

LA LGV KENITRA – TANGER : L'APPLICATION DU RÉFÉRENTIEL TECHNIQUE LGV AU CONTEXTE MAROCAIN

Rémi DELUZARCHE



CFMS – Journée Technique du 1^{er} décembre 2016
« Chantiers à l'international »

SOMMAIRE

- 1 LE PROJET ET SES CONTRAINTES
- 2 LE RÉFÉRENTIEL TECHNIQUE LGV
- 3 APPLICATION DE L'EUROCODE 8
- 4 RECONNAISSANCES GÉOTECHNIQUES
- 5 CONCEPTION DES GRANDS OUVRAGES EN TERRE
- 6 REMBLAIS EN ZONES COMPRESSIBLES
- 7 VIADUCS
- 8 LE DÉROULEMENT DU CHANTIER

1 LE PROJET ET SES CONTRAINTES (1/2)

Le projet en quelques chiffres

85,4 km

135 ouvrages d'art courant

Environ 6 viaducs (≈ 7.5 km)

16 km de zones compressibles (20%)

23 Mm³ de déblai – 15 Mm³ de remblai

6 km en zone urbaine (Tanger)

Les grandes problématiques

L'aléa sismique

Les zones compressibles

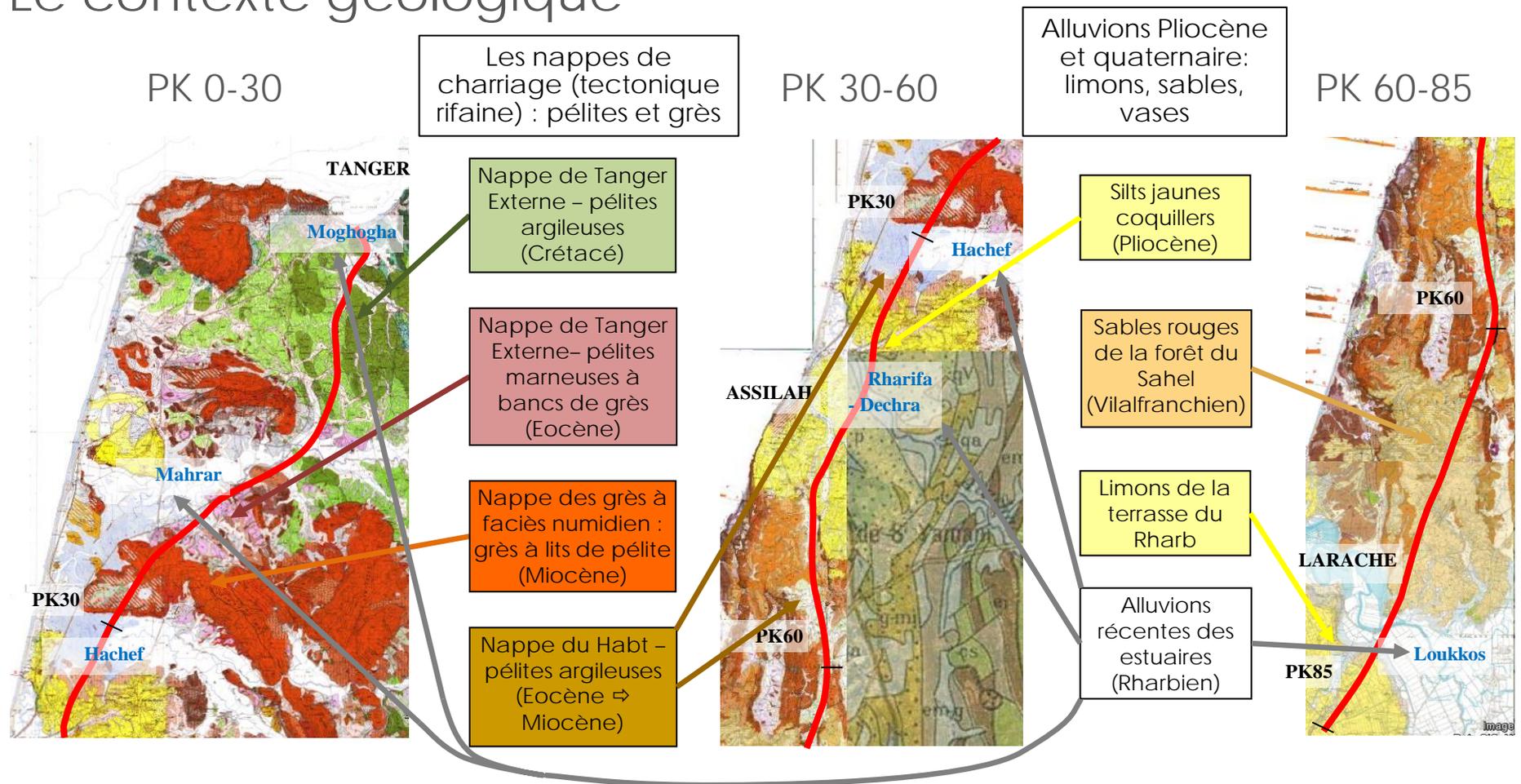
Les déblais en pélite (jusqu'à 60m)

