



JOURNÉE TECHNIQUE : CHANTIERS LINÉAIRES SOUTERRAINS EN SITE URBAIN

Influence de la géologie / géotechnique sur la
conception et la réalisation des ouvrages

**Ligne 4 du métro parisien :
REX de la phase 1 (Montrouge) - conception de la phase 2 (Bagneux)**

26 mars 2015

Christophe BLOUET – Jean-Félix HUBERT

SOMMAIRE

1. Présentation du projet
2. Méthodes mises en œuvre en phase 1
3. Travaux de la station *Mairie de Montrouge*
4. Conception de la phase 2

SOMMAIRE

1. Présentation du projet
2. Méthodes mises en œuvre en phase 1
3. Travaux de la station *Mairie de Montrouge*
4. Conception de la phase 2

Ligne 4 du métro parisien :

REX de la phase 1 (Montrouge) - conception de la phase 2 (Bagneux)

Présentation du projet : les acteurs

- Financeurs



- MOA



- MOE



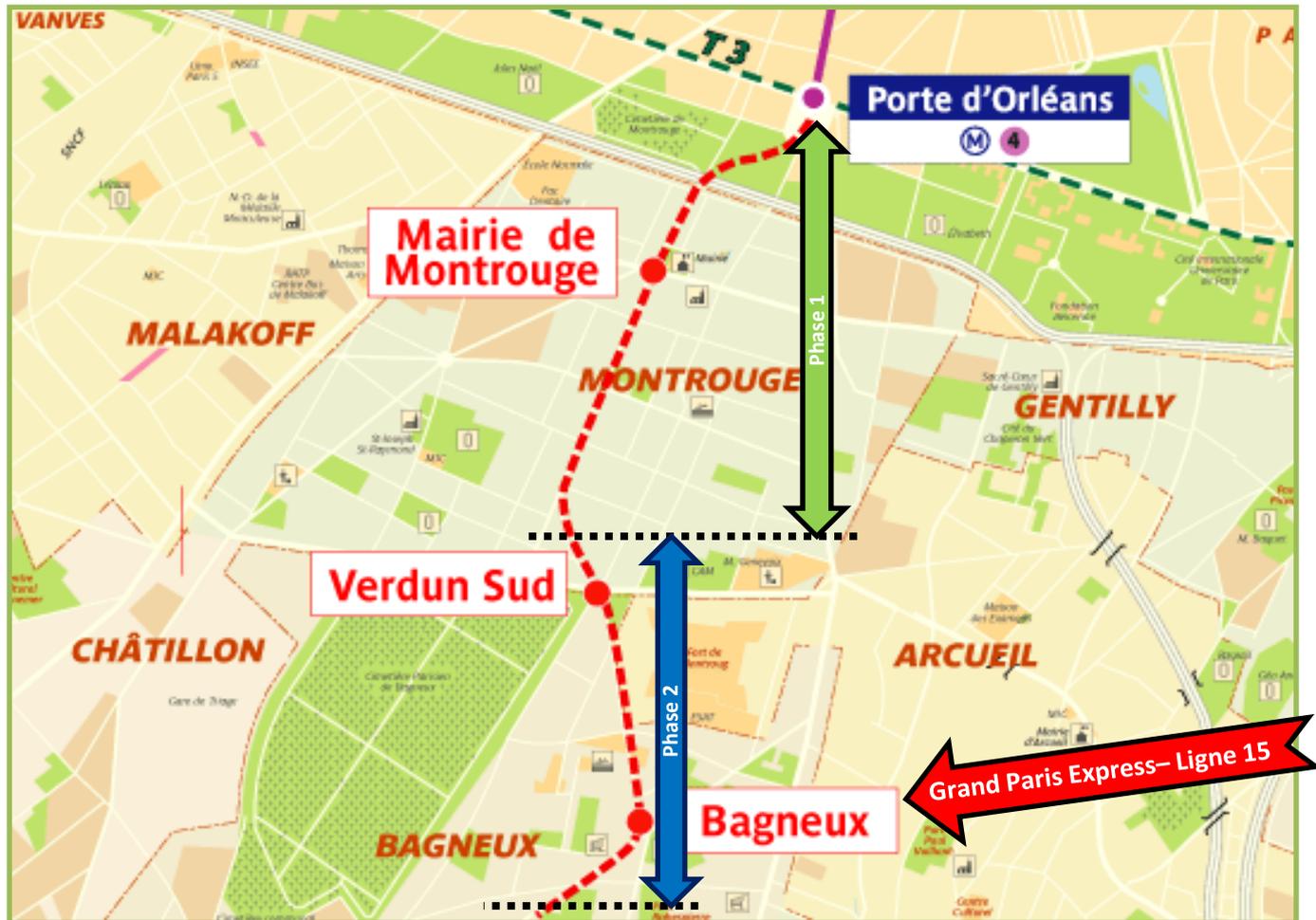
- Entreprise mandataire phase 1



Ligne 4 du métro parisien :

REX de la phase 1 (Montrouge) - conception de la phase 2 (Bagneux)

Présentation du projet : les objectifs

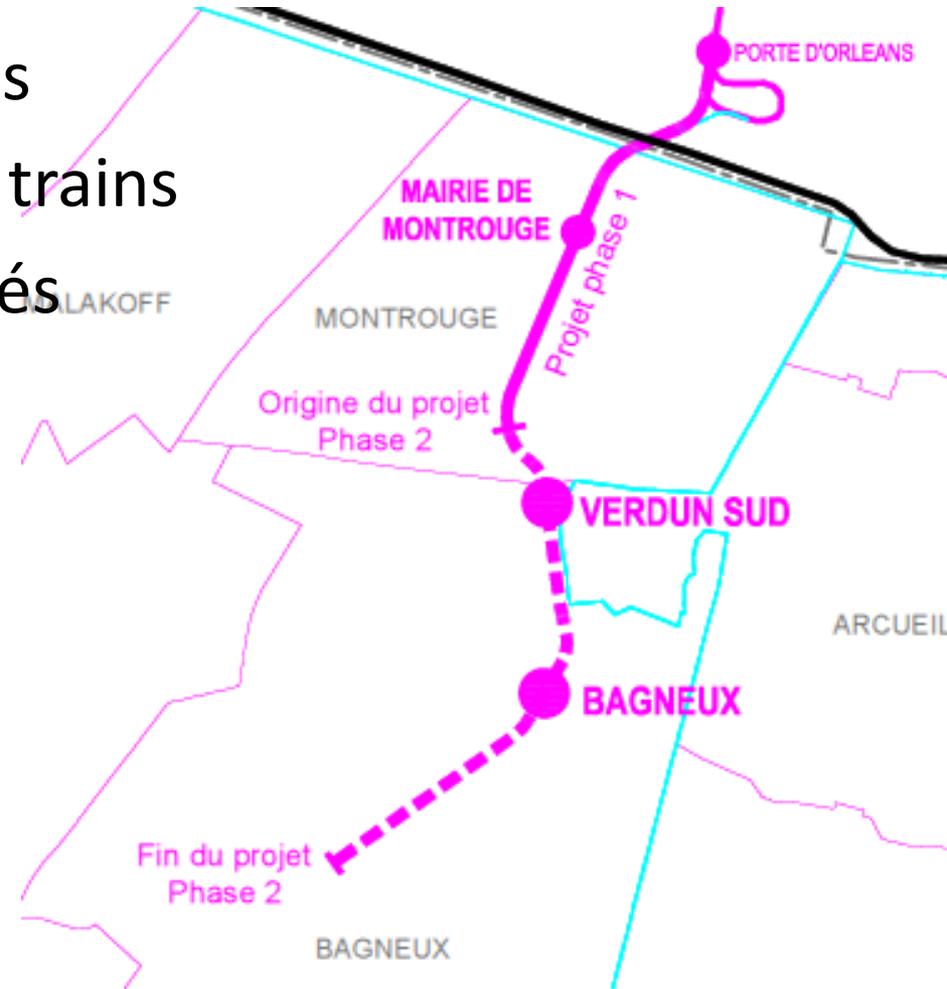


Ligne 4 du métro parisien :

