



KEYNOTE - MICROTUNNELAGE URBAIN TBM DN3000: SYSTÈME ANTI-POLLUTION DE CASABLANCA EST — RETOUR D'EXPÉRIENCE DE LA CAPEP

M. MOHAMMED DARSAOUI, DIRECTEUR DES OPÉRATIONS, CAPEP



Organised by



Sponsored by



Supported by



Chinese Partner



Official Media Partner



Microtunnelage urbain TBM DN3000 : Système antipollution de Casablanca Est

-Retour d'expérience de CAPEP-



Organised by



Sponsored by



Supported by



Chinese Partner



Official Media Partner



PLAN :

I. Présentation globale du projet Antipollution Casablanca Est – MOE C3E

1. Principe du projet
2. Objectifs
3. Consistance
4. Intérêts du micro-tunnelier



II. Retour d'expérience de CAPEP sur les travaux des lots 2 & 3

1. Consistance du projet et Phasage d'exécution
2. Contraintes d'exécution en milieu urbain
3. Techniques et solutions utilisées pour les puits
4. Tuyaux de fonçage
5. TBM DN3000





MOBHID Abdechafik
Ingénieur chef de projets
C3E



DARSAOUI Mohammed
Directeur des opérations
CAPEP



01

Présentation globale du projet Antipollution Casablanca Est

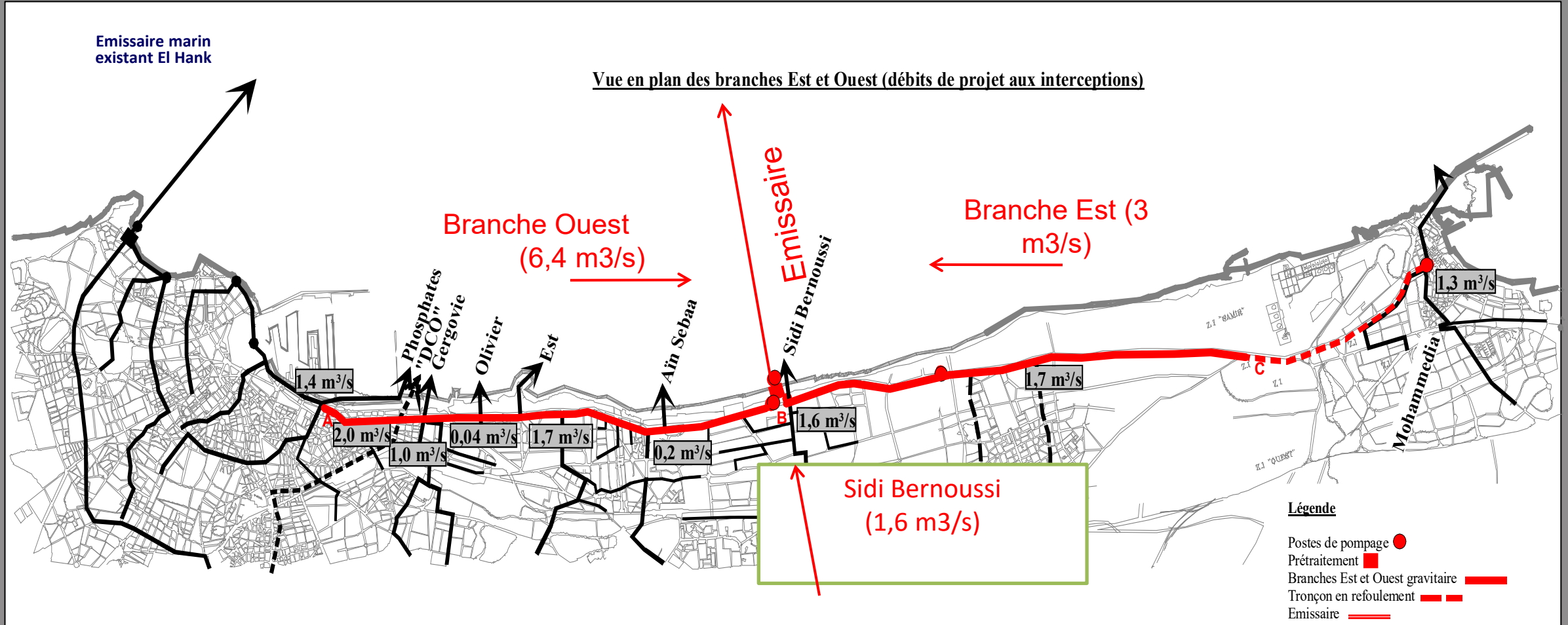
—
MOE C3E



