



Journée scientifique et technique du CFMS du 21 mars 2019

« ***Grands projets d'infrastructures en Région Parisienne*** »

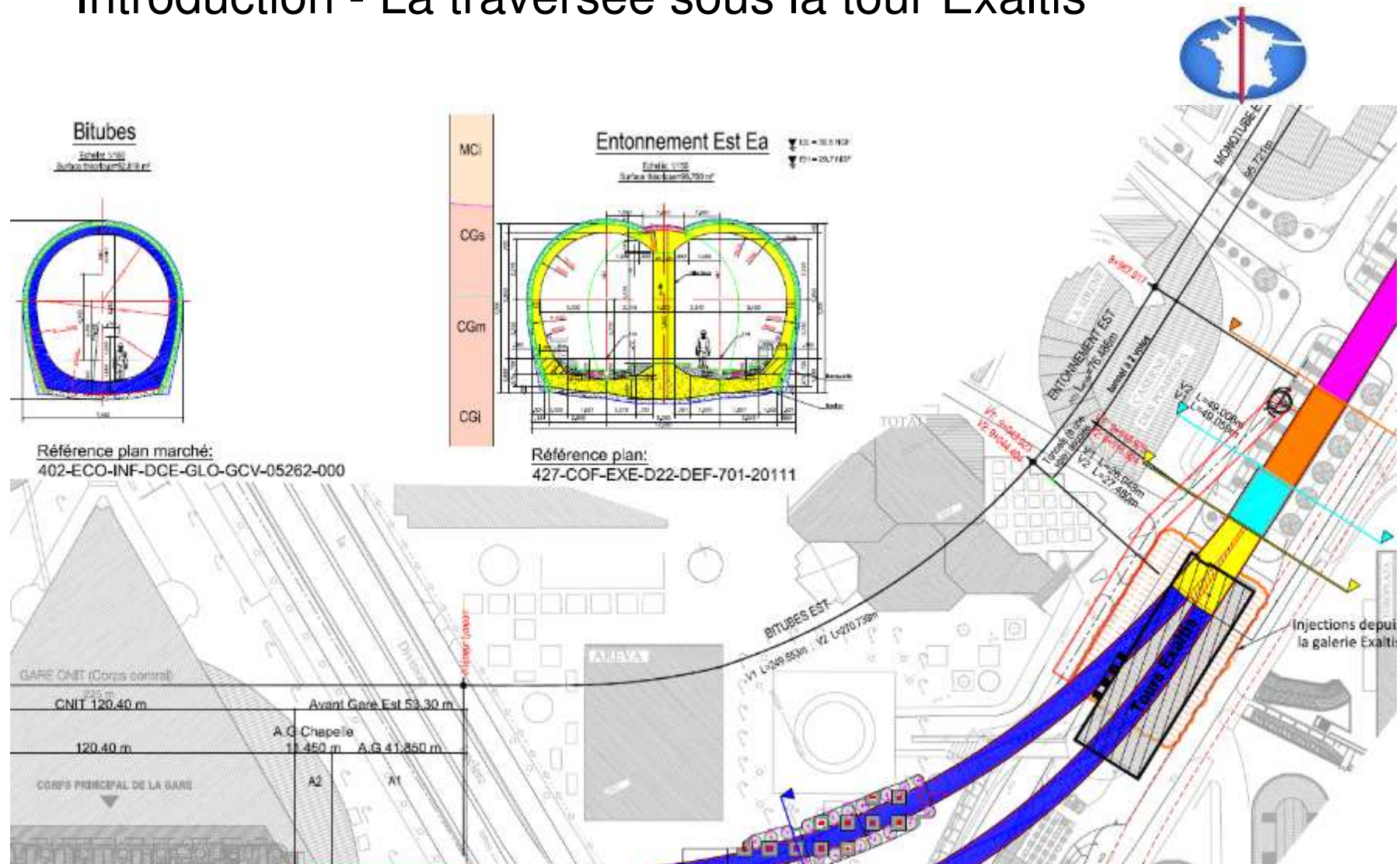
Eole : Injection de compensation

Présentateurs : Michel Coudry & Régis Le Gal (Soletanche-Bachy)

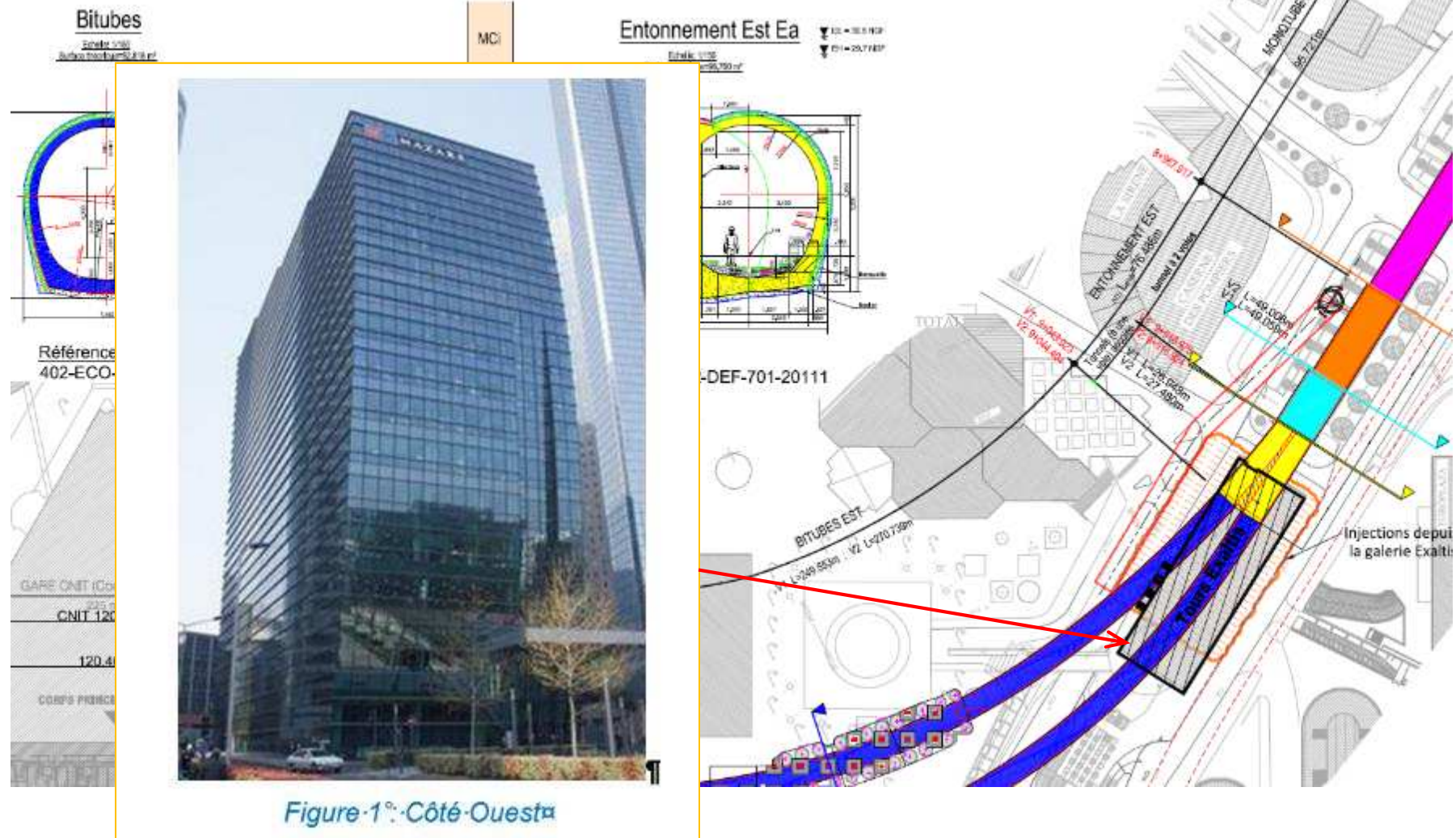


- Introduction
 - La traversée sous la tour Exaltis
 - Définition des injections de compensation vis-à-vis de la notion du risque
- 1 - Auscultation
 - Suivi en continu des mouvements (bâtis, tunnel, environnants)
- 2 - Forages sous bâtis
 - Mise en place du dispositif d'injection
- 3 – Injections
 - Installations et mise en œuvre
 - Injections de conditionnement et pré-soulèvement
- 4 – Injections de compensation – Pilotage
 - Maitrise des déformations pendant l'excavation - pilotage
- Conclusions - Questions

