

L'amélioration des sols par inclusions rigides Retours d'expérience depuis ASIRI

Bilan et retours d'expérience des entreprises

SNCF
LUCAS Fatima
CHERIAUX Emilie

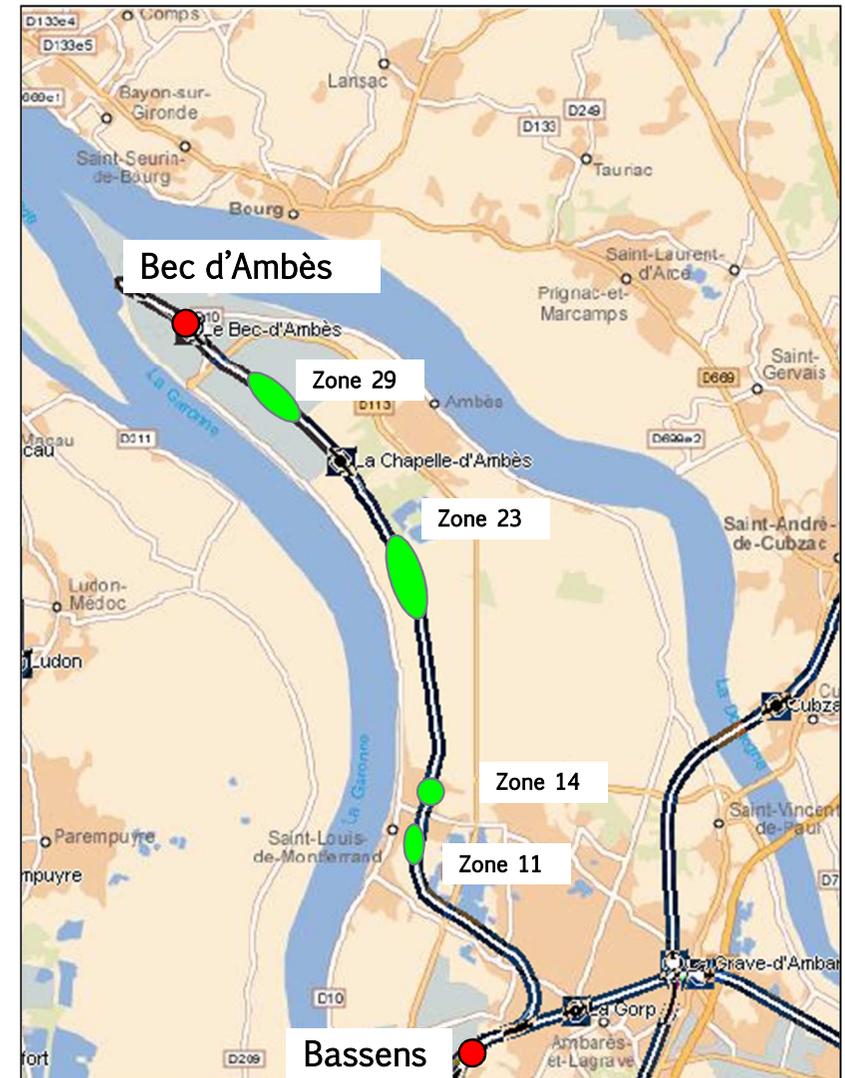


21 SEPT 2016

CFMS

Présentation de la zone du projet

- Ligne Fret, construite vers 1920
- Longueur de 15 km, elle relie Bassens à Bec d'Ambès
- Desserte de plusieurs entreprises industrielles sur la zone de Bec d'Ambès (Michelin, Dock Pétrole d'Ambès, ...)
- 300 000 tonnes de marchandises/an



- Déformations visibles au droit de la voirie longeant la voie ferrée



➤ Défauts récurrents de géométrie de voie

- Tassement de la voie conduisant localement à des déformations des rails



- Remontée boueuse



Nombreux arrêts de circulations depuis 2010

➔ Travaux de modernisation de la ligne

21 SEPT 2016

CFMS



Diagnostic et investigations



□ Diagnostic de la plateforme en juillet 2012/quatre zones identifiées en traitement d'urgence (un linéaire de 3 km)