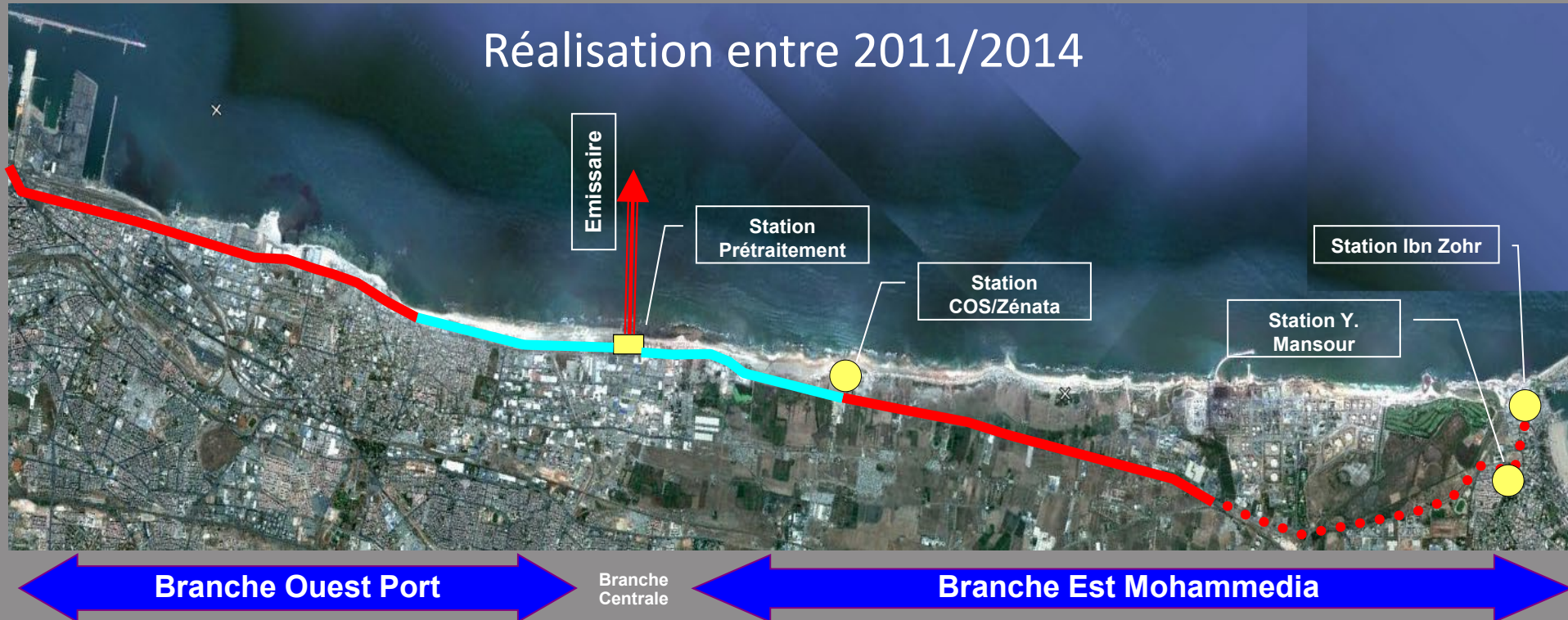
MOBHID Abdechafik
Ingénieur chef de projets
C3E



I. Principe du projet



I. Principe du projet



➤ Coût du projet = **1,5 milliards DH** :

- Branche Ouest : **500 millions DH** (tunnels)
- Complexe de prétraitement + Emissaire: **720 millions DH**
- Branche Est: **280 millions DH** (conduites + SP)



II. Objectif

- ❑ Environ 300 000 m³/j d'eau usées interceptées en route vers le complexe de prétraitement
- ❑ 80% des rejets industriels de la Wilaya sont concentrés entre Aïn Sebâa et Mohammedia.
- ❑ Ces rejets représentent une Charge polluante équivalente à 6,5 Millions habitants.

Rejet
Phosphates 1&2

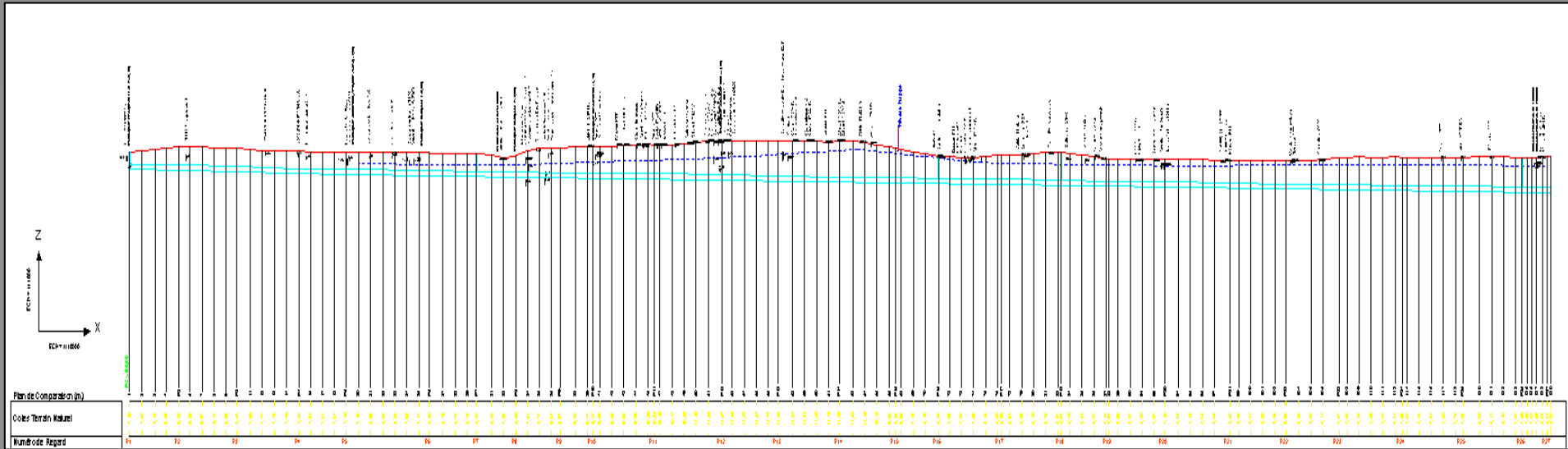
Rejet Coll.
Est

Rejet Coll. Aïn
Sebâa

Rejet Sidi
Bernoussi



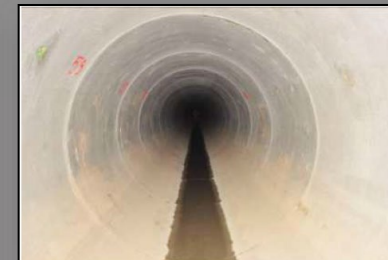
III. Consistance



- **Tunnel** sur environ **9 km** faite par technique de fonçage/pousse tube.
- **Diamètres 2500 et 3000 mm** (tuyaux en béton armé)
- Profondeur de **6 à 17 m**
- **8 ouvrages d'interception** sur rejets unitaires existants
- **Géologie:** dominance de schiste avec un niveau de nappe important



