

Construction à Rennes Capitale de la Bretagne (France) d'un collecteur de stockage de 3300 m³ par microtunnelage

A. PRENVEILLE *Agglo-RENNES*

P. RAULT *STS SADE*



Plan de l'exposé

Présentation à deux voix

❖ Maître d'ouvrage et Maître d'oeuvre

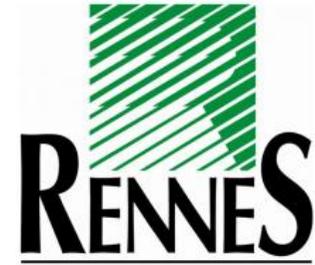
- Contexte, objectifs, caractéristiques
- Contraintes de réalisation
- Budget de l'opération

❖ Entreprises



Participants

Agglo-Rennes Métropole



SADE STS



SMCE



HOBAS

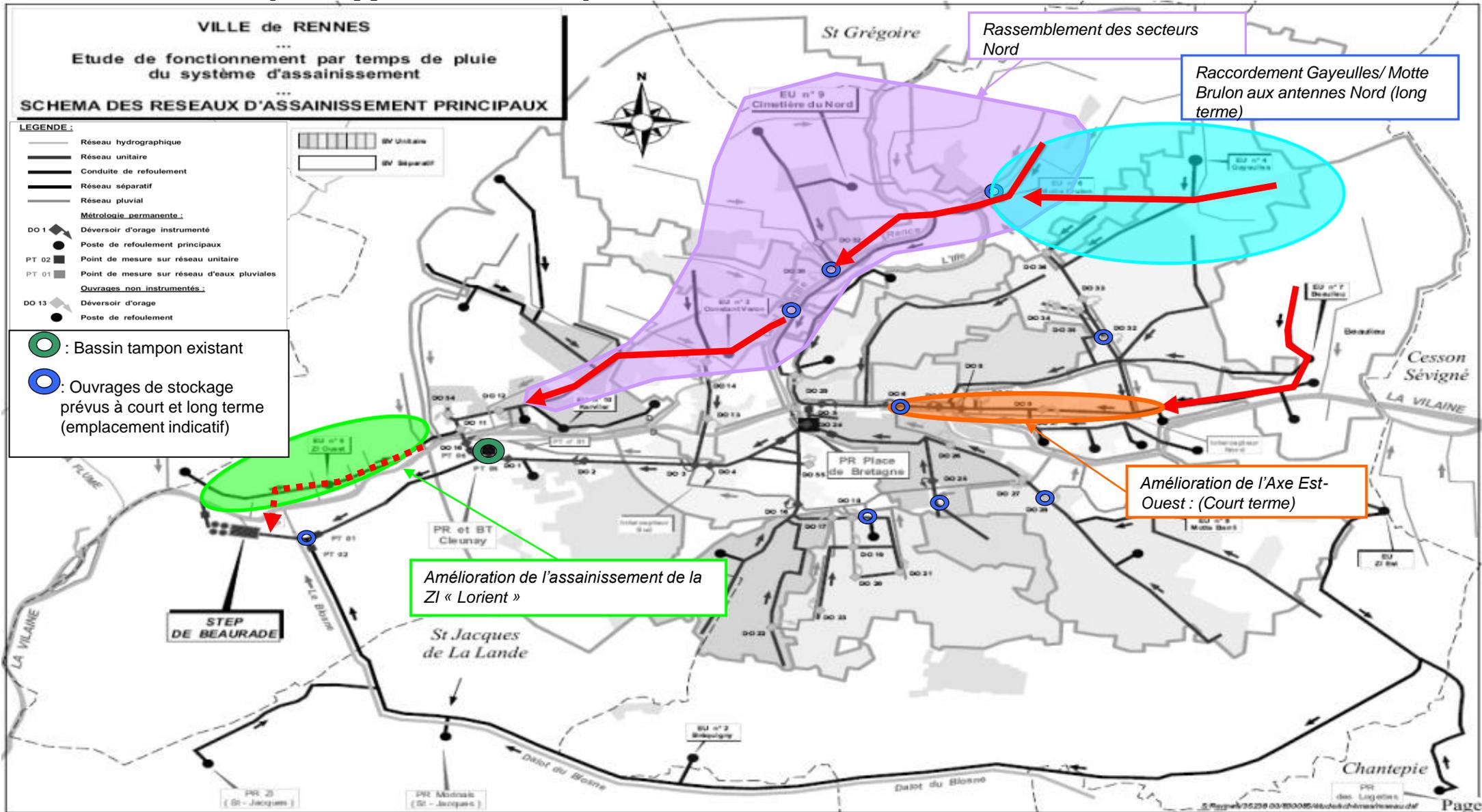


Contexte de l'opération

- Inscrite au **2^e programme pluriannuel d'assainissement** - Novembre 2008
- **Cadre législatif**
 - Conformité à la Loi sur l'Eau et les milieux aquatiques (LEMA) - décembre 2006 prise en application de la Directive Cadre Européenne (DCE) de décembre 2000
