



SOLETANCHE BACHY

Procédé GEOMIX

CFMS-GBMS Journée Franco-Belge
12 mai 2011 - Polytech'Lille – Soutènement

Le Procédé Géomix

Développement récents du Soil Mixing

Spécificités du Géomix

Paramètres, dimensionnement, contrôle

Quelques références

Le Soil Mixing (1/3)

- **Principe**

- Déstructuration du sol avec un outil
- Adjonction d'un liant
- Malaxage

- **Matériau d'apport**

- Ciment, chaux ou composition particulière pour répondre à des situations ou des objectifs particuliers
- Sous forme pulvérulent ou liquide (voie sèche ou humide)

- **Résultat**

- Un élément de sol traité (colonnes, éléments linéaires ou tranchées, formes rectangulaires)

Le Soil Mixing (2/3)

Procédé courant pour le renforcement de **sols très mous**

(Japon, Scandinavie, Royaume Uni)



"Pinborr" tool (LCM)



Hercules tool



Hayward Baker



Raito Inc.

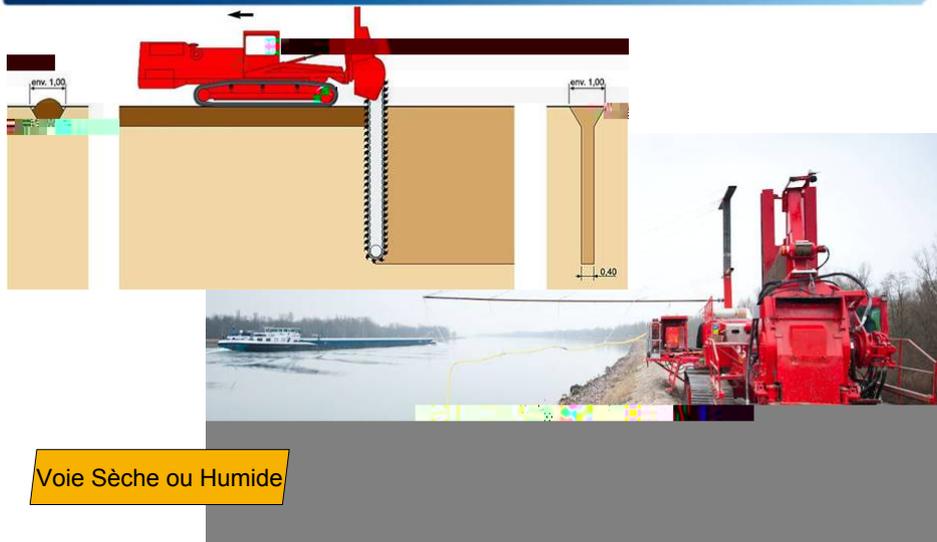


Raito Kogyo

Le Soil Mixing (3/3)

- Procédé étendu plus récemment à **une large gamme de sols** et applications
- Utiliser le **sol en place comme matériau de construction**
 - Outils -> géométrie
 - Matériaux -> caractéristiques
 - Procédés -> assurance qualité

Trenchmix – amélioration de sol et paroi étanche



TrenchmiXS



Renforcement de pylônes

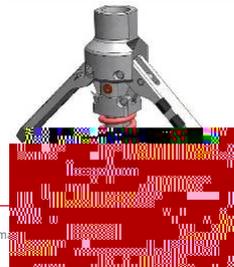
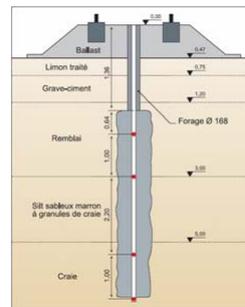


Voie Sèche ou Humide

Springsol – renforcement sous structures existantes



Voie Humide



Geomix



1
Forage et malaxage du terrain
en place avec injection d'un
fluide (boue, coulis, etc...)

2
Injection d'un liant hydraulique
+ Homogénéisation

Le Procédé Géomix

Développement récents du Soil Mixing

Spécificités du Géomix

Paramètres, dimensionnement, contrôle

Quelques références

Geomix



un outil innovant



une supervision

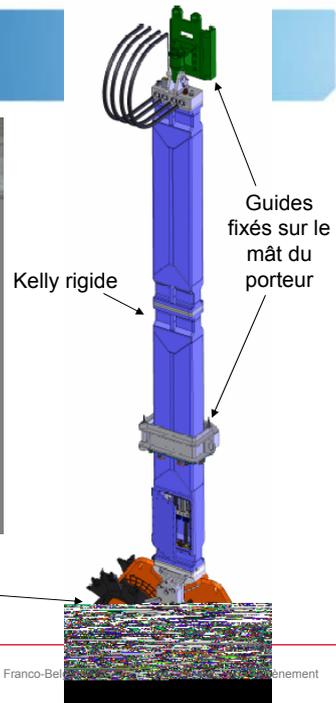


une méthode de travail et des matériaux adaptés



Lille - Soutènement

Un outil : le Cutter Soil Mixing (CSM)