III. Consistance



Lot 1 : DN2100

- 3932 ml
- 207 M DH
- 2 ans



Lot 2 : DN2500

- 2570 ml
- 164 M DH
- 2 ans



Lot 3 : DN2500

- 2933 ml
- 133 M DH
- 2 ans



III. Intérêts du micro-tunnelier :

- **Délai de réalisation court:** cadence moyenne journalière de plus de 10 m/j, même avec un creusement dans le schiste
- **Sécurité des travaux et des opérateurs:** notamment avec un niveau de nappe important (confinement du front d'attaque)
- **S'adapte au milieu urbain très dense** avec un minimum de puits (des tirs jusqu'au 900 m)
- **Pour le SAP:** coût (45 000 DH/ml) s'atténue avec l'importance du linéaire



02

Retour d'expérience de CAPEP sur les travaux des lots 2 & 3



DARSAOUI Mohammed
Directeur des opérations
CAPEP



I. Consistance du projet et Phasage d'exécution:

LOT 2 :

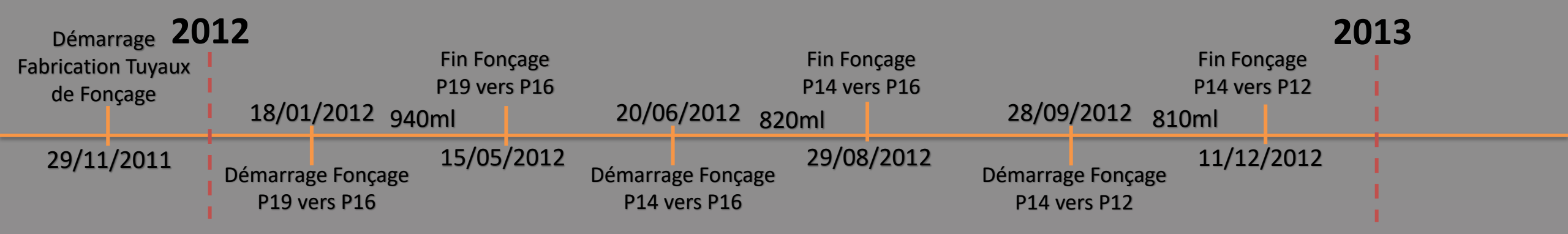
- **Une galerie souterraine** par fonçage des tuyaux de **diamètre intérieur 2500 mm** (diamètre extérieur 3000 mm) sur une longueur totale de **2 570 ml** du **puits P12** au **puits P19**.
- **8 Puits de visite** pour l'accès à la galerie.
- Interception du collecteur Est.
- Interception du collecteur Ain Sbaâ.



LOT 3 :

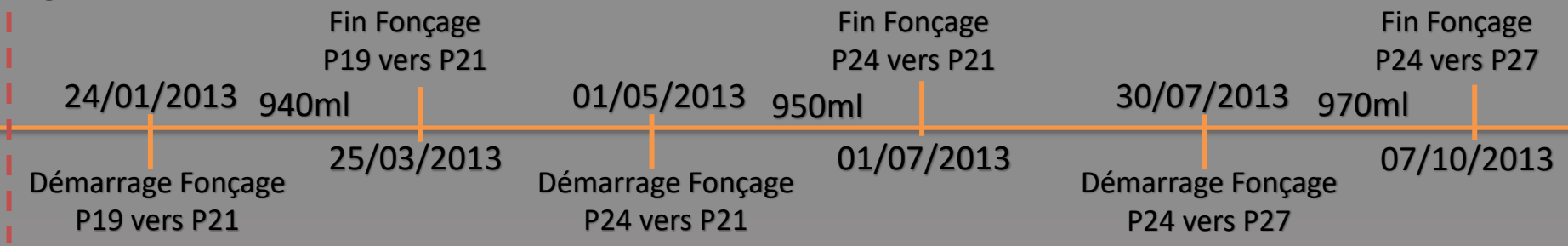
- **Une galerie souterraine** par fonçage des tuyaux de **diamètre intérieur 2500 mm** (diamètre extérieur 3000 mm) sur une longueur totale de **2 888 ml** du **puits P19** au **puits P27**.
- **8 Puits de visite** pour l'accès à la galerie.





