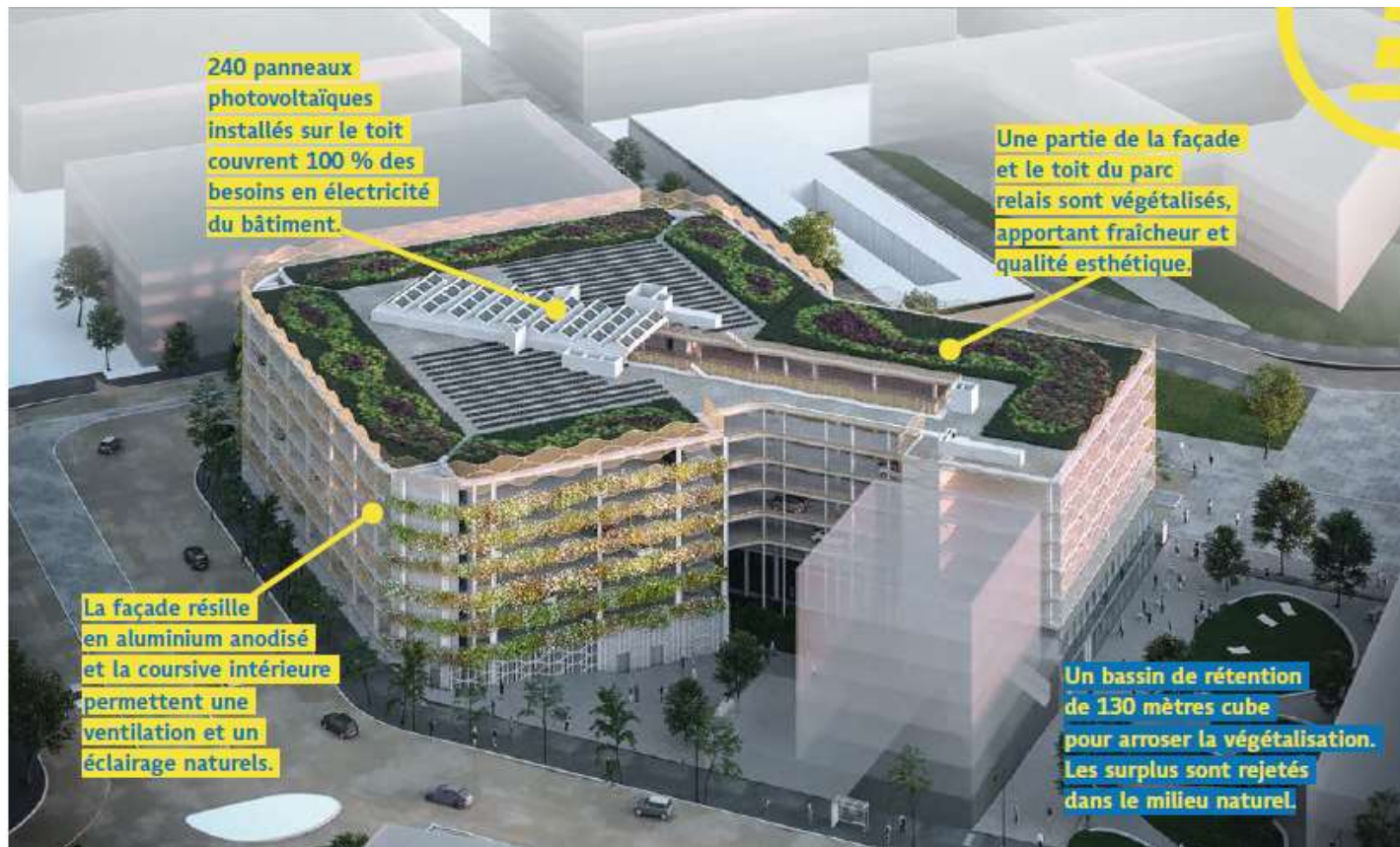
# Station HLS

73 x 25 x 20m profondeur

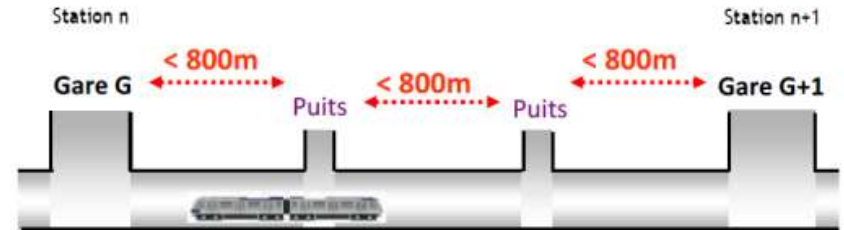
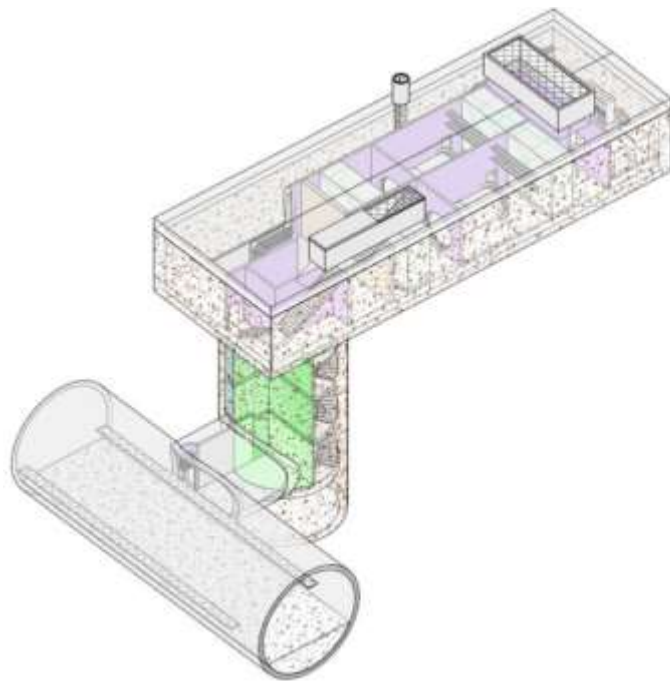


# Parking relais (P+R) – au dessus station HLS

900 places VL 200places vélo et +



# Puits du Grand Revoyet





# Puits de lancement du tunnelier à Hôpitaux Lyon Sud (PAHLS) - tunnelier

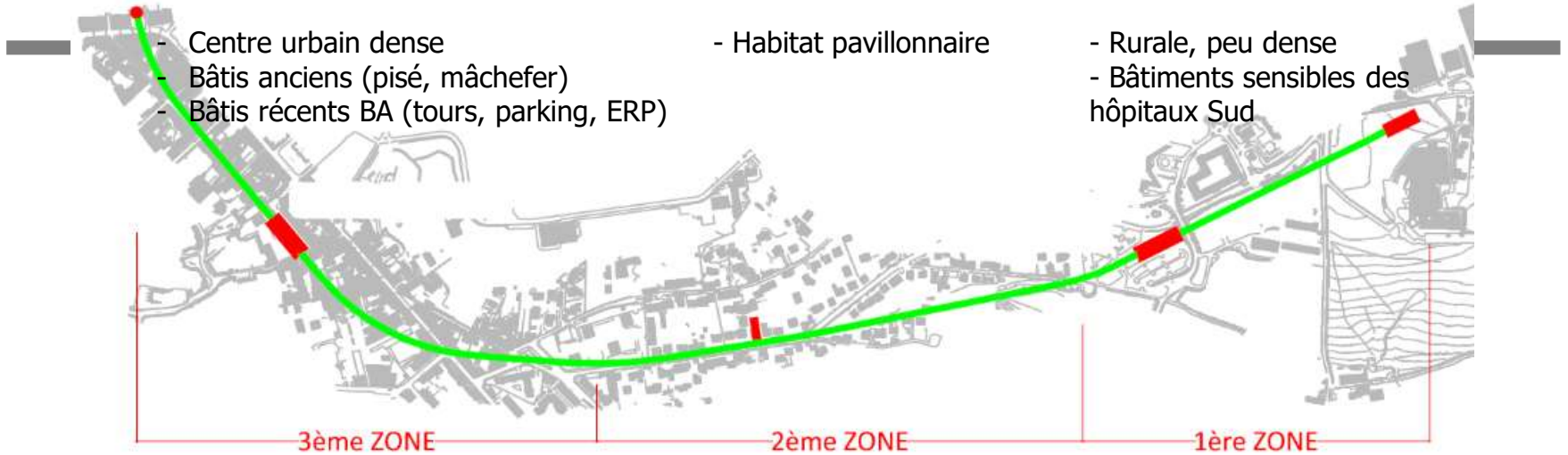
Un puits de 35 m de longueur pour rentrer un tunnelier de 122 m ! ?