- **Application Rennaise**
 - Réduction des déversements au milieu naturel par temps de pluie (6 déversements par an au lieu de 12 pour une pluie bimestrielle)
- **Thématiques d'intervention**
 - Création de bassins tampons (de l'ordre de 9 000 m³)
 - Restructuration de réseaux
 - Réhabilitation de réseaux
 - Développement de la mise en séparatif du réseau d'assainissement
- **Planification, programmation et financement des travaux**
 - 10 ans en fonction des opportunités de réaménagement de voirie et d'opérations d'urbanisme
 - 40 millions d'euros dont 2,5 millions d'euros d'aides de l'agence de l'eau



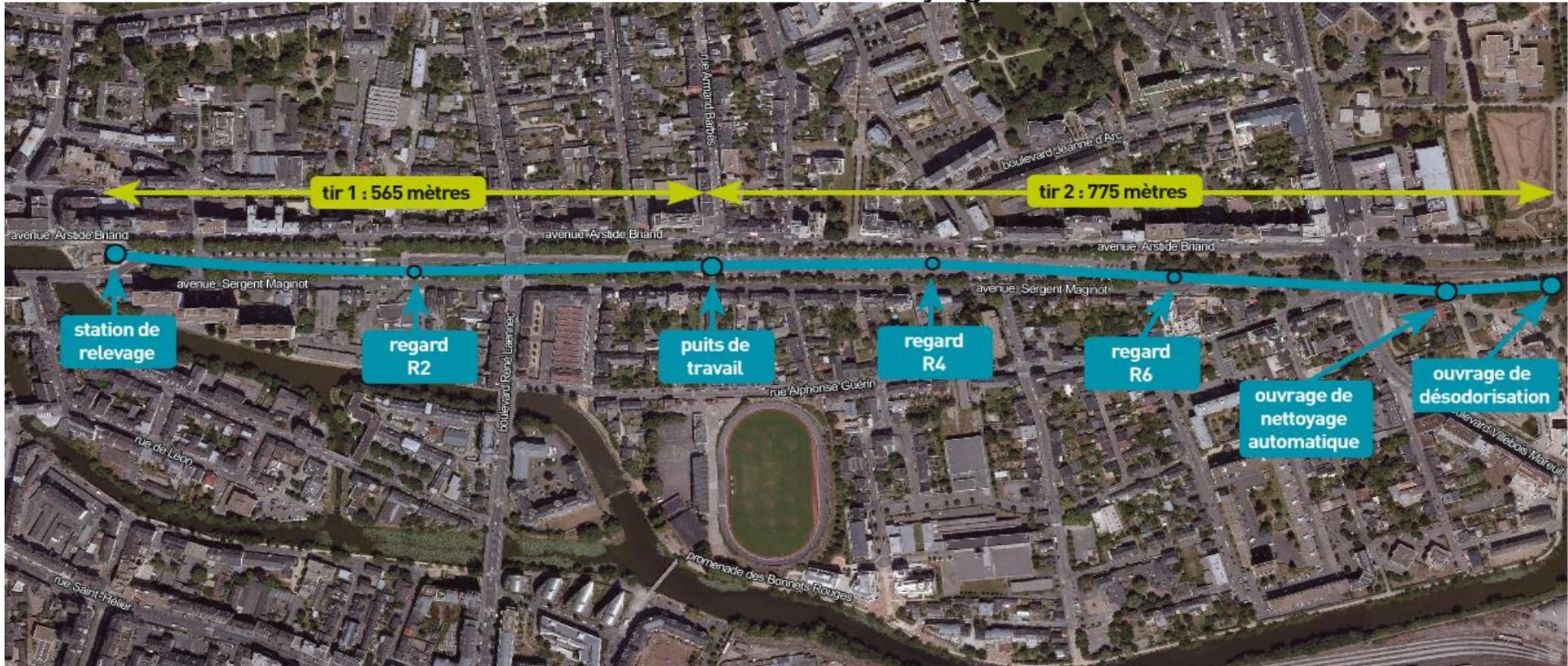
Localisation des ouvrages prévus dans le 2^e programme pluriannuel d'assainissement