La géométrie de l'outillage est brevetée

Moteurs hydrauliques à fort couple intégrés dans les roues
Tambours spécialement dessinés pour excaver ET mélanger



CFMS-GBMS Journée Franco-Bel... ènement

GEMIX : Montages



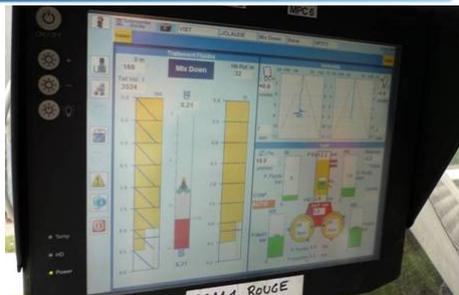
Différents types de montages :

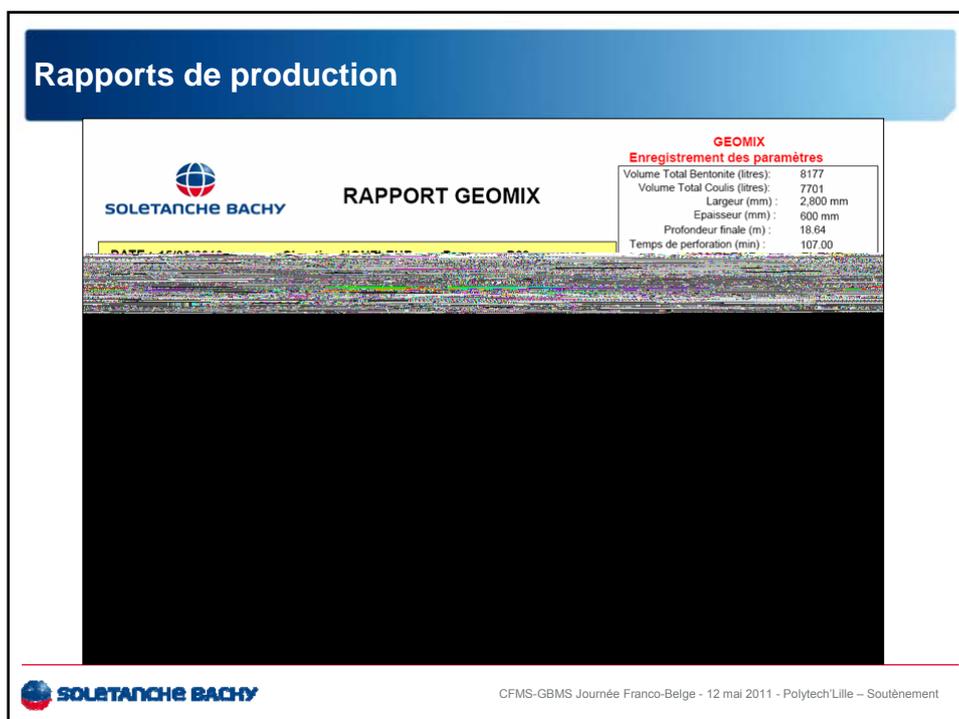
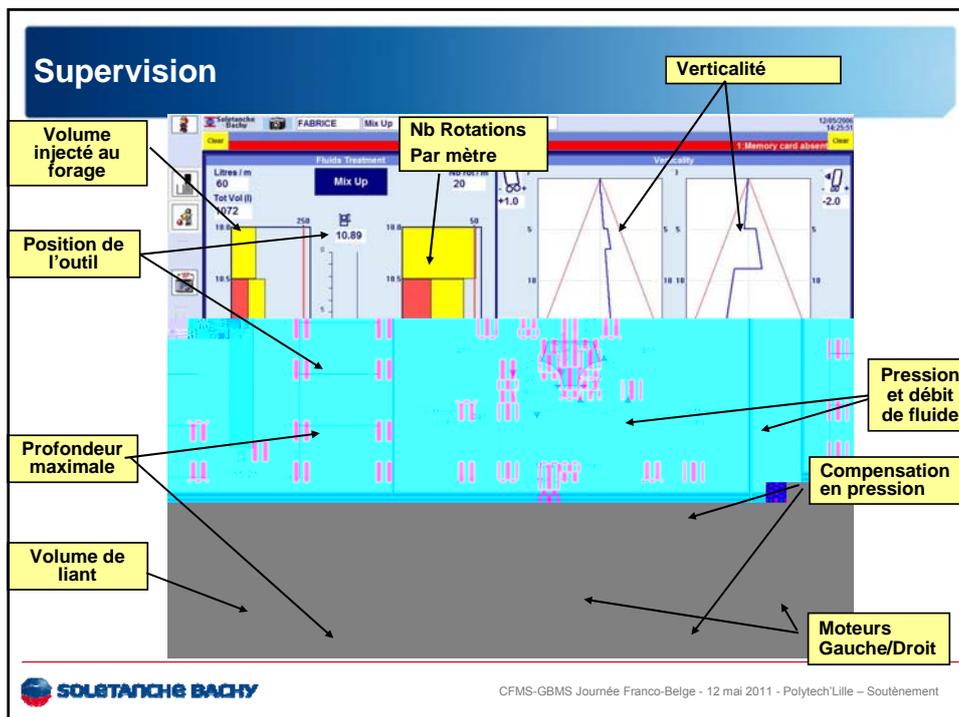
- pendulaire (≈15m)
- sur mât rigide ou télescopique (<20m) avec possibilité de reprise par clampage pour grandes profondeurs (<33m)