- Zone 11 : du km 581+600 au 582+000
- Zone 14 : du Km 582+800 au 582+900
- Zone 23 : du km 586+000 au 587+500
- Zone 29 : du Km 589+795 au 591+000

□ Trois campagnes de reconnaissance réalisées en 2013/2014 et 2015

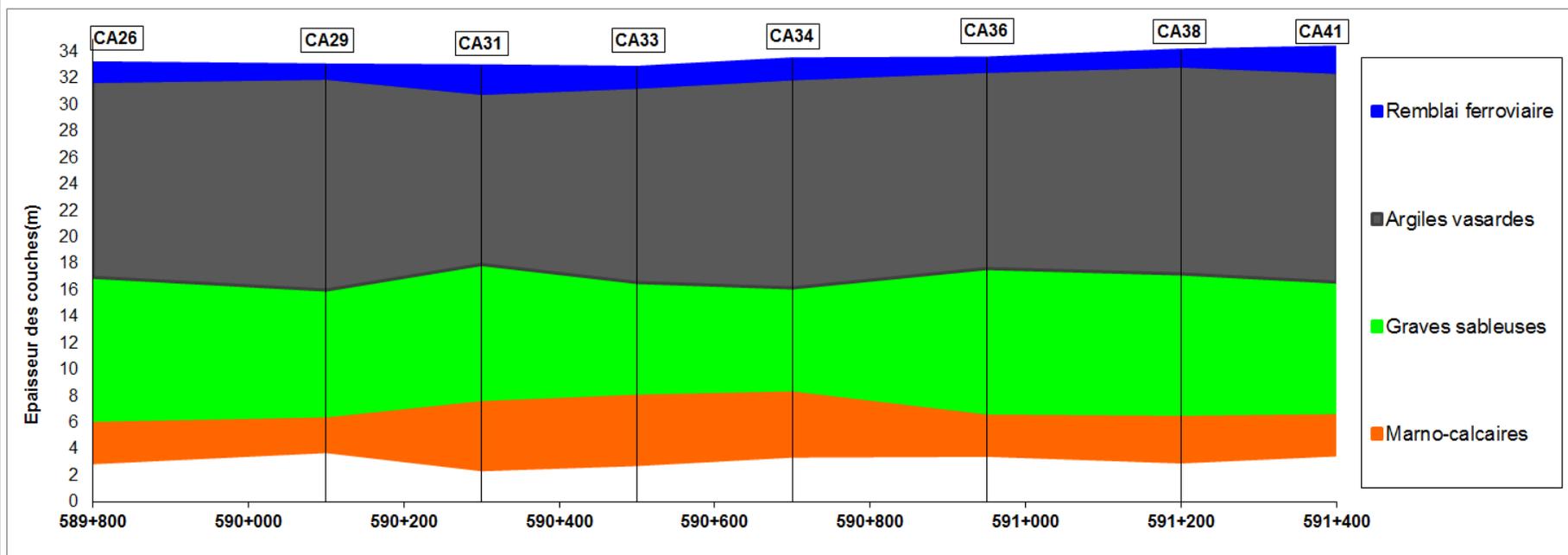
- 57 fouilles de reconnaissance géologique à la pelle mécanique
- 69 sondages semi-destructifs et destructifs à la tarière
- 20 sondages carottés
- 10 sondages au pénétromètre statique
- Essais pressiométriques
- Essais laboratoire (teneur en eau, analyse granulométrique, limites d'Atterberg, teneur en matière organique et en carbonate, essais oedométriques, essais d'agressivité de béton..)

