

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

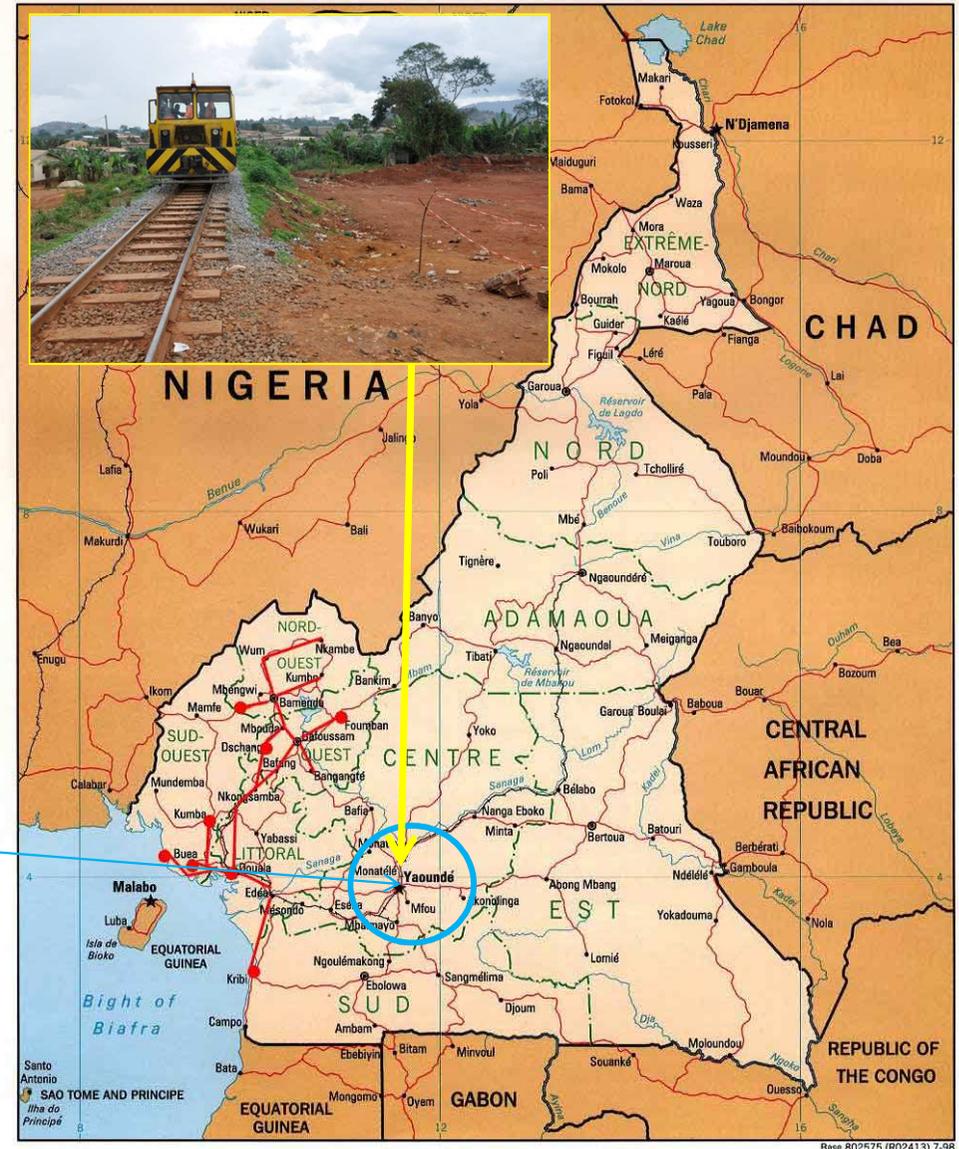
Portique Rail/Route YAOUNDÉ - CAMEROUN

RAZEL – BEC / ALIOS x.am.sol
LR. BORREL - Ch. POILPRÉ

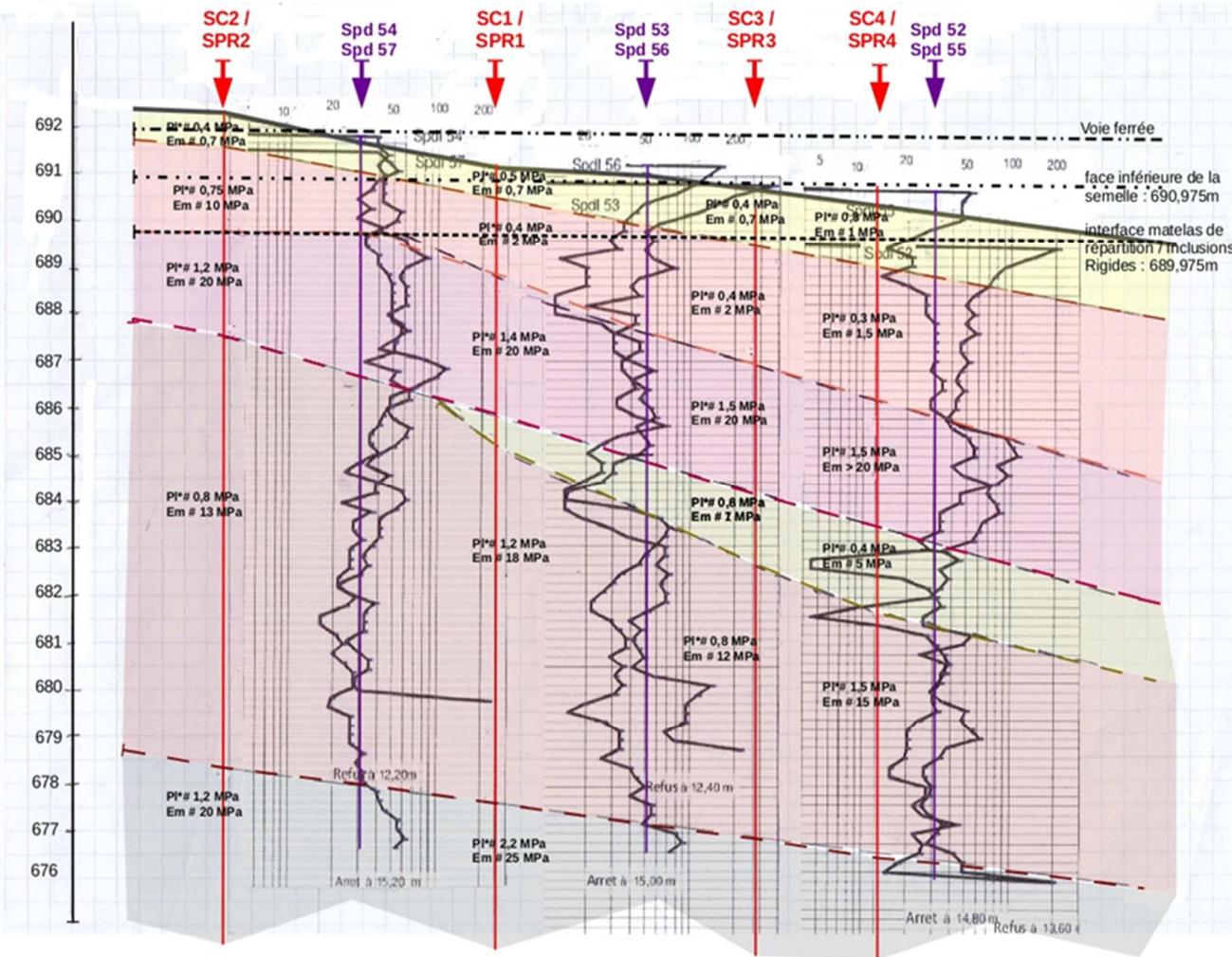


PORTIQUE RAIL/ROUTE YAOUNDÉ - CAMEROUN

Situation du chantier



CONDITIONS GÉOTECHNIQUES DU SITE D'OLEMBE



N°	Nature des terrains traversés	Épaisseur		Caractéristiques géomécaniques moyennes		
		Amont de l'OA (m)	Aval de l'OA (m)	Résistance en Pointe Qd (Mpa)	Module pressio. E_m (Mpa)	Pression limite p_i^* (Mpa)
1	Recouvrement LP / Rb / sols remaniés	# 1,0	# 1,5	5	0,7	0,5
1 a	argile latéritique sableuse rougeâtre	# 2,0	# 5,0	3	2	0,4
1 b	grave latéritique rougeâtre	# 1,5	# 2,5	5 à 10	20	1,4
1 x	Couche intercalaire médiocre	Abs	# 1,5	0,5 à 1	6	0,5
1 c	roche gneissique décomposée et altérée	# 10	# 5	8 à 10	15	1,2
2	substratum rocheux Gneiss sain	> 2,0	> 2,0	> 20	> 20	> 1,5

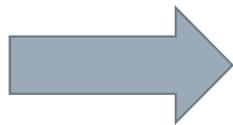
SOLUTION DE FONDATION DÉFINIE AU MARCHÉ

Les études géotechniques ont mis en évidence un contexte latéritiques compressible avec des couches d'épaisseur variable sur la longueur du projet.

Les tassements différentiels estimés de part et d'autre de l'ouvrage ne permettent pas d'envisager une solution de fondations superficielles et la solution proposée au DCE prévoit des **fondations profondes par pieux (52 pieux forés de diamètre 1200 mm) ancrés entre 13 et 15m de profondeur** dans la formation gneissique.