2 caractéristiques importantes :

- puissance hydraulique disponible (2x300l/min @ 300 bar)
- stabilité

Supervision





Le GEOMIX et le développement durable

Sol mélangé en place avec un liant hydraulique.

=> nécessite moins de matériaux que des méthodes plus classiques

Geomix

Déblais < 30% du volume de sol traité

Slurry wall

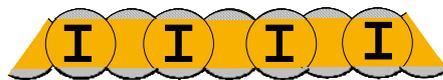
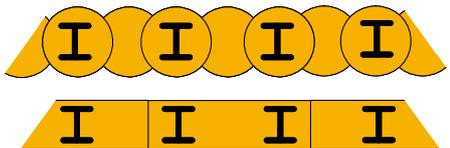
Déblais = 100% du volume de sol traité



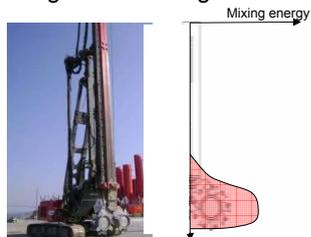
GEOMIX & techniques DSM classiques

Moins de joints entre les éléments de sol traité

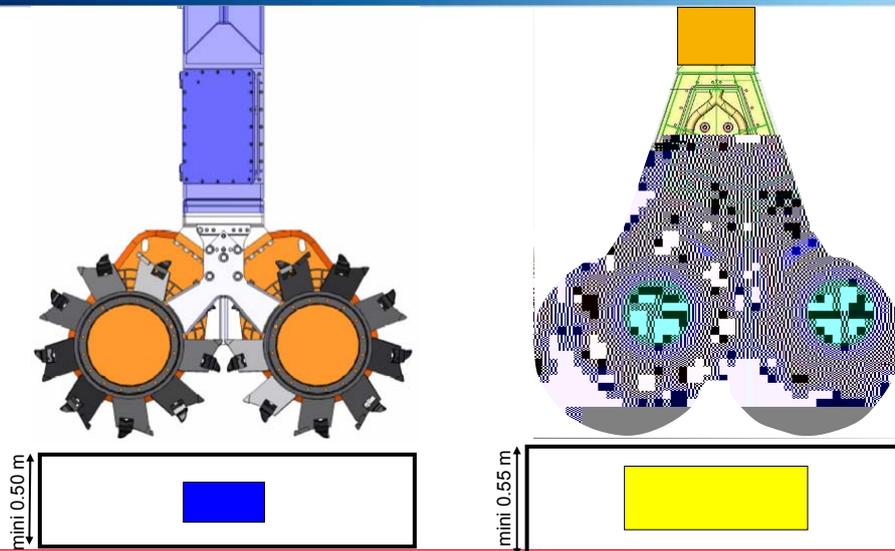
Renforcement par profilés métalliques...même méthode, mais moins de matériaux