# Sensibilité du bâti



## Sensibilité intrinsèque du bâtiment



## Habitat en pisé





# Lot GC01, Géologie & Réemploi des matériaux issus du marinage

*Romain PROST, Responsable Travaux SYSTRA*

04/03/2021





# WEBINAIRE AFGC EXTENSION MÉTRO B LYON

ROMAIN PROST, INGÉNIEUR GÉOLOGUE ET RESPONSABLE TRAVAUX, SYSTRA

04/03/2021





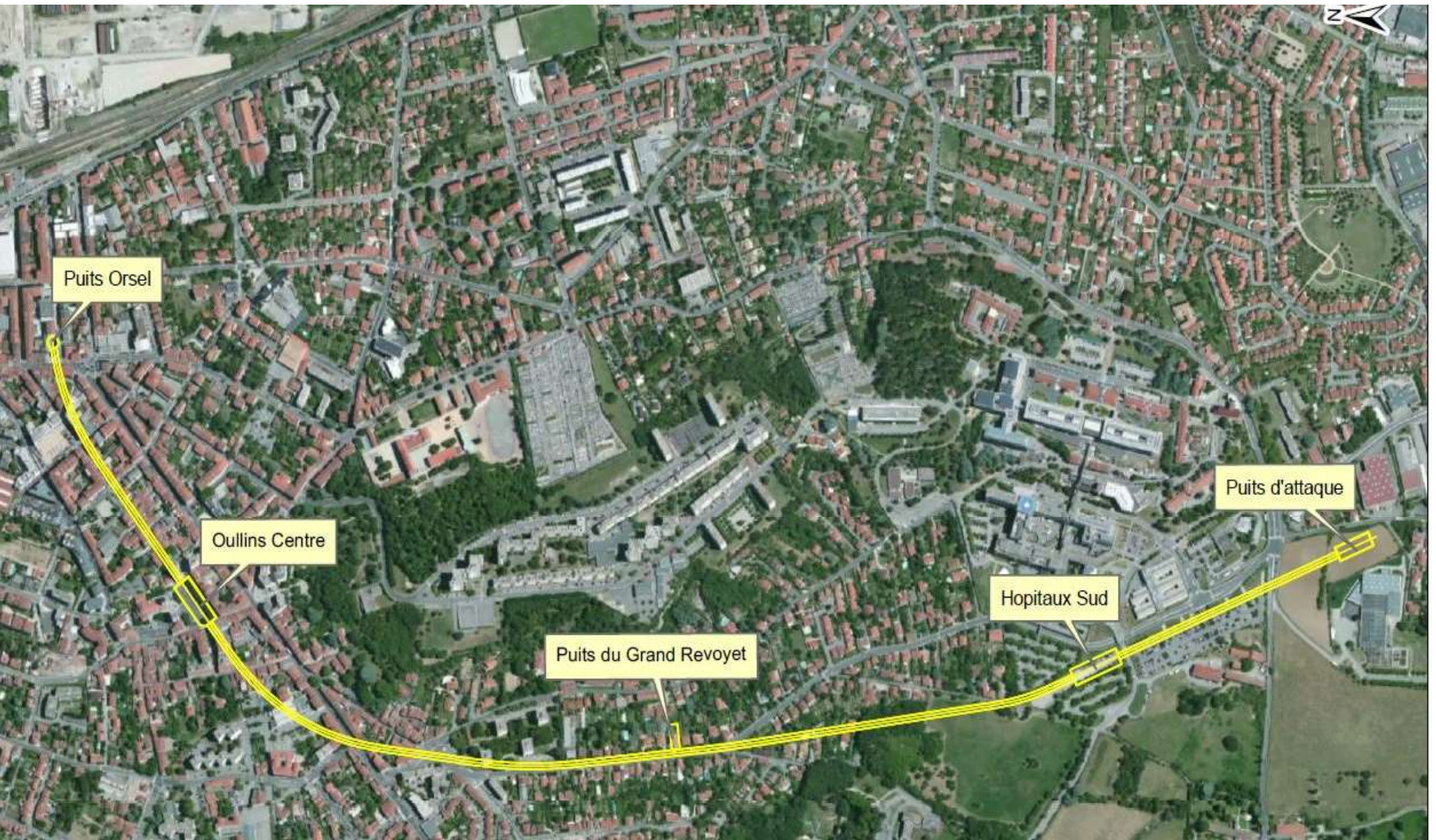


## ORDRE DU JOUR

- Présentation du lot GC01
- Une géologie complexe
- La gestion des déblais

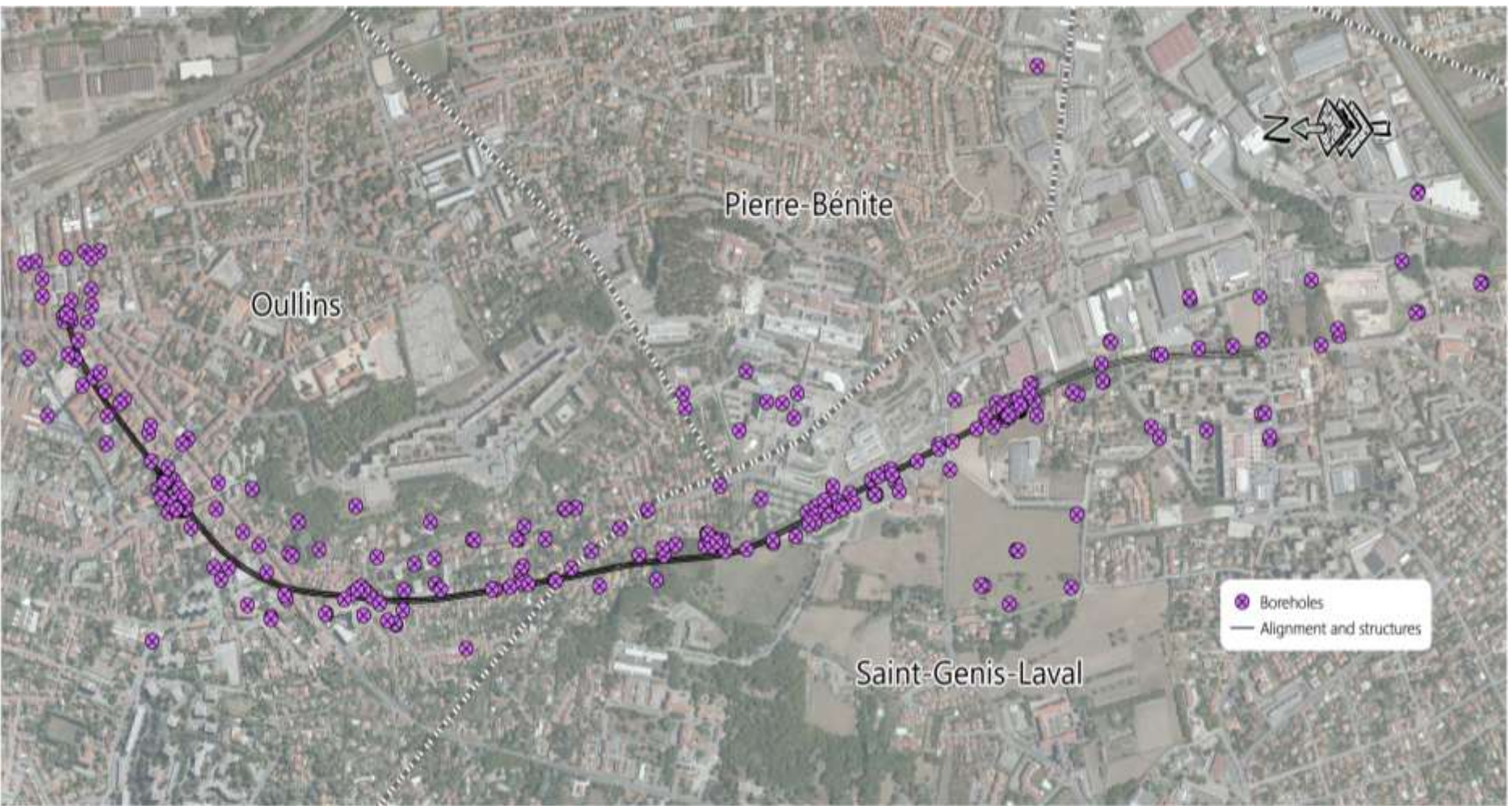


# LE LOT GC01

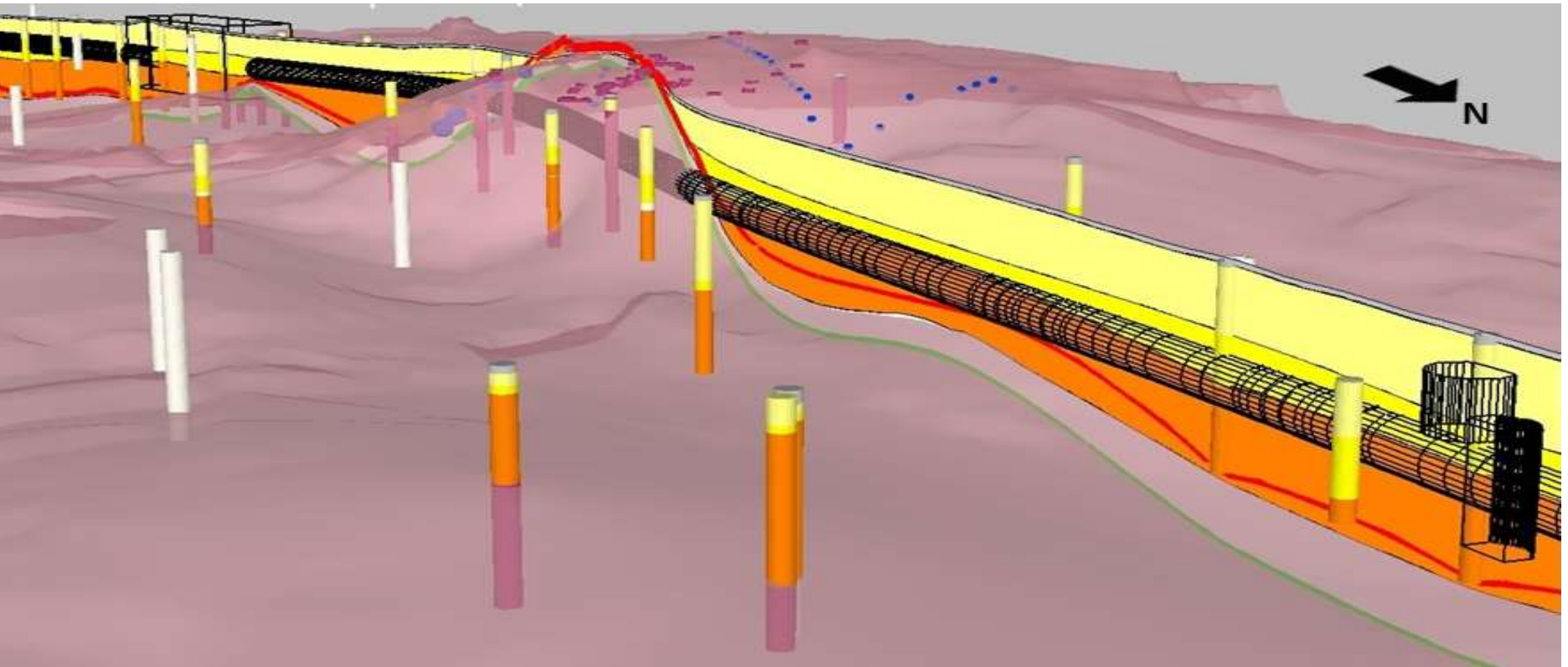







# RECONNAISSANCES GÉOTECHNIQUES




# MODÈLE 3D GÉOLOGIQUE ET GÉOSTATISTIQUE



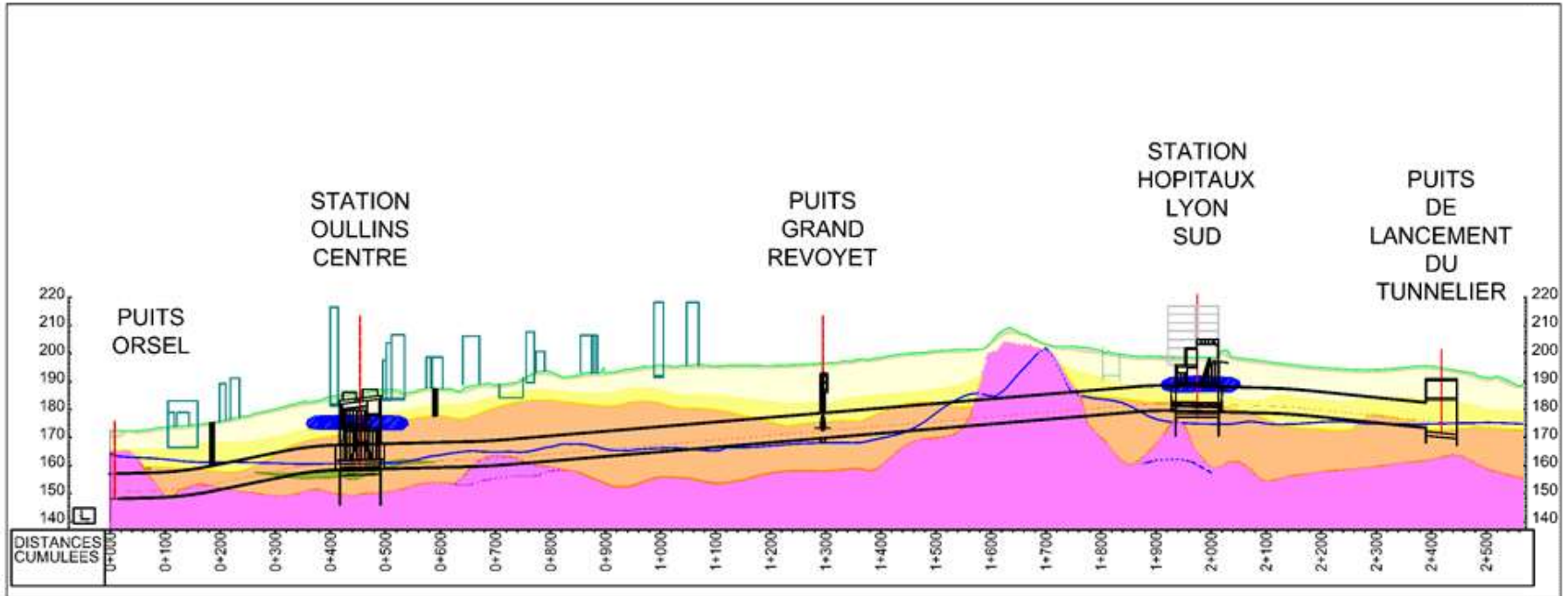
## Legend:

- Geophysical measurement, the size depends on the uncertainty
-  Tunnel
-  Station
-  Surface interpolation of average granite position

-  Made Ground
-  Fx(a)
-  Fx(b)
-  Fv
-  Granite
-  Unused boreholes
-  Probable highest position of granite on the alignment
-  Probable lowest position of granite on the alignment



# UN CONTEXTE GÉOLOGIQUE DIFFICILE ET VARIABLE

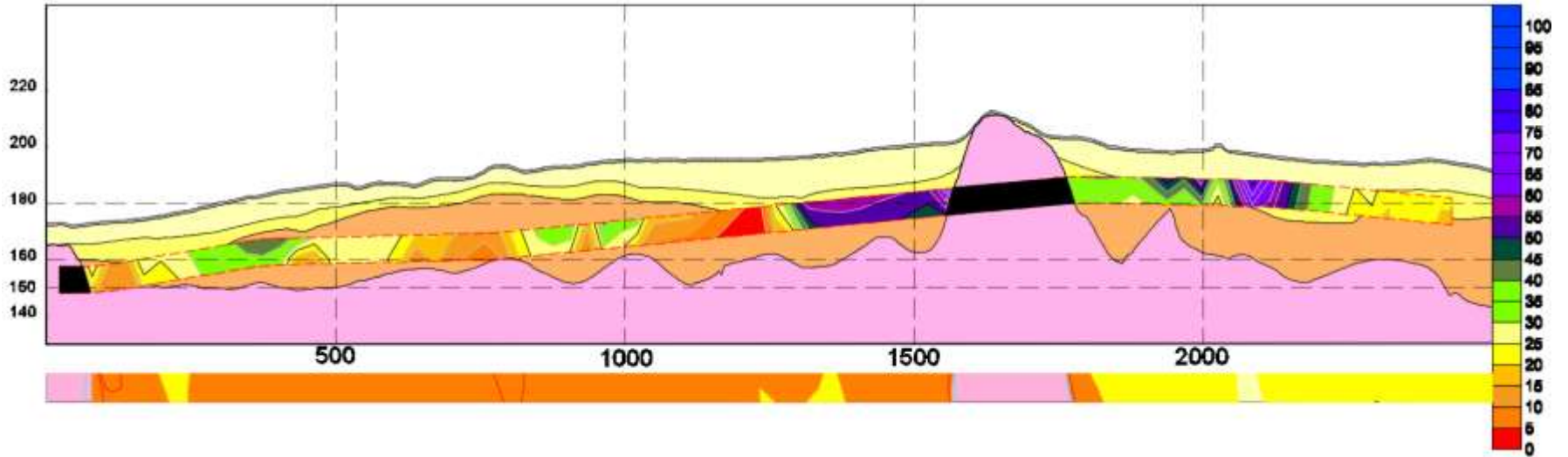


## Formations géologiques:

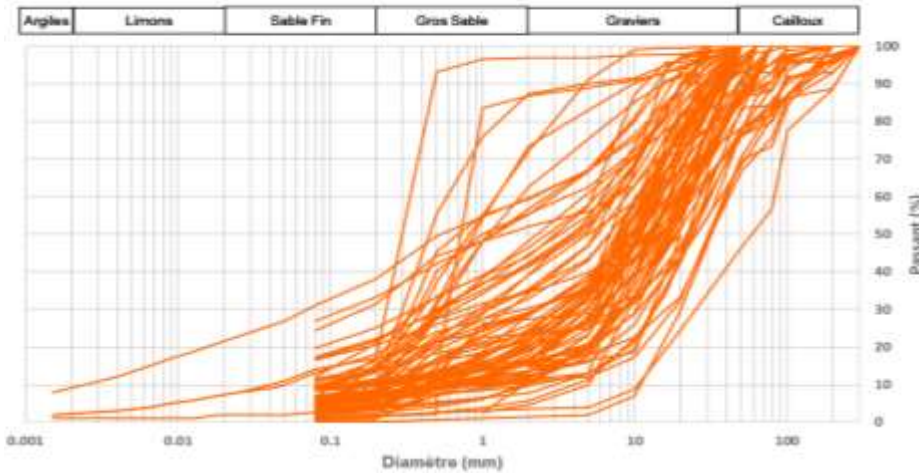
	Fx(a)	Alluvions récentes fines
	Fx(b)	Alluvions récentes sableuses
	Fv	Alluvions glaciaires
	γ	Substratum (granite)



# PLUSIEURS DÉFIS GÉOLOGIQUES



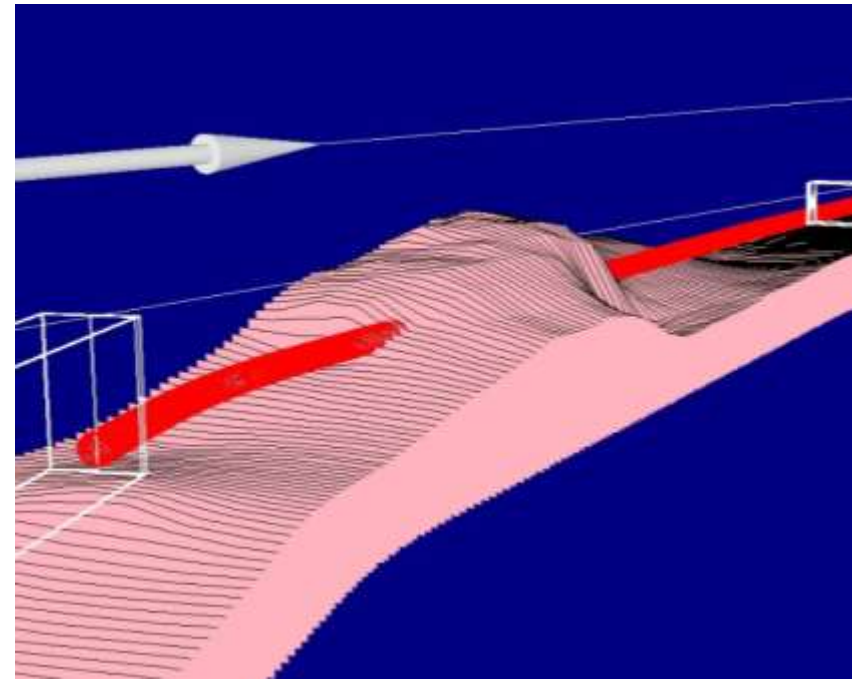
Fv - Oullins



# PLUSIEURS DÉFIS GÉOLOGIQUES



- Granite très dur et très abrasif
- Résistance à la compression très forte
- Fracturation hétérogène du massif
- Circulation d'eau dans le massif granitique
- Géométrie des fronts mixtes



# GESTION DES MATÉRIAUX EXCAVÉS (MATEX) : EXIGENCES DU CODE DE L'ENVIRONNEMENT

## Article L541-1 chapitre II (extrait) :

« 2° De mettre en œuvre une hiérarchie des modes de traitement des déchets consistant à privilégier, dans l'ordre :

- | La préparation en vue de la réutilisation
- | Le recyclage
- | Toute autre valorisation, notamment la valorisation énergétique
- | L'élimination »

« 3° D'assurer que la gestion des déchets se fait **sans mettre en danger la santé humaine et sans nuire à l'environnement**, notamment sans créer de risque pour l'eau, l'air, le sol, la faune ou la flore, sans provoquer de nuisances sonores ou olfactives et sans porter atteinte aux paysages et aux sites présentant un intérêt particulier »

« 4° D'organiser le **transport des déchets** et de le **limiter en distance et en volume** selon un principe de proximité »

« 7° De contribuer à la transition vers une **économie circulaire** »

« 8° **D'économiser les ressources épuisables** et d'améliorer l'efficacité de l'utilisation des ressources »



# RÉEMPLOI DES MATÉRIAUX EXCAVÉS

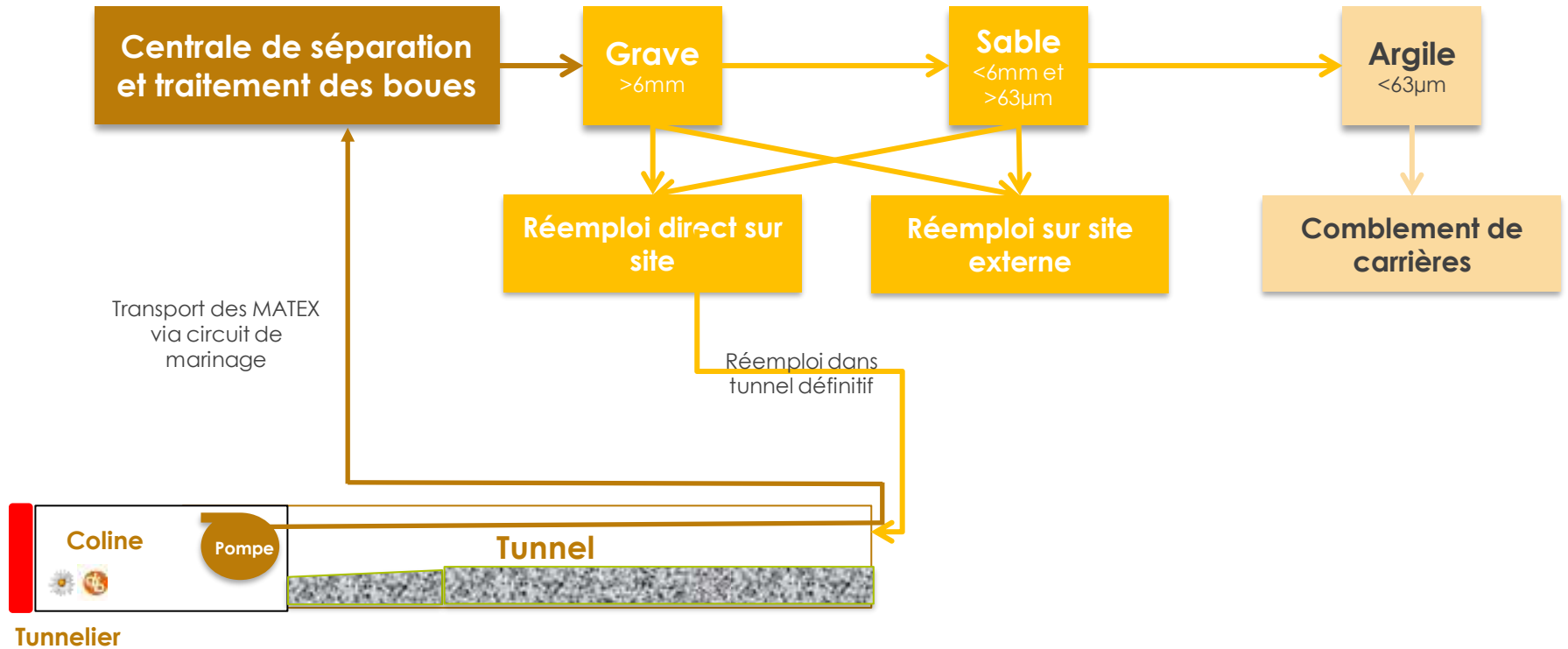
- ❑ **Contexte géologique favorable** (majoritairement sable et gravier inerte)
- ❑ **Innovations contractuelles et techniques :**
  - Prime d'incitation et pénalité en cas de non atteinte des objectifs de valorisation
  - 3 catégories de prime en fonction du type et lieux de valorisation
  - Obligation de moyen pour la traçabilité dans le CCTP
  - Pièce marché spécifique gestion des déblais (cahier B3, livret 17 CCTP)
  - Optimisation des volumes de matériaux non inerte

Tunneller	Potentiel de valorisation des MATEX par classe - avec traitement			Non valorisable
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	
Formation				ISDI+ et ISDND
Fx(a)	20 – 0 %	50 – 10 %	99 – 50 %	50 – 1 %
Fx(b)	30 – 0 %	70 – 20 %	99 – 50 %	50 – 1 %
Fv	80 – 60 %	90 – 75 %	100 – 50 %	50 – 0 %
G	0 %	20 – 0 %	50 – 0 %	50 – 0 %

Tableau 7 Potentiel de valorisation des MATEX par classe, avec traitement à la sortie du tunnelier

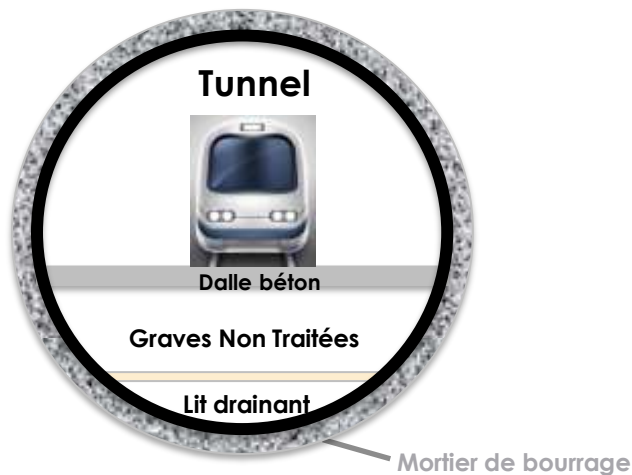


# 1ÈRE ÉTAPE : SÉPARATION GRANULOMÉTRIQUE



# RÉEMPLOI DES MATEX DIRECTEMENT SUR SITE : GNT & MORTIER

- ❑ Développement et validation d'une **Grave Non Traitée** répondant aux exigences techniques
- ❑ 75% des matériaux du rechargement en tunnel
- ❑ Chaîne logistique adaptée pour la préparation et l'acheminement de la GNT

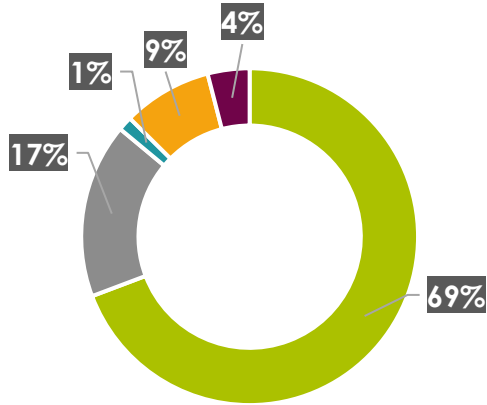


- ❑ 50% du sable pour le mortier de bourrage provient des MATEX
- ❑ Réemploi temporaire (remplissage cloche, remblais ouvrage)



# RÉEMPLOI DES MATEX : RÉEMPLOI SUR SITE EXTERNE

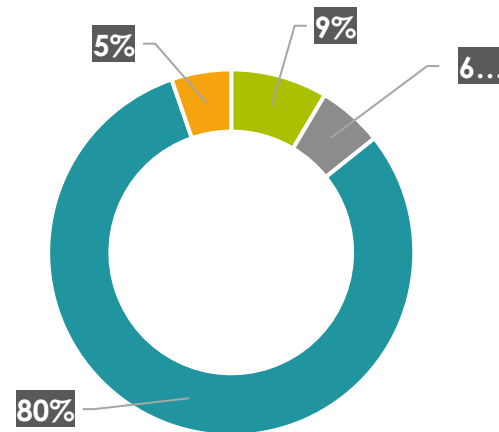
## Répartition de la valorisation des MATEX



