

Microtunnelier : Principes de chantiers exigeants



Sommaire

- Présentation d'Eiffage Génie Civil Réseaux
- Principes techniques de fonctionnement
- Influence de la géotechnique
- Puits d'accès

Présentation d'Eiffage GC Réseaux

EIFFAGE

1 Groupe – 23,4 Mds € - 83 500 collaborateurs (fin 2024)

4 branches



Construction

- Eiffage Construction
- Eiffage Immobilier
- Eiffage Aménagement



Infrastructures

- Eiffage Route
- Eiffage Génie Civil
- Eiffage Métal



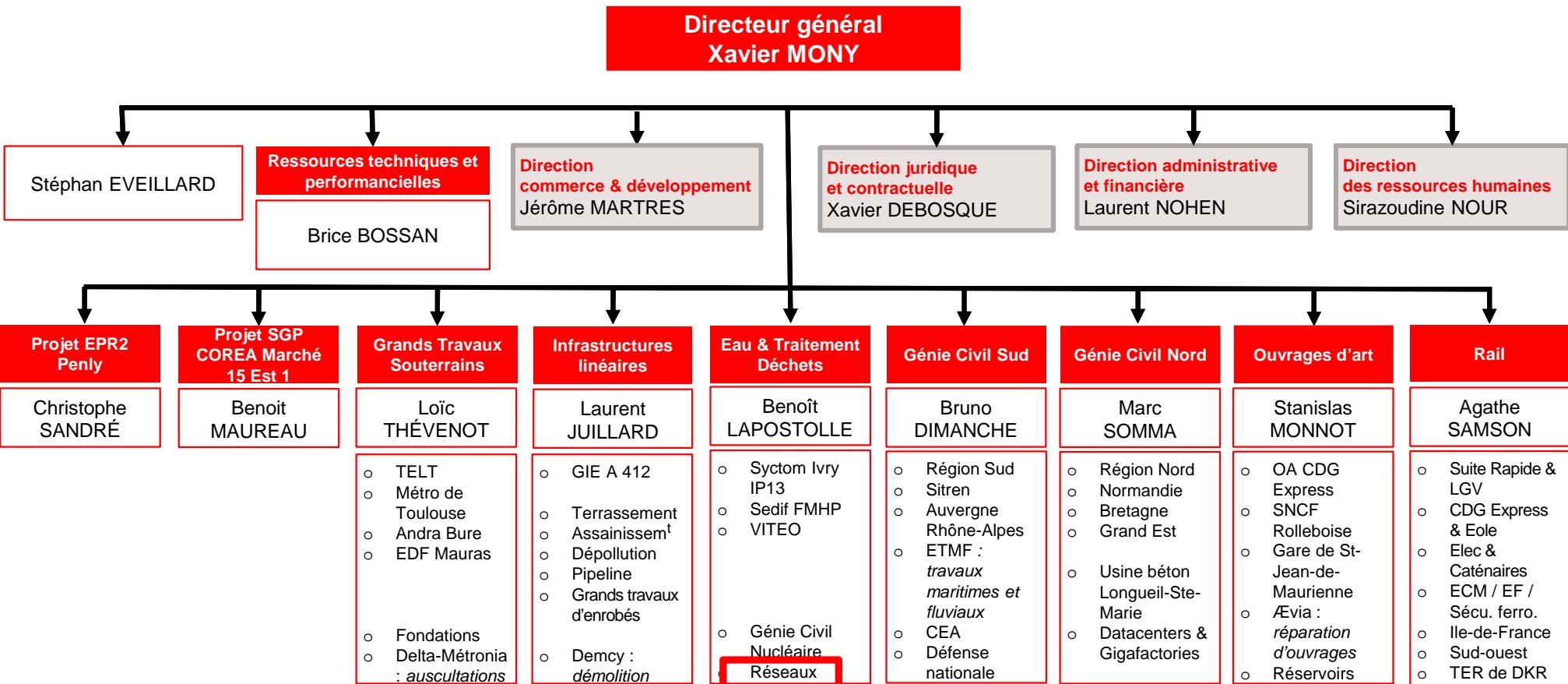
Énergie Systèmes

- Eiffage Énergie Systèmes



Concessions

- Eiffage Concessions
- Autoroutes APRR & AREA



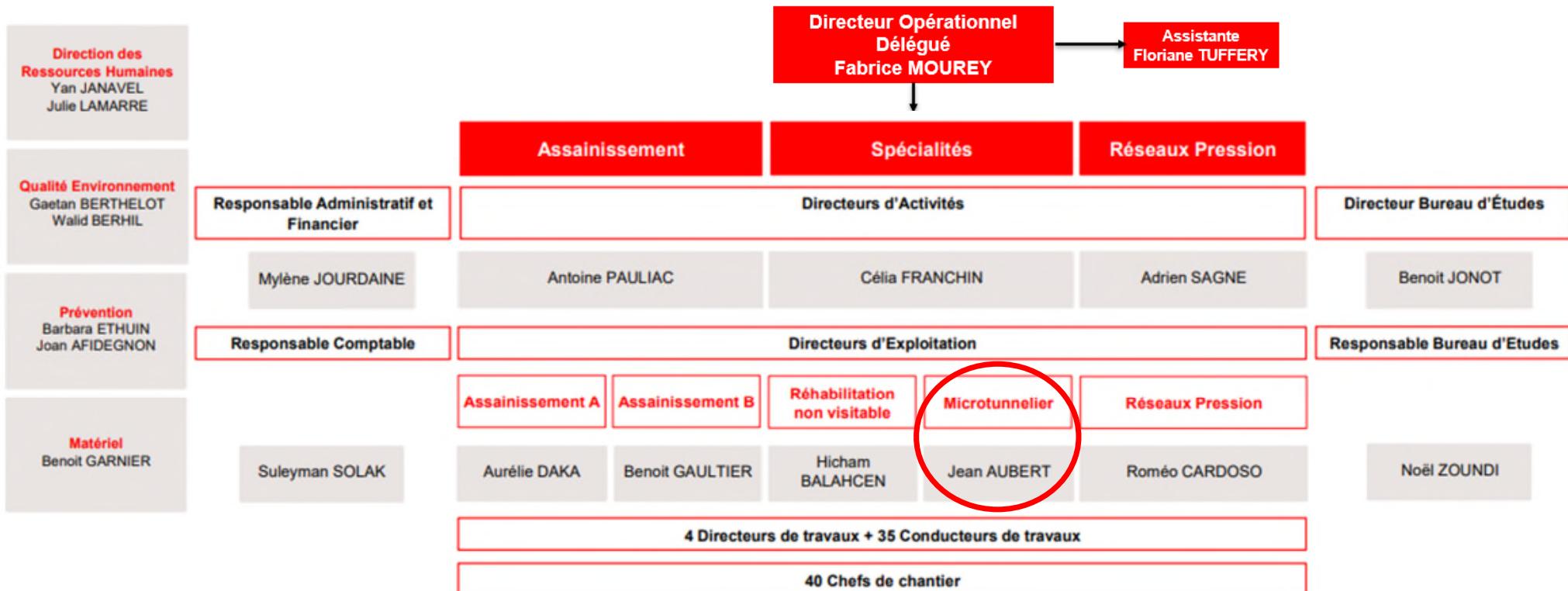
Du tunnelier au microtunnelier, on change d'échelle de structure !

Membre de la FSTT !



