



///

Cutter Soil Mix

stabilisation de digue à Melle
dans l'argile de Merelbeke

SOETAERT

CONTENU

- Introduction – Problématique
- Essais de sol
- Recherches préalables
- Argile de Merelbeke
- Solutions envisagées
- Projet Pilote
- CSM Soilmix : le procédé
- Réalisation Soilmix
- Echantillonnage
- Résultats laboratoire du projet pilote
- Dimensionnement
- Projets
- Sources, Remerciements



INTRODUCTION



La digue de la rivière à marée l'Escaut, près de Gand (B), présente plusieurs zones instables dans le tronçon Melle - Wetteren.

ESSAIS DE SOL



Vlaanderen
Is ondergrond

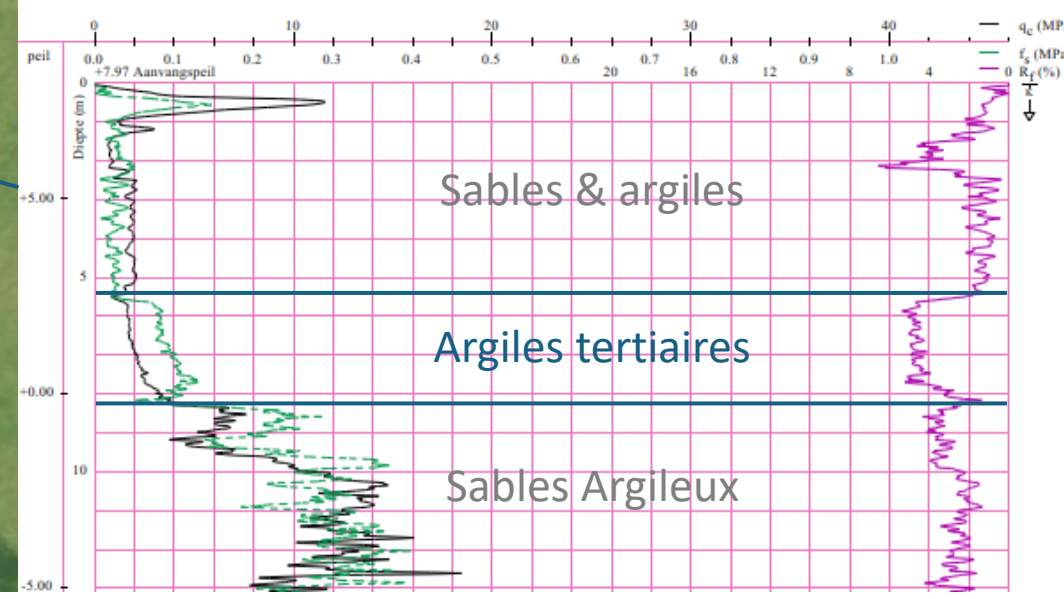
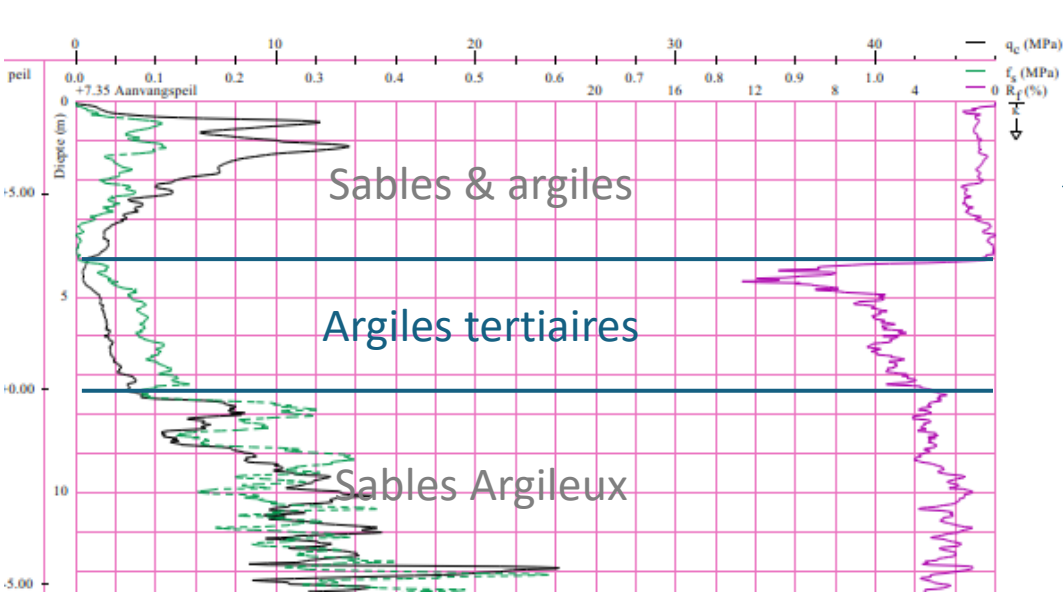
Sondering

Proefnummer: GEO-17/066-S8	Aanvangsdatum: 18/08/2017	Norm: NBN EN ISO 22476-1:2012
X(Lambert): 109866.40	Sondeerapparaat: 200 kN - RUPS	Toepassingsklasse: 2
Y(Lambert): 188862.85	Conus: E	Uitvoeringsmethode: continu elektrisch (TE1/CPTE)
Z (mTAW): +7.35	Lengte (m): 0.02 tot 15.00	
Gemeente: Melle	Sondeergat dicht op : 1.40 m (peil +5.95)	
Uitvoerder: VO - Afdeling Geotechniek		

Vlaanderen
Is ondergrond

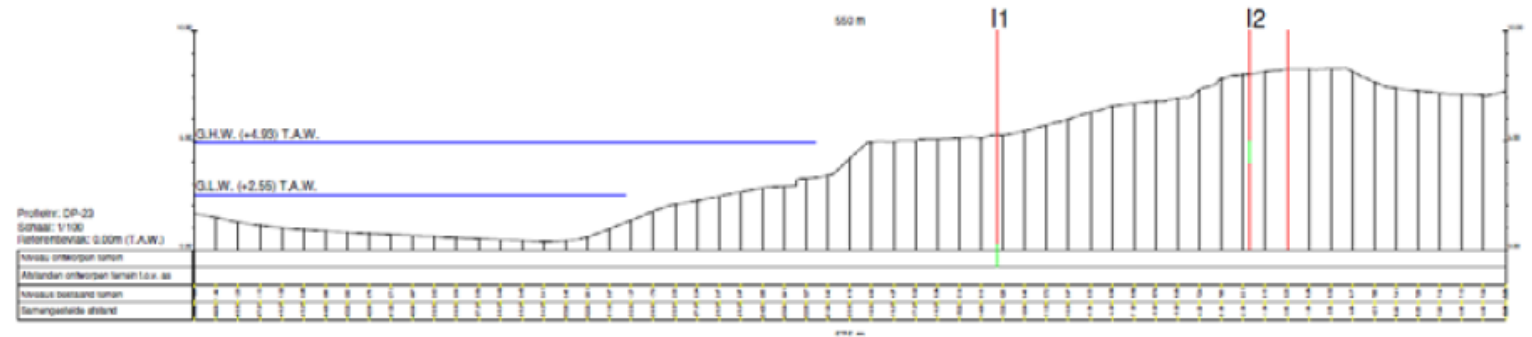
Sondering

Proefnummer: GEO-17/066-S11	Aanvangsdatum: 21/08/2017	Norm: NBN EN ISO 22476-1:2012
X(Lambert): 109863.28	Sondeerapparaat: 200 kN - RUPS	Toepassingsklasse: 2
Y(Lambert): 188854.00	Conus: E	Uitvoeringsmethode: continu elektrisch (TE1/CPTE)
Z (mTAW): +7.97	Lengte (m): 0.02 tot 15.02	
Gemeente: Melle	Sondeergat dicht op : 1.15 m (peil +6.82)	
Uitvoerder: VO - Afdeling Geotechniek		