Energie de malaxage



Cutter Soil Mixing : Equipements SB & Bauer



Le Procédé Géomix

Développement récents du Soil Mixing

Spécificités du Géomix

Paramètres, dimensionnement, contrôle

Quelques références

Paramètres de traitement & Matériaux



Fluides injectés :

- Généralement une boue de bentonite pour le forage et un liant hydraulique en remontant
- Quelquefois, selon les sites, forage directement à l'eau (dans l'argile) ou avec un coulis de bentonite/liant

Des paramètres spécifiques adaptés à chaque ouvrage.

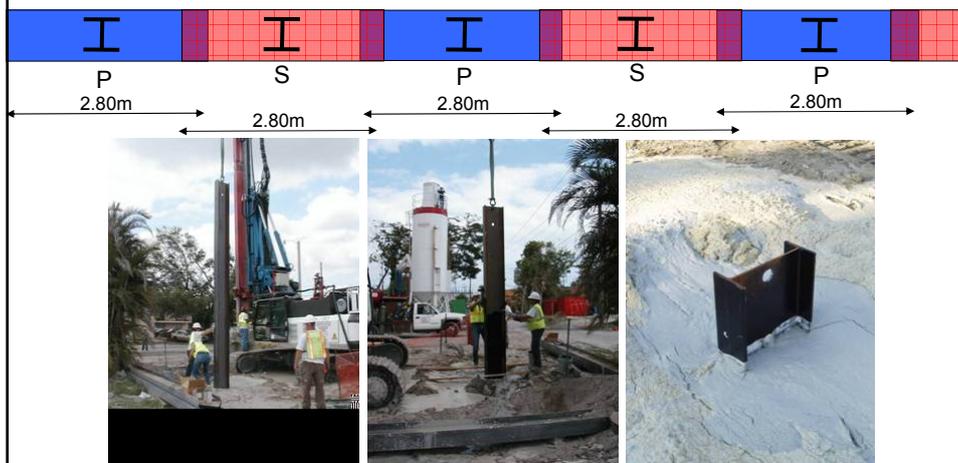
Rc : 1 à 4 MPa moyen @ 28 jours

Renforcement par profilés métalliques pour les soutènements

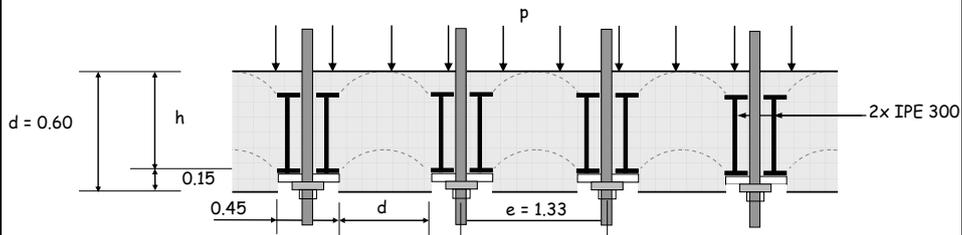
Permeabilité de l'ordre de 10^{-8} m/s à 10^{-9} m/s

Méthode de réalisation

Paroi : Séquence passe primaire / passe secondaire (ajout de profilés dans le matériau frais)



Applications en soutènement

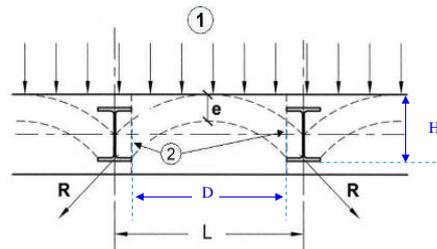
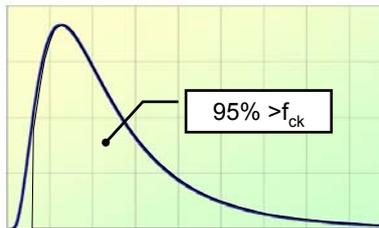


- Pas de redistribution d'efforts
- Stabilités locales et globales doivent être assurées
- => Critère : Résistance à la compression caractéristique f_{ck}

Soutènement : dimensionnement

compression : $V = 2 \cdot p \cdot (1 + D^2/4H^2)$
 cisaillement : $V \approx p \cdot D / 2H$

Max (V ; 5 W)



- $1.35 \cdot V < f_{ck} / 1.5$ (approche EuroCode) $\Rightarrow V < f_{ck}/2$
- Pour avoir 95% UCS $> f_{ck}$ $\Rightarrow f_{ck} \frac{f_{cm}}{\sqrt{CV^2 + 1}} \tilde{e}^{1.645\sqrt{\ln(CV^2 + 1)}}$

Le dosage en ciment est adapté en fonction de f_{cm} , du type de ciment, du sol, etc...

