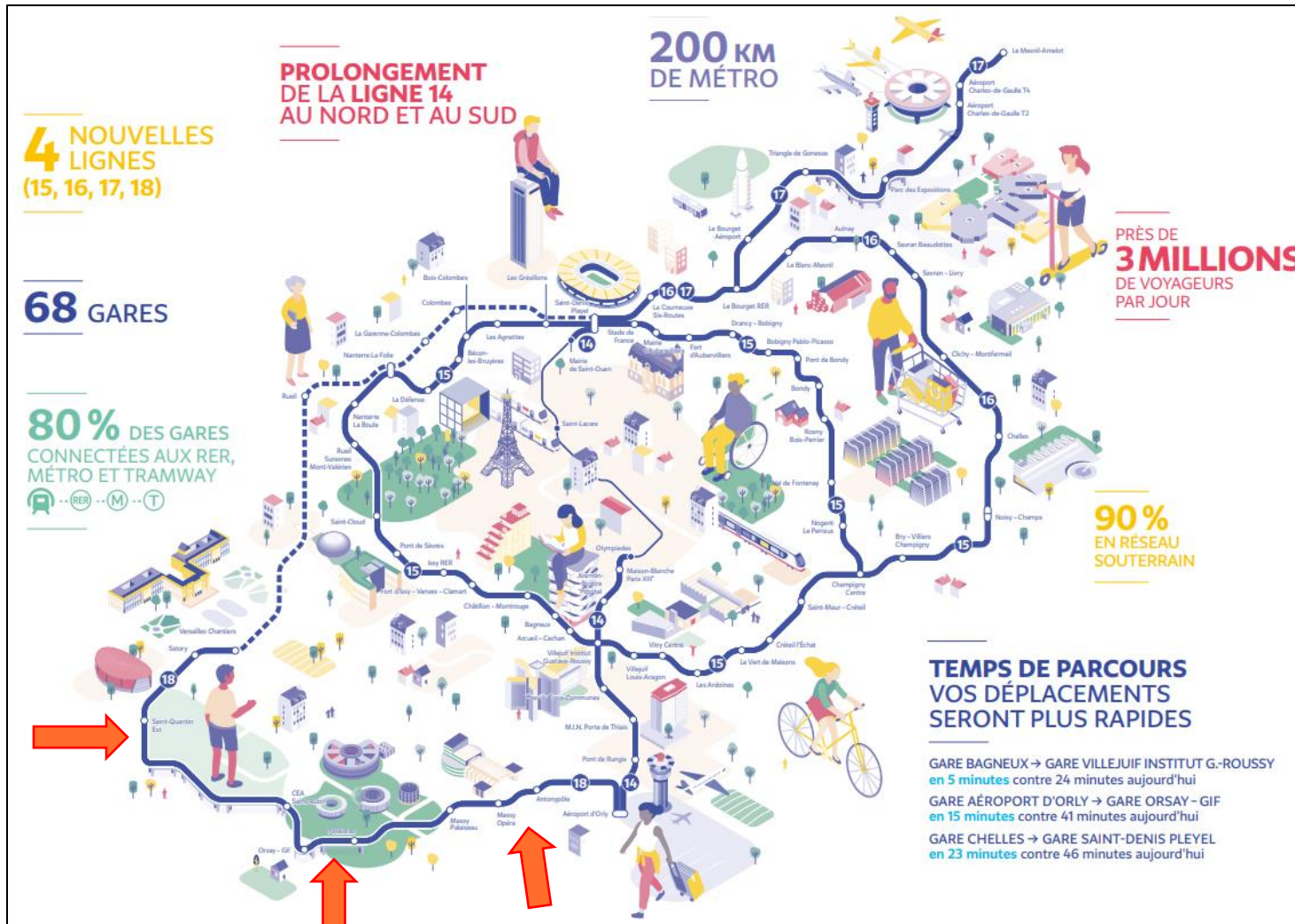


# L18-3A : Tunnel foré au Tunnelier

Synthèse Conception - Stade PRO sous  
responsabilité du MOE

# L18 au sein du GPE



Titre du document  
Code GED :

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris. Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle est autorisée pour et dans la limite des besoins découlant des prestations ou missions du marché conclu avec le titulaire destinataire.

CONFIDENTIALITÉ C1

12/01/2023

# Acteurs du projet

## Client

### MOA

Société du Grand Paris  
SGP

### AMO

#### AMO-Général

Groupeement Link18  
Algoe, Transamo, Geste et BG

#### AMO-Géotechnique

Terrasol

#### AMO-Bâti

Bureau Veritas

## MOE

### MOE-Infrastructures

Groupeement ICARE



Ingérop (mandataire)



Artélia



Arcadis



+ Architectes

### MOE-Systèmes

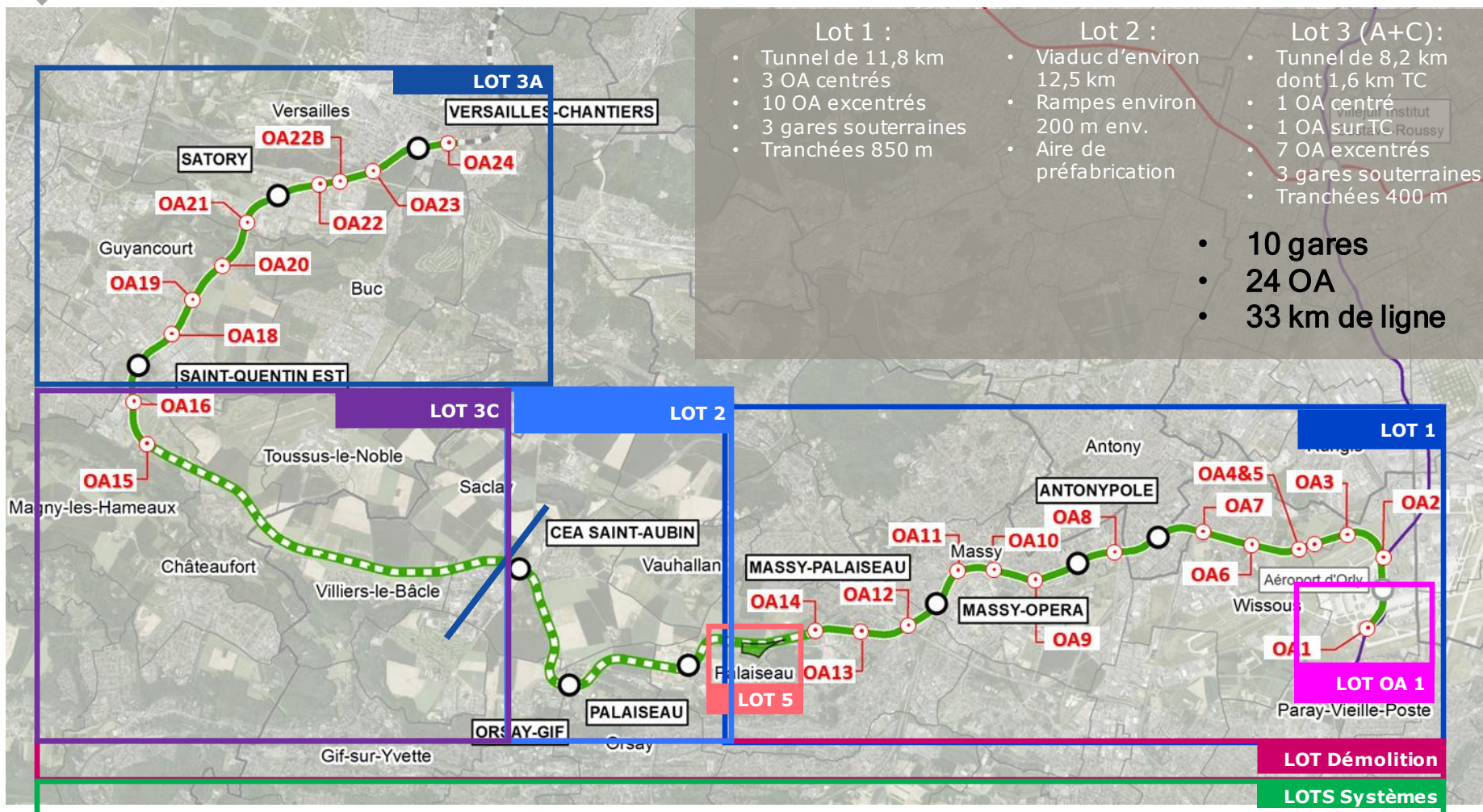
EGIS Rail

- Lot attribué au groupement Spie Batignolles GC (mandataire), Ferrovia Construction, Spie Batignolles Valerian en avril 2022
- Cette présentation ne concerne que les études en phase PRO sous responsabilité du MOE, au moment de l'établissement du DCE
- Ainsi, ces données/interprétations présentées pourraient évoluer au stade exécution avec les études du groupement



# Présentation générale de la L18

## Vue d'ensemble



Titre du document

Code GED :

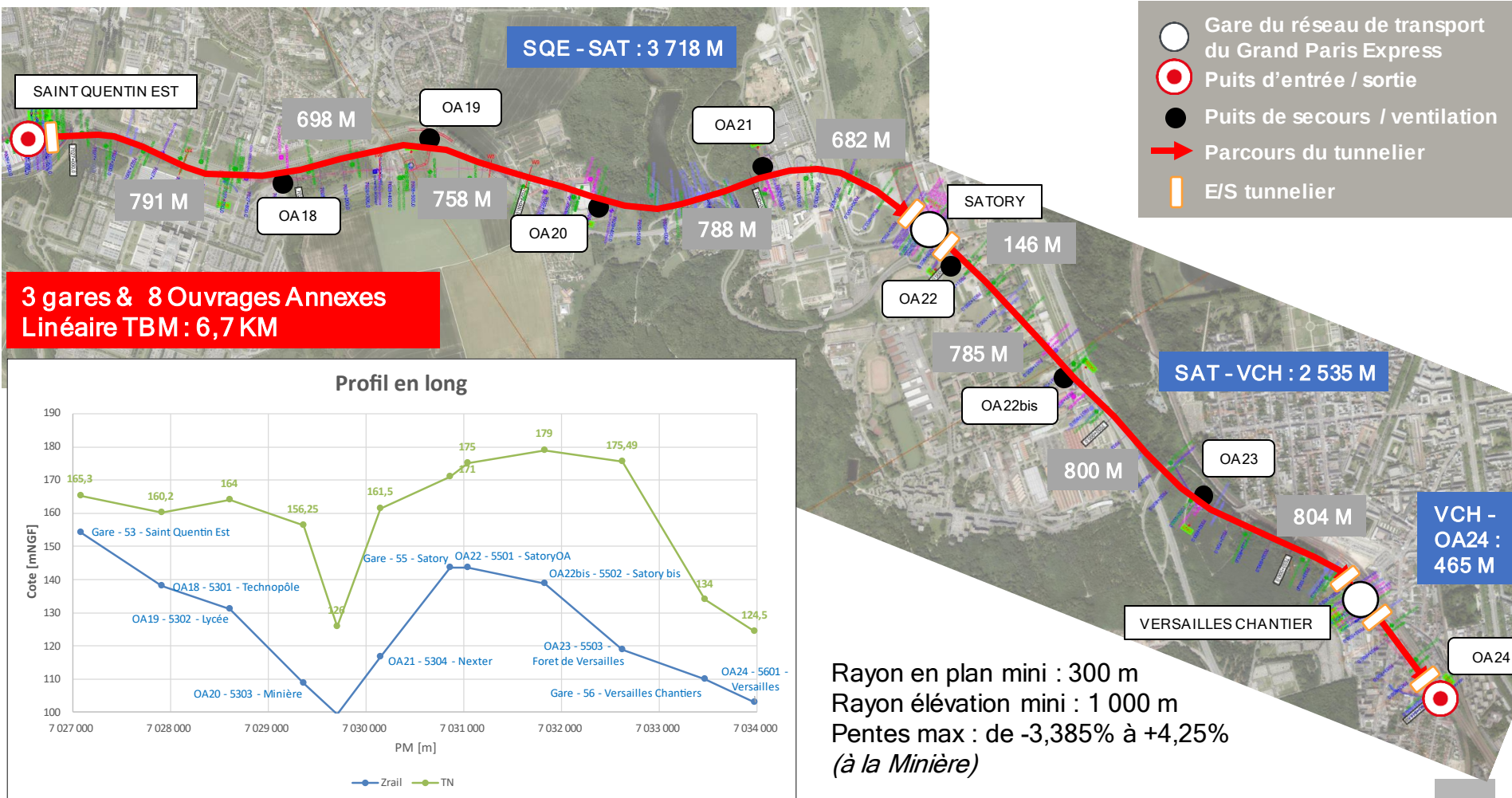
Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris. Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle est autorisée pour et dans la limite des besoins découlant des prestations ou missions du marché conclu avec le titulaire destinataire.

CONFIDENTIALITÉ C1

12/01/2023

# Cinématique du tunnelier

SQE → OA24



Code GED :

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris. Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle est autorisée pour et dans la limite des besoins découlant des prestations ou missions du marché conclu avec le titulaire destinataire.

CONFIDENTIALITÉ C1

12/01/2023

## Synoptique des ouvrages

| Ouvrage | Type | Dénomination               | PM de référence à l'axe | PM de référence UV | Traversant pour TBM ? | Linéaire / Fonction  | Axe des voies | Interdistance parois | Interdistance désenfumage | Rect / Circ | Fond de Fouille (m) | Cotes |       | Longueur ouvrage | Fiche        |             |       |      |  |
|---------|------|----------------------------|-------------------------|--------------------|-----------------------|----------------------|---------------|----------------------|---------------------------|-------------|---------------------|-------|-------|------------------|--------------|-------------|-------|------|--|
|         |      |                            |                         |                    |                       |                      |               |                      |                           |             |                     | TN    | Zrail |                  | Longueur (m) | Cote (mNGF) |       |      |  |
| Gare    | -3   | 53 - Saint Quentin Est     | 7 027 078               |                    | 100%                  | AS + 2*PL(HT)        | SQE           |                      | 1 597                     | R           | 16                  | 165   | 154   | 71               |              |             |       |      |  |
| Tunnel  | -1   | Tunnel                     |                         |                    |                       | 791                  | Tunnel        | 3 718                |                           |             |                     |       |       |                  |              |             |       |      |  |
| OA18    | 0    | 5301 - Technopôle          | 7 027 905               | 7 027 909          | 0%                    | AS + V + PR + PL(HT) |               |                      |                           | V           | C                   | 27    | 160   | 138              | 10,5         | 4,0         | 129,0 |      |  |
| Tunnel  | -1   | Tunnel                     |                         |                    |                       | 698                  |               |                      |                           |             |                     |       |       |                  |              |             |       |      |  |
| OA19    | 0    | 5302 - Lycée               | 7 028 603               | 7 028 607          | 0%                    | AS + V + PSS         |               |                      |                           | V           | C                   | 38    | 164   | 131              | 10,5         | 5,7         | 120,5 |      |  |
| Tunnel  | -1   | Tunnel                     |                         |                    |                       | 758                  |               |                      |                           |             |                     |       |       |                  |              |             |       |      |  |
| OA20    | 0    | 5303 - Minière             | 7 029 361               |                    | 0%                    | AS + PSS             |               |                      |                           |             | C                   | 52    | 156   | 109              | 9,0          | 10,9        | 93,0  |      |  |
| Tunnel  | -1   | Tunnel                     | 7 029 700               |                    |                       | 788                  |               |                      |                           |             |                     | 126   | 99    |                  |              |             |       |      |  |
| OA21    | 0    | 5304 - Nexter              | 7 030 149               | 7 030 153          | 0%                    | AS + V + PSS         |               |                      | V                         | C           | 50                  | 162   | 117   | 9                | 8,6          | 103,1       |       |      |  |
| Tunnel  | -1   | Tunnel                     |                         |                    |                       | 682                  |               |                      |                           |             |                     |       |       |                  |              |             |       |      |  |
| Gare    | -3   | 55 - Satory                | 7 030 862               |                    | 100%                  | AS + PR + PL(HT)     | SAT           |                      | 882                       | R           | 32                  | 171   | 144   | 62               | 18,7         | 120,0       |       |      |  |
| Tunnel  | -1   | Tunnel                     |                         |                    |                       | 146                  | Tunnel        | 2 535                |                           |             |                     |       |       |                  |              |             |       |      |  |
| OA22    | 0    | 5501 - SatoryOA            | 7 031 039               | 7 031 035          | 0%                    | AS + V + PL(HT)      |               |                      | V                         | C           | 36                  | 175   | 144   | 9                | 4,7          | 134,0       |       |      |  |
| Tunnel  | -1   | Tunnel                     |                         |                    |                       | 785                  |               |                      |                           |             |                     |       |       |                  |              |             |       |      |  |
| OA22bis | 0    | 5502 - Satory bis          | 7 031 824               |                    | 0%                    | AS + PSS             |               |                      |                           | C           | 45                  | 179   | 139   | 9                | 5,2          | 128,7       |       |      |  |
| Tunnel  | -1   | Tunnel                     |                         |                    |                       | 800                  |               |                      |                           |             |                     |       |       |                  |              |             |       |      |  |
| OA23    | 0    | 5503 - Forêt de Versailles | 7 032 624               | 7 032 620          | 0%                    | AS + V + PSS         |               |                      | V                         | C           | 62                  | 175   | 119   | 9                | 6,8          | 107,1       |       |      |  |
| Tunnel  | -1   | Tunnel                     |                         |                    |                       | 804                  |               |                      |                           |             |                     |       |       |                  |              |             |       |      |  |
| Gare    | -3   | 56 - Versailles Chantiers  | 7 033 464               |                    | 100%                  | AS + PSS             |               |                      | VCH                       |             | 1 348               | R     | 29    | 134              | 110          | 73          | 17,1  | 88,0 |  |
| Tunnel  | -1   | Tunnel                     |                         |                    |                       | 465                  | Tunnel        | 465                  |                           |             |                     |       |       |                  |              |             |       |      |  |
| OA24    | -4   | 5601 - Versailles          | 7 033 978               | 7 033 967          | 100%                  | AS + V + PR + PL(HT) | OA24          |                      | V                         | C           | 26                  | 125   | 103   | 25,1             | 13,5         | 84,6        |       |      |  |

Titre du document

Code GED :

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris. Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle est autorisée pour et dans la limite des besoins découlant des prestations ou missions du marché conclu avec le titulaire destinataire.