Introduction - La traversée sous la tour Exaltis



Introduction - La traversée sous la tour Exaltis



Introduction

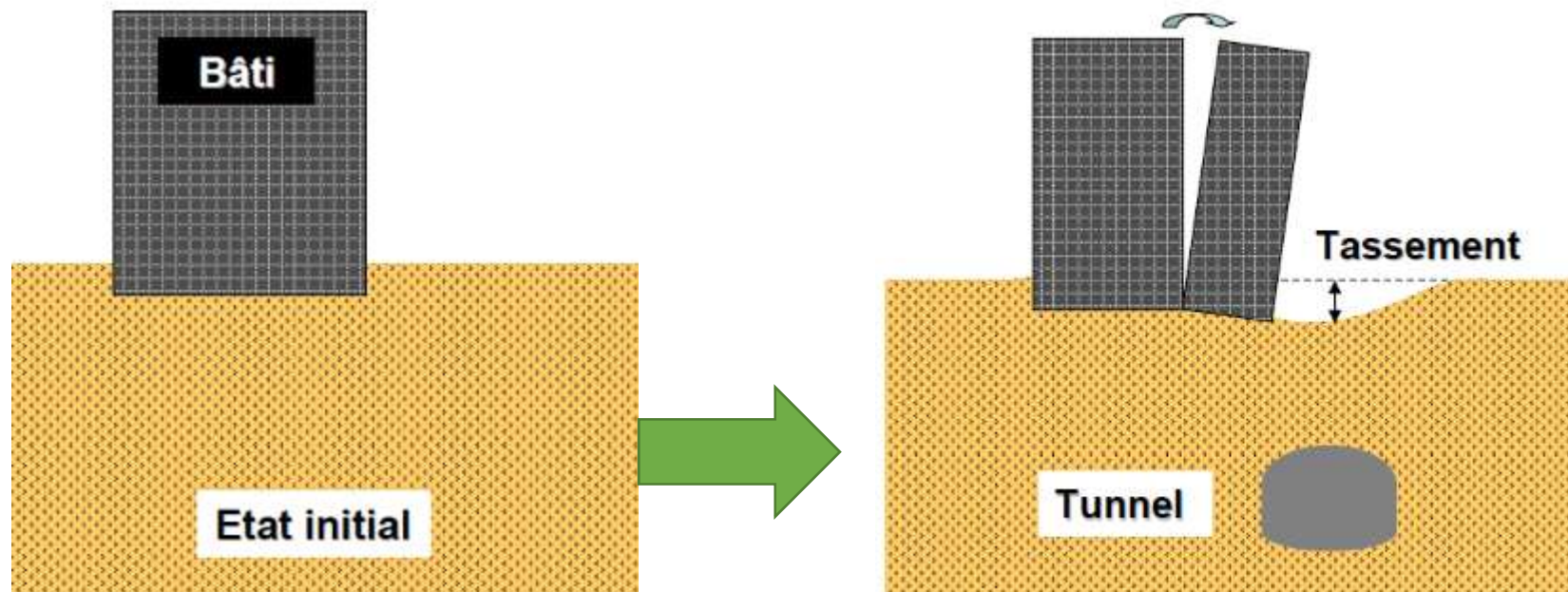


- Les injections de compensation consistent à maîtriser les déformations de surface générées par une excavation souterraine à l'aide d'injections de coulis de ciment.
- Ce procédé est mis en œuvre en cas de « risques » pour l'environnement.

Le risque : conjugaison d'un « aléa » (tassement) et d'un « enjeu » (bâtis).

