

WEBINAIRE
22-23 septembre 2020



État de l'art des tunneliers, et Réflexions sur le choix de tunneliers pour un projet en site urbain

Animateurs du GT4 :
François RENAULT et Magali SCHIVRE





SOMMAIRE

- 1. Notre Groupe de Travail , le GT4**
- 2. Présentation l'Etat de l'art concernant les évolutions des tunneliers et de leurs capacités de 2000 à 2019 – GT4R6F2**
- 3. Fiches tunneliers**
- 4. Réflexions du Groupe sur « comment choisir un type de tunnelier pour un projet en site urbain »**



1. Notre Groupe de Travail, le GT4

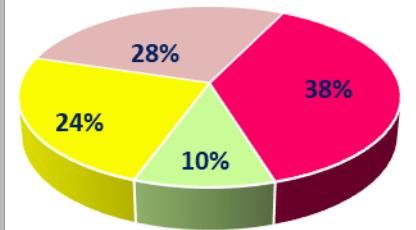
- Une nouvelle équipe depuis septembre 2019
- 29 participants réguliers
- L'ensemble de la profession est représentée
- 7 réunions depuis septembre 2019



Pierre BEAU	SYSTRA
Nicolas BERTHOZ	CETU
Pascal BINET	SNCF RESEAU
François BONNAFOUS	EIFFAGE INFRASTRUCTURES
Jean-Pierre BOUDET	SIAAP
Frédéric BUFFET	EGIS RAIL
Guillaume CHAMPAGNE DE LABRIOLLE	ARCADIS
Laurent CHANTRON	BONNARD & GARDEL
Yvan CHIROL	RAZEL-BEC
Jean-Yves DE LAMBALLERIE	TISSEO-INGENIERIE
Olivier DUFOURD	SYSTRA
Georgia EL KHAWAND	BOUYGUES
Nhemé EL KHOURY	EIFFAGE INFRASTRUCTURES
Alexandre GUILLAUME	MS
Arnaud HOCHARD	IMPLENIA
Emmanuel HUMBERT	TELT
Thierry HUYGHUES-BEAUFOND	SOCIETE DU GRAND PARIS
Jean-Marc KOEBEL	SPIE BATIGNOLLES
Nicolas KOLODKINE	CSM-BESSAC
Guy LECHANTRE	HERRENKNECHT
Emanuele MARCUCCI	BOUYGUES
André MITILDJAN	CONSEIL D'AMI
Alberto PULITI	EGIS TUNNEL
Pascal RAULT	SADE
Michel ROIGNOT	SYTRAL
Daniel ROUSSEL	SPIE BATIGNOLLES

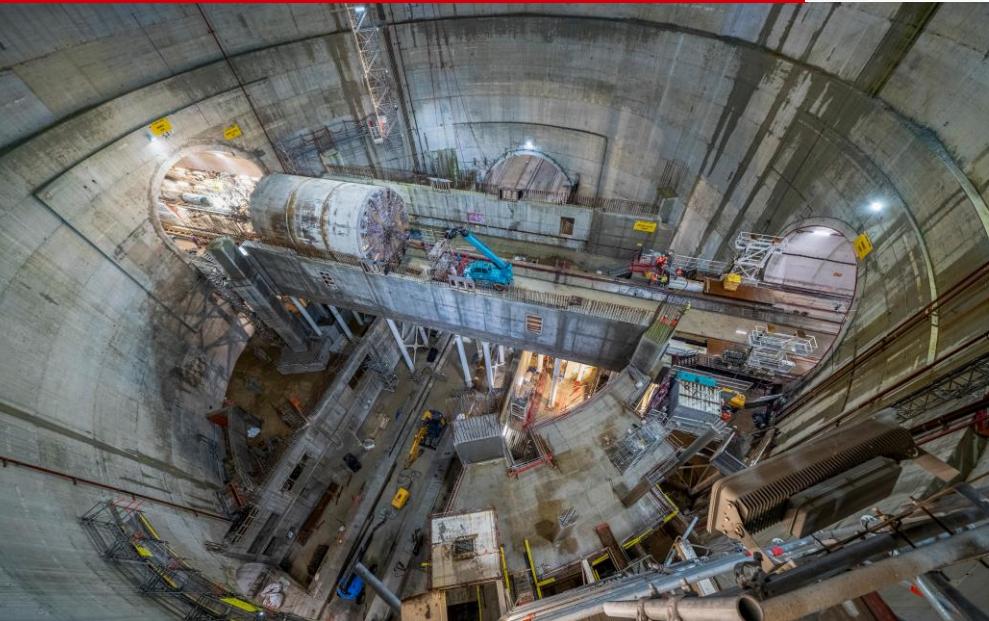
François RENAULT VINCI GP
Magali SCHIVRE INCAS Partners

Répartition des participants du GT4 par type d'acteur



- Maîtres d'Ouvrage
- Ingénieries / MOE
- Entreprises
- Constructeur / Fournisseur

WEBINAIRE - 22-23 septembre 2020



2. L'ETAT DE L'ART

2. L'Etat de l'art des tunneliers , publié en Mai 2019



GT4R6F2

Texte présenté par

Patrick RAMOND (RAZEL-BEC) et **Magali SCHIVRE** (INCAS Partners)
Animateurs du groupe de travail « Mécanisation » (GT N° 4)

Ce texte a été rédigé en active collaboration avec :

Frédéric BUFFET (EGIS) - **Pierre BEAU** (SYSTRA) - **Jean-Pierre BOUDET** (SIAAP)
Laurent CHANTRON (BONNARD & GARDEL) - **Oliver DUFOURD** (SYSTRA)
Hervé GOUJON (NFM) - **Gilbert GAL** (HERRENKNECHT)
Emmanuel HUMBERT (CETU) - **Guy LECHANTRE** (HERRENKNECHT)
André MITILDJAN (Conseil d'AMI)
Pascal RAULT (SADE) - **François RENAULT** (VINCI CONSTRUCTION GP)
Bernard THERON (BESSACO) - **Francis VALLON** (BOUYGUES)

Ce manuscrit a été révisé et corrigé par le Comité de relecture suivant :
Bruno COMBE (BOUYGUES) - **Gilbert CASTANIER** (EDF) - **Michel PRÉ** (SETEC TPI)

Le texte qui suit a été validé par le Comité Technique de l'AFTES le 23 mai 2019.
L'AFTES recueillera avec intérêt toute suggestion relative à ce texte.

Rédition comportant la correction d'errata.

**Un grand merci à Patrick RAMOND
qui a animé ces travaux depuis 2008 !**

SOMMAIRE

Preamble	4
1. Methodologie mise en place	5
2. Premiers constats : types de machines, diamètres	6
2.1. Répartitions des types de tunneliers en fonction des années	6
2.2. Y-a-t-il une limite à la taille des tunneliers ?	7
3. Évolution technologiques des tunneliers à confinement	8
3.1. Boucliers à pression de boue (Slurry)	8
3.2. Boucliers à pression de terre (EPB)	11
3.3. Boucliers à multimode de fonctionnement (Multimode)	16
3.4. Évolutions et comparaison des capacités des tunneliers SLURRY versus EPB	20
4. Évolution des tunneliers à mode ouvert	21
4.1. Tunneliers roche dure à grippers (Hard Rock TBM) sans revêtement	22
4.2. Tunneliers simple jupé à mode ouvert (Single Shield)	24
4.3. Tunneliers « Bouclier Double Jupe » - Double Shield	26
4.4. Évolutions communes des tunneliers roches dures	27
5. Autres domaines d'évolutions, axes d'innovations et tendances	32
5.1. Reconnaissances à l'avancement	32
5.2. Remplissage du vide annulaire	32
5.3. Utilisation et maîtrise de nouveaux outils et équipements	34
5.4. Accessibilité, Sécurité, Ergonomie	37
5.5. Autres tunneliers	38
5.6. Innovations, recherche et développement	42
6. Constats et suite des travaux du GT4	43
7. Bibliographie	44
8. Annexes	45
ANNEXE 1 : Liste des chantiers constitutifs la Base de Données du GT4	45
ANNEXE 2 : Exemple de fiche type renseignée pour la Base de Données du GT4	53
ANNEXE 3 : Graphiques issus de la Base de Données du GT4 et Schémas Fonctionnels	57

- **Messages Clefs**
- **Pour chaque famille de tunneliers :**
 - Nomenclature ; schémas fonctionnels
 - Domaines d'évolution, tendances, innovations
 - Synthèses
- **Bibliographie et Graphiques issus de la base de données, aboutissement de 10 ans de travail**