Résultats des investigations / Contexte géologique



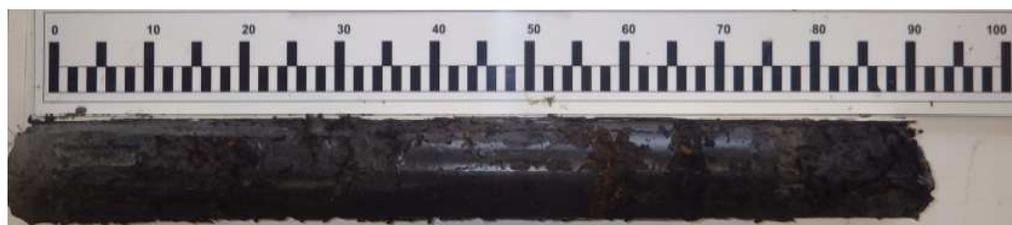
☐ Présence de sols argileux à forte compressibilité sous la voie ferrée

- Zone 11/14 : épaisseur de 5 m
- Zone 23 : épaisseur de 12 m
- Zone 29 : épaisseur de 16 m

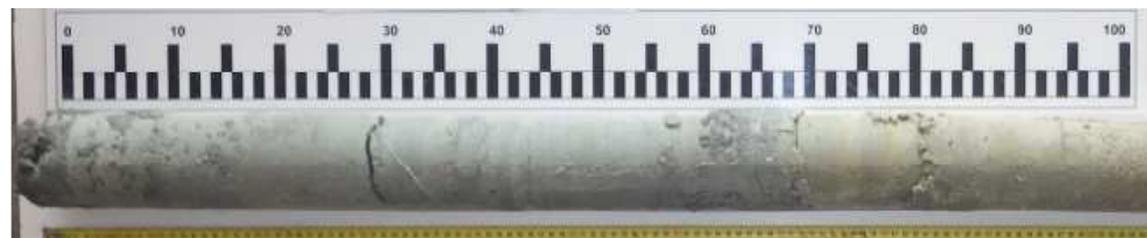


Résultats des investigations / Contexte géologique

Argiles très molles avec présence de passages tourbeux



Graves sableuses



Marno-calcaires

21 SEPT 2016

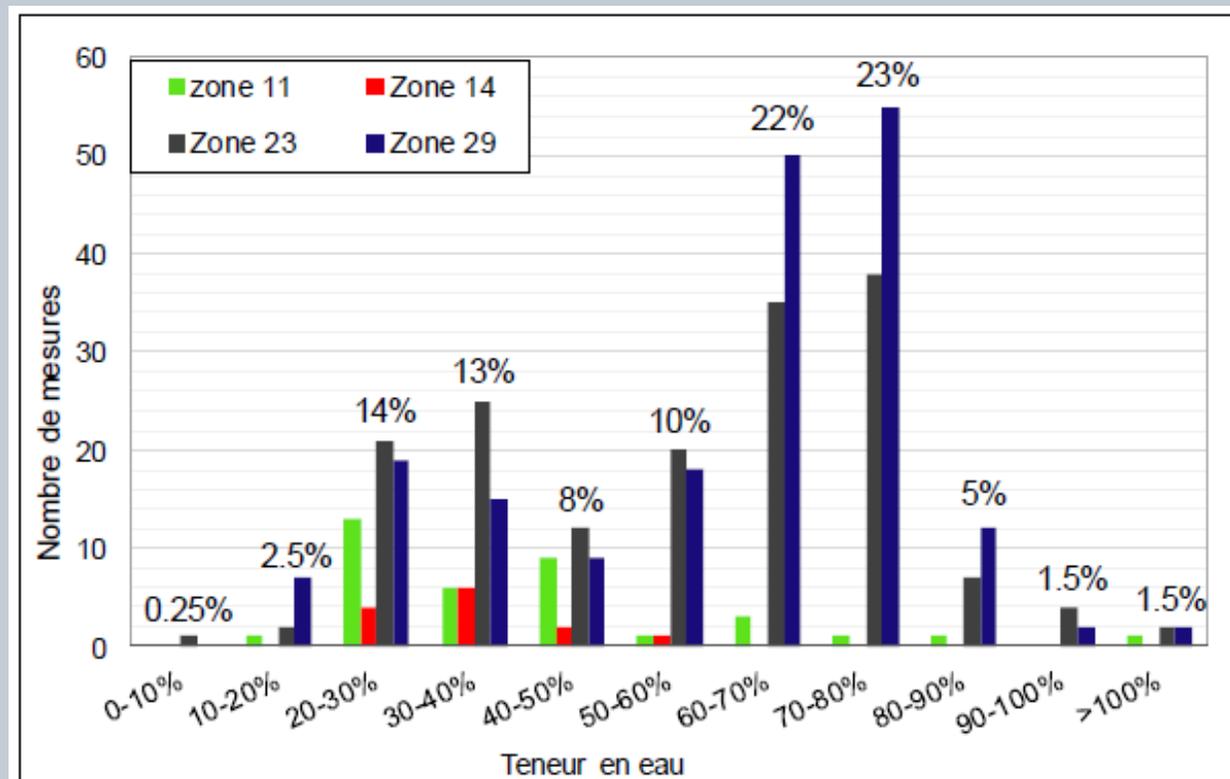
CFMS



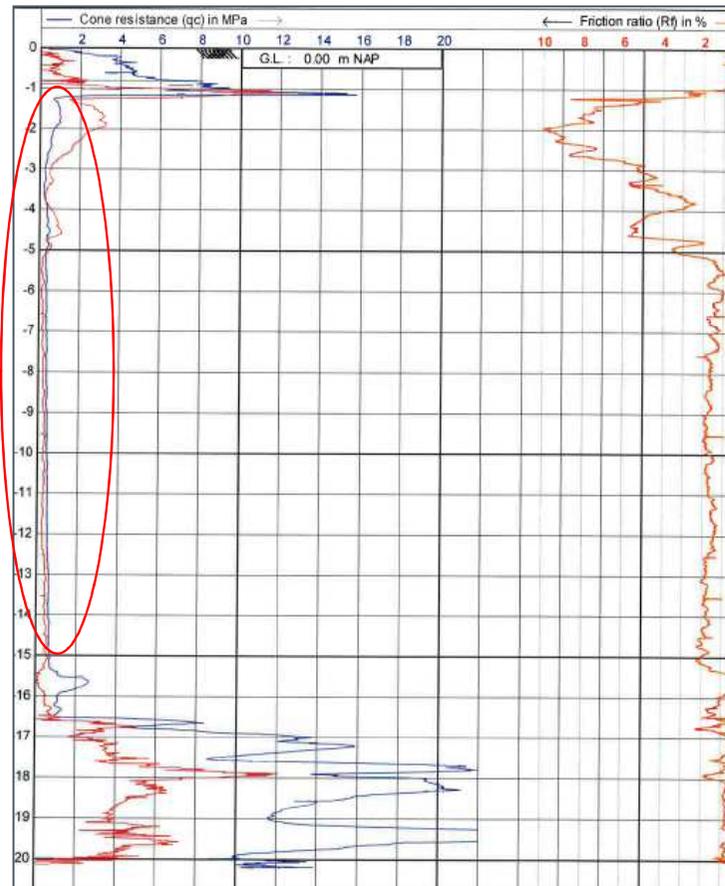
Résultats des investigations

➤ Argiles vasardes très compressibles et à forte plasticité : $(C_c/(1+e_0))$ variant de **0.12 à 0.6**)

➤ Teneur en eau très forte, la majorité des valeurs varie entre **80%** (argile) et **250%** (passages tourbeux)



➤ Caractéristiques mécaniques très faibles : pression limite (Pl) souvent **inférieure à 0.20 MPa** et une résistance de pointe (Qc) **moyenne de 0.4 MPa**



Prof (m)	RESULTATS: Pf* - PL* - E			NF P 94-1 en MPa	
	-x- P.fluage	-o- P.Limite	--O-- Module E	0.1	0.5
1					
2	0.18	0.13	0.16		
3	0.13	0.15	0.11		
4	0.15	0.15	0.13		
5	0.15	0.17	0.12		
6	0.17	0.21	0.17		
7	0.21	0.19	0.18		
8	0.19	0.20	0.16		
9	0.20	0.24	0.25		
10	0.24	0.28	0.21		
11	0.28	0.26	0.21		
12	0.26	0.26	0.22		
13	0.26	0.31	0.24		
14	0.26	0.33	0.21		
15	0.31	0.33	0.40		
16	0.33	0.33	0.31		
17	0.33	0.24	0.25		
18	0.24	1.36	0.19		
19	0.85	0.92	16.8		
20	0.92		0.9		

21 SEPT 2016

CFMS





Pourquoi les inclusions rigides ?