REX de la phase 1 (Montrouge) - conception de la phase 2 (Bagneux)

Présentation du projet : le programme

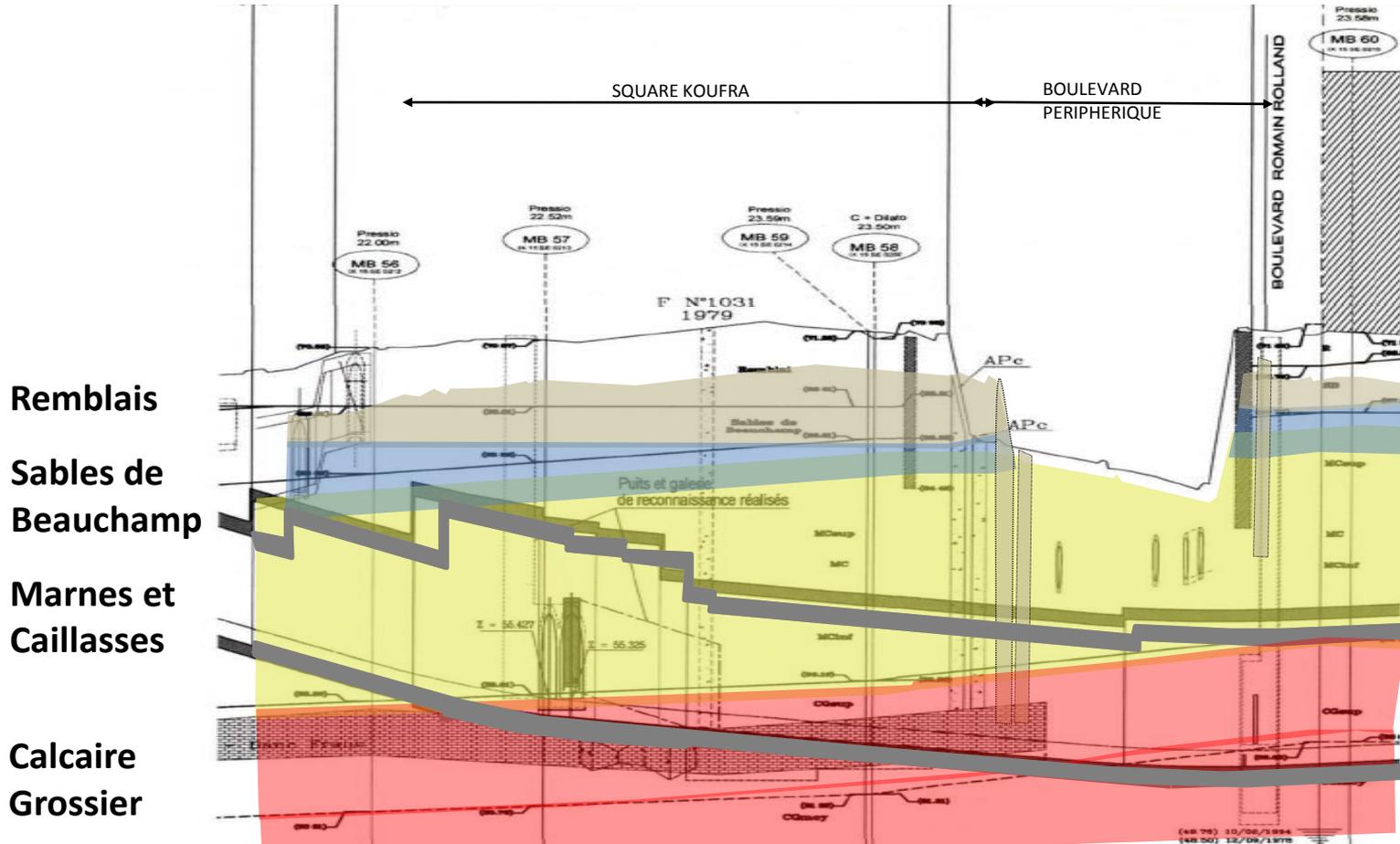
- 3 stations supplémentaires
- Centre de dépannage des trains
- 3300 m d'ouvrages enterrés



Ligne 4 du métro parisien :

REX de la phase 1 (Montrouge) - conception de la phase 2 (Bagneux)

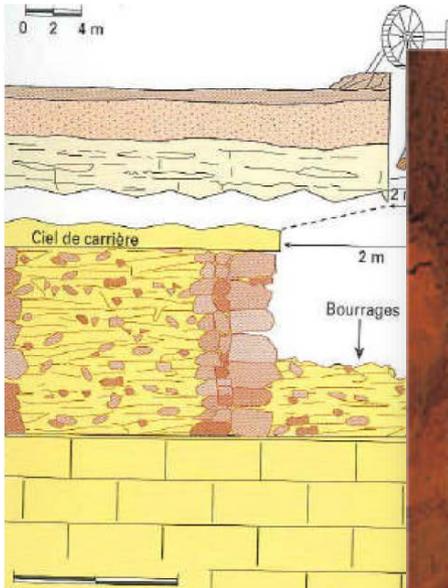
Présentation du projet : le contexte géologique



Ligne 4 du métro parisien :

REX de la phase 1 (Montrouge) - conception de la phase 2 (Bagneux)

Présentation du projet : le contexte géologique



SOMMAIRE

1. Présentation du projet
2. **Méthodes mises en œuvre en phase 1**
3. Travaux de la station *Mairie de Montrouge*
4. Conception de la phase 2

Ligne 4 du métro parisien :

REX de la phase 1 (Montrouge) - conception de la phase 2 (Bagneux)

Phase 1 : méthodes mises en œuvre

Tunnel : passage sous le périphérique

Méthode de prédécoupage avec prévoûtes Perforex®



Phase 1 : méthodes mises en œuvre

Méthode Perforex

Avantages

- Évite le déconfinement des terrains
- Réduit les tassements en surface
- Garantit la sécurité au front

Conditions d'application

- Cohésion des terrains > 35 kPa
- Résistance $R_c < 40$ MPa
- Faibles venues d'eau



Phase 1 : méthodes mises en œuvre

Présence de carrières souterraines

⇒ risque de création de fontis, ou de remontée de fontis existants vers la surface

⇒ **nécessité d'un traitement préalable**

Objectif : recréer un massif le plus homogène possible autour de l'ouvrage et sous le bâti.