- Remblais Carrière ■ Granulat béton
- Granulat enrobé ■ Plateforme de tri
- Autres

Remblais Carrière : projet d'aménagement et de restitution encadré par la préfecture

## Répartition des 1% Autres



- Mortier ■ GNT

VRD (Voierie et Réseaux Divers) : Remblais chantier, Sable pour tranchée, Bassin d'infiltration

# TRAÇABILITÉ DES MATEX JUSQU'À L'EXUTOIRE FINAL

Valorisation locale  
des MATEX :  
45 exutoires au  
26/02/2021

SYSTRA MBHLS MELYES

Gestion des MATEX (GC01)

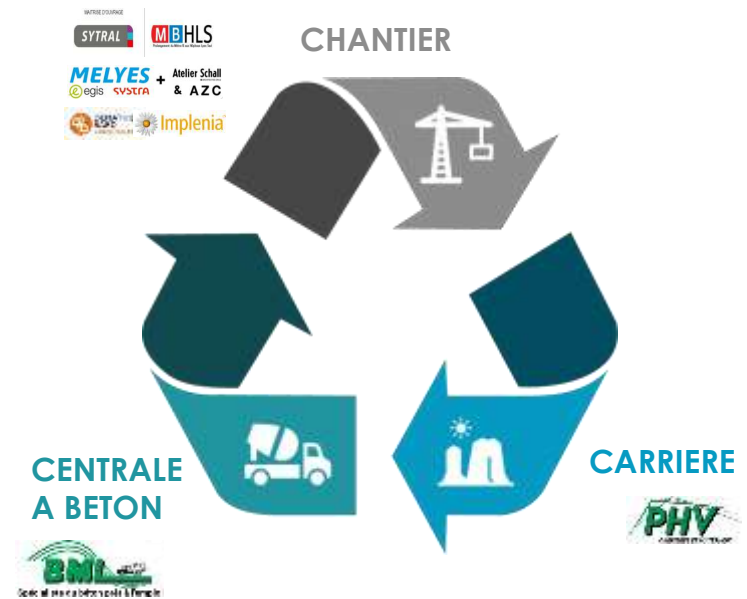


- Création d'outils SIG/application web dédiés
- Création de compte utilisateur adapté (client, entreprise)
- 1 trajet = 1 ligne dans la base de données
- Création de nouveaux exutoires en cours de chantier

# UNE VALORISATION EFFICACE DES DÉBLAIS

- **520 000 t** de déblais extraits au 24/02/21  
(lot GC01)
- **99,9%** des déblais valorisés
- **151 100 km** de trajet « économisés »\*
- Soit un **équivalent en CO2 de 300t\***
- Valorisation **locale** (<30 km)
- **45** exutoires identifiés en mars 2021

## Un bel exemple d'économie circulaire



\*Equivalent carbone et kilométrage simplifié



# Puits d'Attaque Hôpitaux Lyon Sud

Essai compactage GNT

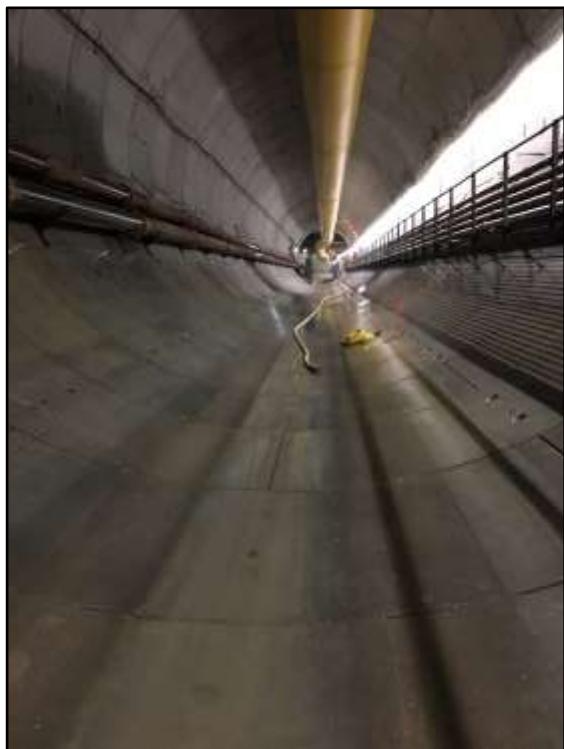


Tri des déblais



# Puits d'Attaque Hôpitaux Lyon Sud

Nettoyage du fil d'eau pour identifier les défauts éventuels des voussoirs avant mise en place de la GNT



Mise en place du convoyeur pour la GNT





# Tunnel

Début du remplissage du radier avec la GNT





# Tunnel

Remplissage du radier avec la GNT



Mise en place des réseaux et ferrailage radier en demi voie (Ouest)



# Tunnel

Bétonnage radier en demi voie (Ouest)



# Construction station Oullins Centre en Taupe

*Lionel CHATAIN, Responsable Travaux Ouvrages  
DEMATHIEU BARD Construction*

04/03/2021





# EMPRISE DES FONDATIONS



# PRÉINJECTION





# PAROIS MOULÉES





# PAROIS MOULÉES



# PRÉFONDÉS





# EMPRISE GÉNIE CIVIL





# EMPRISE GÉNIE CIVIL



# DALLE SALLE DES BILLETS N-2





# BUTONNAGE





# BUTONNAGE



# RADIER





# RADIER

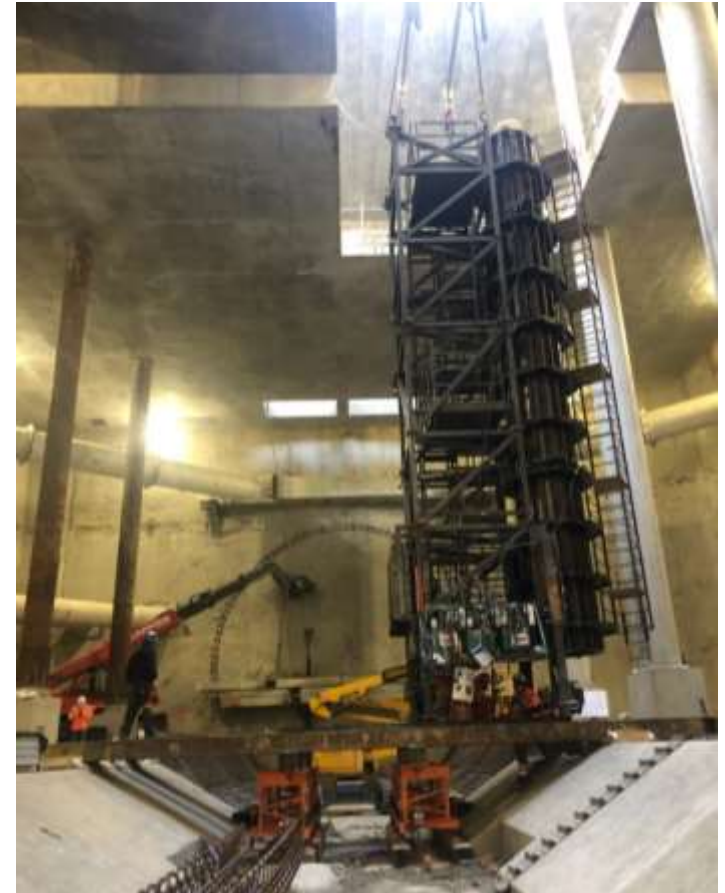




# POTEAUX



# POTEAUX



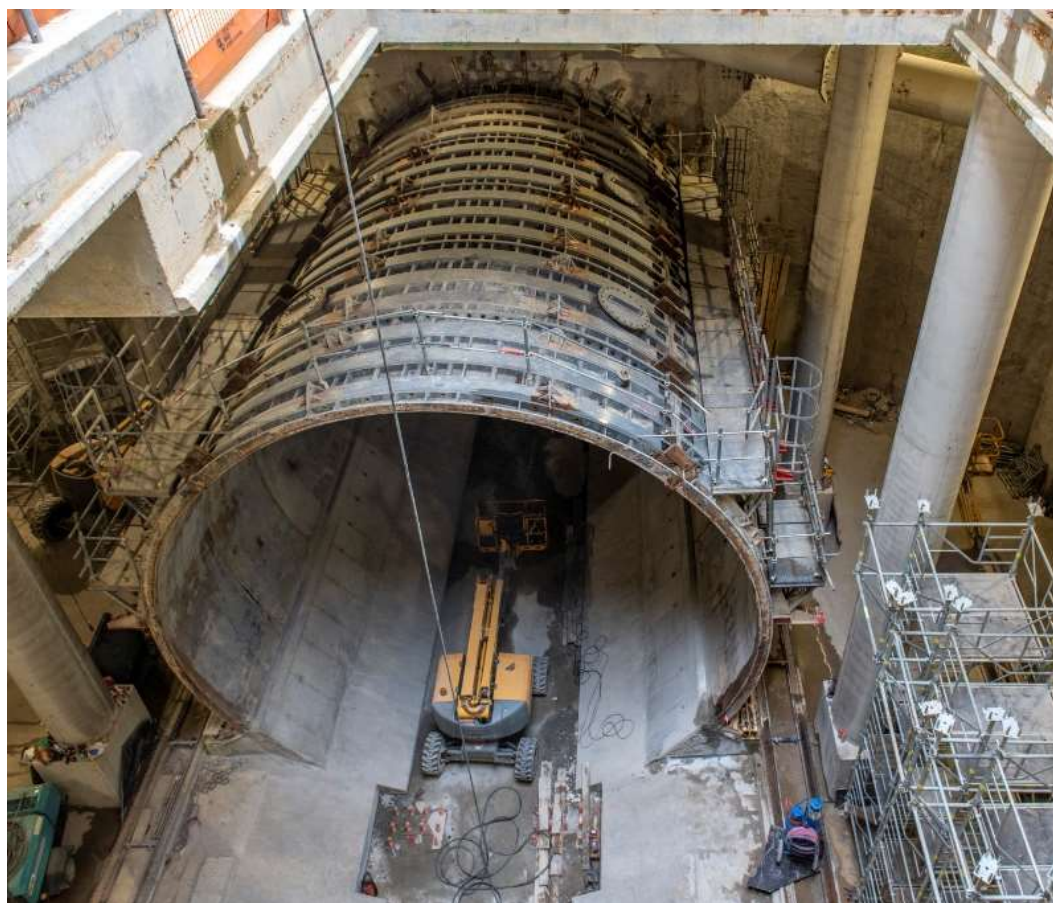


# CLOCHE



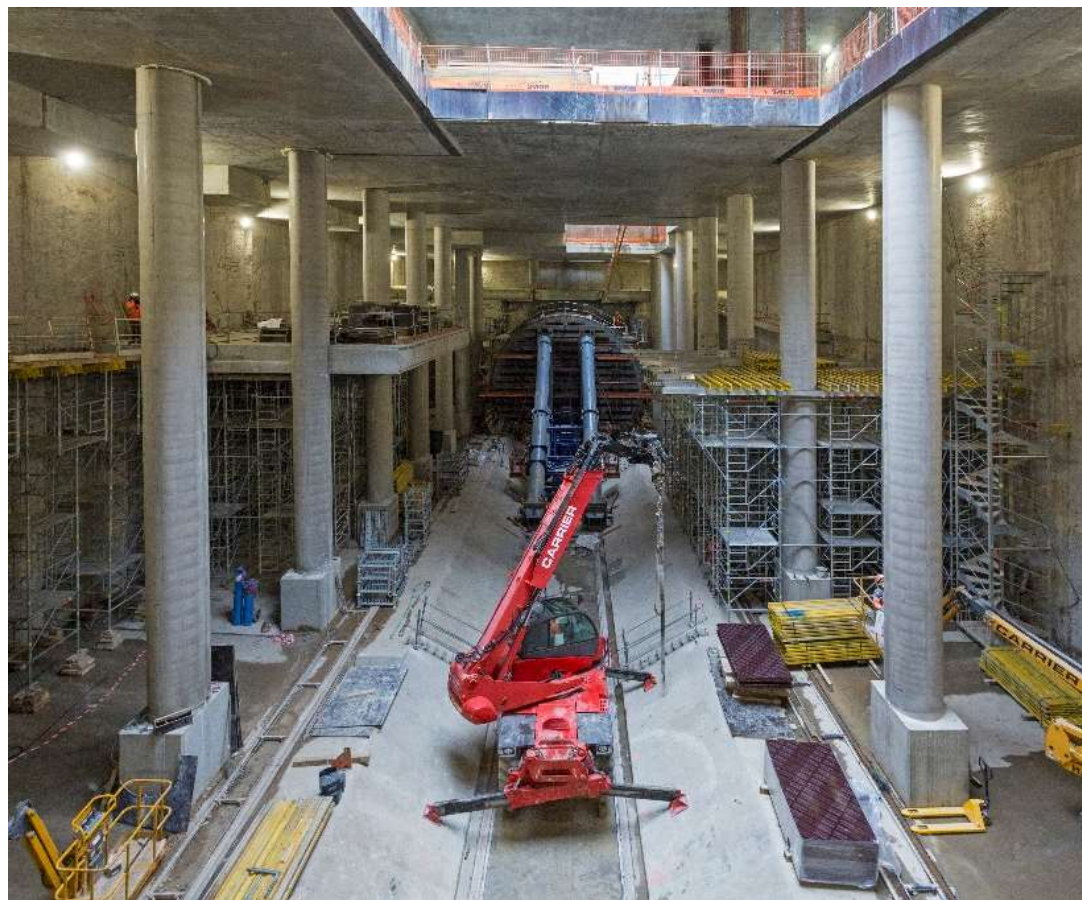


# CLOCHE





# CLOCHE



# Construction des voussoirs (industrialisation, logistique)

Yoann LACHOUETTE, Responsable Préfabrication  
DEMATHIEU BARD Construction

04/03/2021





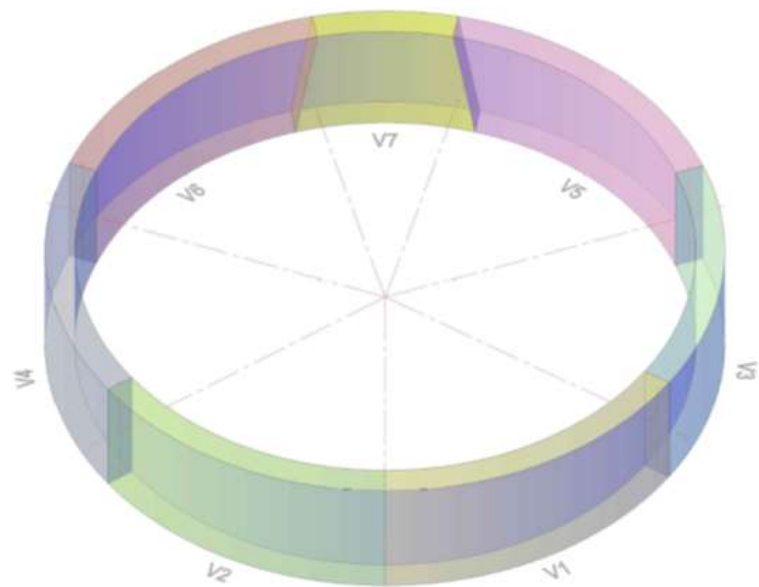
# UNE USINE EN PROPRE

## POURQUOI AVOIR OPTÉ POUR UNE PRÉFABRICATION EN PROPRE DES VOUSOIRS ?

- > Maîtrise du planning et de la qualité pour assurer la durabilité de l'ouvrage
- > Maîtrise des coûts
- > Un marché saturé, du fait des nombreux chantiers du Grand Paris Express