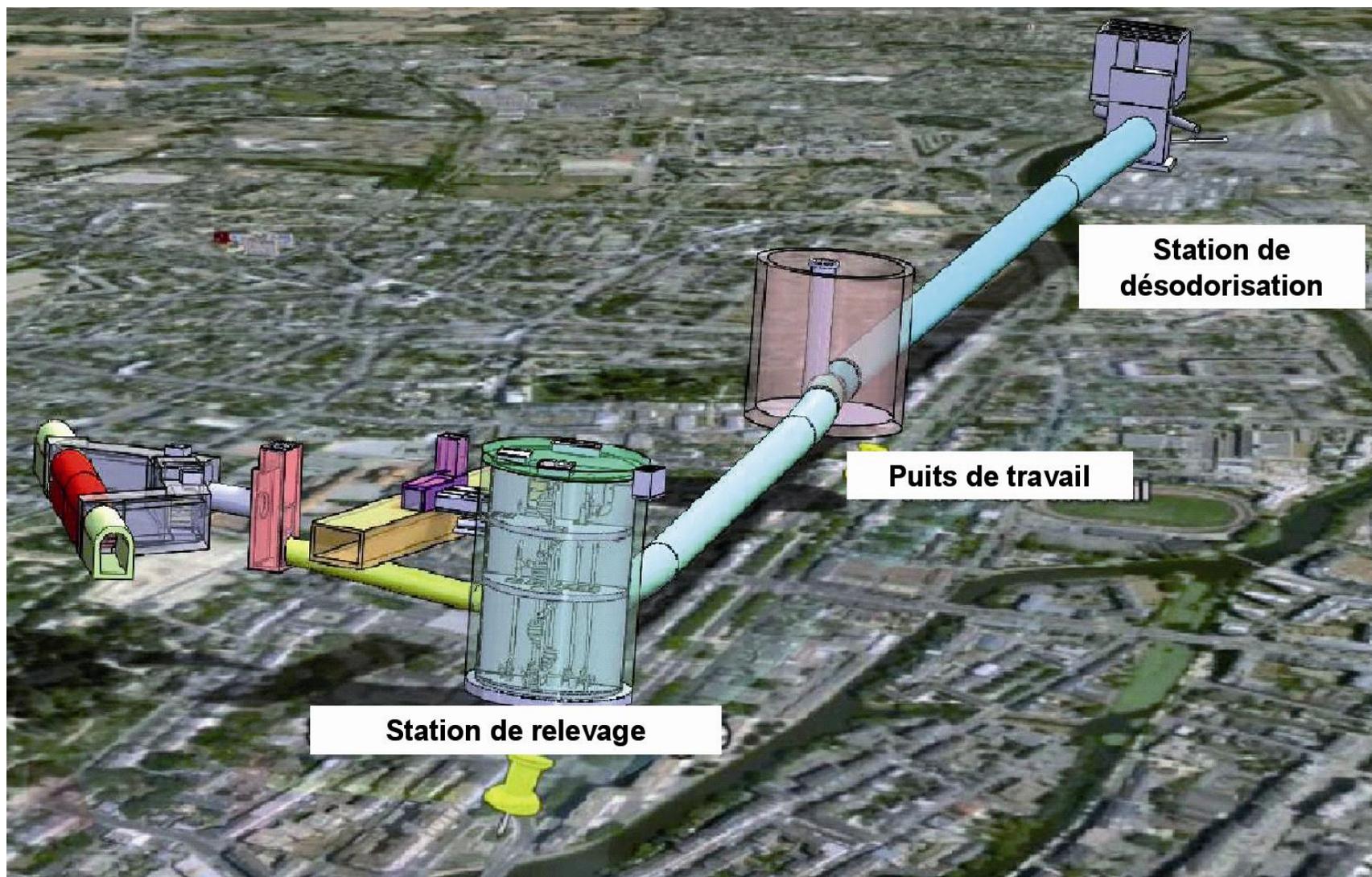
Axe Est/Ouest

Stockage Maginot 1^{re} opération du programme

- **Caractéristiques du projet** - collecteur unitaire intégrant :
- Réalisation d'un stockage de :
 - ↳ **3 300 m³** sur un linéaire de **1 340 m** en collecteur **Ø 1 800 mm**
- Construction d'une station de relevage en fosse sèche à 10 m de profondeur
- Création d'une station de désodorisation et de nettoyage du collecteur



Vue 3 D du projet



Choix du Maître d'Ouvrage

- Maîtrise d'Œuvre en régie (l'ensemble du service Assainissement est assuré en régie municipale).
- **Dévolution des travaux sur appel d'offres ouvert sans variante :**
 - Marché unique à lots techniques (5)
 - » Lot 1 : Microtunnelier
 - » Lot 2 : Station de refoulement
 - » lot 3 : Travaux en tranchées
 - » Lot 4 : Station de désodorisation et de nettoyage
 - » Lot 5 : Travaux de forage
- **Critères de jugement des offres :**
 - » Valeur technique de l'offre (110 points)
 - » Prix de la prestation (70 points)
 - » Performances en matière d'insertion professionnelle (10 points)
 - » Performances en matière de protection de l'environnement (10 points)



