

IMGC

LES INFRASTRUCTURES DU GRAND PARIS ET EOLE :

la gestion des interactions avec l'existant

Journée Technique
Jeudi 27 septembre 2018
Amphithéâtre AUGUSTE BRULÉ

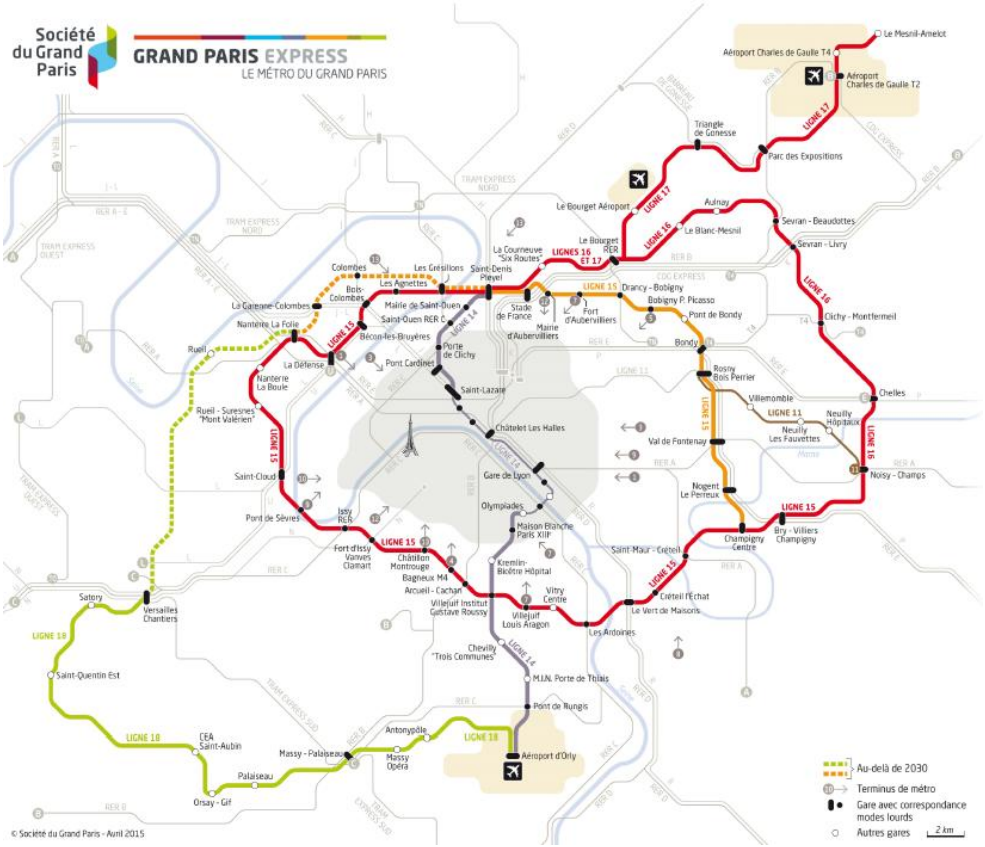
LA PROBLEMATIQUE DE LA CONCEPTION DES TUNNELS: L'EXEMPLE DE LA LIGNE 15 sud-ouest

Hervé LE BISSONNAIS, terrasol
Pierre-Loic VEYRON, setec

Présentation du projet du Grand Paris Express

200 kilomètres (180 km en tunnel), 68 gares

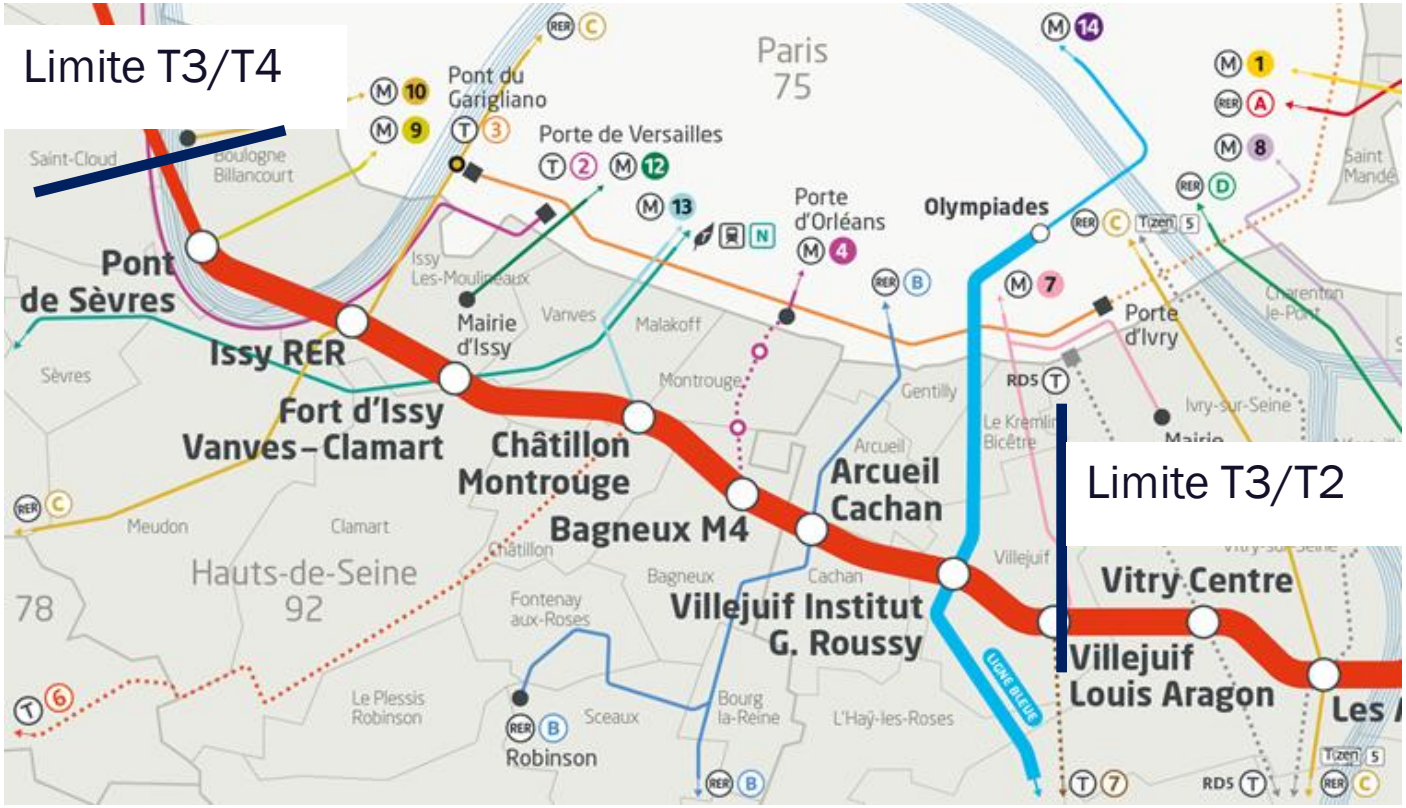
- Des correspondances avec les lignes existantes (tram, métro, transilien, RER),
- Connexion avec les aéroports,
- Connexion avec les gares TGV.