En Préambule, Contexte et Messages

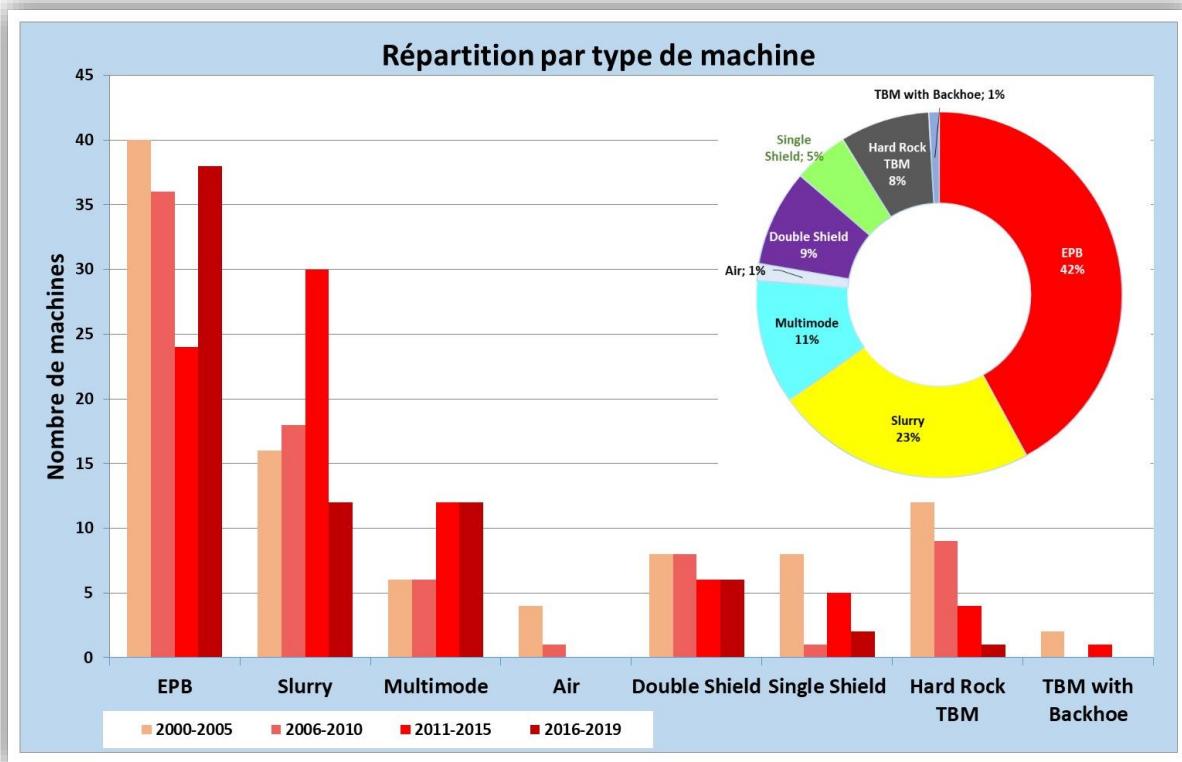
Il reste essentiel que les acteurs d'un projet soient des professionnels aguerris et familiers des bonnes pratiques de ce métier exigeant

- Des **reconnaissances de qualité** permettant :
 - La bonne adéquation machine terrain
 - l'évaluation des risques de construction, permettant l'anticipation des dispositions préalables adéquates.
- Des **équipes expérimentées** travaillant en étroite collaboration depuis la **conception jusqu'à la réalisation** afin d'obtenir une grande **réactivité sur site** pour implémenter les adaptations de méthodes requises
- La **formation de spécialistes aux compétences pluridisciplinaires** afin qu'ils s'intègrent dans une démarche globale de fonctionnement de ces **usines mobiles, de plus en plus complexes**, qui interagissent en permanence entre elles et avec leur **environnement** [*lecture de Muirwood de mai 2019 par M. Herrenknecht*]



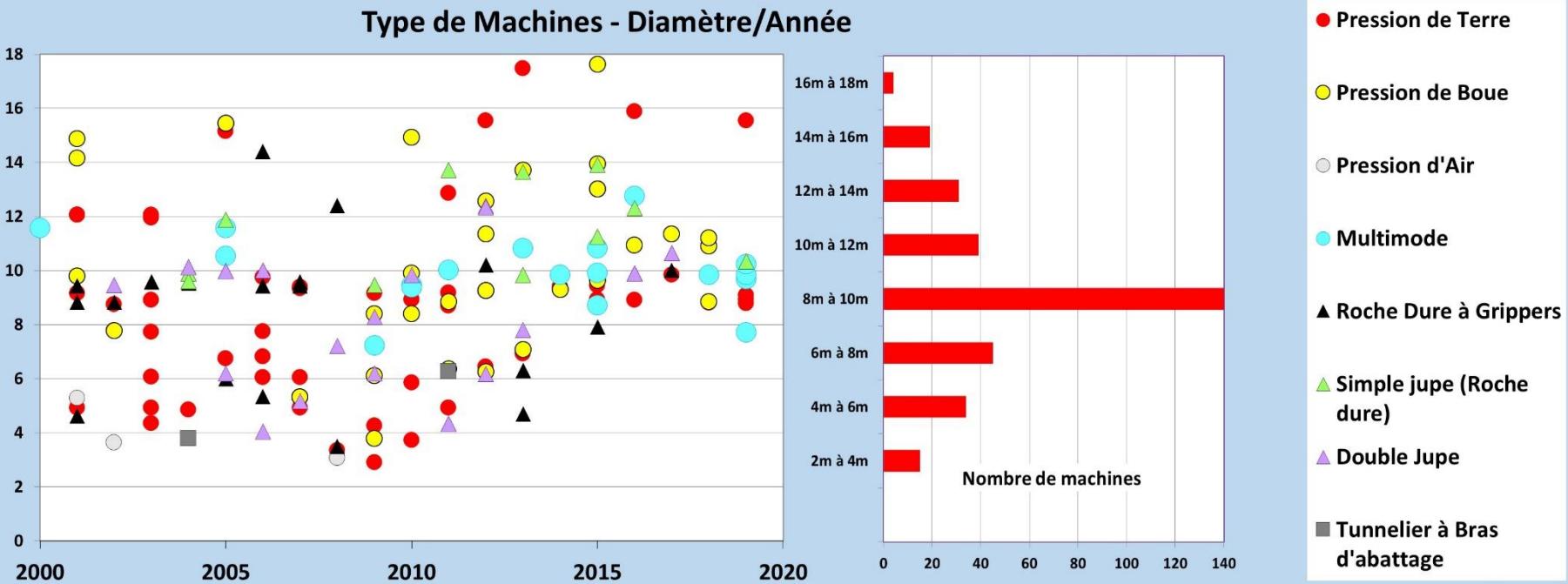
Objectifs et Méthodologie

- Etablir un **état des lieux** des possibilités et des comportement des machines
- **Quantifier** les évolutions technologiques
- **Capitaliser** sur les difficultés rencontrées et les solutions implémentées
- Environ 300 chantiers renseignés ; Mise à jour avec les 4 dernières années (les machines du Grand Paris notamment)





Répartition des types de machines et leurs diamètres



NB: TBM « non habités » non considérés



Evolutions des Tunneliers à Confinement

3 EVOLUTION TECHNOLOGIQUES DES TUNNELIERS A CONFINEMENT

3.1 BOUCLIERS A PRESSION DE BOUE (SLURRY)

- 3.1.1 Description et Nomenclature des tunneliers « Bouclier à pression de boue »
- 3.1.2 Des capacités de confinement de plus en plus élevées
- 3.1.3 Mesures anti-colmatage
- 3.1.4 Technique spécifique anti-colmatage de la partie basse pour les sols cohérents
- 3.1.5 Principaux Avantages / Inconvénients des boucliers à Pression de boue actuels