Problématiques de la solution de base en phase d'exécution:

- Travaux préparatoires importants (plateforme de travail sur site pentu (6%))
- Accessibilité au site pour une atelier de pieux et pour l'alimentation en béton de fondation
- Incertitude du contexte géotechnique vis-à-vis de la technique de forage des pieux
- Mise à disposition d'un atelier pour un petit chantier de pieux (ratio coût/transfert, délais)



Étude d'une solution variante



DÉFINITION D'UNE SOLUTION DE FONDATIONS VARIANTE

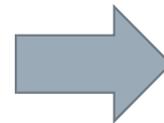
Contraintes du projet:

- Voie ferrée DOUALA – YAOUNDÉ – N'GAOUNDERE en service et proximité d'habitations
- Solution de terrassement impossible
- Maitrise de la technique vis-à-vis de l'ouvrage en service (vibrations, dimensions,...)
- Moyens matériels à disposition en Afrique Centrale
- Maitrise des matériaux de construction (béton de fondation, cages d'armature,...)
- Maitrise des méthodes et moyens de contrôle

Études et essais complémentaire pour développer la solution variante:

- essais de laboratoire, identifications, œdomètres, cisaillement UU et CU
- essais de battage pour tester le matériel
- 3 essais statiques de chargement sur inclusion au droit des zones les plus défavorables

Pieu	Longueur	Charge maximale testée	Enfoncement du pieu
1	10 ml	29,4 t	3,86 mm
2	6 ml	8,8 t	Rupture
3	5 ml	5,9 t	Rupture



Étude solution variante
Inclusions Rigide DSI

ESSAIS DE DIMENSIONNEMENT



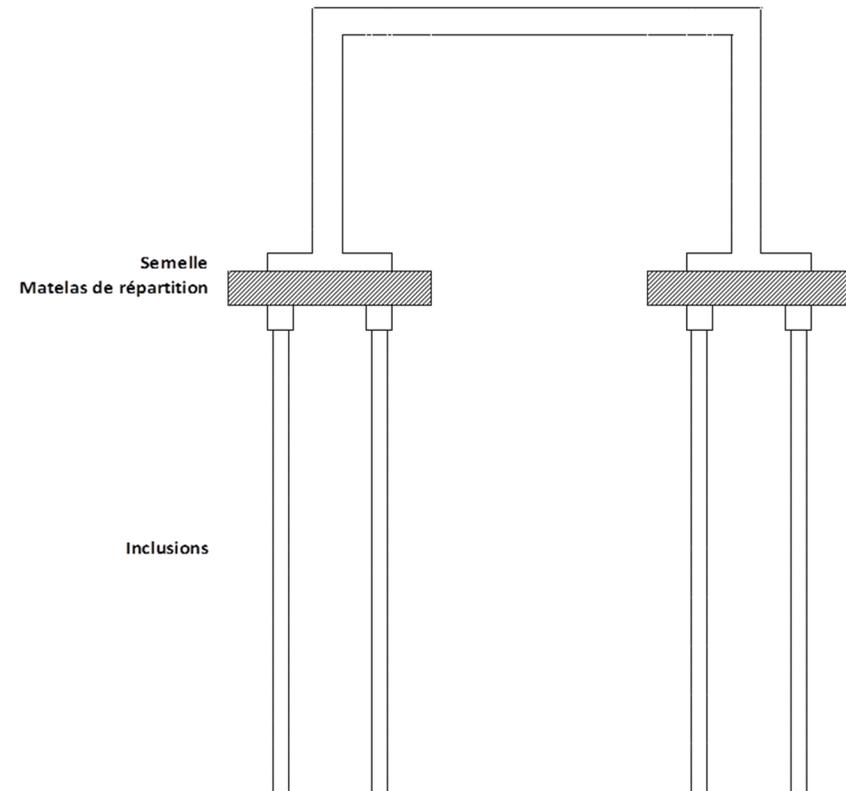
DYWIDAG-SYSTEMS INTERNATIONAL				Tél : +33 4 78 78 27 82 email: dsi.france@dywidag-systems.fr				Fax : + 33 4 78 79 01 56 www.dywidag-systems.fr													
PROCES VERBAL D'ESSAI SUR INCLUSION				ESSAI STATIQUE EN COMPRESSION SUR INCLUSION Adaptation de la norme NF P 94 - 150 - 1				Inclusion 1													
Client		RAZEL		Commande DSI établie par :		Joseph Djobeir															
Référence		échangeur au quartier olembe à Yaoundé		Essai réalisé par :		Anthony Casas															
CARACTERISTIQUES DU PIEU TESTE				CARACTERISTIQUES DU VERIN				VALEURS A LA RUPTURE				Date de l'essai	21/09/2013								
Nature de l'inclusion	Pieu Battu			Type de vérin	110 MP			déplacement maximal en tête		20,00 mm											
Longueur totale de l'inclusion (L)	10,00 m			Numéro																	
Diamètre de l'inclusion (B)	118,0 mm			Section du piston	235,82 cm ²																
section de l'inclusion (A)	2 604 mm ²			Course du piston	50 mm																
charge limite élastique du pieu (Qg)	721 kN			Frottements moyens du vérin	2,00%																
charge maximale de l'essai (Qmax)	294 kN			CELLULE UTILISEE																	
				Type	GLOTZL KN 1400		Numéro	504 968													
Pallier	N°	0	1	2	3	4	5	6	1'	2'	3'	4'	5'	6	7	8	9	10			
% Charge maximale		0,00xQmax	0,10xQmax	0,20xQmax	0,30xQmax	0,40xQmax	0,50xQmax	0,20xQmax	0,10xQmax	0,20xQmax	0,30xQmax	0,40xQmax	0,50xQmax	0,60xQmax	0,70xQmax	0,80xQmax	0,90xQmax	1,00xQmax			
T	kN	0	29	59	88	118	147	59	29	59	88	118	147	177	206	235	265	294			
Pression cellule	bars	0	13	25	38	51	64	25	13	25	38	51	64	76	89	102	115	127			
Durée de chargement en minutes	1	0,00	0,15	0,19	0,26	0,62	0,88							1,12	1,44	1,97	2,58	3,63			
	2		0,18	0,19	0,26	0,62	0,88							1,12	1,44	1,97	2,58	3,68			
	3		0,18	0,19	0,26	0,62	0,89							1,12	1,45	1,97	2,58	3,70			
	4		0,18	0,19	0,26	0,64	0,89							1,12	1,45	2,00	2,61	3,70			
	5		0,18	0,19	0,26	0,70	0,89							1,15	1,45	2,03	2,64	3,72			
	10		0,18	0,19	0,26	0,70	0,90							1,16	1,48	2,03	2,64	3,75			
	15		0,18	0,19	0,26	0,70	0,90							1,23	1,48	2,05	2,64	3,78			
	20						0,92							1,23	1,48	2,07	2,64	3,81			
	25						0,92							1,26	1,48	2,07	2,64	3,84			
	30						0,92							1,26	1,48	2,09	2,68	3,84			
	45																	2,70	3,86		
60																	2,73	3,86			
		3,00	mesure à t = 5 minutes pour le déchargement										3,22		3,54	déchargement					
Données en fin de palier	Δ60' - Δ30' (mm)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,03							0,11	0,03	0,06	0,09	0,14			
	ε _s		0,000	0,000	0,000	0,000	0,022							0,160	0,035	0,077	0,081	0,146			
	déplacement horizontal 1																				
Résultat de l'essai à la rupture du pieu				Q_{ca}				≥ 294 kN				Q_{br}				≥ 294 kN				Version 1.00	