Source : Databank Ondergrond Vlaanderen dov.vlaanderen.be

RECHERCHES PRÉALABLES

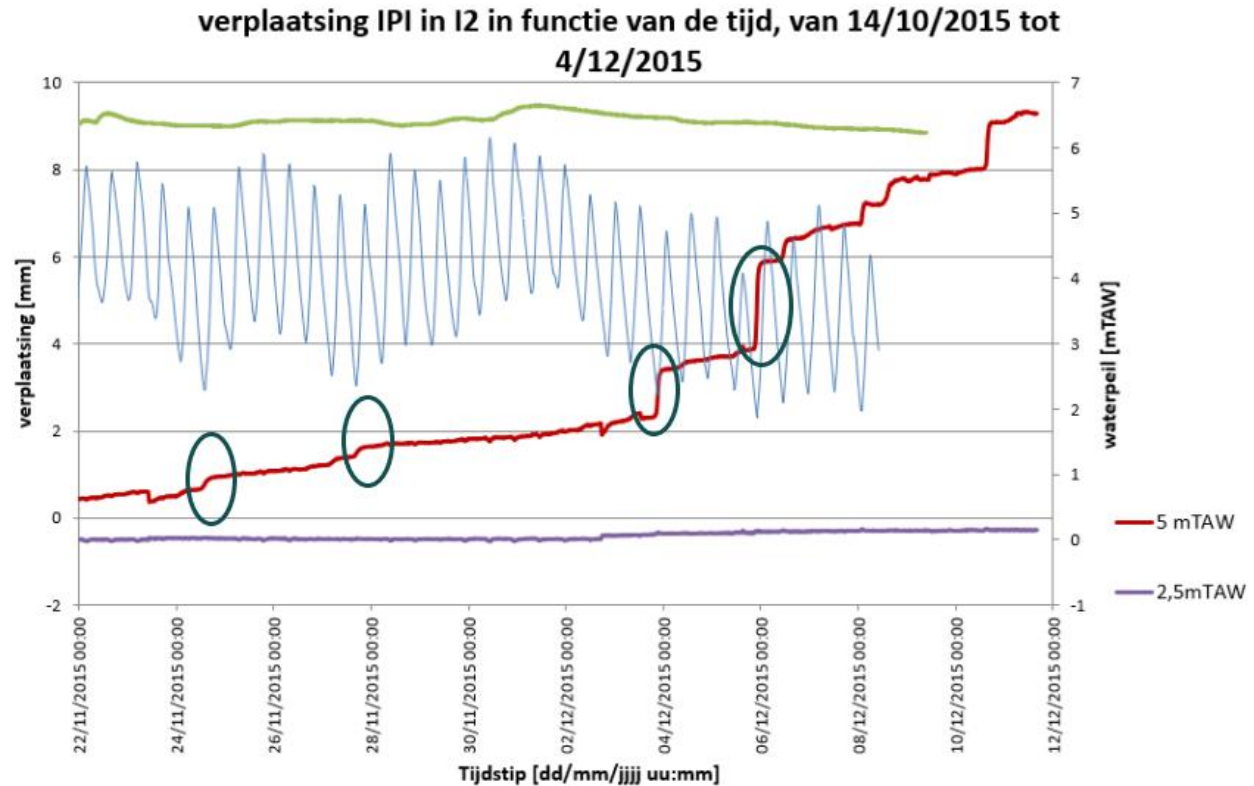


Des inclinomètres verticaux ont été installés ainsi que des piézomètres à faible et grande profondeur par le service Mobilité & Travaux Publics de Flandres afin de reconnaître le glissement.

RECHERCHES PRÉALABLES

Les inclinomètres indiquent un déplacement de ca. 4cm lors d'une période d'observation de 1.5 an.

Les déplacements se manifestent principalement lors de marée basse dans la rivière, combiné avec un niveau haut de la nappe.