3.2 BOUCLIERS A PRESSION DE TERRE (EPB)

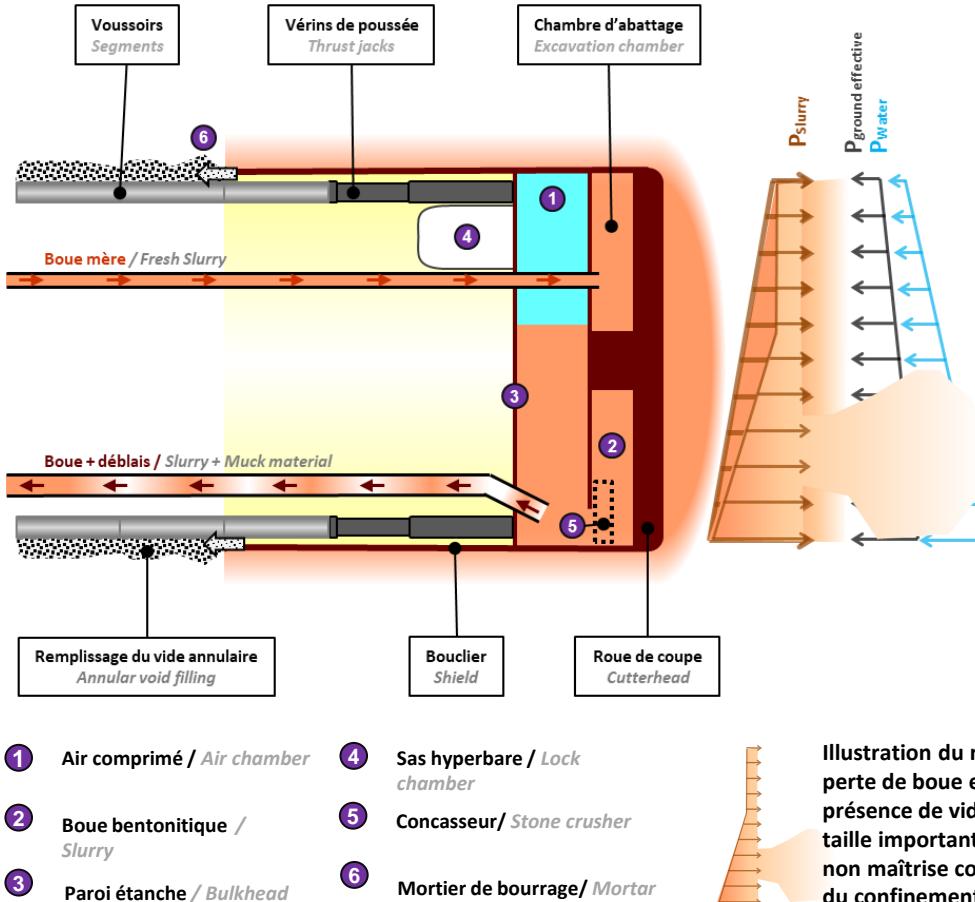
- 3.2.1 Description et Nomenclature des tunneliers « Bouclier à pression de terre »
- 3.2.2 Solutions pour augmenter le spectre des pressions de confinement
- 3.2.3 Modifications des propriétés du terrain abattu par utilisation d'adjuvants
- 3.2.4 Injection de bentonite pour compenser les pertes de pression en chambre (cas EPB)
- 3.2.5 Principaux Avantages / Inconvénients des tunneliers EPB actuels

3.3 BOUCLIERS A MULTIMODE DE FONCTIONNEMENT (MULTIMODE)

- 3.3.1 Exemple de Tunneliers Multimodes Ouverts / Fermés
- 3.3.2 Tunneliers multimodes à modes de confinement mixtes

3.4 ÉVOLUTIONS ET COMPARAISON DES CAPACITES DES TUNNELIERS SLURRY VERSUS EPB

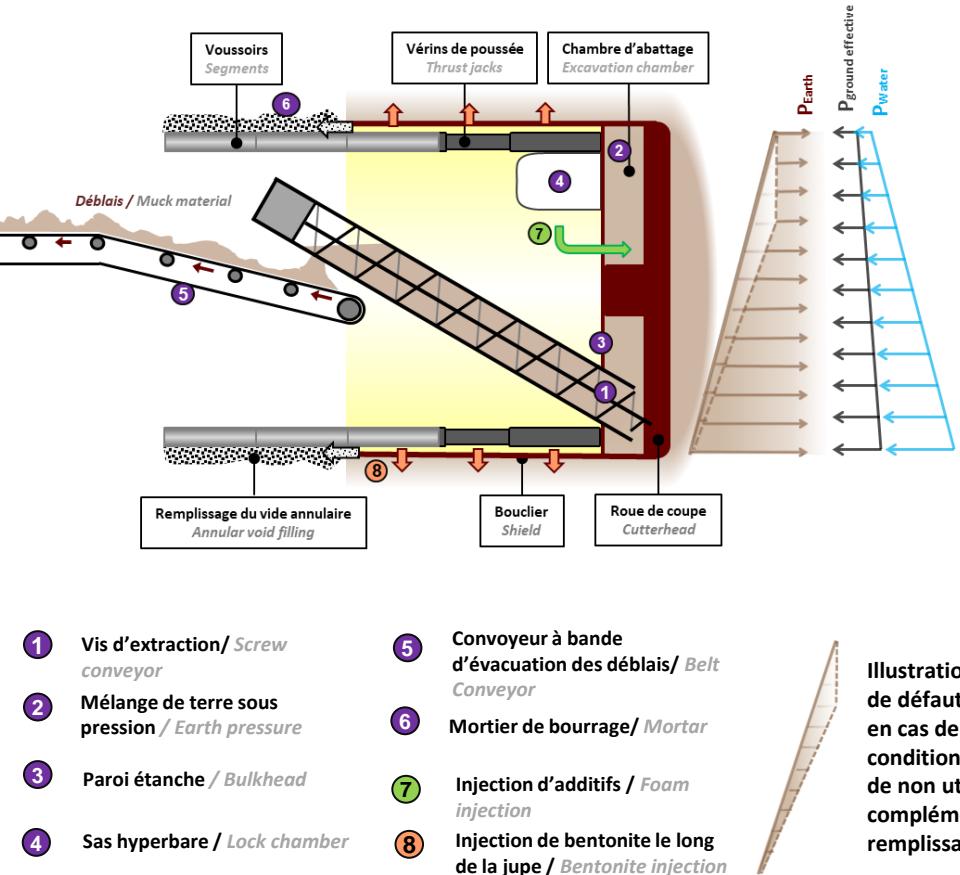
Les tunneliers à Pression de Boue - SLURRY



3.1.5. Principaux avantages/inconvénients des boucliers à pression de boue actuels

- Les avantages principaux sont :
 - Finesse de la régulation et de mesure de la pression de confinement grâce au dispositif de bulle d'air de régulation (précision, qualité et fiabilité des mesures) ;
 - Une gamme de pressions de confinement atteignables élevées ;
 - Une simplicité d'accès au front pour les interventions hyperbares par rapport aux machines EPB ;
 - Un besoin moindre en puissance de machine par rapport à l'EPB notamment avec l'augmentation du diamètre d'excavation.
- Les inconvénients principaux sont :
 - Le risque de perte de boue et du confinement (pouvant générer des instabilités de front) en présence de vides de taille, importante, et/ou de contraste de perméabilité élevé entre différents terrains ;
 - Le coût de l'installation et du fonctionnement du système de traitement des boues ;
 - Les centrales de séparation de la boue sont consommatrices d'espace, la place disponible au niveau des installations de chantier peut donc représenter une contrainte notamment en site urbain ;
 - En outre, les cadences de creusement étant liées aux capacités de traitement de la boue, elles sont directement dépendantes de la présence de particules fines qui conditionnent largement le dimensionnement des centrales de traitement.

Les tunneliers à Pression de Terre EPB



3.2.5. Principaux avantages/inconvénients des tunneliers EPB actuels

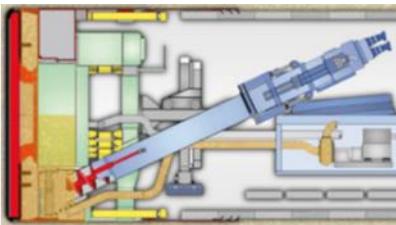
- Les principaux avantages de ce type de machine sont :
 - Un coût d'investissement moins important, en cas d'équipement standard, et un besoin moins fort en termes d'espace logistique que pour les tunneliers à pression de boue ;
 - Le risque de perte du confinement est plus facilement maîtrisable avec un EPB pour la traversée des terrains avec présence de vides ;
 - Une moindre sensibilité au colmatage.
- Les principaux inconvénients de l'EPB sont :
 - Une difficulté à garantir un remplissage complet de la chambre d'abattage ;
 - Une moindre précision dans le contrôle de la pression au front par rapport au tunnelier à pression de boue ;
 - Un besoin plus important en puissance de machine par rapport au « Slurry » pour l'énergie de brassage et également avec l'augmentation du diamètre d'excavation ;
 - Une gamme de pressions de confinement atteignables plus faible ;
 - Une sensibilité plus importante à l'usure ;
 - Des matériaux en sortie de tunnel, qui peuvent être difficilement « pelletables », et nécessiter soit de l'espace de stockage suffisant pour essorer, soit un traitement avant leur transport (chaux).