2013

2014



II. Contraintes d'exécution en milieu urbain:

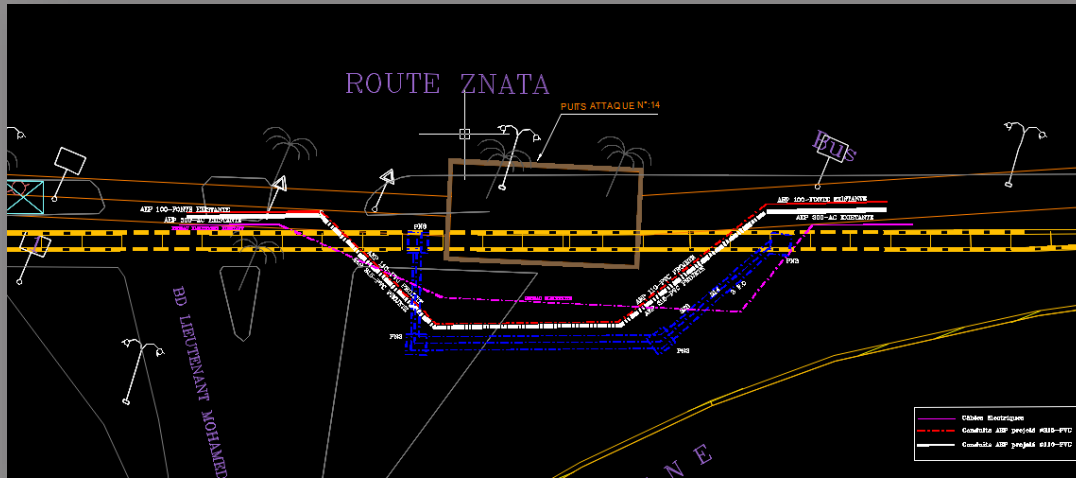
1. Le tracé des travaux en souterraine doit suivre le couloir de la route côtière R322 pour éviter le fonçage sous l'emprise des bâtiments et locaux mitoyens
 - Des rayons de courbure entre 900m et 3000m
2. Le tracé longe la route côtière R322 qui connaît un trafic de circulation très dense
 - Minimiser les puits d'attaque et de réception pour tenir compte du manque de zones larges et suffisantes pour les installations nécessaires pour le fonçage
 - Un linéaire de fonçage entre puits d'attaque et puits de réception qui varie entre 810ml et 970ml

L'existence de forts réseaux souterrains (AEP, assainissement, électricité, fibre optique...) a nécessité le déplacement des puits et parfois la déviation des dits réseaux

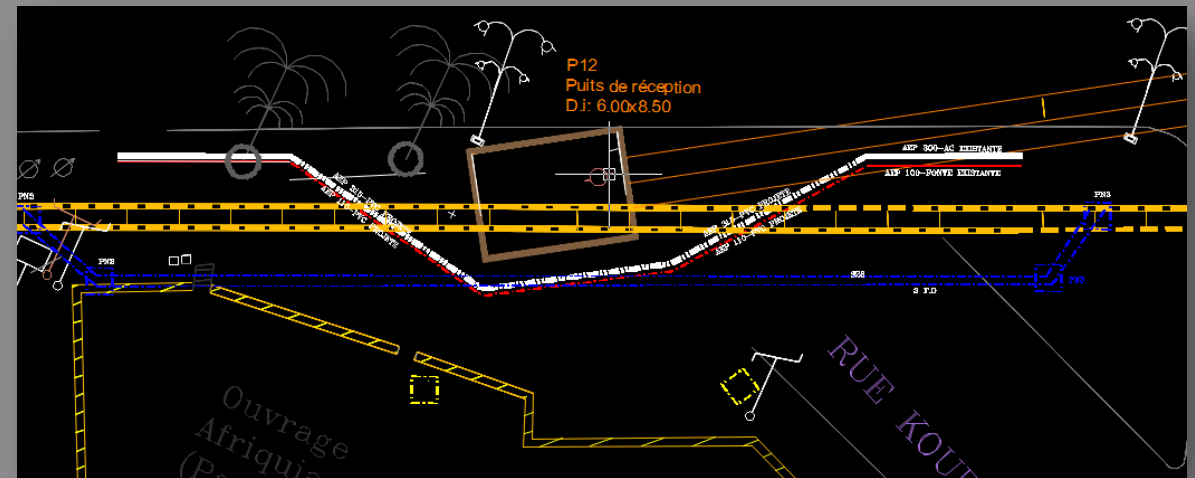


II. Contraintes d'exécution en milieu urbain:

L'existence de forts réseaux souterrains (AEP, assainissement, électricité, fibre optique...) a nécessité le déplacement des puits et parfois la déviation des dits réseaux



Puits de travail P14



Puits de travail P12



II. Contraintes d'exécution en milieu urbain:



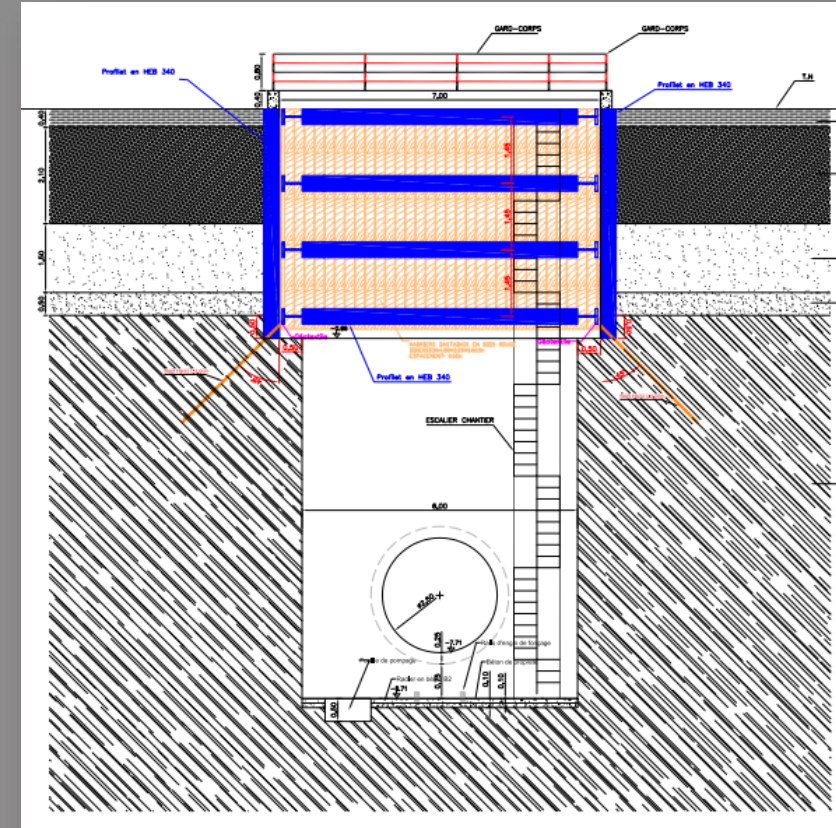
II. Contraintes d'exécution en milieu urbain:



III. Techniques et solutions utilisées pour les puits:

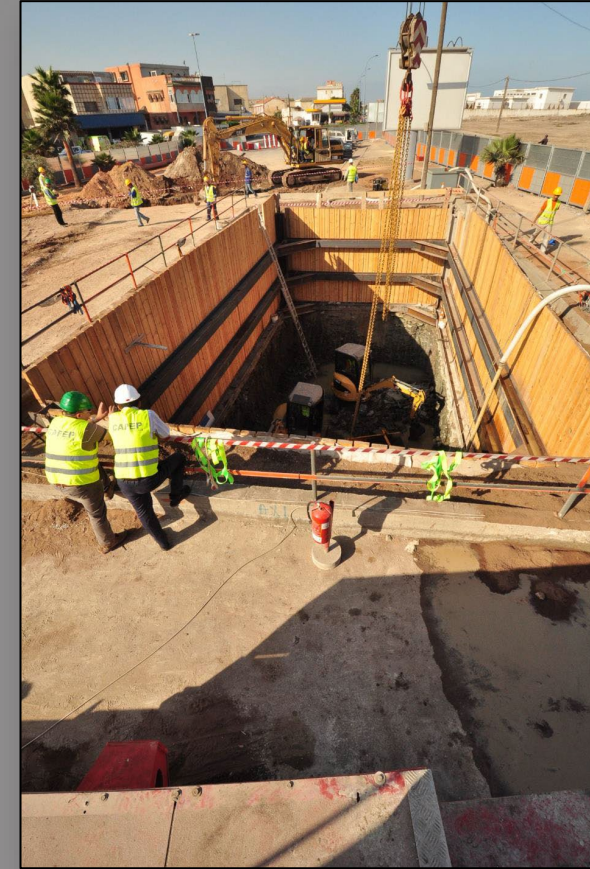
1. Soutènement des puits par Bastings :

Blindage par bastings en bois rouge soutenus par des cadres métalliques HEB 340 horizontaux et verticaux sur toute la hauteur du meuble avec des renforts au niveau des coins entre deux cadres.



III. Techniques et solutions utilisées pour les puits:

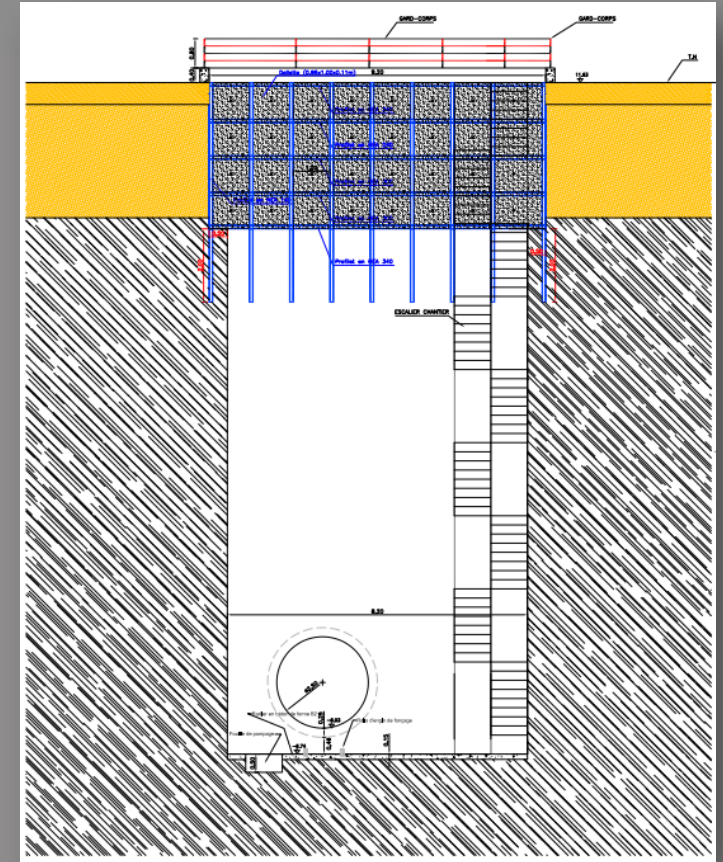
1. Soutènement des puits par Bastings :