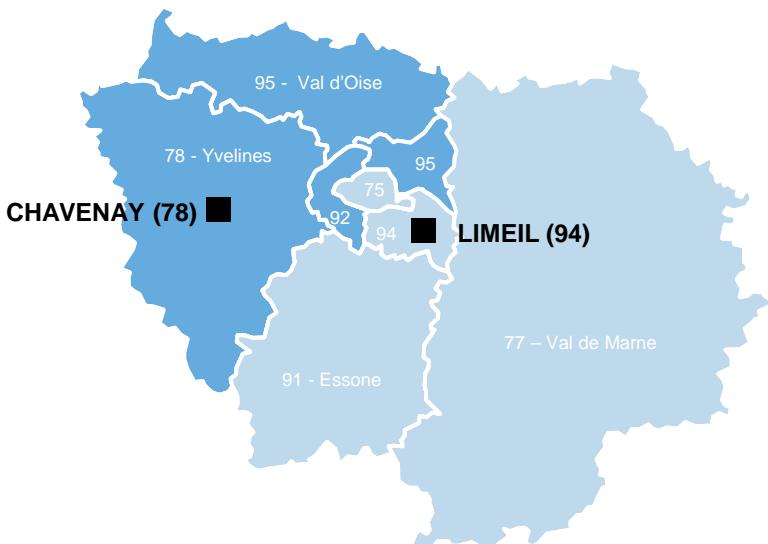
LIVRET FORMATIONS 2026 PP.pdf

ORGANISATION EIFFAGE GENIE CIVIL RESEAUX



Implantation et couverture géographique

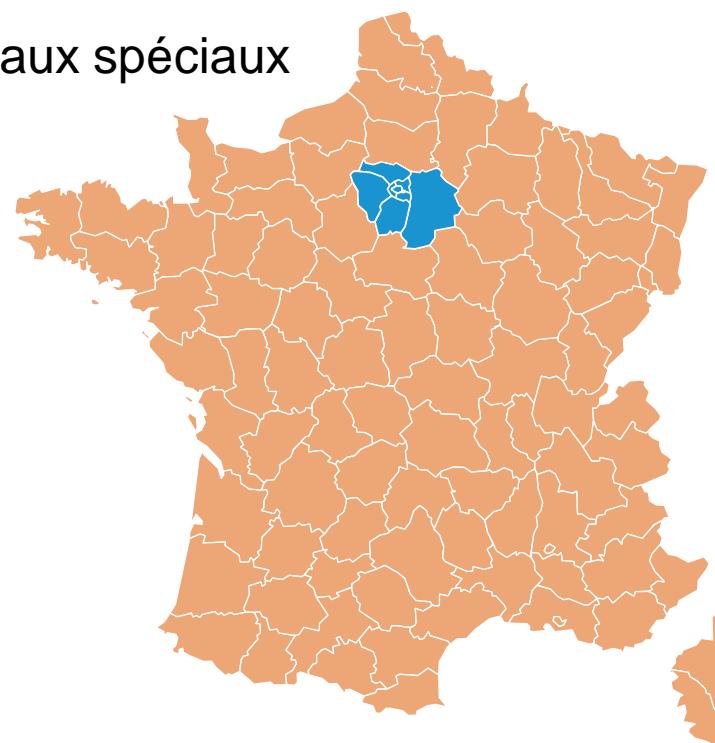
PARIS NORD OUEST



PARIS SUD EST

 Métiers traditionnels

 Travaux spéciaux



Chiffre d'affaires

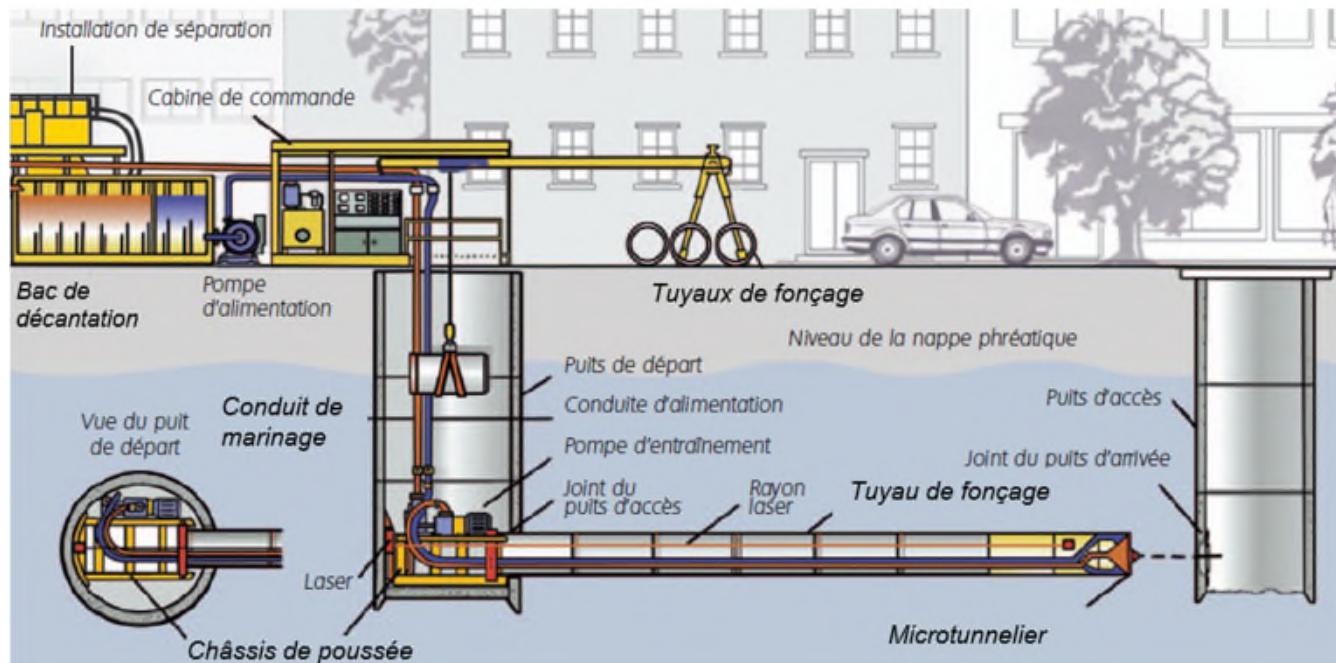
K€	2022	2023	2024
EIFFAGE GÉNIE CIVIL RÉSEAUX	74 000	77 000	90 000

Principe de fonctionnement

Comme un tunnelier ?

... pas tout à fait !

Une technique de fonçage pour des réseaux



- Creusement à front fermé
- Pilotage depuis la surface
- Construction à l'avancement depuis le puits de départ
- Marinage hydraulique (le + fréquent)
- Transport et évacuation des matériaux excavés depuis la surface

Intérêts

- Maintien de la circulation
- Franchissement d'obstacles (voies ferrées, autoroutes, cours d'eau...)
- Préservation de zones environnementales
- Limitation de la gêne et des nuisances
- Bilan carbone
- Pose de réseaux gravitaires ou pression, humides ou secs
- Adapté à beaucoup de géologies différentes
- Microtunnelier réutilisable, logistique moins onéreuse que tunnelier à voussoirs
- Plusieurs tirs depuis un même puits de départ
- Tracés rectilignes ou avec des courbes

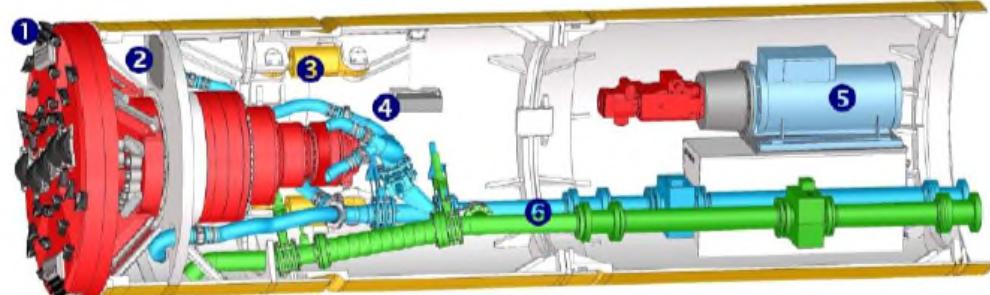
Prérequis

- Sondages géotechniques au niveau du tracé
- Repérage des zones à risque
(zones décomprimées/molles, fronts mixtes, cavités, blocs, obstacles métalliques, engins explosifs...)
- Couverture : 2,0 m mini (<DN1200) et 2 x Øext (4 x sous SNCF)
- Réseaux existants : 2 x Øext
(pour réseaux non étanches, fuites de boue)