Choix du Maître d'Ouvrage

- **Prestations techniques particulières :**

- Réalisation par microtunnelier de Ø 1800 mm avec un seul puits de travail sur une longueur de 1340 m avec 2 tirs courbes et une pente de 3 mm/m
 - Choix dicté par la profondeur du projet entre 5 et 10 m, la présence de la nappe phréatique à faible profondeur, un sous sol géologique très complexe, la volonté de minimiser les nuisances de circulation.
- Mise en œuvre de tuyaux PRV pour résister au phénomène H2S et faciliter le nettoyage du collecteur lors de sa vidange (très faible rugosité)
- Mise en œuvre d'une vanne de chasse à commande hydraulique pour assurer un nettoyage efficace du collecteur après remplissage
- Créer une station de désodorisation pour éviter les nuisances olfactives et garantir la sécurité des interventions du personnel
- Création d'une station de pompage en fosse sèche à 10 m de profondeur pour permettre une exploitation aisée et réactive.



Choix du Maître d'Ouvrage

- **Budget des travaux** ⇒ **11 505 000 €**
- **Délais de réalisation** ⇒ **13.5 MOIS**
- **Marché attribué au groupement** ⇒ **SADE -SMCE**



SADE STS

Service de Travaux Spéciaux

Machine de microtunnelage
AVN1600 TC



Sommaire

Directive Cadre Européenne - bon état écologique des eaux en 2015

Projet « Collecteur Stockage Maginot »

Contexte géologique

Equipement de microtunnelage

- **Matériel de poussée (bâti principal, station télescopique, stations intermédiaires)**
- **Traitement du marinage (centrale de floculation et centrifugeuse)**
- **Injection de lubrification**
- **Tuyaux en PRV**

Retour d'expérience

- **Force de poussée**
- **Traitement des déblais**
- **Abrasivité des sols**

Système de nettoyage automatique

Ouvrages annexes



Vue tir N°2



Pourquoi le microtunnelage ?

Contraintes environnementales

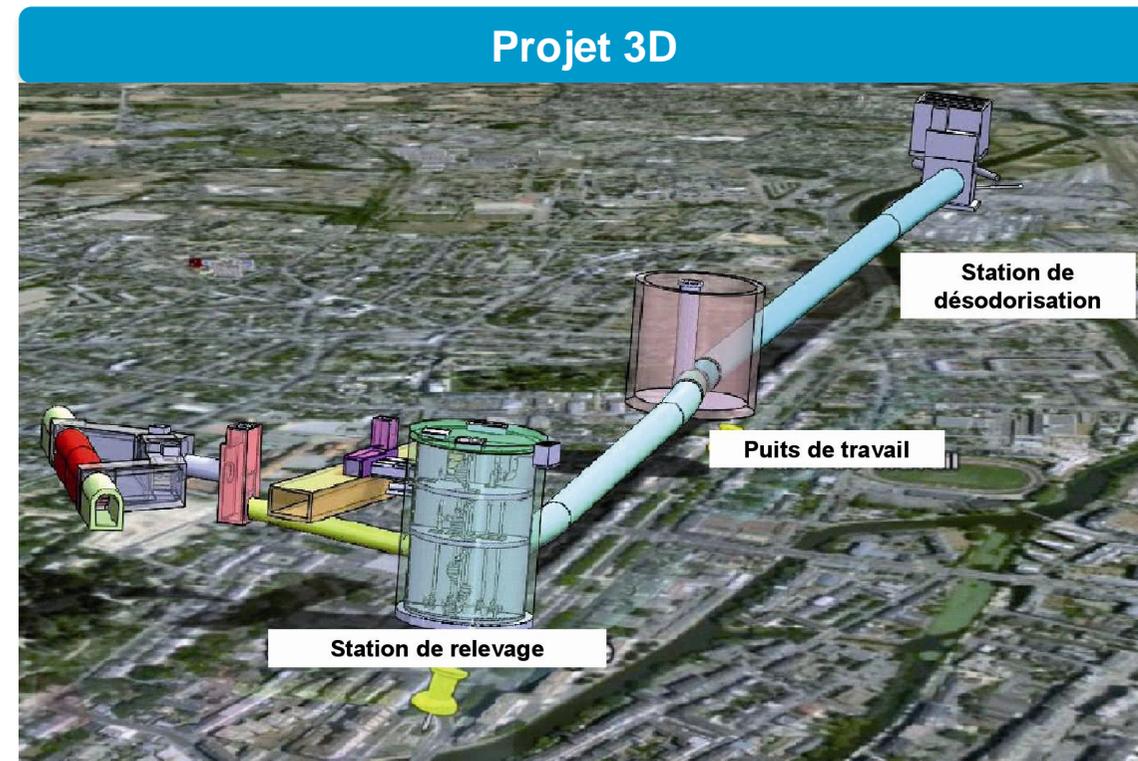
- Bassin de stockage « conventionnel » incompatible avec la haute densité urbaine du centre-ville de Rennes
- Minimiser l'impact des travaux (circulation, voisinage, bruit...)