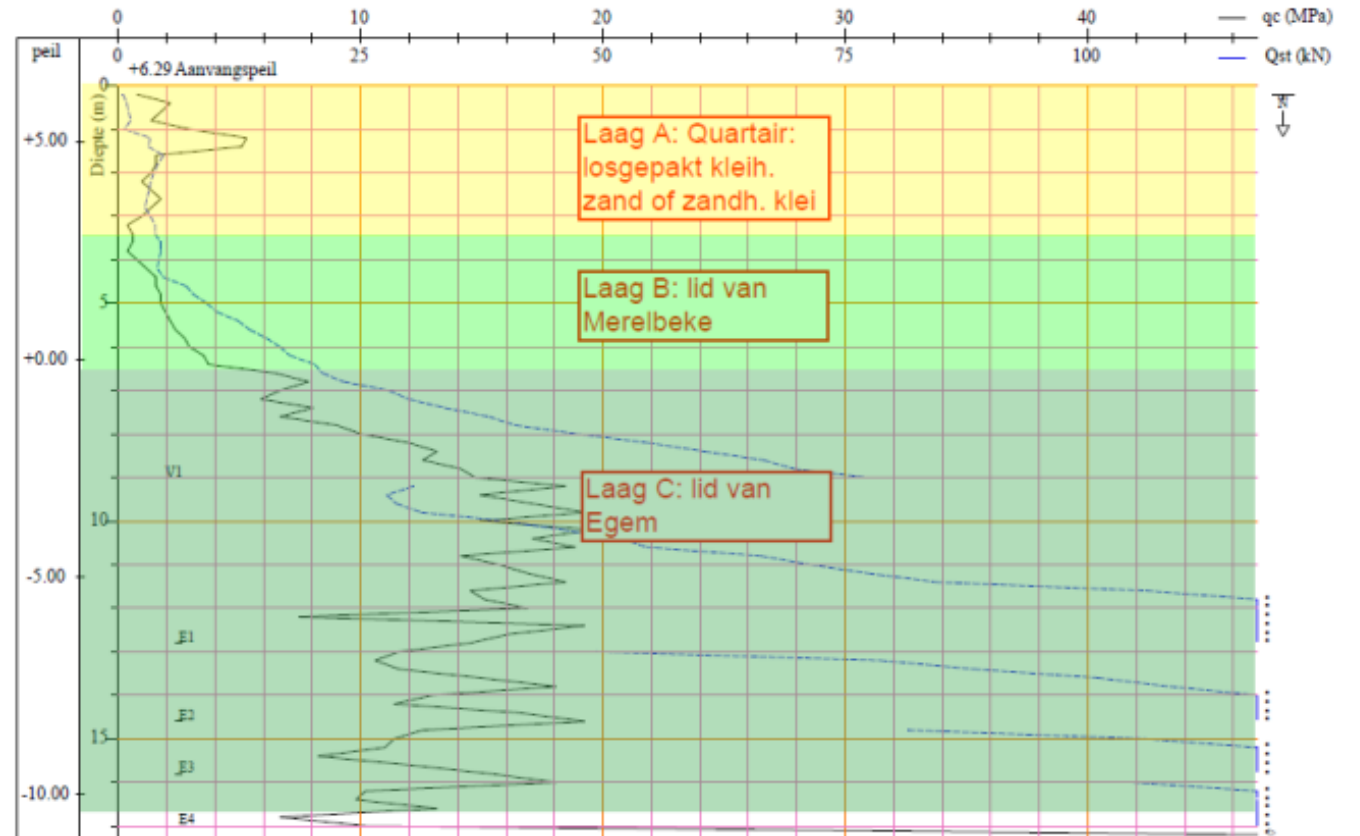
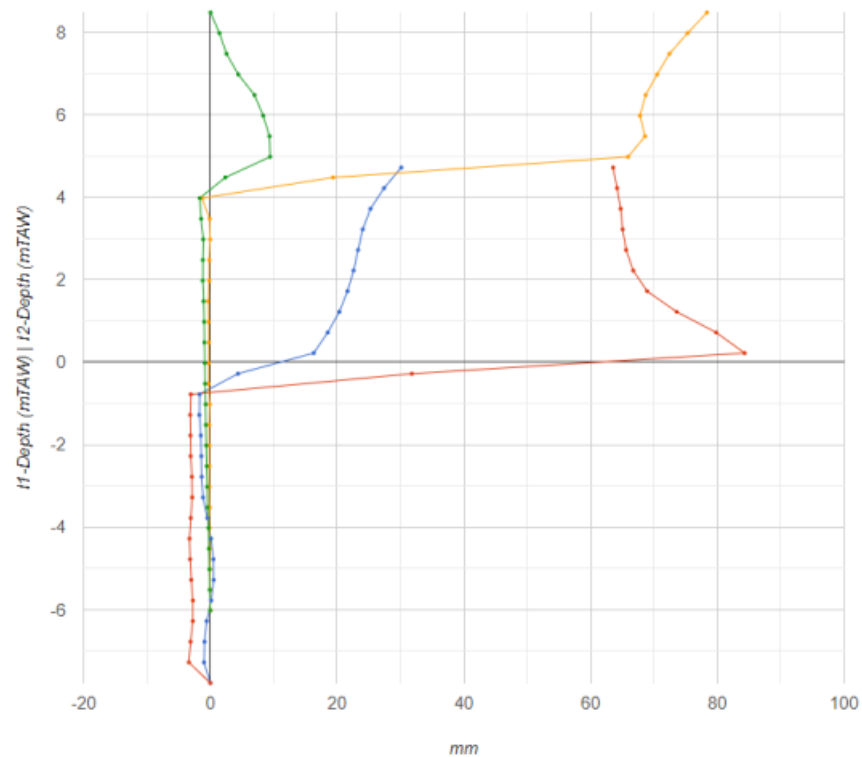
RECHERCHES PRÉALABLES



I1 5 dagen → 16 maanden referentie 21-8-2014 11:35:16

I2 2 weken → 21 maanden referentie 21-8-2014 11:06:55

I1-A @ 9-12-2... I1-B @ 9-12-2... I2-A @ 14-12-... I2-B @ 14-12-...



Les inclinomètres permettent d'indiquer l'instabilité : une couche d'argile tertiaire « Argile de Merelbeke » à faible profondeur.

ARGILE DE MERELBEKE

Des essais en laboratoire sur des échantillons non remaniés de l'argile en zone de glissement montrent des paramètres mécaniques faibles ($\phi = 12^\circ$, $c = 0$ kPa)

Cet argile tertiaire est

- plastique
- fort sensible à l'eau pour des gonflements et rétrécissements (riche en smectites)
- Imperméable



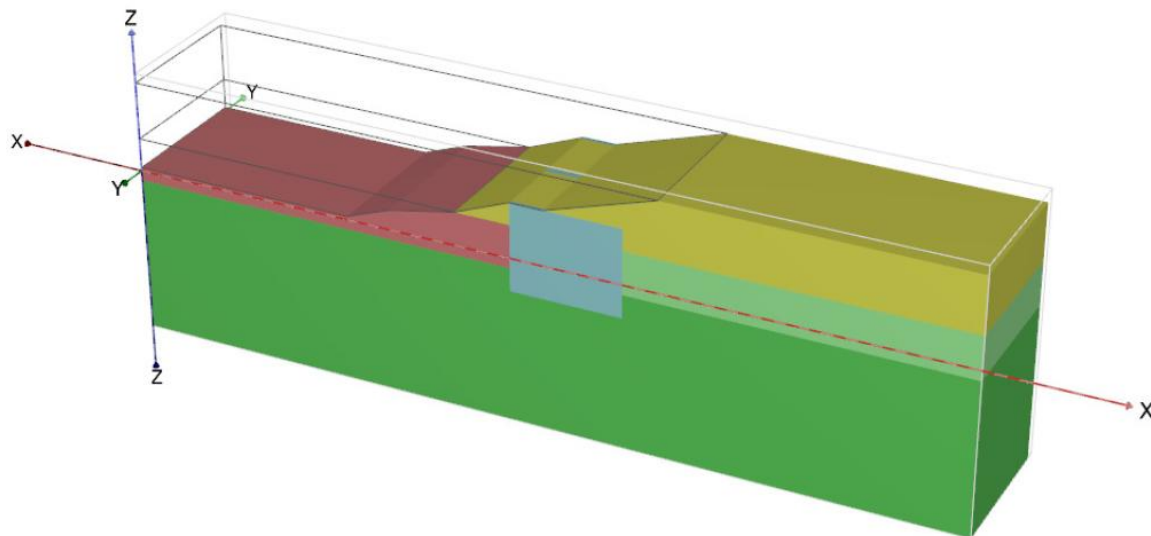
SOLUTIONS ENVISAGÉES

Affaiblissement de l'angle du talus de la digue Requiert trop d'espace

Remplacement de sol de la couche d'argile Onéreux, volume important

Mur de soutènement (palplanches, combi-wall au besoin avec tirants définitifs) Solution fiable mais coûteuse

Soilmix



Solution utilisée comme stabilisation de digues aux Etats Unis (New Orleans après l'ouragan Katrina)

Des panneaux transversaux à l'axe de la digue permettent d'augmenter la résistance de cisaillement en préservant l'hydrologie