ALEA = Tassements générés par l'excavation du tunnel

ENJEU = Les bâtiments au dessus de la cuvette de tassement



Déformations en surface – Tassements Théoriques

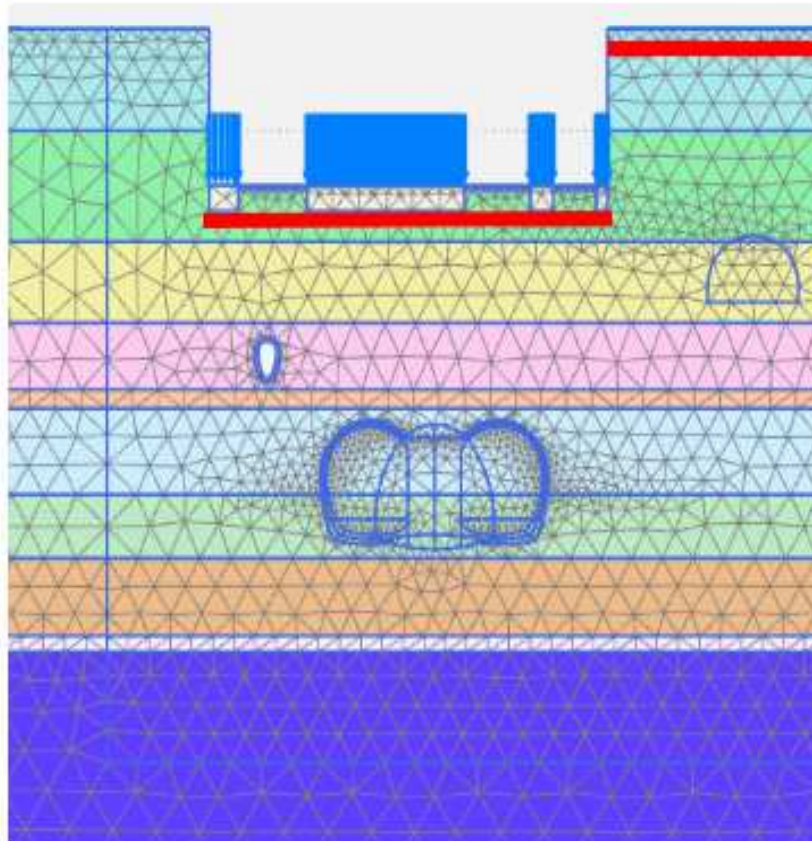


Figure 10. Zones d'extraction des déplacements

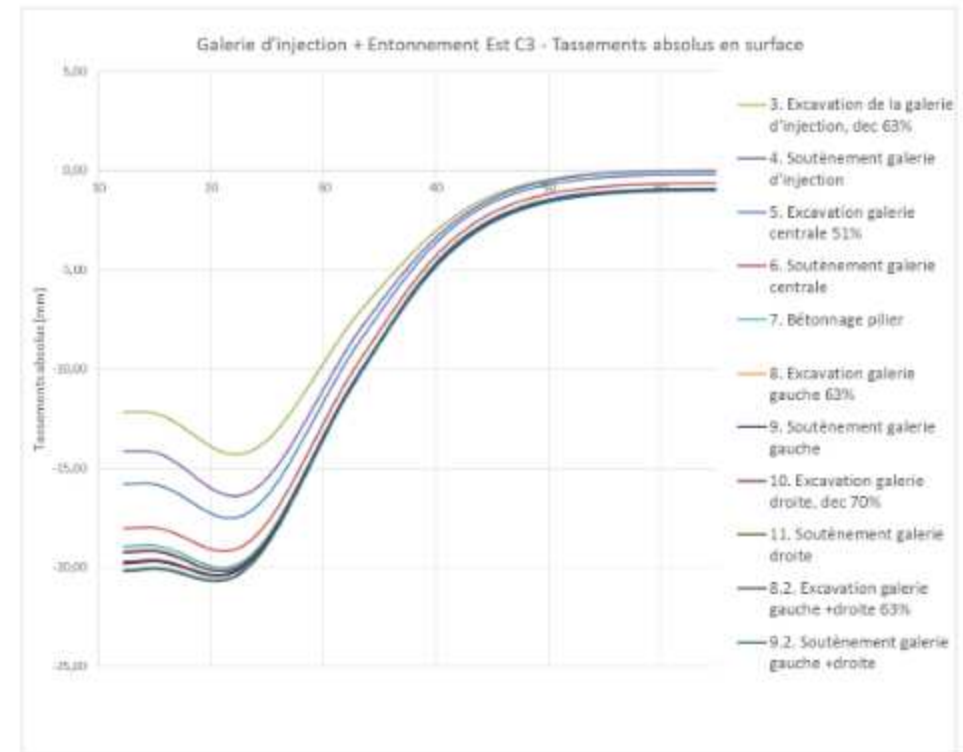


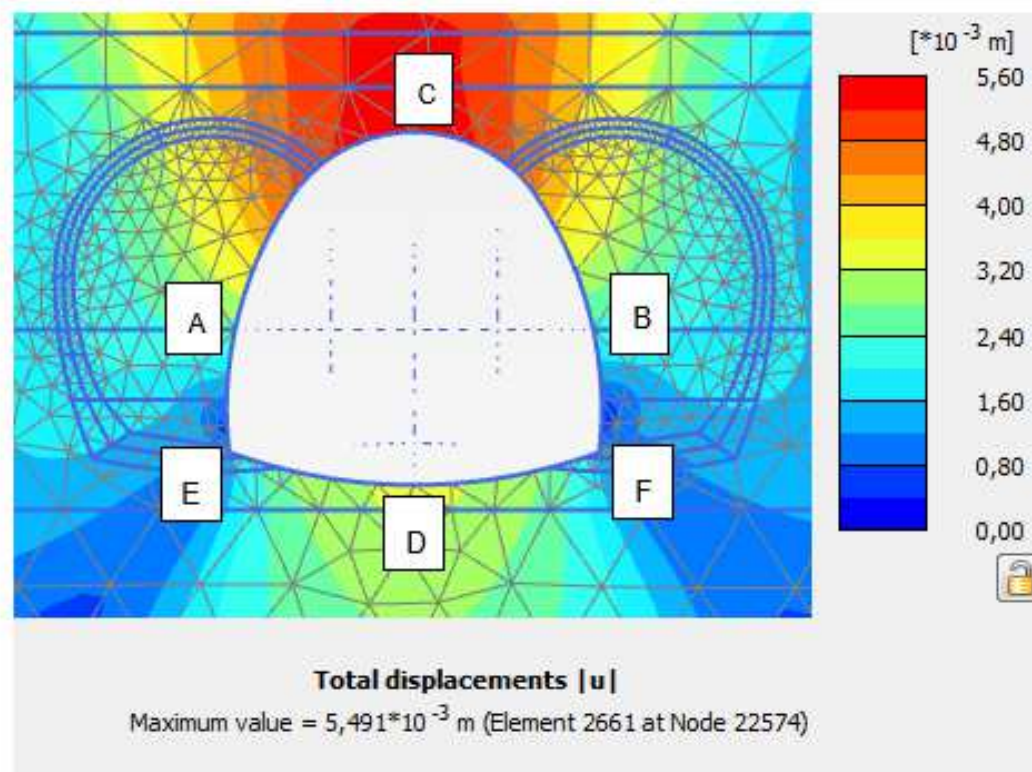
Figure 11. Tassements absolus en surface, au-dessus de la galerie d'injection

Le déplacement maximal est 21 mm au-dessus de la galerie d'injection et de 15 mm en dessous du bâtiment Exaltis

Tassements – Définition des Seuils



Tassements différentiels en surface (mm/m)		
Seuil de vigilance	Seuil d'alerte	Seuil contractuel
0.8	1.4	2



Le déplacement maximal est observé en voûte : 6 mm.

1 - Auscultation

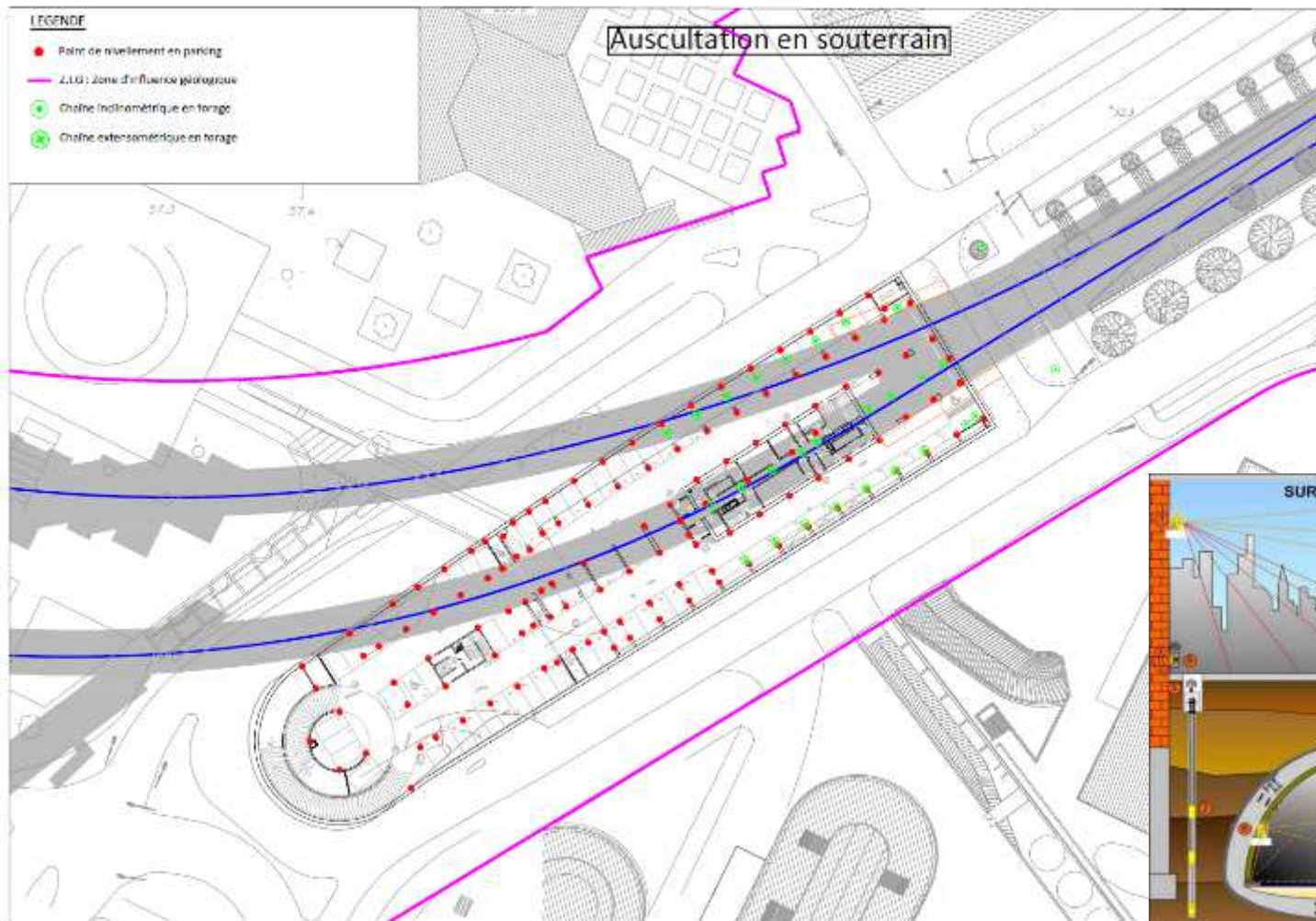


Mise en place d'un dispositif d'instrumentation permettant un suivi quasi continu et en temps réel des mouvements du bâti, des environnants et du tunnel.