Limitations de nuisance

- Longueur de 1 340 m en seulement deux tirs courbes: 565 m et 775 m
- Seulement 3 zones ponctuelles de travail pour le travail de microtunnelier:
 - Un puits de travail central (point de départ commun pour les 2 tirs)
 - Deux puits de sortie à chaque extrémité

Contraintes techniques

- Profondeur importante ~ 7,5 m
- Présence de la nappe phréatique



Contexte géologique

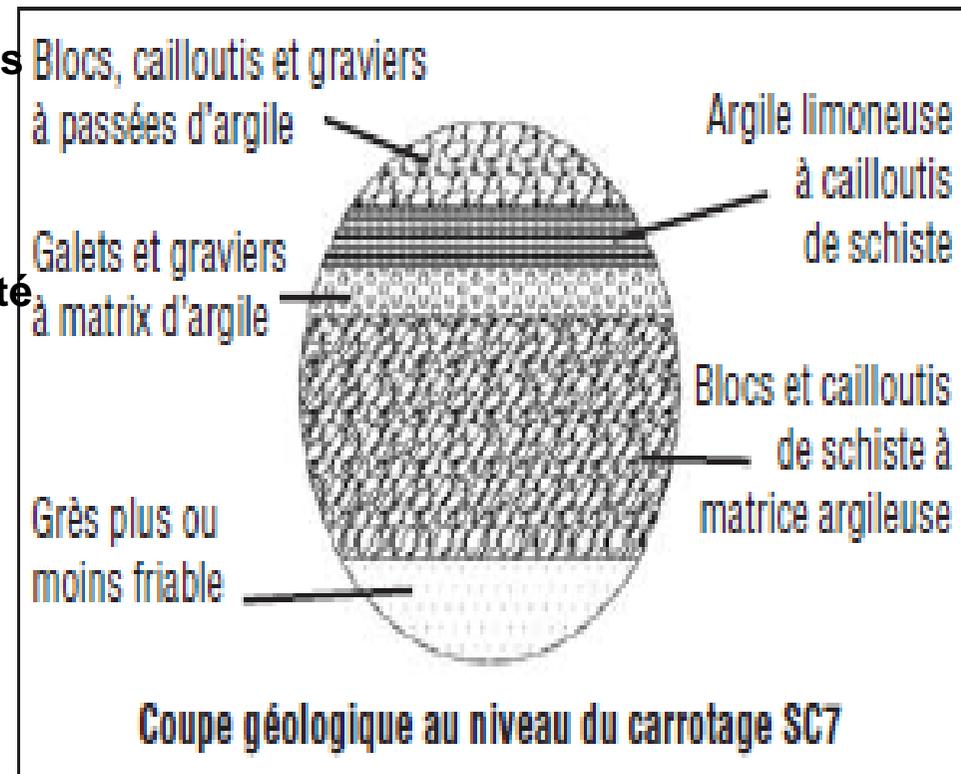
Collecteur à une profondeur moyenne de 7,0 m

Présence de la nappe phréatique

- Profondeur moyenne de 3 m

Formations géologiques

- Les schistes altérés constitués de blocs et cailloutis de schistes à matrices argilo limoneuse
- Le substratum schisto-gréseux (positionné à l'affleurement du radier de l'ouvrage) formé de schiste et de grès plus ou moins fragmentés



Contexte géologique

Deux carottes extraites

Roches de grès +/- fracturées



Schistes à matrices argilo limoneuse



Équipement microtunnelage

Atelier complet de microtunnelage

- Machine Herrenknecht AVN1600 TC
- Conteneur de pilotage

Matériel de poussée

- Bâti principal de poussée
- Station télescopique
- Stations de poussée intermédiaires

Traitement des déblais

- Dessableur-dessilteur
- Centrale de floculation et centrifugeuse

Injection de lubrification

Herrenknecht AVN1600 TC



Conteneur de pilotage Dessableur-dessilteur



Traitement des déblais

Rapport de sol a indiqué des particules très fines dans les horizons géologiques concernés