Le mouvement des terres et la ressource en matériaux nobles

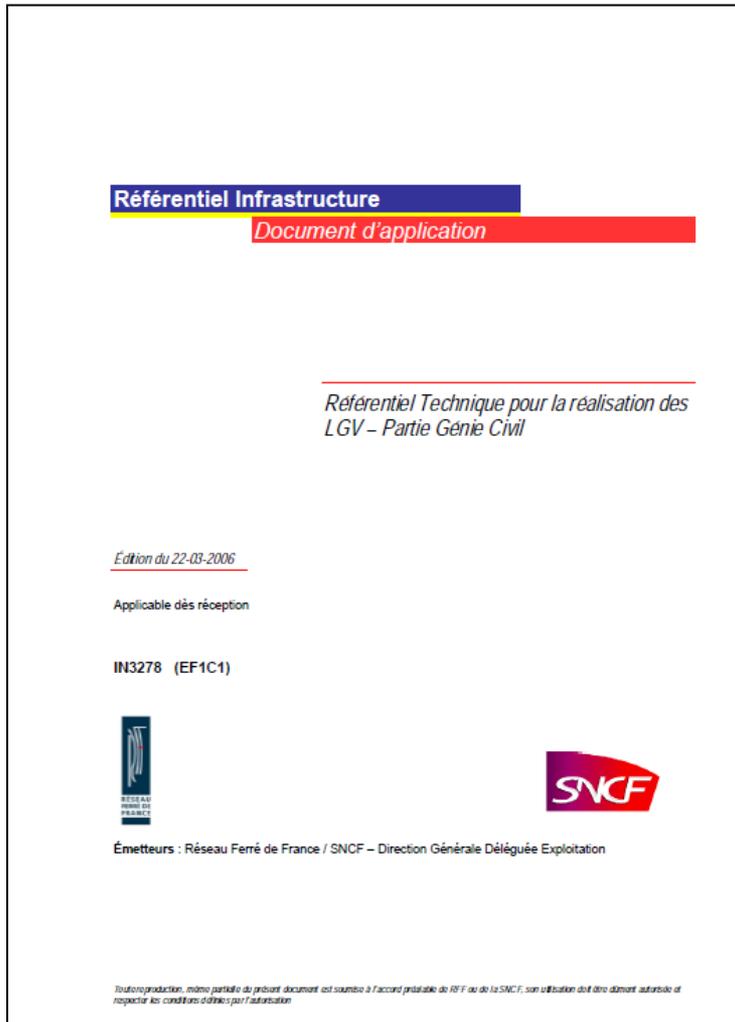


1 LE PROJET ET SES CONTRAINTES (2/2)

Le contexte géologique



2 LE RÉFÉRENTIEL TECHNIQUE LGV



Vitesse de conception = 350 km/h

- | Contraintes de tracé (rayon < 5,9 km, rampes < 3,5%)
- | Contraintes de déformations (gonflement, tassement) < 1 cm / an et 10 cm / 25 ans
- | Spécifications sur les matériaux