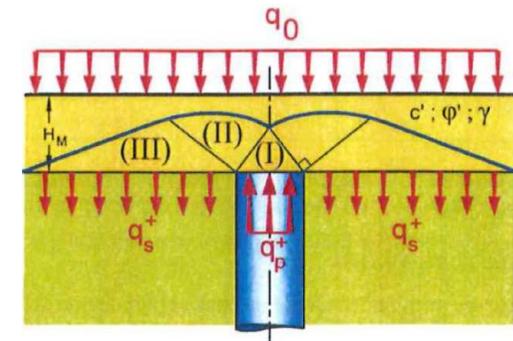
- Délai alloué aux travaux est très restreint
- Temps de consolidation très important
- Tassement important au droit de la voie (tassement primaire et secondaire (fluage))
- Opérations de bourrage, reprises localisées réalisées plusieurs fois par an et difficulté de maintenir la géométrie de la voie dans un état acceptable (valeur objectif)

En conséquence, pour permettre d'atteindre les performances souhaitées dans le délai de travaux imparti, le choix est porté sur les inclusions rigides.

Objectif: Réduire les tassements en les ramenant à valeurs compatibles avec les exigences de la maintenance pour une voie circulée à 50 km/h (<2cm/an)

› Méthodes de calcul (inclusions rigides, géogrille et matelas de répartition)

- Recommandations ASIRI
- Méthode de Combarieu (2007)
- Modélisation aux éléments finis sous Plaxis
- Les prescriptions de la norme NF P 94-262
- Méthode basée sur le schéma de rupture de Prandtl (matelas de répartition)



› Hypothèses

- Inclusions calculées dans le domaine 1
- La déformation de référence des géosynthétiques prise en compte est égale à $\epsilon_d = 3\%$
- Tassement résiduel après renforcement doit être inférieur à 2 cm/an
- Surcharge ferroviaire égale à 40 kPa

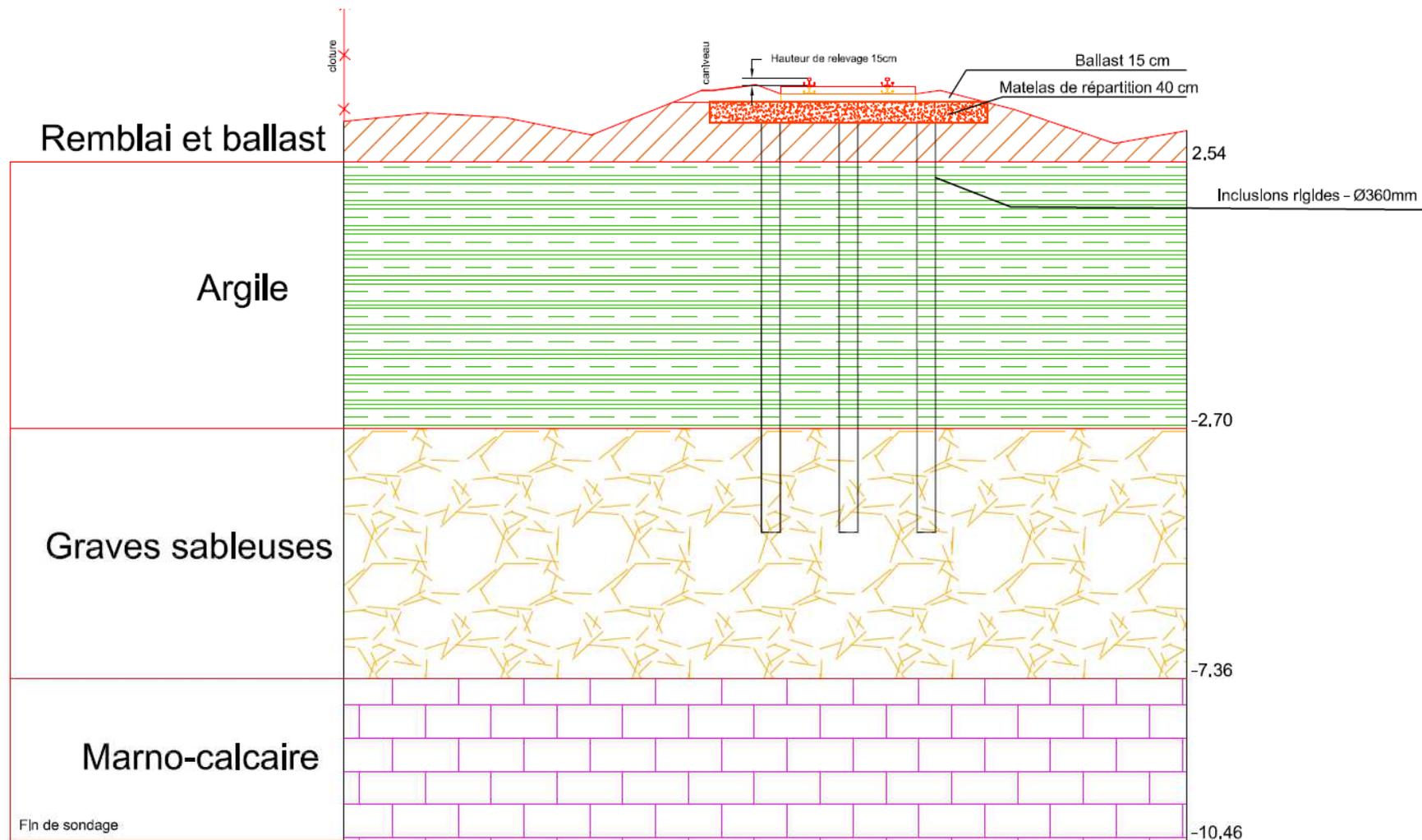
La solution retenue pour le renforcement de la plateforme