Bien connue en Belgique dès les années 2000, cfr. Manuel Soilmix Buildwise

PROJET PILOTE

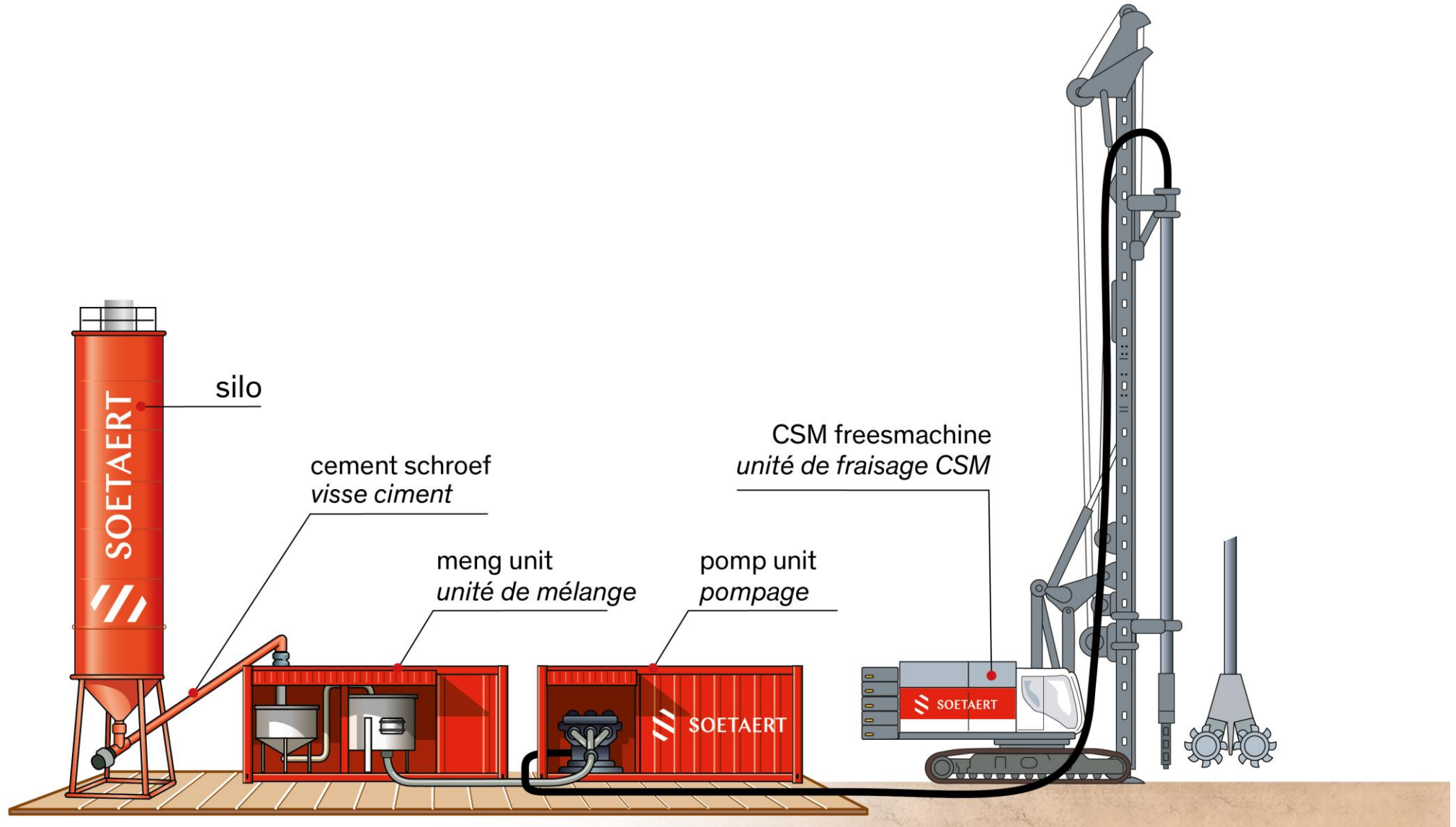
Un projet pilote a été réalisé par le gouvernement flamand.

Le but est d'examiner les performances de la technique CSM quant au traitement des argiles tertiaires.

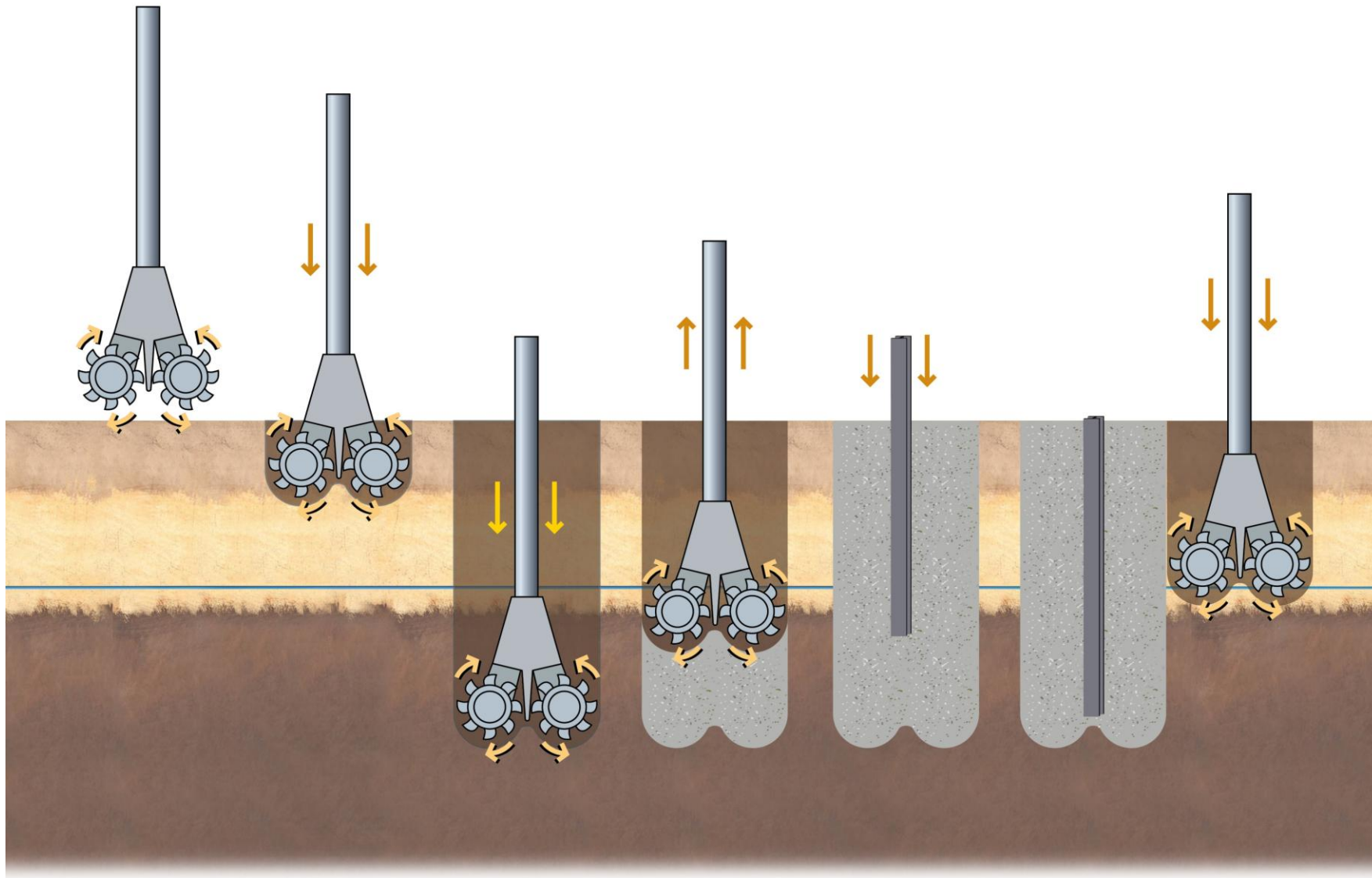
- Réalisation de 4 panneaux, chaque panneau consiste en 3 passes
- Variation des paramètres
 - E/C
 - Energie de malaxage
 - Profondeur de malaxage
- Echantillonnage & essais de laboratoire
- Calculs éléments finis