# ANNEAUX / VOUSOIRS



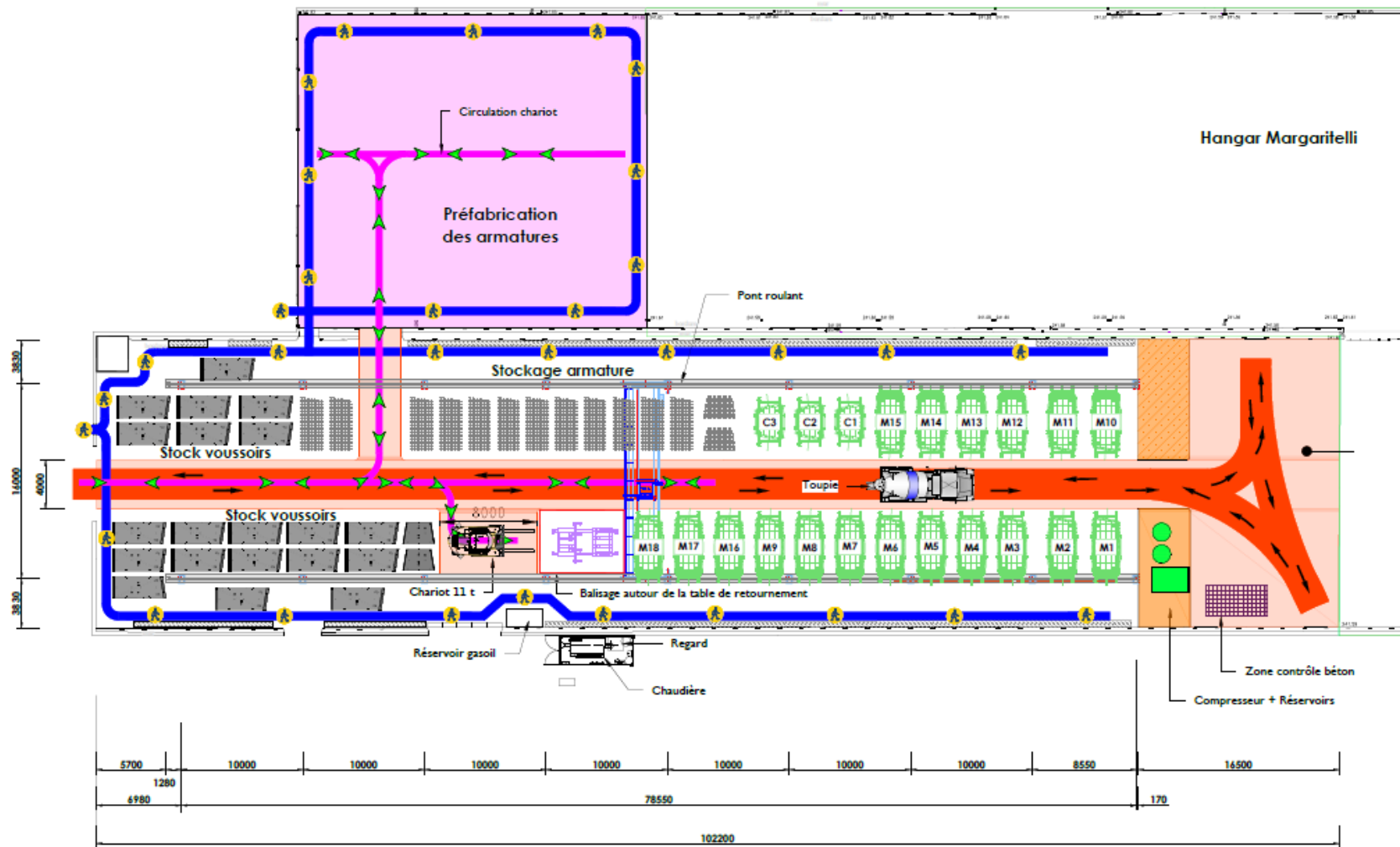
**5** TYPES D'ANNEAUX

**1 252** ANNEAUX  
POUR 2,4 KM DE TUNNEL

**8 764** VOUSOIRS  
POUR 1 252 ANNEAUX



# LA PRÉFABRICATION



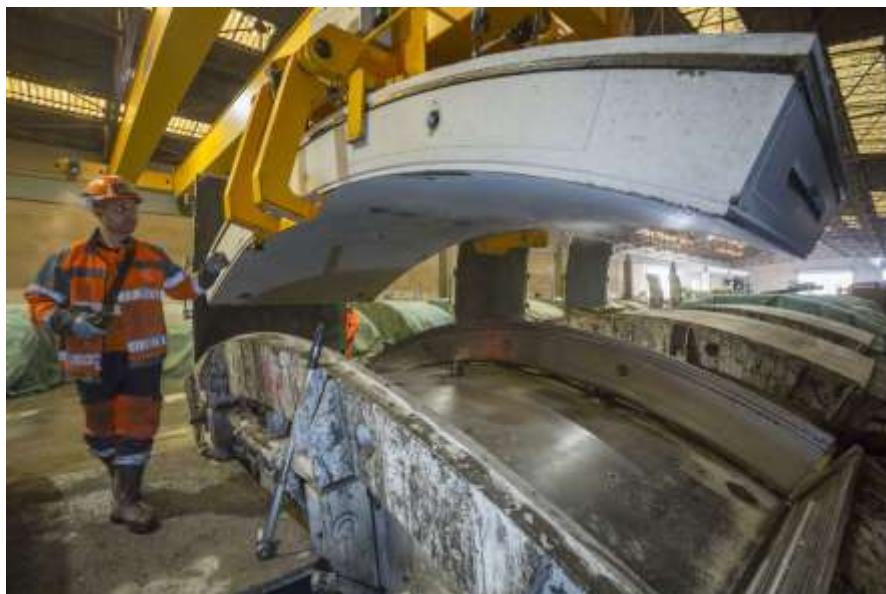
# LA PRÉFABRICATION





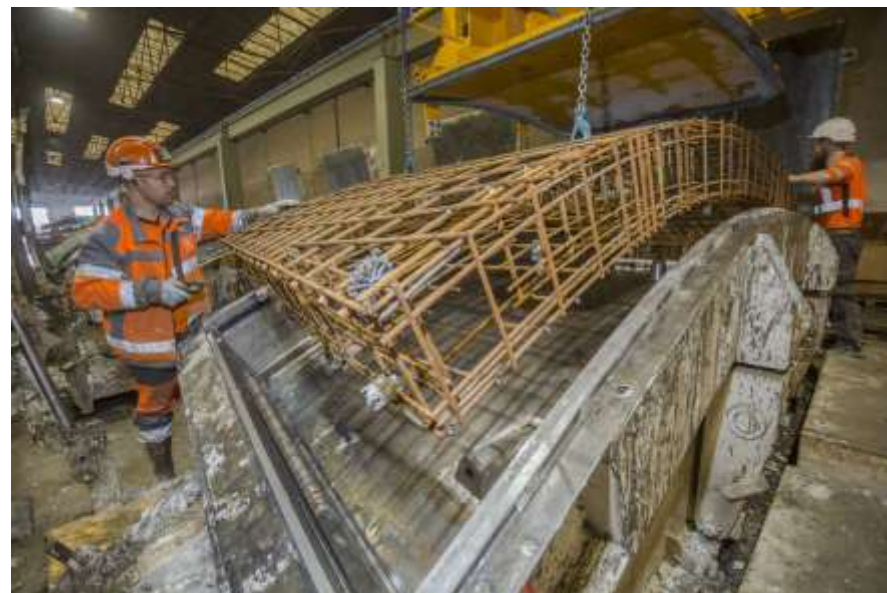
# LA PRÉFABRICATION

## LE CYCLE DE PRODUCTION



# LA PRÉFABRICATION

## LE CYCLE DE PRODUCTION





# LA PRÉFABRICATION

## LE CYCLE DE PRODUCTION



# LA PRÉFABRICATION

## LE CYCLE DE PRODUCTION



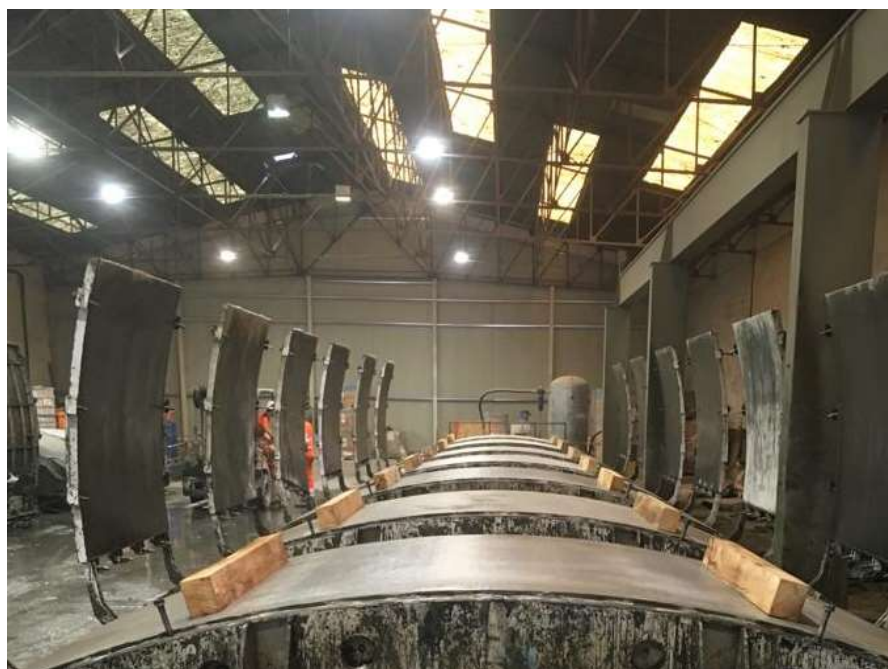


# LA PRÉFABRICATION

## LE CYCLE DE PRODUCTION



# LA PRÉFABRICATION





# Creusement à l'aide d'un tunnelier à densité variable

*Denis VIALLE, Directeur Technique IMPLLENIA*

04/03/2021



# Table des matières

## I. Présentation / Contexte

- a) Géologie complexe et environnement urbain
- b) La maîtrise du confinement : un enjeu majeur

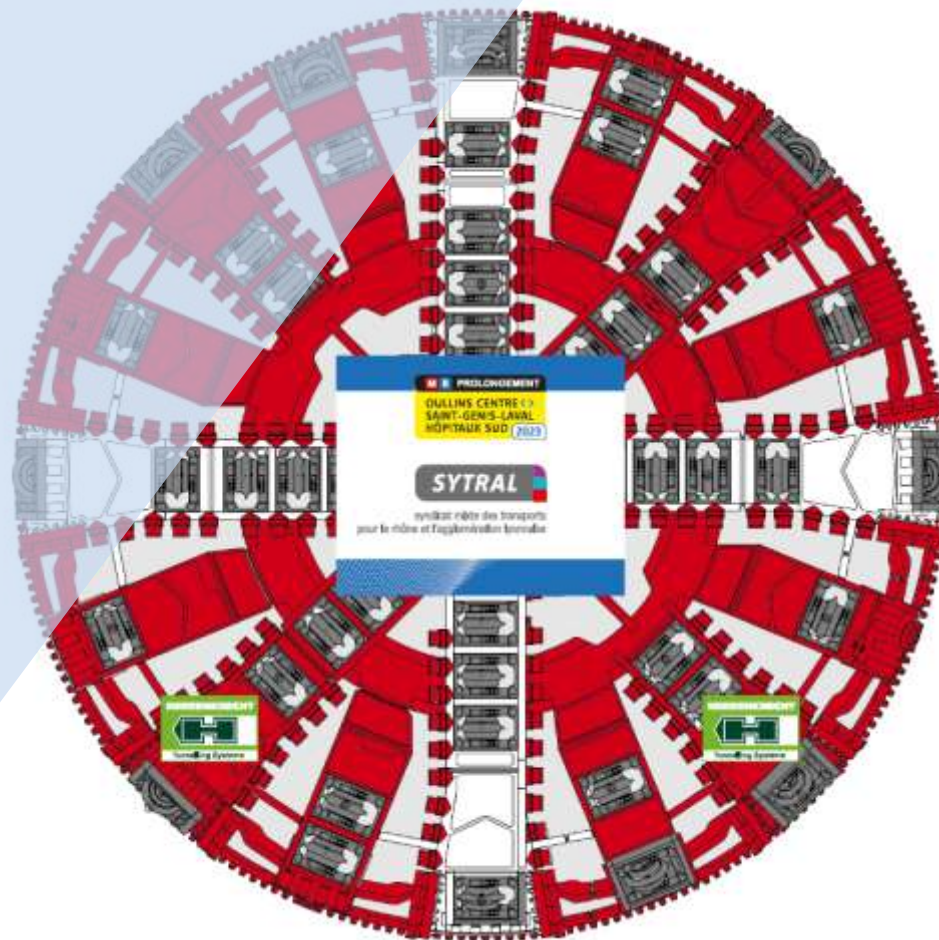
## II. Les solutions apportées au projet

- a) Le développement des boues de creusement
- b) Le tunnelier et ses spécificités

## III. Visite en photos

- a) Montage & Démarrage
- b) Le creusement : en surface
- c) Le creusement : en galerie
- d) Les traversées de station
- e) La réalisation du radier
- f) Le rameau du puits intermédiaire

## IV. Questions & Échanges techniques



Webinaire AFGC - 4 mars 2021



# Contexte - Géologie

## I. Présentation / Contexte

### a) Géologie et bâti

### b) Maîtrise du confinement

## II. Les solutions pour MBHLS

### a) La boue de creusement

### b) Le tunnelier

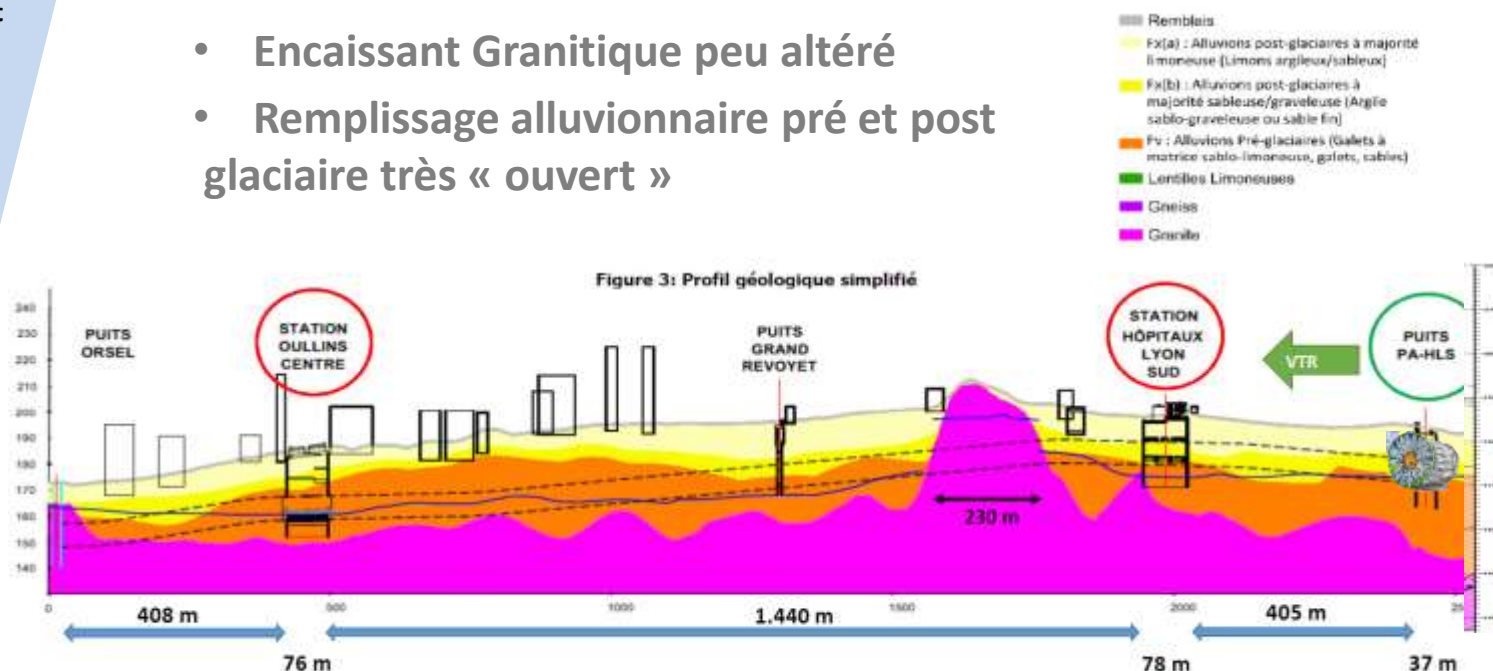
## III. Visite en photos

## IV. Échanges techniques

## Le défi technique de la géologie

### Contexte géologique local :

- Ancienne vallée glaciaire
- Encaissant Granitique peu altéré
- Remplissage alluvionnaire pré et post glaciaire très « ouvert »



Webinaire AFGC - 4 mars 2021

# Contexte – Géologie

## I. Présentation / Contexte

a) Géologie et bâti

b) Maîtrise du confinement

## II. Les solutions pour MBHLS

a) La boue de creusement

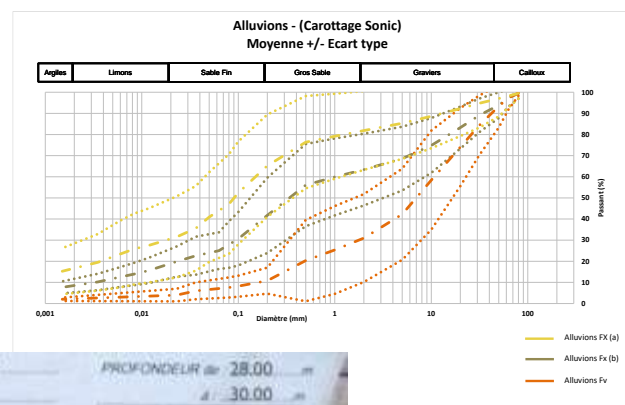
b) Le tunnelier

## III. Visite en photos

## IV. Échanges techniques

## Le défi technique de la géologie : les « galets crus »

### Granulométrie Alluvions Fv:



### Graves sableuses



Webinaire AFGC - 4 mars 2021



# Contexte – Risques et Difficultés

## I. Présentation / Contexte

### a) Géologie et bâti

### b) Maîtrise du confinement

## II. Les solutions pour MBHLS

### a) La boue de creusement

### b) Le tunnelier

## III. Visite en photos

## IV. Échanges techniques

## Le défi technique de la géologie : dureté et abrasivité

### Buttes granitiques (données initiales) :

- Faible fracturation
- Faible altération
- Forte résistance

### Alluvions Fx et Fv :

- Forte hétérogénéité
- Blocs erratiques à forte Rc
- Risque de cavités
- Naturellement instables
- Majoritairement hors nappe