Référentiel français (IN 3278)

- | Application des Eurocodes
- | Application des normes et règlements français

3 APPLICATION DE L'EUROCODE 8 (1/2)

Hypothèses sismiques pour les études géotechniques :

- | Période de retour pour le séisme de référence

- | Accélération de référence au rocher a_{gR}

- | Accélération verticale a_{vg}

- | Classes d'importance des ouvrages (γ_I)

- | Coefficients d'amplification liés au sol (S)

- | Spectre de référence

- | Magnitude de référence

- | Coefficient de sécurité vis-à-vis de la liquéfaction

Ils sont fixés, en France, par décrets et arrêtés ministériels !!!

3 APPLICATION DE L'EUROCODE 8 (2/2)

Etude spécifique confiée à l'Université Mohammed V de Rabat-Agdal

Période de retour pour le séisme de référence = 970 ans

$a_{gR} = 0,205 \text{ g}$

$a_v = 0,45 a_h$ (en France : 0,8 à 0,9)

$\gamma_I = 1,2$ pour les OA, 1,0 pour les OT

$M = 6,5$

Classes de sols et coefficients S de l'EN 1998

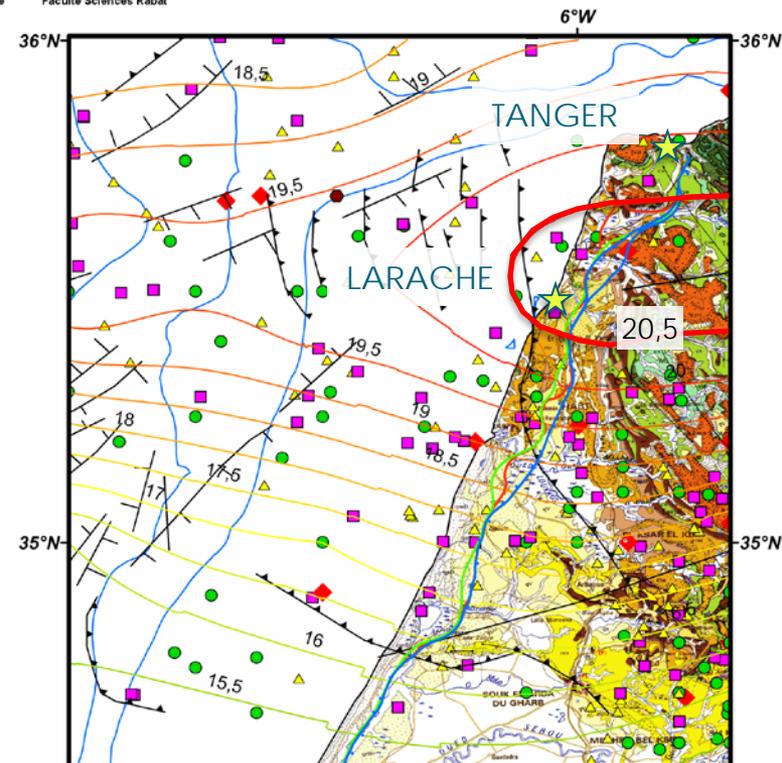
Spectre de référence = spectre n°2 (utilisé en France pour les faibles accélérations)



CARTE ALEA SISMIQUE
LGV KENITRA TANGER



OFFICE NATIONAL DES
Direction centrale infrastructures



4 RECONNAISSANCES GÉOTECHNIQUES

Une campagne APD / PRO à la hauteur des enjeux
(réalisée par le LPEE – supervision EGIS)

1450 sondages de tous types (250 carottés, 415 sondages pressiométriques, 215 pénétromètres statiques, 420 pelles mécaniques, etc.