CSM SOILMIX - PROCÉDÉ

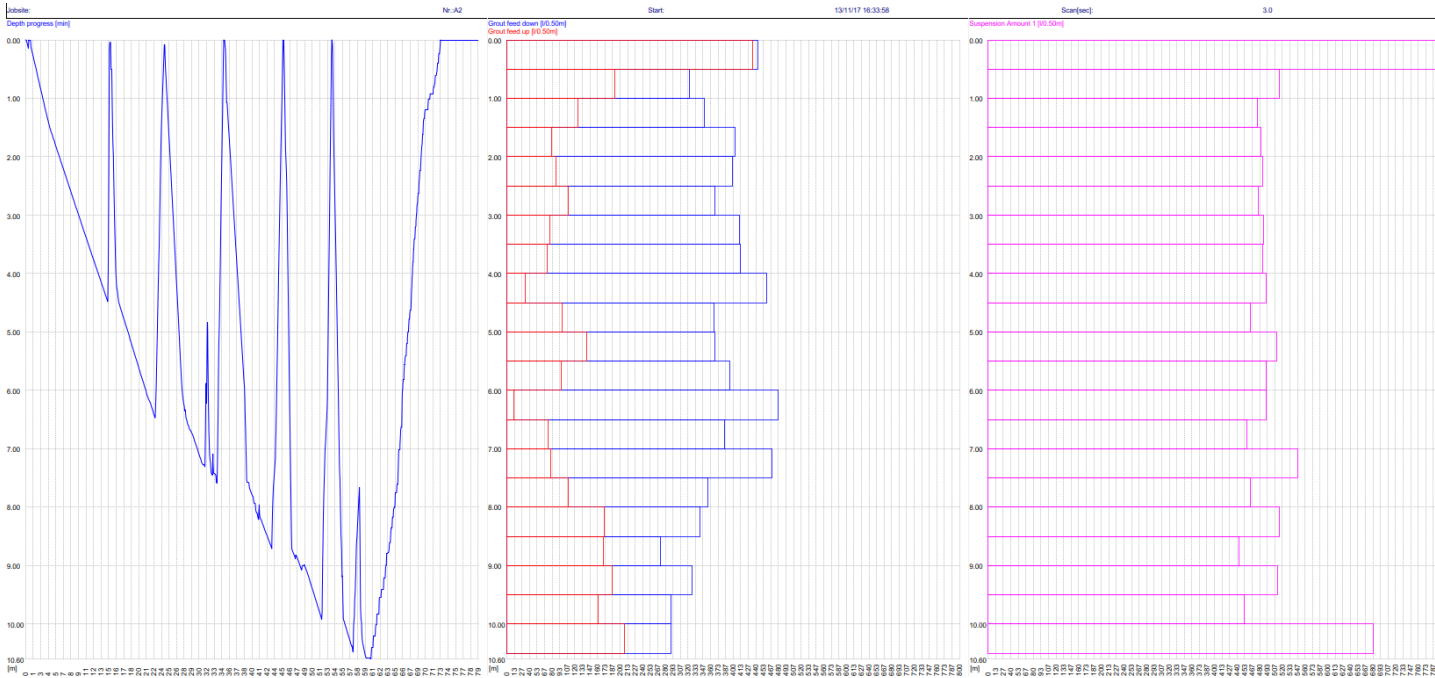


CSM SOILMIX - PROCÉDÉ



- ✓ *Mise en place*
- ✓ *Fraisage au coulis, phase descente*
- ✓ *Niveau assise*
- ✓ *Fraisage au coulis, phase remontée*
- ✓ *Introduction d'une armature dans le mélange frais*
- ✓ *Cas d'une paroi, fraisage du prochain panneau*

CSM SOILMIX - REALISATION



Le fraisage en argile tertiaire requiert suffisamment de consommation de ciment.

Quantité initiale de 250kg/m³ ne fonctionne pas et est adaptée à 400kg/m³.

Vitesse de fraisage dans l'argile tertiaire est réduite vu que cette argile se mélange moins facilement.

Le ramonage est plus efficace qu'une vitesse de pénétration lente.

Un coulis à facteur EC plus important facilite le procès de fraisage.

E/C testés : 1.5 et 2.0

CSM SOILMIX - REALISATION



La stabilité de la plateforme de travail est un point important d'attention pour ce type de projets.

Plateforme renforcée.

Travaux tenant compte des marées.



CSM SOILMIX - ECHANTILLONNAGE



Pendant travaux : Wet Grab, Liners (n'ont pas fonctionné vu la raideur de l'argile)
Après travaux: triple carottages.