GEOMIX : Contrôles qualité



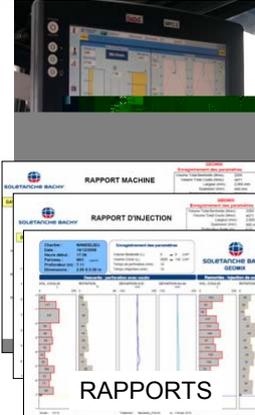
CAROTTAGES ET TESTS IN SITU

Caractéristiques réelles du matériau
(Rc, perméabilité, ...)
Réalisés après durcissement



ECHANTILLONNAGE

Aperçu des caractéristiques du matériau
Pendant la construction



RAPPORTS

Volumes injectés
Critères de malaxage
Disponible pour chaque panneau

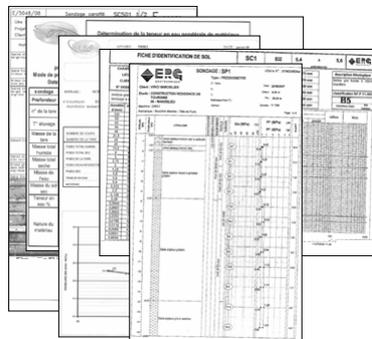
Limites du procédé GEOMIX

Terrain

Recommandé principalement dans des terrains sableux et limoneux
(limite de SPT : N=20 dans l'argile / N=60 dans les sables)

Eviter les terrains hétérogènes avec blocs ($\phi > 150 - 200\text{mm}$)

L'outillage CSM peut forer dans des couches plus dures pour réaliser des ancrages (env. 1m) – Rc < 50 MPa



Reconnaitances de sols nécessaires pour étudier une solution en Geomix :

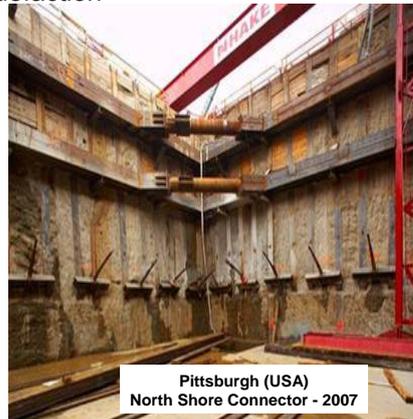
- Carottages
- Teneur en eau in situ
- Limites d'Atterberg / valeur au bleu (le cas échéant)
- Courbe granulométrique
- Caractéristiques in situ (SPT, mesures pressiométriques, CPT,...)

GEO MIX : Applications

Soutènements (renforcé par poutres métalliques)
Ecrans étanches
Amélioration de sols
Traitement anti-liquéfaction



Lewarde (FR)
Paroi d'étanchéité - 2008



Pittsburgh (USA)
North Shore Connector - 2007

Le Procédé Géomix

Développement récents du Soil Mixing

Spécificités du Géomix

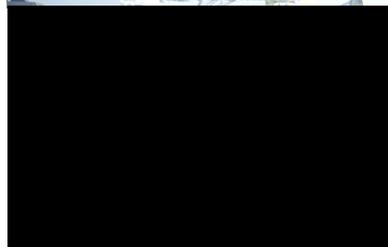
Paramètres, dimensionnement, contrôle

Quelques références

Nos références - Soutènement

Pittsburgh, USA - 2007

- **Paroi de soutènement temporaire pour une tranchée couverte + 2 puits d'accès pour un tunnelier**
- **11 000 m² de paroi Geomix de soutènement**
- **Epaisseur 800 – Profondeur moyenne 15.5m**
- **Renforcement par poutrelles métalliques**
- **Proximité d'un pont autoroutier en exploitation**
- **alluvions + dépôts fluvio-glaciaires**