RAPPEL DU CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL

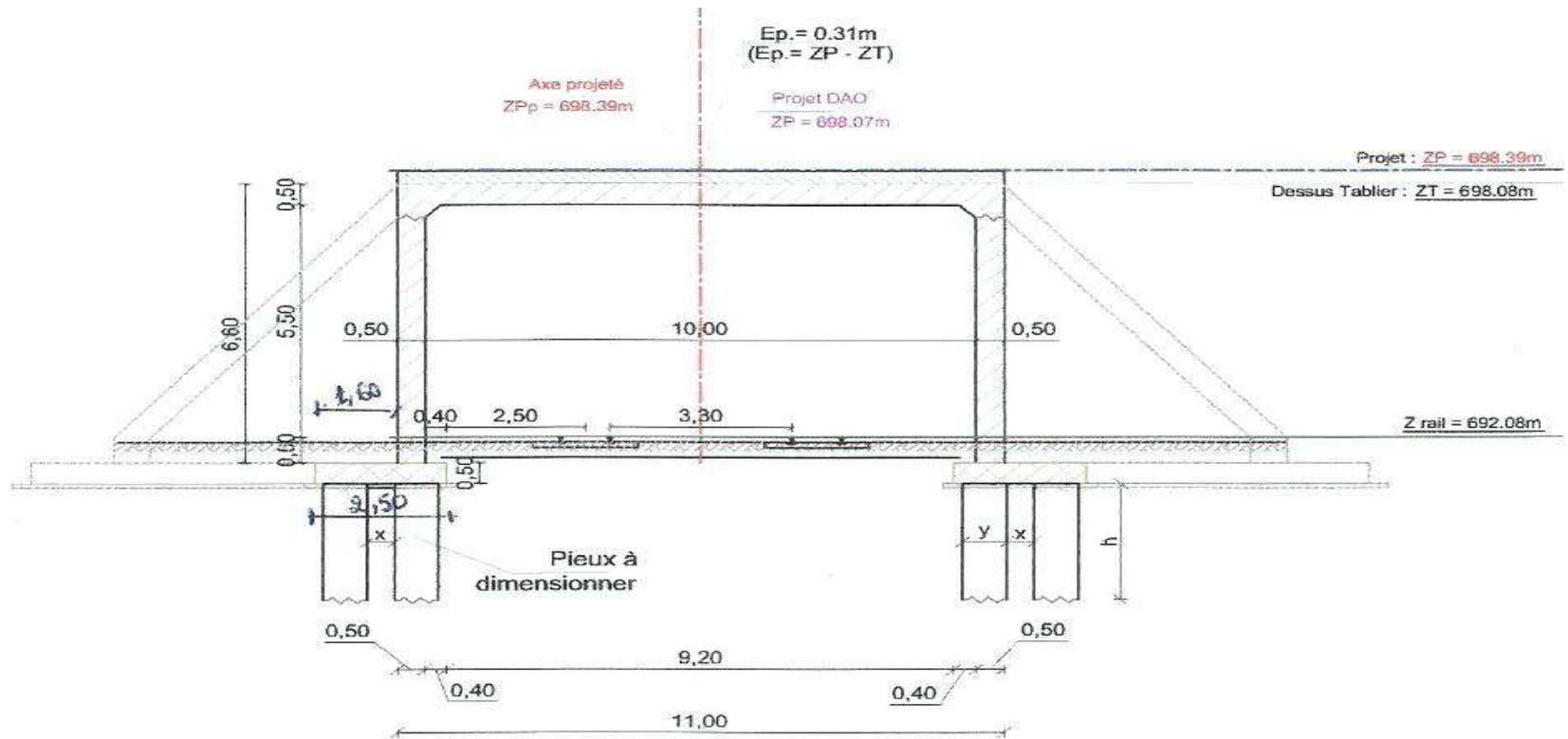


LE PROJET VARIANTE:

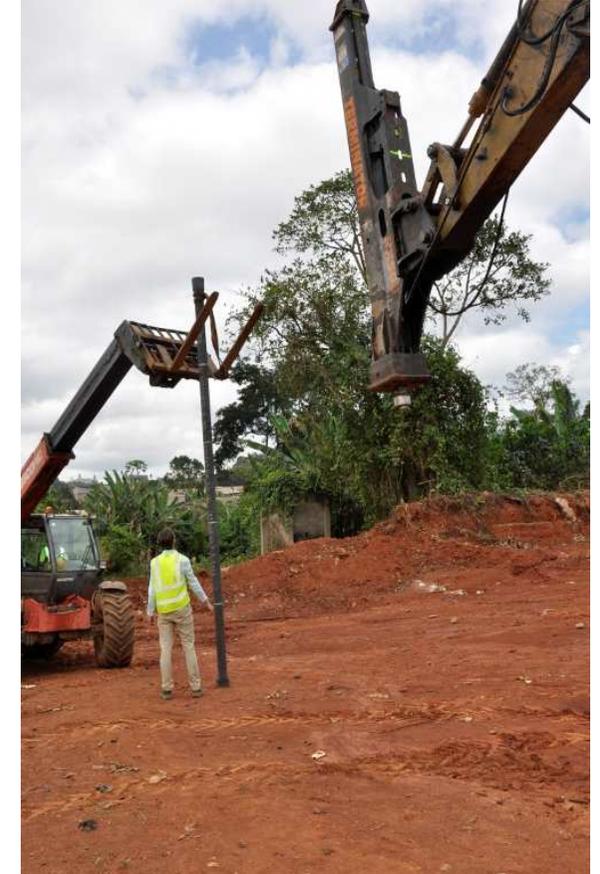
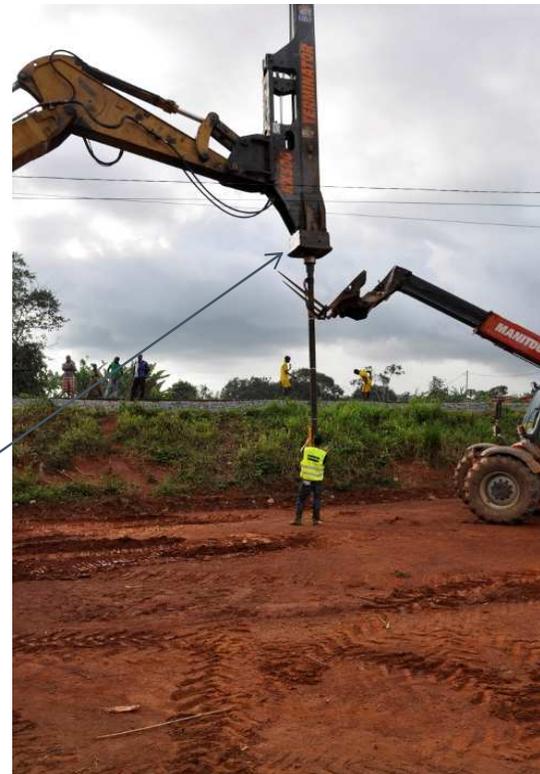
140 inclusions rigides du type pieux en fonte ductile DSI permettant d'augmenter la portance du sol. Ces tubes métalliques seront remplis d'un coulis de mortier. Au dessus de ces inclusions un matelas de répartition en granulats de carrière 0/31.5 sera réalisé qui reprendra les efforts des semelles.



LE PROJET VARIANTE



ESSAI DE CHARGEMENT ET DE BATTAGE



Battage avec
un BRH type
Terminator



DIMENSIONNEMENT

Le dimensionnement du réseau d'inclusions rigides a été réalisé selon la méthode analytique et conduit selon les recommandations ASIRI de 2012, pour une cellule élémentaire.

Cette méthode, par approches successives, peut être plus rapidement abordé à l'aide du logiciel Foxta, développé par Terrasol, avec le module Taspie+.