Présentation du tronçon T3

Ligne 15 Sud Ouest :

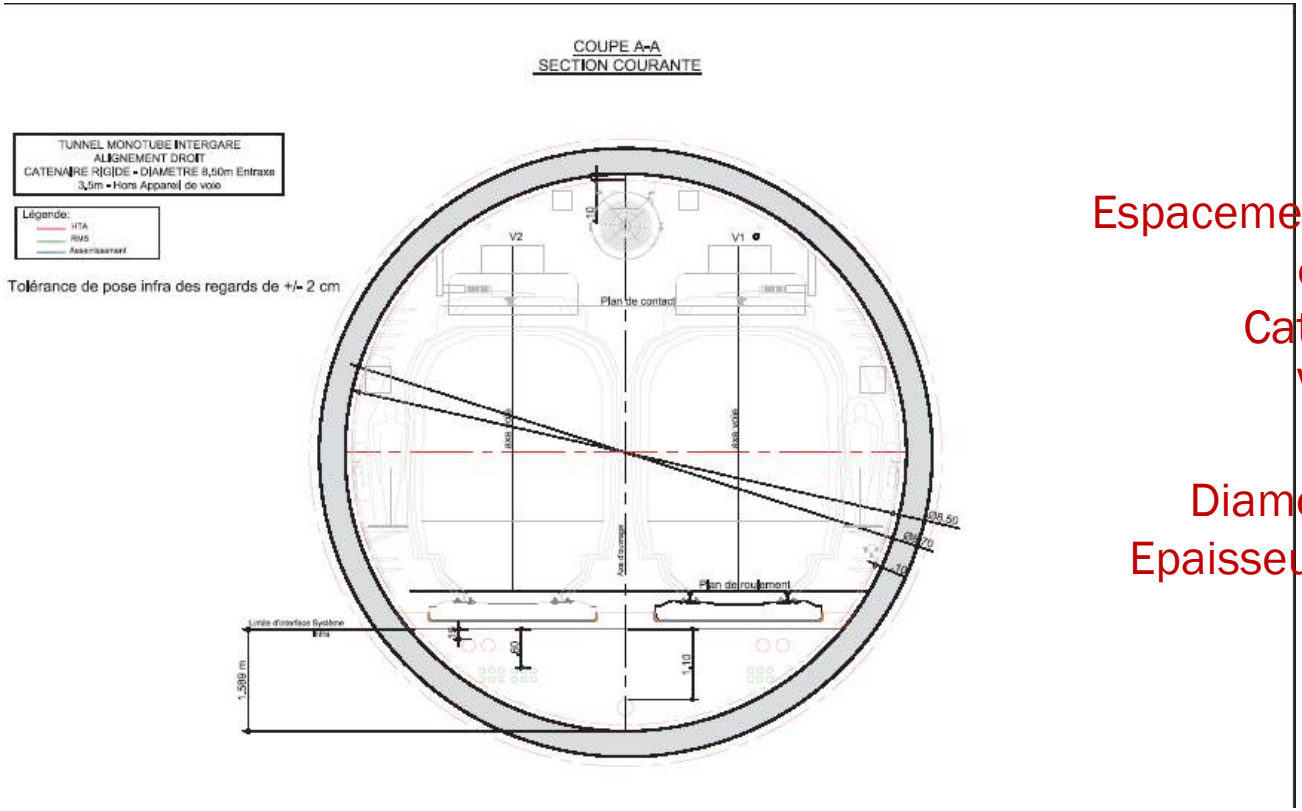
- Pont de Sèvres à Villejuif Louis Aragon
- 8 gares
- 12,5 km de tunnel



Les intervenants du T3C

- Maitrise d'Ouvrage :
- Maitrise d'Œuvre : groupement
- Maitrise d'Œuvre Géotechnique :
- Entreprises : Groupement CAI
- AMO Géotechnique PRO / Travaux :
- AMO Générale :

Tunnel monotube à 2 voies



Espacement des voies: 3,50 m entre-axes
Caténaire rigide
Voie béton

Diamètre intérieur: 8,70 m
Epaisseur revêtement: 40 cm

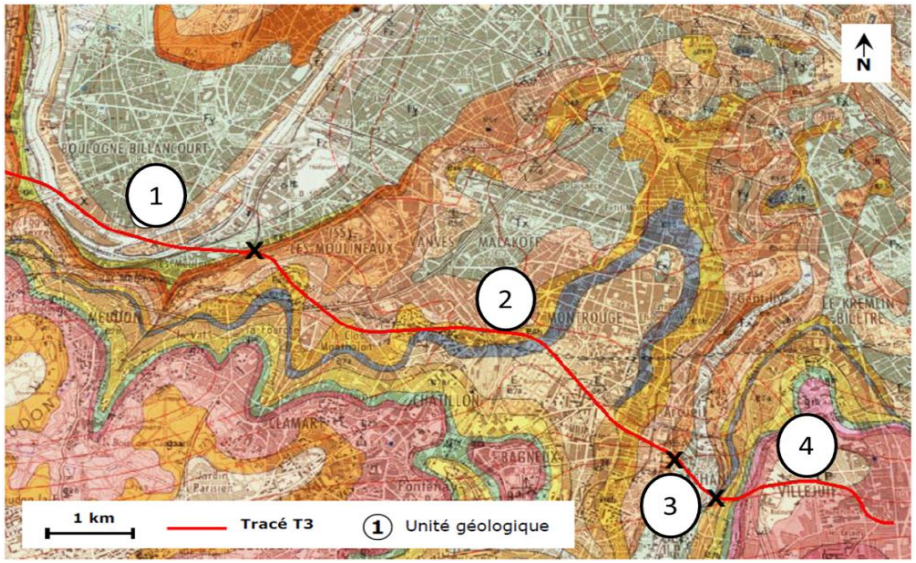
Le tunnelier monté à blanc en usine le 12 juillet 2018