205 piézomètres

15,6 km de sismique réfraction

4 500 m de diagraphies RAN

8500 essais d'identification des sols

175 essais œdométriques

95 essais triaxiaux = 60% du programme

250 essais de compactage (Proctor, CBR...)

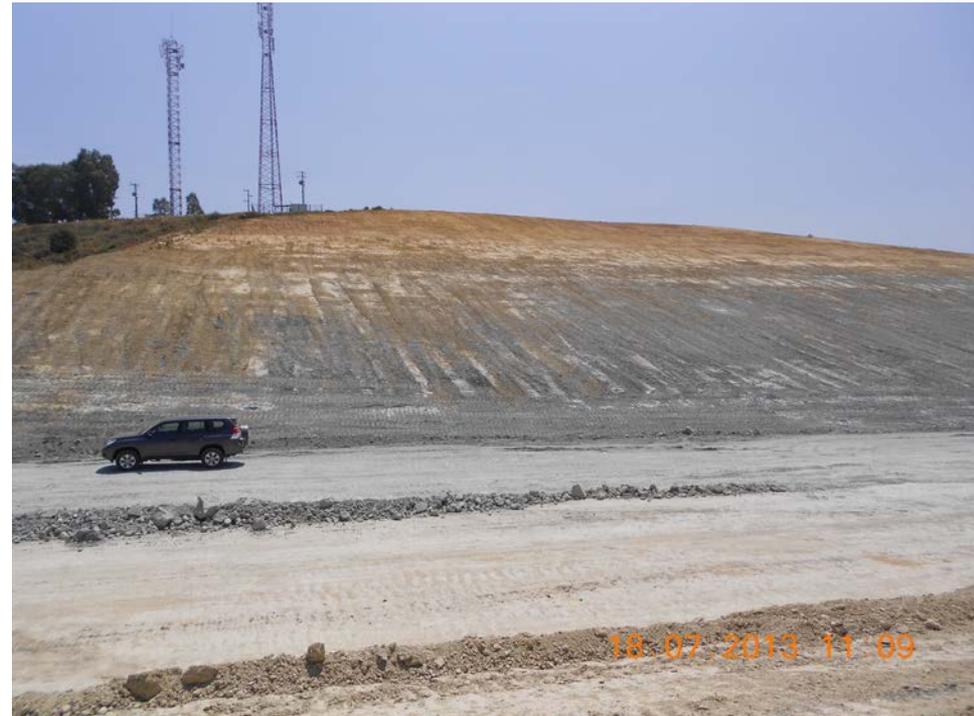
190 essais sur roche (Rc, LA, MDE, FR, DG) = 50% du programme



5 GRANDS OUVRAGES EN TERRE (1/4)

Déblais dans les pérites

- | Talus à 3H/1V
- | Masque granulaire de peau de 50 cm d'épaisseur / pas de risbermes
- | Protection de l'arase des terrassements par une géomembrane,
- | Mise en place de drains profonds au-dessus de la géomembrane.