Webinaire AFGC - 4 mars 2021

# Contexte – Bâti sensible

## I. Présentation / Contexte

### a) Géologie et bâti

### b) Maîtrise du confinement

## II. Les solutions pour MBHLS

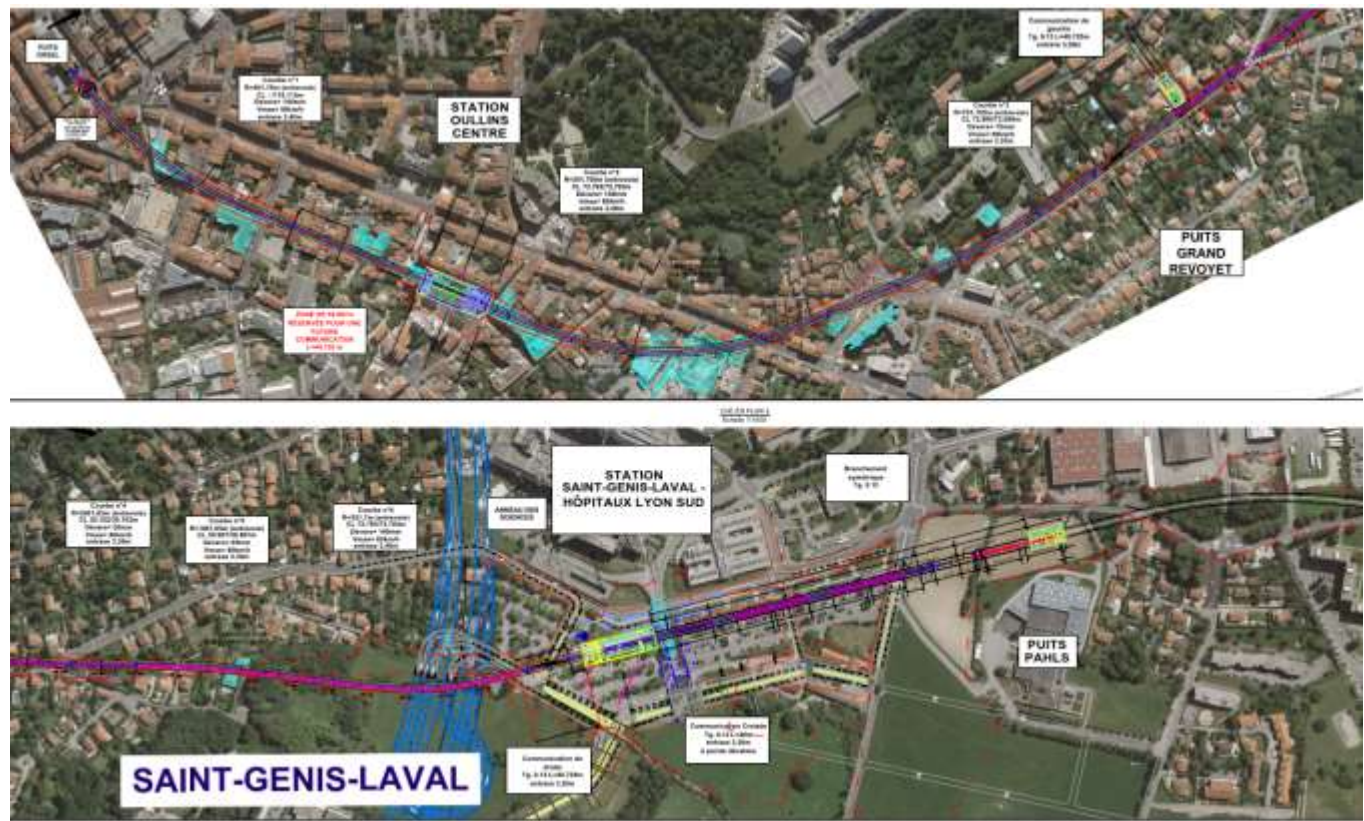
### a) La boue de creusement

### b) Le tunnelier

## III. Visite en photos

## IV. Échanges techniques

## Environnement urbain sensible aux tassements



Webinaire AFGC - 4 mars 2021



# La maîtrise du confinement

## I. Présentation / Contexte

- a) Géologie et bâti
- b) **Maîtrise du confinement**

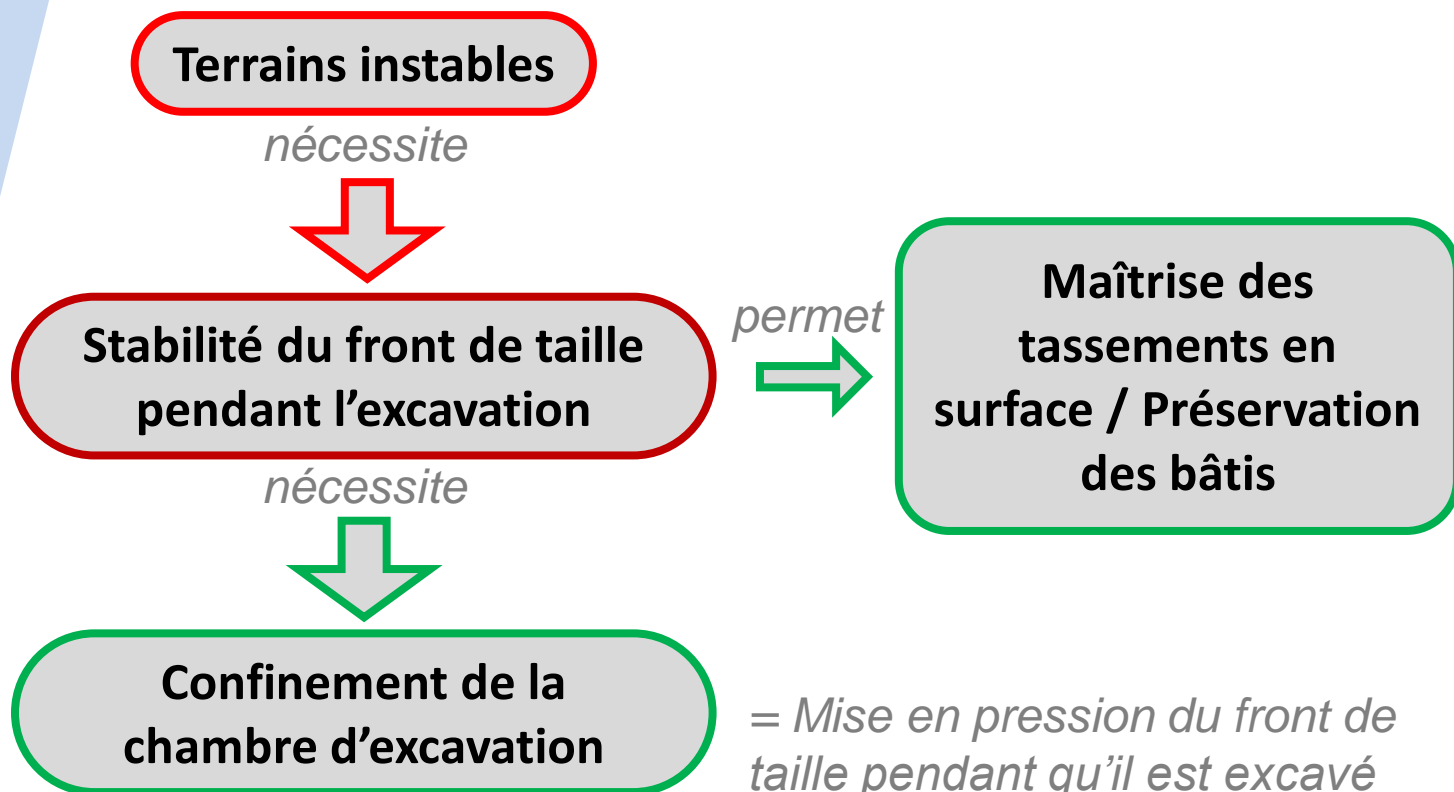
## II. Les solutions pour MBHLS

- a) La boue de creusement
- b) Le tunnelier

## III. Visite en photos

## IV. Échanges techniques

Le principe d'un tunnelier à confinement :



= Mise en pression du front de taille pendant qu'il est excavé  
⇒ Pression de terre, ou  
⇒ Pression de boue

Webinaire AFGC - 4 mars 2021

# La maîtrise du confinement

## I. Présentation / Contexte

a) Géologie et bâti

b) **Maîtrise du confinement**

## II. Les solutions pour MBHLS

a) La boue de creusement

b) Le tunnelier

## III. Visite en photos

## IV. Échanges techniques

**Pour le projet MBHLS, les 2 modes de confinement classiques affichent leurs limites :**

- **Pression de terre** : le manque de fines dans le terrain ne permet pas de recréer les conditions d'utilisation d'un TBM à pression de terre
- **Pression de boue** : la trop forte porosité du terrain engendrerait une fuite de la boue dans le terrain, sans pouvoir assurer la stabilité du front de taille

**Développement d'un  
process de creusement et  
de confinement innovant  
pour le projet MBHLS**

**Objectif majeur :  
STABILITE DU FRONT  
DE TAILLE**

Webinaire AFGC - 4 mars 2021



# Contexte – Risques et Difficultés

## I. Présentation / Contexte

a) Géologie et bâti

b) Maîtrise du confinement

## II. Les solutions pour MBHLS

a) La boue de creusement

b) Le tunnelier

## III. Visite en photos

## IV. Échanges techniques

Alluvions Fv « galets » :

- **Très forte perméabilité**, de l'ordre de  $10^{-2}m.s^{-1}$
- Déficit en fines et excédent de graviers et cailloux
- Blocs erratiques à forte résistance en compression
- Forte hétérogénéité
- Majoritairement hors nappe

**Pertes de boue irrégulières,  
Gestion du confinement difficile,  
Casse d'outils**

Webinaire AFGC - 4 mars 2021

# Contexte – Risques et Difficultés

## I. Présentation / Contexte

a) Géologie et bâti

b) Maîtrise du confinement

## II. Les solutions pour MBHLS

a) La boue de creusement

b) Le tunnelier

## III. Visite en photos

## IV. Échanges techniques

- Garantir la **stabilité du front**
- Maintenir l'étreinte des blocs erratiques
- Limiter la pénétration de la boue de forage dans le terrain sans contre-pression naturelle
- Développer un plan d'urgence en cas de perte rapide de boue
- Développer les méthodes permettant les interventions hyperbares

**Programme de développement  
des boues**

**Tunnelier apte à répondre aux  
problématiques**

Webinaire AFGC - 4 mars 2021



# Contexte – Planning de conception

## I. Présentation / Contexte

- a) Géologie et bâti
- b) **Maîtrise du confinement**

## II. Les solutions pour MBHLS

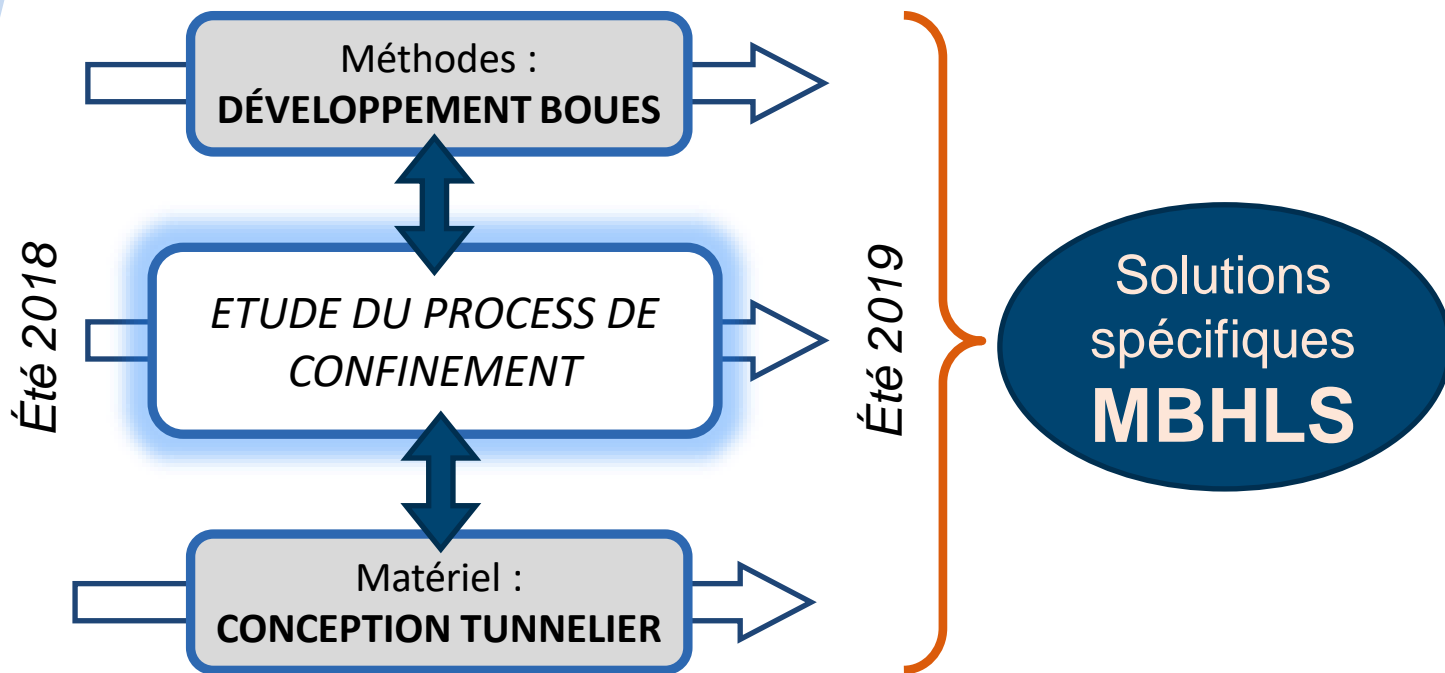
- a) La boue de creusement
- b) Le tunnelier

## III. Visite en photos

## IV. Échanges techniques

Un défi dans le temps :

un développement simultané des méthodes et du matériel avec des procédés innovants aux 2 niveaux



Webinaire AFGC - 4 mars 2021

# Contexte – Planning

## I. Présentation / Contexte

- a) Géologie et bâti
- b) Maîtrise du confinement

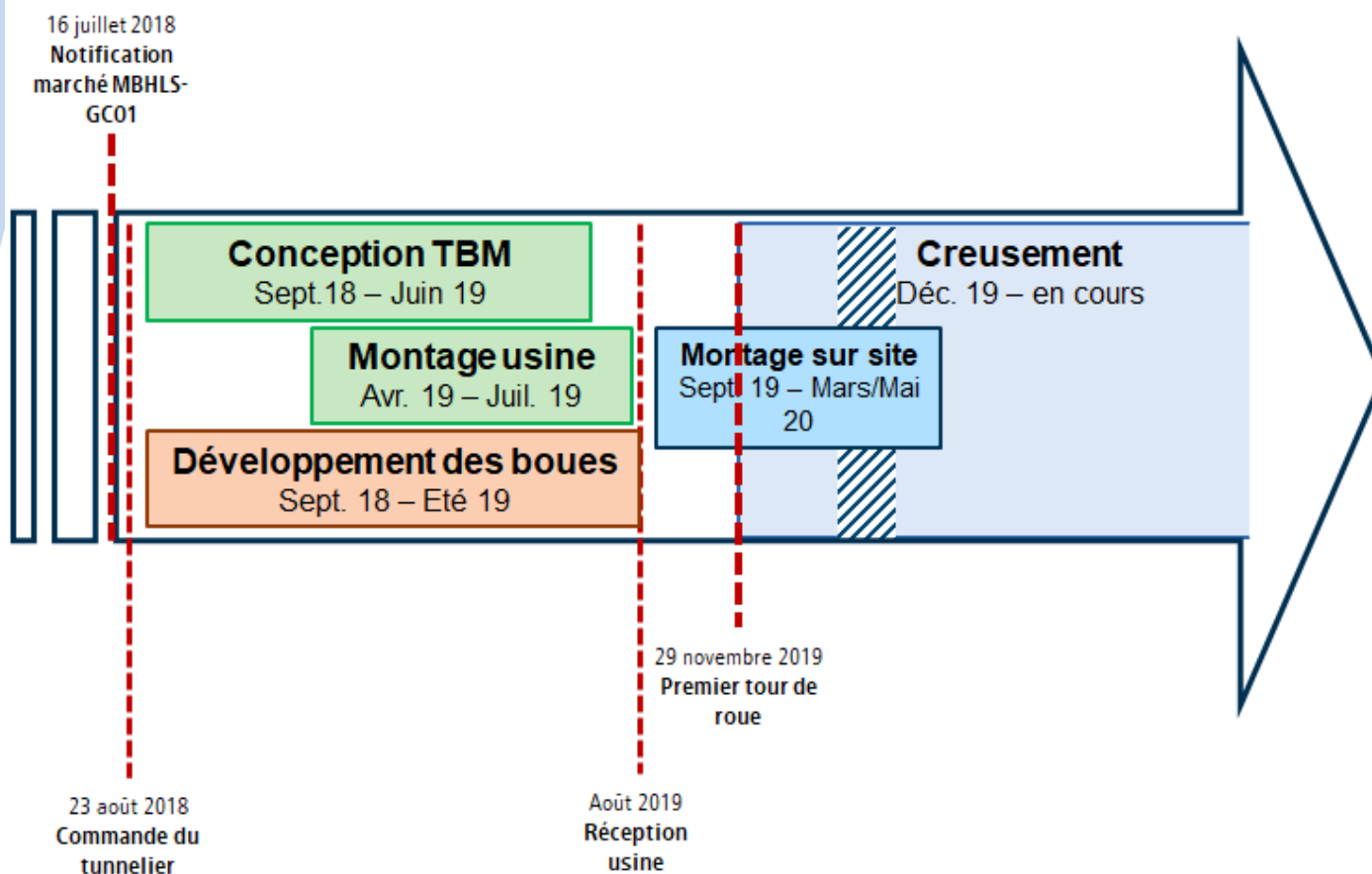
## II. Les solutions pour MBHLS

- a) La boue de creusement
- b) Le tunnelier

## III. Visite en photos

## IV. Échanges techniques

## Planning : Rappel des dates-clé



Webinaire AFGC - 4 mars 2021



# Mode de confinement – Types de boue

## I. Présentation / Contexte

- a) Géologie et bâti
- b) Maîtrise du confinement

## II. Les solutions pour MBHLS

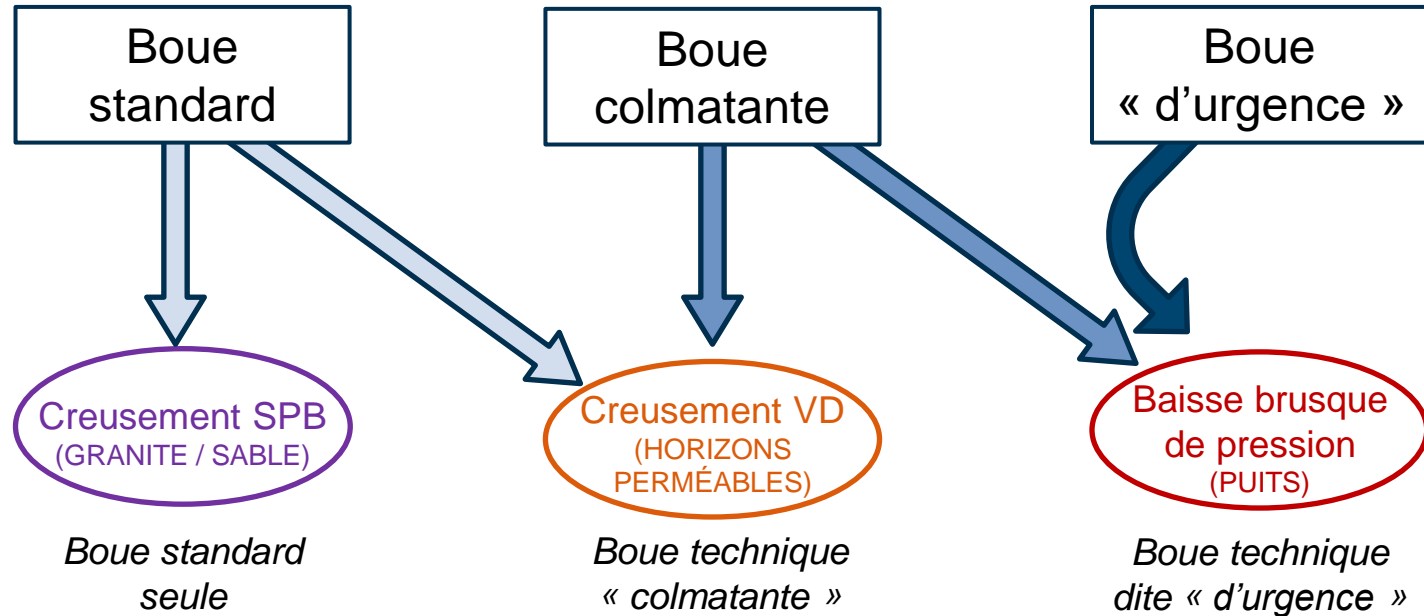
- a) La boue de creusement
- b) Le tunnelier

## III. Visite en photos

## IV. Échanges techniques

La philosophie étudiée depuis l'offre :

Stratégie boue de forage en 3 « niveaux » de boue



Webinaire AFGC - 4 mars 2021

# Mode de confinement – Types de boue

## I. Présentation / Contexte

- a) Géologie et bâti
- b) Maîtrise du confinement

## II. Les solutions pour MBHLS

- a) La boue de creusement
- b) Le tunnelier

## III. Visite en photos

## IV. Échanges techniques

### Fluides de forage



Boue classique\*

Boues techniques

Pâte EPB

Boue bentonitique classique. Création d'un cake de membrane sur les alluvions sableuses et limoneuses.

Boue bentonitique, apport de produits colmatants. Création d'une frange d'imprégnation stoppant l'écoulement / les pertes du fluide de forage et formation d'un cake membrane

Boue bentonitique et polymères, apport de fines en forte quantité. Création d'une pâte EPB. Transmission des contraintes de confinement à partir de la paroi de la chambre d'excavation

### Boues ponctuelles

Boue Hyperbare

Boue d'Urgence

Boue bentonitique ou chimique

- Création d'un sur-cake
- Stabilisation du front
- Etanchement du front à l'air
- Résistance à la dessiccation

Boue bentonitique ou Chimique

- Mise en œuvre rapide
- Stoppe les pertes soudaines et de fort débit
- Remplissage de cavités
- Stabilisation du front

L'« Airbag ».