A la demande de X.AM.SOL développement, les calculs ont été réalisés par Terrasol

Caractéristiques des Inclusions Rigides :

Les inclusions utilisées sont des pieux DSI, de type tubes battus Dywidag en fonte ductile. Leurs caractéristiques sont comme suit :

Diamètre extérieur du tube : 118 mm ;

Épaisseur du tube : 7,5 mm ;

Pointe de l'inclusion : sabot simple de diamètre 118 mm ;

Module d'élasticité : $E = 210 \text{ GPa}$.

Des dalles circulaires de 0,6 m de diamètre viennent coiffer les têtes d'inclusions afin de maximiser le transfert de charge vers les inclusions.



DIMENSIONNEMENT

Les résultats de calcul permettent de valider la répartition des inclusions suivantes :

1ère coupe de calcul : inclusions de 5 m de long disposées selon des mailles carrées de 1,25 m de côté.

2ème coupe de calcul : inclusions de 12,5 m de long disposées selon des mailles carrées de 1,25 m de côté.

En première approche, on envisagera des longueurs d'inclusions calquées sur le profil géotechnique schématique avec une variation de 12,5 m à 5 m sur la longueur totale de l'ouvrage d'art.

La répartition est la suivante:

Au 1/3 aval de la chaque semelle : 2 rangés d'Inclusions Rigides de 12,5m de longueur formant un maillage carré de 1,25m x 1,25m et coiffées d'une dalle circulaire de 60cm de diamètre ou carré de 60cm x 60cm

Au 1/3 médian de chaque semelle: 2 rangés d'Inclusions Rigides de 10m de longueur formant un maillage carré de 1,25m x 1,25m et coiffées d'une dalle circulaire de 60cm de diamètre ou carré de 60cm x 60cm

Au 1/3 amont: de chaque semelle: 2 rangés d'Inclusions Rigides de 5m de longueur formant un maillage carré de 1,25m x 1,25m et coiffées d'une dalle circulaire de 60cm de diamètre ou carré de 60cm x 60cm

LA REALISATION DES INCLUSIONS

1- battage des Inclusions après implantation et terrassement des fouilles des semelles



LA REALISATION DES INCLUSIONS



2 – tronçonnage et pré-remplissage des inclusions au mortier



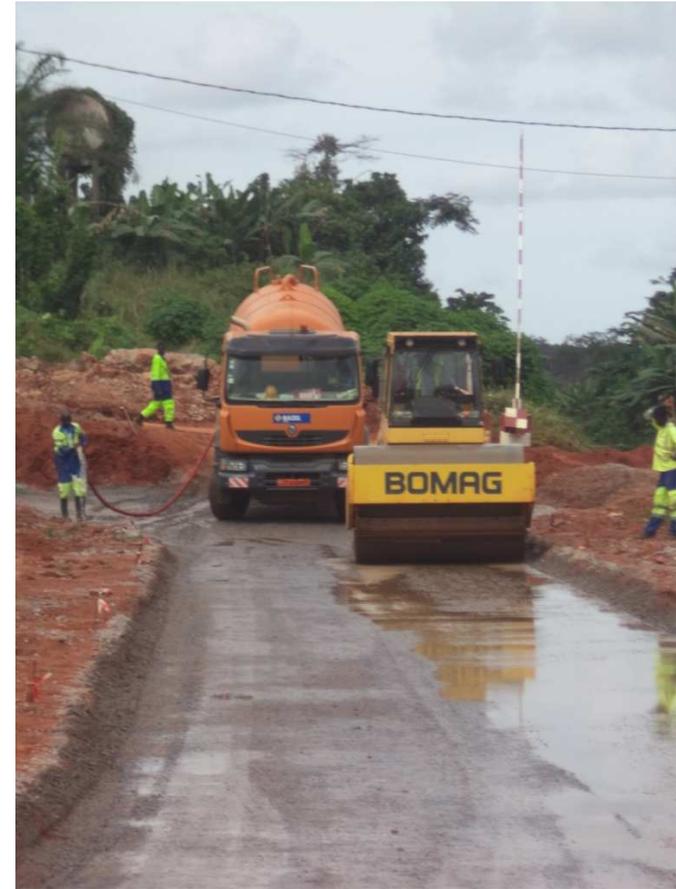
LA REALISATION DES INCLUSIONS

3 – finition des têtes d'inclusion et coffrage des dalles



LA REALISATION DES INCLUSIONS

4 – coulage des dalles et mise en œuvre du matelas de répartition (épaisseur: 1m)





PROCÉDURE DE CONTROLE

Contrôle interne:

- suivi de la verticalité
- suivi des enfoncements des inclusions

Contrôle externe: essai de chargement

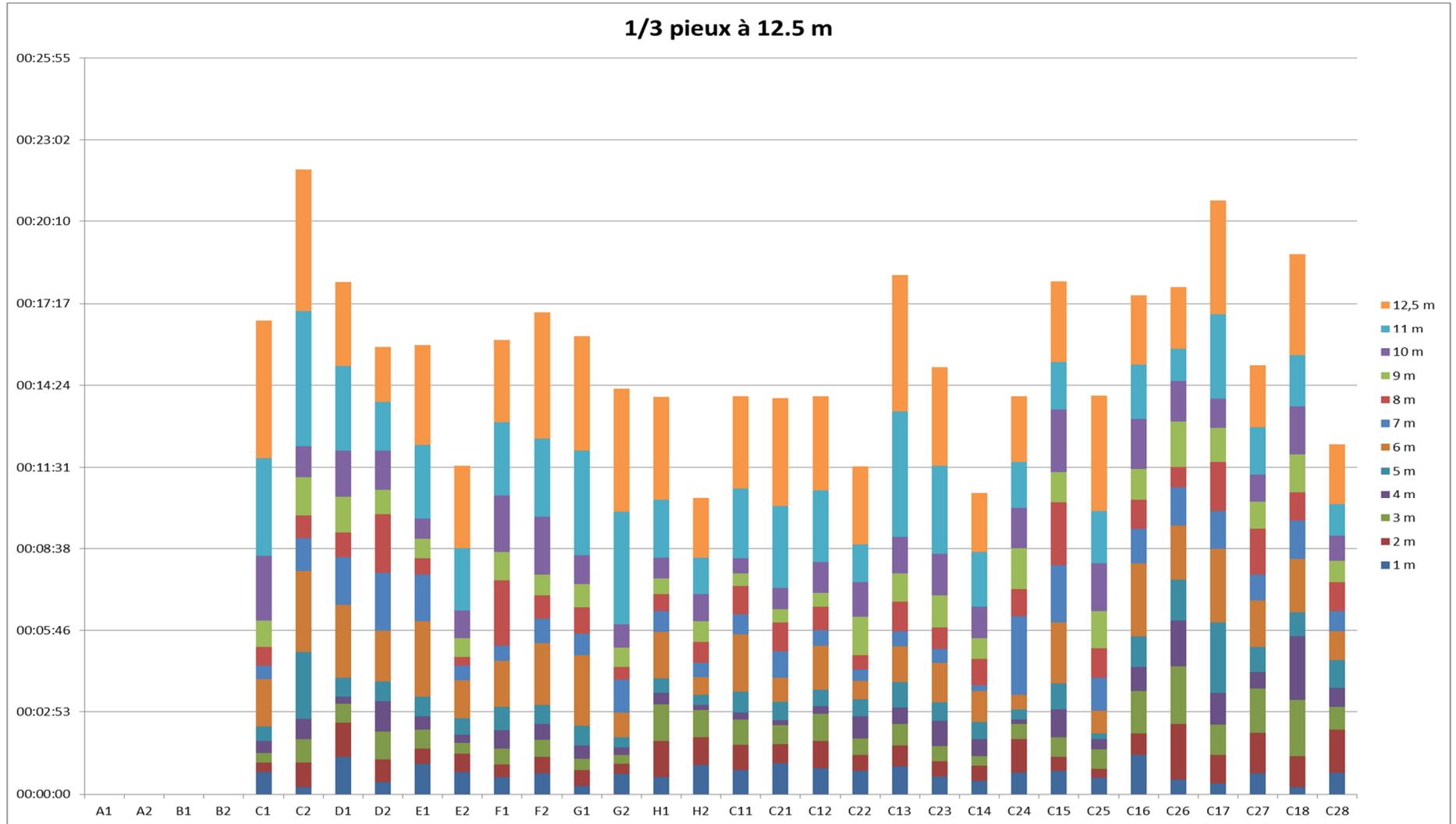


CONTRÔLE VERTICALITE DES PIEUX

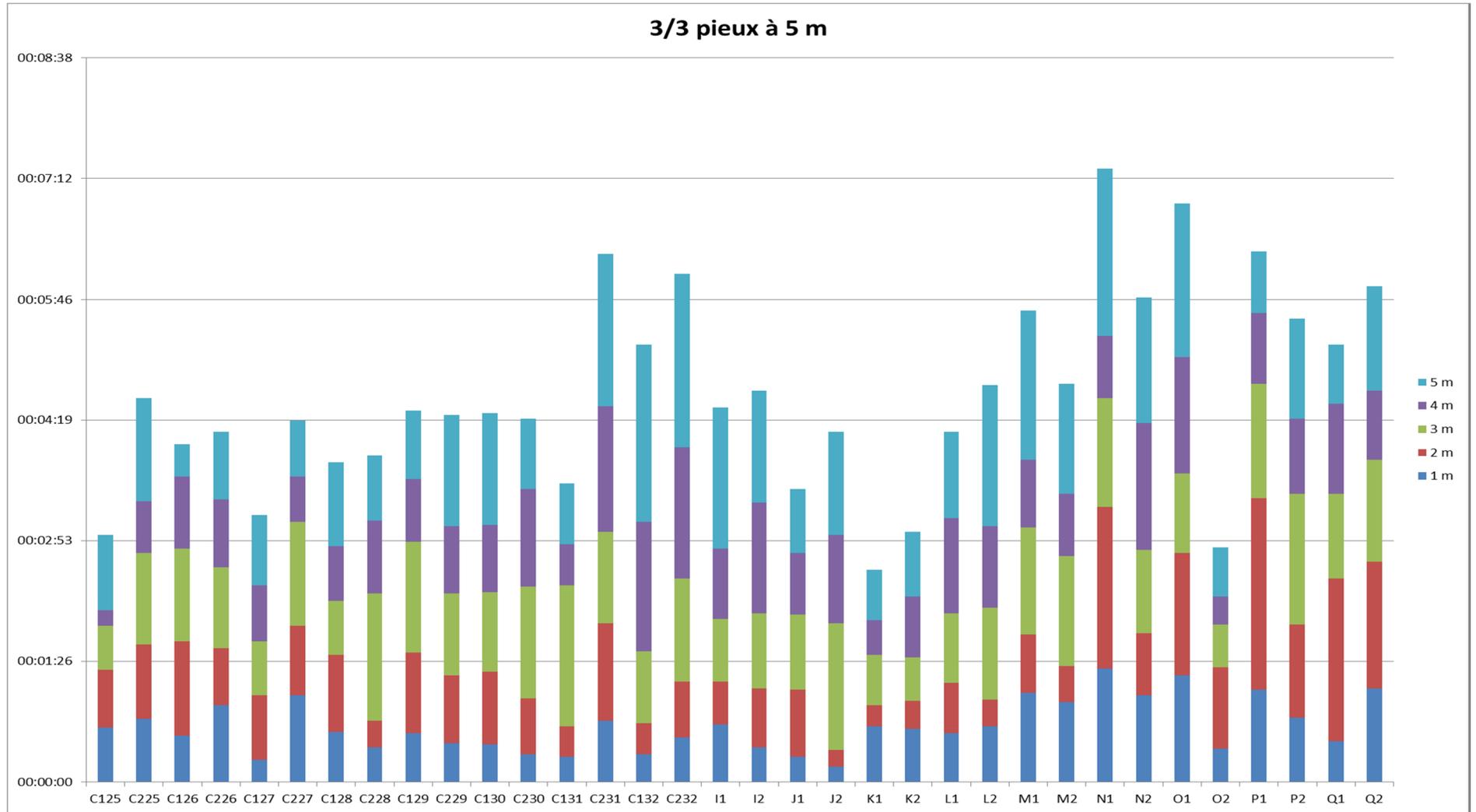
- la verticalité est vérifiée visuellement et à l'aide d'instruments topographiques placés sur deux plans perpendiculaires à l'élément battu ;



TEMPS DE BATTAGE EN FONCTION PROFONDEUR



TEMPS DE BATTAGE EN FONCTION PROFONDEUR



CONTRÔLE EXTERNE

- Des essais de chargement statique en compression sont effectués à la tête des pieux afin de vérifier la charge limite et le déplacement du pieu (suivant norme NF P 94-150-1).



10 point d'inclusions sur 196 ont été vérifiés avec comme critères ; tassement < 20 mm sous une charge de 294KN

LES MOYENS ET DURÉE DU CHANTIER



<u>2/ MOYEN HUMAIN</u>	
Conducteur des travaux	Conducteurs d'engins
Chef chantier terrassement	Chauffeur camion
Chef d'équipe	Chauffeur véhicule léger
Manœuvre de terrassement	Laborantins
QSE	Topographes
Maçons	ferrailleurs

<u>3/ MOYEN MATERIEL</u>	
Camion 6x4 benne 14 m3	Terminator
Compacteur vibrant mono-bille V4 ou V5	Grue