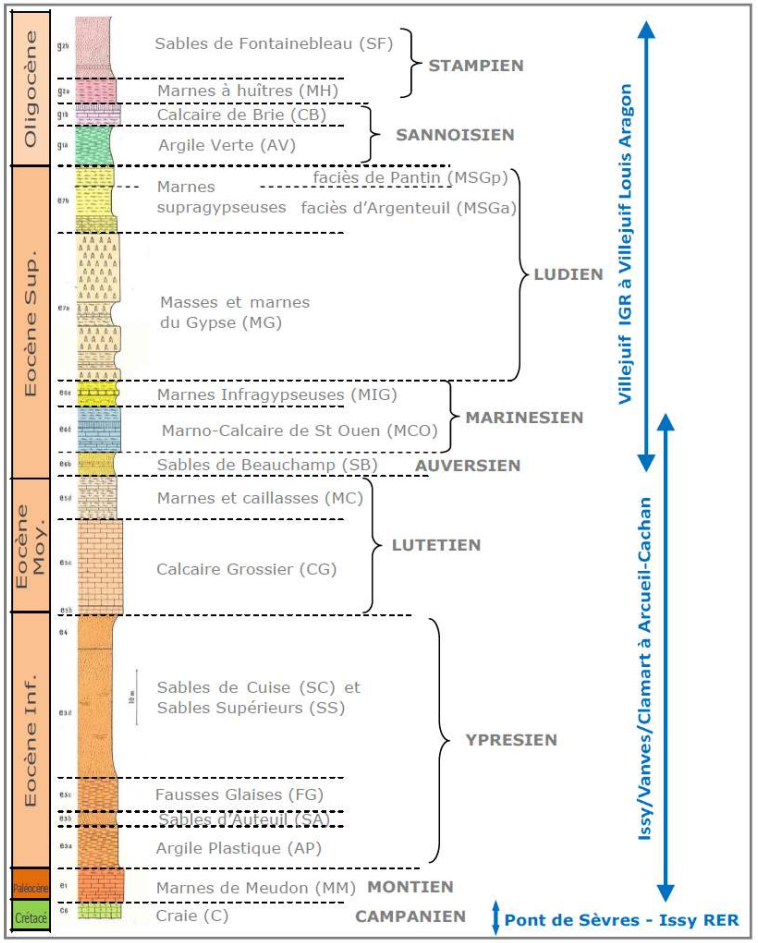


Géologie (Tronçon T3)

4 unités géologiques :

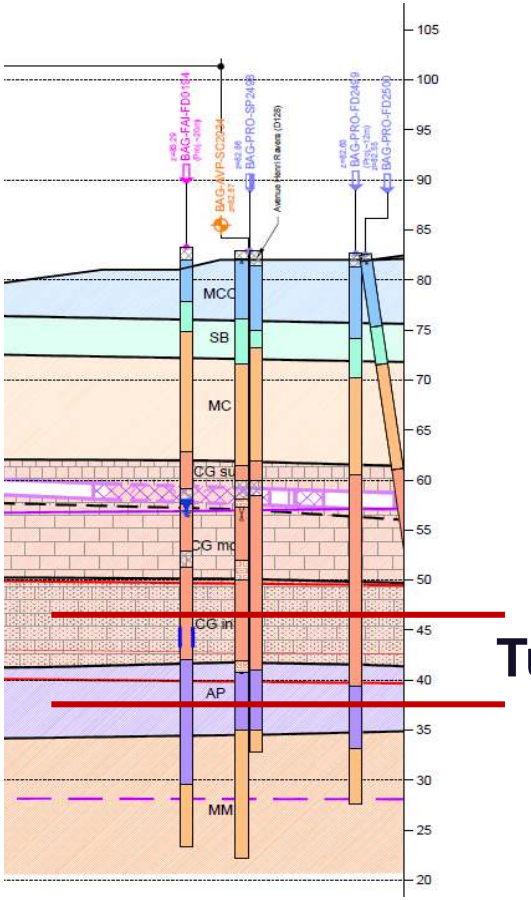
1. Vallée de la Seine (3,2 km)
2. Plateau de Vanves / Clamart / Arcueil (6,4 km)
3. Vallée de la Bièvre (0,4 km)
4. Plateau de Villejuif (2,5 km)