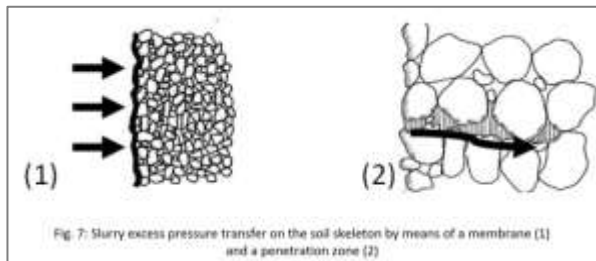


Fig. 7: Slurry excess pressure transfer on the soil skeleton by means of a membrane (1) and a penetration zone (2)

Concept : 3 fluides de forage + 2 boues ponctuelles

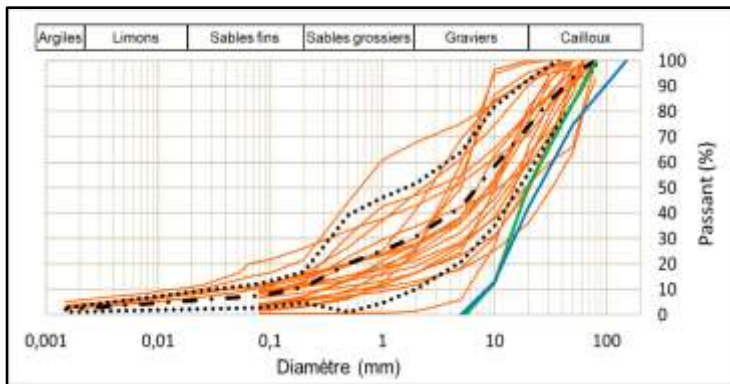
Webinaire AFGC - 4 mars 2021

# Essais labo – Petit perméamètre

## Essais de caractérisation:

- 13 bentonites, 14 polymères viscosifiants, 9 types d'apports granulaires minéraux et végétaux, 3 durcisseurs (pour gels à base de silicates)
- Essais basés sur les normes API, recommandations AFTES (rhéologie, filtrat,...)

## Essais de formulations de boues colmatantes au petit perméamètre:



- Objectif: Stopper l'écoulement et tenir 2,5 bars (P max de consigne)
- Plus de 70 essais réalisés pour obtenir une solution



# Essais labo – Boue colmatante

Une boue technique colmatante à base de produits végétaux:



- 1ère solution: colmatants minéraux (industrie du forage, sal)
- **2ème solution: débits d'origine végétale, recyclage, bois**
- Colmatage rapide, cake membrane, supporte 2,5 bars press
- Densité, viscosité, séparations STB maîtrisées.

# La suite – Grand perméamètre

Validation au grand perméamètre :



Perméamètre de grand taille (3m / dia. 80cm) afin de simuler les conditions de confinement  
Test à 2,5 bar





# Mode de confinement – Principe boue

## I. Présentation / Contexte

- a) Géologie et bâti
- b) Maîtrise du confinement

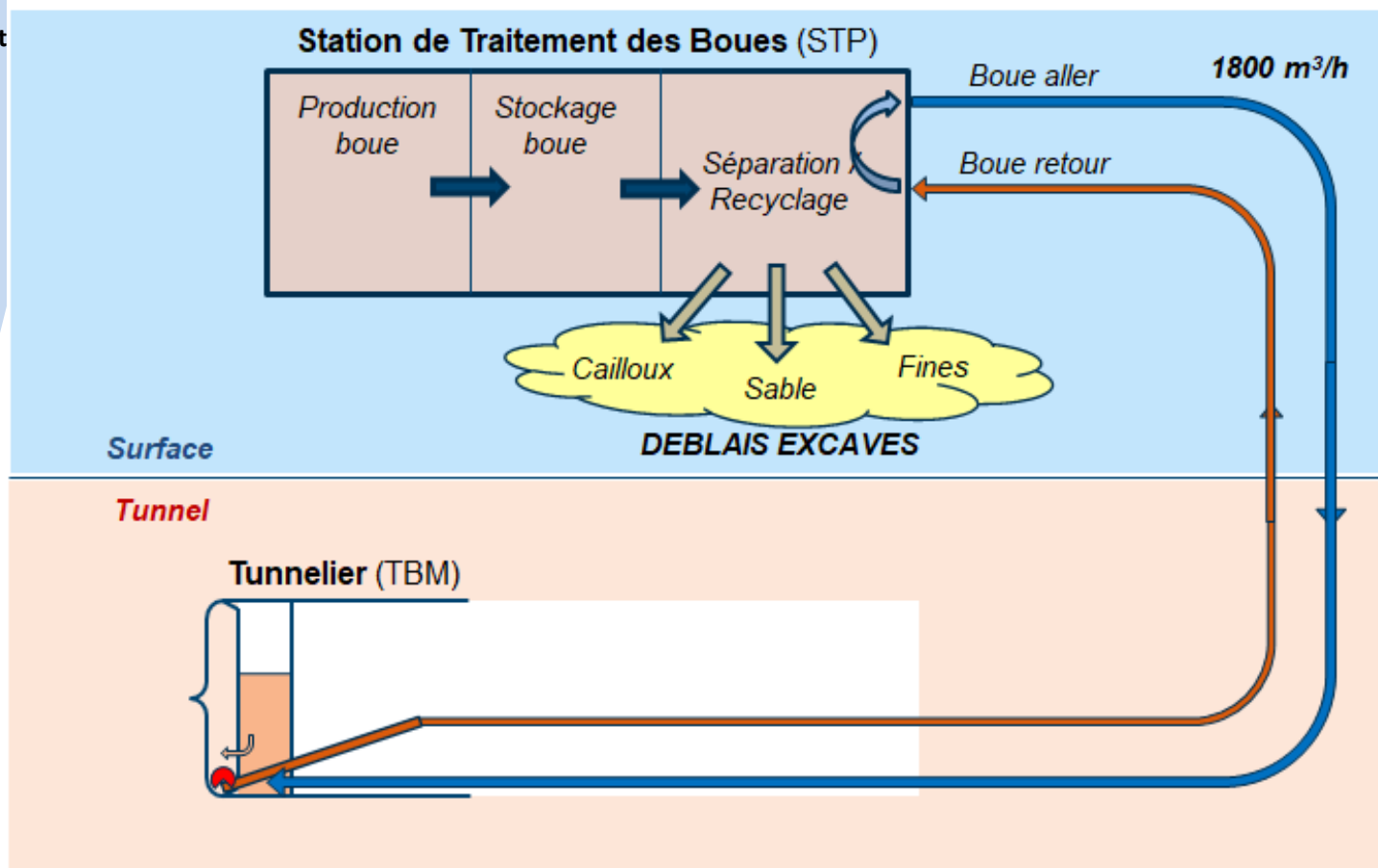
## II. Les solutions pour MBHLS

- a) La boue de creusement
- b) Le tunnelier

## III. Visite en photos

## IV. Échanges techniques

## Synoptique d'un tunnelier à marinage hydraulique (boue bentonitique)



Webinaire AFGC - 4 mars 2021



# Mode de confinement – Principe boue

## I. Présentation / Contexte

- a) Géologie et bâti
- b) Maîtrise du confinement

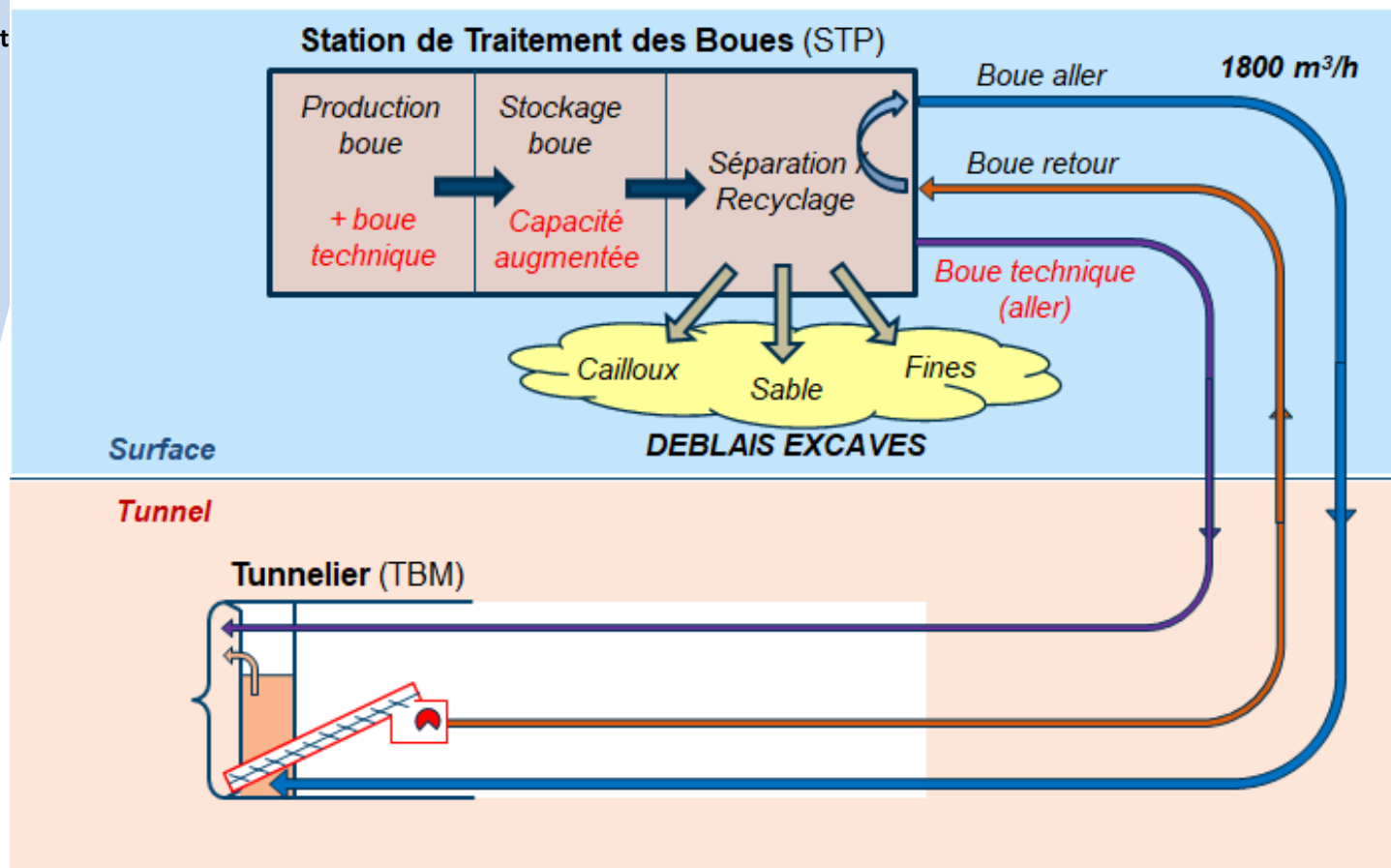
## II. Les solutions pour MBHLS

- a) La boue de creusement
- b) Le tunnelier

## III. Visite en photos

## IV. Échanges techniques

## Synoptique d'un tunnelier à marinage hydraulique (boue bentonitique) Spécificités MBHLS – TBM à densité variable



Webinaire AFGC - 4 mars 2021

# Mode de confinement – Principe TBM

## I. Présentation / Contexte

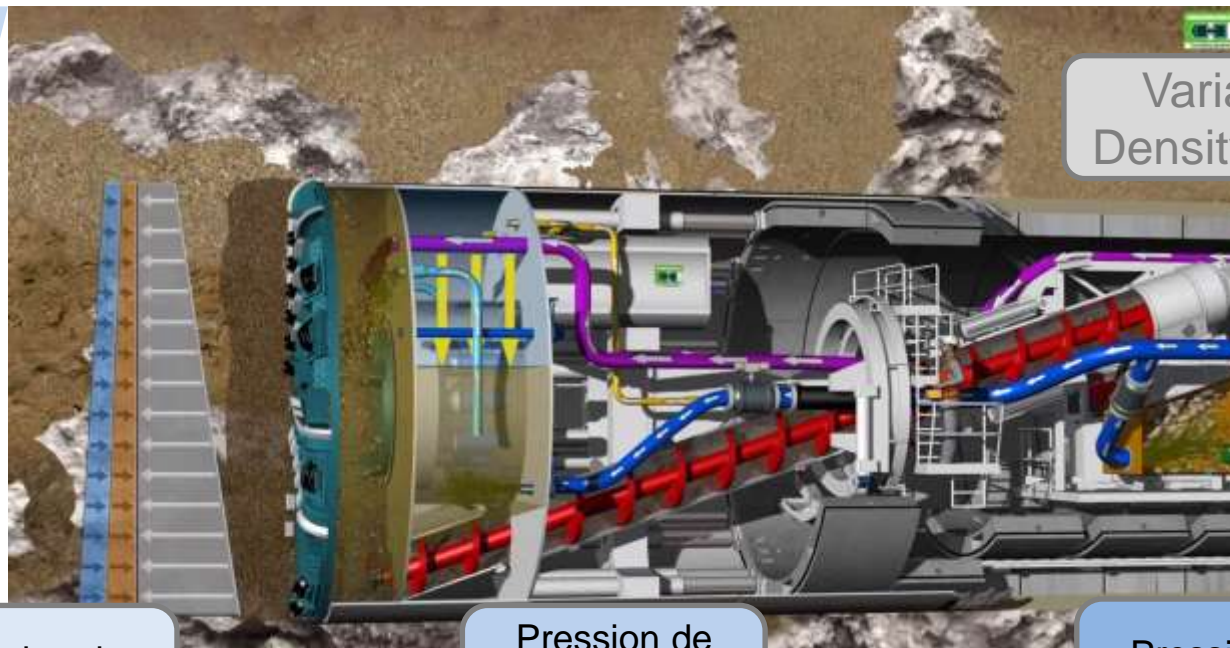
- a) Géologie et bâti
- b) Maîtrise du confinement

## II. Les solutions pour MBHLS

- a) La boue de creusement
- b) Le tunnelier

## III. Visite en photos

## IV. Échanges techniques



Variable  
Density TBM

Pression de  
boue classique

Pression de  
boue  
technique

Pression de  
terre

**Une technologie hybride cumulant et combinant les possibilités des modes de confinement classiques (pression de terre ou de boue)**

Webinaire AFGC - 4 mars 2021



# Le tunnelier – Description générale

## I. Présentation / Contexte

- a) Géologie et bâti
- b) Maîtrise du confinement

## II. Les solutions pour MBHLS

- a) La boue de creusement
- b) Le tunnelier

## III. Visite en photos

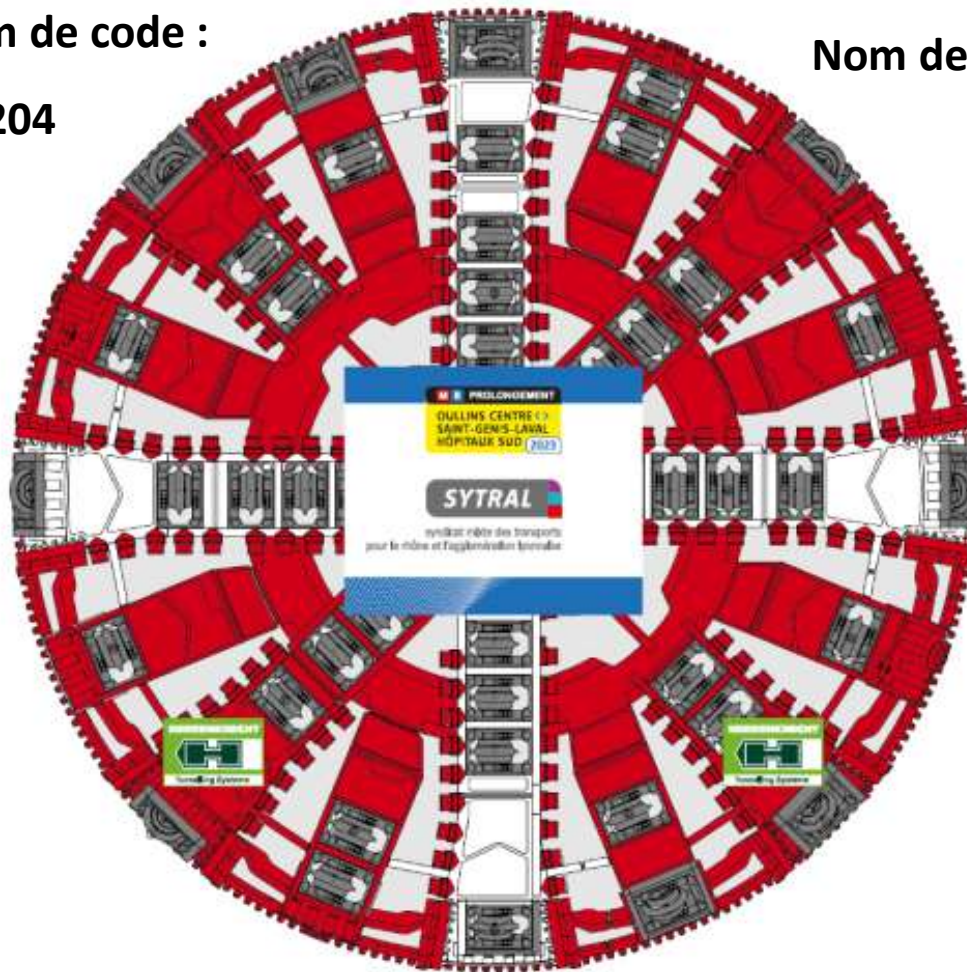
## IV. Échanges techniques

Nom de code :

S-1204

Nom de baptême

COLINE



Webinaire AFGC - 4 mars 2021







# Le tunnelier – Description générale

## I. Présentation / Contexte

- a) Géologie et bâti
- b) Maîtrise du confinement

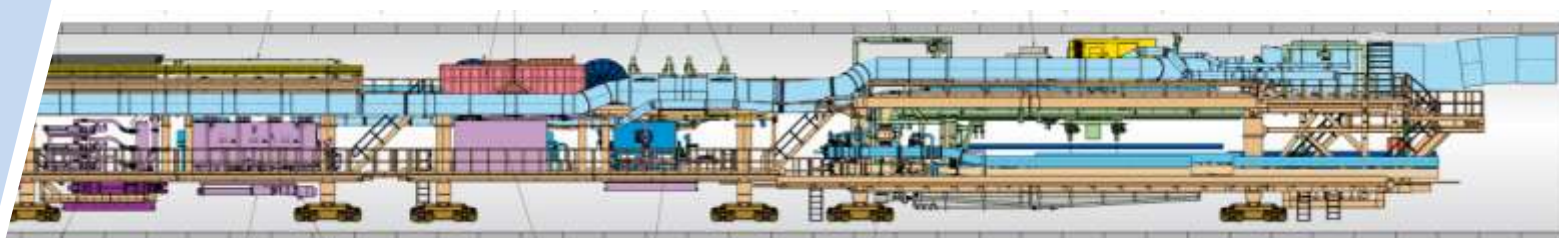
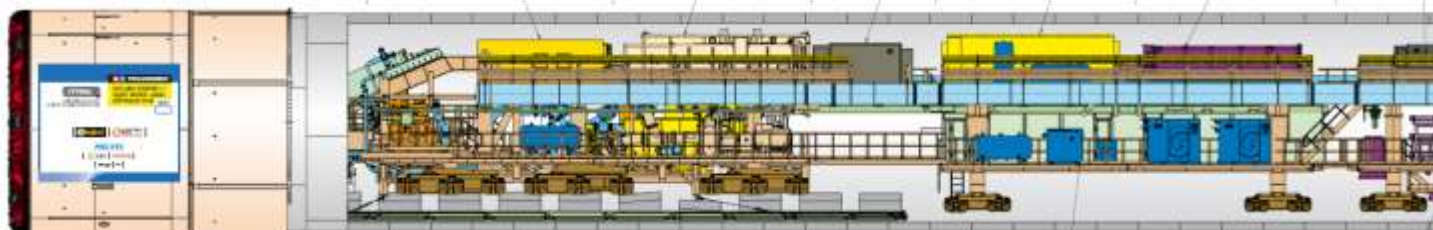
## II. Les solutions pour MBHLS