Du DN400 au DN4000

AVN1000-1400



1 Roue de coupe.

2 Porte vers la chambre d'abatage.

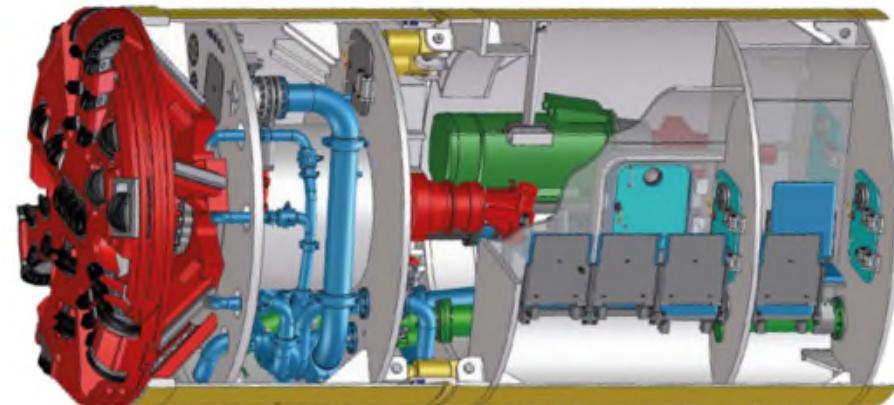
3 Vérins de pilotage.

4 Mire de guidage.

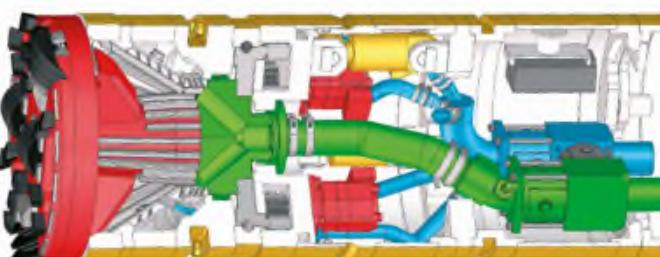
5 Groupe hydraulique.

6 Tuyaux de marinage.

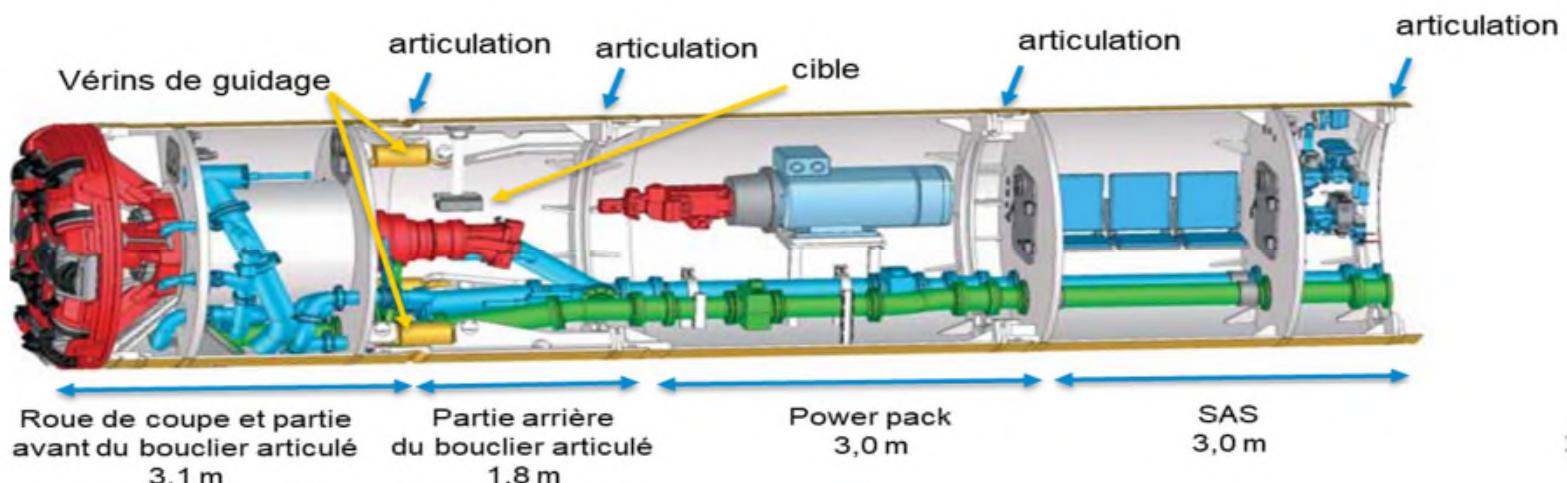
AVN2500-3000



AVN400-700



AVN1600-2000



Installation en surface

Diamètre Microtunnelier	Surface minimale Au puits de départ
DN600	500 m ²
DN800	600 m ²
DN1000	700 m ²
DN1200	
DN1400	800 m ²
DN1600	
DN1800	1 500 m ²
DN2000 et +	2 000 m ²

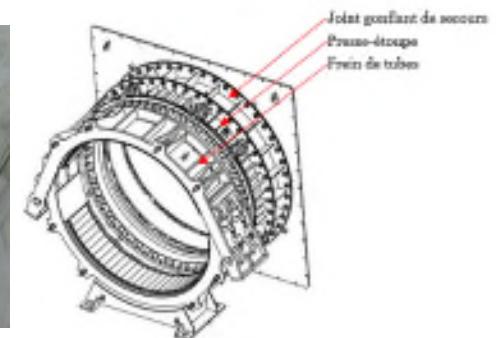
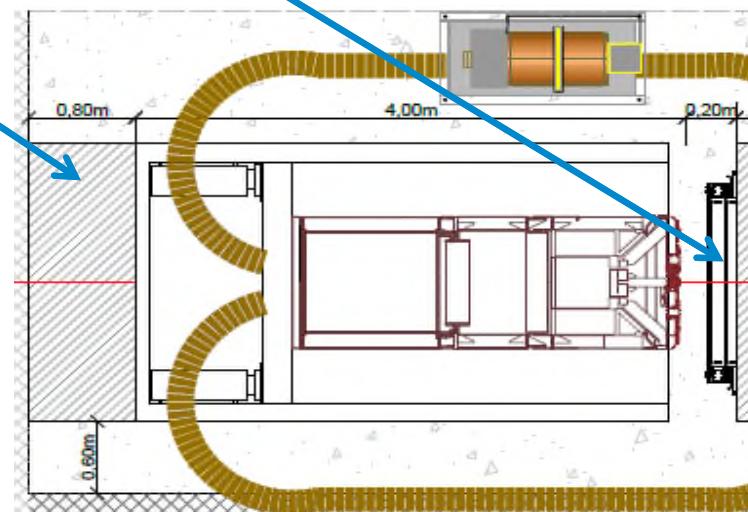