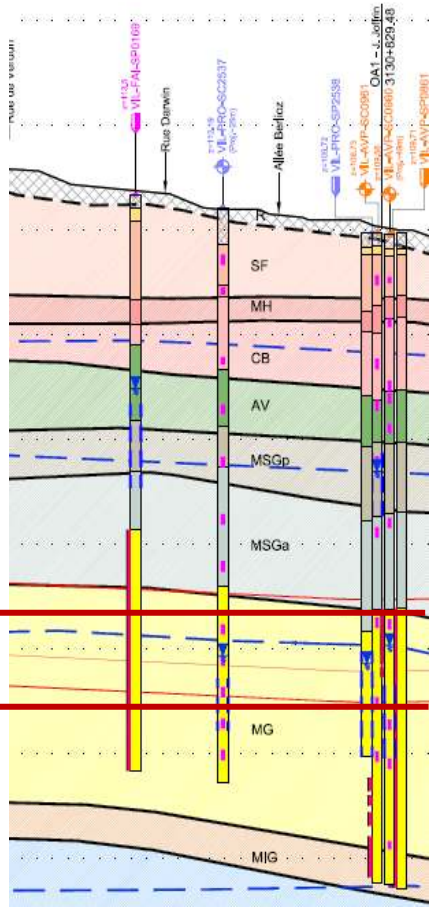


Coupes types

Secteur plateau de Vanves



Tunnel



Secteur plateau de Villejuif

Les enjeux hydrogéologiques et géotechniques

1er enjeu : l'hydrogéologie

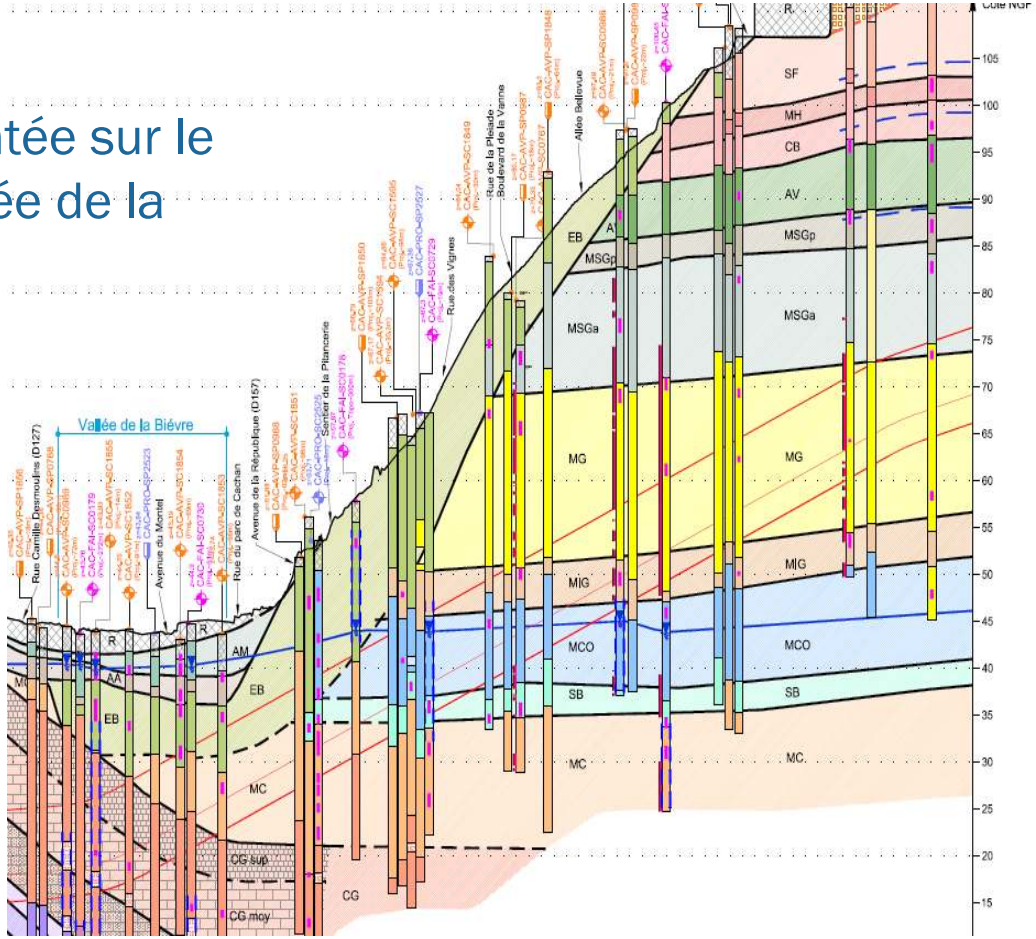
- Nappe dans le Calcaire Grossier portée par les Argiles Plastiques. Charge relativement faible
- Vallée de la Bièvre : terrain perméable, 10 m de charge, faible couverture
- Plateau de Villejuif : plusieurs nappes superposées séparées par des horizons étanches (aquifères peu productifs)

Les Enjeux hydrogéologiques et géotechniques

2eme Enjeu : Risque dissolution de gypse

Localisé au secteur de la remontée sur le plateau de Villejuif après la vallée de la Bièvre

Quelques anomalies dans les Masses et Marnes de Gypse non protégées par les Argiles Vertes



Les enjeux hydrogéologiques et géotechniques

3eme enjeu : présence des Argiles Plastiques sur un grand linéaire de tunnel

Caractéristiques mécaniques :

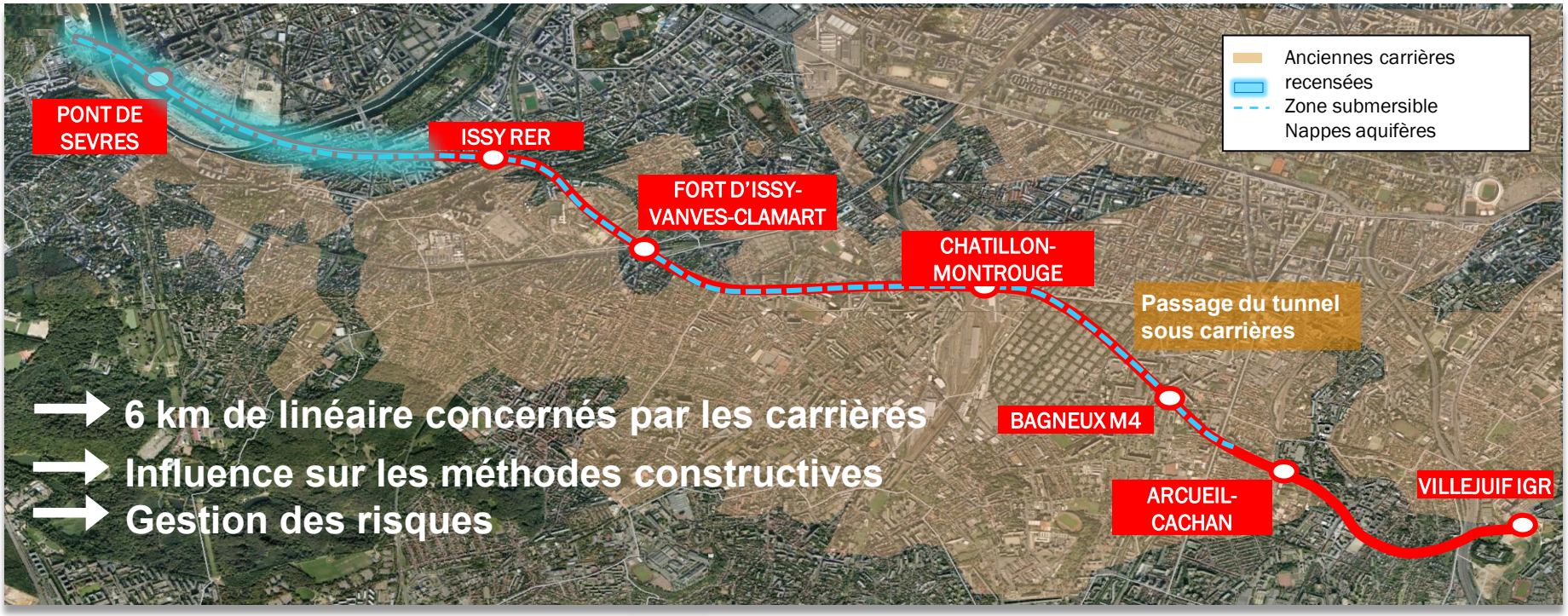
Em = 45 à 80 MPa (60 MPa moyen)
Pl = 1,5 à 3 MPa (2,3 MPa moyen)
Cu = 80 à 150 kPa
IP = 24 à 50 Argile très Plastique surconsolidée
WI = 70 %
Teneur en eau : 27 %