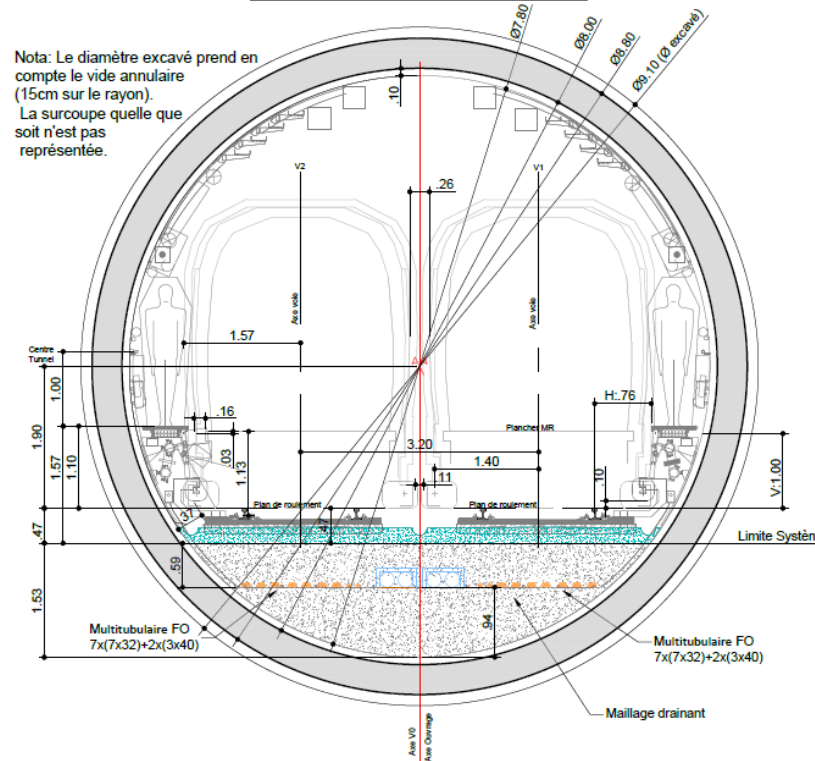
CONFIDENTIALITÉ C1

12/01/2023



# Coupe-type & quantités principales

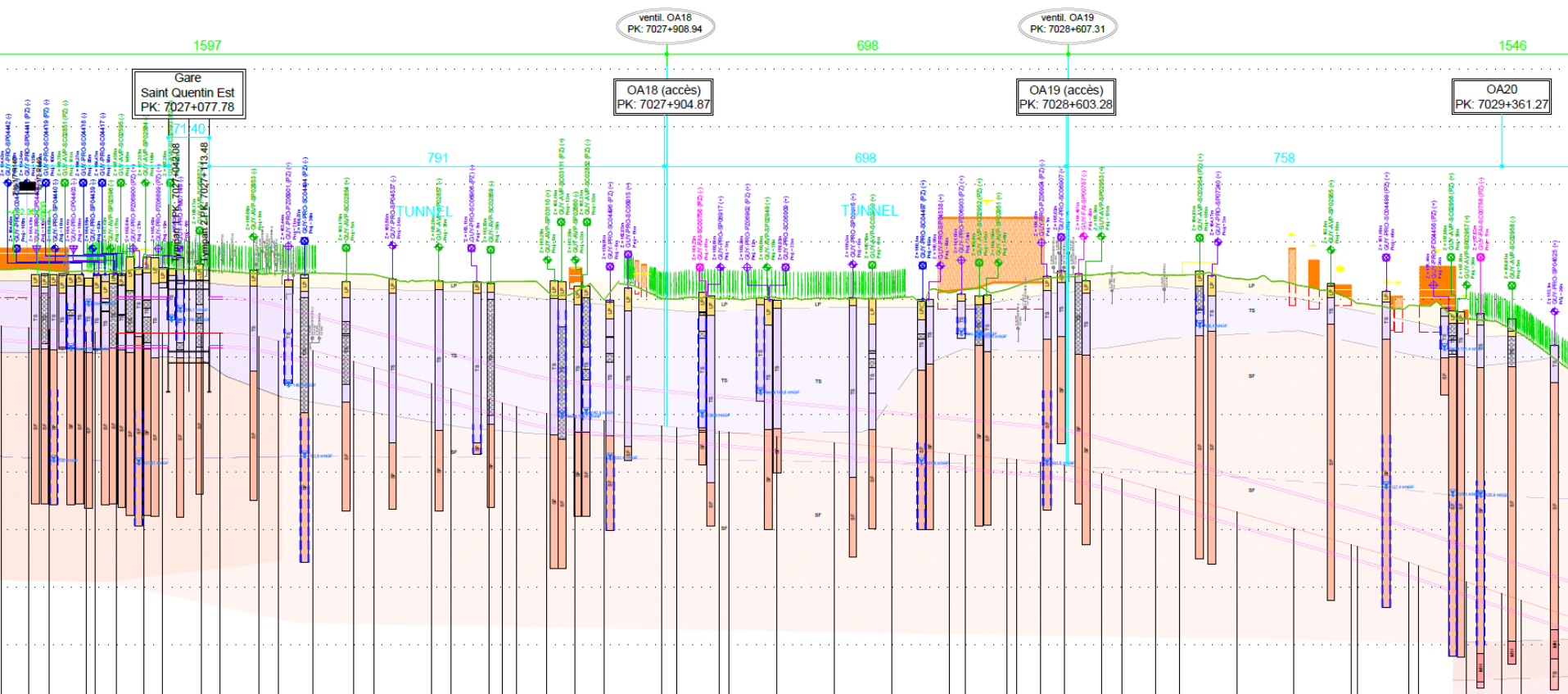
Coupe type en alignement droit



- Diamètre de la section fonctionnelle : 7.80 m
- Diamètre intrados des voussoirs incluant 10 cm de tolérance de guidage sur le rayon : 8.00 m
- Diamètre extrados des voussoirs : 8.80 m (soit un volume d'anneaux de 10.56 m<sup>3</sup>/ml)
- Diamètre d'excavation du tunnelier : 9.17 m - soit un volume excavé de 66.10 m<sup>3</sup>/ml



# Profil en long Géologique 1/3



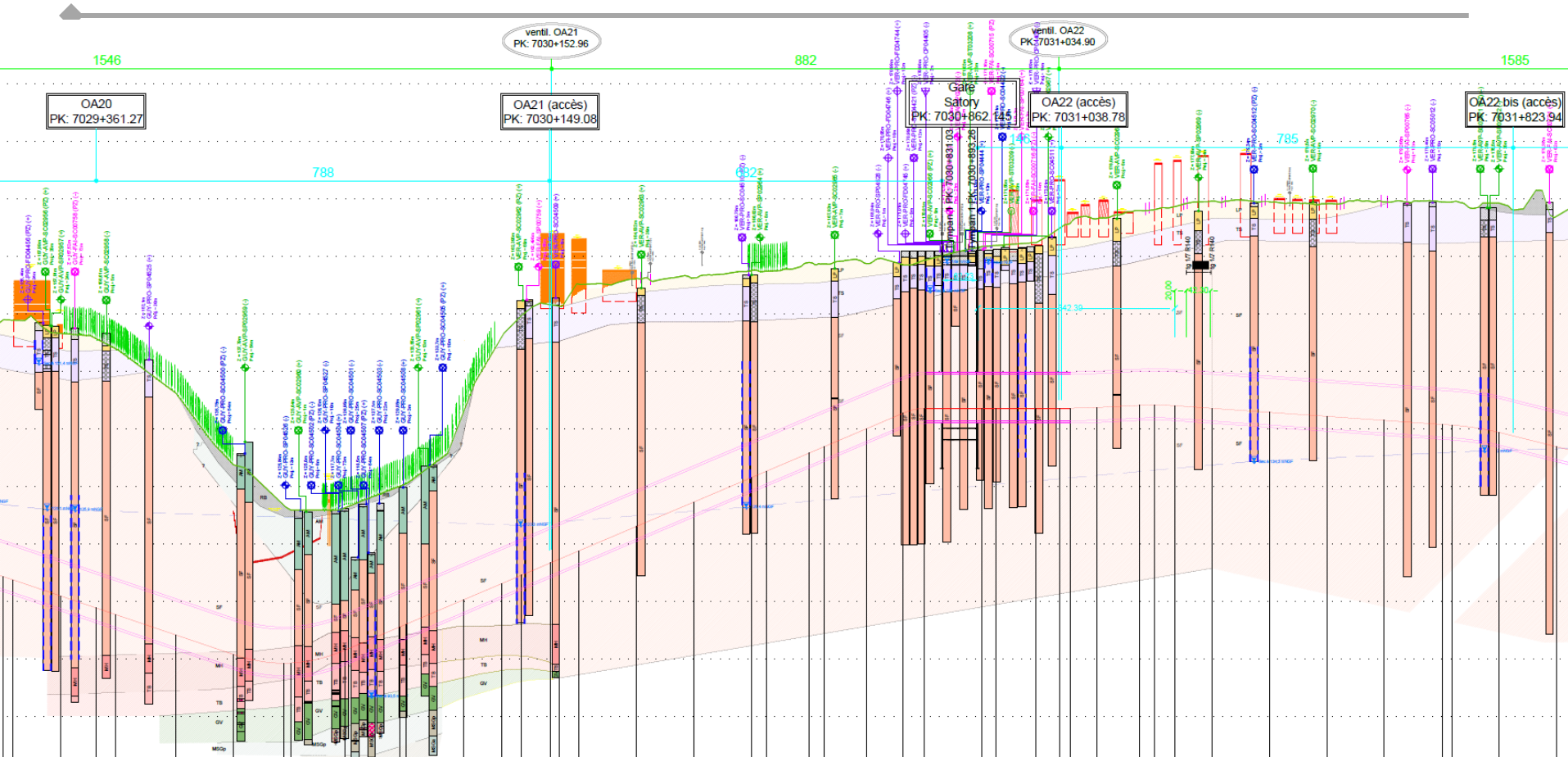
Titre du document  
Code GED :

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris. Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle est autorisée pour et dans la limite des besoins découlant des prestations ou missions du marché conclu avec le titulaire destinataire.

CONFIDENTIALITÉ C1

12/01/2023

# Profil en long Géologique 2/3



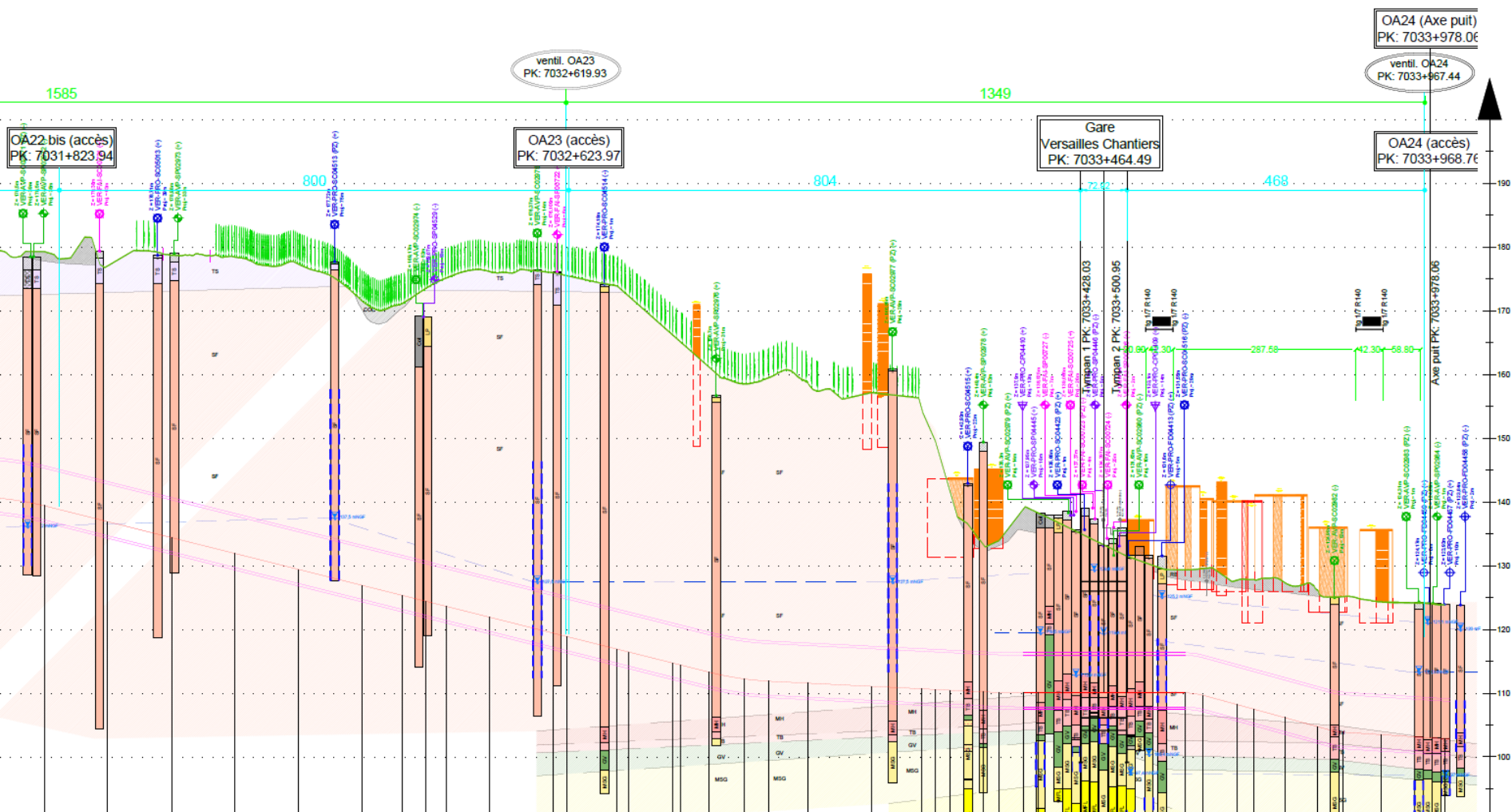
Titre du document  
Code GED :

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris. Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle est autorisée pour et dans la limite des besoins découlant des prestations ou missions du marché conclu avec le titulaire destinataire.

CONFIDENTIALITÉ C1

12/01/2023

# Profil en long Géologique 3/3



Titre du document  
Code GED :

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris. Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle est autorisée pour et dans la limite des besoins découlant des prestations ou missions du marché conclu avec le titulaire destinataire.

CONFIDENTIALITÉ C1

12/01/2023



# Principales formations rencontrées

## 6.3.1. Sables de Fontainebleau

Les Sables de Fontainebleau constituent la seule formation aquifère rencontrée sur le plateau de Saclay en interaction avec le projet.

D'après les données piézométriques (mesures et bibliographie) on rencontre

- un premier dôme piézométrique au niveau des OA 18-19 avec des écoulements de part et d'autre dirigés vers les vallées de l'Yvette (au sud) et de la Bièvre au nord ;
- un second dôme piézométrique au niveau du plateau de Satory avec des écoulements dirigés vers le sud (vallée de la Bivre) et vers le Nord (Versailles).

La disposition des piézomètres le long du tracé ne permet pas de bien apprécier les écoulements selon l'axe est-ouest.



Figure 60 VER-AVP-SC2977

## 6.3.2. Meulière de Montmorency

Les formations de surface ou de sub-surface telles que les Meulière de Montmorency (Travertin Supérieur) ou les Limons des Plateaux sont des formations peu perméables qui peuvent toutefois contenir des niveaux d'eau dans les passées sableuses. Ces niveaux rencontrés sur les plateaux de Saclay et de Satory alimentés par les pluies ne constituent pas un aquifère à proprement parler.