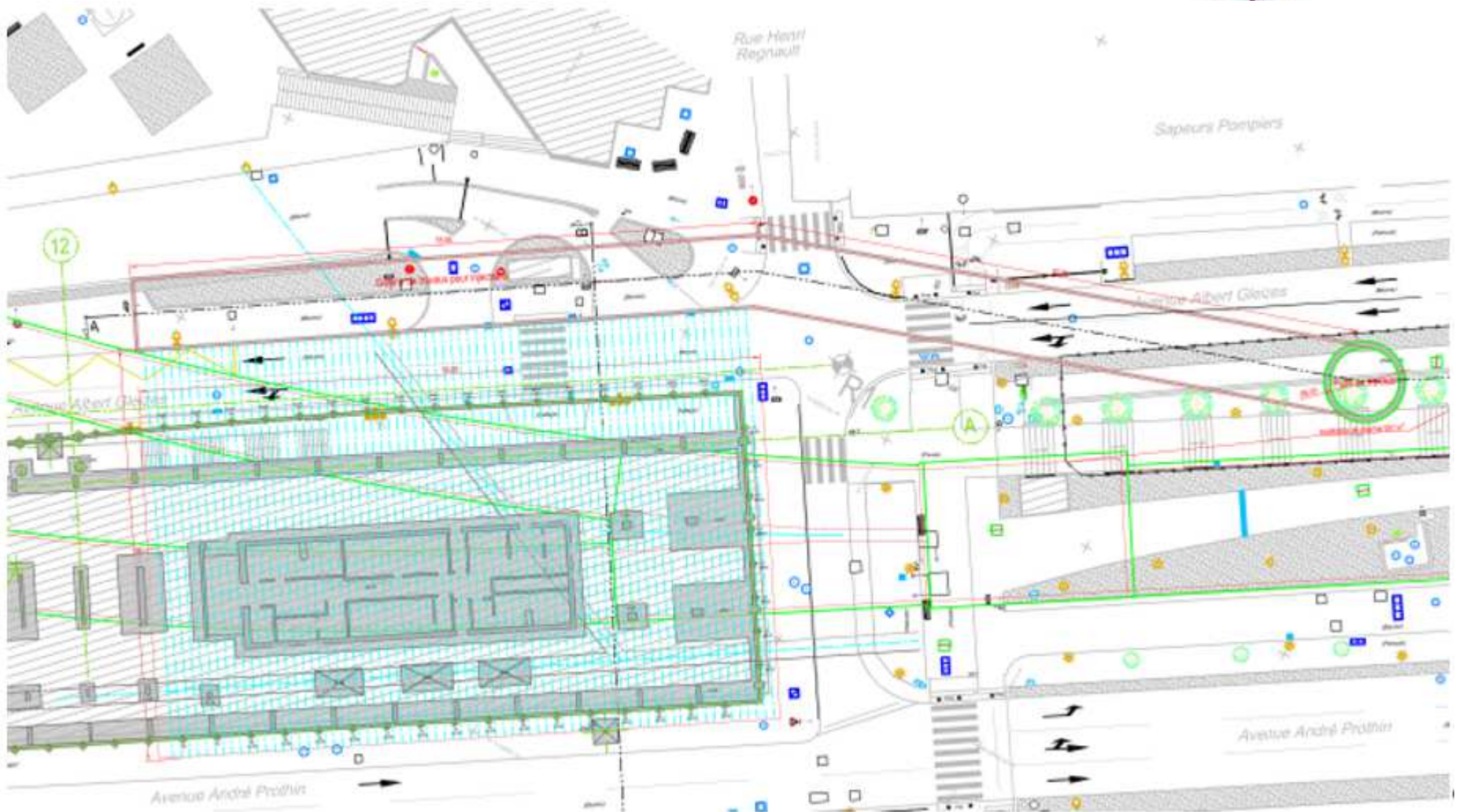
Essentiellement :

- Téléniveaux Hydrauliques ou Tassomètres (*tassement différentiel entre les poteaux du bâti*)
- Théodolites motorisés et cibles « CYCLOP » (tassement absolu des façades du bâti)
- Système « CENTAURE » (tassement absolu du sol)
- Mesures de l'influence des injections sur le tunnel (convergence)
- Diverses instrumentations (extensomètres, jauges de contraintes, CPI)