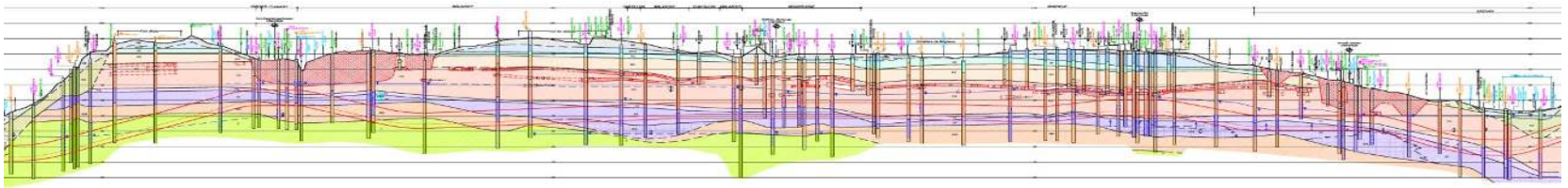




Les enjeux hydrogéologiques et géotechniques

4eme enjeu : les carrières de Calcaire Grossier





Les carrières de Calcaire Grossier

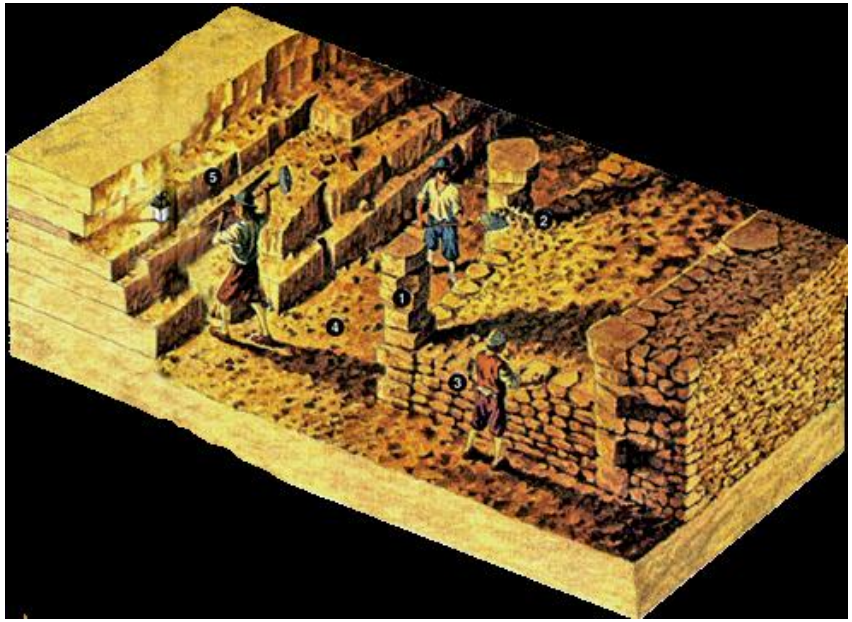
- Calcaire Grossier : alternance de bancs durs (résistance en compression pouvant dépasser 100 MPa) et de bancs tendres
- Bancs massifs du Calcaire Grossier supérieur et moyen exploités pour la construction de Paris jusqu'au 19 ème siècle (pierre de taille)
- Epaisseur totale de la formation entre 18 et 25 m (puissance moyenne de l'ordre de 20 m dans le secteur du projet)

Les carrières de Calcaire Grossier

Types d'exploitation :

- À ciel ouvert : ces carrières sont aujourd'hui remblayées
- En souterrain, exploitation par « hagues et bourrages » : carrières remblayées au fur et à mesure de l'exploitation ; des galeries sont néanmoins conservées pour l'accès au front de taille et l'évacuation du CG

Carrières souterraines exploitées par « hagues et bourrages »





Les carrières de Calcaire Grossier

Exemple de galerie remblayée puis injectée (Métro M4 à Bagneux)



Calcaire Grossier supérieur

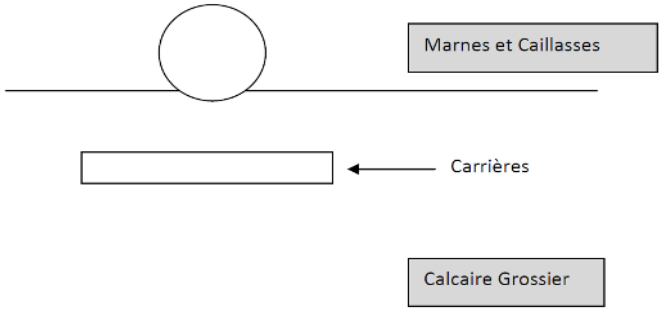
Carrières remblayées et injectées (1,6 m d'épaisseur)

Calcaire Grossier moyen

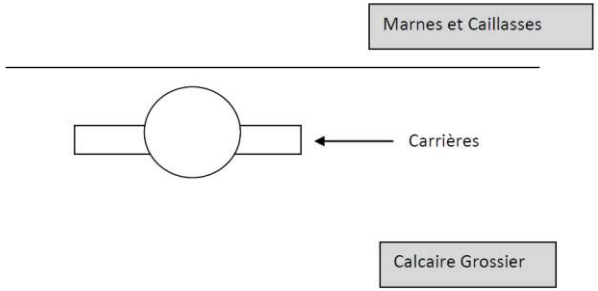
Prise en compte des carrières et des argiles plastiques pour la définition du tracé des tunnels

Trois possibilités :

- Tracé du tunnel au-dessus des carrières :
  Difficultés : couverture insuffisante, présence de réseaux, sous-sols



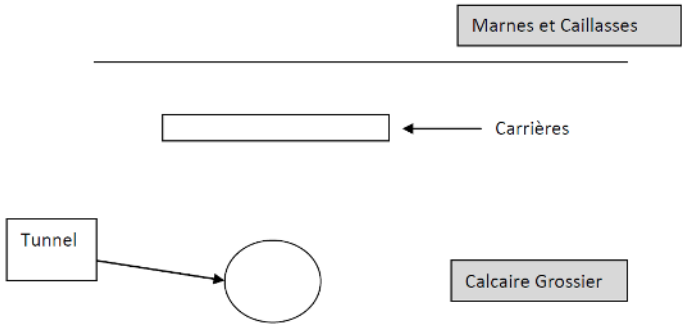
- Tracé interceptant les carrières : A éviter du fait du risque de déstabilisation des carrières en particulier avec un creusement au tunnelier



Prise en compte des carrières et des argiles plastiques pour la définition du tracé des tunnels

Troisième possibilités : tracé sous les carrières

- Risque de déstabilisation des carrières nettement réduit dès que la couverture entre le tunnel et le plancher des carrières dépasse quelques mètres



- Un confortement des carrières par injection sur une certaine largeur permet une réduction supplémentaire du risque

Prise en compte des carrières et des argiles plastiques pour la définition du tracé des tunnels

Tracé sous les carrières

- Solution retenue sur les 6 kms de tunnel concernés par les carrières (sauf localement au niveau de Bagneux)