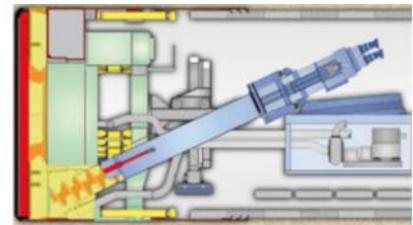
Des tunneliers multimodes

Objectif : faire face à des géologies très variables, où chacune des technologies a atteint ses limites techniques pour pouvoir creuser l'intégralité du tracé de manière sûre et dans des conditions économiquement acceptables.

- Multimode EPB/Ouvert comme pour SAVERNE ou encore SLURRY/Ouvert sur Lake MEAD
- Machines de conception modulaire ou intégrée
- Multimode à confinement mixte

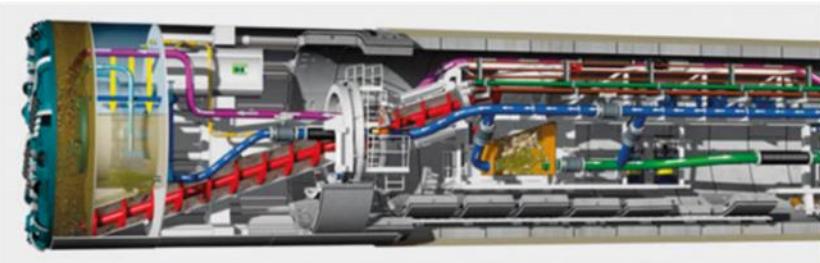


a) Operation mode slurry



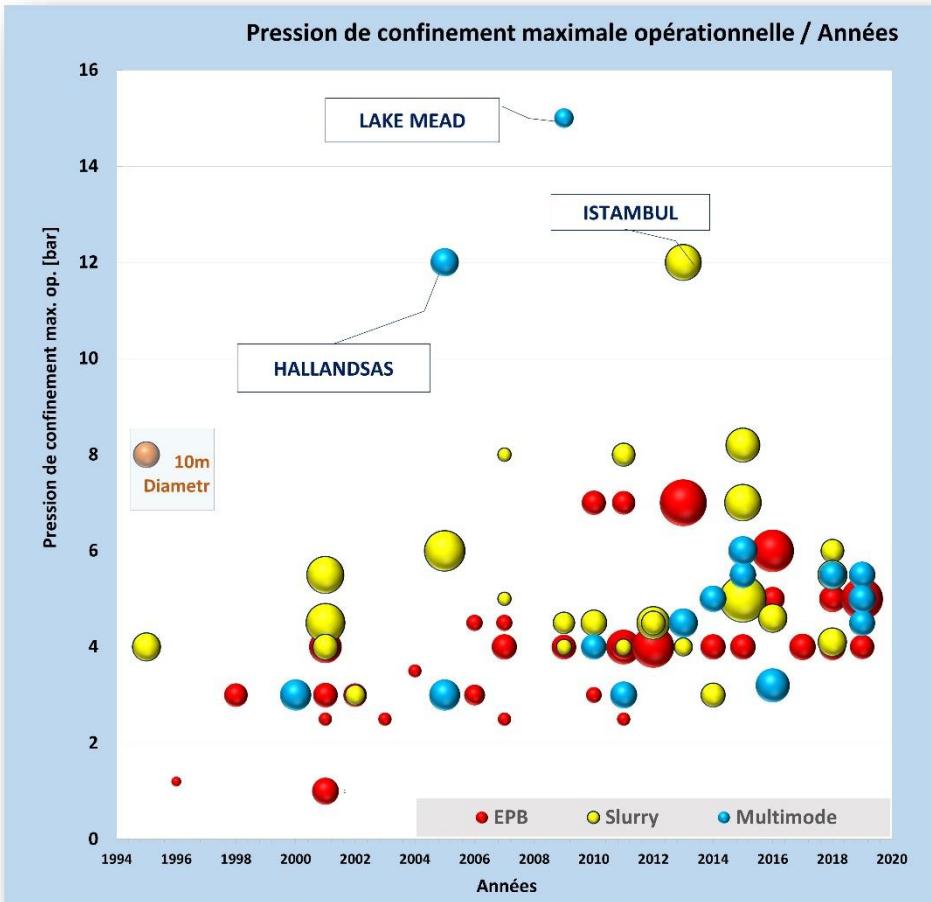
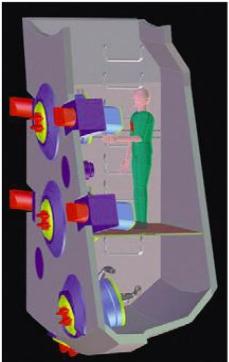
b) Operation mode EPB

De SOCATOP , EPB SLURRY en modulaire au tunnelier Variable Density VD de conception intégrée



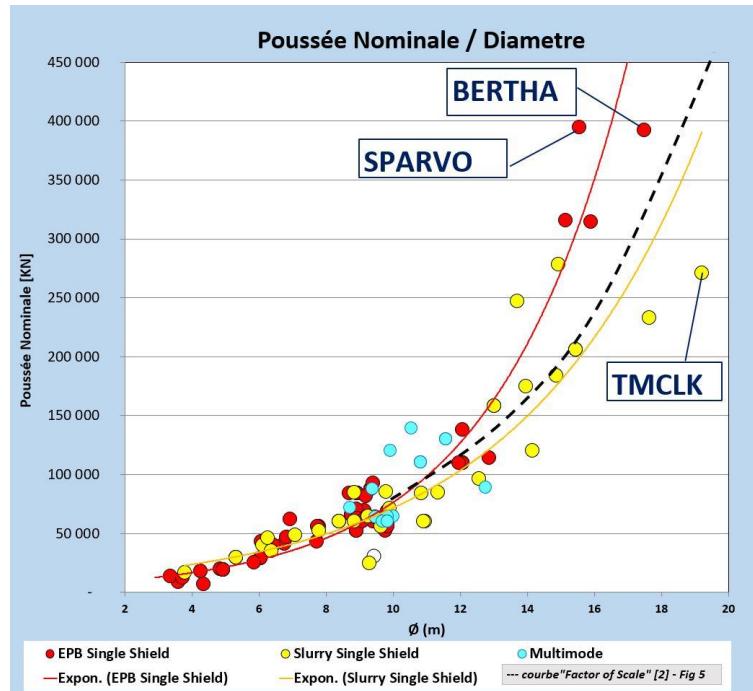
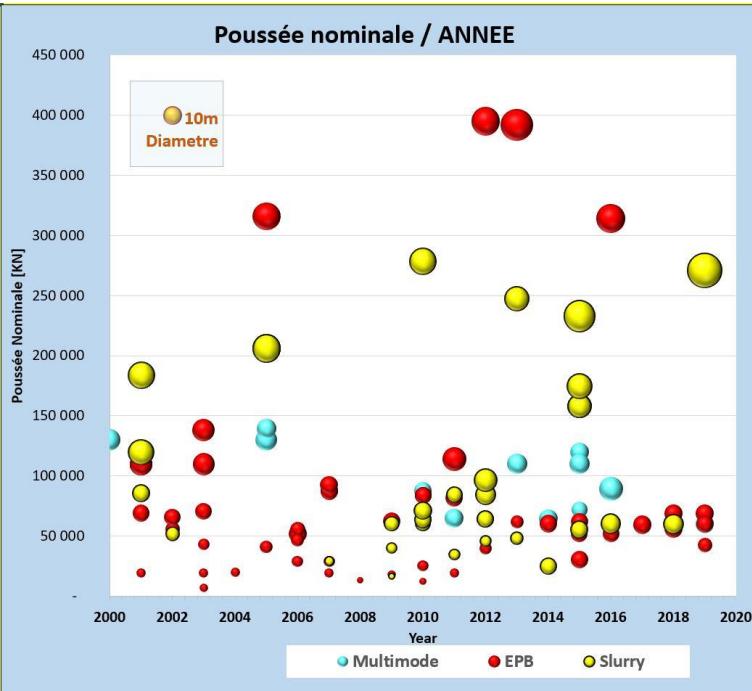
Les Pressions de confinement

- Augmentation des pressions de confinement, et ce particulièrement pour les tunneliers à pressions de boue
 - Dès 2006 : conception de machines à fortes pressions
 - Depuis 2010 : conduite et utilisation des tunneliers à ces pressions sur plusieurs kilomètres





Exemples de courbes Poussée SLURRY versus EPB



Courbes GT4 cohérentes avec les courbes précédentes trouvées dans la bibliographie (*courbe « Factor of scale » datant de 2013 pour les tunneliers à confinement non distingués*)

- Poussée installée proportionnelle à la section du tunnel et à la pression de confinement
- Poussée nécessaire légèrement plus élevée pour les EPBs lorsque les diamètres augmentent.