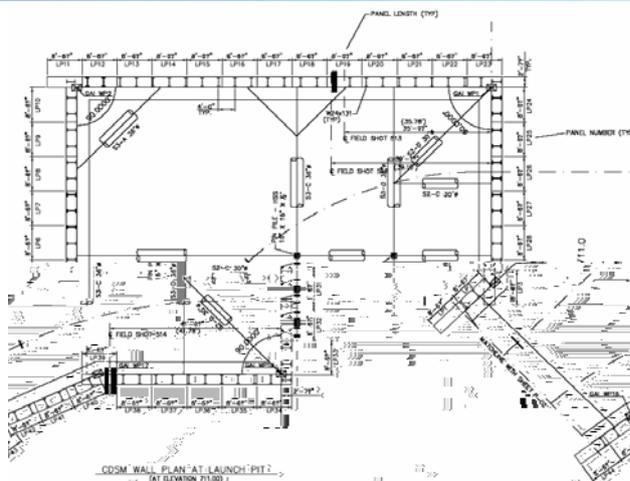


Starting shaft



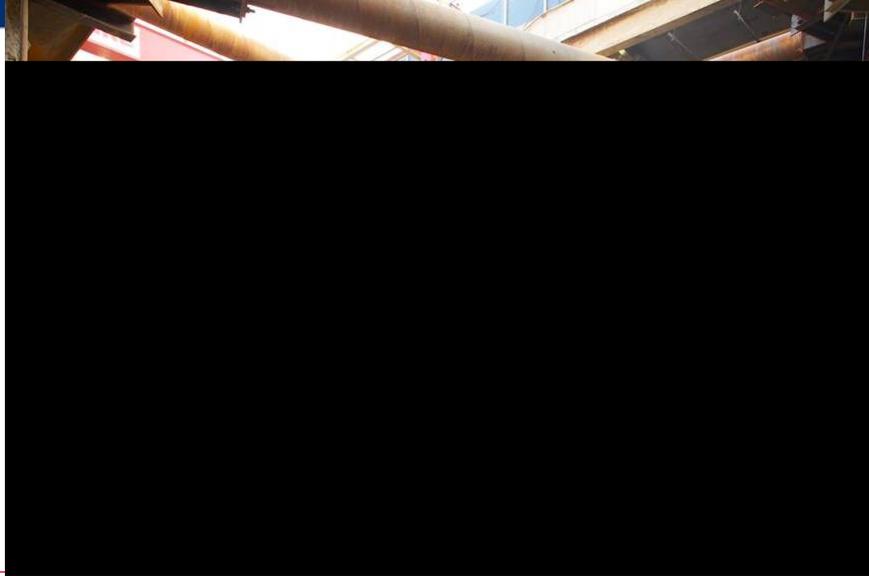
CFMS-GBMS

Nos références : Pittsburgh



CFMS-GBMS Journée Franco-Belge - 12 mai 2011 - Polytech'Lille – Soutènement

Nos références : Pittsburgh North Shore Connector



Nos Références – Soutènement

Seattle, USA - 2007

- Quartiers sud – Centre ville de Seattle
- Soutènement provisoire pour la construction d'une extension du Siège de Starbucks®
- Longueur 260 lm @ 20.7m (épaisseur 800 mm)
- Limons sableux et sables compacts
- Pre-traitement d'une couche de remblais + bois (excavation B/C)
- Soutènement permanent exécuté après excavation à 13m sous nappe



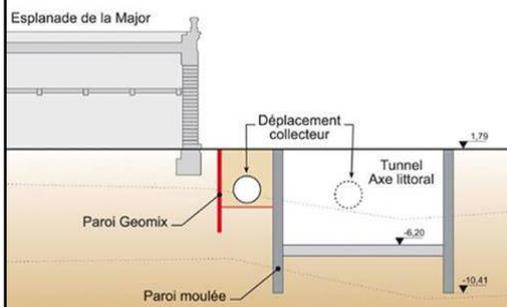
Seattle – 505, 1st avenue



Nos références - Soutènement

Marseille, France - 2008

- Soutènement provisoire pour une tranchée couverte
- 1 600 m² de paroi Geomix dans les alluvions et poudingues (dur +)
- Epaisseur 800 – Profondeur 8m
- Renforcement par profilés HEB220
- Construction de la paroi à proximité de bâtiments existants