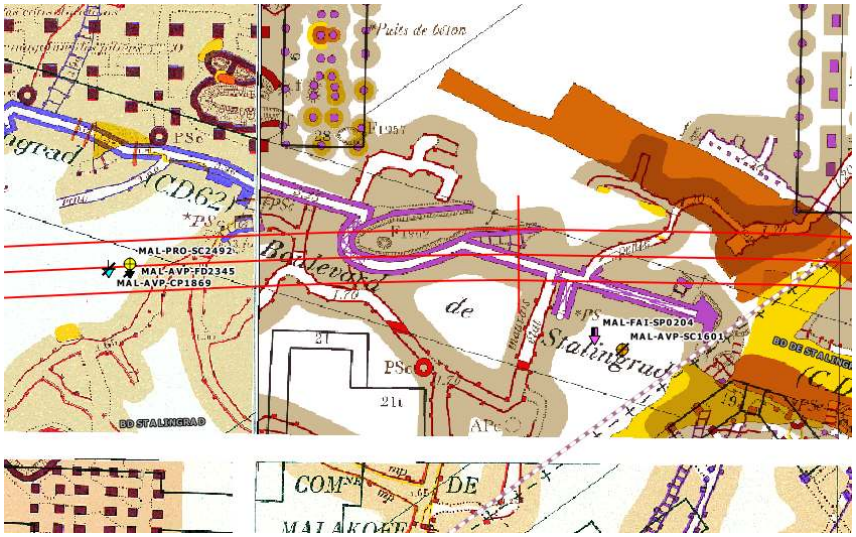
- Choix nécessitant de définir avec une grande précision la position des carrières

Prise en compte des carrières et des argiles plastiques pour la définition du tracé des tunnels

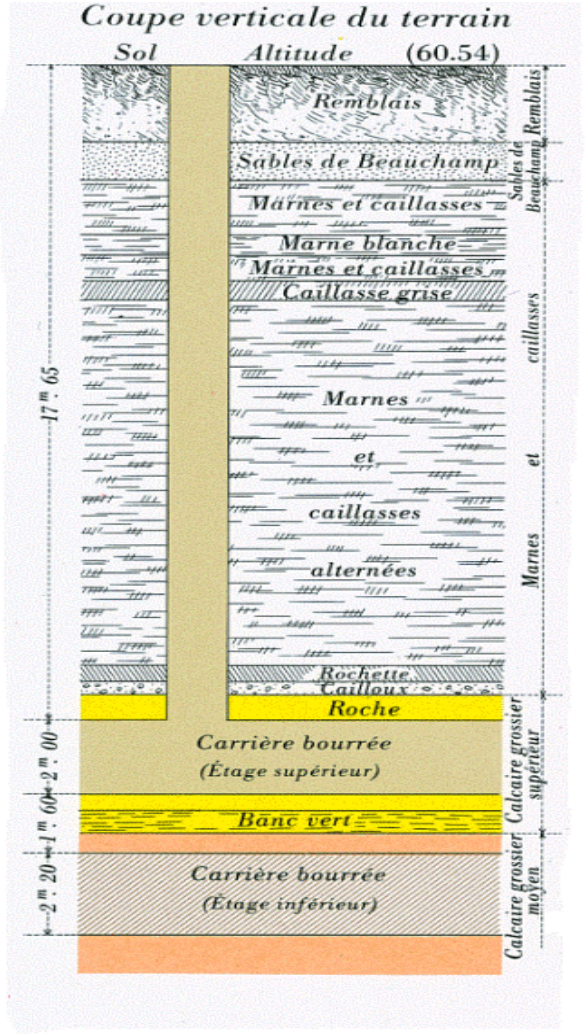
Démarche : Analyse des cartes de l'Institut Général de Carrières (IGC) et des sondages de reconnaissance

Constat :

- Difficulté d'interprétation des logs de sondages
- Mise en évidence de carrières dans des « zones blanches »



Prise en compte des carrières et des argiles plastiques pour la définition du tracé des tunnels



Démarche d'analyse :

- Etudes détaillées des cartes de l'IGC
- Prise en compte de tous les puits de service (profondeur et hauteur de la carrière)
- Prise en compte de tous les indication de fontis (f, fr, *f, fr)*
- Réinterprétation des sondages carottés et destructifs
- Echanges avec l'IGC
  - ➢ Discussion autour des traitements proposés
  - ➢ Validation des galeries à conserver ou à renforcer et des accès à reconstruire

Prise en compte des carrières et des argiles plastiques pour la définition du tracé des tunnels

- Réalisation de campagnes de reconnaissances géotechniques complémentaires (sondages carottés et sondages destructifs)

- Réinterprétation des sondages carottés et destructifs déjà réalisés (distinction délicate entre niveaux de carrières et niveaux de calcaire altéré).

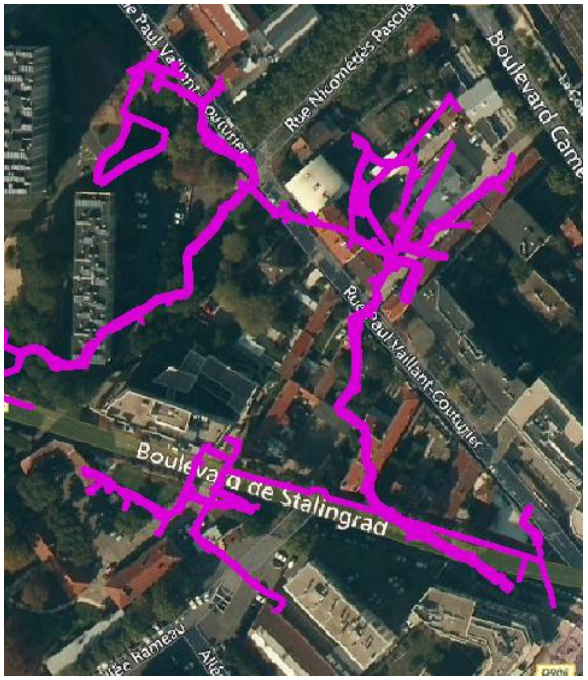
- Puits d'essai d'Arcueil avec une vision « en grand » du calcaire et de ses niveaux dégradés.