1 - Auscultation



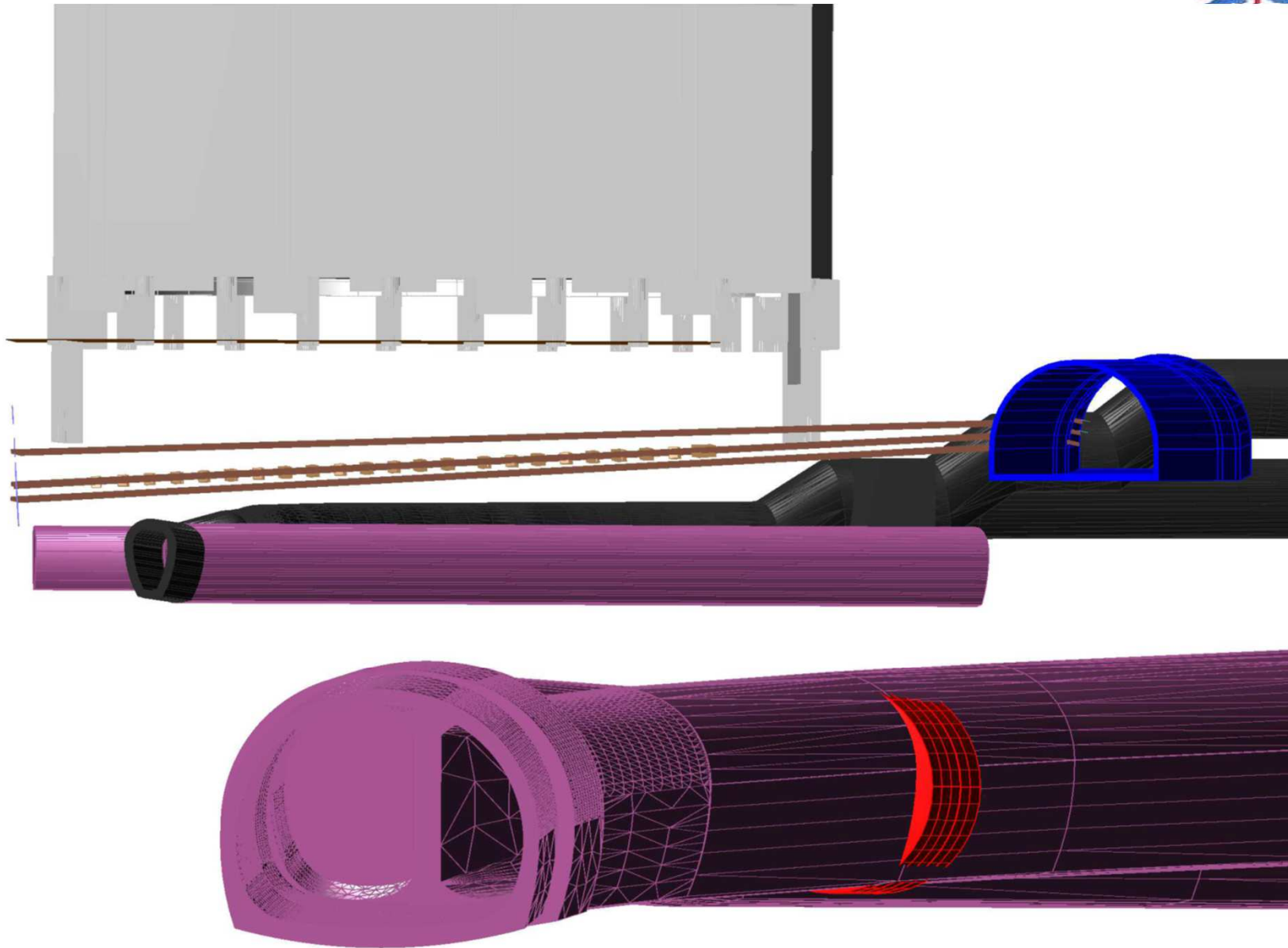
Design de référence du CCTP



Emprise des forages d'injection de compensation, le puits & la galerie



Design d'exécution – Vue 3D

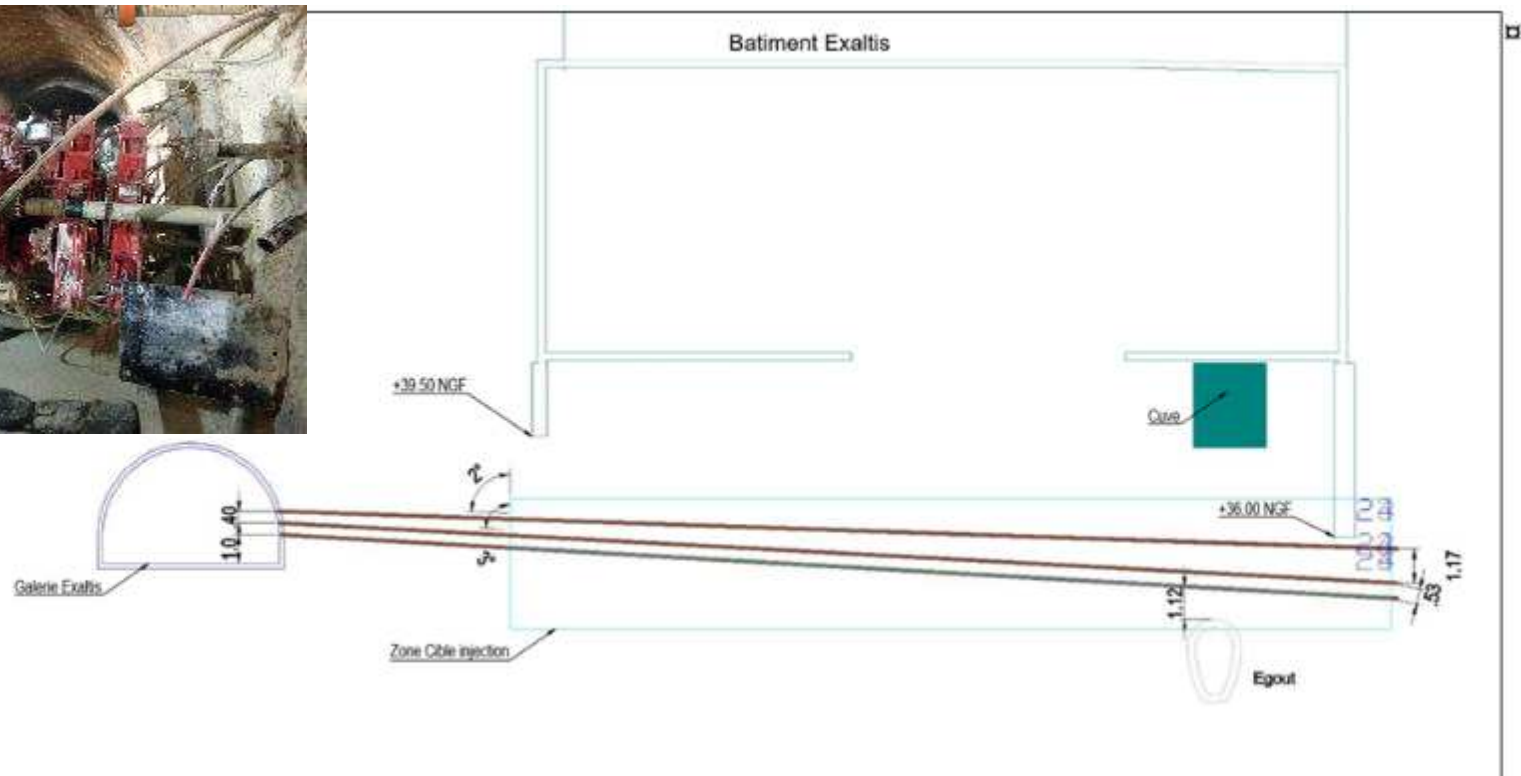




2 - Forages sous Bâtis

- Design de la galerie adapté pour une foreuse de type C4 XP
- Forages tubés à l'avancement
- 4151 ml de forages sous le bâti depuis une galerie ;
- 108 forages d'une longueur de 41 mètres ;
- 3 niveaux de forages
- Inclinaison de 2 à 3° / horizontale
- Equipement des forages avec des tubes à manchettes métalliques 2"
- Scellement des TAM avec un coulis de gaine $C/E = 0.3$

2 - Forages sous Bâtis



Injection – Installations & mise en œuvre



Injection de Conditionnement

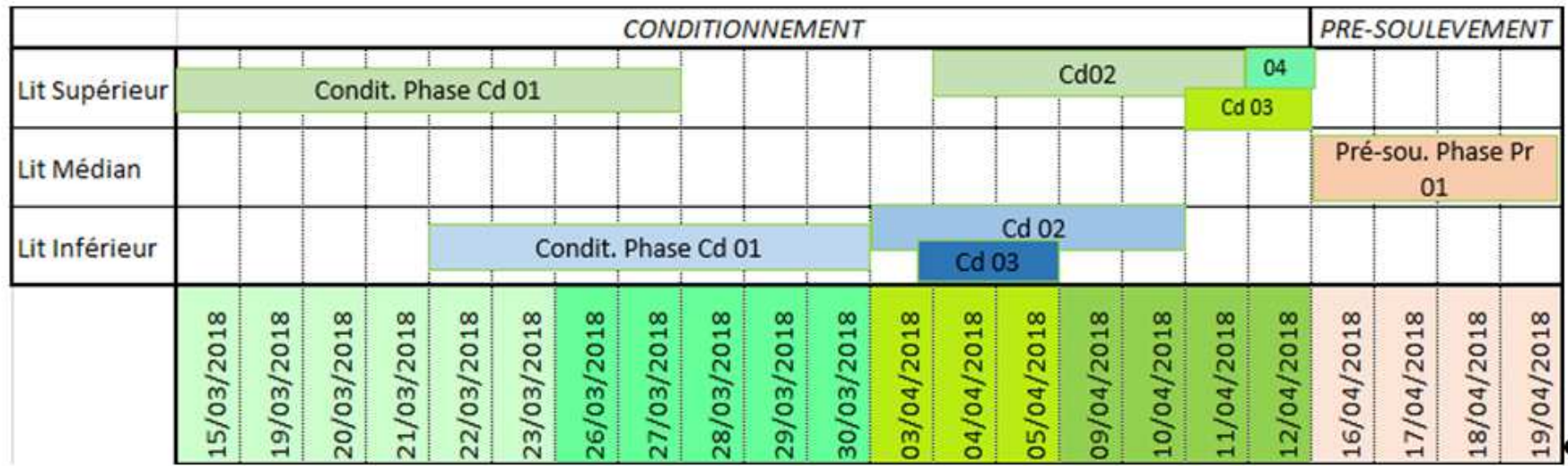


Figure 5 : Chronologie des phases d'injections par Lit

Les injections sont séquencées par tronçon de 10m.

Le maillage est de 1 manchette par mètre carré.

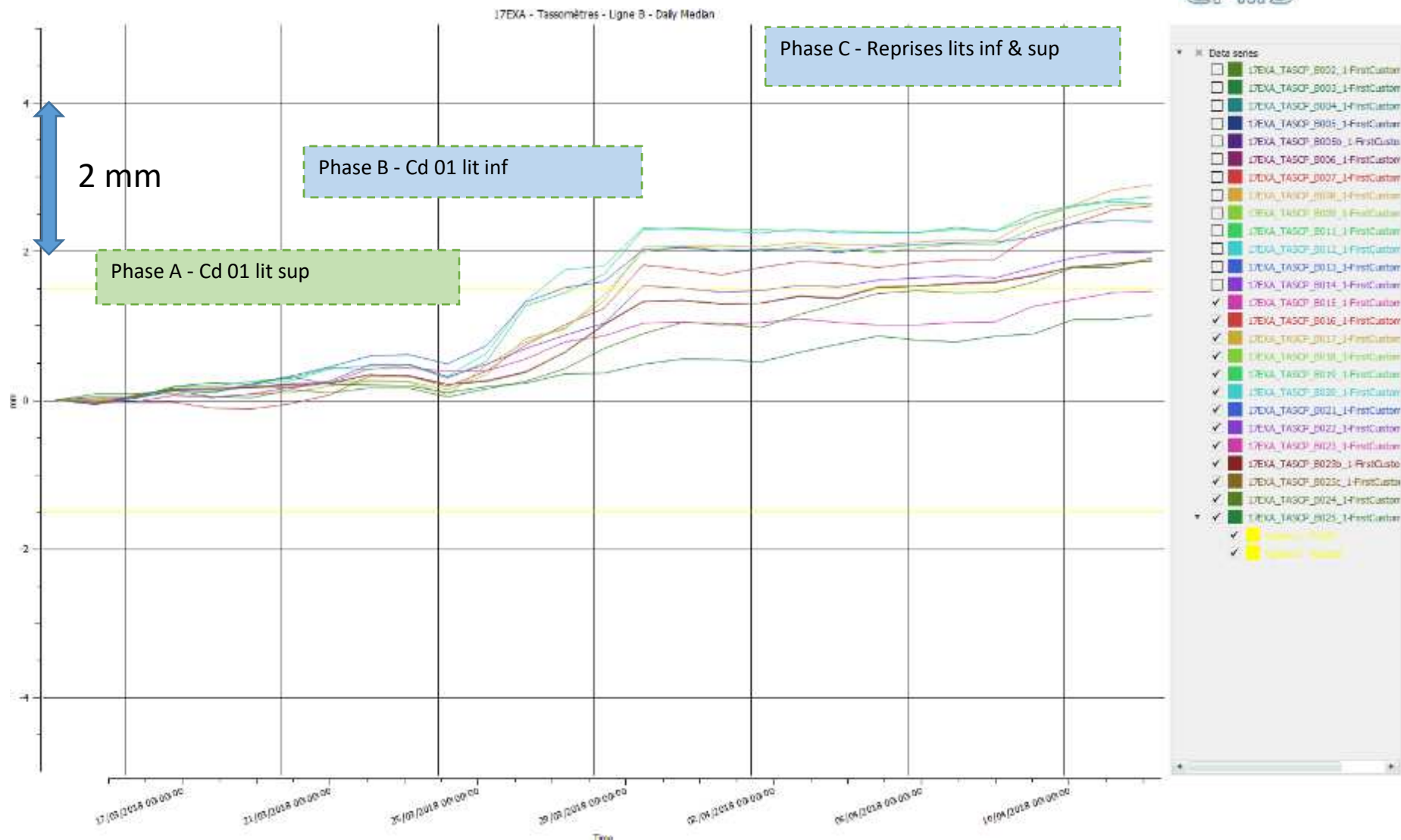
La répartition des volumes pour chacun des lits :

→ Supérieur : 70 661 litres

→ Inférieur : 53 609 litres

Soit un volume total injecté de 124 270 litres.