Nos références - Soutènement

Marseille – Axe Littoral, France - 2008



CFMS-GBMS Journée Franco-Belge - 12 mai 2011 - Polytech'Lille – Soutènement

Nos références - Soutènement

Rosny sur Seine, France - 2010

- Soutènement provisoire pour travaux d'extension d'une centrale d'épuration
- 1 800 m² de paroi Geomix
- Epaisseur 600 – Profondeur 9m
- Renforcement par une structure acier : 2 IPE avec lierne intégrée (2 UPN)
- 1m d'ancrage dans la craie
- Profondeur de la fouille : 6m
- Nappe à 5m sous le niveau de la plateforme



CFMS-GBMS Journée Franco-Belge - 12 mai 2011 - Polytech'Lille – Soutènement

Rosny sur Seine



CFMS-GBMS Journée Franco-Belge - 12 mai 2011 - Polytech'Lille – Soutènement

Nos références – Soutènements et Amélioration de sols

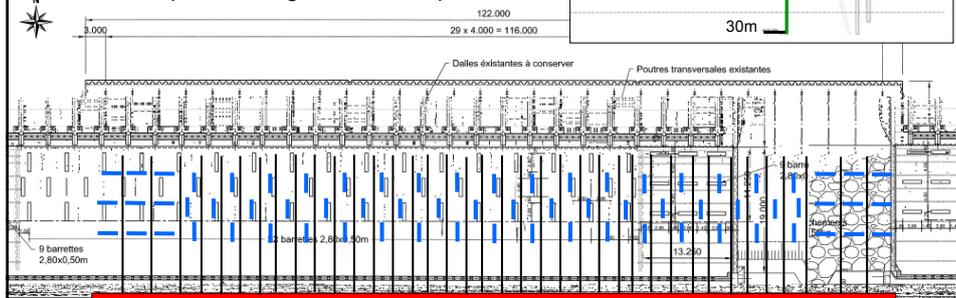
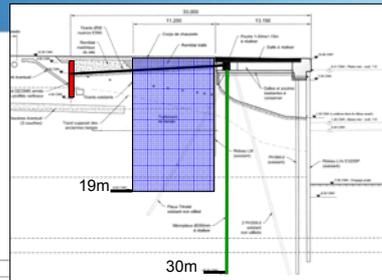
Honfleur, France - 2010

Réhabilitation d'un quai Danois

Barettes permettant de

- diminuer la poussée des terres sur le quai
- d'assurer une transmission des surcharges vers les horizons plus profonds

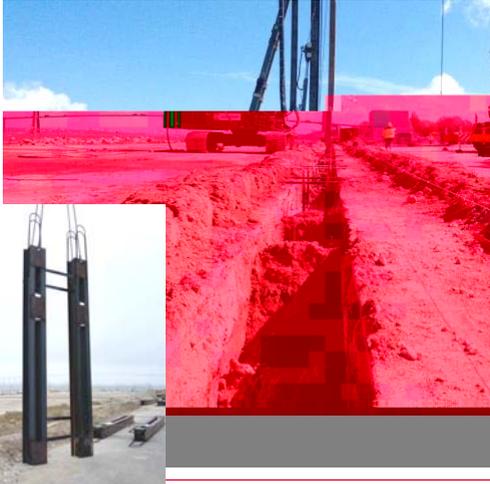
Ecran arrière pour ancrage des tirants passifs



CFMS-GBMS Journée Franco-Belge - 12 mai 2011 - Polytech'Lille – Soutènement

Nos références – Amélioration de sols

123 ml de paroi Geomix à 6.5m de profondeur
Doubles profilés IPE300, en arase basse



Profondeur 18.60 m – Epaisseur 600mm
70 barettes dans les sables fins denses

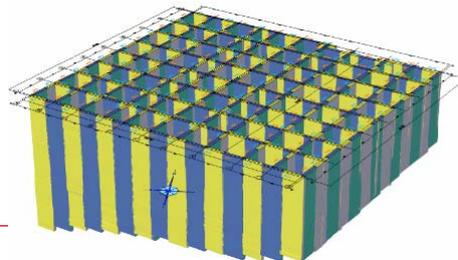


CFMS-GBMS Journée Franco-Belge - 12 mai 2011 - Polytech'Lille – Soutènement

Nos références : Traitement anti-liquéfaction Amélioration de sols

Fort de France, Martinique - 2010

- Reprise des charges de deux futurs bâtiments administratifs
- Sables fins limoneux sous nappe (liquéfiables) avec passages argileux et tourbeux
- Ancrage dans la tuffite
- 12 000 m² de Geomix ep.500
- Profondeurs entre 11 et 19m