Synthèse des évolutions des Tunneliers à Confinement

- Recouvrement des domaines d'utilisation + important, grâce aux améliorations continues et aux évolutions technologiques
- Augmentation des pressions de confinement, et ce particulièrement pour les SLURRY
- Amélioration de la gestion de la précision du confinement, par injection de bentonite pressurisée pour compenser les variations de pression en chambre
- Adaptabilité à des terrains de granulométries et perméabilités différentes
 - SLURRY
 - ✓ mesures anti-colmatage et amélioration du comportement dans les sols cohérents
 - ✓ Gestion de la stabilité du front de taille par la capacité à générer un cake
 - EPB
 - ✓ modifications des propriétés mécaniques des terrains excavés par utilisation d'adjuvants directement dans la chambre d'abattage



Evolutions des Tunneliers à Mode Ouvert

4.1 TUNNELIERS ROCHE DURE A GRIPPERS (HARD ROCK TBM) SANS REVETEMENT

- 4.1.1 Description et Nomenclature des Tunneliers Roche dure à Grippers
- 4.1.2 Amélioration des capacités de pose du soutènement

4.2 TUNNELIERS SIMPLE JUPE A MODE OUVERT (SINGLE SHIELD)

- 4.2.1 Description et Nomenclature des tunneliers Simple Jupe
- 4.2.2 Gestion des terrains convergents

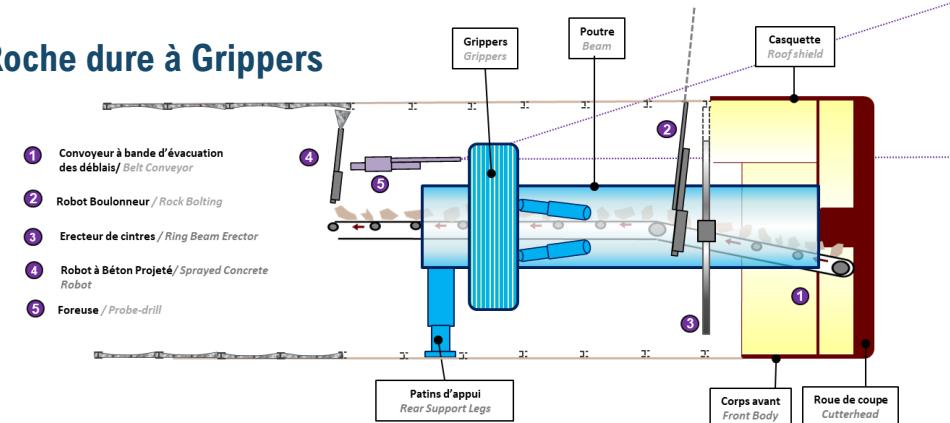
4.3 TUNNELIERS «BOUCLIER DOUBLE JUPE » - DOUBLE SHIELD

- 4.3.1 Description et Nomenclature des tunneliers Double Shield
- 4.3.2 Peu d'évolutions spécifiques sur ce type de tunnelier

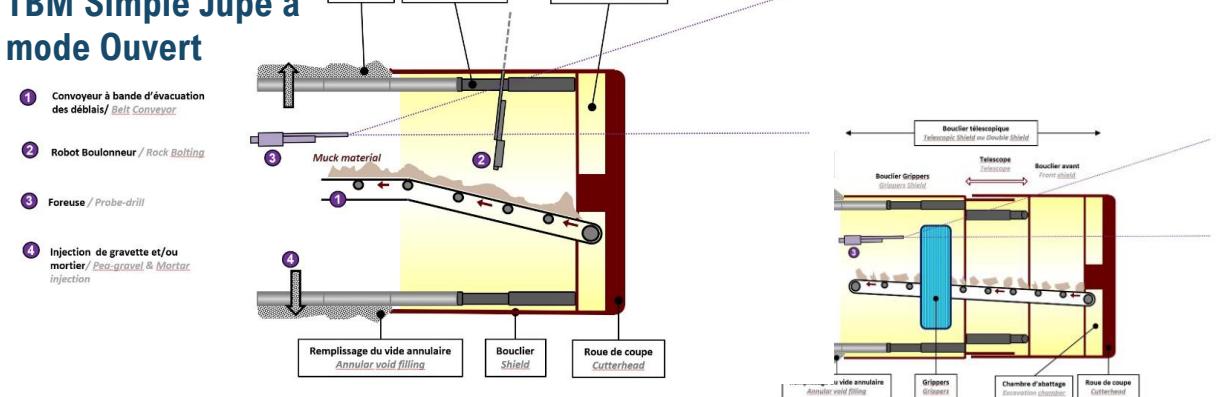
4.4 ÉVOLUTIONS COMMUNES DES TUNNELIERS ROCHES DURES

- 4.4.1 Renforcement de la résistance de la tête
- 4.4.2 Généralisation de l'utilisation de molettes de 19"
- 4.4.3 Capacité à reconnaître et traiter le terrain à l'avancement
- 4.4.4 Une tendance vers des machines de plus en plus puissantes

TBM Roche dure à Grippers

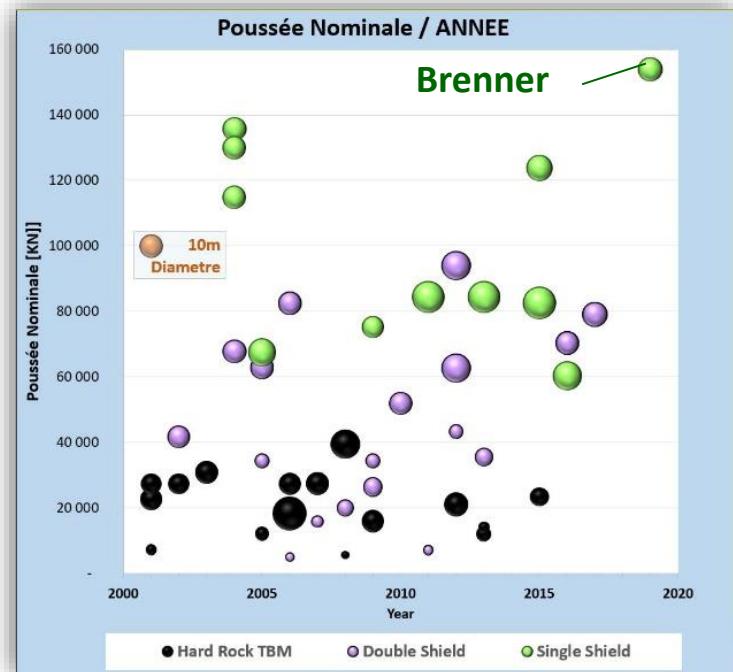


TBM Simple Jupe à mode Ouvert



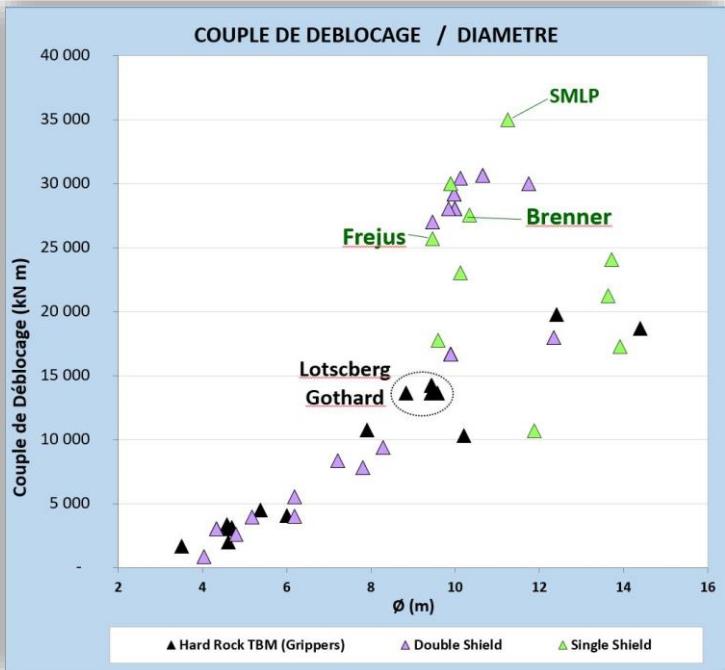


Exemples de courbes Tunnelier Ouverts



les tunneliers
équipés de
**poussées et de
couples de
déblocage très
élevés**

Poussée > 100MN
Couple >30 MNm



Les relations Poussée Nominale/Diamètre et Couple/Diamètre restent principalement liées au contexte géologique : les machines surpuissantes (> 100 000 KN) correspondent à des machines utilisées pour des tunnels à grande profondeur, avec des risques de convergences des terrains , alors que les tunneliers à simple jupe de diamètre autour de 14m, ont nécessité l'installation de poussées plus classique