Système de traitement / stockage



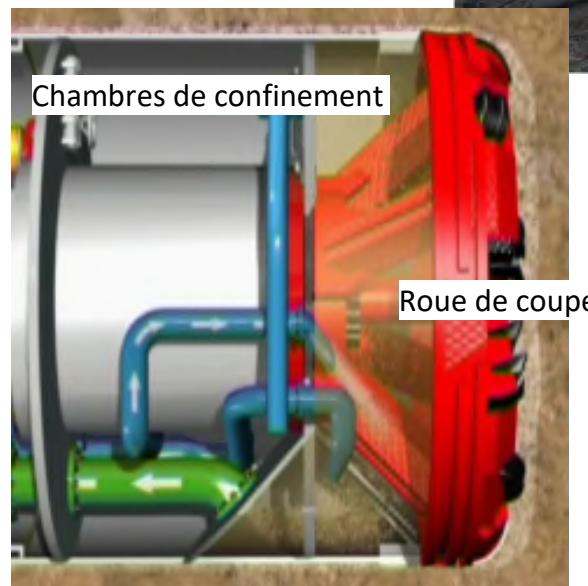
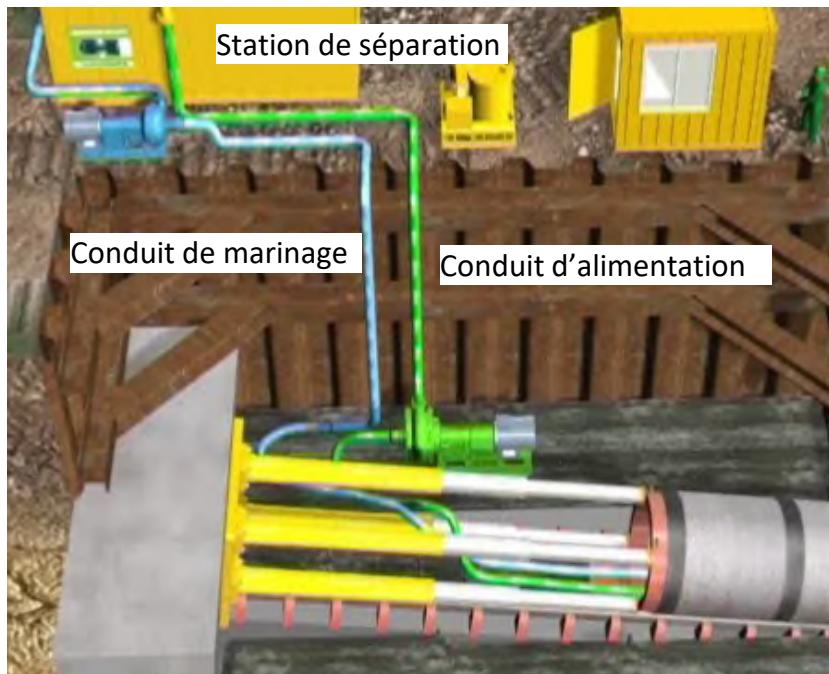
Installation en puits

1. Implantation de l'axe et des points de référence
2. Voile d'étanchéité et Presse-étoupe
3. Massif de butée
4. Pompe de marinage
5. (Frein de tube)



Forage et marinage hydraulique

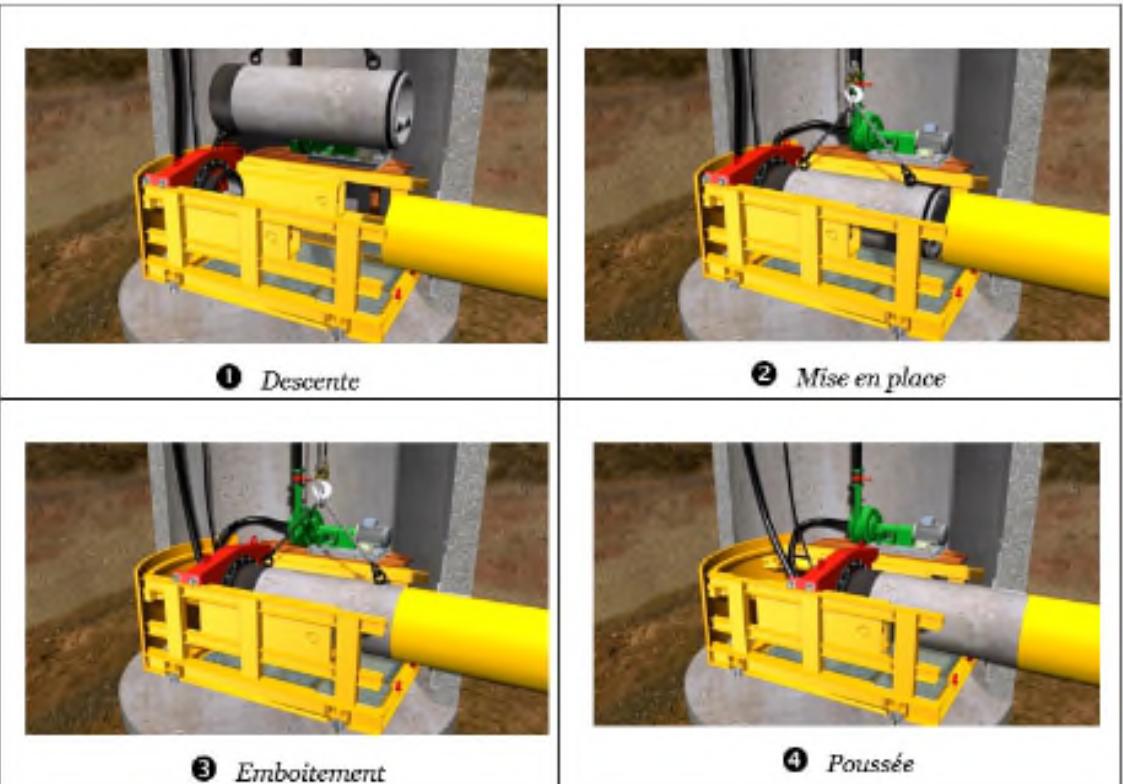
- Déblais ramenés par suspension
- Maintien du front de taille
- Mode D (AVND)



Cycle de fonçage

- Vérins de poussée en puits
- Banc compact / long

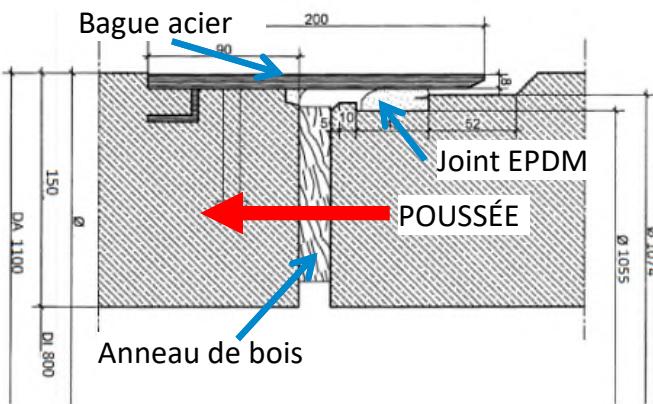
1 Déconnexions



2 Connexions

Tuyaux

- Joint EPDM sous une manche
- résistance à la poussée
- Anneau bois
- Joints hydrauliques (courbes)