- Trois files d'inclusions dont certaines sont fibrées (fibres métalliques)
- Un matelas de répartition de matériaux granulaire de 40 cm d'épaisseur et avec un angle de frottement de $\varphi = 40^\circ$
- Une couche de géogridle dont la résistance à la traction est de 600 KN/m

Zone	Longueur (m)	Diamètre (m)	Espacement (m)	maille (m)	Nombre de files d'inclusions	Nombre d'inclusions	Nb d'inclusions armées
Zone 11/14	7,7	0,360	1,5	carrée	3	1000	680
Zone 23	14,5	0,360	1,5	carrée	3	3000	2014
Zone 29	19	0,400	1,5	carrée	3	2410	1621

- Travaux associés : hydraulique et RVB (Renouvellement Voie Ballast)

Profil en travers du renforcement



21 SEPT 2016

CFMS



Contraintes de mise en œuvre



- Présence de lignes électriques à HT ➡ Micropieux à la place des inclusions rigides



- Sol constituant l'assise de la voie est de faible portance ➡ Traitement à la chaux et substitution par endroit
- Conditions météorologiques défavorables pendant les travaux rendant difficile l'atteinte des performances en termes de traitement

Quelques photos de chantier



Réalisation des IR



Mise en œuvre du matelas de répartition



Geolon PET

21 SEPT 2016

CFMS



Problématiques des études et spécificités ferroviaires



- Les délais de réalisation des études très courts : incertitude sur la présence ou non d'une nappe captive....
- Contraintes spécifiques au projet (accès limité, présence d'un nombre important d'ouvrages d'art sur la ligne, optimisation des terrassements - transport et matériaux)
- Les amplitudes de tassements non connues
- Le choix de la méthode de calcul adaptée au renforcement d'une voie exploitée : mécanisme de transfert de charge (Modèle Combarieu, MV2, MV3.....)
- Géosynthétiques de renforcement (dimensionnement et caractérisation)

Perspectives

- L'absence de désordres au niveau des voies reposant sur des ouvrages renforcés par des inclusions rigides montre l'efficacité de la technique, néanmoins le comportement de ces ouvrages sous les charges dynamiques liées aux passages des trains, serait à étudier,
- Evolution des recommandations ASIRI pour les IR appliquées aux élargissements de remblais ferroviaires, aux voies ferrées exploitées (géosynthétiques de renforcement, choix du mode de calcul.....)

Merci de votre attention

21 SEPT 2016

CFMS