III. Techniques et solutions utilisées pour les puits:

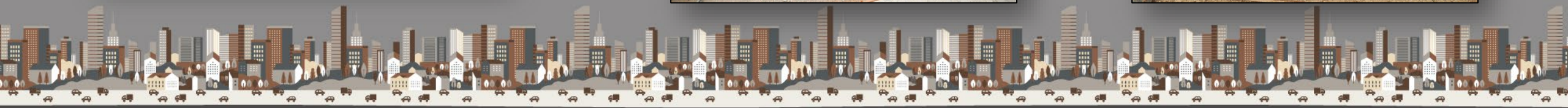
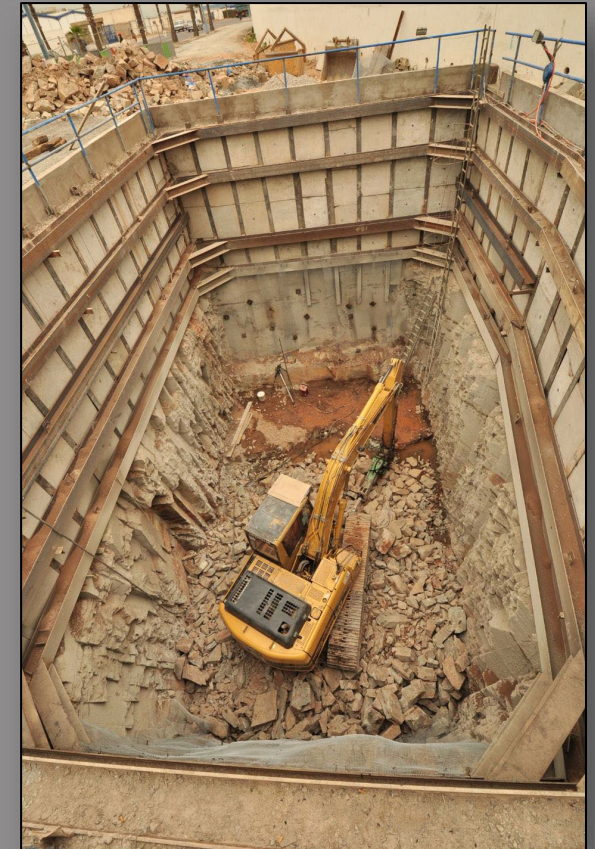
2. Soutènement des puits par Berlinoise :

Blindage de la partie meuble par micro berlinoise réalisée par profilés métalliques HEA espacés de 1 m mis en place dans des forages de 220 mm (remplie en sable) et soutenus sur le plan horizontal par des cintres HEA. Des dallettes de 10 cm d'épaisseur sont glissées entre les berlinoises afin d'éviter tout ravinement des meubles entre celles-ci



III. Techniques et solutions utilisées pour les puits:

2. Soutènement des puits par Berlinoise :

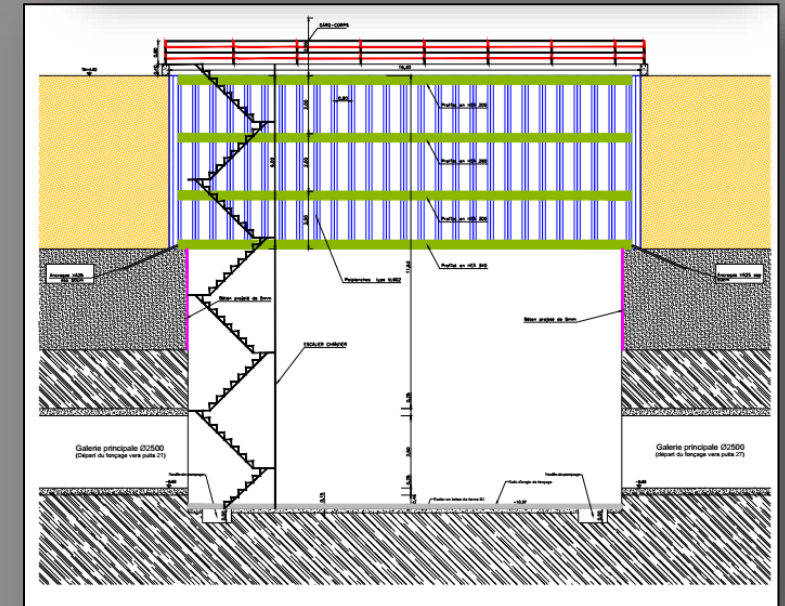
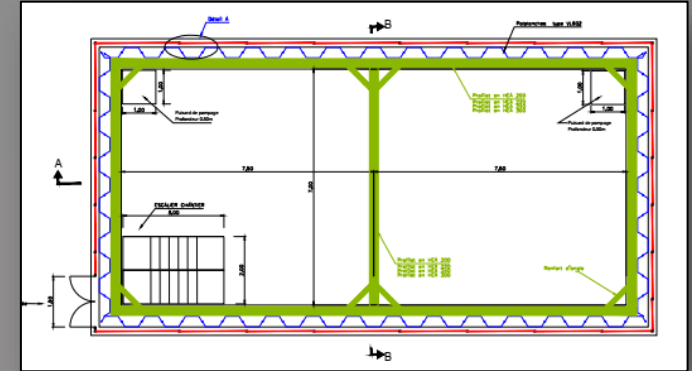