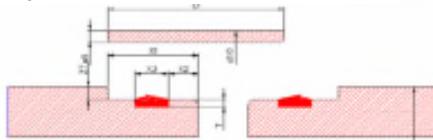


Base AVN1000/DN1000

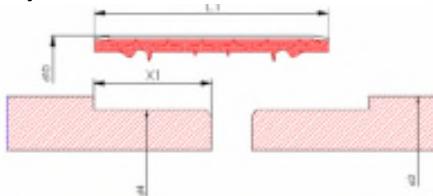


POUSSÉE

Tuyaux PRV avec manchette PRV



Tuyaux PRV avec manchette inox



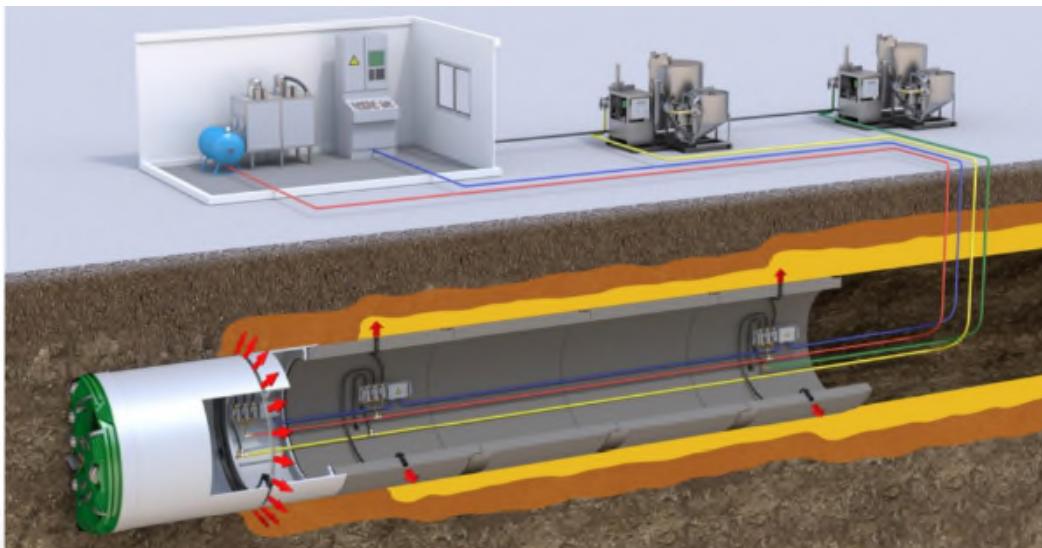
Tuyaux PRV



Plus fin – ex AVN1000/DN1200



Lubrification



Fluide bentonitique

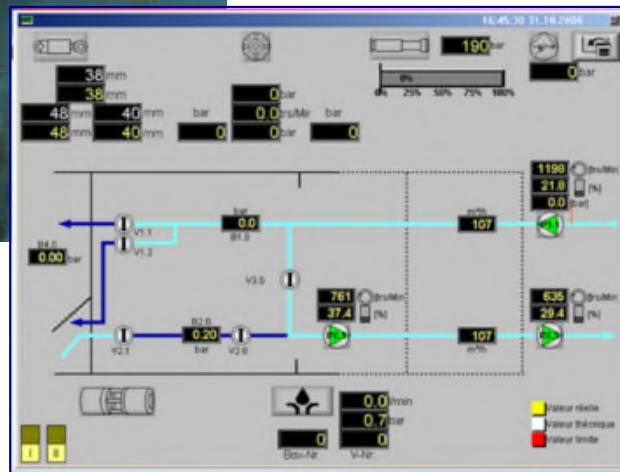
Volume selon l'avancement et la porosité du terrain



Pilotage

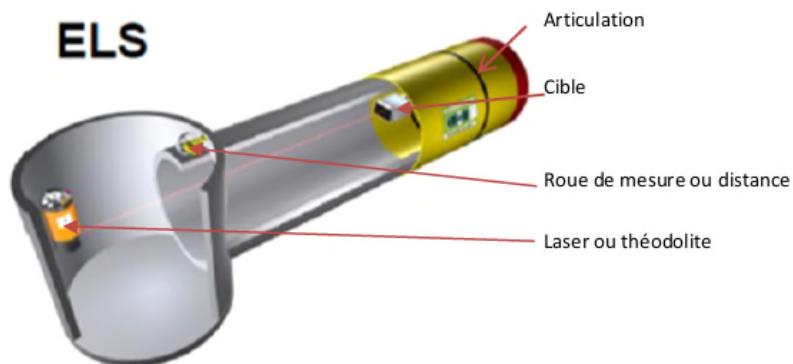


$$P_{\text{active}} < F < P_{\text{passive}}$$

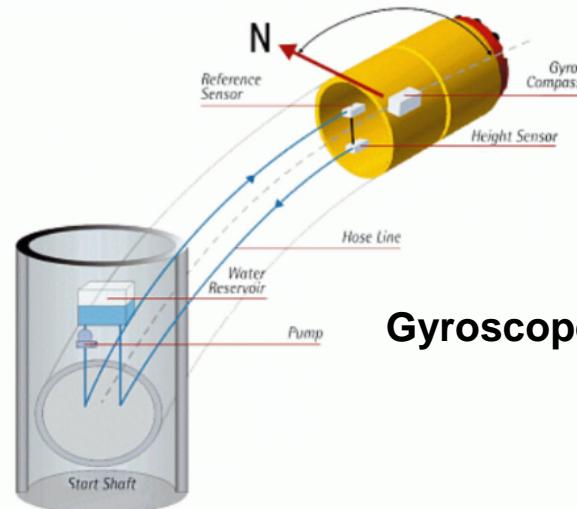
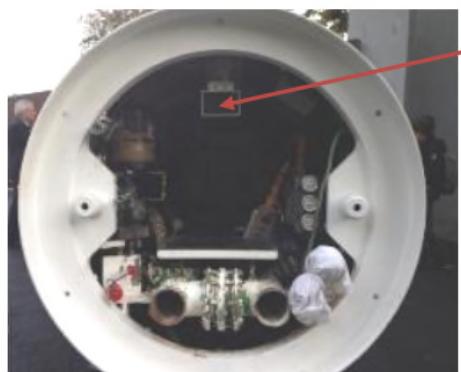


Systèmes de guidage

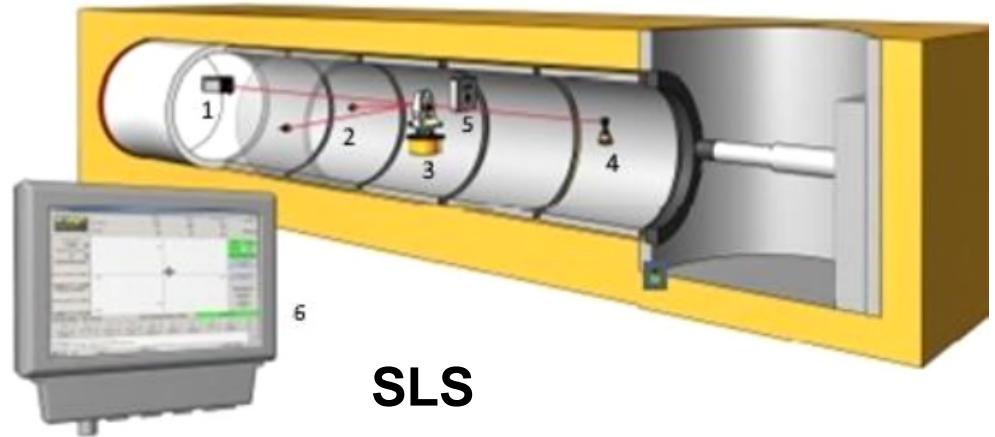
ELS



Mode de guidage en tir droit



Gyroscope et niveau à eau



SLS

Influence de la géologie

Paramètres géotechniques essentiels

À proximité immédiate
et
à la profondeur du forage !

=> RENDEMENT ET RISQUES

Informations recherchées (Sol)	Types de sondages et d'essais	Sols meubles cohérents (Limons, Argiles, Marnes, craies...)	Sols meubles pulvérulents Sables, Graviers, Galets...)	Sols rocheux compact	Informations recherchées (Nappe)	Type d'essais
Nature	Carottage Destructif	X	X	X	Niveau Variation Perméabilité Agressivité de l'eau	Piézométrie Relevé Essai Lefranc / Pompage Analyse chimique
Résistance « Portance »	Pressiomètre Pénétromètre	X	X			
Collage	Limites d'Atterberg Ip +Ic	X				
c', ϕ	Essais de cisaillement	X	X	X		
Gonflement	Essais de gonflement	X				
Granulométrie	Analyse granulométrique	X	X			
Résistance Dureté	Rc, Rt Dureté Cerchar		(X)	X		
Abrasivité	Abrasivité Cerchar Toulouse		(X)	X		
Qualité, Fragmentabilité	LCPC RQD			X		

Roue de coupe adaptée à la géologie

Type et diamètre

Résistance à la compression + Taille des gros éléments (règle 1/3)



Roue pour roche dur.