- a) La boue de creusement
- b) Le tunnelier

## III. Visite en photos

## IV. Échanges techniques

## Le train suiveur et ses équipements



- Étude de conception des systèmes
- Étude ergonomique des ateliers de travail

Webinaire AFGC - 4 mars 2021



# Le tunnelier – Train suiveur

## I. Présentation / Contexte

- a) Géologie et bâti
- b) Maîtrise du confinement

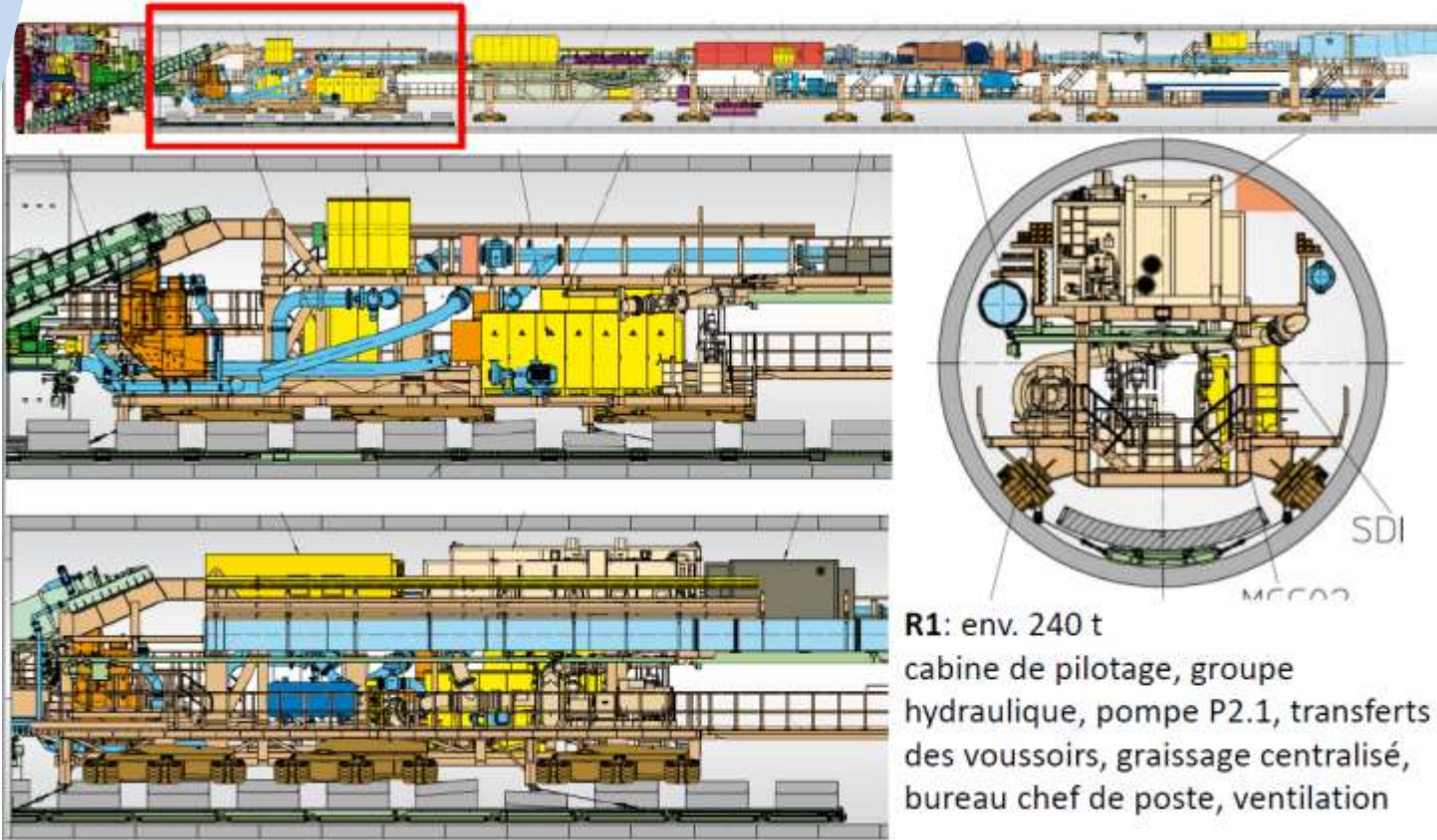
## II. Les solutions pour MBHLS

- a) La boue de creusement
- b) Le tunnelier

## III. Visite en photos

## IV. Échanges techniques

### S-1204 – REMORQUE 1



R1: env. 240 t  
cabine de pilotage, groupe hydraulique, pompe P2.1, transferts des voussoirs, graissage centralisé, bureau chef de poste, ventilation

Webinaire AFGC - 4 mars 2021

# Le tunnelier – Train suiveur

## I. Présentation / Contexte

- a) Géologie et bâti
- b) Maîtrise du confinement

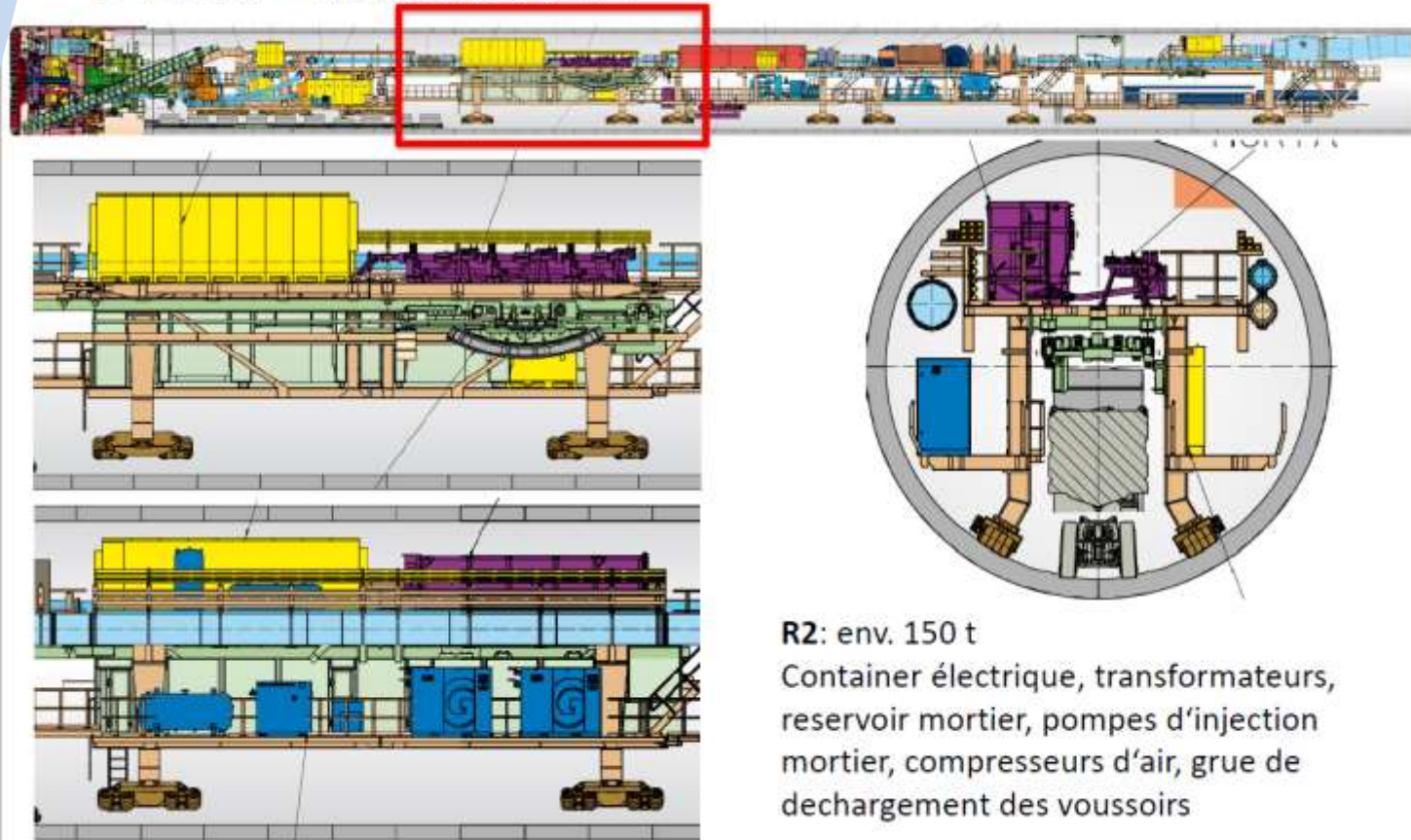
## II. Les solutions pour MBHLS

- a) La boue de creusement
- b) Le tunnelier

## III. Visite en photos

## IV. Échanges techniques

### S-1204 – REMORQUE 2



R2: env. 150 t

Conteneur électrique, transformateurs, réservoir mortier, pompes d'injection mortier, compresseurs d'air, grue de déchargement des voussoirs

Webinaire AFGC - 4 mars 2021



# Le tunnelier – Train suiveur

## I. Présentation / Contexte

- a) Géologie et bâti
- b) Maîtrise du confinement

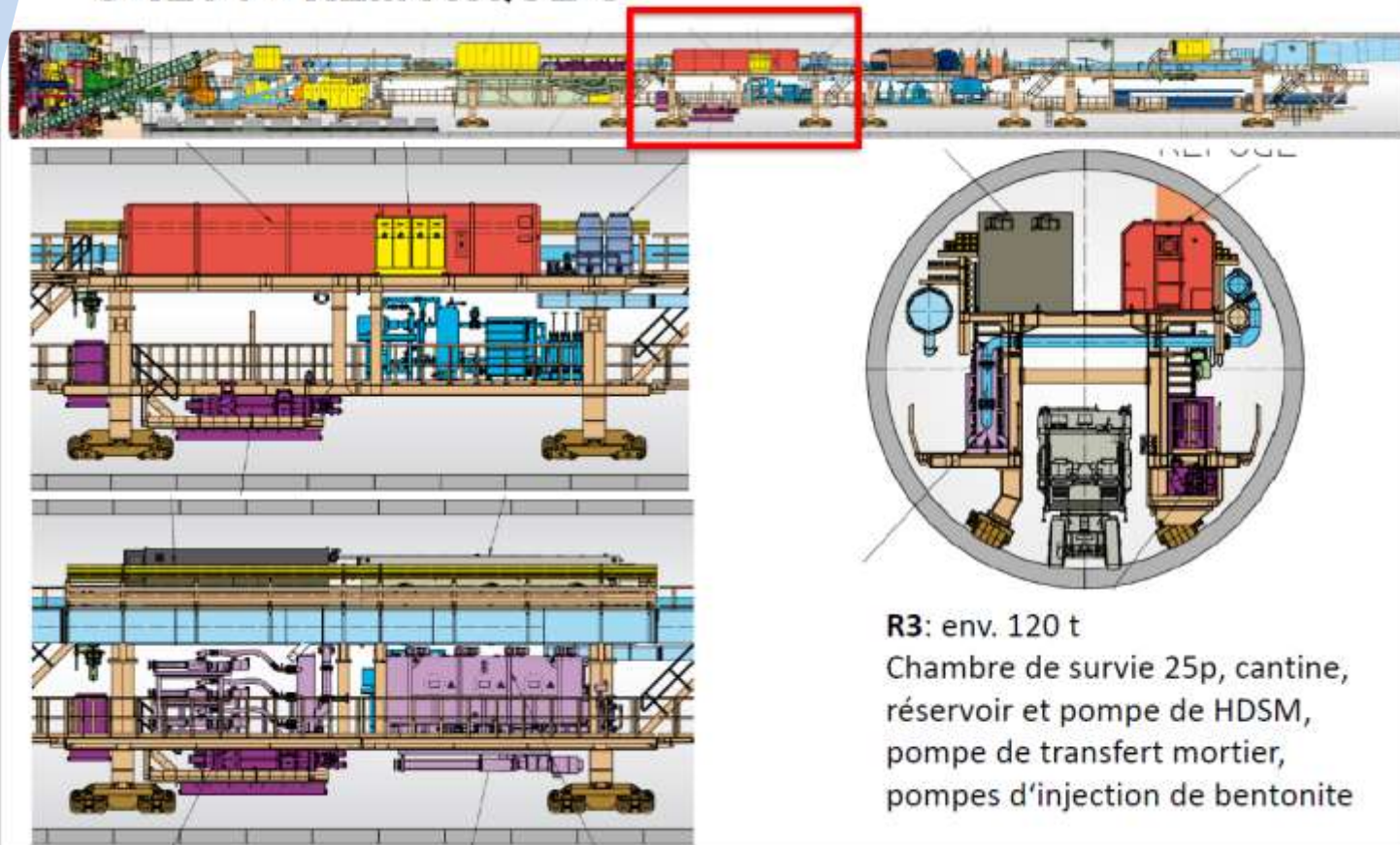
## II. Les solutions pour MBHLS

- a) La boue de creusement
- b) Le tunnelier

## III. Visite en photos

## IV. Échanges techniques

### S-1204 – REMORQUE 3



Webinaire AFGC - 4 mars 2021



# Le tunnelier – Train suiveur

## I. Présentation / Contexte

- a) Géologie et bâti
- b) Maîtrise du confinement

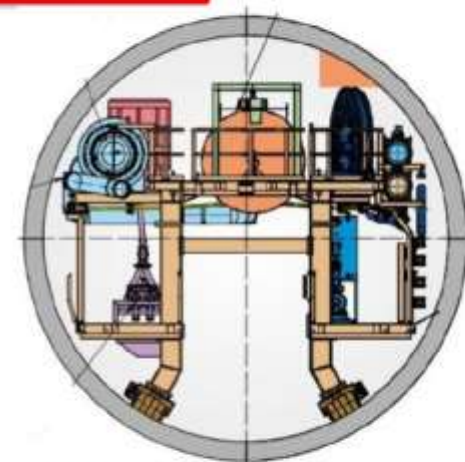
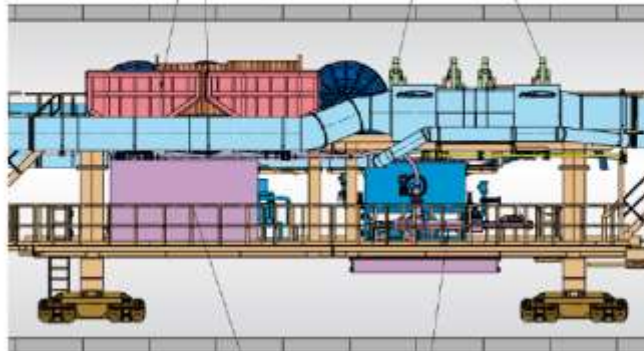
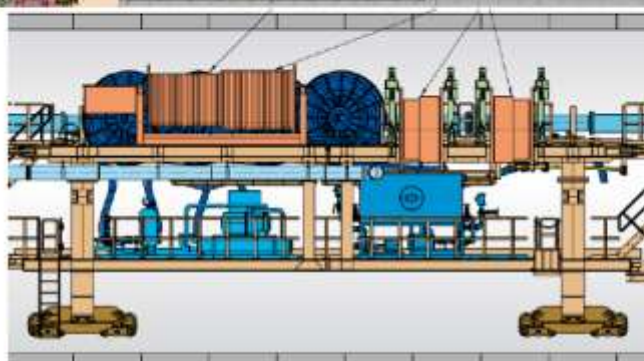
## II. Les solutions pour MBHLS

- a) La boue de creusement
- b) Le tunnelier

## III. Visite en photos

## IV. Échanges techniques

### S-1204 – REMORQUE 4



R4: env. 120 t  
silos et pompes d'injection de boue d'urgence, allongement cables électriques MT, allongement reseaux tunnel (eau, air, exhaure, HDSM), reservoir d'eau