5 GRANDS OUVRAGES EN TERRE (2/4)

Hauts remblais

Echelle : 1/500

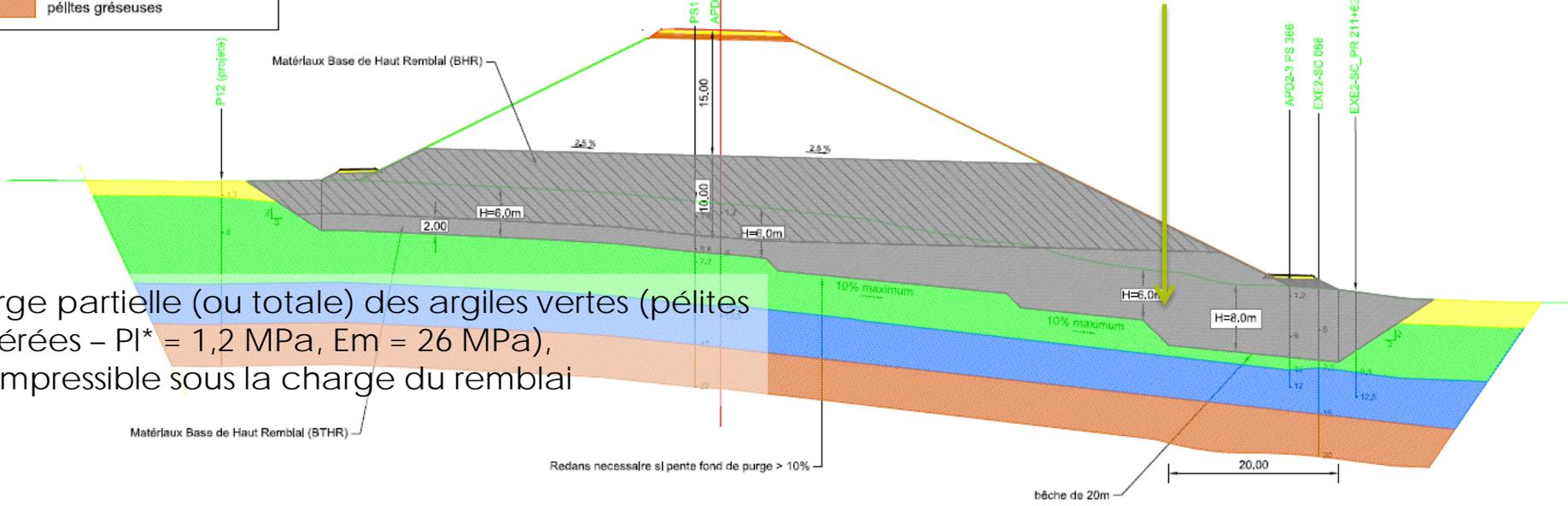
LEGENDE

	matériaux BHR
	matériaux BTHR ou purge
	limons sableux ; purge complète
	argiles vertes
	péllites altérées
	péllites gréseuses

PK 211+600 ZONE 6

Dispositions : - purge de 6.0m + réception ; purge complémentaire
 s'il reste de limons sableux
 - fond de purge penté < à 10% => redans H=1 à 1.5m pour limiter la profondeur de purge
 - BTHR de 2m d'épaisseur minimum en fond de purge.
 - bêche de 8m et de 20m de large en pied de remblai

Matériaux « BTHR » = matériaux ZI +
 $PI^* > 2,7 \text{ MPa}$ après compactage (planche d'essai)



Purge partielle (ou totale) des argiles vertes (péllites altérées - $PI^* = 1,2 \text{ MPa}$, $Em = 26 \text{ MPa}$), compressible sous la charge du remblai

5 GRANDS OUVRAGES EN TERRE (3/4)

Hauts remblais



5 GRANDS OUVRAGES EN TERRE (4/4)

Conséquences sur le mouvement des terres

Pas de réemploi des pélites

- *Risque de gonflement,*
- *Matériaux évolutifs et peu fragmentables,*
- *Aptitude au traitement douteuse*

Fourniture extérieure en matériaux rocheux pour :

- *Base de haut remblai,*
- *ZI / ZH,*
- *Couche de forme,*
- *Masques,*
- *Blocs techniques*

Provenance des matériaux

- *Calcaires du Rif (Tétouan),*
- *Grès numidiens (Assilah) – gisements hétérogènes, tri*

6 REMBLAIS EN ZONE COMPRESSIBLE (1/3)

Maîtrise du fluage ($s_{1\text{an}} < 1 \text{ cm}$, $s_{25\text{ans}} < 10 \text{ cm}$)

- | **Le critère $s_{1\text{an}} < 1 \text{ cm}$ est dimensionnant**
- | Mise en œuvre de surcharges importantes