Ligne 4 du métro parisien :

REX de la phase 1 (Montrouge) - conception de la phase 2 (Bagneux)

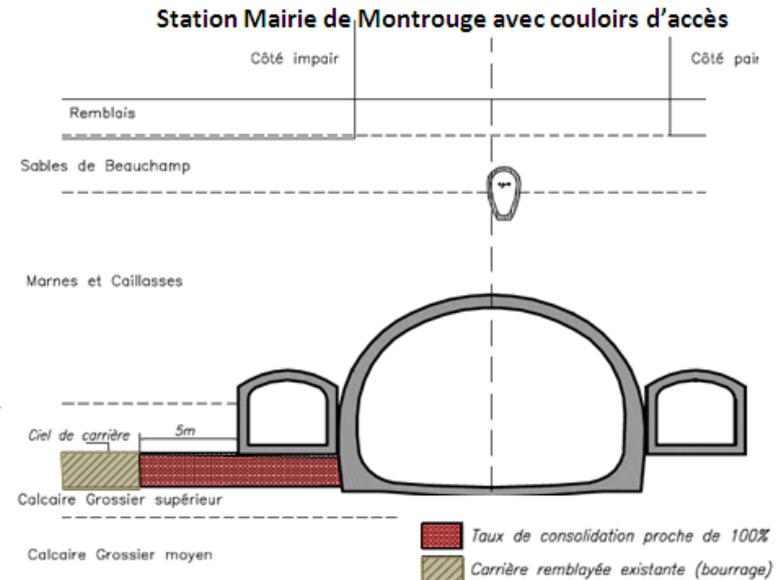
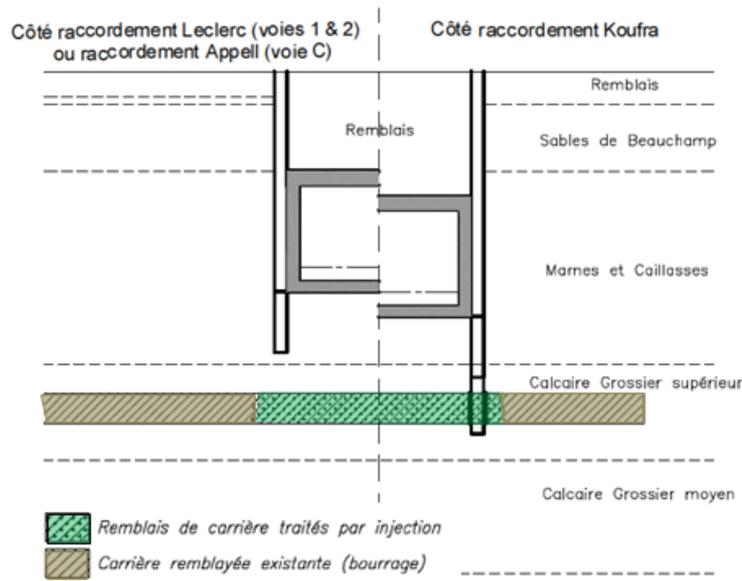
Phase 1 : méthodes mises en œuvre

Traitement des carrières

Exemples de coupes de principe de consolidation :

⇒ Injection des remblais de carrières depuis la surface

⇒ Confortement à pied d'œuvre depuis la carrière par piliers et murs



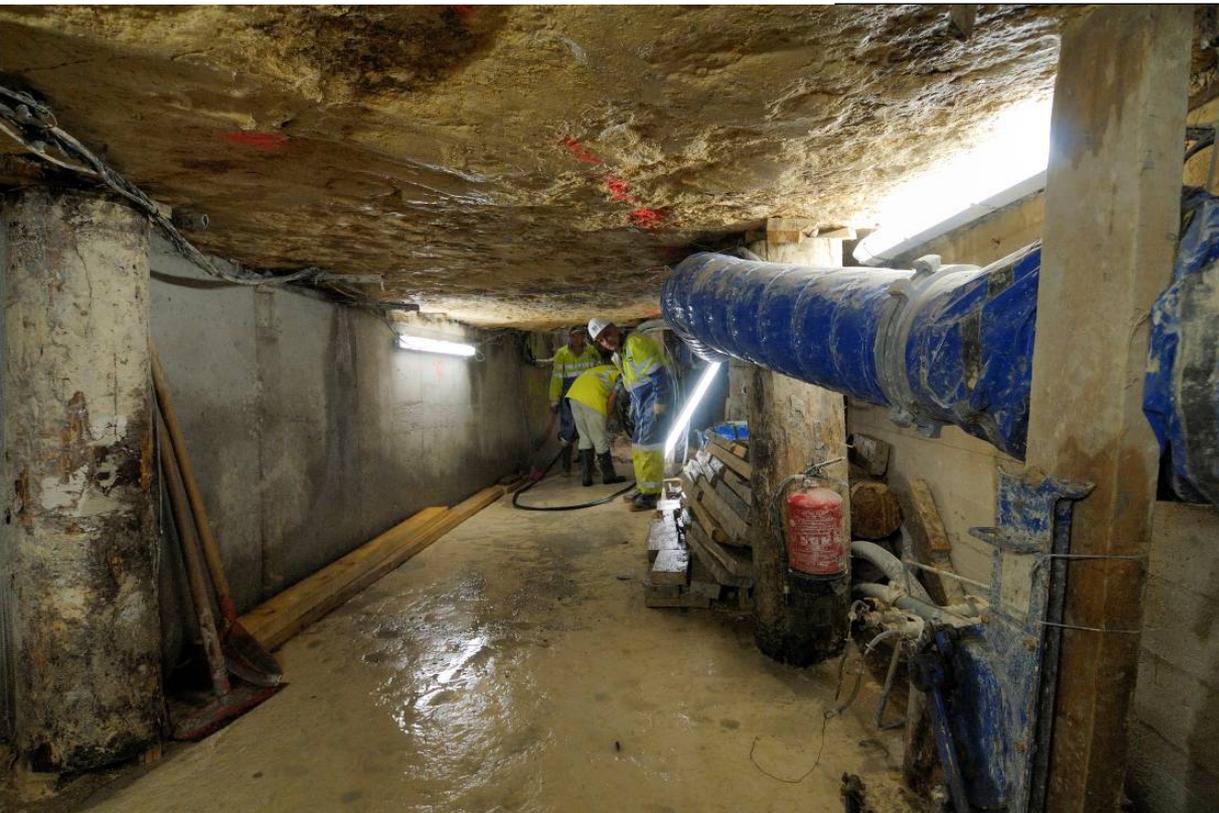
Ligne 4 du métro parisien :

REX de la phase 1 (Montrouge) - conception de la phase 2 (Bagneux)