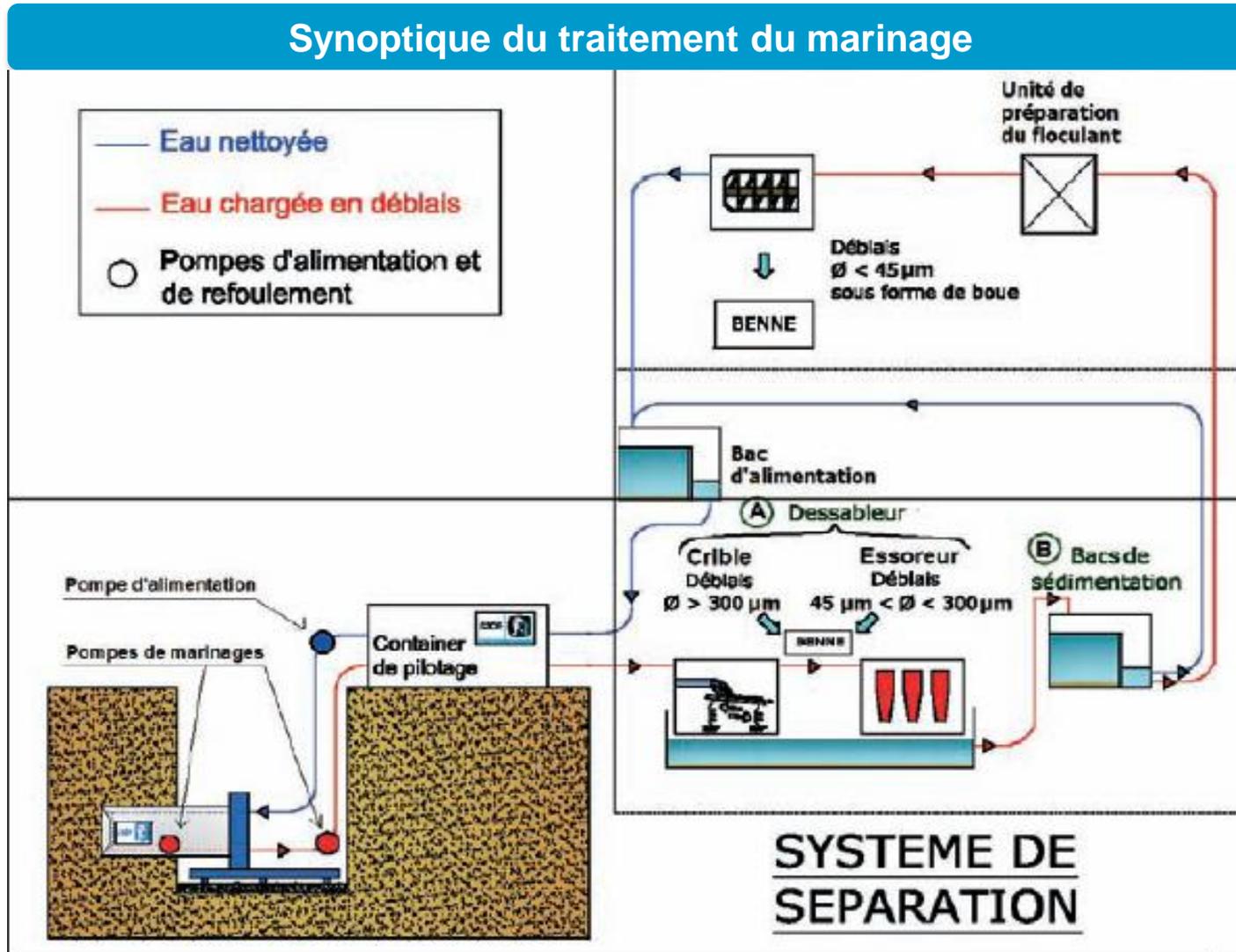
Risque d'augmentation rapide de la densité des boues de marinage

- Les particules très fines ne sont pas traitées par le dessableur-dessilteur
- Le ralentissement des cadences d'avancement causé par des difficultés pour évacuer des nouveaux matériels creusés
- Besoin de reprise très fréquente de la boue (consommation importante d'eau pour renouveler le volume de marinage, évacuation de volumes importants de boues)