Nos références : Fort de France, Martinique



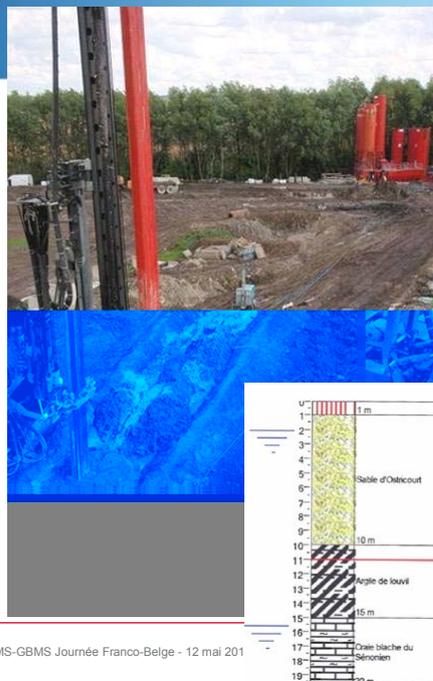
 SOLETANCHE BACHY

CFMS-GBMS Journée Franco-Belge - 12 mai 2011 - Polytech'Lille - Soutènement

Nos références – Ecran étanche

Lewarde, France - 2009

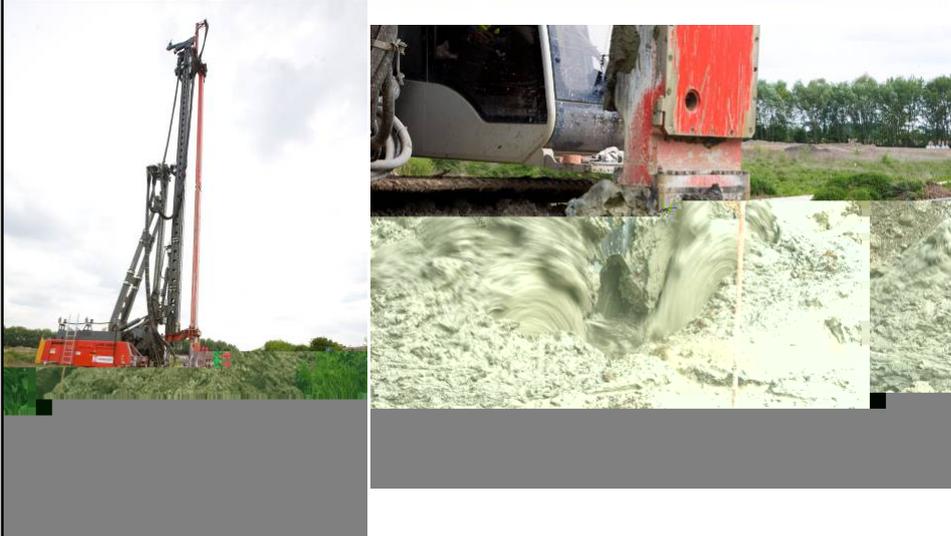
- Ecran étanche pour déviation d'une nappe superficielle
- Terrains pollués (décharge)
- Profondeur 11 m – Epaisseur 500
- Perméabilité obtenue $< 5 \cdot 10^{-9} \text{m/s}$
- Périmètre 600 mètres linéaires
- 6 600 m² dans les sables avec 1m d'ancrage dans l'argile



 SOLETANCHE BACHY

CFMS-GBMS Journée Franco-Belge - 12 mai 201

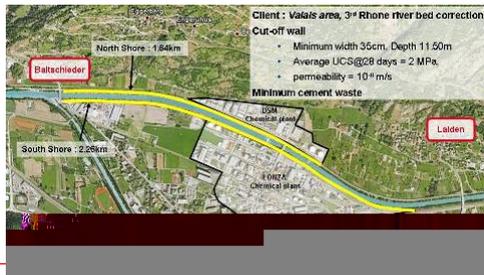
Ecran étanche - Lewarde



Nos références – Ecran étanche

Visp, Suisse - 2009

- Ecran étanche de protection d'installations le long des berges du Rhône
- Profondeur 12 m – épaisseur 500
- 34 000 m² dans les alluvions
- 2 machines x 2 postes
- Plateforme de travail étroite



Nos références – Viège (Suisse)