Toutefois même si la pose de piézomètres révèle la présence de niveaux d'eau il convient d'être prudent :

- certains piézomètres sont secs en permanence contrairement à d'autres implantés dans les mêmes conditions ce qui traduit l'hétérogénéité de la formation,
- les piézomètres notamment ceux qui entaillent la quasi-totalité de la formation « perturbent » le phénomène en entraînant les eaux des Meulière en profondeur,
- des écarts de cote piézométrique importants peuvent être rencontrés sur des ouvrages proches ce qui confirme que cette formation peu perméable n'est pas un aquifère (pas de sens d'écoulement homogène...).

Cette dernière caractéristique nous conduit à raisonner en termes de profondeur par rapport au terrain plutôt qu'en terme de cotes piézométriques pour la détermination des niveaux caractéristiques de la formation des Meulière de Montmorency utilisés pour le dimensionnement des ouvrages de sub-surface.



Figure 46 GUY-AVP-SC2958



Figure 47 VER-AVP-SC2962



Figure 48 VER-AVP-SC2963



Figure 49 VER-AVP-SC2971

|    | Poids volumiques |         | Caractéristiques pressiométriques |       |     | Déformabilité |       |       |       | Cisaillement |     |       |     |     | Etat de contrainte |      | Perméabilités      |                    |
|----|------------------|---------|-----------------------------------|-------|-----|---------------|-------|-------|-------|--------------|-----|-------|-----|-----|--------------------|------|--------------------|--------------------|
|    | yh               | yd      | Em                                | pl*   | α   | E'            | ECT   | E'ur  | ECTur | cu           | φu  | c'    | φ'  | ψ   | OCR                | K0   | kh                 | kv                 |
|    | (kN/m³)          | (kN/m³) | (MPa)                             | (MPa) | (-) | (MPa)         | (MPa) | (MPa) | (MPa) | (kPa)        | (°) | (kPa) | (°) | (°) | (-)                | (-)  | (m/s)              | (m/s)              |
| RB | 19,8             | 16,0    | 5,2                               | 0,37  | 0,5 | 16            | 31    | 47    | 94    | °            | °   | 0     | 25  | °   | 1                  | 0,58 | 10 <sup>-4</sup>   | 10 <sup>-4</sup>   |
| LP | 18,9             | 15,5    | 14                                | 0,7   | 0,7 | 32            | 63    | 95    | 189   | °            | °   | 10    | 20  | °   | 1                  | 0,66 | 10 <sup>-6</sup>   | 10 <sup>-6</sup>   |
| TS | 18,2             | 14,0    | 26                                | 1,7   | 0,7 | 59            | 117   | 88    | 176   | 50           | 0   | 20    | 20  | °   | 1,5                | 0,81 | 10 <sup>-6</sup>   | 10 <sup>-6</sup>   |
| SF | 18,7/19,2*       | 15,2    | 86                                | 5,7   | 0,5 | 258           | 387   | 774   | 1161  | °            | °   | 0     | 35  | 5   | 1                  | 0,43 | 5.10 <sup>-5</sup> | 5.10 <sup>-5</sup> |
| MH | 20,0             | 16,5    | 44                                | 2,5   | 0,7 | 99            | 198   | 248   | 495   | 60           | 10  | 10    | 30  | °   | 1                  | 0,50 | 10 <sup>-6</sup>   | 10 <sup>-6</sup>   |
| TB | 20,0             | 16,5    | 40                                | 3,3   | 0,5 | 120           | 240   | 360   | 720   | °            | °   | 15    | 32  | 2   | 1                  | 0,47 | 10 <sup>-4</sup>   | 10 <sup>-4</sup>   |

\* : hors nappe / saturé



## Rappel des différentes nappes principales rencontrées sur le projet

### • Nappe des Meulières de Montmorency

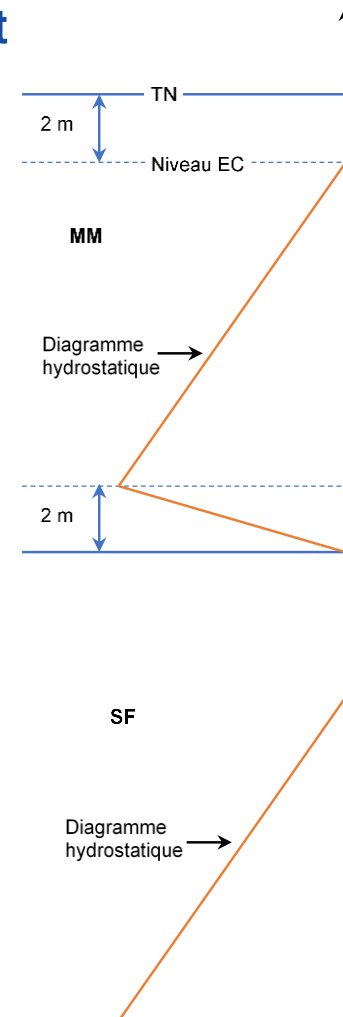
- Ce n'est pas une nappe au sens strict, on a plutôt des poches d'eau dans des lentilles de sable
- On considère néanmoins une nappe en chantier à 2 m sous le TN. La pression diminue à partir de 2 m au-dessus de la base des TS pour atteindre 0 à cette base (goutte à goutte dans les sables de Fontainebleau bien plus perméables)

### • Nappe des Sables de Fontainebleau soutenue par les Marnes à Huîtres

- Formation résiduelle sous placage des Limons des Plateaux
- Alimentation par les précipitations, drainage par le réseau hydrographique et anciennes lignes de sources

### • Nappe du Travertin de Brie retenue par l'Argile Verte

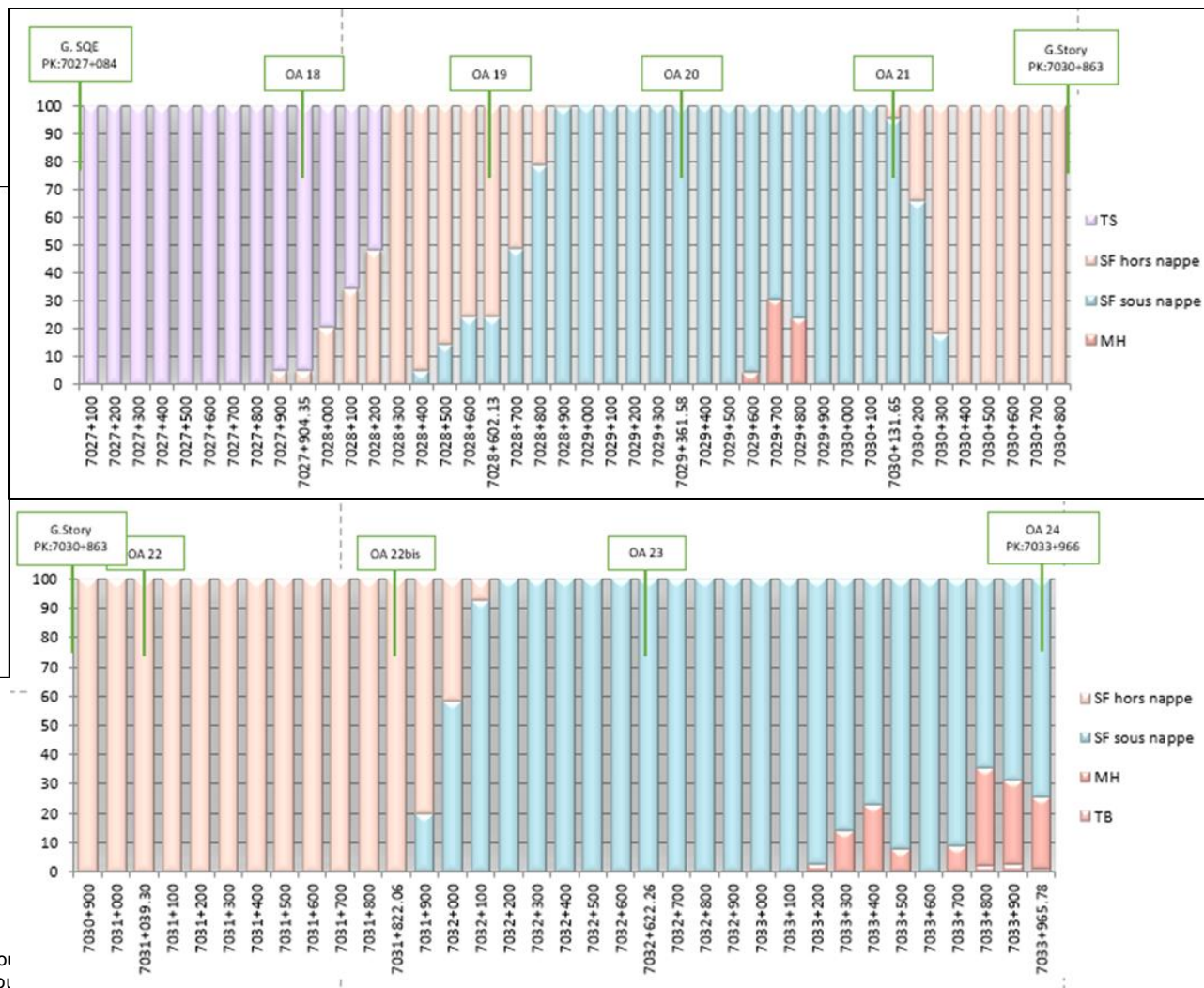
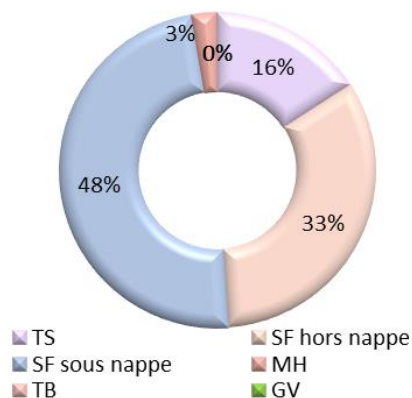
- Alimentation par les précipitations ou percolation à travers les Marnes à Huîtres,
- Drainage par le réseau hydrographique selon la topographie du toit des Argiles Vertes
- On la rencontre à l'OA24 uniquement et elle est fortement en charge sous les Marnes à Huîtres - elle est potentiellement en communication directe avec la nappe des SF, au vu de la faible épaisseur des MH et de la forte sous-charge théorique (140 kPa)



# Formations traversées par le tunnelier

- Evaluation de la répartition par type de terrain et par type de front

**Tunnelier SQE-OA24**



Titre du document

Code GED :

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris. Toute réutilisation est interdite, sauf pour et dans la limite des besoins découlant des prestations ou

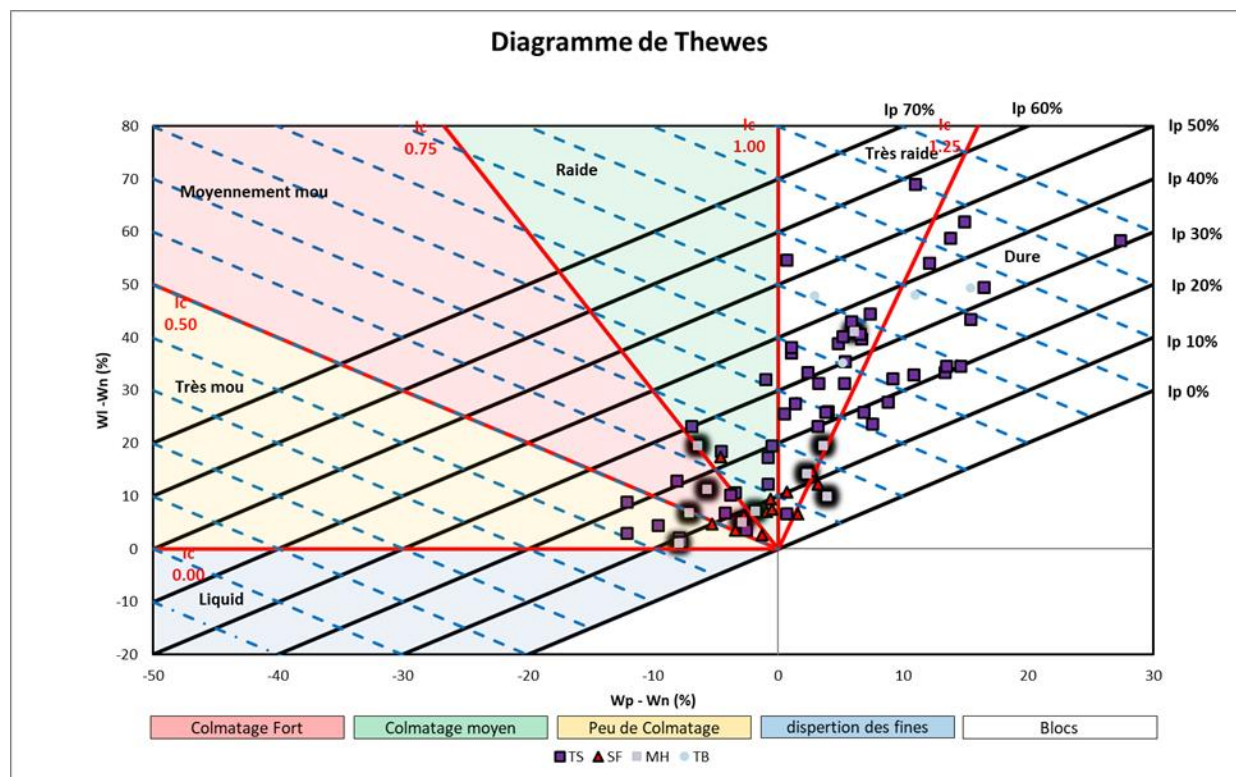
## Maitrise des pressions de confinement

- Selon le bilan expliqué plus loin :
  - Front homogène TS :
    - Pression de confinement de consigne : 80 à 260 kPa
    - Pression d'eau : jusqu'à 2,2 bars
  - Front mixte TS/SF :
    - Pression de confinement de consigne : 260 kPa
    - Pression d'eau : jusqu'à 2,2 bars
  - Front homogène SF :
    - Pression de confinement de consigne : 100 à 260 kPa
    - Pression d'eau : jusqu'à 2,3 bars
  - Front mixte SF/MH :
    - Pression de confinement de consigne : 200 à 260 kPa
    - Pression d'eau : jusqu'à 1.6 bar
- Au-dessus de 2 bars, le EPB n'est plus adapté dans certaines granulométries

## Colmatage

### • Essais d'identification

- 51 essais dans les TS, 13 essais dans les SF, 10 essais dans les MH, 4 essais dans les TB



Très dispersé pour les TS  
→ EPB désavantagé  
fortement, SPB en mode  
dégradé, DV idéal



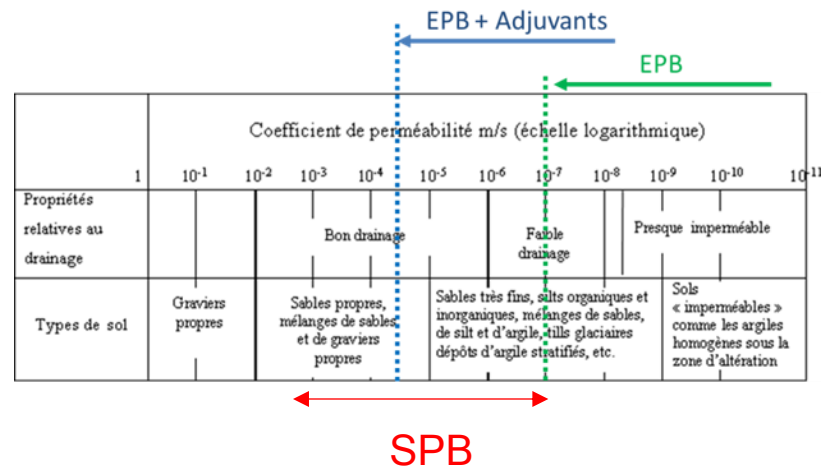
## Perméabilité

- Les valeurs retenues sont les suivantes :

- TS :  $10^{-6}$  m/s
- SF :  $5 \cdot 10^{-5}$  m/s
- MH :  $10^{-6}$  m/s
- TB :  $10^{-4}$  m/s

- Domaines de fonctionnement :