Dessableur



Traitement des déblais



Traitement des déblais

Dessableur



Floculation + Centrifugeuse



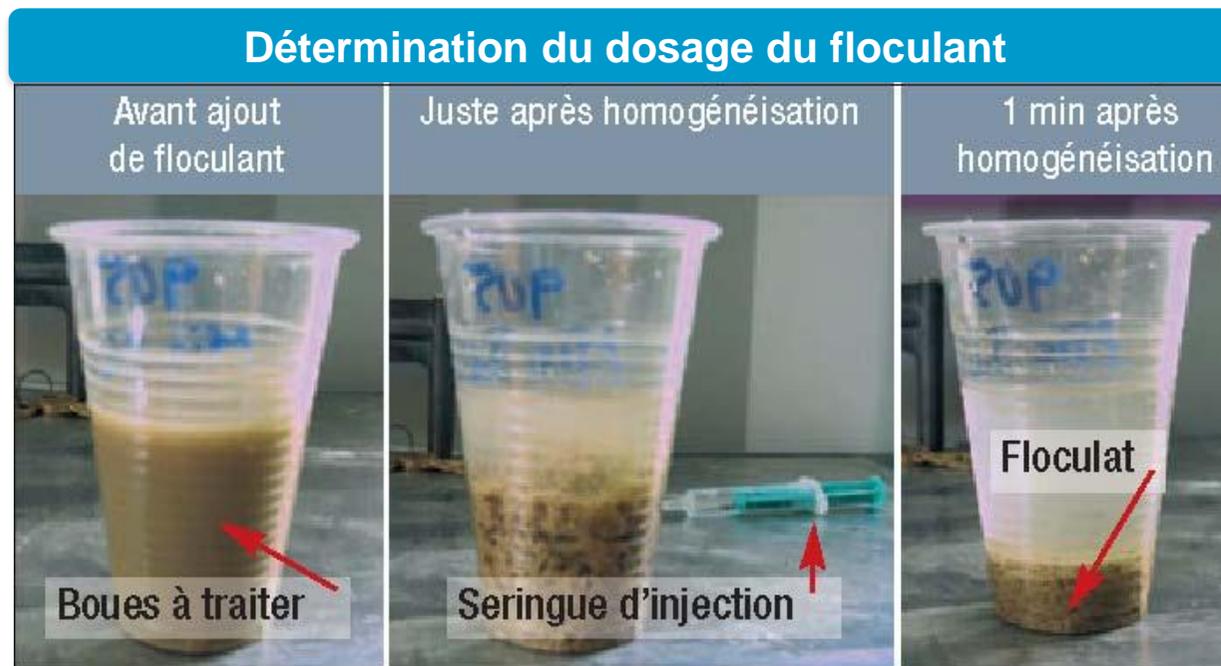

RENNES



Station de floculation et centrifugation

Process :

- **Phase 1** : Un polymère est ajouté au liquide de marinage pour créer le phénomène d'agglomération des particules fines entre elles
- **Phase 2** : ensembles volumineux et plus lourds éliminables par centrifugation



Matériel de poussée

2 types de forces à prendre en compte:

- Force de poussée P à exercer sur le sol par la tête du microtunnelier afin de permettre l'excavation et l'avancement de la machine
- Efforts de frottement F exercés par le sol sur les tuyaux mis en place

Spécificité du chantier de Rennes :

- Grandes longueur → Efforts de frottement F directement liés à la longueur du tronçon à fonder
- Longueurs courbes → Augmentation des efforts de frottement F
- Présence d'argilete → Sol collant
- Schist altéré et de grés → Nécessite une grande force de pénétration P

3 types de matériel de poussée:

- Bâti principale de poussée présent dans le puits de travail
- Station télescopique située derrière la machine
- Stations intermédiaires – espacées régulièrement dans le tronçon en cours de creusement



Bâti principal de poussée

Puits de travail

- Paroi souple
 - enceinte étanche pour s'affranchir des venues d'eau au terrassement
 - réalisée à l'aide d'une armature en treillis soudé descendue et positionnée dans un coulis bentonite-ciment

Bâti principal de poussée



Stations intermédiaires

14 vérins de 77 tonnes unitaire

↳ Tronçon n°1

- Longueur totale: 565 m
- 3 unités
- Espacées de 145 m en moyenne

↳ Tronçon n°2

- Longueur totale : 775 m
- 4 unités
- Espacées de 150 m en moyenne

Station intermédiaire en action



Station intermédiaire – virole métallique



Station télescopique

4 vérins de 125 tonnes unitaire, soit 500 tonnes de poussée disponible

Installée juste derrière la machine

↳ But : Exercer la poussée P nécessaire à l'avancement du microtunnelier

Station télescopique



Injection de lubrification

Objectif : Réduire les efforts de frottements du terrain sur les tuyaux

Méthode : remplissage du vide annulaire d'un coulis de bentonite

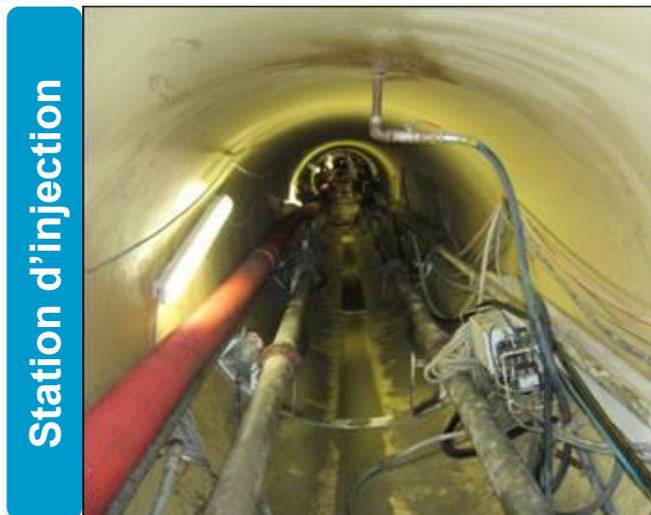
Spécificité du chantier de Rennes

↪ 2 lignes indépendantes de lubrification :