Evolutions des Tunneliers à Mode Ouvert

Ces dernières années, les tunnels alpins ont été réalisés par des machines roche dure dans des contextes précédemment considérés comme au-delà des limites d'utilisation des tunneliers

- Le GT4 conseille de se référer à la publication de la nouvelle recommandation de l'AITES du groupe WG17 « Longs tunnels à forte profondeur » :
 - axée sur les retours d'expérience des tunneliers
 - ainsi que l'identification des mesures compensatoires pour faire face aux risques spécifiques de ce type de projet

TBM EXCAVATION OF LONG AND DEEP TUNNELS UNDER DIFFICULT ROCK CONDITIONS

ITA Working Group n°17
Long Tunnels at Great Depth

1. Identification / Definition of Hazards scenarios
2. Shared experience - Methodology
3. Hazards and consequences regarding the TBM types
4. Mitigations measures

N° ISBN: 978-2-9701122-2-8

ITA REPORT N°19 / MAY 2017



ASSOCIATION INTERNATIONALE DES TUNNELS
ET DE L'ESPACE SOUTERRAIN
ITA
INTERNATIONAL TUNNELLING
AND UNDERGROUND SPACE
ASSOCIATION



Synthèse des évolutions des Tunneliers à Mode Ouvert

- **Gain de robustesse et de capacité d'abattage au travers des améliorations apportées à la roue de coupe et aux molettes**
- **Ajouts de capacités à reconnaître et traiter les terrains au front**
- **Augmentation de la puissance des machines permettant l'installation de poussées et de couples de déblocages surpuissants**
- **Tunneliers roches dures à Grippers :**
 - amélioration des capacités de pose du soutènement au plus près du front => gain de polyvalence.
 - **mécanisation des postes de soutènement** => amélioration des conditions de travail et de sécurité des compagnons.
- Recours + fréquent à l'utilisation de **tunneliers Simple Jupe** permettant la pose de voussoirs pour les tunnels longs et profond



Autres domaines d'évolutions COMMUNS

- Amélioration des **reconnaissances à l'avancement**, destructives et non destructives
- Amélioration des méthodes de **remplissage du vide annulaire**
- Utilisation et maîtrise de **nouveaux outils et équipements** pour le pilotage et le guidage des machines
- Qualité et variété des **mesures qui peuvent être automatisées** : => contribue aussi à la fiabilisation de l'emploi des tunneliers et la maîtrise des risques par un souci de compréhension et d'analyse des phénomènes à la source
- L'amélioration de **l'accessibilité pour la maintenance** prenant en compte l'ergonomie et la sécurité des compagnons

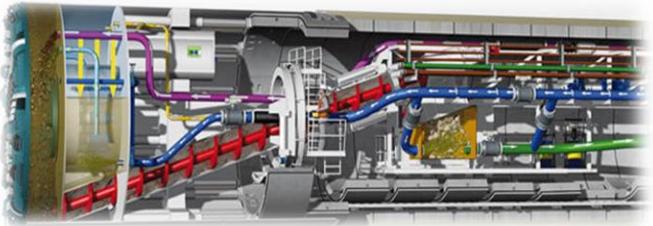


→ **programmes de recherche spécifiques**
(NETTUN, DRAGON ...)

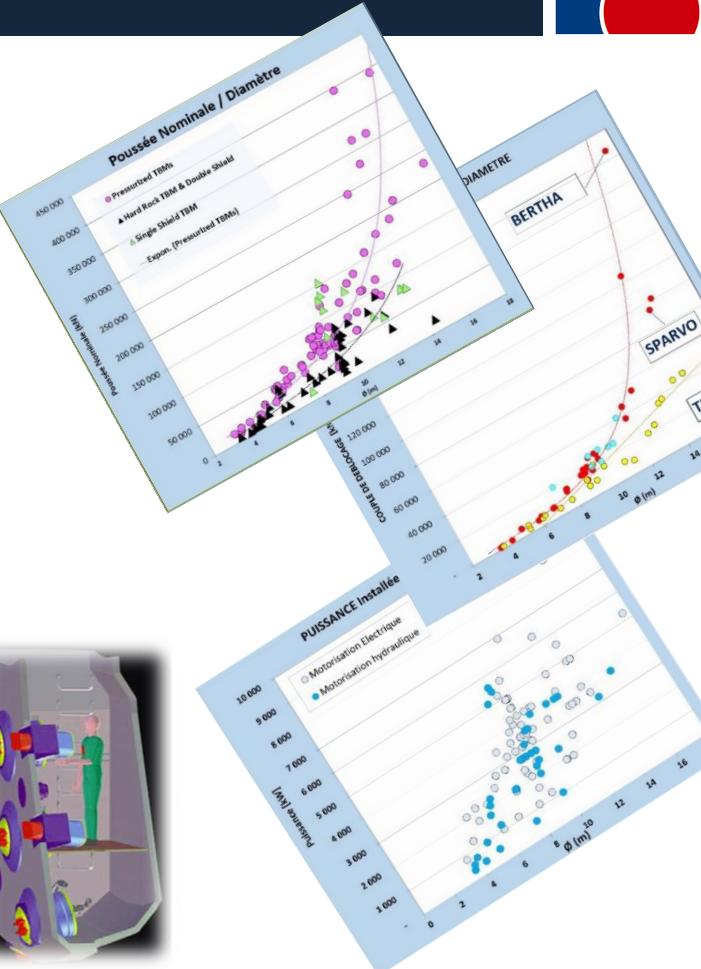
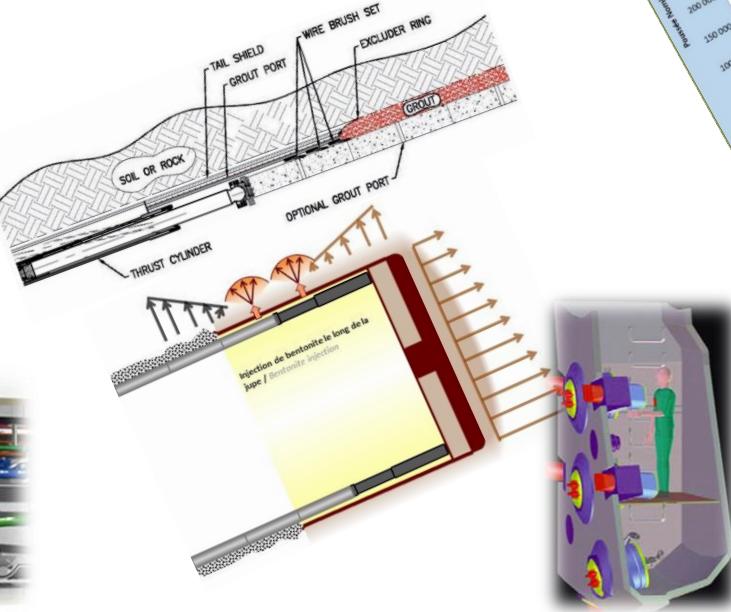
→ **gain de confiance sur l'utilisation des machines**



Le reste de l'état de l'art, pour chaque type de tunneliers ...