- EPB désavantagé

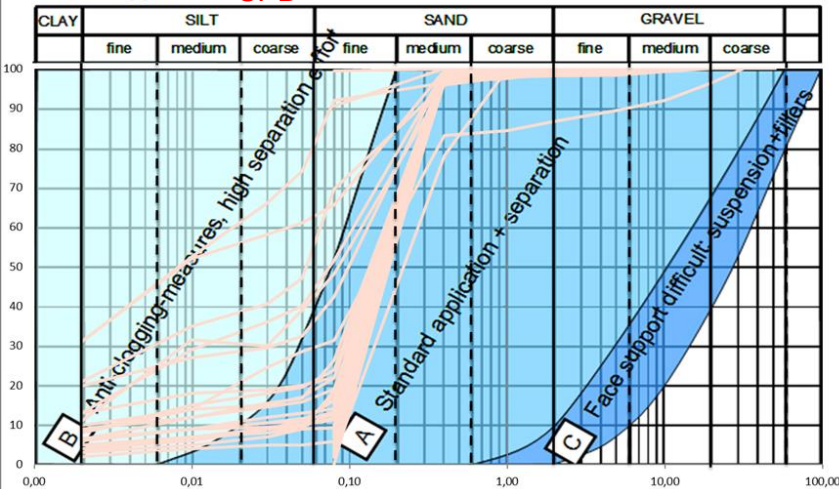


# Adéquation des tunneliers

## Granulométrie - Sables de Fontainebleau

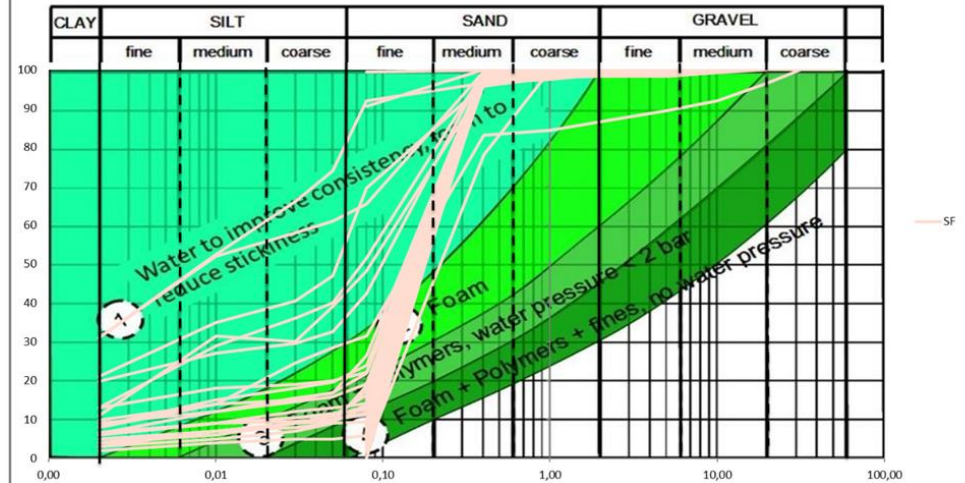
Tunnelier 4 - Gare de Satory-Gare Saint Quentin Est

Fluid-Supported = SPB



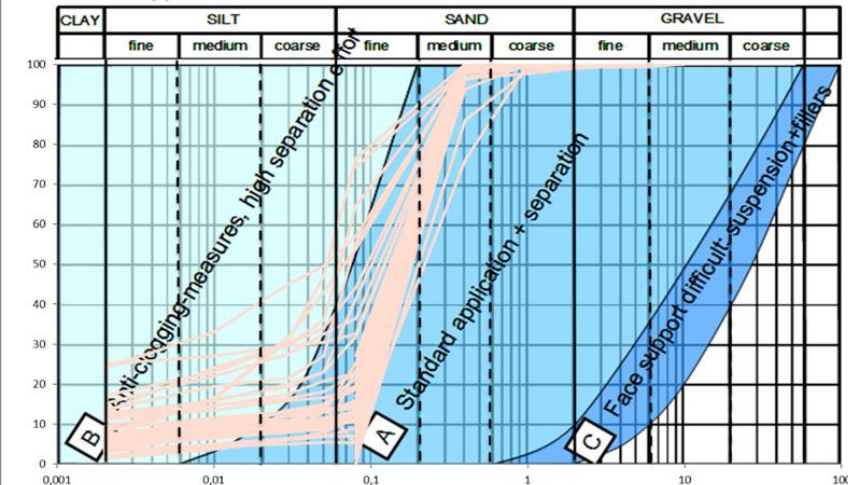
Tunnelier 4 - Gare de Satory-Gare Saint Quentin Est

EPB



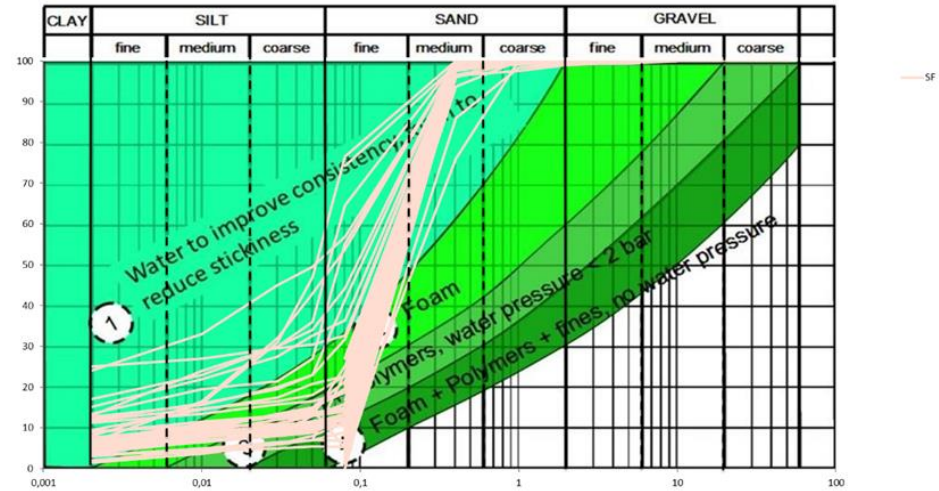
Tunnelier 4 - Gare de Satory-OA24

Fluid-Supported



Tunnelier 4 - Gare de Satory-OA24

EPB

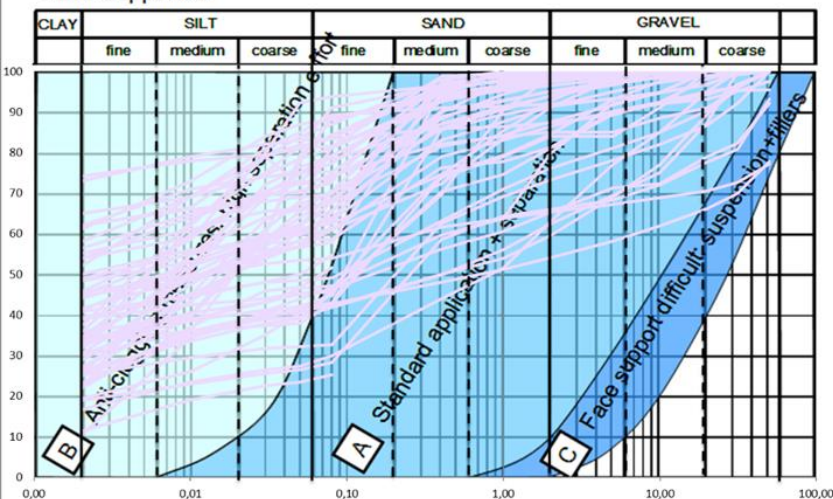


# Adéquation des tunneliers

## Granulométrie - Meulière de Montmorency

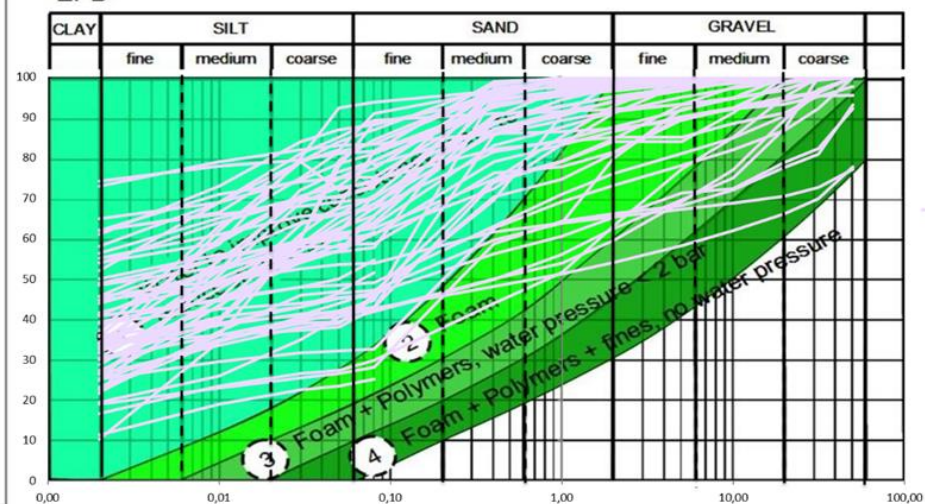
Tunnelier 4 - Gare de Satory-Gare Saint Quentin Est

Fluid-Supported



Tunnelier 4 - Gare de Satory-Gare Saint Quentin Est

EPB



Titre du document

Code GED :

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris. Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle est autorisée pour et dans la limite des besoins découlant des prestations ou missions du marché conclu avec le titulaire destinataire.

CONFIDENTIALITÉ C1

12/01/2023

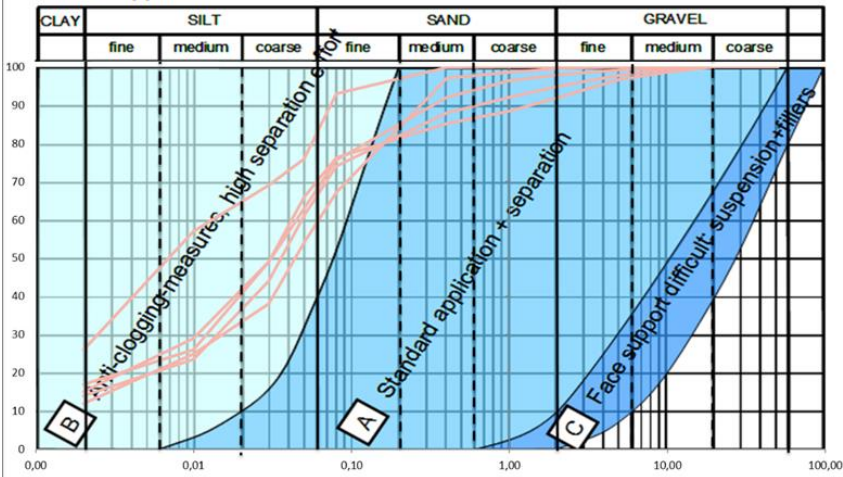


# Adéquation des tunneliers

## Granulométrie - Marnes à Huitres

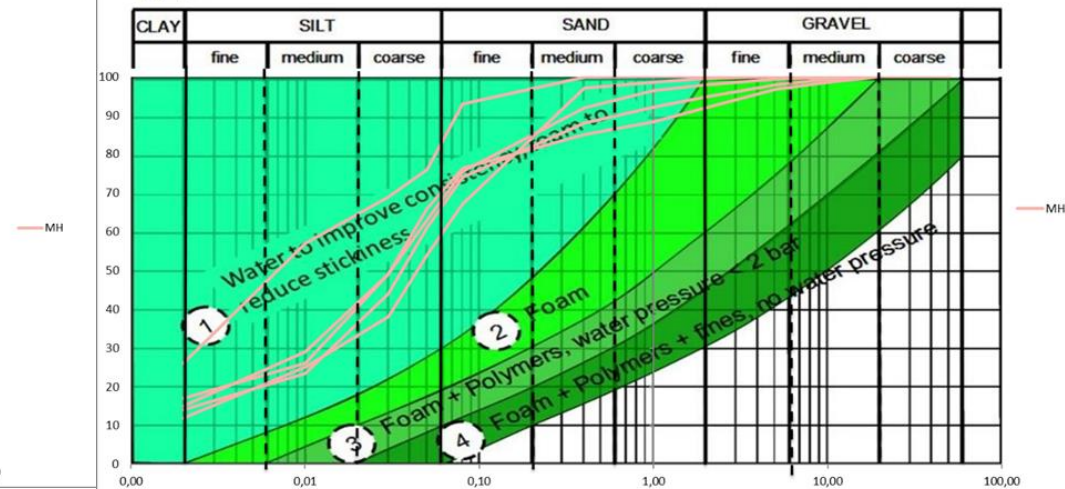
Tunnelier 4 - Gare de Satory-Gare Saint Quentin Est

Fluid-Supported



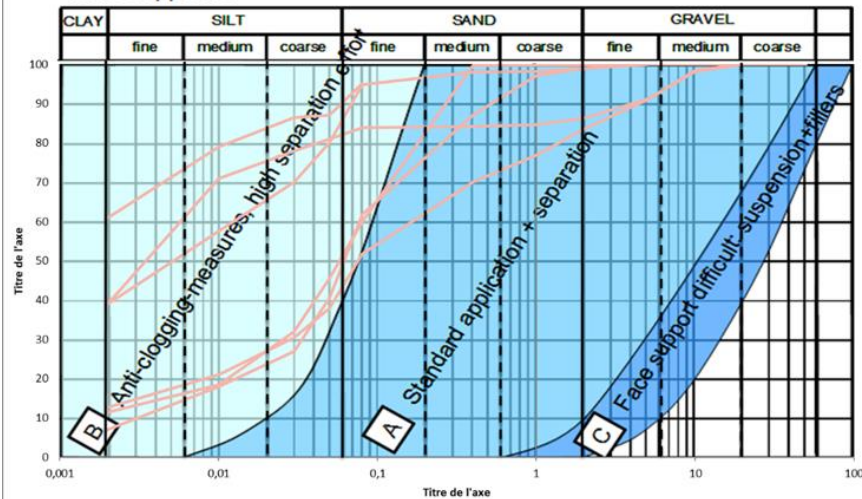
Tunnelier 4 - Gare de Satory-Gare Saint Quentin Est

EPB



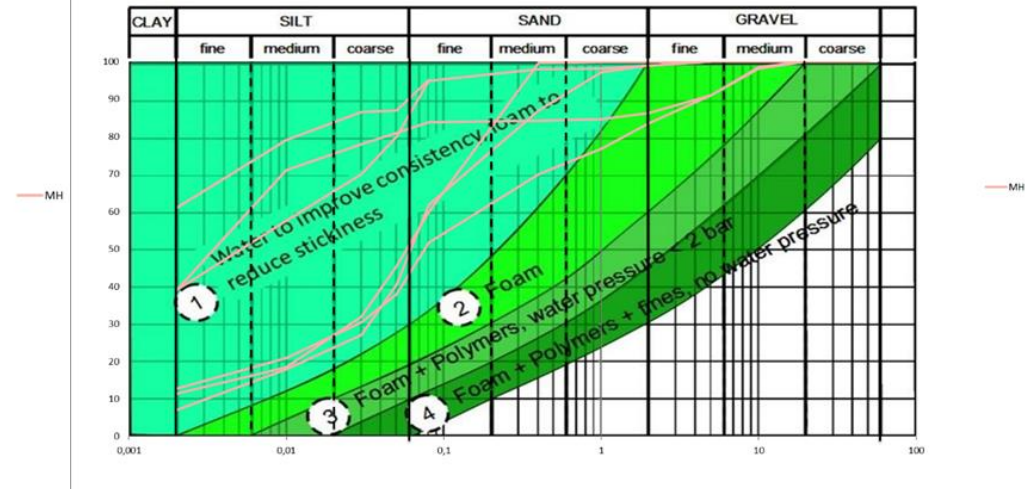
Tunnelier 4 - Gare de Satory-OA24

Fluid-Supported



Tunnelier 4 - Gare de Satory-OA24

EPB



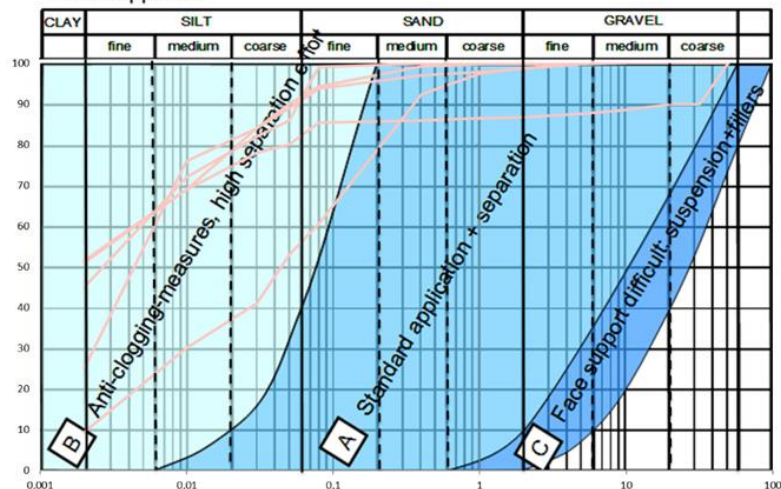


# Adéquation des tunneliers

## Granulométrie - Travertin de Brie

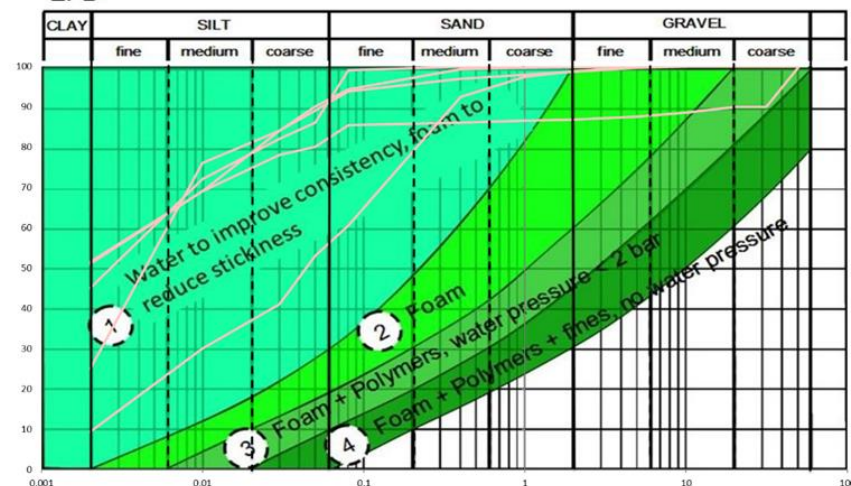
Tunnelier 4 - Gare de Satory-OA24

Fluid-Supported



Tunnelier 4 - Gare de Satory-OA24

EPB



Titre du document

Code GED :

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris. Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle est autorisée pour et dans la limite des besoins découlant des prestations ou missions du marché conclu avec le titulaire destinataire.