Paramètres d'Injection		
Volume Max	Vmax	50 L
Pression Max	Pmax	10 Bars
Débit	Q	500 l/h



Injection de Conditionnement



Injection de Conditionnement

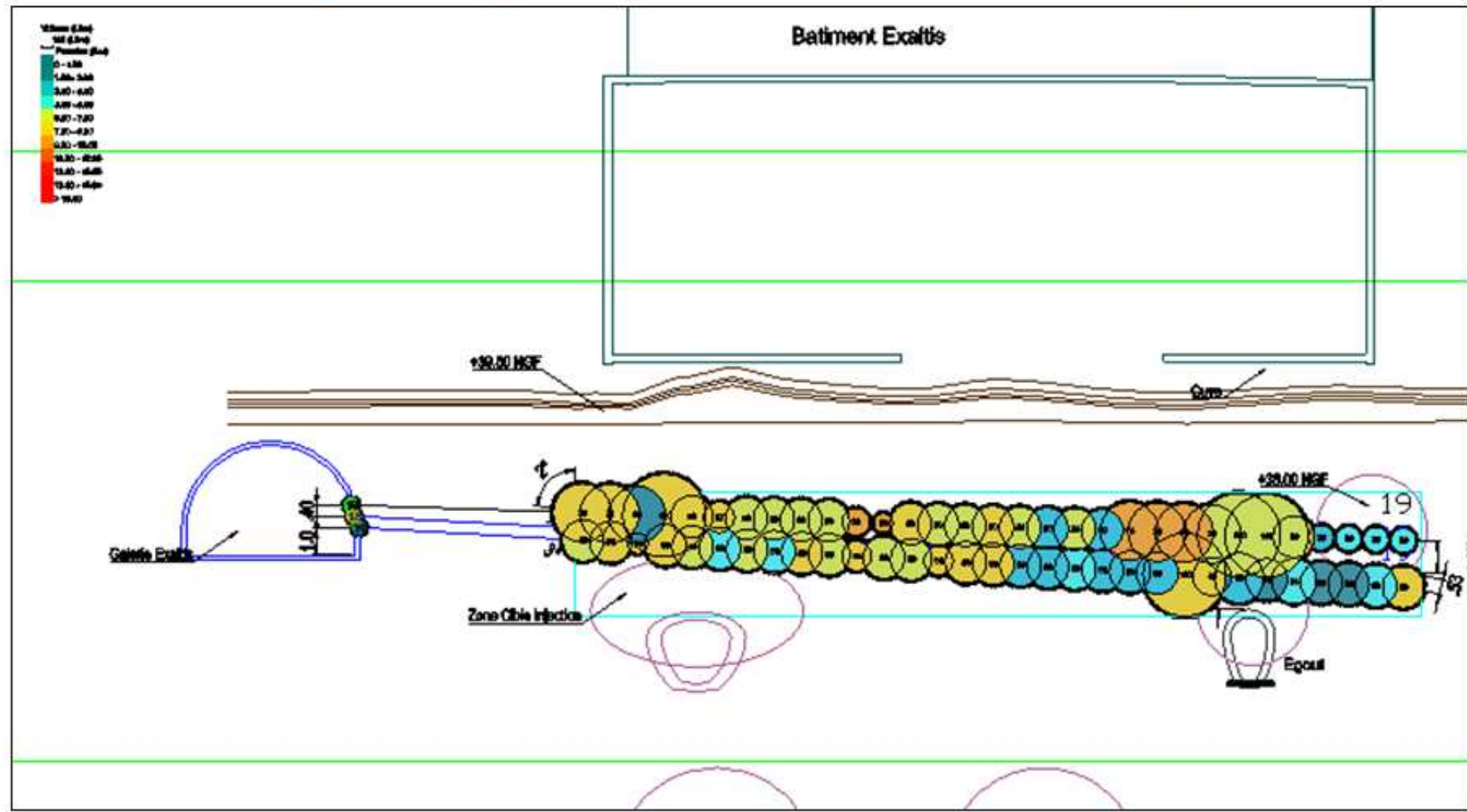


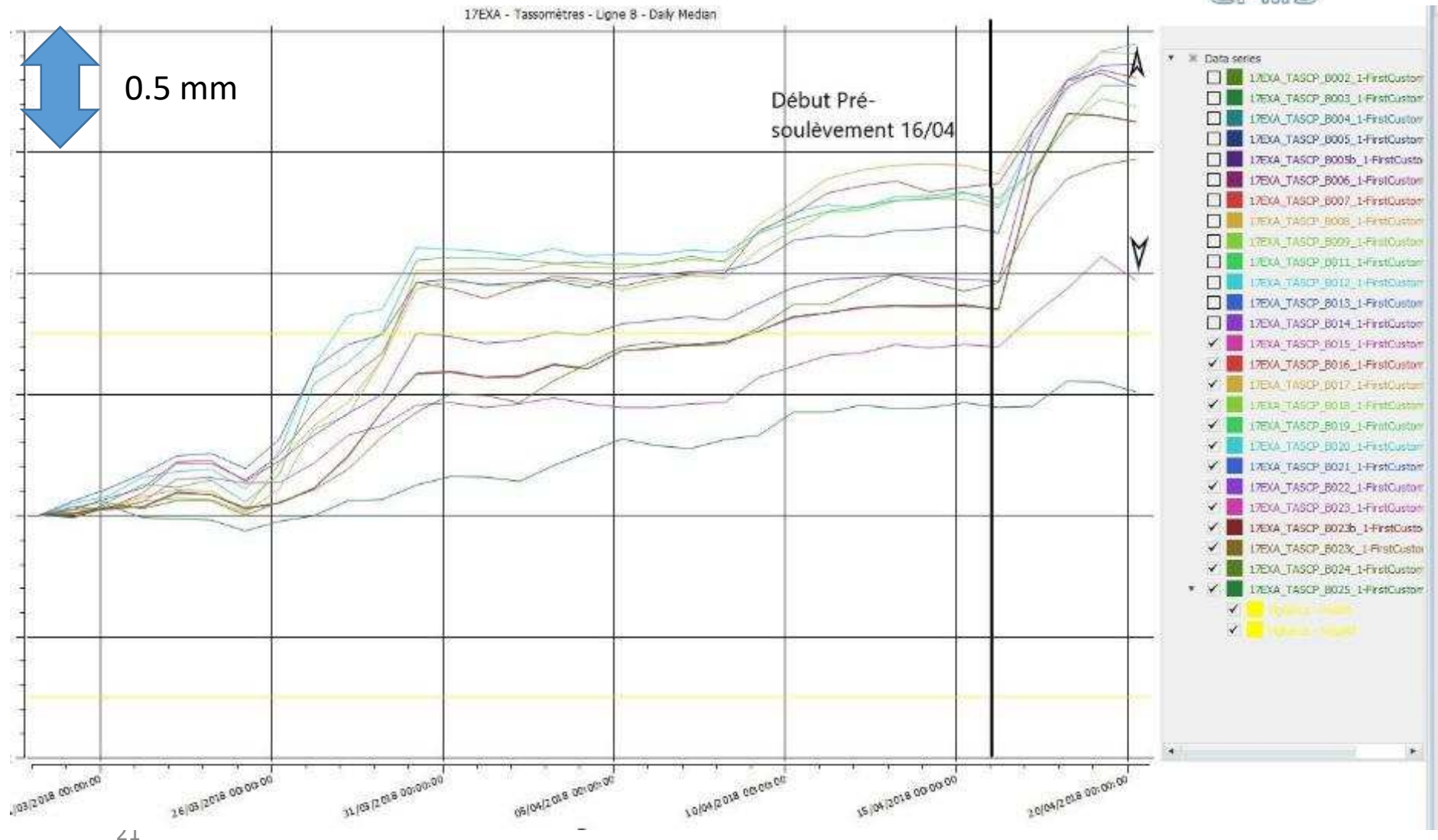
Figure 9 : Vue en coupe Auréole 19

La vue ci-dessus, présente les volumes injectés pour l'auréole 19.