Phase 1 : méthodes mises en œuvre

Traitement des carrières à pied d'œuvre

Purge manuelle et remplissage avec du béton

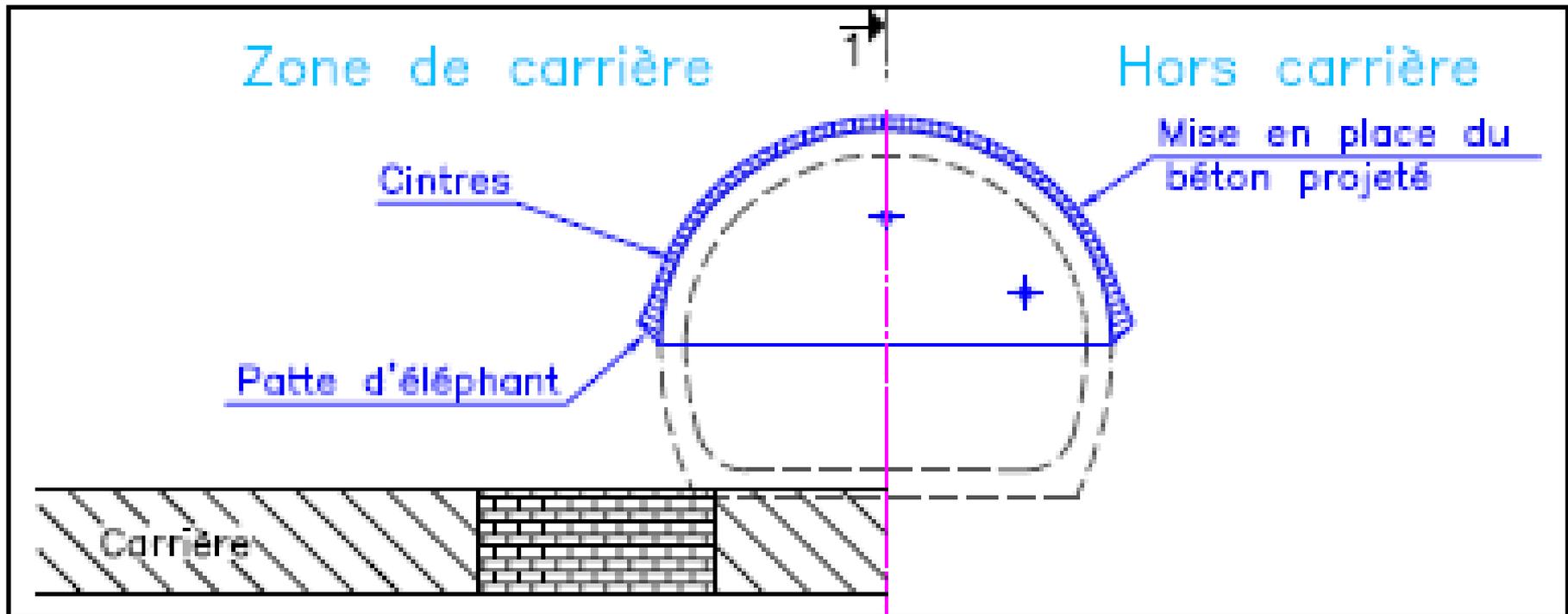


Ligne 4 du métro parisien :

REX de la phase 1 (Montrouge) - conception de la phase 2 (Bagneux)

Phase 1 : méthodes mises en œuvre

Tunnel courant en souterrain



⇒ Méthode conventionnelle en section divisée

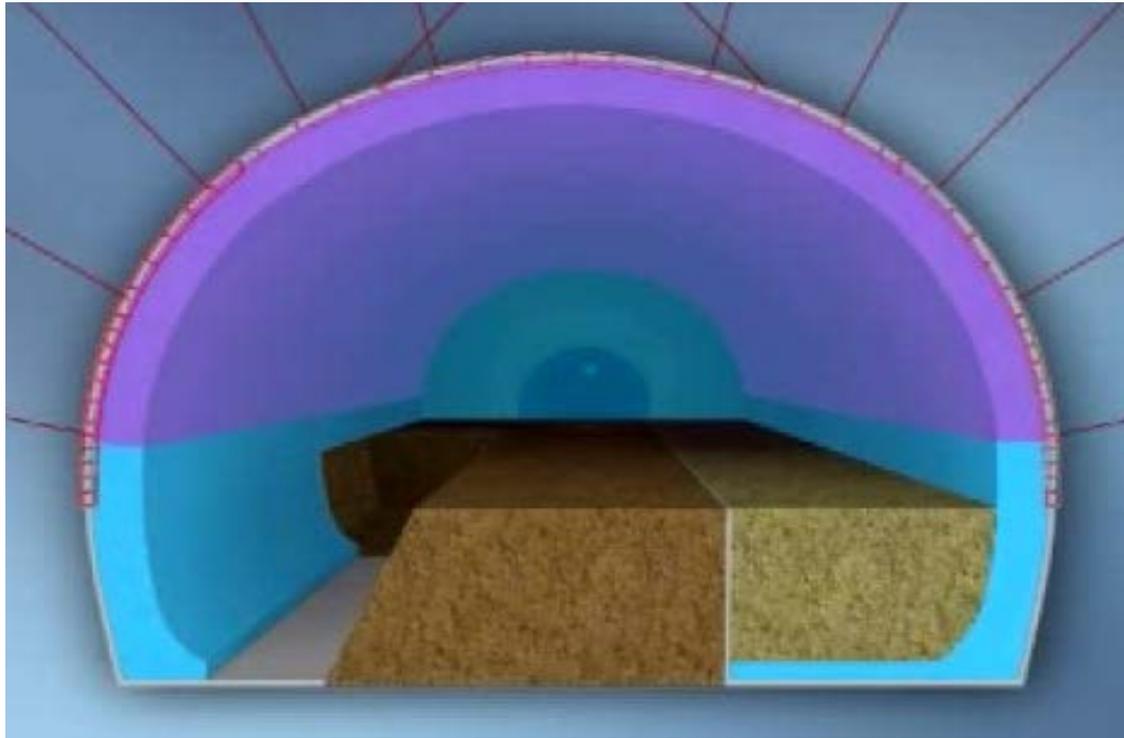
SOMMAIRE

1. Présentation du projet
2. Méthodes mises en œuvre en phase 1
3. **Travaux de la station *Mairie de Montrouge***
4. Conception de la phase 2

Ligne 4 du métro parisien :

REX de la phase 1 (Montrouge) - conception de la phase 2 (Bagneux)