III. Techniques et solutions utilisées pour les puits:

3. Soutènement des puits par Palplanches :

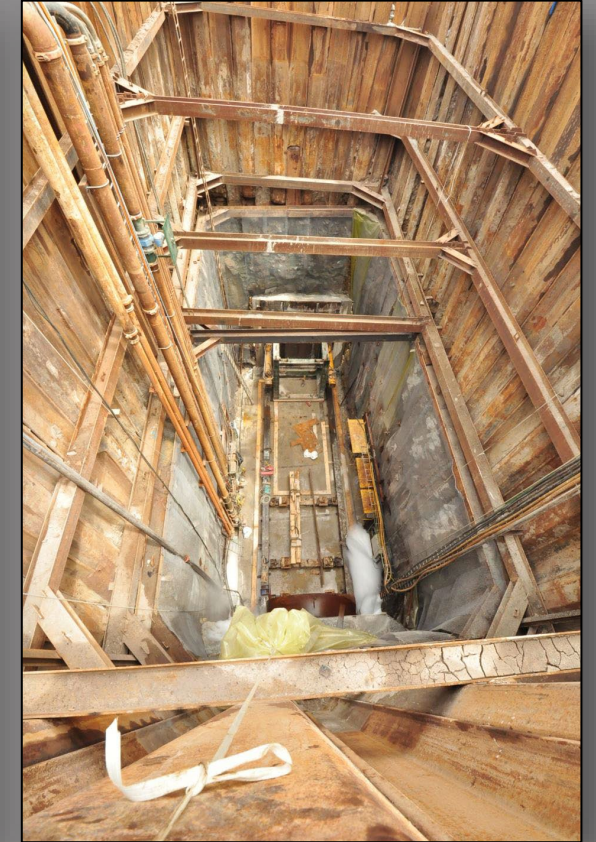
Soutènement de la partie sablo-limoneuse (6 à 8 m de TN) par palplanches type VL 602 ayant une hauteur de 6 à 8 m. Les palplanches sont soutenues par des cintres/cadres horizontaux en profilé HEA (200 à 340), placés tous les 2,5 m environ.

Clouage de la partie fiable en grés (au-delà de 8 m de profondeur) et grillage pour protection contre la chute éventuelle de petits blocs.



III. Techniques et solutions utilisées pour les puits:

3. Soutènement des puits par Palplanches :



IV. Tuyaux de fonçage :

La galerie principale est construite en éléments préfabriqués en béton armé, circulaires, de diamètre intérieur 2500mm, et diamètre extérieur 3000mm, pour une longueur utile de 2,40 m. Ces conduites ont été fabriquées par la société LA MEDITERRANENNE DU BETON, sise à Tétouan – MAROC, puis transportées à pied d'œuvre suivant les besoins du chantier



*Préparation d'une cage d'armature pour tuyau de fonçage
Usine LA MEDITERRANENNE DU BETON
30/11/2011*



*Préparation d'une virole pour tuyau de fonçage
Usine LA MEDITERRANENNE DU BETON
30/11/2011*



*Déchargement d'un tuyau de fonçage sur chantier
28/01/2012*



*Préparation d'une tuyau de fonçage avant fonçage
28/01/2012*



IV. Tuyaux de fonçage :

Etant donné la nature agressive du milieu extérieur, un ciment prise mer (CPJ 55 PM de la société LAFARGE) a été utilisé dans la fabrication du béton des conduites. Par ailleurs, tous les aciers sont protégés par un recouvrement de 5 cm.

Etant donné par ailleurs la nature agressive des effluents transportés, et en particulier du sulfure d'hydrogène (H₂S), résultant de la fermentation en milieu confiné des résidus organiques, l'intérieur de la galerie a été protégé par imprégnation avec **CONTROL@INNERSEAL**, conçu par la société KOMSOL (Norvège), et appliqué par la société SOLRADIANT (Espagne).



V. Technique de fonçage par TBM DN3000 :

Etant donné les conditions de sol, la présence d'une nappe et la profondeur de la conduite, le groupement a adopté la technique de creusement par micro-tunnelier à bouclier fermé bentonitique et pousse tube.

Cette technique présente les avantages suivants :

- Creusement sous une pression d'eau importante ;
- Creusement dans des terrains hétérogènes (terrains globalement rocheux avec des passages dans des formations plus friables) ;
- Blindage du tunnel en front de taille par la machine elle-même et par injection de bentonite si nécessaire et blindage immédiat derrière la machine par
- l'introduction des tuyaux, ce qui représente une sûreté pour l'ouvrage et les opérateurs.
- Moindre gêne à la circulation et aux riverains.



V. Technique de fonçage par TBM DN3000 :

Le microtunnelier est de type AVND d'HERRENKNECHT

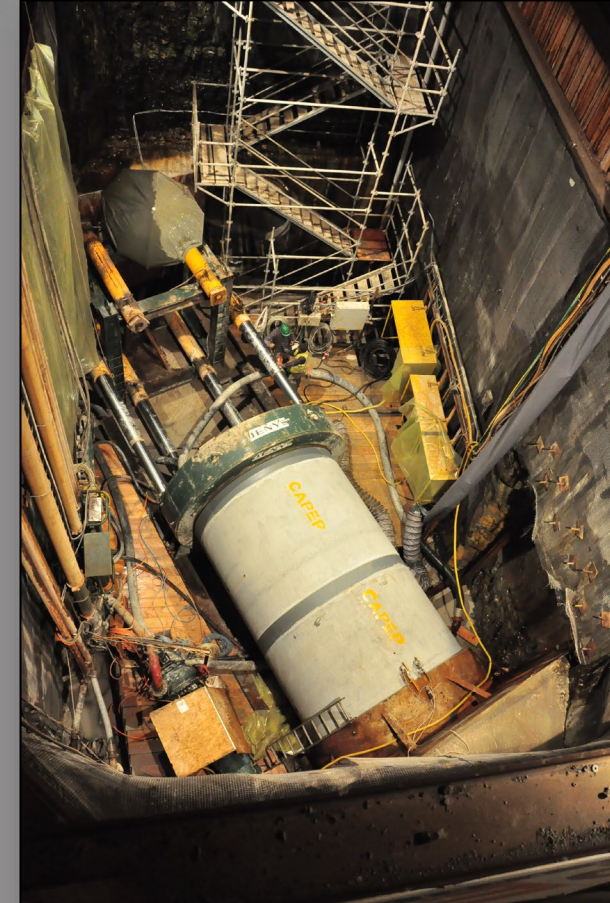


V. Technique de fonçage par TBM DN3000 :

La technique du fonçage au micro-tunnelier permet de construire des tronçons de galerie atteignant 1 km, entre un puits de départ et un puits de réception.