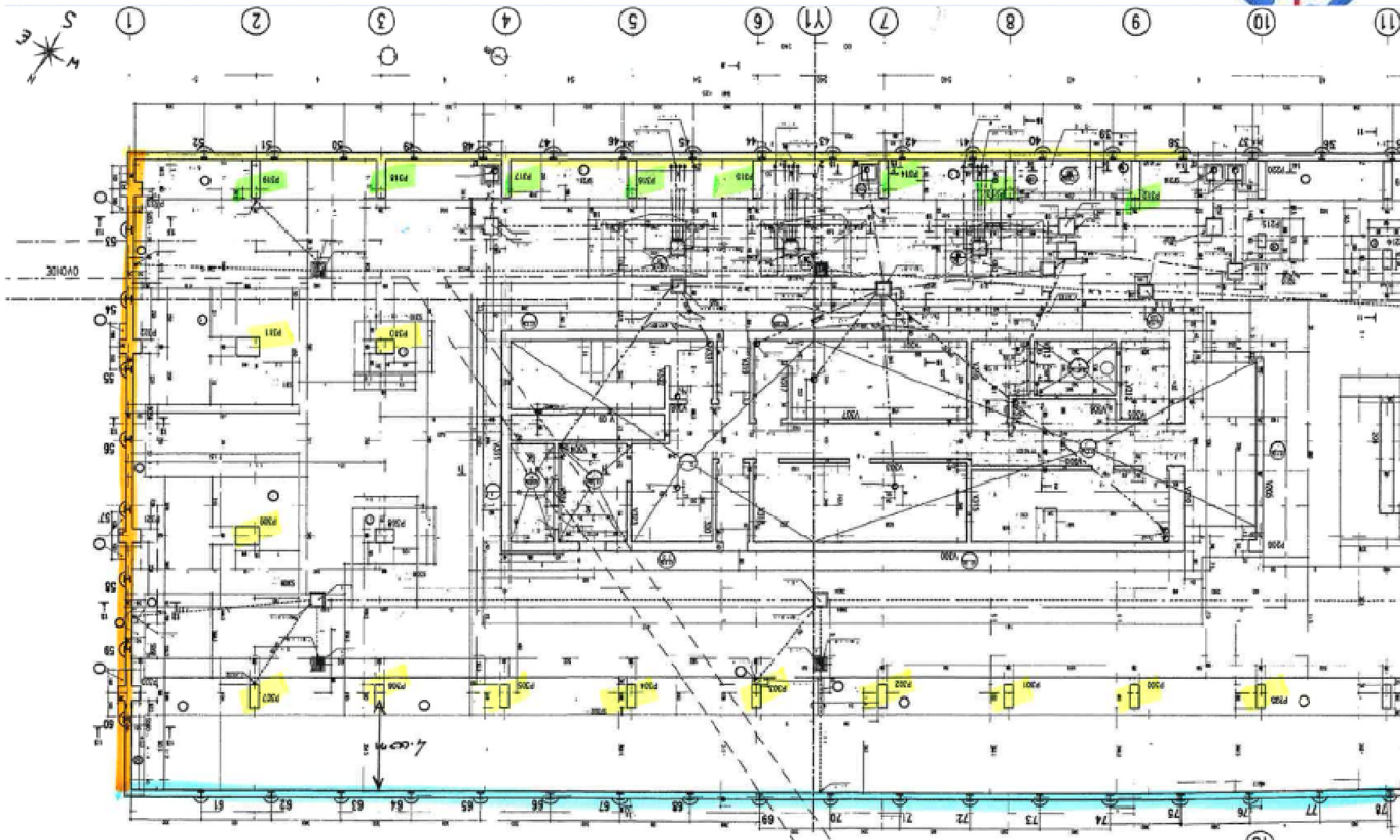
La taille du cercle représente le volume, la couleur indique la pression.