Roue pour terrain mixte.



Roue pour terrain meuble.

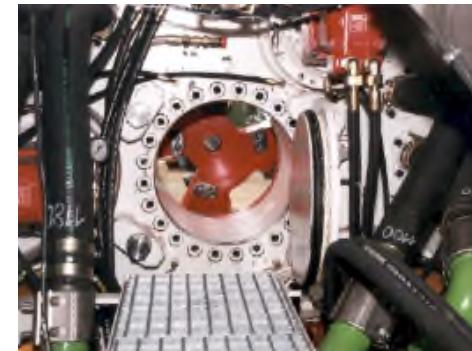
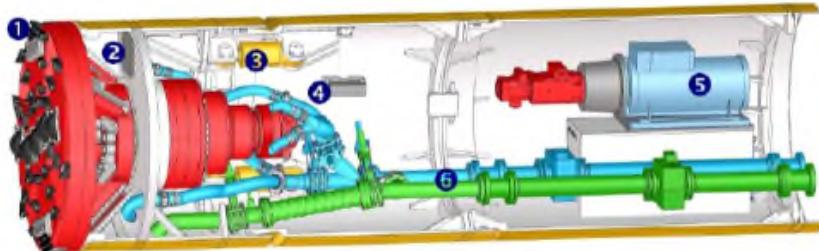


Ne pas oublier les obstacles et l'intérêt du confinement mécanique !!!
Exemple : paroi en pieux ou risque de blocs ou galets !!!

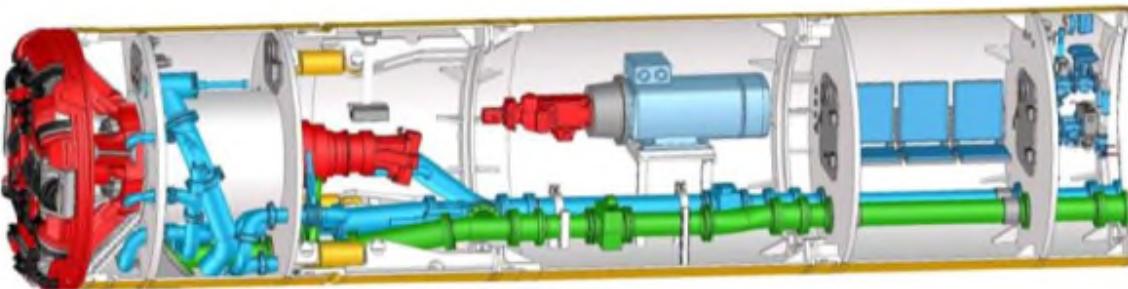
Machine adaptée à la géologie

Diamètre / Accès et changement des outils
(abrasivité)

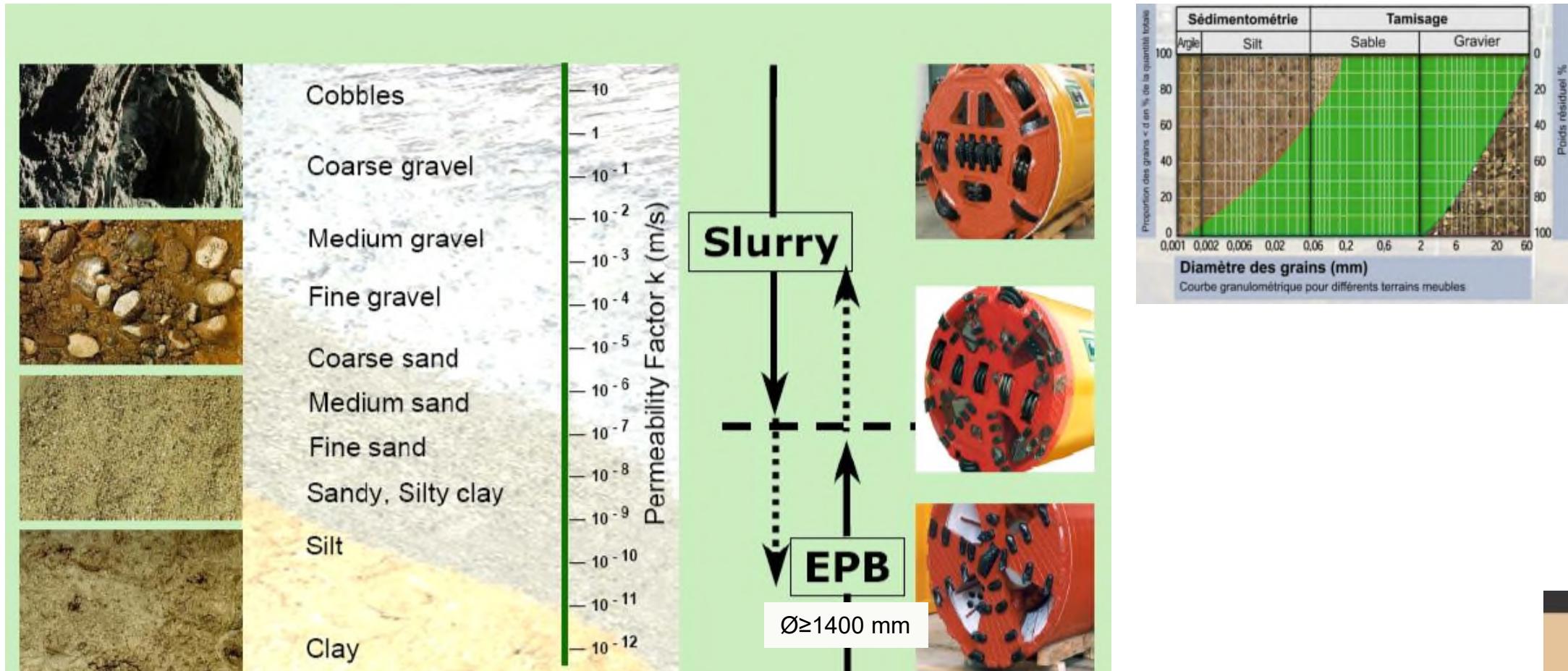
DN \geq 1 200 mm Accès au front (hors nappe)