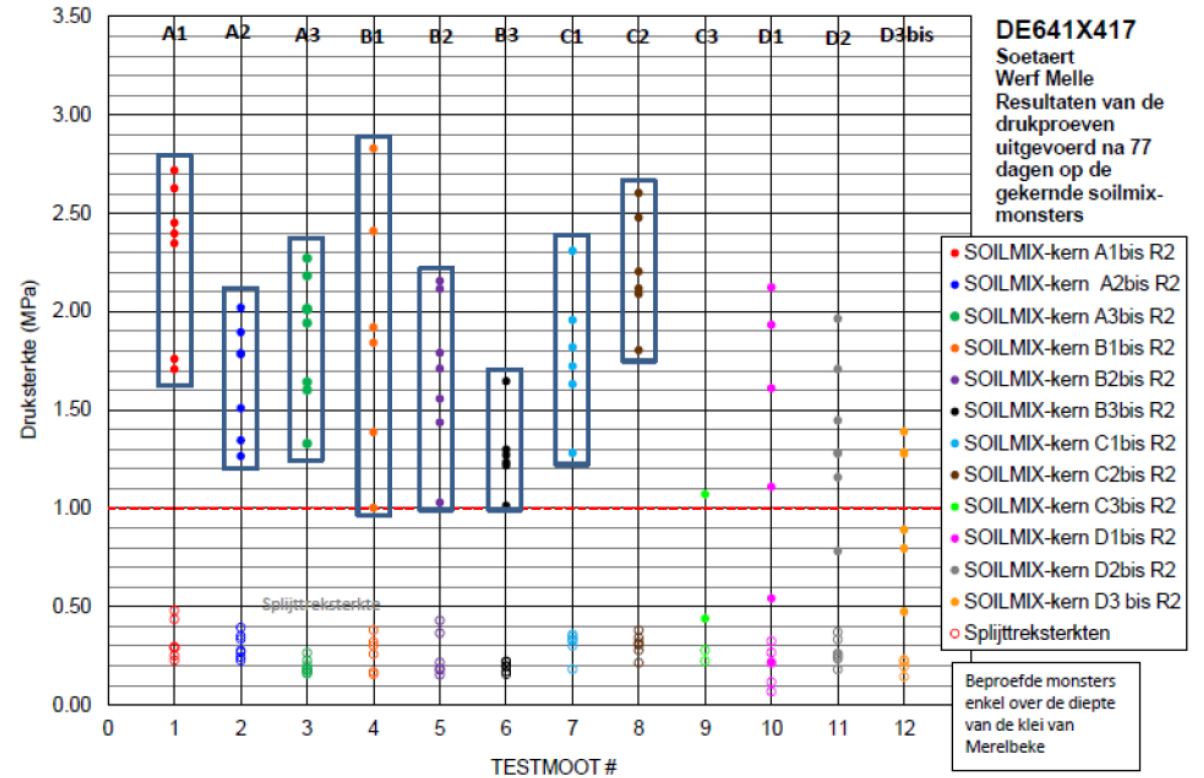
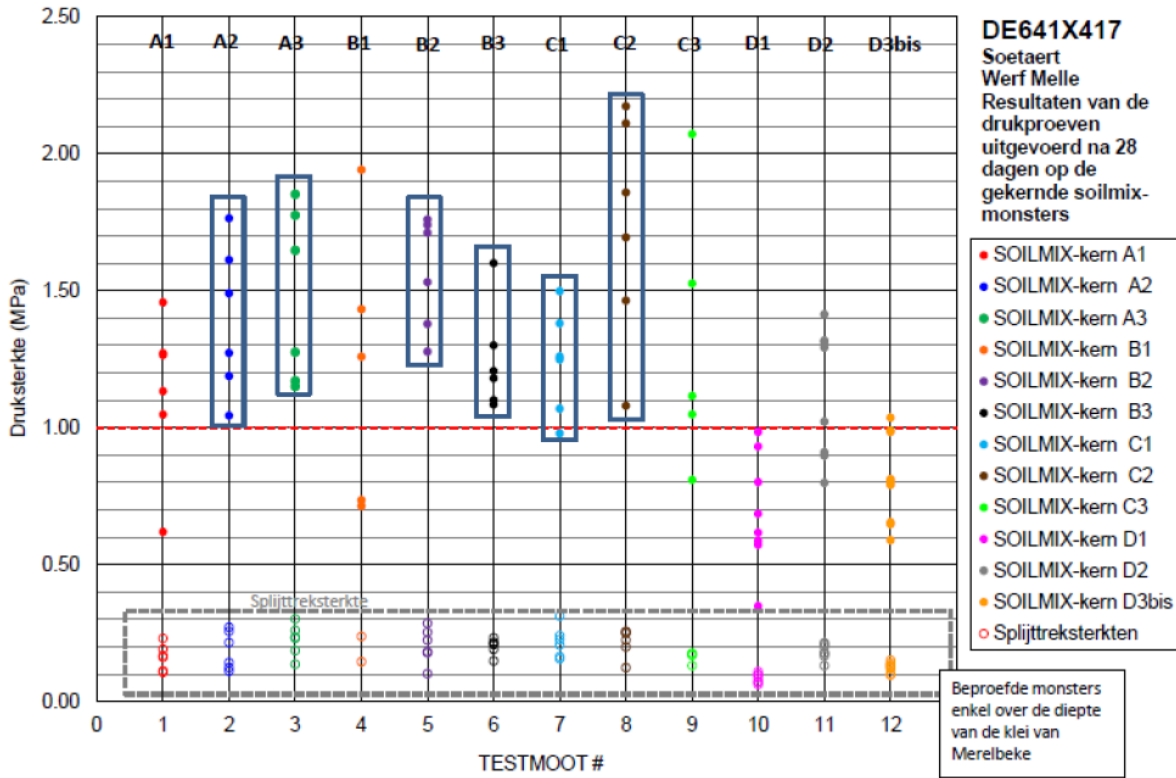
CSM SOILMIX – RÉSULTATS LABORATOIRE

Les paramètres suivants ont été déterminés :

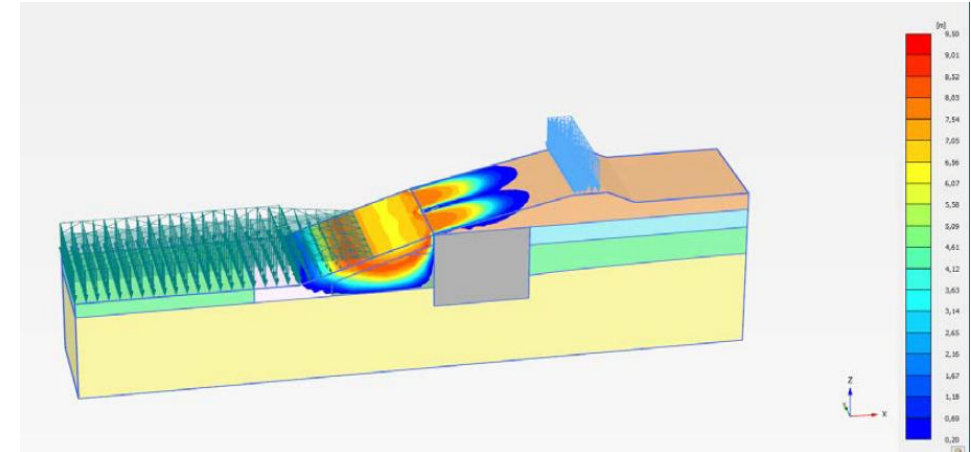
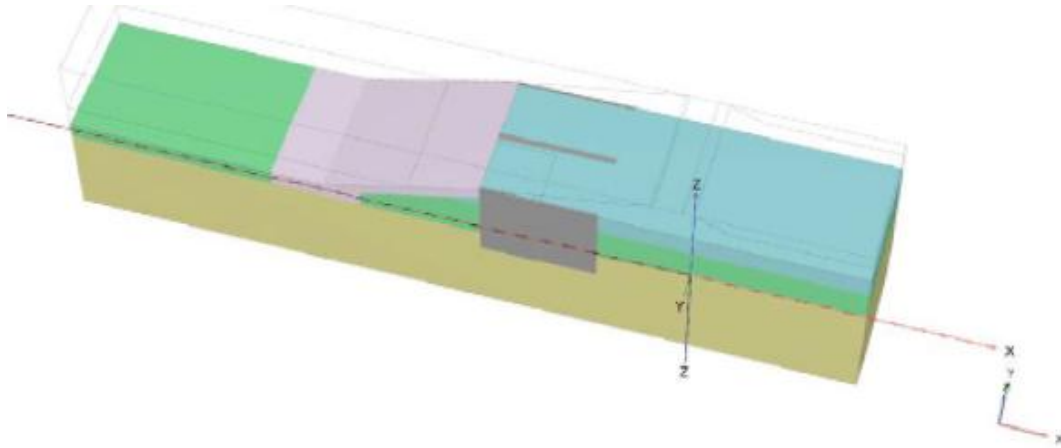
- Densité
- Résistance à la compression non confinée (UCS) : entre 0,6 et 2,2 MPa (à 28 jours) et 1 à 2.8 Mpa (à 77 jours)
- Résistance à la traction
- Résistance au cisaillement
- Module d'élasticité
- Pourcentage d'inclusions de sol mou non mélangé (par analyse visuelle) de 0 à 18% au centre des panneaux soilmix

Les panneaux réalisés au coulis EC 2 résultent en des paramètres mécaniques trop faibles.