Travaux de la station Mairie de Montrouge Méthode initialement prévue



Côté de la carrière

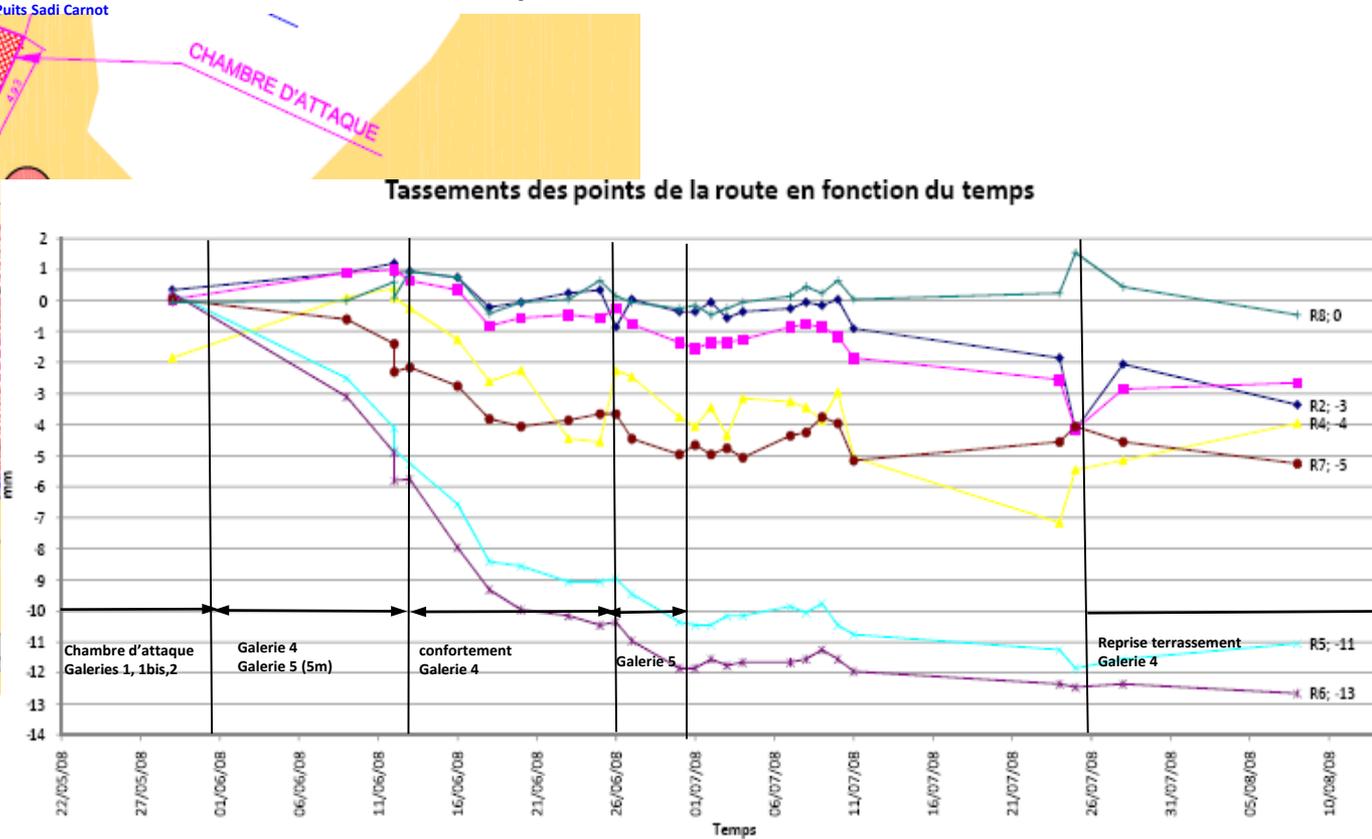
⇒ Section divisée

Ligne 4 du métro parisien :

REX de la phase 1 (Montrouge) - conception de la phase 2 (Bagneux)

Travaux de la station Mairie de Montrouge

Incident lors du terrassement de l'une des galerie de confortement : tassements dépassant les seuils fixés



Travaux de la station Mairie de Montrouge

Origine des tassements

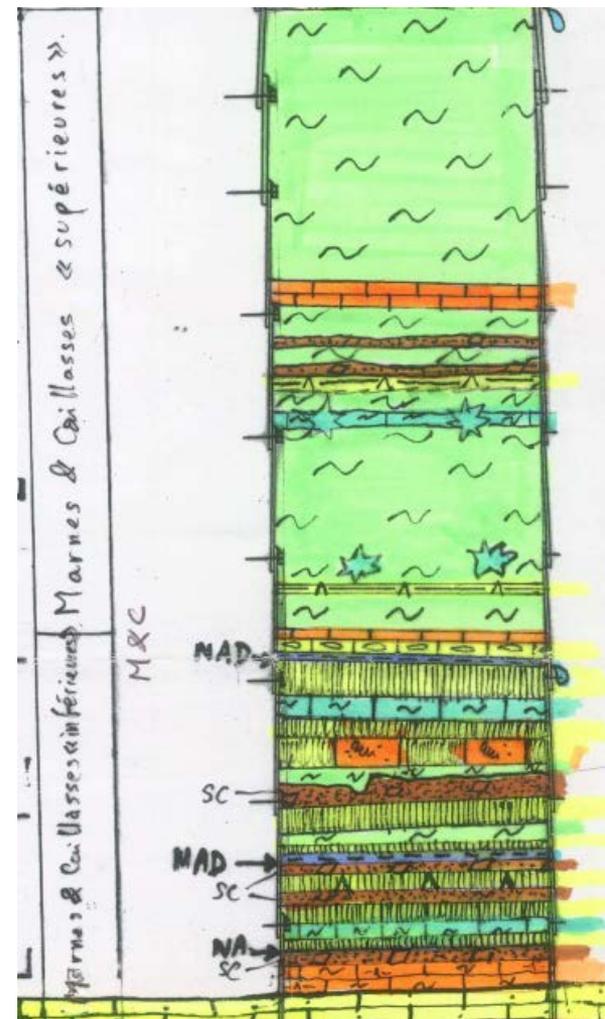
- Ciel de carrière en appuis sur les bourrages latéraux
- Apparition de tassements du fait des fracturations du ciel de carrière
- **Amplification des tassements par la présence des micro bâillements au sein des Marnes et Caillasses**



Travaux de la station Mairie de Montrouge

Description des marnes et caillasses

- Deux sous-couches : MC inférieures et supérieures
 - ➔ Nouvelle définition de la limite entre les deux. Abaissement de plus de 1 m de cette limite.
- Micro-bâillements entre bancs
 - Faciès 1 : Banc marneux,
 - Faciès 2 : Banc de caillasses,
 - Faciès 3 : Banc calcaire,
 - Faciès 4 : Banc de substitution de gypse,
 - Faciès 5 : Banc calcaire fossilifère.

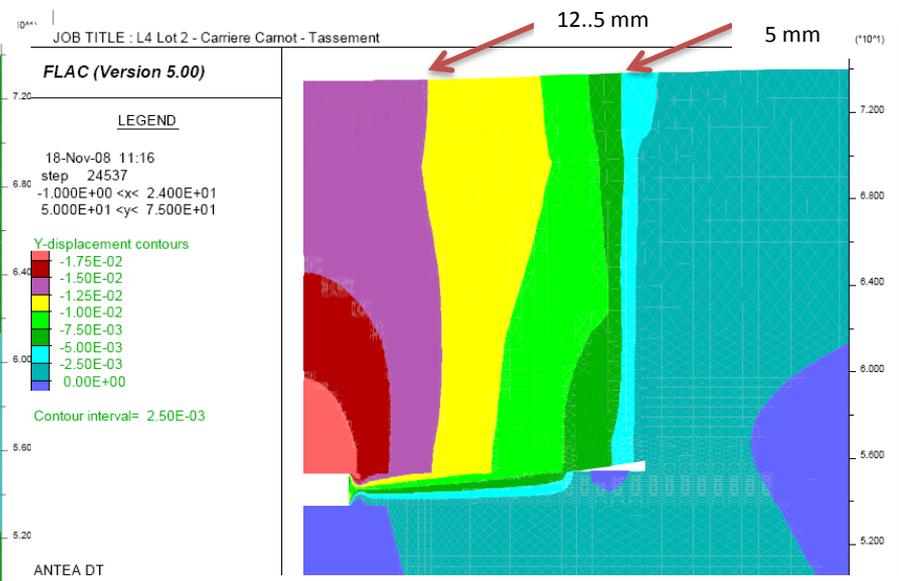
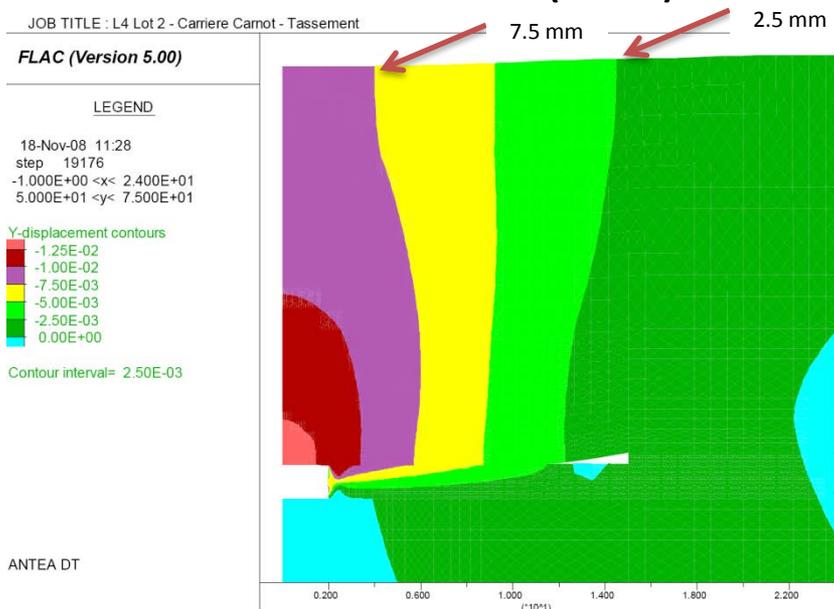