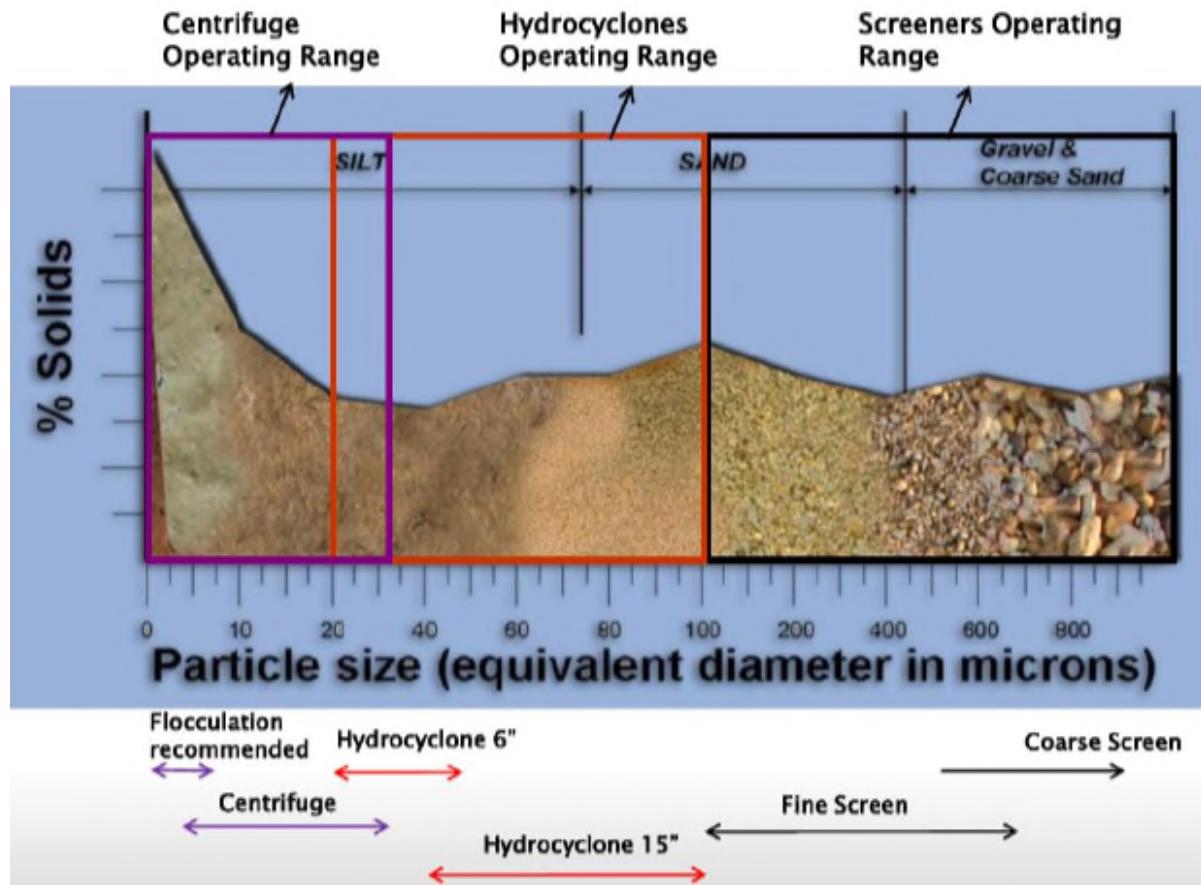
DN \geq 1 600 mm Accès au front + SAS (sous nappe)



Type de marinage

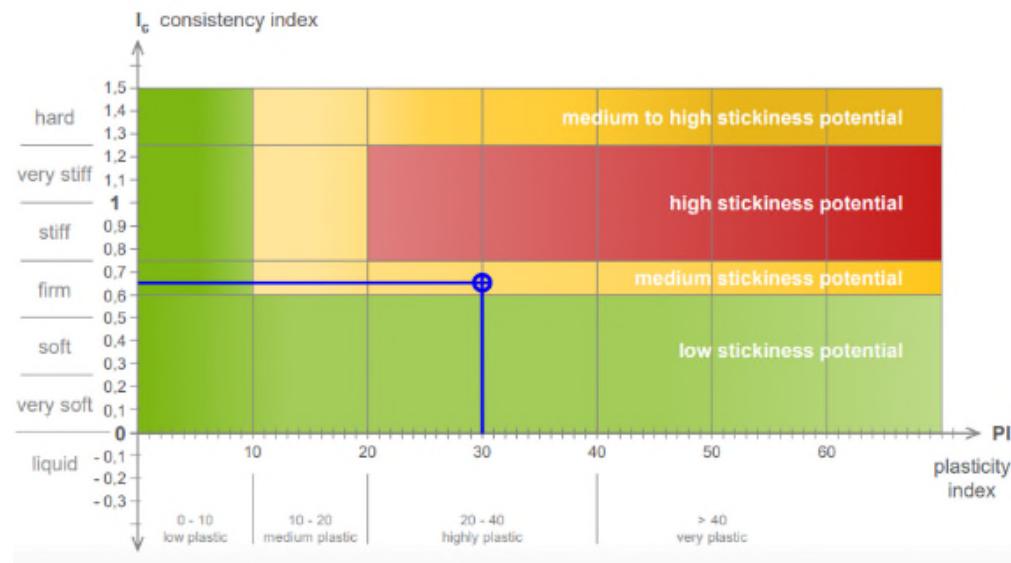


Transport et traitement des déblais



- ⇒ **Matériel de traitement**
- ⇒ **Formulation du fluide de forage**
- ⇒ **Paramètres des fluides**
 - Viscosité
 - Rhéologie
 - Filtrat
 - Densité
 - Teneur en sable
- ⇒ **Quantité de bentonite et de polymères**
- ⇒ **Volume de fluide de forage usagé**

Fluides de marinage et de lubrification



Polymères pour l'amélioration des propriétés à l'avancement

Ex : réducteur de friction, réducteur de filtrat, encapsuleur d'argile...

Perturbateurs de fluides

- Qualité/pH de l'eau (calcium/chlorides)
- Gypse, Ciment...



Calcul des efforts de frottement

Type de sol	Nature du sol
1-Cohérent - mou	vase, argile molle, argile et tourbe tendre
2-Granulaire lâche	remblais, sable sec lâche, sable et gravier lâche
3-Cohérent assez raide	limons, argile avec ou sans éléments rocheux, marne plastique
4-Granulaire assez compact	sable compact, sable et gravier compact
5-Cohérent raide à dur	argile raide, marne compacte
6-Granulaire compact	roche, calcaire

Classification des sols d'après l'annexe 3 de la thèse d'Annabelle Phelipot

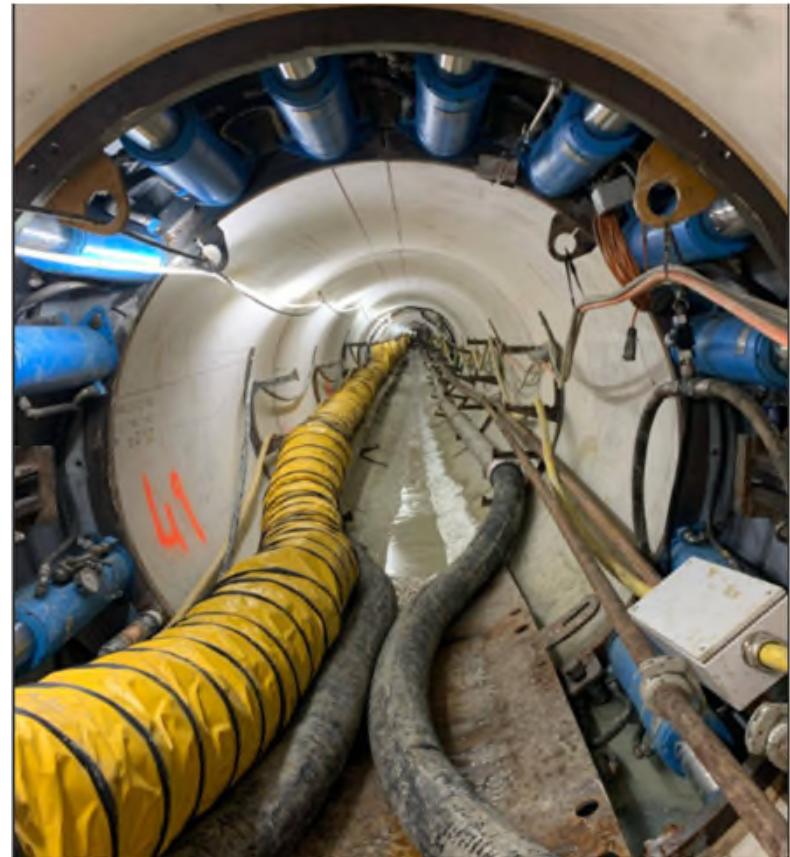
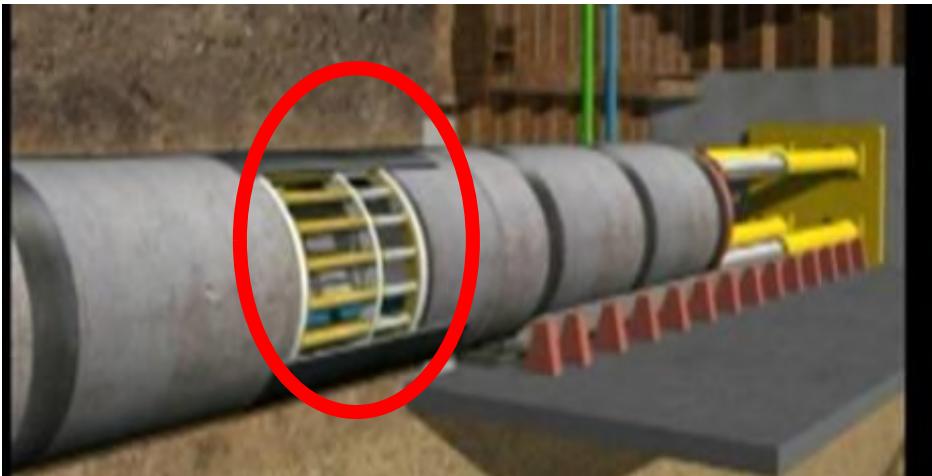
Type de sol	f_{moy} (en t/m ²) de ... à ...	f moyenne (en t/m ²)	f_{sup} (en t/m ²)	f_{lub} (en t/m ²)
Cohérent - mou	0,44	0,49	0,47	0,12
Granulaire lâche	2,20	2,20	2,20	0,22
Cohérent assez raide	0,21	0,76	0,54	0,30
Granulaire assez compact	0,28	1,61	0,71	0,35
Cohérent raide à dur	0,49	0,76	0,68	0,09
Granulaire compact	0,15	0,15	0,15	0,16