- L'anneau de lubrification (arrière du tube suiveur) permet le remplissage uniforme et complet du vide annulaire
- Stations d'injections installées tous les 15 m afin de réinjecter localement (via 3 pipes) et maintenir une lubrification efficace

Chaque ligne est contrôlée de manière indépendante à l'aide d'un réglage pression/débit

- A adapter manuellement *ou* en pilotage automatique



Tuyaux PRV

PRV = Polyester renforcé de fibres de verre

Fournisseur : HOBAS

Diamètre externe: 1940 mm

Epaisseur : 77 mm

Force de poussée maximale de 800 tonnes en tir droit

- avec une déviation angulaire de $0,25^\circ$ entre les tubes

Tuyaux PRV



Tuyau aval usiné pour la station intermédiaire



Station de pompage en aval

Structure circulaire réalisée par la technique de la paroi moulée

Diamètre : 7 m – Profondeur : 10,50 m

Puits de sortie pour le tir n°1



Ouvrages annexes

Réalisés à l'aide d'un soutènement provisoire en parois au coulis auto-durcissable armé



Système de nettoyage automatique

Légère inclinaison → des dépôts résiduels vont apparaître

Système de nettoyage – phénomène de chasse dans le collecteur

Équipement Hydroguard

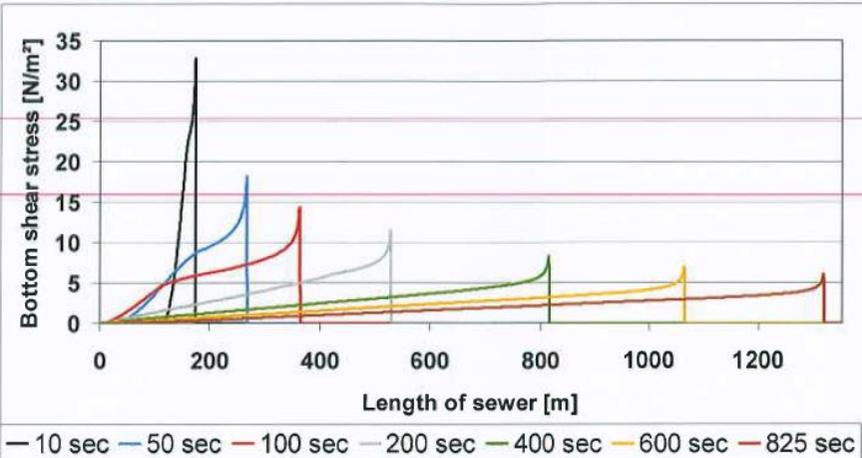
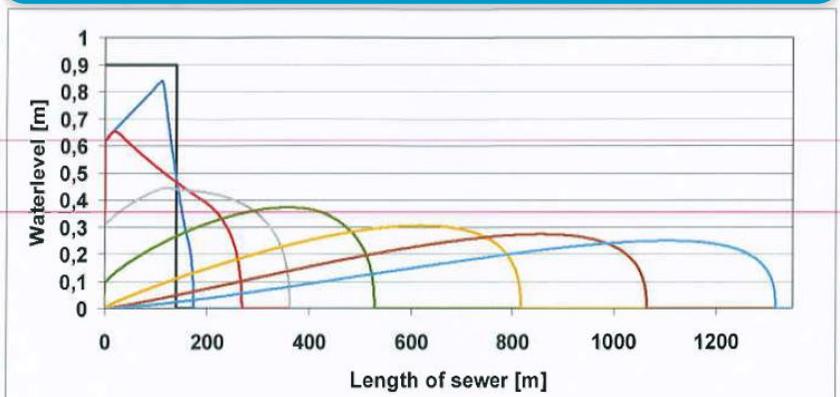
Plan basé sur la modélisation numérique

- Efficacité de l'onde de chasse d'eau
- Volume à stocker / niveau d'eau
- Meilleur emplacement à l'intérieur du collecteur

Système de nettoyage automatique (Hydroguard)



Niveau d'eau et la contrainte au cisaillement à différent moment de nettoyage





sade



□ 28, rue de La Baume - 75008 Paris
Tél. : 01 53 75 99 11 - Fax : 01 53 75 99 02 - www.sade-cgth.fr