Ligne 4 du métro parisien :

REX de la phase 1 (Montrouge) - conception de la phase 2 (Bagneux)

Travaux de la station Mairie de Montrouge Rétro-analyse du comportement des MC

- Réalisation d'une étude de sensibilité (recalage du modèle).
- Nouvelle loi de comportement, tenant compte de la fracturation du massif (roches) et d'une direction privilégiée de cisaillement (sols).



Calcul sur la base d'un modèle de Mohr-Coulomb seul et paramètres CCTP

Calcul sur la base d'un solide de Mohr-Coulomb (paramètres CCTP) affecté par des plans de ruptures verticaux (paramètres amoindris – horizons de couverture de carrière)

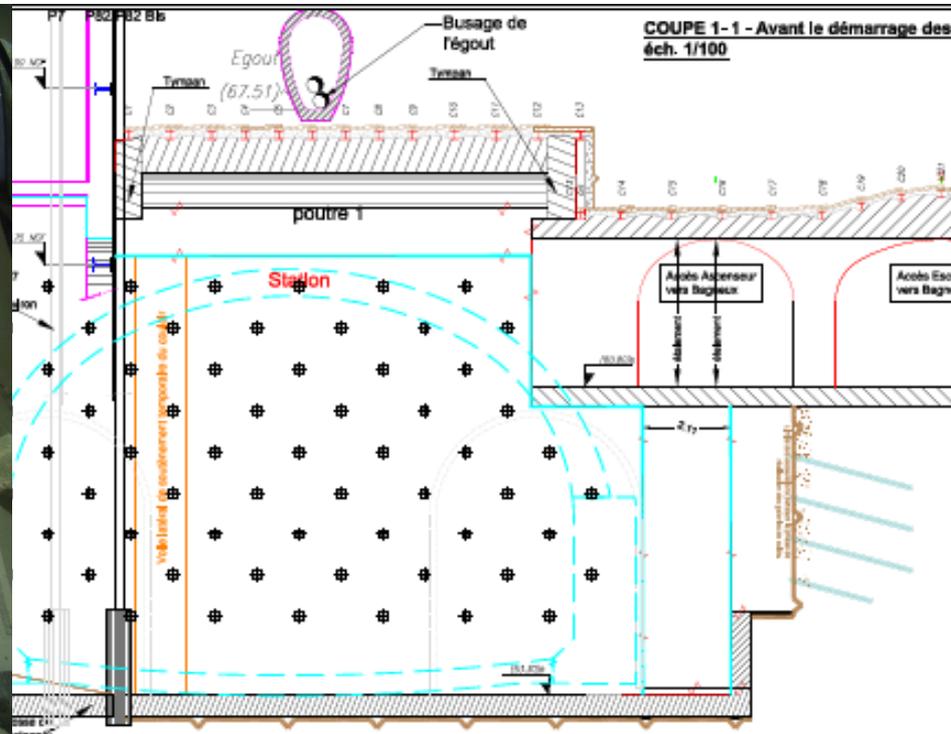
Ligne 4 du métro parisien :

REX de la phase 1 (Montrouge) - conception de la phase 2 (Bagneux)

Travaux de la station Mairie de Montrouge

Modifications de la méthode de réalisation

- Boulonnage du front de taille



Ligne 4 du métro parisien :

REX de la phase 1 (Montrouge) - conception de la phase 2 (Bagneux)

Travaux de la station Mairie de Montrouge

Modifications de la méthode de réalisation

- Phasage d'excavation, section divisée



Ligne 4 du métro parisien :

REX de la phase 1 (Montrouge) - conception de la phase 2 (Bagneux)

Travaux de la station Mairie de Montrouge



Ligne 4 du métro parisien :

REX de la phase 1 (Montrouge) - conception de la phase 2 (Bagneux)