Extrait de la thèse d'A.Phelipot p49 : Tableau II.12 : Synthèse des résultats expérimentaux par classe de sol



Courbes / Butée

Nombre de stations intermédiaires



Longueur des tirs (en terrain favorable)

Diamètre Microtunnelier	Longueur de tir
DN600	80 / 100 ml
DN800	100 / 130 ml
DN1000	130 / 200 ml avec S.I.
DN1200	250 / 350 ml avec S.I.
DN1400	300 / 350 ml avec S.I.
DN1600	500 / 600 ml avec S.I.
DN1800	500 / 700 ml avec S.I.
DN2000 et +	Sup à 1 km avec S.I.

Premiers défis de réalisation : les puits d'accès

Caractéristiques des puits

Étanches si nappe et perméabilité élevée

Construits par havage

Fenêtre de passage sans acier ni bois (réservation libre ou en fibres de verre)

Résistant à la poussée / collés au terrain

Butons hors emprise de travail

Techniques envisageables

- Panneaux double glissière havés
- Méthode traditionnelle
- Berlinoise
- Palplanches
- Élément béton havés
- Béton projeté
- Paroi souple
- Pieux sécants
- Parois moulées

Techniques de réalisation

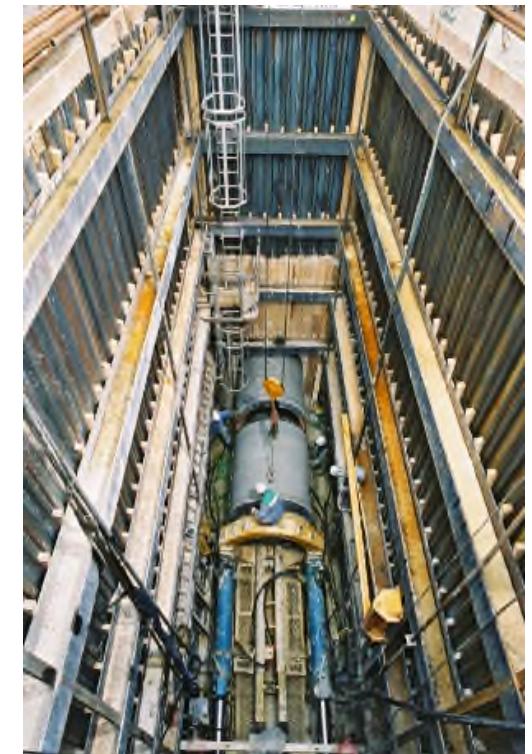
Perméabilité faible



Techniques de réalisation

Perméabilité élevée

Sol instable



Techniques de réalisation

Perméabilité élevée

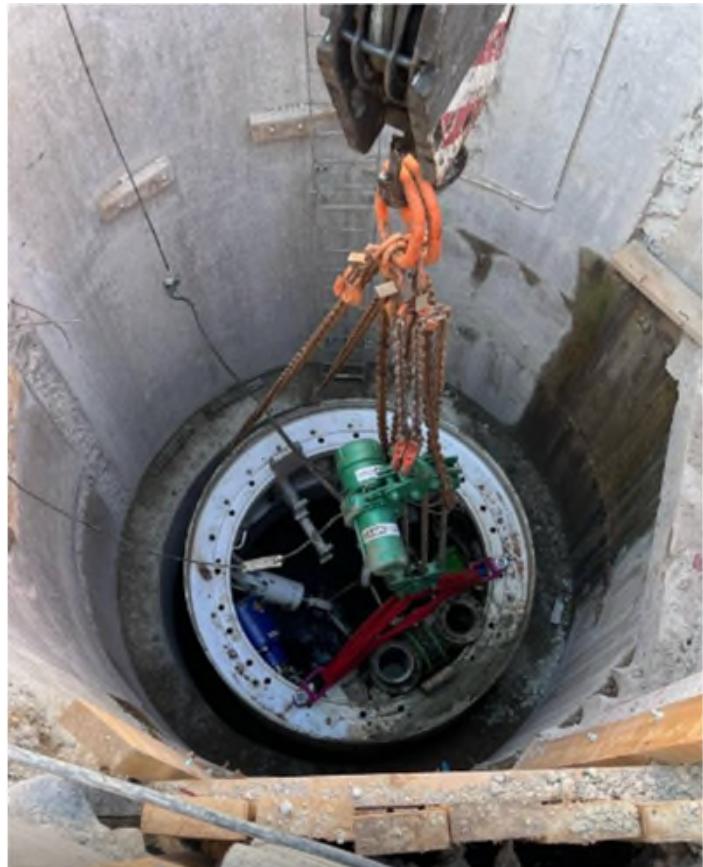
Sol instable



Dimensions minimales intérieures des puits

Diamètre tuyau béton	Puits Départ	Puits Sortie
DN600	Ø 3,50 m 3,80 m x 3,00 m	Ø 2,50 m 3,00 m x 2,00 m
DN800 (2 ml)	Ø 3,80 m 3,80 m x 3,00 m	Ø 3,00 m 3,00 m x 2,50 m
DN800 (3 ml) DN1000	Ø 5,50 m 4,80 m x 3,50 m	Ø 3,50 m 3,50 m x 2,50 m
DN1200	Ø 7,00 m	Ø 5,00 m
DN1400	5,80 m x 4,50 m	4,00 m x 3,00 m
DN1600	Ø 7,50 m	Ø 5,00 m
DN1800	6,80 m x 4,50 m	4,80 m x 3,50 m
DN2000 - 2500	Ø 11,00 m 10,50 m x 5,50 m	Ø 6,50 m 5,50 m x 4,00 m
DN3000 - 3500	Ø 12,00 m	Ø 9,00 m

Sans « vrai » puits de sortie



Merci de votre attention



LIVRET FORMATIONS 2026 PP.pdf

Pour tout renseignement complémentaire

Célia FRANCHIN

06 22 33 53 28 / celia.franchin@eiffage.com