- Graphiques de tendance
- REX
- Schémas, fonctionnalités ...
- Une bibliographie actuelle et robuste





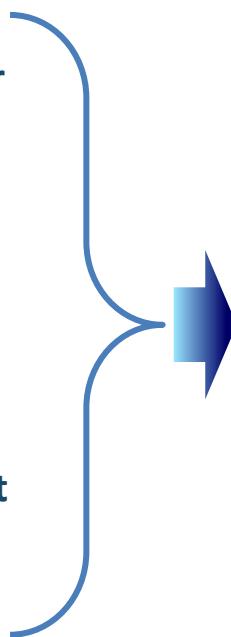
Les constats consécutifs à ces évolutions

Les nouveaux projets poussent la profession à repousser les limites technologiques, et conduisent à une évolution constante et innovante des outils et de leurs domaines d'application

Les tunneliers peuvent dorénavant creuser dans :

- Des géologies plus variables,
- des conditions hydrogéologiques extrêmes
- des projets ambitieux et complexes

La polyvalence des machines, la sécurité et la maîtrise des travaux sont en constante amélioration



- **Attention, ces machines ne sont pas la réponse à toutes les configurations**
- **sophistication = augmentation des coûts**
- **Des nouveaux critères prépondérants (dimensions des emprises, traitement des déblais ...)**

WEBINAIRE - 22-23 septembre 2020

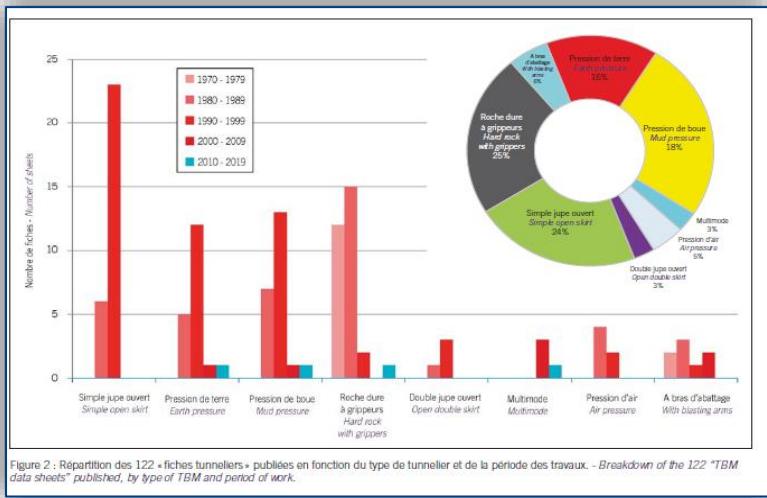


3. LES FICHES TUNNELIERS

2. FICHES TUNNELIERS

CHANTIER

De nouvelles « fiches tunneliers » produites par le GT4 « Mécanisation »



La revue TES propose la publication de « fiches signalétiques » des chantiers mécanisés (dites « fiches tunneliers ») depuis 1984. Ces « fiches tunneliers » ont pour objectif de présenter de manière synthétique des chantiers réalisés au tunnelier par des entreprises françaises, que ce soit en France ou à l'étranger.

Les informations contenues dans chaque fiche permettent de comprendre le contexte du projet au travers de ses principales caractéristiques, puis présentent la géologie principale du tunnel associée à la description détaillée de la machine utilisée pour le creusement, ainsi que des informations relatives au déroulement du chantier, comme les cadences moyennes ou les performances atteintes. Le nouveau format, bilingue, sur 3 pages, utilisé en 2020, met davantage en avant : (i) les conditions singulières géotechniques attendues (présence de blocs erratiques, de vides...), (ii) les spécificités techniques et innovations du tunnelier utilisé, et (iii) l'expérience acquise grâce à ce chantier.

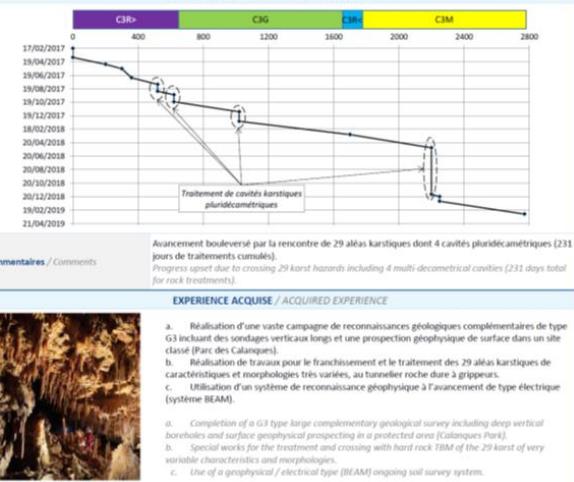
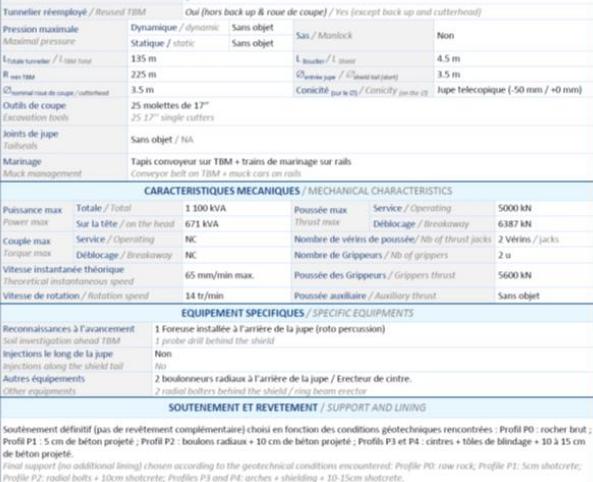
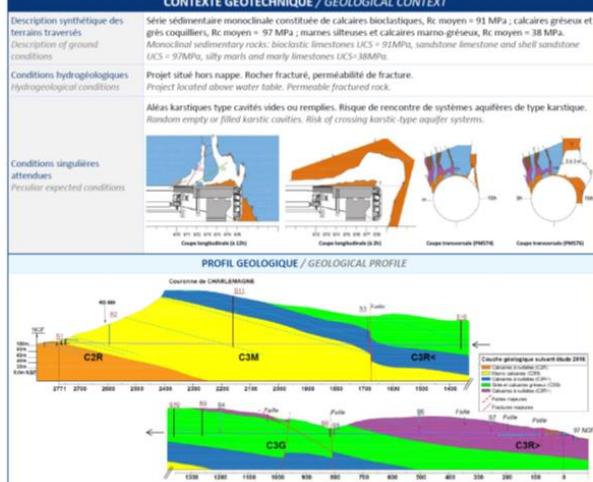
2. FICHES TUNNELIERS



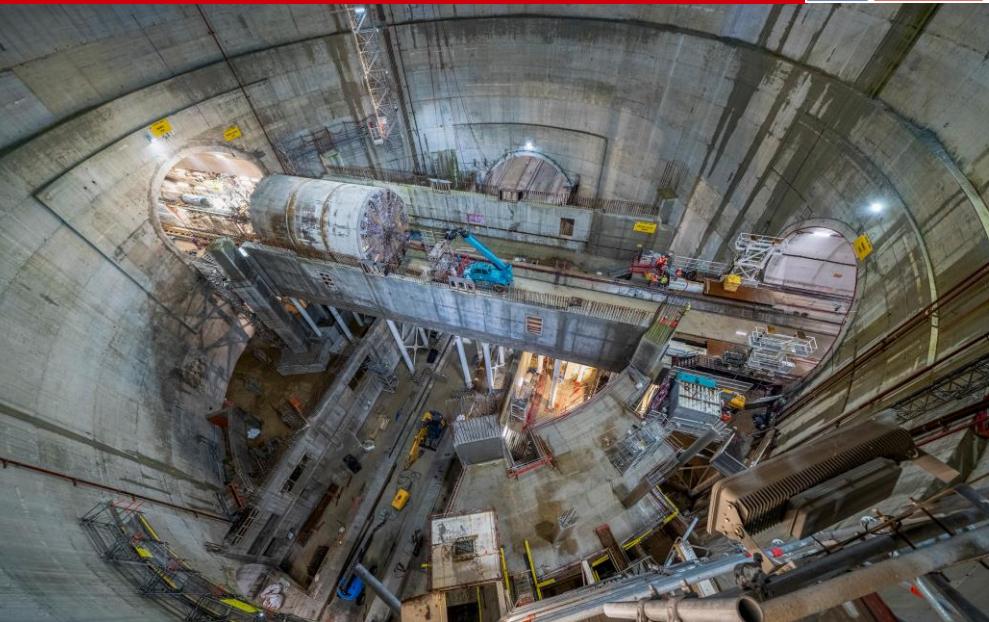
N°122 FICHE TUNNELIER TBM DATA	2017-2019	Galerie des Janots <i>(The Janots gallery)</i>	AFFES 
CARACTERISTIQUES DU PROJET / PROJECT CHARACTERISTICS			
Pays – Ville / Country – City Fonctionnalité / Functionality Maitre d'ouvrage / Client Entreprise(s) / Contractor(s)	France – La Ciotat Galerie d'adduction d'eau / Water supply gallery Métropole Aix- Marseille Provence Eiffage Génie Civil	L_{tunel} $\varnothing_{excavated} / \varnothing_{intended}$ Délai contractuel <i>Contractual completion time</i> Maitre d'œuvre / Engineers	2771 m 3.50 m 46 mois / months Cabinet Merlin
Description du projet <i>Project description</i>	<p>- 3 galerie amorce de 80 ml réalisée en méthode conventionnelle [exploit], section 18.5 m² - 1 galerie réalisée au tunnelier roche dure ouvert de 2691 ml</p> <p>1 tunnel 80 ml excavated with conventional method 1 tunnel 2691 ml excavated with TBM</p>	 <p>Diamètre intérieur calculé variable Ø 80 mm Profil TBM : diamètre intérieur = 80 mm Profil TBM : hauteur totale = 18.5 mm Profil TBM : hauteur totale = 2691 mm Profil TBM : hauteur totale = 2691 mm</p>	