Webinaire AFGC - 4 mars 2021

# Le tunnelier – Train suiveur

## I. Présentation / Contexte

- a) Géologie et bâti
- b) Maîtrise du confinement

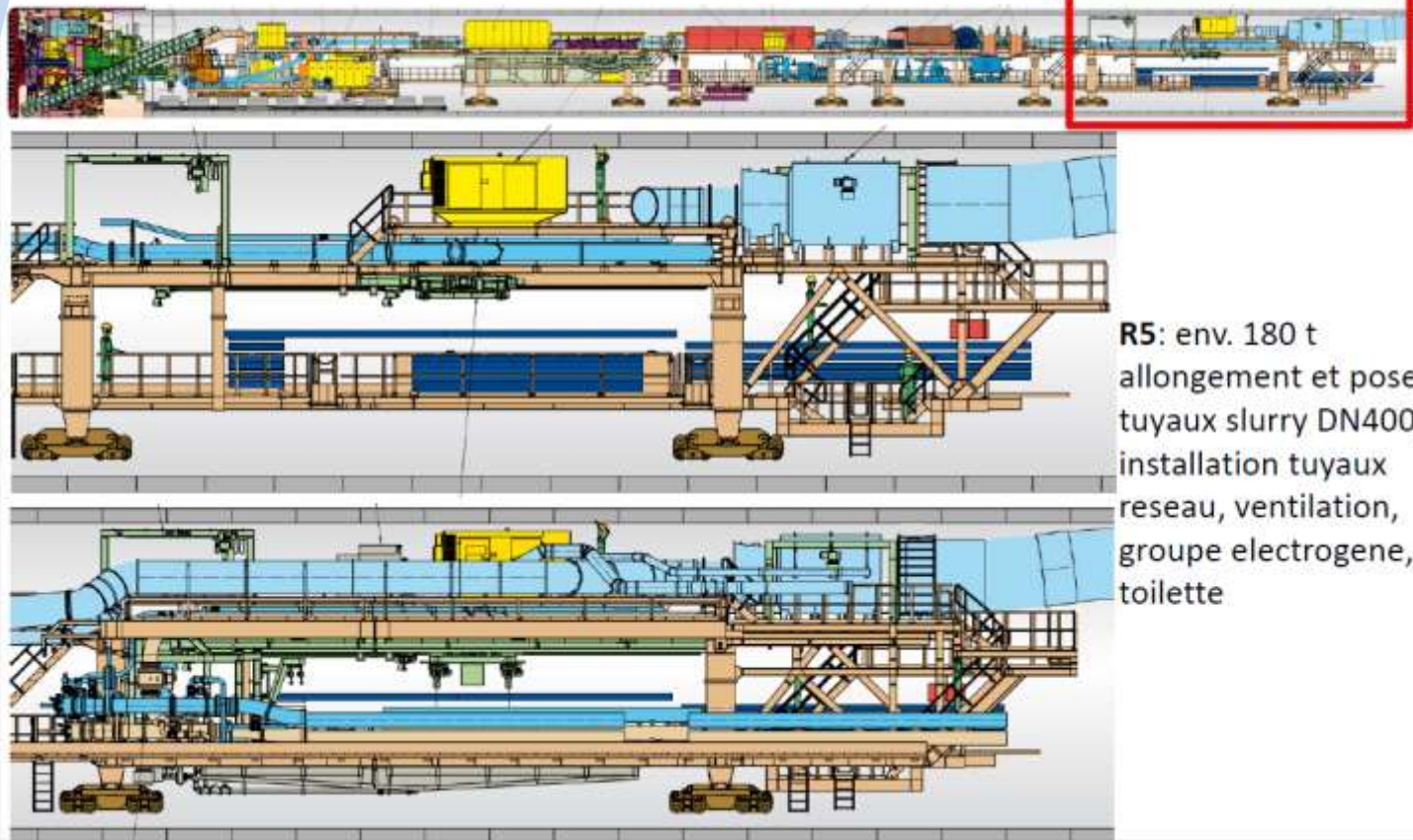
## II. Les solutions pour MBHLS

- a) La boue de creusement
- b) Le tunnelier

## III. Visite en photos

## IV. Échanges techniques

### S-1204 – REMORQUE 5



Webinaire AFGC - 4 mars 2021



# Le tunnelier – En détails

## I. Présentation / Contexte

- a) Géologie et bâti
- b) Maîtrise du confinement

## II. Les solutions pour MBHLS

- a) La boue de creusement
- b) Le tunnelier

## III. Visite en photos

## IV. Échanges techniques

## La cabine de pilotage



Webinaire AFGC - 4 mars 2021

# Le tunnelier – Focus : Roue de coupe

## I. Présentation / Contexte

- a) Géologie et bâti
- b) Maîtrise du confinement

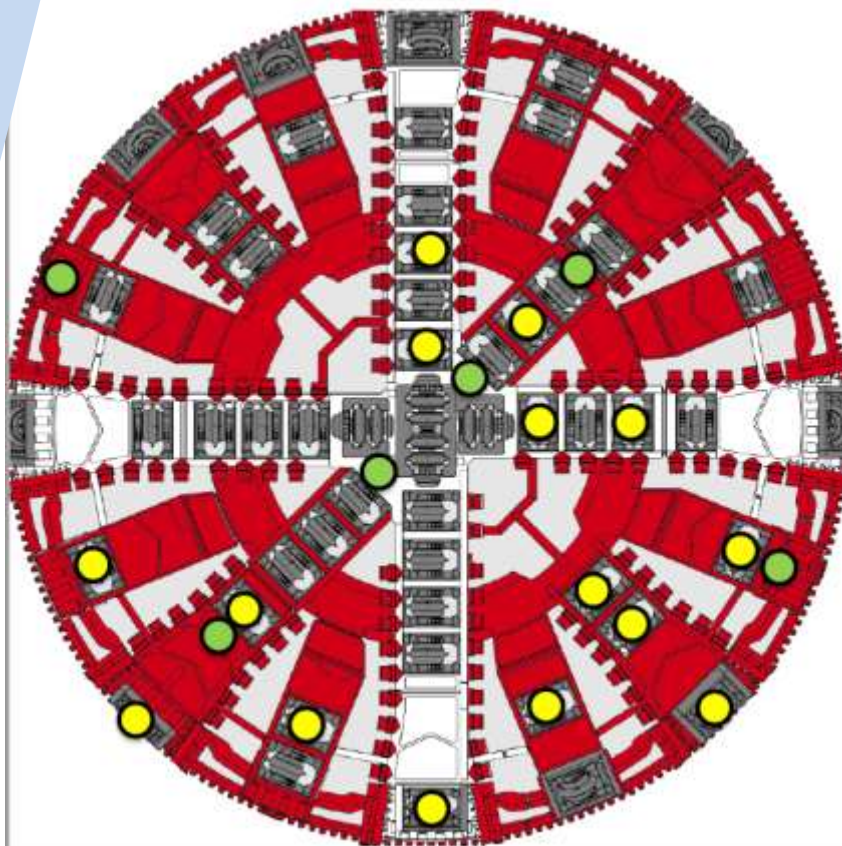
## II. Les solutions pour MBHLS

- a) La boue de creusement
- b) Le tunnelier

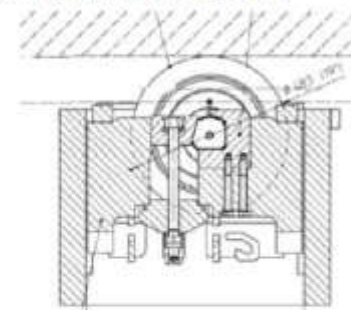
## III. Visite en photos

## IV. Échanges techniques

### ROUE DE COUPE typée Roche dure



175 tonnes  
DN 9,75m  
2 x directions de rotations  
49 x molettes 19" „wedge lock“  
130 x outils racleurs



Systeme DCLM ●  
15 x molettes instrumentées

8 x injecteurs de bentonite  
au front ●

Vitesse de rotation de 0 à 3 tr/min  
Couple max de 18,250 kNm

Webinaire AFGC - 4 mars 2021



# Le tunnelier – Monitoring molettes

## I. Présentation / Contexte

- a) Géologie et bâti
- b) Maîtrise du confinement

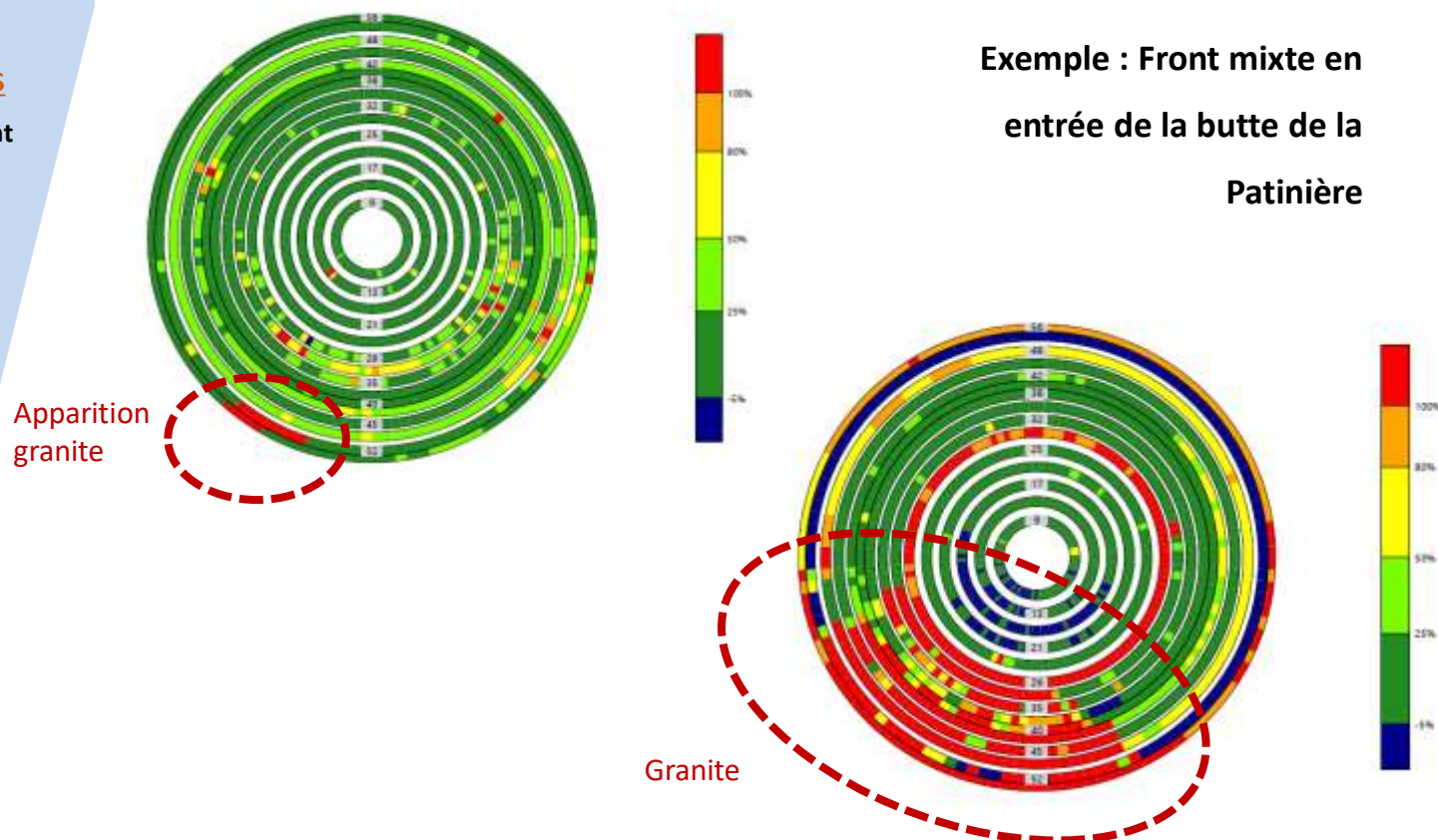
## II. Les solutions pour MBHLS

- a) La boue de creusement
- b) **Le tunnelier**

## III. Visite en photos

## IV. Échanges techniques

## DCLM SYSTEM – VISUALISATION EN TEMPS RÉEL DES EFFORTS SUR LES MOLETTES



Webinaire AFGC - 4 mars 2021

# Le tunnelier – Focus : Roue de coupe

## I. Présentation / Contexte

- a) Géologie et bâti
- b) Maîtrise du confinement

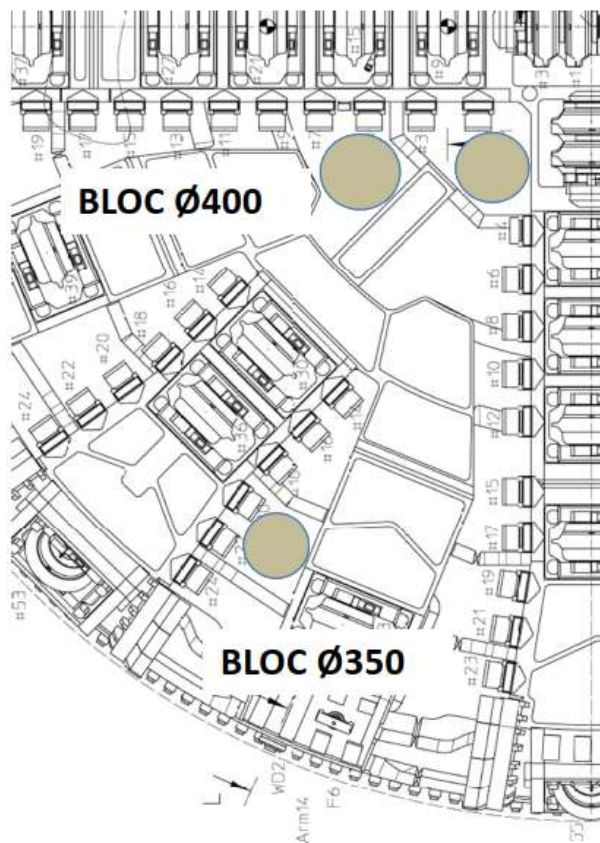
## II. Les solutions pour MBHLS

- a) La boue de creusement
- b) **Le tunnelier**

## III. Visite en photos

## IV. Échanges techniques

## GESTION DES BLOCS – CALIBRATION DANS LA ROUE AU Ø400



Webinaire AFGC - 4 mars 2021



# Le tunnelier – Focus : Roue de coupe

## Les outils de coupe (neufs)

### I. Présentation / Contexte

- a) Géologie et bâti
- b) Maîtrise du confinement

### II. Les solutions pour MBHLS

- a) La boue de creusement
- b) **Le tunnelier**

### III. Visite en photos

### IV. Échanges techniques



Molettes



Racleurs

Webinaire AFGC - 4 mars 2021

# Le tunnelier – Focus : Roue de coupe

## Les outils de coupe (usés)

### I. Présentation / Contenu

- a) Géologie et bâti
- b) Maîtrise du con

### II. Les solutions pour l

- a) La boue de creu
- b) Le tunnelier

### III. Visite en photos

### IV. Échanges techniq



Webinaire AFGC - 4 mars 2021



# Le tunnelier – Focus : Roue de coupe

## I. Présentation / Contexte

- a) Géologie et bâti
- b) Maîtrise du confinement

## II. Les solutions pour MBHLS

- a) La boue de creusement
- b) Le tunnelier

## III. Visite en photos

## IV. Échanges techniques

## Outils de coupe :

## Molette neuve vs Molette usée



Webinaire AFGC - 4 mars 2021

# Le tunnelier – Focus : Roue de coupe

## Outils de coupe : changements d'outils dans la chambre d'abattage

### I. Présentation / Contexte

- a) Géologie
- b) Maîtrise

### II. Les solutions

- a) La boue
- b) Le tunnel

### III. Visite en p

### IV. Échange



Webinaire AFGC - 4 mars 2021



# Le tunnelier – En détails

## I. Présentation / Contexte

- a) Géologie et bâti
- b) Maîtrise du confinement

## II. Les solutions pour MBHLS

- a) La boue de creusement
- b) Le tunnelier

## III. Visite en photos

## IV. Échanges techniques

PHOTOS

Webinaire AFGC - 4 mars 2021

# CREUSEMENT MBHLS VISITE EN PHOTOS



## Montage / Démarrage



# Puits d'Attaque Hôpitaux Lyon Sud

Descente de la roue de coupe en fond de puits



# Puits d'Attaque Hôpitaux Lyon Sud

Montage du tunnelier : érecteur et vis





# PAHLS : zone TBM

Poursuite du montage du tunnelier : R1 et rallonge R2

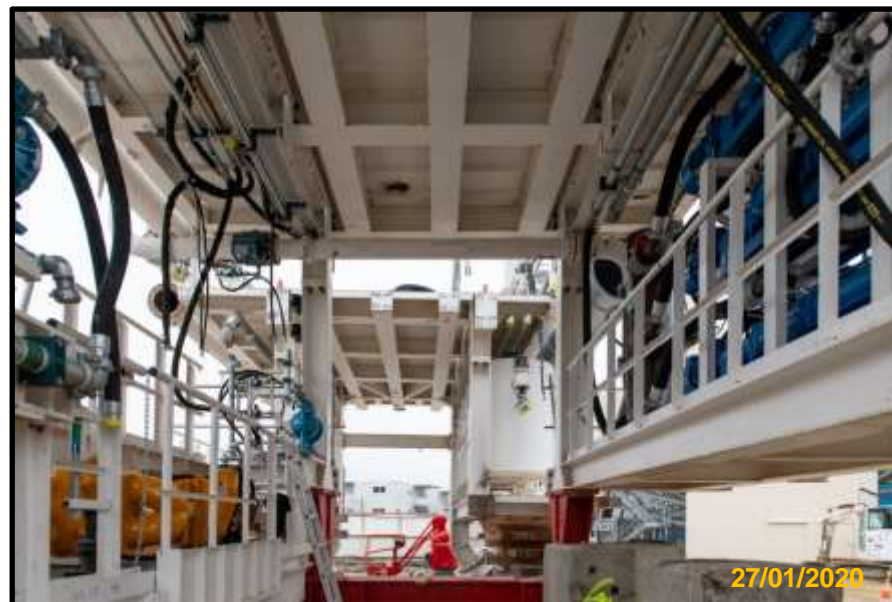


# Puits d'Attaque Hôpitaux Lyon Sud

Montage de la R2



Poursuite du montage du tunnelier : montage de la R3 en surface





# CREUSEMENT MBHLS VISITE EN PHOTOS



## Creusement : en Surface

# Puits d'Attaque Hôpitaux Lyon Sud

Vue d'ensemble du chantier





# Puits d'Attaque Hôpitaux Lyon Sud

Vue d'ensemble du chantier



# Puits d'Attaque Hôpitaux Lyon Sud

Aire de stockage des voussoirs





# Puits d'Attaque Hôpitaux Lyon Sud

Vue d'ensemble du puits d'attaque



Installation de la trémie pour la GNT



# Puits d'Attaque Hôpitaux Lyon Sud

Départ de voussoirs et de graisse





# Puits d'Attaque Hôpitaux Lyon Sud

Séparation des déblais issus de la STB et bassin



# Puits d'Attaque Hôpitaux Lyon Sud

Station de traitement des boues : filtre presse





# CREUSEMENT MBHLS VISITE EN PHOTOS



## Creusement : en Galerie

# Tunnel tronçon PAHLS - HLS

Train sur pneus en circulation



Vue de la roue de coupe pendant sa maintenance



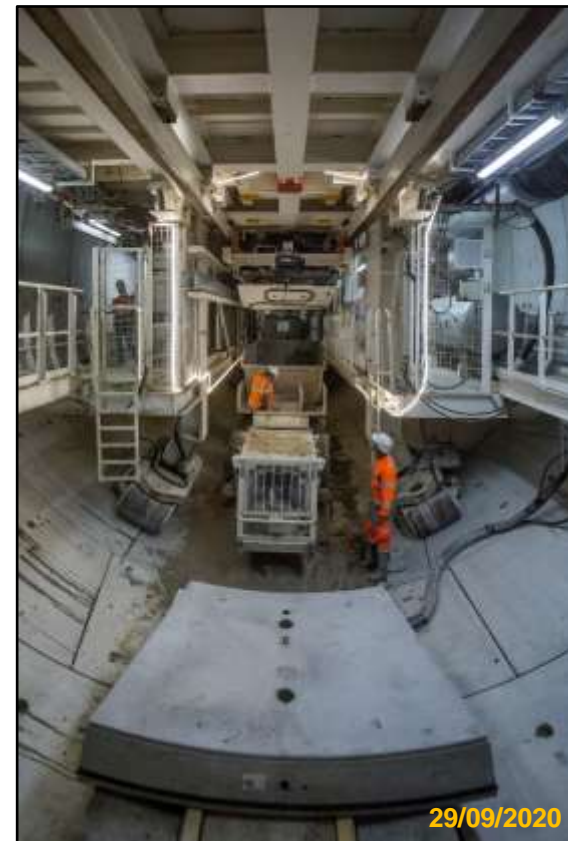


# Tunnel – Après station HLS

Train sur pneu en circulation



Transfert des voussoirs



# Tunnel

Pose de voussoirs





# PAHLS : zone TBM

Pose de voussoirs



# CREUSEMENT MBHLS VISITE EN PHOTOS



## Traversée de stations



# Station HLS : traversée

Transfert de la cloche au tympan nord



Arrivée du tunnelier dans la station



# Station HLS : traversée

Vue du TBM



Back-up dans la station





# Station Oullins Centre (OCE)

Montage du masque de la cloche



Ripage du masque de la cloche



# Station Oullins Centre (OCE)

Ripage du masque de la cloche



Remplissage béton de la cloche





# CREUSEMENT MBHLS VISITE EN PHOTOS



## Rameau PGRE

# Puits du Grand Revoyet (PGRE)

Bétonnage en fond de puits



Premier béton projeté après terrassement





# Puits du Grand Revoyet (PGRE)

Mise en place du premier cintre



Terrassement



# Puits du Grand Revoyet (PGRE)

Béton projeté après la pose du 2<sup>ème</sup> cintre



Béton projeté après la pose du 3<sup>ème</sup> cintre





# Puits du Grand Revoyet (PGRE)

Terrassement demi inférieur



Béton projeté après terrassement





## Échanges Techniques / Questions Réponses





MAITRISE D'OUVRAGE



Merci pour votre attention