CSM SOILMIX – RÉSULTATS LABORATOIRE

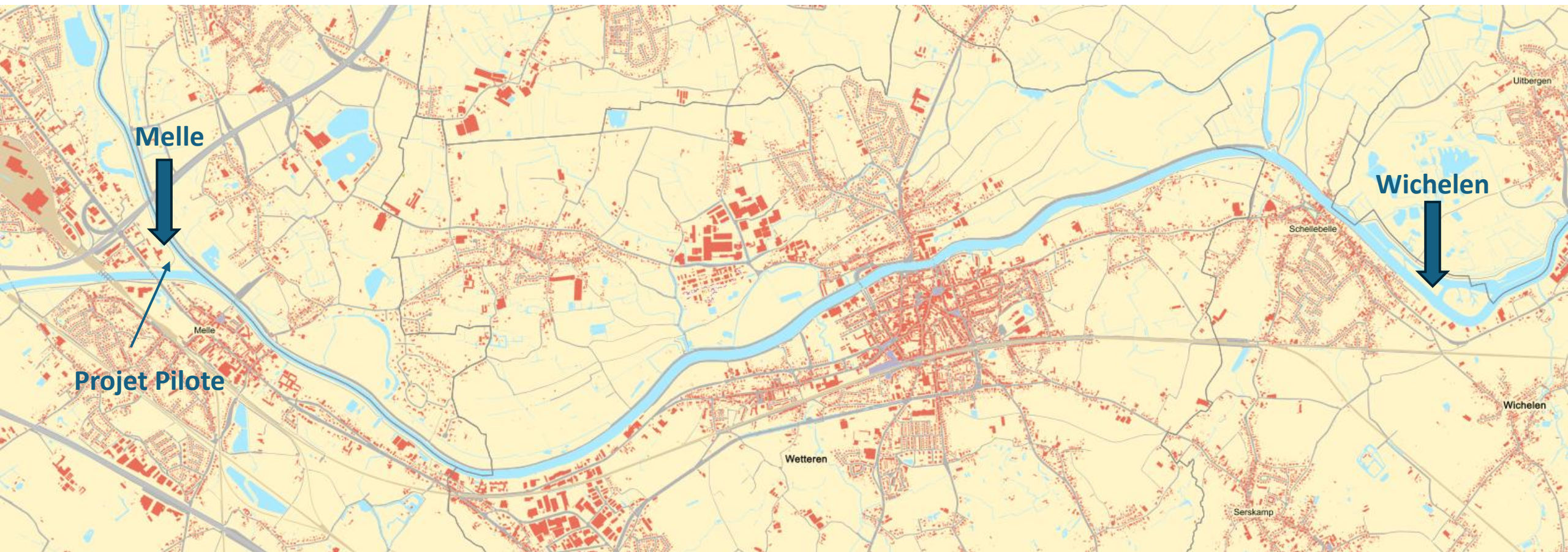


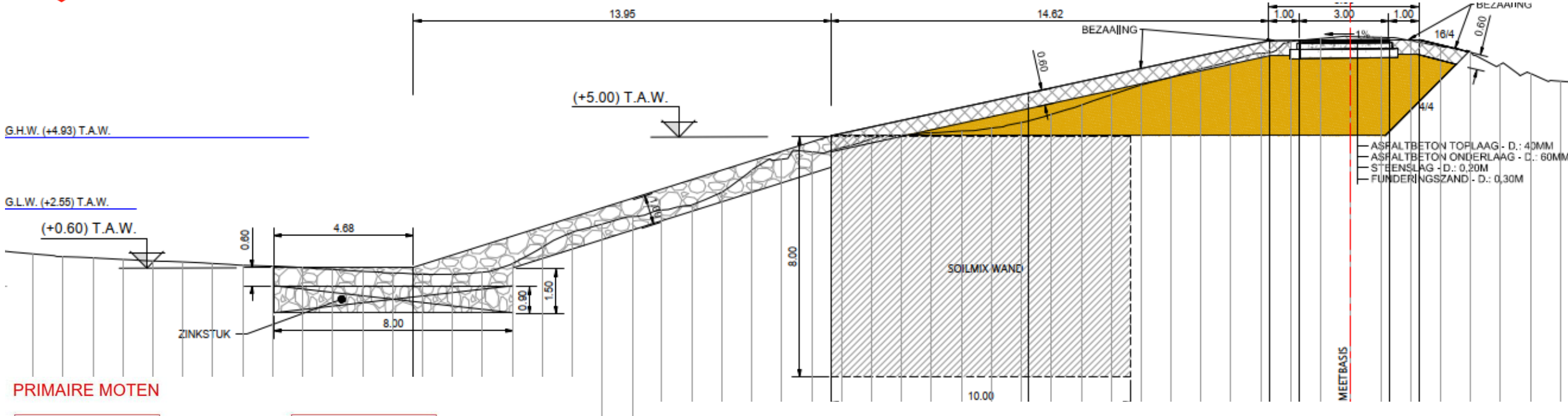
/// CALCULS ÉLÉMENTS FINIS



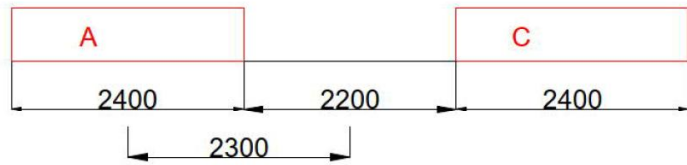
Le dept. Mobilité & Travaux Publics a utilisé les résultats du site pilote pour la conception du premier site de production (Melle).

Des tronçons de CSM Soilmix 0.55m d'épaisseur, non armés, espacés de 6m ont été retenus.