Niveleuse 190 cv 140H	Camion Yap

Pour faire les 190 pieux , il a fallu 18 j de battage

POINTS DE CONTROLES A REALISER

La qualité des travaux d'inclusion des pieux battus nécessite une attention particulièrement importante :

- ⇒ sur l'implantation des points d'inclusion
- ⇒ sur la profondeur requise pour chaque inclusion
- ⇒ sur la verticalité du pieu
- ⇒ sur la qualité des matériaux
- ⇒ sur les conditions de mise en œuvre du remblai : épaisseur des couches et qualité du compactage
- ⇒ sur les écoulements d'eau : toujours veiller à avoir des écoulements d'eau efficaces.

OUVRAGE FINI ET EN SERVICE



CFMS - REX ASIRI - PORTIQUE RAIL/ROUTE YAOUNDÉ - CAMEROUN

21 SEPT 2016

BILAN REX CHANTIER / ASIRI

Recommandations ASIRI = très bon support de la solution variante / MOA en AFRIQUE

Concernant la solution IR mise en oeuvre:

- Solution économique
- Gain de temps
- Facilité de moyens matériels et humains
- Procédé adapté à des conditions de chantier équatoriales
- Vision d'une solution d'avenir avec des inclusions en bois



REX ASIRI Portique Rail/Route YAOUNDÉ - CAMEROUN



MERCI POUR VOTRE ATTENTION

LR. BORREL - Ch. POILPRÉ