CONFIDENTIALITÉ C1

12/01/2023

## Tunnelier à pression de terre « EPB »

- En synthèse:

- Dans les TS et fronts mixtes TS/SF :
    - du point de vue de la granulométrie l'EPB semble bien mieux adapté que le SPB
    - Néanmoins il est gêné par une non capacité à maîtriser la hauteur d'eau attendue compte tenue de cette même granulométrie (zones 3 & 4 du diagramme atteintes), et par une grande difficulté à apporter la bonne quantité d'eau pour avoir une bonne consistance dans la chambre, et par une usure renforcée des outils de coupe.
  - Dans les fronts mixtes TS/SF, la granulométrie mélangée pourrait augmenter sa pertinence mais on conserve les mêmes limites en termes d'apport d'eau et d'usure des outils de coupe.
  - Dans les SF et ses rares fronts mixtes avec les MH & TB, il y a de nombreux tronçons où il est incompatible en raison des hauteurs d'eau attendues.
- Le tunnelier à pression de terre n'est donc pas recommandé pour la réalisation du tunnel.

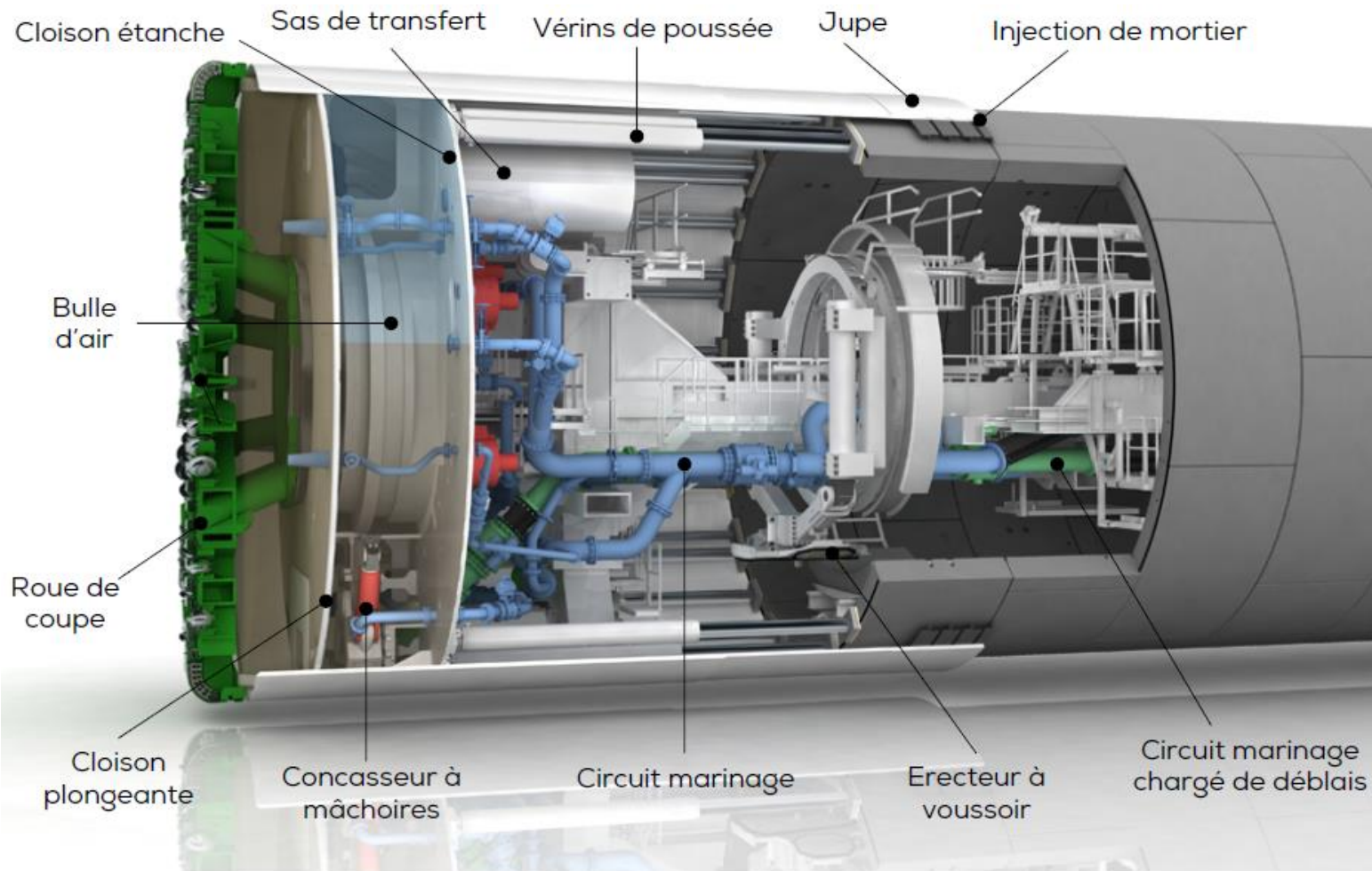
## Tunnelier à pression de boue « SPB »

### • En synthèse :

- Le SPB est parfaitement adapté aux Sables de Fontainebleau, ce qui en fait un mode préférentiel de fonctionnement.
  - Les quelques fronts mixtes entre l'OA20 & l'OA24 seront maîtrisables par un dimensionnement adapté de la centrale de traitement des boues et de fortes dispositions anti-colmatage.
  - En revanche, sa progression sur les 1150 premiers mètres dans les TS et en front mixte TS/SF se fera avec un mode dégradé spécifique, alors que l'on se situe dans une zone avec beaucoup d'usure d'outils, avec une couverture faible à très faible, et des pressions de confinement non négligeables (jusqu'à 260 kPa).
- Le tunnelier à pression de boue est compatible avec les objectifs de maîtrise des risques.
  - Néanmoins, un tunnelier à densité variable pourrait être plus adapté dans la zone où le SPB fonctionnera en mode dégradé, ce qui permettrait de fonctionner avec un mode nominal plus robuste.

# Adéquation des tunneliers

## Tunnelier à pression de boue « SPB »





# Organisation de chantier

## Hypothèse : tunnelier SPB - 5j/7

| Cinématique du tunnelier :                           |             |            | Organisation chantier : |                                                                                     |             |            |      |                                                                             |
|------------------------------------------------------|-------------|------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------|------|-----------------------------------------------------------------------------|
| - Portion concernée :                                | SQE-OA24    |            | Jours travaillés        | 5 j/7                                                                               | Personnel   | Production | 64 Ω | Mobilisé à partir de l'arrivée du tunnelier sur site                        |
| - Longueur à creuser :                               | 6 717 ml    |            |                         | 21 j/mois                                                                           |             | Logistique | 9 Ω  | Démobilisé après démontage du tunnelier                                     |
| - Traversée de Gares & OA :                          | 232 ml      |            |                         | 3 postes/jour                                                                       |             | Production | 16 Ω | Mobilisé 3 mois après le début du chantier                                  |
| - Autre linéaire complémentaire :                    | 0 ml        |            | Production              | 13 postes/sem                                                                       | Encadrement | Logistique | 10 Ω | Démobilisé à la toute fin                                                   |
| - Cadence journalière de creusement :                | 10,5 m/j    |            |                         | 55 postes/ms                                                                        |             |            |      |                                                                             |
| - Cadence moy de creusement :                        | 221 ml/mois | Nb équipes | 3                       |                                                                                     |             |            |      | ml / j      ml                                                              |
| => Durée creusement :                                | 30,5 mois   |            |                         |                                                                                     |             |            |      | Cadence      6,5      750                                                   |
| => Durée chantier :                                  | 55,0 mois   | comprend : | 12 mois                 | avant arrivée TBM                                                                   |             |            |      | Cadence TS/SF      6,5      400                                             |
|                                                      |             |            | 2 mois                  | de montage et préparation démarrage TBM                                             |             |            |      | Cadence SF      12,0      5 567                                             |
| - Nbr de traversée de station :                      | 3           |            | 0 mois                  | de mise en cadence TBM (inclus dans cadence moyenne)                                |             |            |      | Moyenne      10,5                                                           |
| - Nbr de traversée d'OA :                            | 1           |            | 31 mois                 | de creusement                                                                       |             |            |      | <i>Nota : ces cadences peuvent varier (en mieux) en passant à 6 ou 7j/7</i> |
| - Nbr d'entrée/sortie TBM :                          | 6 ok        |            | 28 jours                | de ripage par station, 21 j pour un OA                                              |             |            |      |                                                                             |
| = 1 entrée TBM + 2 x nbr de traversée + 1 sortie TBM |             |            | 2 mois                  | de démontage tunnelier                                                              |             |            |      |                                                                             |
| - Longueur moyenne de ripage :                       | 58          |            | 2 mois                  | d'immobilisation tunnelier (forfait risque / maintenance lourde / démontage cloche) |             |            |      |                                                                             |
|                                                      |             |            | 3 mois                  | repli de chantier                                                                   |             |            |      |                                                                             |

### • Personnel

- Production : 20 Ω/poste x 3 postes/jour + 2 Ω/jour non travaillé
- Logistique : 8, 9 ou 10 Ω à la journée, respectivement à 5j, 6j, 7j

### • Encadrement

- Production : 8 à 10 Ω production + 1 STB + 3 Topo + 2 QSE + 1 Ing méthodes + 1 Projeteur
- Logistique : 10, 11 ou 12 Ω, respectivement à 5j, 6j, 7j. Ajouter 3 mécaniciens après 4 km

# Besoin Surfaces de chantier

## Hypothèse : tunnelier SPB - 5j/7

| <b>BILAN SURFACES</b>           |                             |                             | Avec routes<br>30% |
|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------|
| Stockage Voussoirs              | 700 m <sup>2</sup>          | 1 000 m <sup>2</sup>        |                    |
| Stockage Marin                  | 3 500 m <sup>2</sup>        | 5 000 m <sup>2</sup>        |                    |
| Centrale Mortier                | 1 000 m <sup>2</sup>        | 1 500 m <sup>2</sup>        |                    |
| Usine traitement boues          | 2 500 m <sup>2</sup>        | 3 600 m <sup>2</sup>        |                    |
| Traitement eaux d'exhaure       | 140 m <sup>2</sup>          | 200 m <sup>2</sup>          |                    |
| Tour Réfrigérante               | 60 m <sup>2</sup>           | 100 m <sup>2</sup>          |                    |
| Traitement eaux refroidissement | 140 m <sup>2</sup>          | 200 m <sup>2</sup>          |                    |
| Ventilation                     | 100 m <sup>2</sup>          | 200 m <sup>2</sup>          |                    |
| Poste électrique                | 100 m <sup>2</sup>          | 200 m <sup>2</sup>          |                    |
| Atelier mécanique               | 430 m <sup>2</sup>          | 700 m <sup>2</sup>          |                    |
| Magasin                         | 325 m <sup>2</sup>          | 500 m <sup>2</sup>          |                    |
| Zone de déchargement            | 600 m <sup>2</sup>          | 900 m <sup>2</sup>          |                    |
| Débourbeur                      | 90 m <sup>2</sup>           | 200 m <sup>2</sup>          |                    |
| Base Vie                        | 3 830 m <sup>2</sup>        | 5 500 m <sup>2</sup>        |                    |
| Bureaux                         | 820 m <sup>2</sup>          | 1 200 m <sup>2</sup>        |                    |
| Vestiaires/Cantines             | 310 m <sup>2</sup>          | 500 m <sup>2</sup>          |                    |
| Parking                         | 2 700 m <sup>2</sup>        | 3 900 m <sup>2</sup>        |                    |
| <b>Surface totale</b>           | <b>13 500 m<sup>2</sup></b> | <b>19 300 m<sup>2</sup></b> |                    |

| <u>PERSONNEL</u>                                          |  |          | <u>STOCKAGE ANNEAUX</u>        |  |            |
|-----------------------------------------------------------|--|----------|--------------------------------|--|------------|
| Ecadrement                                                |  | 26 Ω     | Diamètre intérieur fabrication |  | 8,00 m     |
| Personnel-Horaire                                         |  | 73 Ω     | Diamètre extérieur fabrication |  | 8,80 m     |
| SS-Traitant                                               |  | 8 Ω      | Nombre voussoir / anneau       |  | 7 u        |
| Visiteurs                                                 |  | 20 Ω     | Longueur clé                   |  | 0,00 m     |
| MOA                                                       |  | 5 Ω      | Périmètre extrados             |  | 3,95 m     |
| Sous-Total                                                |  | 132 Ω    | Ouverture angulaire            |  | 51,4°      |
| <u>BUREAUX</u>                                            |  |          | Longueur projetée              |  | 3,82 m     |
|                                                           |  |          | Longueur longitudinale         |  | 2,00 m     |
| Total +20% pour MOE/MOA                                   |  |          | Surface d'emprise stricte      |  | 7,64 m²    |
| Surface bureaux encadrement (20 m²/u)                     |  | 620      | Marge / longueur projetée      |  | 0,15 m     |
| Salles de communication                                   |  | 60       | Marge / longueur longitudinale |  | 0,50 m     |
| Surface cantonnements / vestiaires / réfectoire (3 n      |  | 300      | Surface d'emprise totale       |  | 12,35 m²   |
| <u>PARKING</u>                                            |  |          | Vitesse max mensuelle          |  | 441 m/mois |
|                                                           |  |          | Vitesse max journalière        |  | 21,1 m/j   |
| Nb de tunneliers                                          |  | 1        | Nombre de jours de réserve     |  | 5          |
| Nb de places                                              |  | 108      | Nombre d'anneaux de voussoirs  |  | 53 u       |
| Dimensions Place                                          |  | 25,0 m²  | Surface associée               |  | 651 m²     |
| Surface places                                            |  | 2 695 m² |                                |  |            |
| La circulation en entreprise - INRS ED 975 - Octobre 2010 |  |          |                                |  |            |

| <b>STOCKAGE DEBLAIS</b>                                |  |                      |
|--------------------------------------------------------|--|----------------------|
| Vide annulaire considéré                               |  | 0,19 m               |
| Diamètre excavé                                        |  | 9,17 m               |
| Surface excavée                                        |  | 66,04 m <sup>2</sup> |
| Déblais par jour                                       |  | 1 393 m <sup>3</sup> |
| Nombre de jours de réserve                             |  | 5                    |
| Volume associé                                         |  | 6 964 m <sup>3</sup> |
| Hauteur de stockage                                    |  | 2,00 m               |
| Surface associée                                       |  | 3 482 m <sup>2</sup> |
|                                                        |  |                      |
| <b>AUTRE</b>                                           |  |                      |
| Routes bidirectionnelles de 7 m de large               |  |                      |
| Grue à tour : carré de 5 m de côté pour 60 m de portée |  |                      |

Titre du document

Code GED :

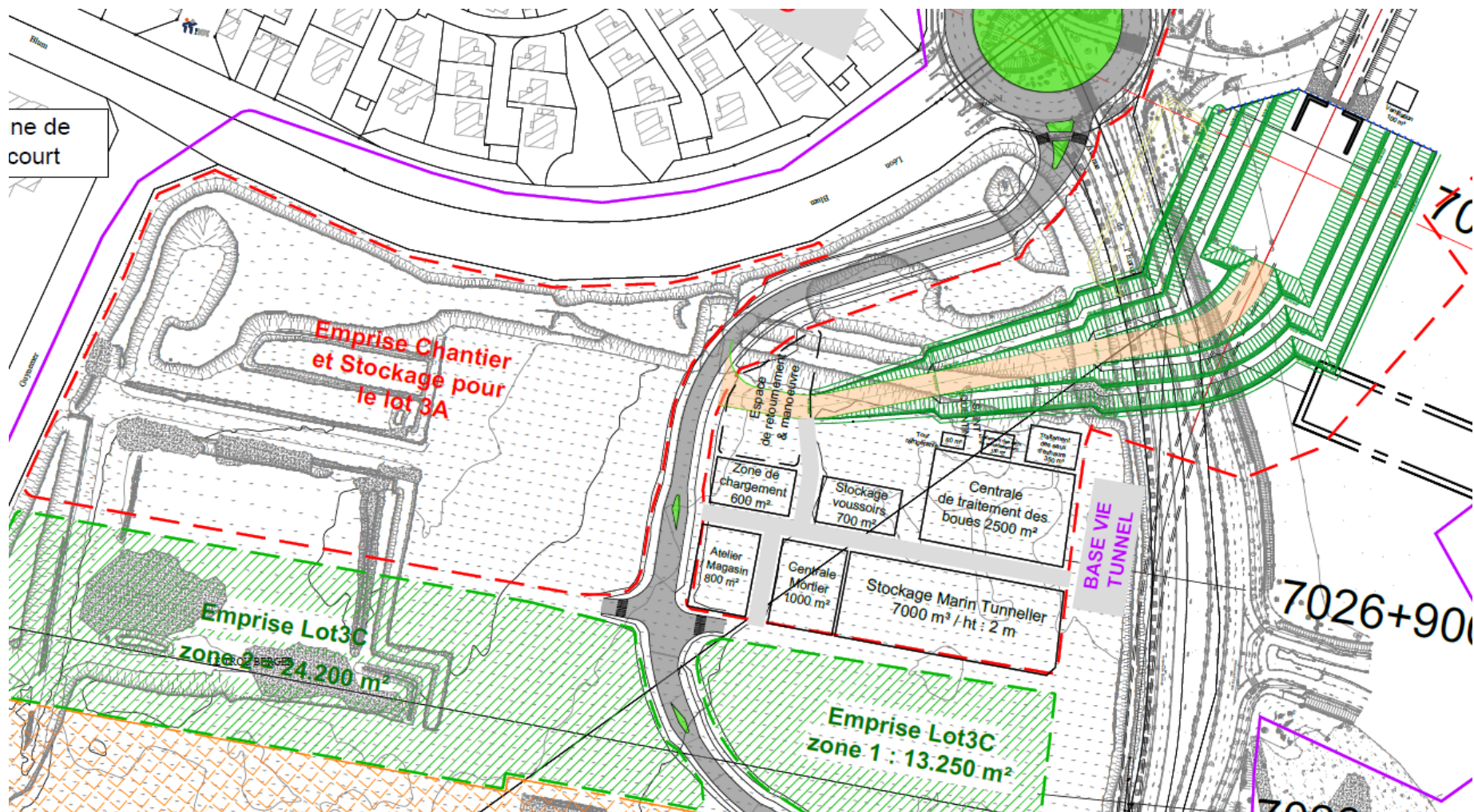
Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris. Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle est autorisée pour et dans la limite des besoins découlant des prestations ou missions du marché conclu avec le titulaire destinataire.