La presse principale installée, dans le puits de départ, développant une poussée totale de 2.000 tonnes répartie sur 6 vérins télescopiques, est capable de foncer tout le tunnel en cours de construction, y compris le tunnelier.

Afin de réduire les efforts de friction entre l'extrados des tuyaux de fonçage et le terrain, une boue de bentonite est injectée en continu dans l'espace annulaire qui entoure le tunnel.



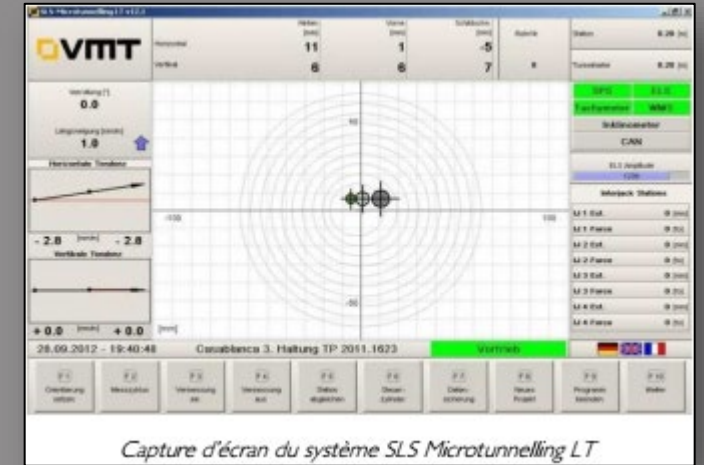
V. Technique de fonçage par TBM DN3000 :

Par précaution, des stations de poussée intermédiaires sont régulièrement placées sur le tunnel, pour éviter tout risque de blocage. En cas d'augmentation imprévisible des efforts de friction résistante, ces stations de poussée intermédiaire permettent de faire avancer le tunnel en construction par tronçons.



V. Technique de fonçage par TBM DN3000 :

En cours de creusement, la position du tunnelier a été mesurée par le système de navigation SLS Microtunnelling LT, implanté par société allemande VMT. Ce système de navigation a permis de construire des linéaires de tunnel importants, même en courbe, sans incidence de la réfraction sur les mesures (en cas de gradients de température ou d'hygrométrie dans le tunnel). Des mesures de vérification, effectuées tous les 100m, ont permis de contrôler la précision du système de navigation, qui a été réétalonné le cas échéant.



V. Technique de fonçage par TBM DN3000 :

En cours de creusement, les déblais rocheux issus de l'excavation ont été transportés par marinage hydraulique jusqu'à l'installation de séparation sise à proximité des puits de travail. Les déblais concassés ont alors été séparés de l'eau de marinage, pour être évacués, tandis que l'eau était recyclée. Les eaux éventuellement rejetées dans le réseau d'assainissement public ont systématiquement fait l'objet d'une décantation préalable, dont l'efficacité a été régulièrement vérifiée par des essais en laboratoire.

Etant donné que les matériaux concassés ont été identifiés comme C1D2 au sens de la classification GMTR, ils ont pu être utilisés ultérieurement en remblai de tranchées ou de puits de travail. L'excédent a quant à lui été évacué en décharge publique.



V. Technique de fonçage par TBM DN3000 :



V. Technique de fonçage par TBM DN3000 :

a) Injections de blocage

Après achèvement des travaux de fonçage au micro-tunnelier, les tronçons de galerie ont été bloqués par injection d'un coulis de ciment. Ce coulis, composé d'eau et de ciment CPJ 55 PM, dosés en proportions égales, a été injecté dans l'espace annulaire via les inserts inclus dans les tuyaux de fonçage, également utilisés pour l'injection de boue de bentonite de lubrification



V. Technique de fonçage par TBM DN3000 :

b) Construction des ouvrages de visite définitifs dans les puits de travail

Après exécution des tronçons de galerie, les puits de visite définitifs, de dimensions intérieures 2,00m x 3,00m ont été construits dans les puits de travail provisoires, qui sont ensuite remblayés.

Ces puits serviront d'accès pour contrôle ou intervention sur la galerie en phase d'exploitation.



V. Technique de fonçage par TBM DN3000 :

c) Construction des ouvrages de visite intermédiaires

En plus des puits de visite aménagés dans les puits de travail provisoire, des puits intermédiaires sont nécessaires pour donner à l'exploitant des accès supplémentaires à la galerie.

Contrairement aux puits de travail, les puits de visite intermédiaires ont été terrassés après construction de la galerie par fonçage.

Leurs dimensions intérieures sont identiques : 2,00m x 3,00m. Le terrassement s'est fait à minima, à savoir une excavation de section intérieure 2,60m x 3,60m, qui se fait depuis la surface jusqu'à atteindre la galerie principale. Les parois excavées ont ensuite été utilisées comme coffrage perdu lors des travaux de génie civil.

Pour le raccordement sur la galerie principale, la moitié supérieure d'un tuyau de fonçage a été découpée pour créer une ouverture, tandis que la moitié inférieure a été conservée, ce qui assure la continuité du fil d'eau de la galerie.



V. Technique de fonçage par TBM DN3000 :





MERCI POUR VOTRE ATTENTION



Organised by



Sponsored by



Supported by



Chinese Partner



Official Media Partner