Travaux de la station Mairie de Montrouge

Modifications de la méthode de réalisation : délai global

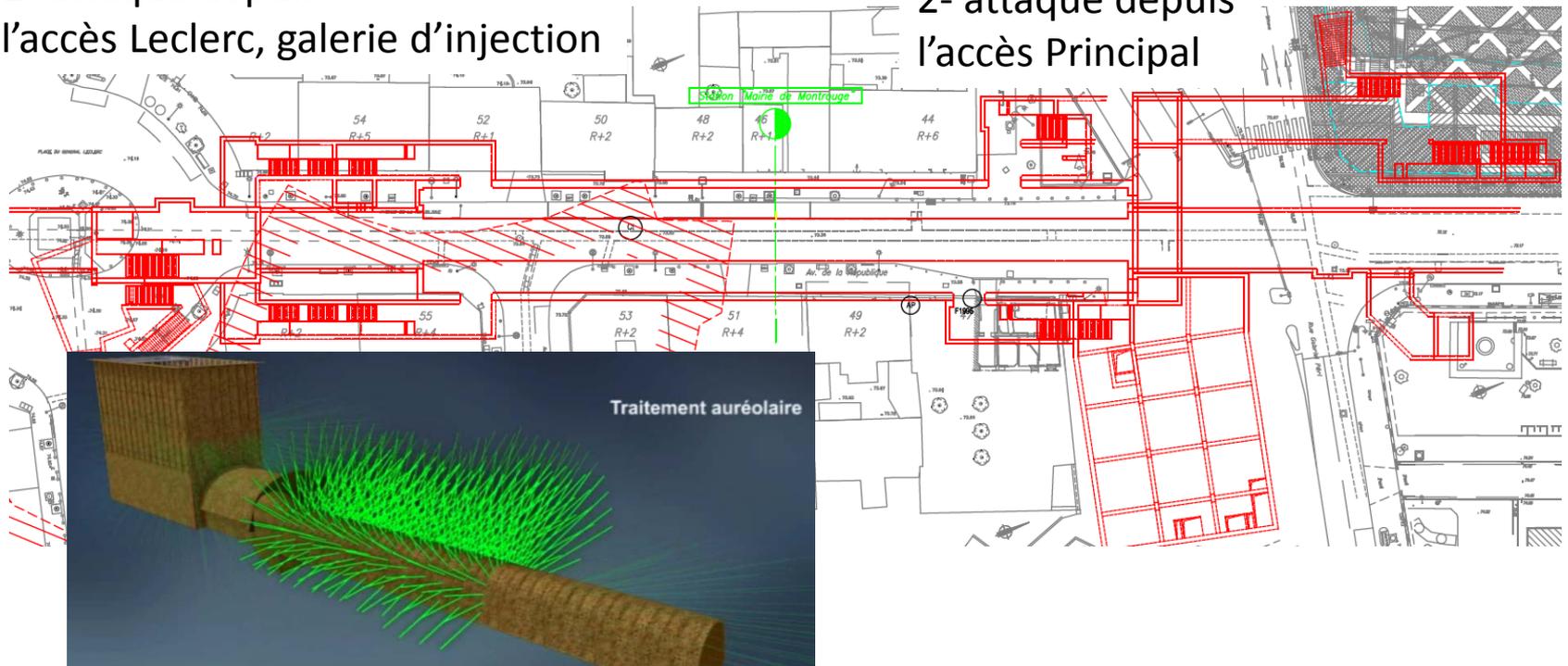
- Deux attaques simultanées

1- attaque depuis

l'accès Leclerc, galerie d'injection

2- attaque depuis

l'accès Principal



SOMMAIRE

1. Présentation du projet
2. Méthodes mises en œuvre en phase 1
3. Travaux de la station *Mairie de Montrouge*
4. **Conception de la phase 2**

Ligne 4 du métro parisien :

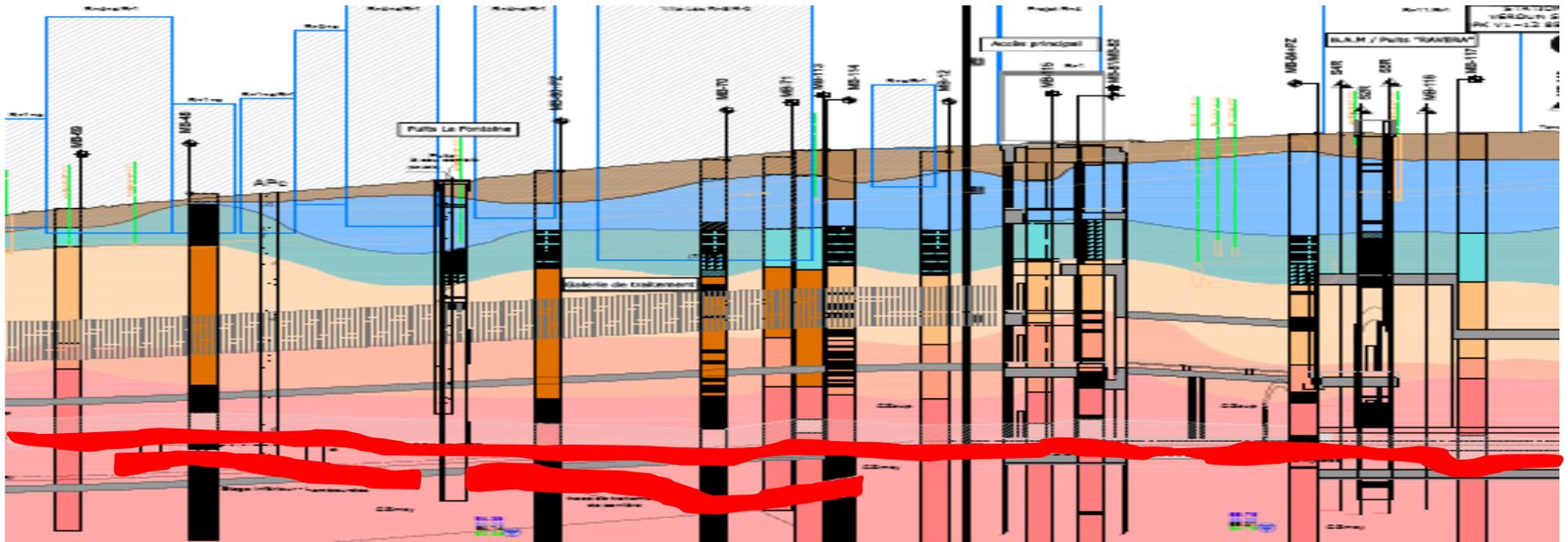
REX de la phase 1 (Montrouge) - conception de la phase 2 (Bagneux)

Conception de la phase 2 : le contexte

Comme en phase 1 :

- Carrières souterraines

sur 100% du tracé localement sur deux niveaux



Conception de la phase 2 : le contexte

Comme en phase 1 :

- Carrières souterraines
- Bâti dense

**parfois ancien et
en mauvais état**



Ligne 4 du métro parisien :

REX de la phase 1 (Montrouge) - conception de la phase 2 (Bagneux)

Conception de la phase 2 : le contexte

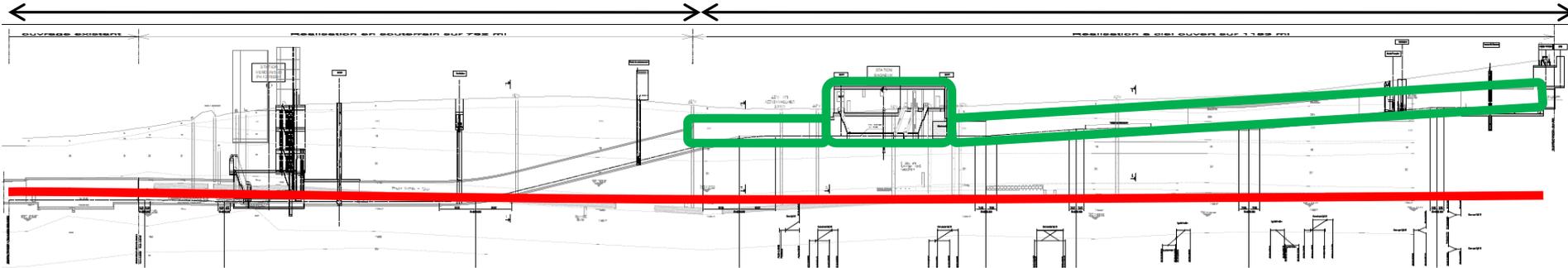
A la différence de la phase 1 :