CONFIDENTIALITÉ C1

12/01/2023

# Besoin Surfaces de chantier

## Aperçu de la zone de lancement du tunnelier



Titre du document

Code GED :

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris. Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle est autorisée pour et dans la limite des besoins découlant des prestations ou missions du marché conclu avec le titulaire destinataire.

CONFIDENTIALITÉ C1

12/01/2023

27

# Besoins en Eau & Puissance

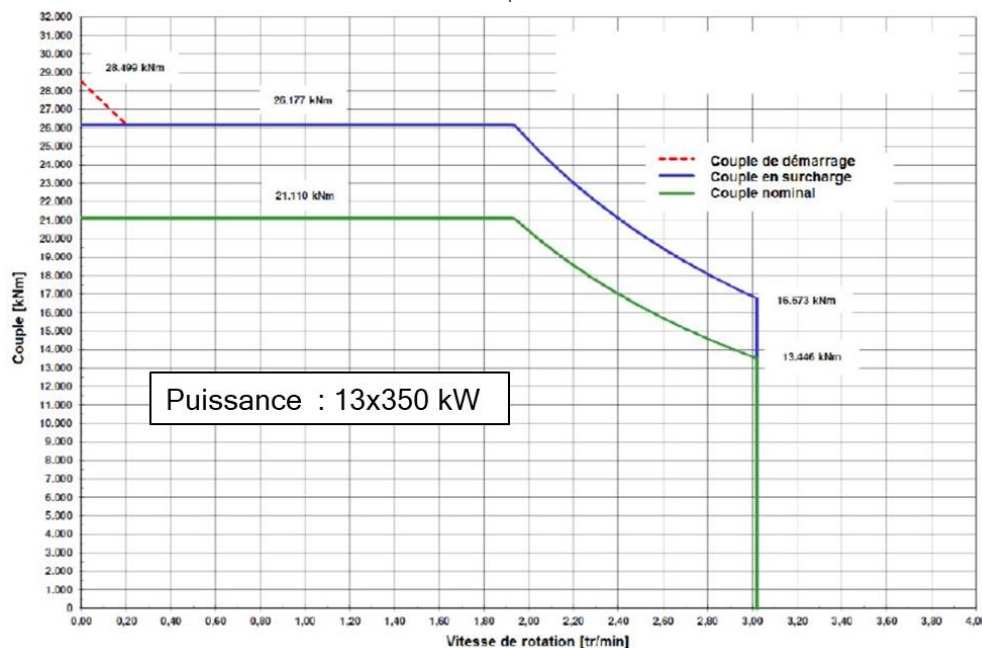
## Hypothèse : tunnelier SPB - 5j/7

|                             |                  |
|-----------------------------|------------------|
| <b>Bilan de puissance :</b> | <b>11 900 kW</b> |
|-----------------------------|------------------|

|                                  |             | Utilisation |
|----------------------------------|-------------|-------------|
| Puissance TBM                    | 5 000 kW    | 50%         |
| Installations de chantier        | 1 500 kW    | 50%         |
| Centrale de traitement des boues | 1 200 kW    | 50%         |
|                                  | 58 kWh/m3   |             |
| Circuit de marinage              | 4 200 kW    | 50%         |
|                                  | 90 kWh/m3   |             |
| Puissance totale                 | 11 900 kW   |             |
| Rappel :                         | 66,10 m3/ml |             |

|                                 |                                          |
|---------------------------------|------------------------------------------|
| <b>Bilan consommation d'eau</b> |                                          |
| Base vie (Prix 3                | 75 m3 / mois                             |
| Confinement                     | 0,30 m3 eau / m3 excavé                  |
|                                 | 4 432 m3 / mois                          |
| Mortier                         | 0,03 m3 eau / m3 excavé                  |
|                                 | 374 m3 / mois                            |
|                                 | 4 881 m3 / mois de consommation moyenne  |
| Soit :                          | 9 687 m3 / mois de consommation au pic   |
|                                 | <b>461 m3 / j de consommation au pic</b> |

*Exemple de motorisation :*





# Cadence d'avancement du tunnelier GT4R2F1

## Analyse dans les TS - yc maintenance hyperbare

| LIGNE 18 - LOT 3 - CREUSEMENT AU TUNNELIER A PRESSION DE BOUE |               |                                                              |  | CREUSEMENT DANS LES MEULIERES DE MONTMORENCY               |              |              |         |         |
|---------------------------------------------------------------|---------------|--------------------------------------------------------------|--|------------------------------------------------------------|--------------|--------------|---------|---------|
| <b>Paramètres géométriques généraux</b>                       |               |                                                              |  | <b>Durées globales d'analyse</b>                           |              |              |         |         |
| Longueur à réaliser : L                                       | 6 700 m       | <b>Taux de pannes</b>                                        |  | Durée de tous les cycles d'avancement : F                  | 485 750 min  | 1 012 postes | 78 sem  | 3350 u  |
| Longueur moyenne anneaux                                      | 2,00 m        | Hypothèse sur le taux de pannes                              |  | Impact des pannes : P                                      | 85 700 min   | 179 postes   | 14 sem  | 145 min |
| Epaisseur voussoirs                                           | 0,40 m        | Perte de temps due aux pannes : P                            |  | Temps morts : K+H+A+I                                      | 142 900 min  | 298 postes   | 23 sem  | 43 min  |
| Longueur périmétrique moyenne de la clé                       | 0,00 m        | <b>Temps morts</b>                                           |  | Reconnaitances à l'avancement : X                          | 0 min        | 0 postes     | 0 sem   | 0 min   |
| Epaisseur revêtement                                          | 0,00 m        | Hypothèse sur les temps morts :                              |  | Arrêt pour les fêtes de fin d'année : I (2)                | 18 720 min   | 39 postes    | 3 sem   | 6 min   |
| Epaisseur surcoupe                                            | 0,19 m        | Perte de temps due aux temps morts : K+H+A+I                 |  | Maintenance du Tunnelier : M                               | 154 082 min  | 321 postes   | 25 sem  | 46 min  |
| Diamètre intérieur initial théorique                          | 8,00 m        | <b>Bilan intermédiaire de performance (hors maintenance)</b> |  | Maintenance programmée : Mp                                | 154 082 min  | 321 postes   | 25 sem  | 46 min  |
| Diamètre extrados revêtement                                  | 8,00 m        | Durée totale d'un cycle de creusement                        |  | Maintenance non programmée : Mnp                           | 0 min        | 0 postes     | 0 sem   | 0 min   |
| Diamètre extrados voussoirs                                   | 8,80 m        | Cadence d'avancement par heure                               |  | Temps de production du tunnelier : Tp                      | 571 450 min  | 1 191 postes | 92 sem  | 171 min |
| Diamètre d'excavation                                         | 9,17 m        | Heures travaillées par jour                                  |  | <u>Période d'analyse - réalisation complète : T</u>        | 887 152 min  | 1 848 postes | 142 sem | 265 min |
| Section utile                                                 | 50,27 m²      | Durée d'un poste                                             |  | <u>Tâches hors cycles d'avancement : T-F</u>               | 401 402 min  | 836 postes   | 64 sem  | 120 min |
| Section extrados revêtement                                   | 50,27 m²      | Nombre de postes par jour                                    |  | <b>Coefficients de performance</b>                         |              |              |         |         |
| Section extrados voussoirs                                    | 60,82 m²      | Cadence d'avancement par jour                                |  | Coefficient d'utilisation : U = F/T                        | 55%          |              |         |         |
| Section excavée                                               | 66,04 m²      | Nombre d'anneaux par jour                                    |  | Coefficient de disponibilité chantier : D = (T-P)/T        | 90%          |              |         |         |
| Section de revêtement                                         | 0,00 m²       | Jours productifs par semaine                                 |  | Taux de pannes du tunnelier : W = P/T                      | 10%          |              |         |         |
| Section de voussoirs                                          | 10,56 m²      | Nombre de jours de production                                |  | Coefficient de disponibilité machine : Dm = F/Tp           | 85%          |              |         |         |
| Section du produit de bourrage                                | 5,22 m²       | Nombre de semaines de production                             |  | <b>Cadences d'avancement globales</b>                      |              |              |         |         |
| Volume total d'excavation                                     | 442 490 m3    | <b>Maintenance programmée fréquente</b>                      |  | Jours travaillés par mois                                  | 21 j/mois    |              |         |         |
| Volume total de revêtement                                    | 0 m3          | Nettoyage hebdomadaire machine                               |  | Nombre de semaines par mois                                | 4,2 sem/mois |              |         |         |
| Volume total de voussoirs                                     | 70 724 m3     | Rallongement réseau de marinage                              |  | Délai global                                               | 34 mois      |              |         |         |
| Volume total de produit de bourrage                           | 34 988 m3     | Fréquence associée                                           |  | <b>Vitesse journalière moyenne de creusement</b>           | 9,4 m/j      |              |         |         |
| Nombre d'anneaux de voussoirs                                 | 3 350         | Rallongements réseaux / cable / ventill                      |  | Vitesse mensuelle moyenne de creusement                    | 198 m/mois   |              |         |         |
| Périmètre moyen des voussoirs                                 | 26,39 m       | Fréquence associée                                           |  | Vitesse d'abattage réduite équivalente                     | 0,24 cm/min  |              |         |         |
| Poids maximal possible d'un voussoir                          | 15 T          | Perte de temps associée : Mp (1)                             |  | Nombre total de cycles d'avancement                        | 3 350        |              |         |         |
| Poids volumique du matériau des voussoirs                     | 2,50 T/m3     | Nombre de semaines associées                                 |  | Durée moyenne d'un cycle d'avancement                      | 265 min      |              |         |         |
| Poids d'un anneau de voussoirs                                | 52,8 T        | <b>Maintenance des outils de coupe</b>                       |  | <b>Estimation des flux de matériaux pour la logistique</b> |              |              |         |         |
| Nombre de voussoirs par anneau                                | 7             | Longévité moyenne outil                                      |  | Vitesse journalière maximale de creusement                 | 19,9 m/j     |              |         |         |
| Nombre total de voussoirs (y.c. clé)                          | 26 800        | Nombre de molettes                                           |  | Vitesse mensuelle maximale de creusement                   | 361 m/mois   |              |         |         |
| Nombre total d'anneaux                                        | 3 350         | Fréquence de changement de tous les outils                   |  | Analyse hors maintenance                                   |              |              |         |         |
| Poids d'un voussoir                                           | 7,5 T         | Temps de changement d'un outil                               |  | Nombre d'anneaux                                           | 1            | 1 Jour       | 10      |         |
| Poids d'un convoi d'anneau (sans poids train)                 | 78,9 T        | Durée autorisée plongée                                      |  | Nombre de voussoirs                                        | 8            | 38           |         |         |
| Surface de préhension / Surface de voussoir                   | 33% (2,36 m²) | Durée compression+plongée+décompression                      |  | Volume de produit de bourrage                              | 10,4 m3      | 103,7 m3     |         |         |
| <b>Paramètres d'un cycle de creusement</b>                    |               |                                                              |  | Débit instantané de produit de bourrage                    | 6,3 m3/h     | -            |         |         |
| Longueur d'un cycle : c                                       | 2,00 m        | Nombre de semaines associées                                 |  | Volume excavé                                              | 132 m3       | 1 312 m3     |         |         |
| Vitesse de creusement instantanée / minute                    | 2,0 cm/min    | Perte de temps associée : Mp (2)                             |  | Masse volumique du marin                                   | 2,0 T/m3     | -            |         |         |
| Vitesse de creusement instantanée / heure                     | 1,2 m/h       | Nombre de semaines pour tout le linéaire                     |  | Débit instantané à mariner                                 | 159 T/h      | -            |         |         |
| Contrôle avant Creusement : J                                 | 5 min         |                                                              |  | Débit maximal possible à mariner                           | 317 T/h      | -            |         |         |
| Creusement : E                                                | 100 min       |                                                              |  |                                                            |              |              |         |         |
| Pose des Voussoirs (+ Connecteurs) : R                        | 35 min        |                                                              |  |                                                            |              |              |         |         |
| Reprise des Appuis et Nettoyage : G-S                         | 5 min         |                                                              |  |                                                            |              |              |         |         |
| Durée d'un Cycle de Creusement : F                            | 145 min       |                                                              |  |                                                            |              |              |         |         |
| Vitesse de pic (hors tout)                                    | 19,9 m/j      |                                                              |  |                                                            |              |              |         |         |
| Attention au délai de caking si EPB avec tête rétractable     |               |                                                              |  |                                                            |              |              |         |         |

Titre du document

Code GED :

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris. Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle est autorisée pour et dans la limite des besoins découlant des prestations ou missions du marché conclu avec le titulaire destinataire.