Prise en compte des carrières et des argiles plastiques pour la définition du tracé des tunnels

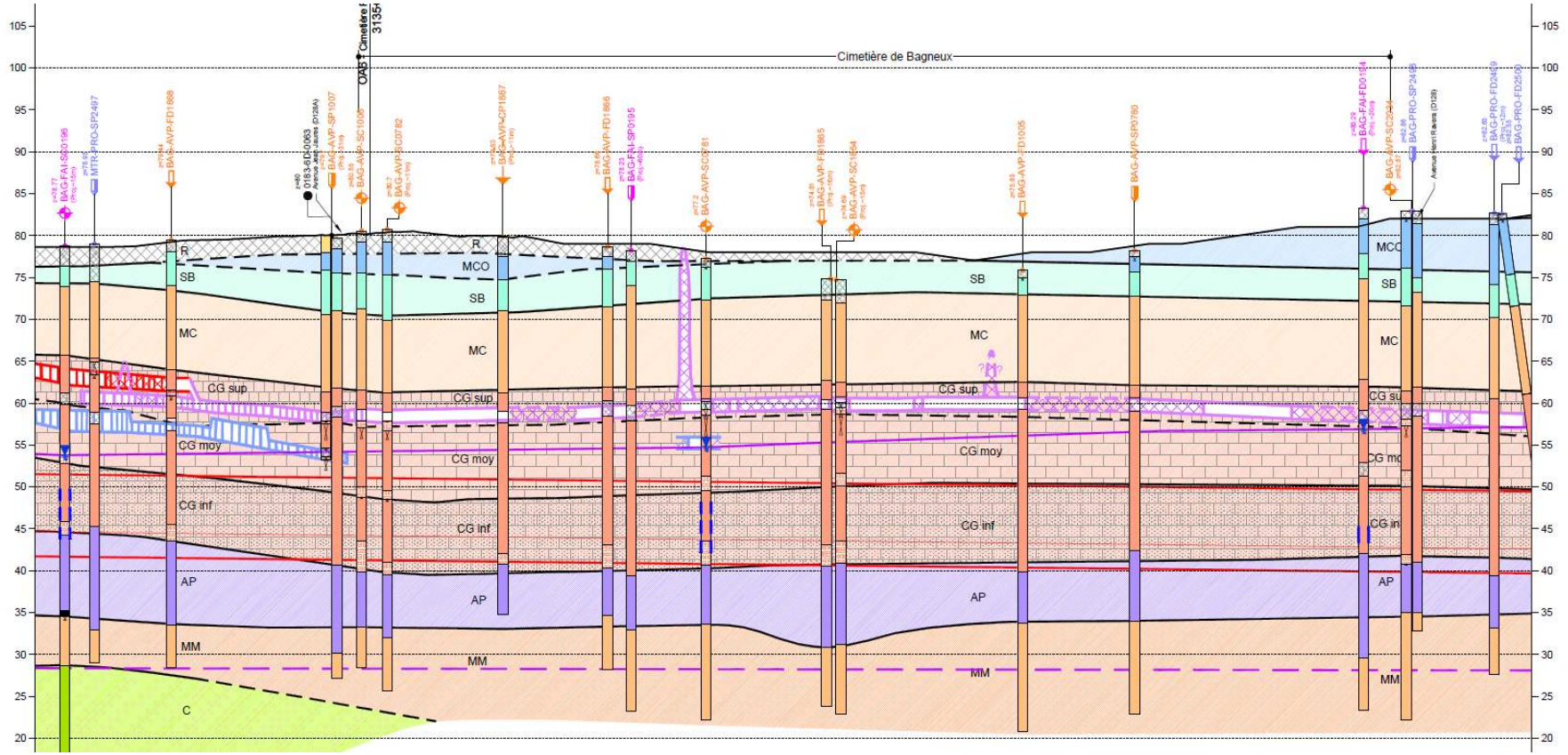
- Relevé topographique de précision des carrières visitables en trois dimensions,

- Analyse des mesures interférométriques permettant d'identifier la présence éventuelle de fontis historiques et d'évaluer leurs évolutions (peu d'indices détectés sur ce tronçon).



Prise en compte des carrières et des argiles plastiques pour la définition du tracé des tunnels

Profil en long géotechnique non déformé (1H/1V)



Prise en compte des carrières et des argiles plastiques pour la définition du tracé des tunnels

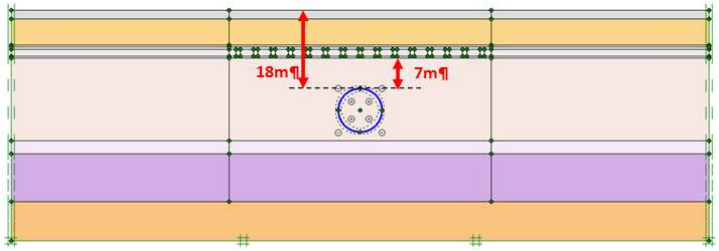
Après ce choix de ne pas traverser les carrières et de se placer systématiquement sous le dernier niveau de carrière, nécessité de préciser la distance entre le plancher de la carrière et la voûte du tunnel

Deux alternatives :

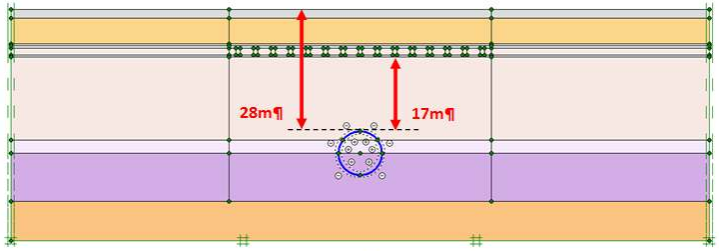
- Soit un approfondissement du tracé : on s'éloigne du plancher des carrières mais section plus importante excavée dans les Argiles Plastiques,
- Soit remontée du tracé en se rapprochant des carrières avec un risque plus important d'impact des vibrations du tunnelier

Prise en compte des carrières et des argiles plastiques pour la définition du tracé des tunnels

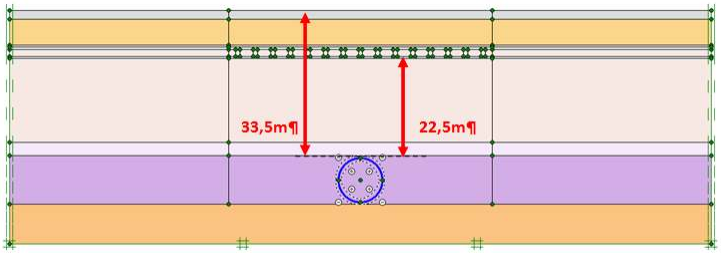
- Modélisation par éléments finis
- Calculs paramétriques avec trois configurations
- Mais approche 2D trop simplificatrice du fait de la forte plastification des argiles (volume perdu de l'ordre de 2 à 3 %, Ns = $2\sigma_0/\sigma_c > 6$)