<p>N°122 FICHE TUNNELIER TBM DATA</p> <p>2017-2019</p>	<p>Galerie des Janots <i>(The Janots gallery)</i></p>	 page 2 / 3
Type / Type	Tunnelier roche dure ouvert à grippes Hard rock TBM	Constructeur / Manufacturer
Spécificités & innovation / Special features & innovations	Dispositif de protection à l'arrière du bouclier (barres de canopée) pour réalisation des soutènement à l'abri du terrain démantelé. Protection device at the back of the shield [canopy] to realize support safety. Wide pads for bad ground.	Robbins
		

N°122 THE TUNNELER TBM DATA	Galerie des Janots <i>(The Janots gallery)</i>	AFTES
2017-2019	page 3 / 3	
RETOUR D'EXPÉRIENCE DU CREUSEMENT / CONSTRUCTION EXPERIENCE		
ORGANISATION / ORGANIZATION		
Effectif moyen / Average workforce	80 personnes / people	
Production / Production	2 postes / jour shifts / day	10 postes / semaine shifts / week
Maintenance / Maintenance	1 poste / jour shift / day	4 postes / semaine shifts / week
Calendrier / Work schedule	210 jours travaillés / an working days/year	5 jours/semaine days / week
ESSE D'AVANCEMENT / PROGRESS SPEED		
Moyenne / Average		Maximale / Maximum
Temps moyen [m/jour] / Daily [m/day]	5.7	26.0
Tempo mensuel [WEEKLY] / Weekly [m/month]	28.7	112.0
Tempo annuel [mois] / Monthly [m/month]	120.0	325.0
LOGISTIQUE / LOGISTICS		
Bureaux + Vestiaires + parking : 1500 m ² ; Stockage + Ateliers : 1900 m ² ; Plateformes extérieures sortie galerie : 2500m ²		Dimension entreprise principale
Offices + Changing rooms + parking : 1500m ² ; Storage + Workshops: 1900m ² External platforms gallery exit : 2500m ²		Max working site size
A l'intérieur / Inside		2500 m ²
A l'extérieur / Outside		
Train sur rail / Rail/road system.		
Transport routier / Road transport		
GRAPHIQUE ANALYTIQUE / Analytical graph		



WEBINAIRE - 22-23 septembre 2020



4. LA SUITE DES TRAVAUX DU GT4



La Suite des travaux du GT4

Le choix du tunnelier et de la technique de confinement sont essentiels vis-à-vis de la maîtrise des risques potentiels du projet et visent à réduire au maximum le niveau du risque lors du creusement du tunnel :

PROPOSITION DE TITRE

Adéquation des tunneliers à confinement au contexte d'un projet urbain

ET DE SOUS-TITRE

Proposition de démarche à suivre pour choisir un type de tunnelier en fonction des contraintes liées à un projet en contexte urbain

- Comprendre et analyser, pour une technologie de **confinement** donnée, quelle est la manière de **faire face aux incertitudes intrinsèques à chaque technologie de tunnelier**
- Distinguer et détailler les **critères influençant l'orientation du choix de la machine**
- Inventorier les **bonnes pratiques de conduites** en découlant



Adéquation des tunneliers à confinement

- **SOMMAIRE ACTUEL**

- 1 PREAMBULE**
 - 2 DESCRIPTION DES SOLUTIONS DE CONFINEMENT**
 - 2.1 Definition du confinement
 - 2.2 Trois familles de confinements
 - 2.3 Lien entre les types de confinements et les types de tunneliers
 - 3 ADEQUATION DES CONFINEMENTS SELON LES OBJECTIFS A ATTEINDRE**
 - 3.1 Assurer la stabilité du front et limiter l'impact du tunnelier sur l'existant
 - 3.2 Limiter l'impact sur l'environnement /s'inscrire dans les espaces mis a disposition
 - 3.3 Critères économiques / planning Cadences
 - 4 SINGULARITES, CONSEQUENCES ET CONTREMESURES**
 - 4.1 Définitions des configurations particulières vis-à-vis des tunneliers à confinement
 - 4.2 Conséquences des configurations singulières sur les TBMs et contremesures
 - 5 PROPOSITION DE DEMARCHE ET BONNES PRATIQUES**
 - 5.1 Démarche conseillée en phase conception pour l'évaluation de l'adéquation
 - 5.2 Pour le suivi du creusement d'un tunnelier à confinement
- ANNEXE 1 : ETAT DE L'ART / BIBLIOGRAPHIE DES METHODOLOGIES EXISTANTES DE CHOIX DE MACHINES**
- ANNEXE 2 : EXEMPLES DE MAQUETTES DE CHOIX SUR DES PROJETS**



Adéquation des tunneliers à confinement

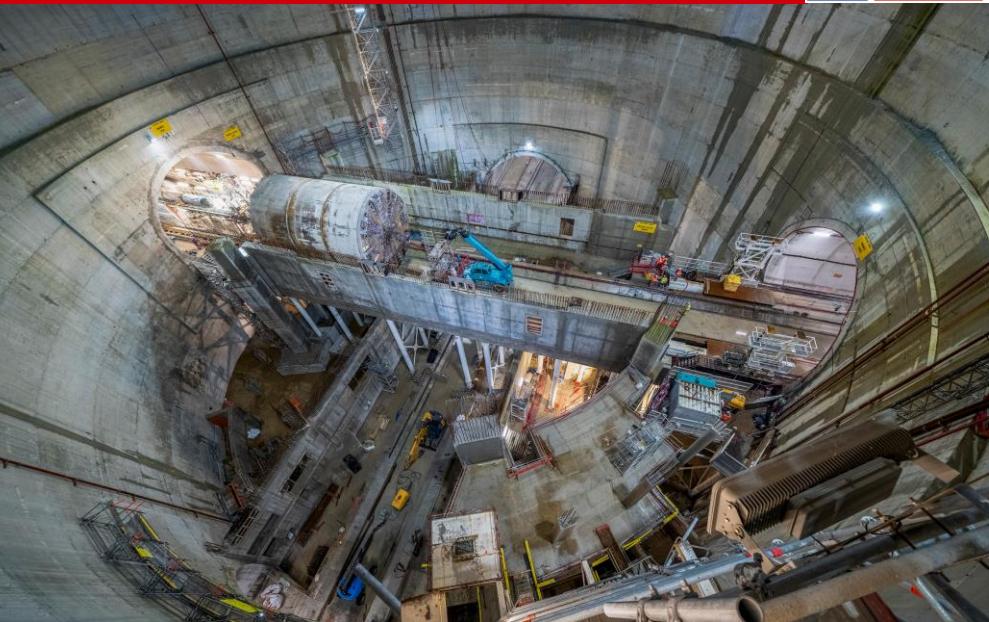
- **Un travail par le biais de sous-groupes :**

La limitation des nuisances urbaines en phase chantier est un enjeu essentiel pour les tunnels urbains, avec des projets qui se doivent d'être le plus « transparents » possible.

Optimisation des emprises de chantier = enjeu souvent dimensionnant

- **SOUS – GROUPE 1 :**
 - **Définition des types de confinements (§2.1 et §2.2)**
 - **Contraintes urbaines d'installation de chantier et Espace disponible en surface pour les installations et accès (§3.2)**
- **SOUS – GROUPE 2 :**
 - **Conditions optimales vis-à-vis d'un mode de confinement donné (§3.1)**
 - **Contraintes environnementales acceptables, avec un focus sur la gestion des Déblais (§3.2.2)**
- **SOUS – GROUPE 3 :**
 - **Singularité, conséquences et contre-mesures**
 - **Définition/identification des configurations géologiques singulières vis-à-vis des tunneliers à confinement**

WEBINAIRE - 22-23 septembre 2020



MERCI DE VOTRE ATTENTION