CONFIDENTIALITÉ C1

12/01/2023

# Cadence d'avancement du tunnelier GT4R2F1

## Analyse dans les SF - hors maintenance hyperbare

| LIGNE 18 - LOT 3 - CREUSEMENT AU TUNNELIER A PRESSION DE BOUE |                 |                                                              |            | CREUSEMENT DANS LES SABLES DE FONTAINEBLEAU                |                    |                     |                |
|---------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------------------------------------------|------------|------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------|----------------|
| <b>Paramètres géométriques généraux</b>                       |                 | <b>Taux de pannes</b>                                        |            | <b>Durées globales d'analyse</b>                           |                    | Nombre de cycles :  |                |
| Longueur à réaliser : L                                       | 6 700 m         | Hypothèse sur le taux de pannes                              | 85%        | Durée de tous les cycles d'avancement : F                  | 374 083 min        | 779 postes          | 60 sem         |
| Longueur moyenne anneau                                       | 2,00 m          | Perte de temps due aux pannes : P                            | 20 min     | Impact des pannes : P                                      | 66 000 min         | 138 postes          | 11 sem         |
| Epaisseur voussoirs                                           | 0,40 m          |                                                              |            | Temps morts : K+H+A+I                                      | 110 000 min        | 229 postes          | 18 sem         |
| Longueur périmétrique moyenne de la clé                       | 0,00 m          | <b>Temps morts</b>                                           |            | Reconnaitances à l'avancement : X                          | 0 min              | 0 postes            | 0 sem          |
| Epaisseur revêtement                                          | 0,00 m          | Hypothèse sur les temps morts :                              | 80%        | Arrêt pour les fêtes de fin d'année : I (2)                | 18 720 min         | 39 postes           | 3 sem          |
| Epaisseur surcoupe                                            | 0,19 m          | Perte de temps due aux temps morts : K+H+A+I                 | 33 min     | Maintenance du Tunnelier : M                               | 98 101 min         | 204 postes          | 16 sem         |
| Diamètre intérieur initial théorique                          | 8,00 m          |                                                              |            | Maintenance programmée : Mp                                | 98 101 min         | 204 postes          | 16 sem         |
| Diamètre extrados revêtement                                  | 8,00 m          | <b>Bilan intermédiaire de performance (hors maintenance)</b> |            | Maintenance non programmée : Mnp                           | 0 min              | 0 postes            | 0 sem          |
| Diamètre extrados voussoirs                                   | 8,80 m          | Durée totale d'un cycle de creusement                        | 164 min    | Temps de production du tunnelier : Tp                      | 440 083 min        | 917 postes          | 71 sem         |
| Diamètre d'excavation                                         | 9,17 m          | Cadence d'avancement par heure                               | 0,7 m/h    | <u>Période d'analyse - réalisation complète : T</u>        | <u>666 904 min</u> | <u>1 389 postes</u> | <u>107 sem</u> |
| Section utile                                                 | 50,27 m²        | Heures travaillées par jour                                  | 24 h/j     | <u>Tâches hors cycles d'avancement : T-F</u>               | <u>292 821 min</u> | <u>610 postes</u>   | <u>47 sem</u>  |
| Section extrados revêtement                                   | 50,27 m²        | Durée d'un poste                                             | 8 h        |                                                            |                    |                     |                |
| Section extrados voussoirs                                    | 60,82 m²        | Nombre de postes par jour                                    | 3          | <b>Coefficients de performance</b>                         |                    |                     |                |
| Section excavée                                               | 66,04 m²        | Cadence d'avancement par jour                                | 15,2 m/j   | Coefficient d'utilisation : U = F/T                        | 56%                |                     |                |
| Section de revêtement                                         | 0,00 m²         | Nombre d'anneaux par jour                                    | 7,6        | Coefficient de disponibilité chantier : D = (T-P)/T        | 90%                |                     |                |
| Section de voussoirs                                          | 10,56 m²        | Jours productifs par semaine                                 | 5 j/sem    | Taux de pannes du tunnelier : W = P/T                      | 10%                |                     |                |
| Section du produit de bourrage                                | 5,22 m²         | Nombre de jours de production                                | 441 j      | Coefficient de disponibilité machine : Dm = F/Tp           | 85%                |                     |                |
| Volume total d'excavation                                     | 442 490 m3      | Nombre de semaines de production                             | 88 sem     |                                                            |                    |                     |                |
| Volume total de revêtement                                    | 0 m3            | <b>Maintenance programmée fréquente</b>                      |            | <b>Cadences d'avancement globales</b>                      |                    |                     |                |
| Volume total de voussoirs                                     | 70 724 m3       | Nettoyage hebdomadaire machine                               | 180 min    | Jours travaillés par mois                                  | 21 j/mois          |                     |                |
| Volume total de produit de bourrage                           | 34 988 m3       | Rallongement réseau de marinage                              | 120 min    | Nombre de semaines par mois                                | 4,2 sem/mois       |                     |                |
| Nombre d'anneaux de voussoirs                                 | 3 350           | Fréquence associée                                           | 12 m       | Délai global                                               | 25 mois            |                     |                |
| Périmètre moyen des voussoirs                                 | 26,39 m         | Rallongements réseaux / câble / ventill                      | 30 min     | <b>Vitesse journalière moyenne de creusement</b>           | 12,5 m/j           |                     |                |
| Poids maximal possible d'un voussoir                          | 15 T            | Fréquence associée                                           | 6 m        | Vitesse mensuelle moyenne de creusement                    | 263 m/mois         |                     |                |
| Poids volumique du matériau des voussoirs                     | 2,50 T/m3       | Perte de temps associée : Mp (1)                             | 67 000 min | Vitesse d'abattage réduite équivalente                     | 0,31 cm/min        |                     |                |
| Poids d'un anneau de voussoirs                                | 52,8 T          | Nombre de semaines associées                                 | 11 sem     | Nombre total de cycles d'avancement                        | 3 350              |                     |                |
| Nombre de voussoirs par anneau                                | 7               | <b>Maintenance des outils de coupe</b>                       |            | Durée moyenne d'un cycle d'avancement                      | 199 min            |                     |                |
| Nombre total de voussoirs (y.c. clé)                          | 26 800          | Longévité moyenne outil                                      | 1 400 m3   | <b>Estimation des flux de matériaux pour la logistique</b> |                    |                     |                |
| Nombre total d'anneaux                                        | 3 350           | Nombre de molettes                                           | 55         | Vitesse journalière maximale de creusement                 | 25,8 m/j           |                     |                |
| Poids d'un voussoir                                           | 7,5 T           | Fréquence de changement de tous les outils                   | 1166 m     | Vitesse mensuelle maximale de creusement                   | 469 m/mois         |                     |                |
| Poids d'un convoi d'anneau (sans poids train)                 | 78,9 T          | Temps de changement d'un outil                               | 90 min     | Analyse hors maintenance                                   |                    |                     |                |
| Surface de préhension / Surface de voussoir                   | 33% (2,36 m²)   | Durée autorisée plongée                                      | 300 min    | Nombre d'anneaux                                           | 1                  | 13                  |                |
| <b>Paramètres d'un cycle de creusement</b>                    |                 | Durée compression+plongée+décompression                      | 328 min    | Nombre de voussoirs                                        | 8                  | 50                  |                |
| Longueur d'un cycle : c                                       | 2,00 m          | Nombre de plongées pour changer tous les outils              | 16,50      | Volume de produit de bourrage                              | 10,4 m3            | 134,7 m3            |                |
| Vitesse de creusement instantanée / minute                    | 3,0 cm/min      | Nombre de semaines associées                                 | 0,9        | Débit instantané de produit de bourrage                    | 9,4 m3/h           | -                   |                |
| Vitesse de creusement instantanée / heure                     | 1,8 m/h         | Perte de temps associée : Mp (2)                             | 31 101 min | Volume excavé                                              | 132 m3             | 1 703 m3            |                |
| Contrôle avant Creusement : J                                 | 5 min           | Nombre de semaines pour tout le linéaire                     | 5 sem      | Masse volumique du marin                                   | 2,0 T/m3           | -                   |                |
| Creusement : E                                                | 67 min          |                                                              |            | Débit instantané à mariner                                 | 238 T/h            | -                   |                |
| Pose des Voussoirs (+ Connecteurs) : R                        | 35 min          |                                                              |            | Débit maximal possible à mariner                           | 476 T/h            | -                   |                |
| Reprise des Appuis et Nettoyage : G-S                         | 5 min           |                                                              |            |                                                            |                    |                     |                |
| Durée d'un Cycle de Creusement : F                            | 112 min         |                                                              |            |                                                            |                    |                     |                |
| <b>Vitesse de pic (hors tout)</b>                             | <b>25,8 m/j</b> |                                                              |            |                                                            |                    |                     |                |

Titre du document

Code GED :

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris. Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle est autorisée pour et dans la limite des besoins découlant des prestations ou missions du marché conclu avec le titulaire destinataire.

CONFIDENTIALITÉ C1

12/01/2023

## Etat actuel de l'analyse abrasivité / maintenance

### Estimation de l'usure des molettes à partir du CAI

Le CAI est l'indice CERCHAR de l'abrasivité  
D'après Maidl et Herrenknecht

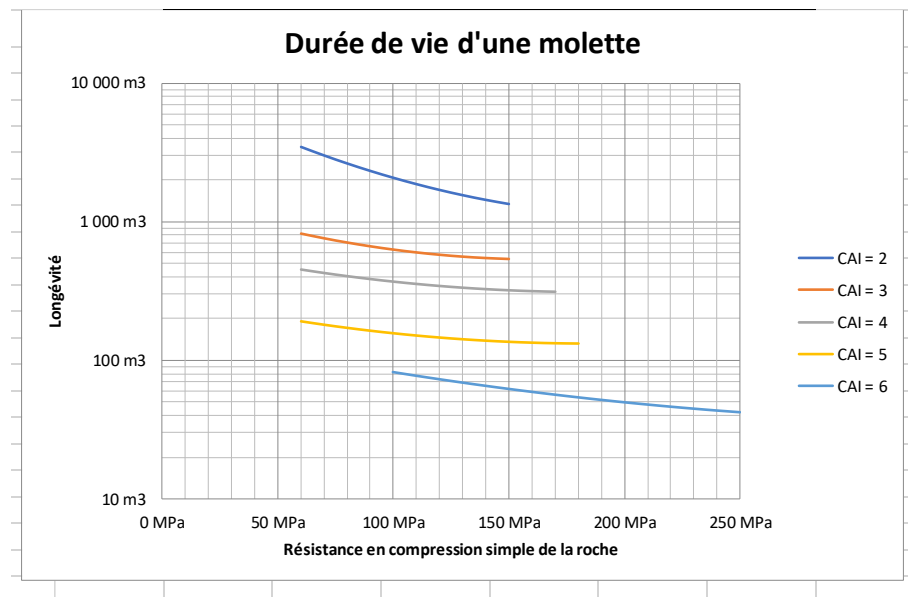
|                               |            |                |
|-------------------------------|------------|----------------|
| Résistance compression simple | $\sigma_c$ | 30 MPa         |
| Longévité d'une molette       | CAI = 2    | 5 603 m3/outil |
|                               | CAI = 3    | 1 087 m3/outil |
|                               | CAI = 4    | 545 m3/outil   |
|                               | CAI = 5    | 232 m3/outil   |
|                               | CAI = 6    | 135 m3/outil   |

Pour molettes 17"

Voir fichier de chiffrage de Florian --> AMI donne des temps de réparation de molettes  
C'est du temps à compter en plus en fonction de la hauteur de nappe pour intervention hyperbare

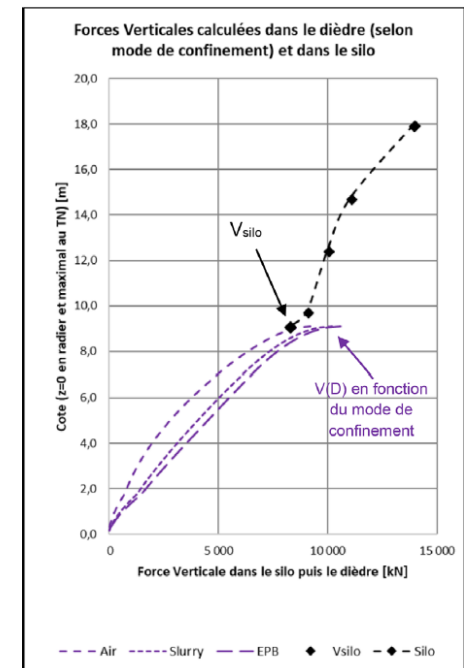
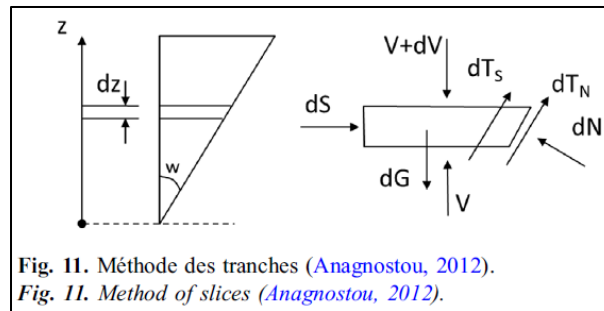
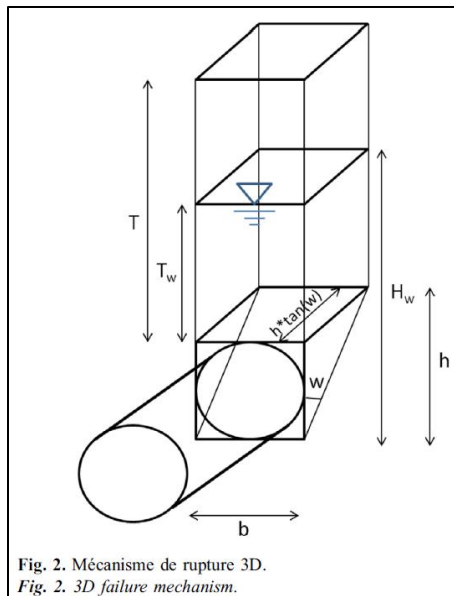
TS : bcp de valeurs de CAI entre 3 & 4,5, avec  $R_c = 30$  MPa  $\rightarrow$  500 m3/outil

SF : valeurs liées au banc grésifié qu'a priori on ne rencontre pas. Sinon : CAI = 6 &  $R_c = 75$  Mpa  $\rightarrow$  100 m3/outil



## Méthodologie retenue - article RFG de 2018

- Méthode retenue pour la pression minimale ELU :
  - Terrain purement cohérent (facteur partiel 1.40) : Trappe & Dièdre
  - Terrain cohérent frottant (facteur partiel 1.25) : Silo & Dièdre

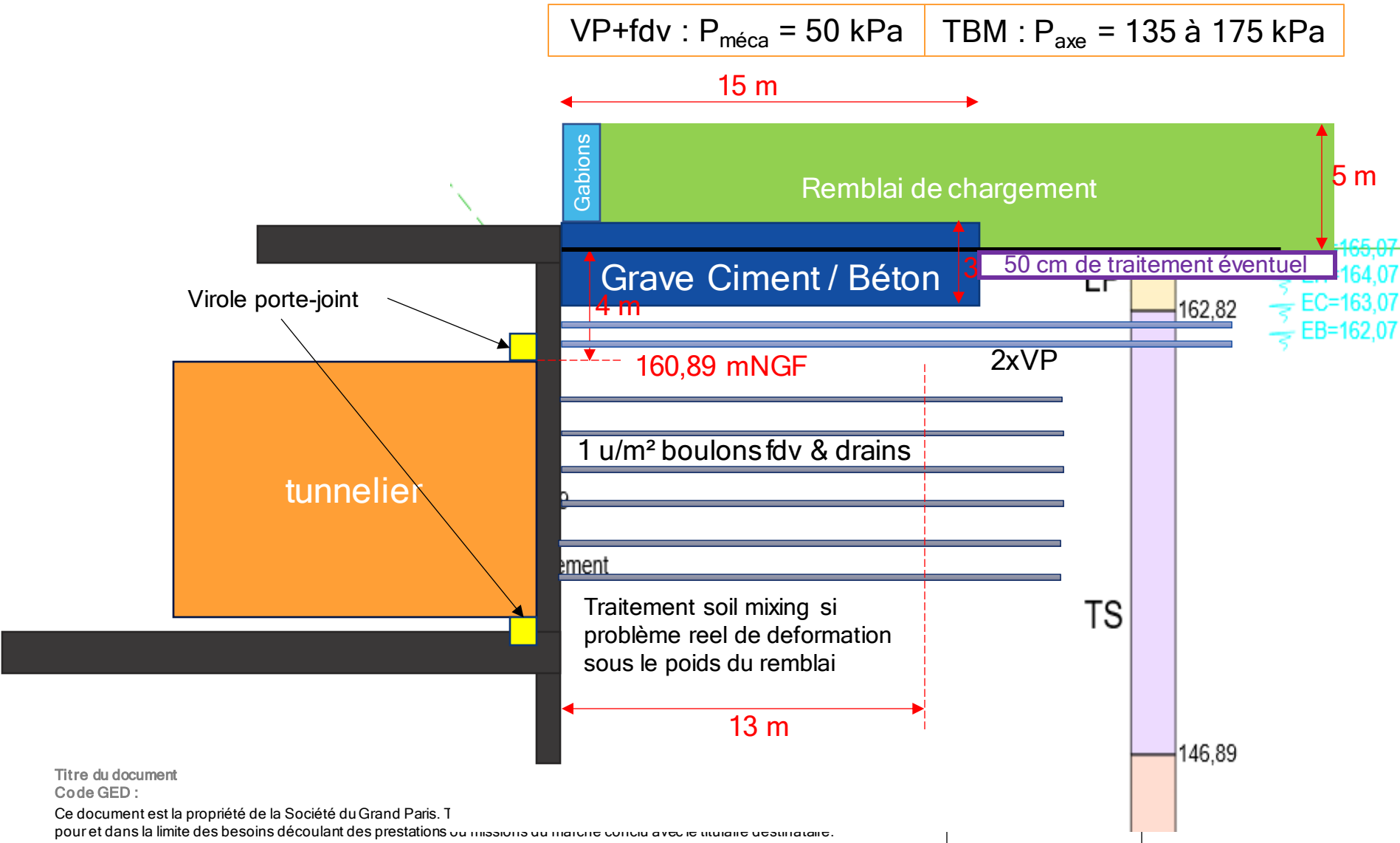


- Méthode actuelle pour pression maximale ELU :
  - Critère usuel du blow out : pression < contrainte en place / 1,1