- Un tissu urbain moins dense à Bagneux

permet la tranchée couverte et la remontée du profil

Réalisation en souterrain

Réalisation en tranchée



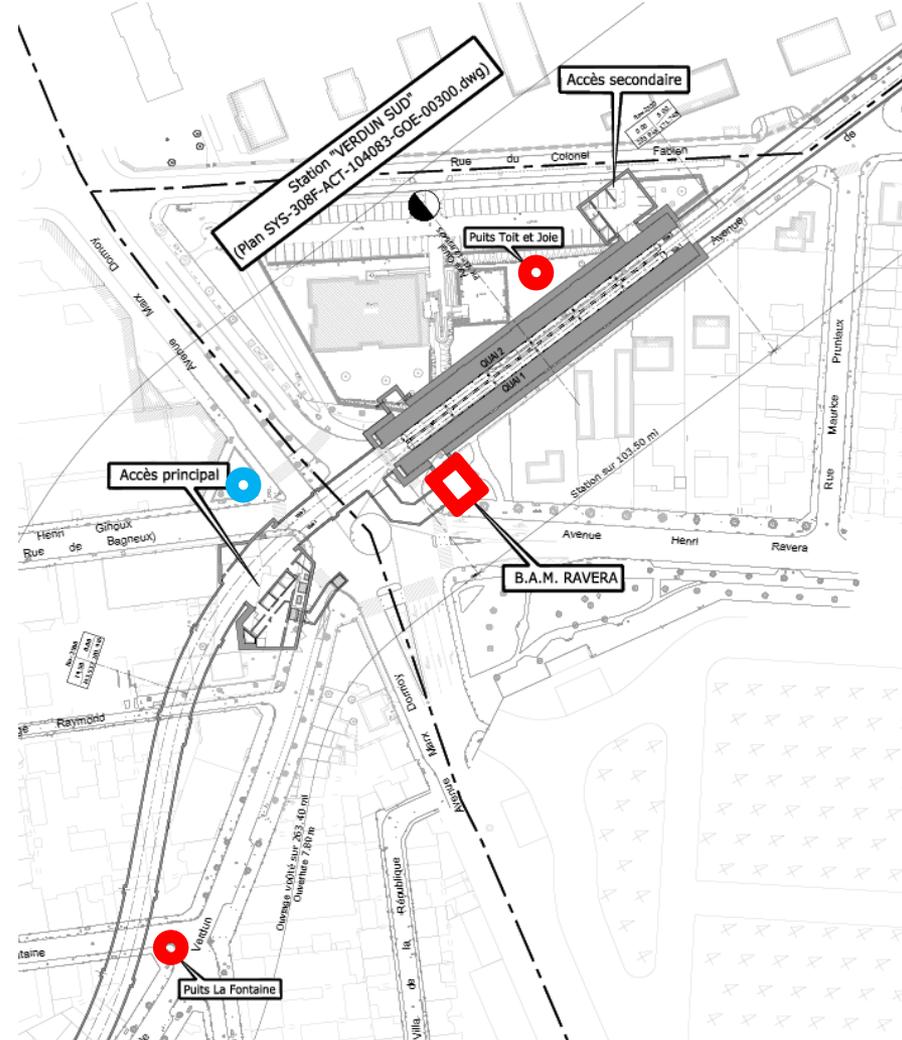
Ligne 4 du métro parisien :

REX de la phase 1 (Montrouge) - conception de la phase 2 (Bagneux)

Conception de la phase 2 : reconnaissances

4 puits de reconnaissances

1 nouveau puits d'accès aux carrières à réaliser

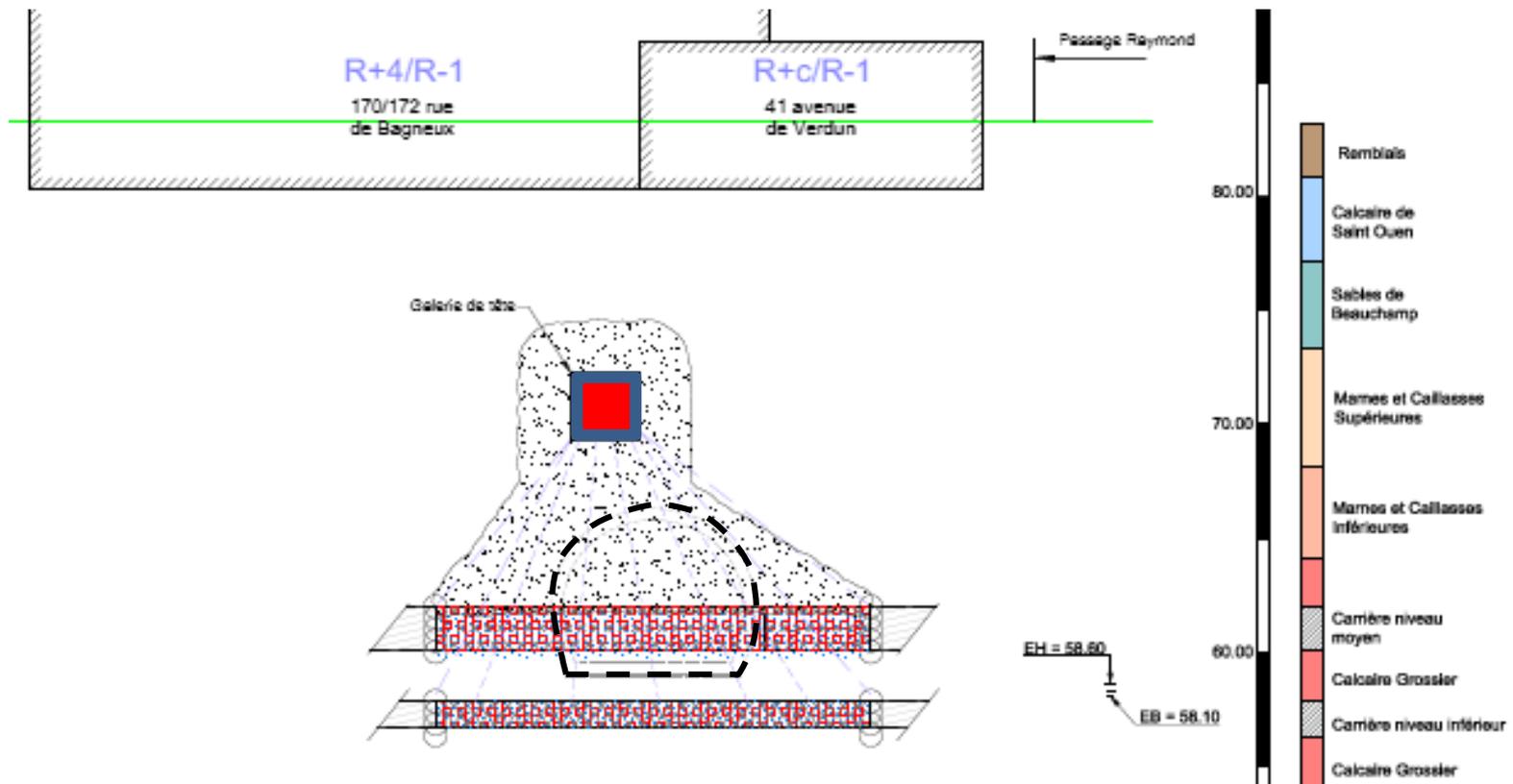


Ligne 4 du métro parisien :

REX de la phase 1 (Montrouge) - conception de la phase 2 (Bagneux)

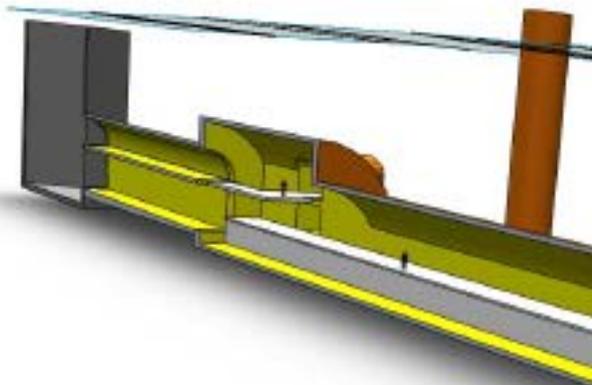
Conception de la phase 2 : tunnel en souterrain

Injection des Marnes et Caillasses et des carrières



Conception de la phase 2 : la station Verdun

Injection des Marnes et Caillasses et confortement des carrières à pied d'œuvre



Ligne 4 du métro parisien : REX de la phase 1 (Montrouge) - conception de la phase 2 (Bagneux)

Mise en service : 2020