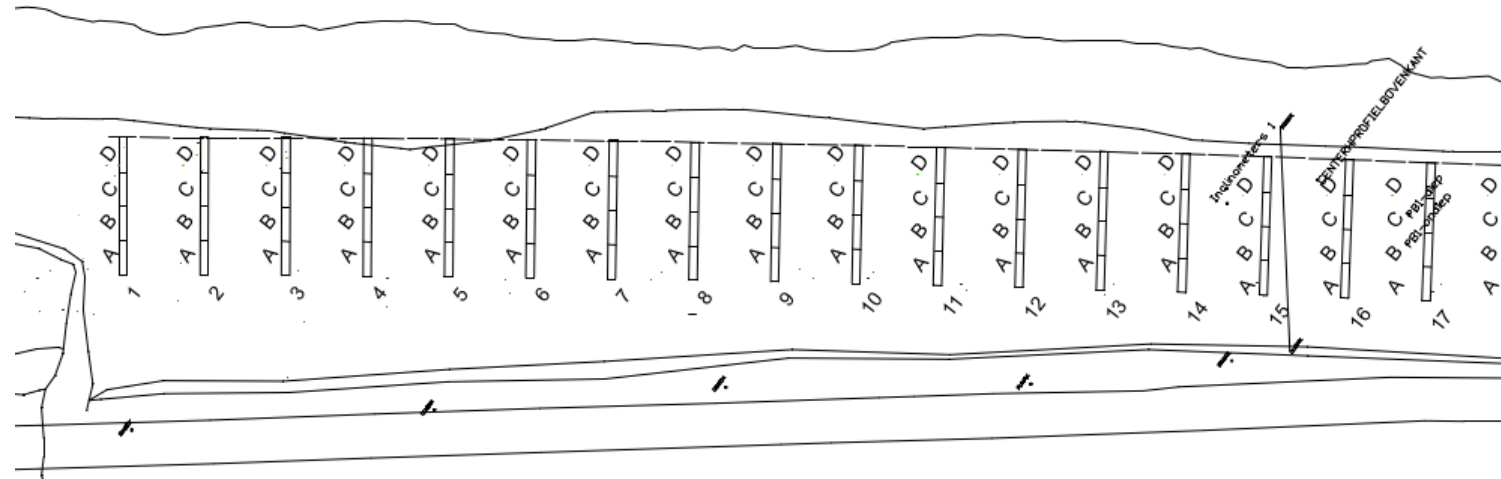
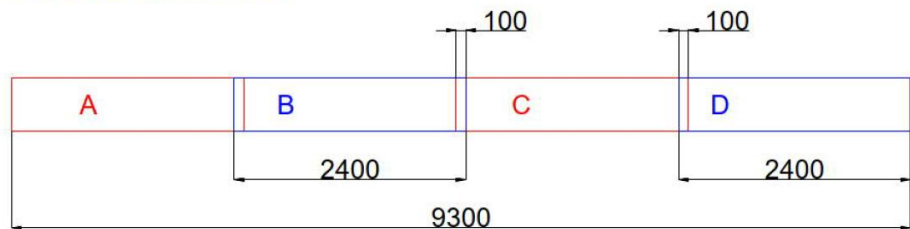




PRIMAIRE MOTEN



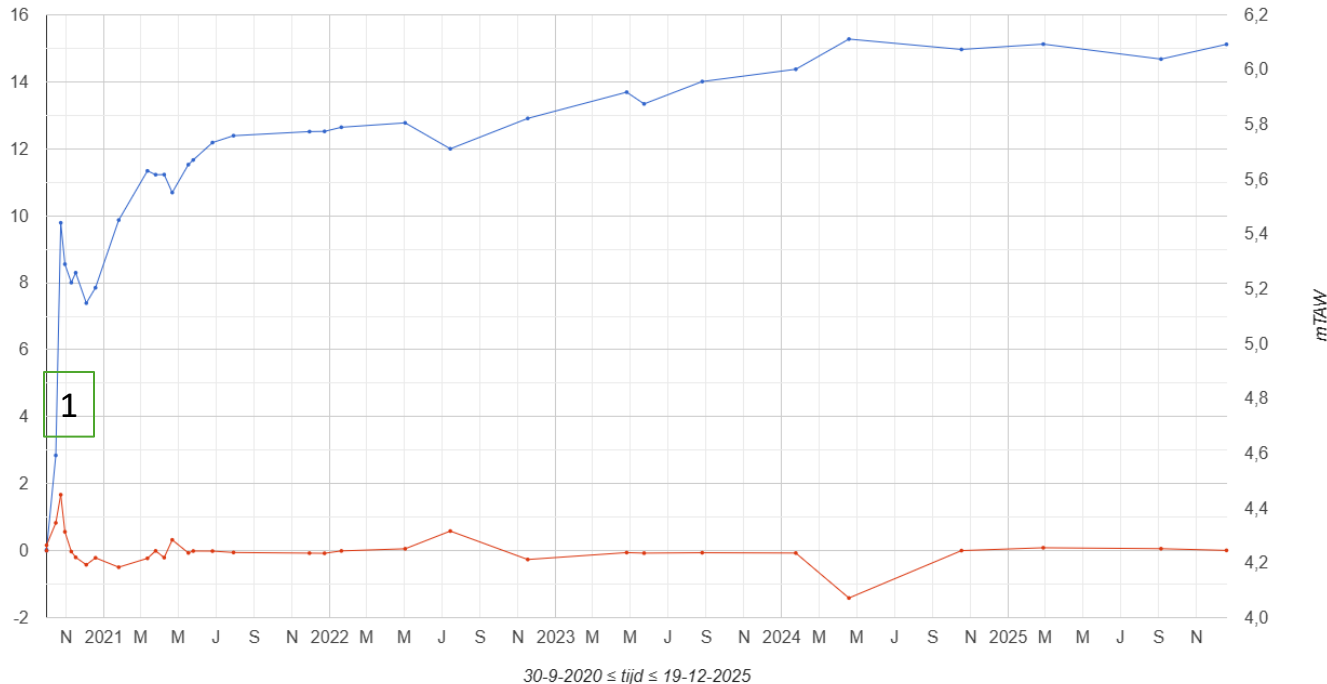
SECUNDAIRE MOTEN



Suivi en fonction du temps de déplacements du projet de production.

I2 3 maanden ↔ 5 jaren referentie 30-9-2020, 11:10:30

A5 (mm) B5 (mm) Depth5 (mTAW) @ 5.04 mTAW



Avant intervention déplacement de +/-60mm/an

- (1) exécution soilmix
- mouvement réduit; il est supposé qu'il s'agit du durcissement soilmix et de l'activation des effets de voûte entre les panneaux
- Situation stable

REMERCIEMENTS, SOURCES



Handbook
Soil mix walls
Design and execution

2017

BUILDWISE

SBR CUR



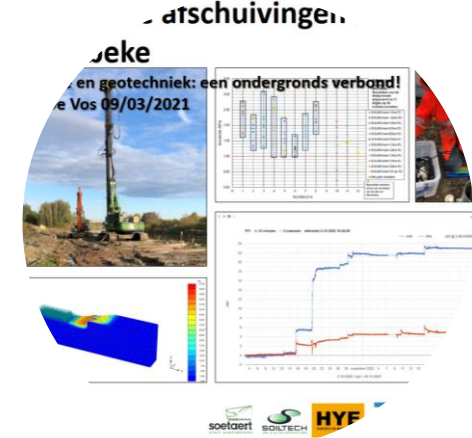
ECSMGE 2019
Article & Présentation

Dr.ir. Leen De Vos, Geotechnics
division, Flemish Government, Belgium

M. De Beukelaer-Dossche & L.
Vincke (Flemish Government),

E. Dupont & K. Duyck (Soetaert
nv, Jan De Nul Group),

N. Huybrechts & N. Denies (Belgian
Building Research Institute, Buildwise)



Journée études 2021
Présentation

Dr. Ir. Leen de Vos

Geotechnics division, Flemish
Government, Belgium



 SOETAERT

RG21-01