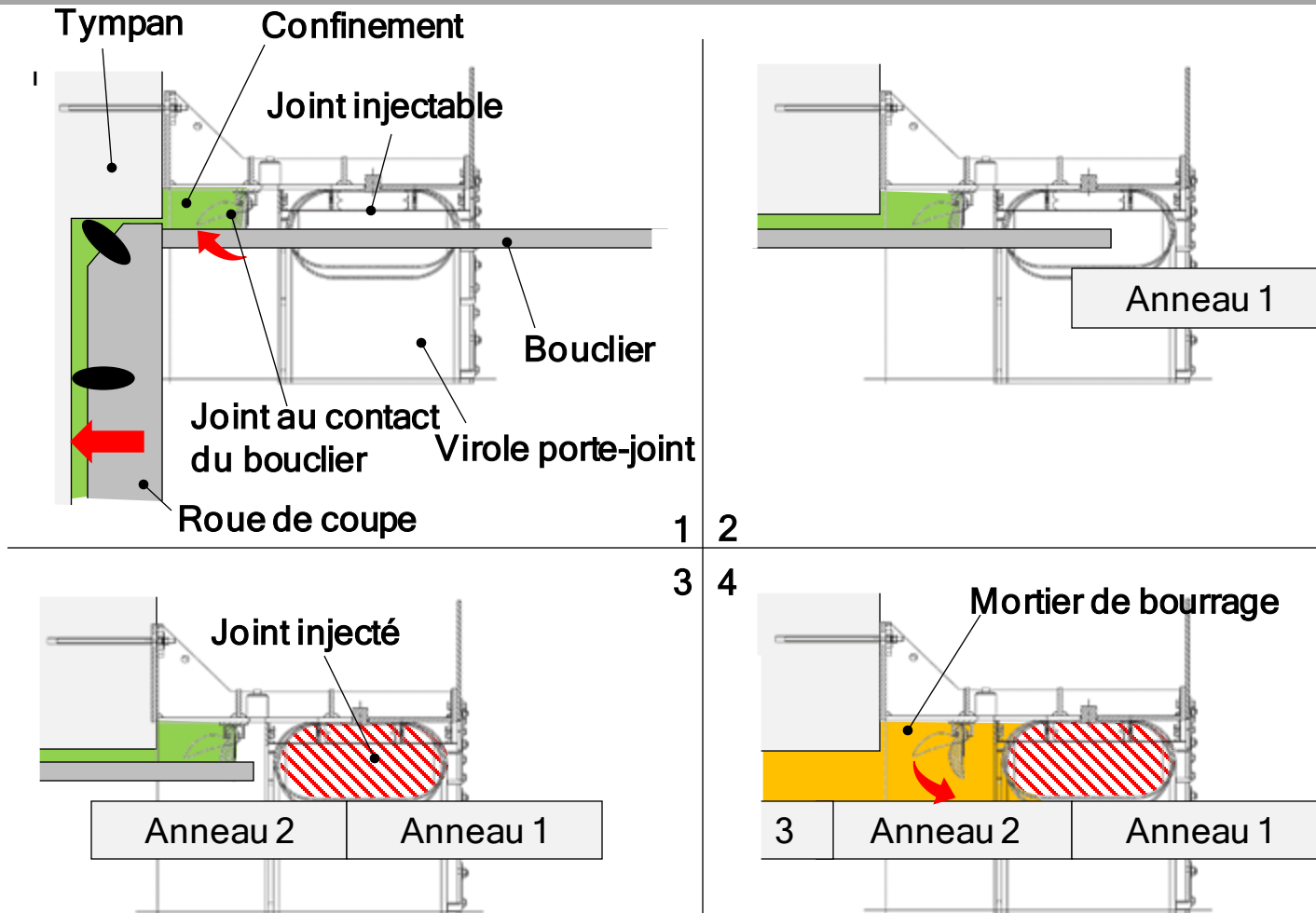
# Problématique de l'entrée en terre SQE

## Configuration envisagée - Coupe longitudinale



# Problématique de l'entrée en terre SQE

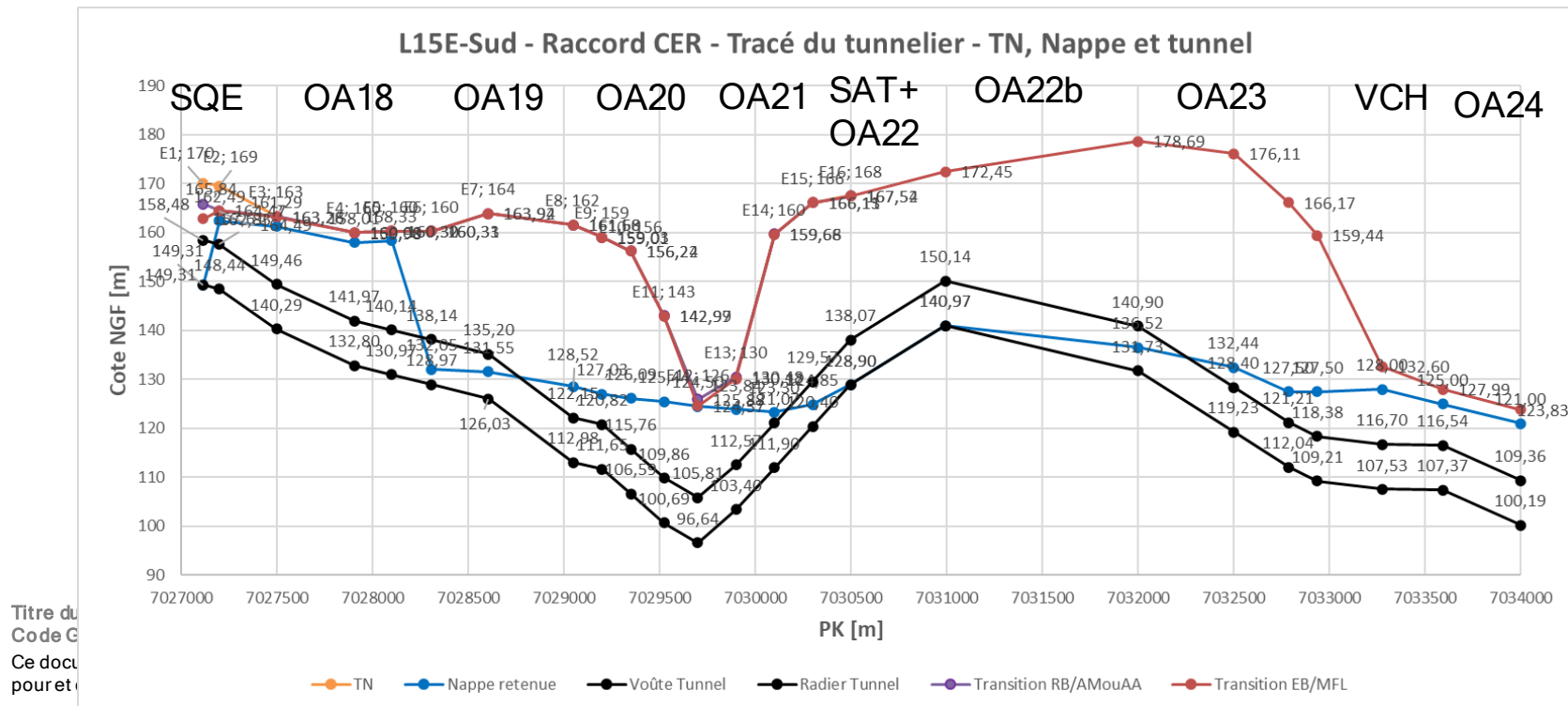
## Fonctionnement du joint classique d'entrée en terre



**Difficulté d'appliquer la pression de confinement et de bourrage avant injection du joint bulflex (phase 3)**

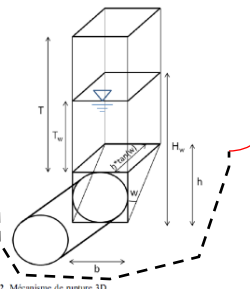
## Analyse brute

- Résultat :
  - Front homogène TS : 35 à 45 kPa (10 kPa + pression d'eau si aquifère réel)
  - Front mixte TS/SF : 50 kPa (35 kPa + pression d'eau si aquifère réel)
  - Front homogène SF : 30 kPa
  - Front homogène SF / sous nappe : 20 kPa + pression d'eau
- Conclusion : aucun front stable, y compris pour les rameaux



## Etablissement d'un logigramme complet - article AFTES 2021

CALCUL ANALYTIQUE

$$p_{\text{front,min,ELUHYD}} = \max(p_w(\text{voûte}) + \frac{\gamma_M h}{2}, p_w(\text{radier}) - \frac{\gamma_M h}{2})$$


2. Mécanisme de rupture 2D

$$p_{\text{front,min,ELU GEO}} \leftarrow$$

$$p_{\text{front,max,ELU}} = \frac{\gamma T}{1.1} + \gamma_M \frac{h}{2}$$

$$p_{\text{front,min,ELU}} = \begin{cases} p_{\text{front,min,ELUHYD}} + p_{\text{front,min,ELUGEO}} & \text{conditions drainées} \\ \max(p_{\text{front,min,ELUHYD}}; p_{\text{front,min,ELUGEO}}) & \text{conditions non drainées.} \end{cases}$$

(\*) Avec ces formules dans l'autre sens, à partir des résultats analytiques, on peut déjà définir des bornes de pression de calcul 2D afin de limiter le nombre de calcul numérique

Choix simple : pour être économe, on peut retenir  
 $P_{\text{consigne}} = p_{\text{front,avance,min}}$  arrondi aux 10 kPa supérieurs

$$\begin{cases} p_{\text{front,min}} = \max(p_{\text{front,min,ELS}}; p_{\text{front,min,ELU}}) \\ p_{\text{front,max}} = \min(p_{\text{front,max,ELS}}; p_{\text{front,max,ELU}}) \end{cases}$$

CALCUL NUMERIQUE

- pression de confinement minimale de calcul pour respecter les critères de tassement :  $p_{\text{front,min,ELS}}$
- pression de confinement maximale de calcul pour éviter le soulèvement de la surface ou d'un ouvrage proche du tunnel :  $p_{\text{front,max,ELS}}$

Traduction  
 $p_{\text{calc}}$   
(pression de  
modèle 2D)  
en  $p_{\text{front}}$

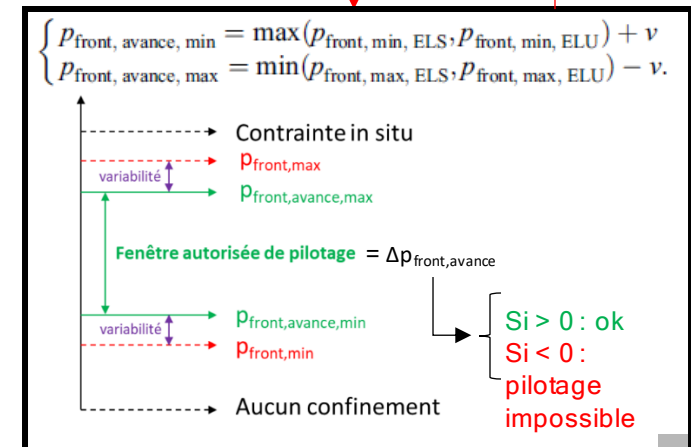
$$\begin{cases} c_{\text{front}} = 10\% \\ c_{\text{boudrier/jupe}} = 40\% \\ c_{\text{bourrage}} = 50\% \\ p_{\text{sécurité}} = 100 \text{ kPa} \end{cases}$$

- il n'y a pas de bentonite autour de la jupe (mode pression de terre chambre pleine):

$$p_{\text{front,ELS}} = \frac{p_{\text{calc}} - c_{\text{bourrage}} p_{\text{sécurité}}}{c_{\text{front}} + c_{\text{bourrage}}}$$

- il y a de la bentonite autour de la jupe (mode pression de boue ou mode pression de terre chambre pleine amélioré):

$$\begin{aligned} p_{\text{front,ELS}} &= \frac{p_{\text{calc}} - c_{\text{bourrage}} p_{\text{sécurité}}}{c_{\text{front}} + c_{\text{boudrier/jupe}} + c_{\text{bourrage}}} \\ (*) &= p_{\text{calc}} - c_{\text{bourrage}} p_{\text{sécurité}} \end{aligned}$$



Titre du document  
Code GED :

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris. Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle est autorisée pour et dans la limite des besoins découlant des prestations ou missions du marché conclu avec le titulaire destinataire.

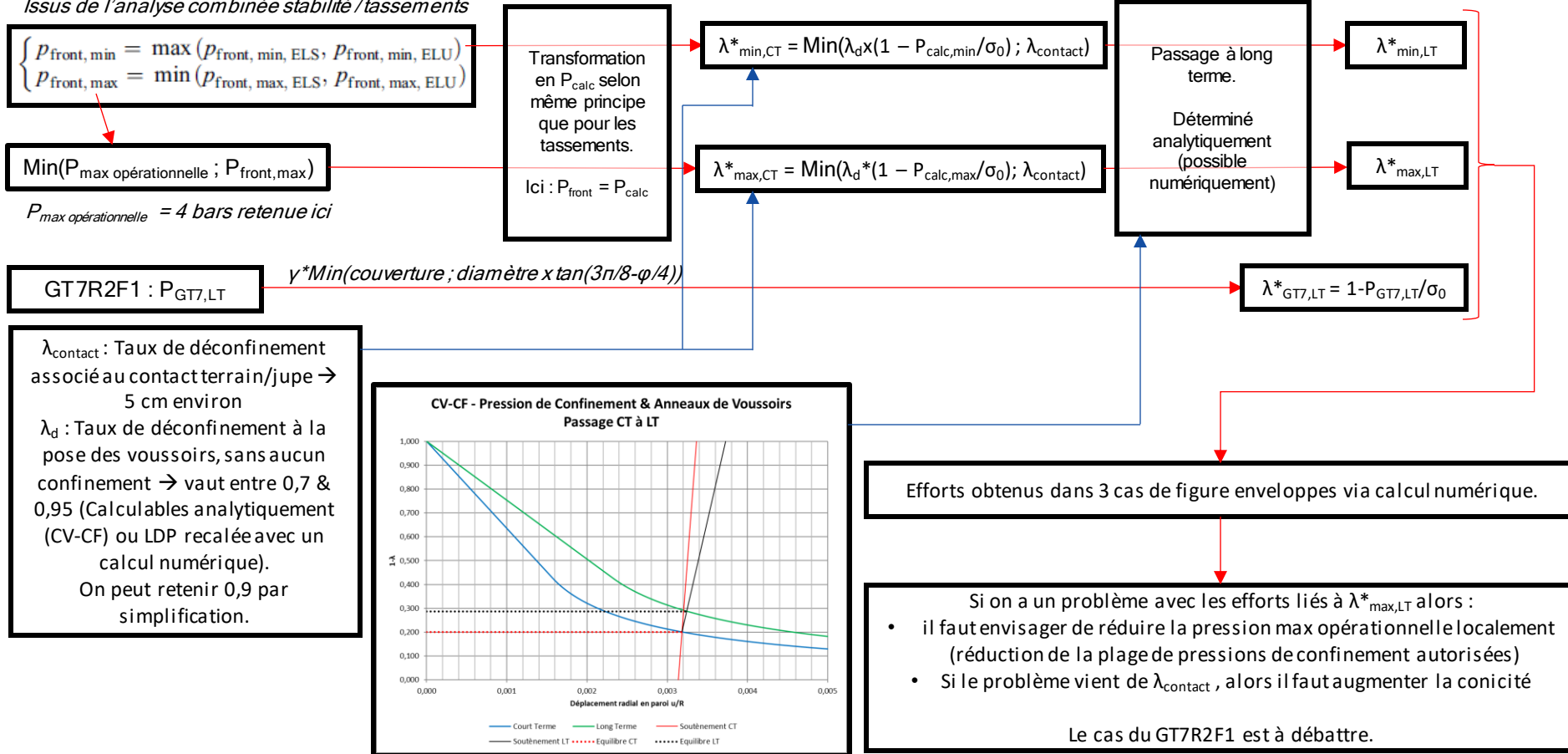
CONFIDENTIALITÉ C1

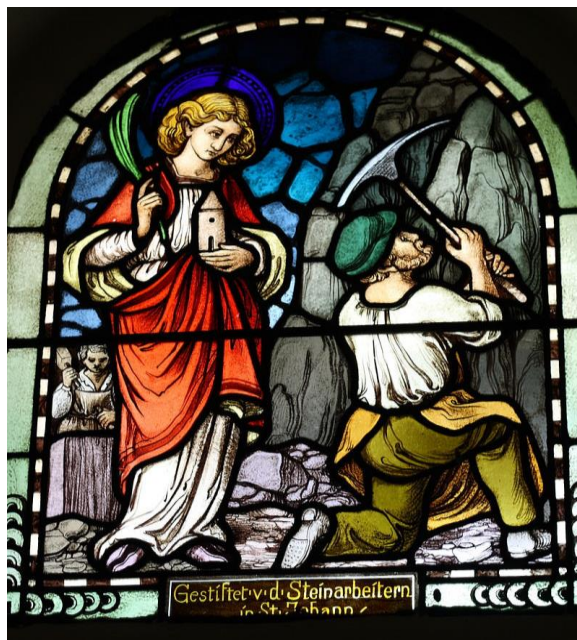
12/01/2023



## Etablissement d'un logigramme complet - article AFTES 2021

Issus de l'analyse combinée stabilité / tassements





## Références :

- Champagne de Labriolle G. 2018. Détermination de la fenêtre de pilotage de la pression de confinement d'un tunnelier fermé dans un sol cohérent-frottant ou purement cohérent. *Rev. Fr. Geotech*, vol 155, 3.
- Champagne de Labriolle G., Teulade G., Givet O., Pavel L. 2019. A new analytical method to define the confinement pressure operation range for a closed TBM. *ITA World Tunnel Congress, Napoli, 2019*.
- Champagne de Labriolle G., Teulade G., Givet O., Pavel L. 2021. Définition de la fenêtre de pilotage d'un tunnelier fermé et justification des anneaux de voussoirs. *Congrès AFTES, Paris, 2021*.
- Articles à venir au congrès AFTES 2023