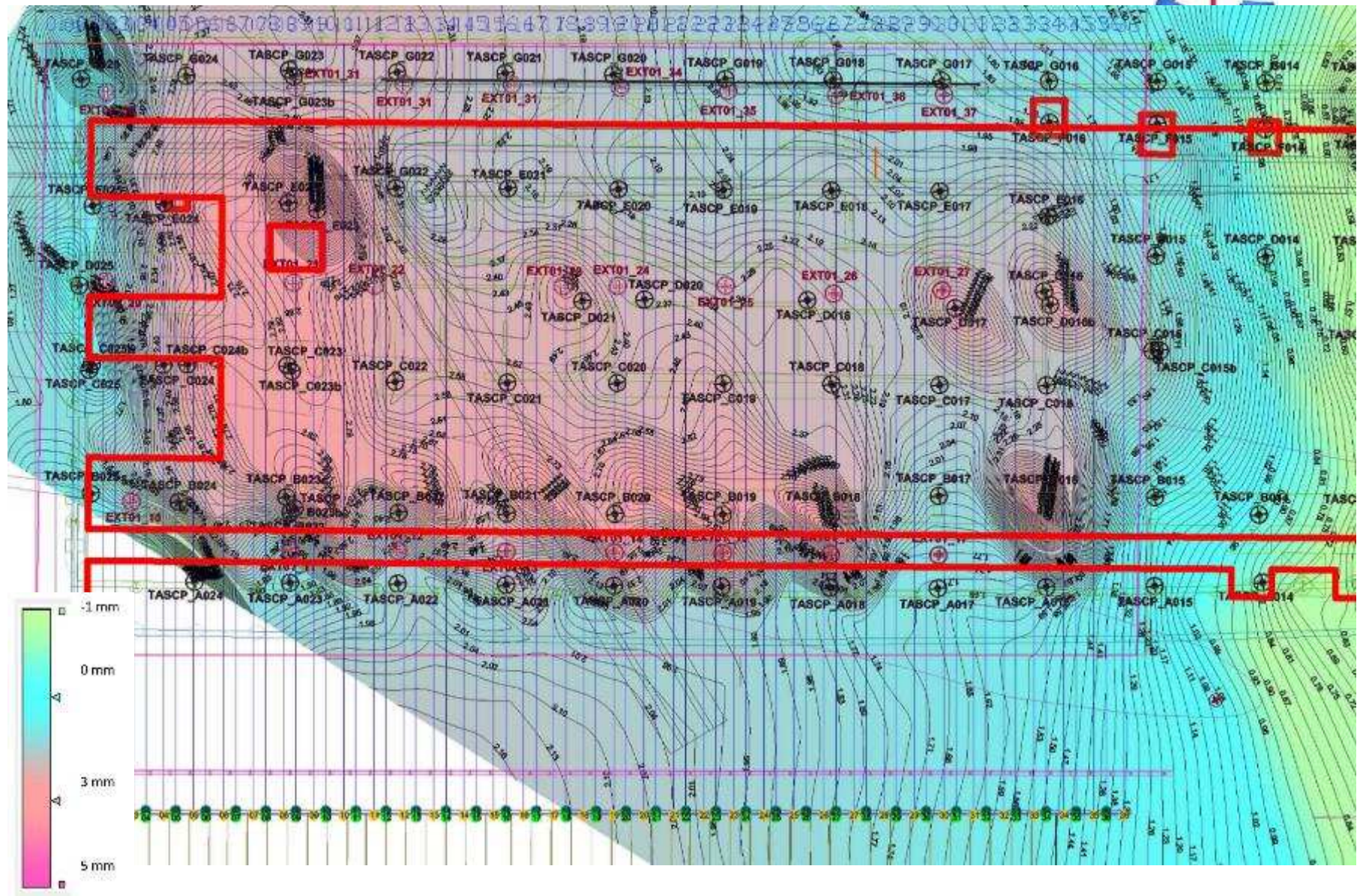


Injection de Pré-Soulèvement

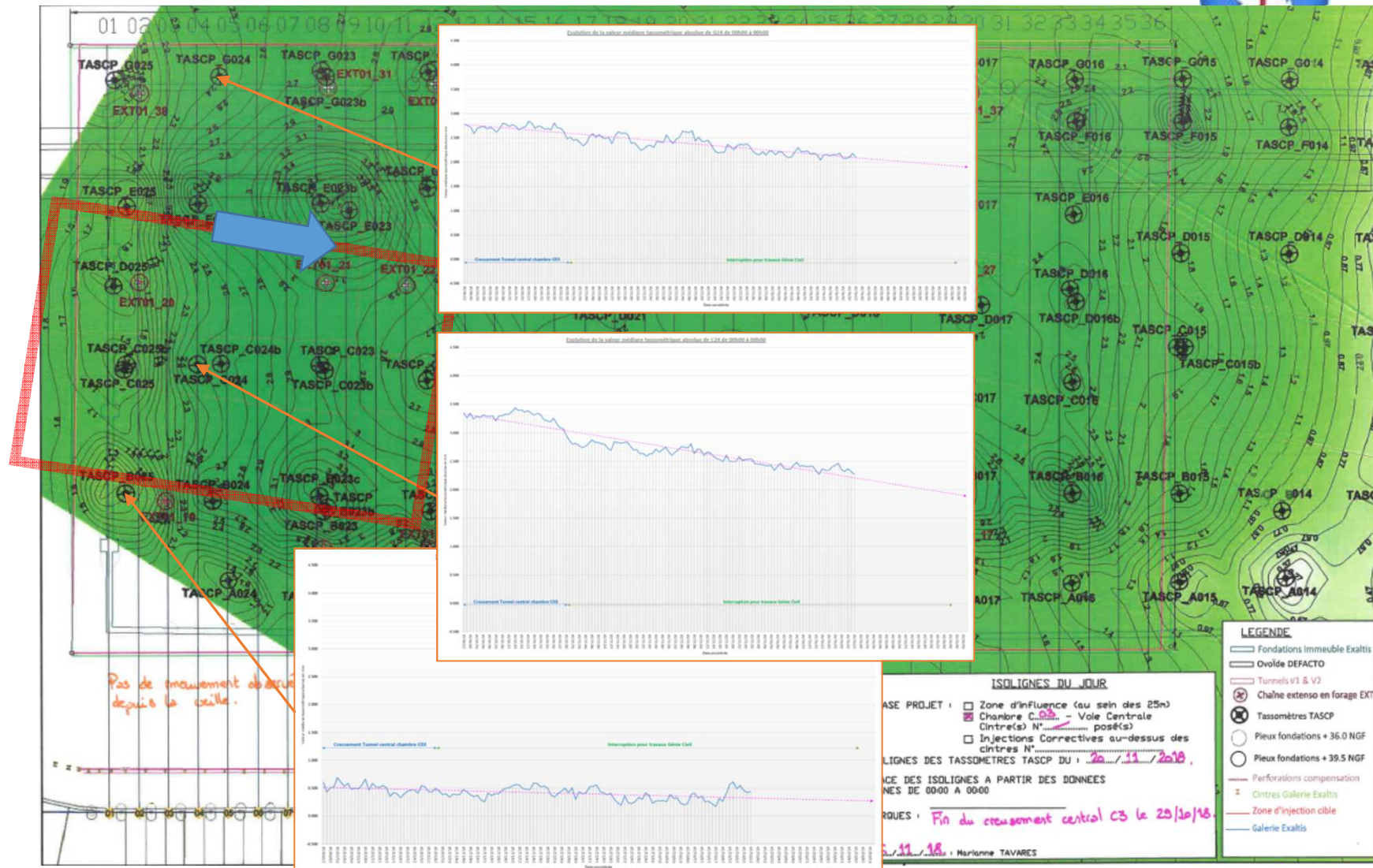


Injection de Pré-Soulèvement

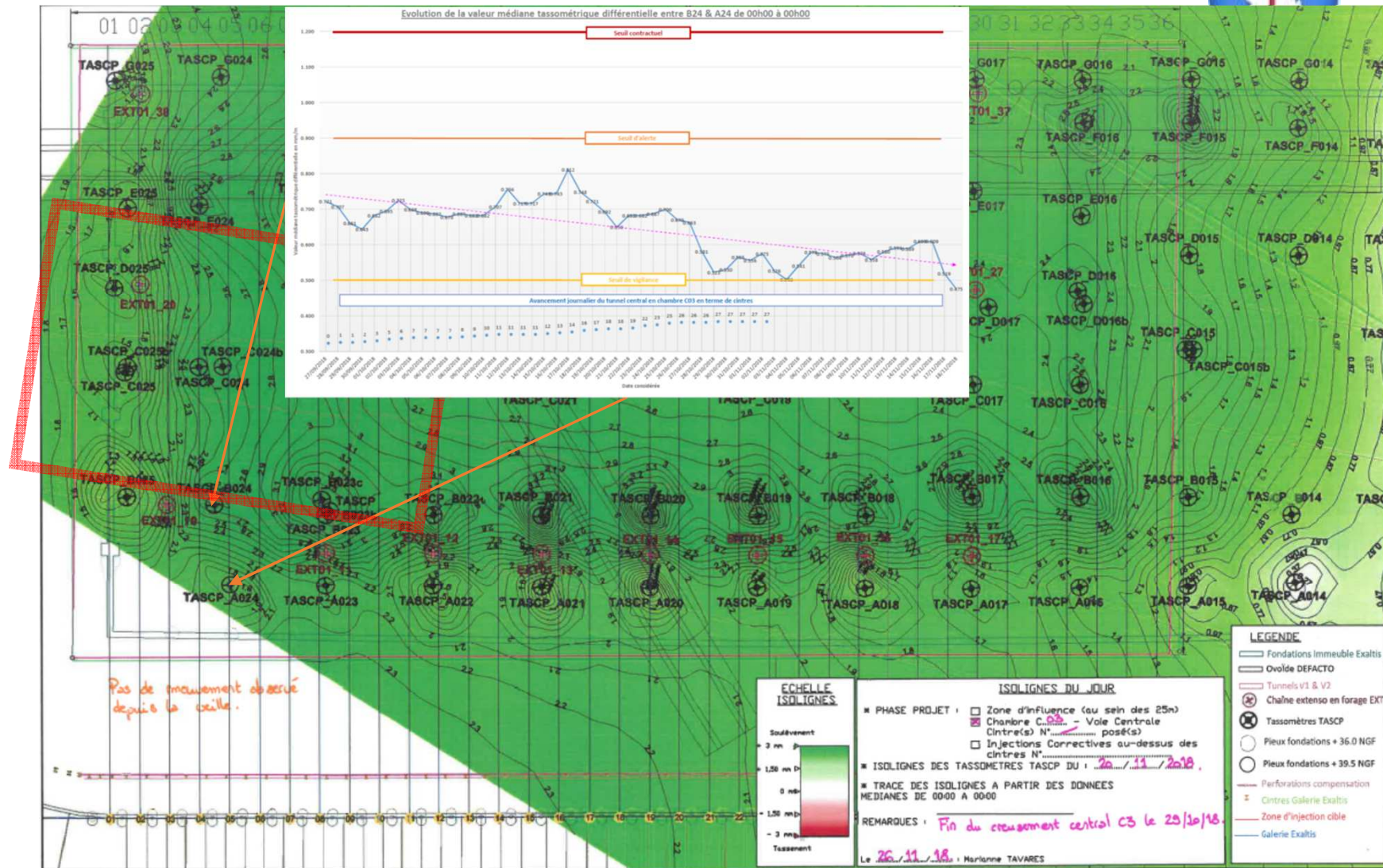




Injection de Compensation – Tassements Absolus



Injection de Compensation – Tassements Différentiels



Conclusions



- Maitrise des mouvements

Valeurs de seuil contractuelles très strictes

différentiel de 1.2 mm/m maîtrisés à 0.9 mm/m

Soulèvement maximal atteint de 4mm (seuil d'alerte)

- A ce jour pas de phase de compensation
- Reprise du creusement des parties latérales de l'entonnement prévue en début avril

Les équipes travaux restent mobilisées

Pour chacune des travées un programme d'injection est défini....

....et sera adapté selon les mouvements observés. A suivre...