CAS·1°:·Tunnel·dans·le·CG·(h=7m)¶



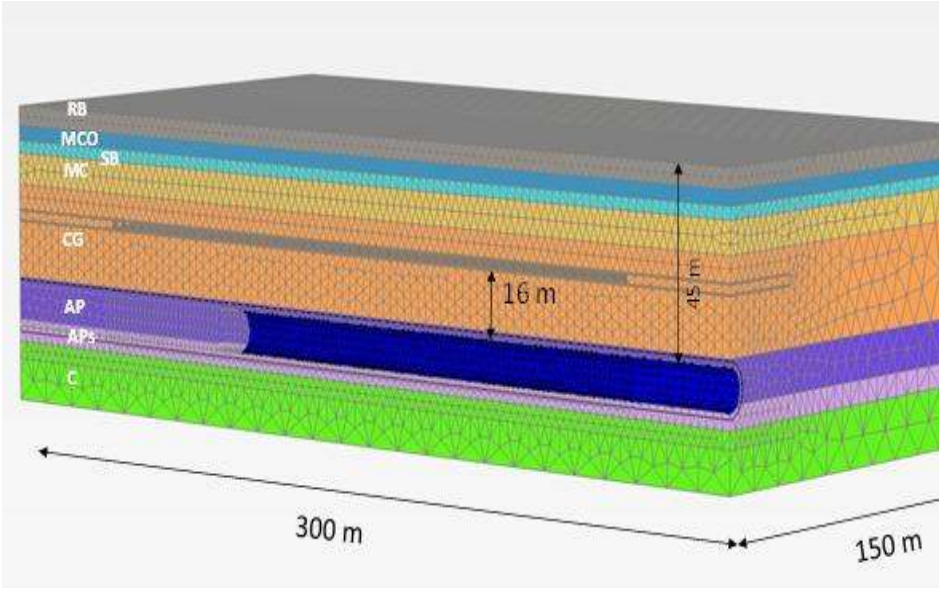
CAS·2°:·Front·mixte·CG/FG-AP¶

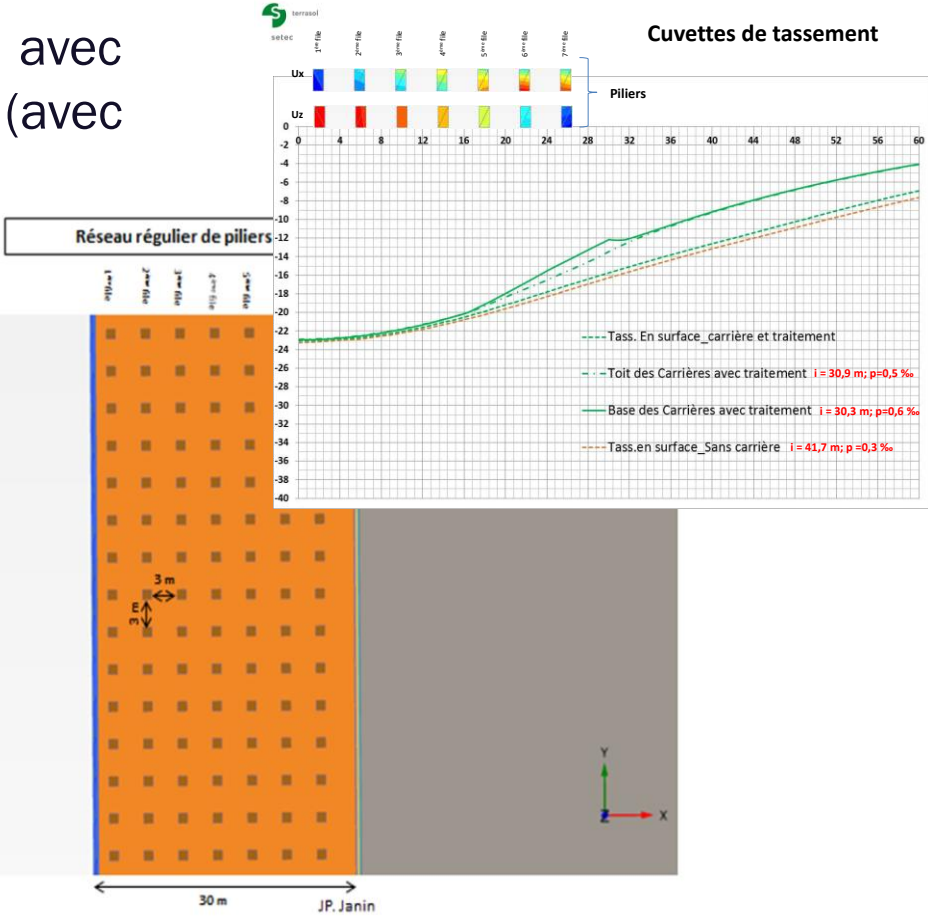


CAS·3°:·Tunnel·dans·AP·(h=33.5m)¶

Prise en compte des carrières et des argiles plastiques pour la définition du tracé des tunnels

Nécessité de passer en approche 3D avec modélisation des piliers de la carrières (avec ou sans remblais)





Prise en compte des carrières et des argiles plastiques pour la définition du tracé des tunnels

- Approfondissement du tracé en s'éloignant du plancher des carrières :
  - section plus importante excavée dans les Argiles Plastiques,
  - contraintes géostatiques fortes : augmentation des déformations au niveau du plancher des carrières et une cuvette de tassements plus large, d'où un impact sur une largeur importante de carrière.
- En se rapprochant des carrières : les tassements sont légèrement réduits en pied de carrière et la cuvette de tassement est plus étroite.
- Analyse de l'impact du creusement sur les déformations horizontales des piliers (cisaillement), avec ou sans traitement par injection.
- Etudes paramétriques en faisant varier la pression de confinement au front : impact fort sur les tassements; nécessité de préconiser des pressions de confinement relativement fortes avec un front dans les argiles (200 à 250 kPa en voûte).

Prise en compte des carrières et des argiles plastiques pour la définition du tracé des tunnels

- Choix final : remontée du tracé en conservant quelques mètres de calcaire entre la voûte du tunnel et le plancher des carrières (front mixte Argiles Plastiques / Calcaire Grossier avec la voûte dans le Calcaire), associée à un traitement des carrières sur une bande de trente mètres de large.

Conclusions

- Malgré une géologie du bassin parisien bien connue, une configuration d'ouvrage plutôt exceptionnelle, nécessitant un fort investissement en reconnaissances et en études
- Des problématiques de creusement de tunnels avec un REX relativement peu important
- Des enjeux géotechniques nécessitant une adaptation des tracés
- Le démarrage du creusement des tunnels en 2018 permettra des valider ces choix de conception, avec un fort besoin en instrumentation et en suivi des travaux, permettant d'adapter les méthodes à la réalité du terrain

setec

Merci de votre attention

Les travaux de paroi moulée sur le site du Parc Robespierre (puits d'attaque)



setec