Maîtrise de la consolidation

- | Drains verticaux
- | Surcharge

Stabilité à court terme

- | Banquettes latérales

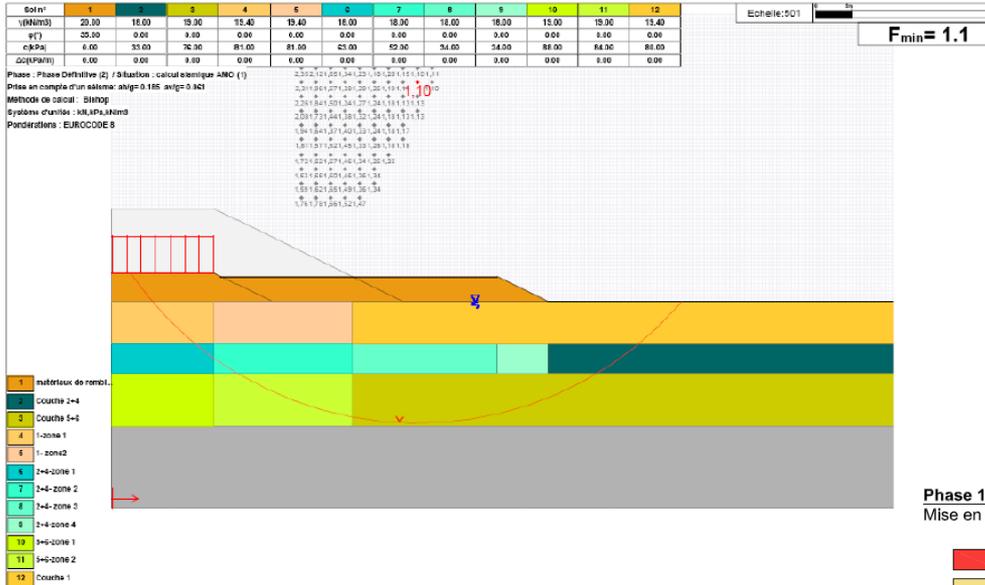
Stabilité au séisme souvent dimensionnante

- | Banquettes hautes pour améliorer la cohésion sous les banquettes

Dans certains cas :

- | solution VIADUC (Hachef, Loukkos)
- | Solutions inclusions rigides (blocs techniques notamment)

6 REMBLAIS EN ZONE COMPRESSIBLE (2/3)



Solution inclusions rigides :
phasage complexe au
niveau des ouvrages d'art

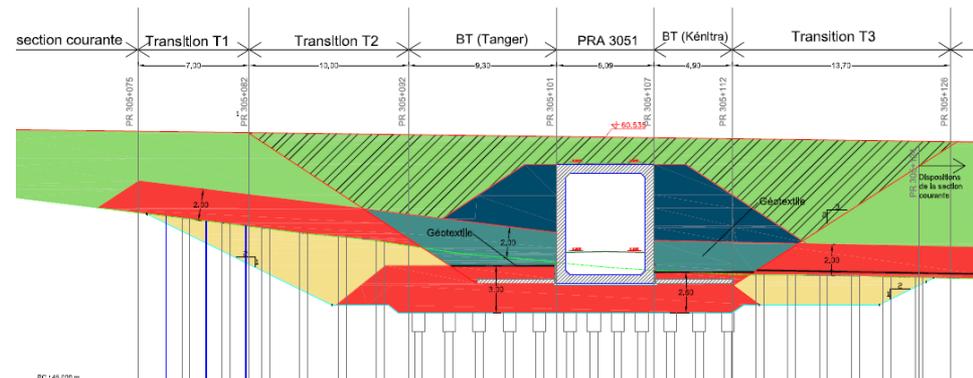
Phasage de réalisation : PRA 3051

Phase 12 : Mise en oeuvre du blocs technlque du PRA 3051 - partle supérieur
Mise en oeuvre du remblai courant



- Matelas de répartition
- Remblai de purge - plate-forme de travail zones de transition
- Remblai de section courante
- Blocs Technique Inférieur du PRA 3051 (caractéristique identique au matelas de répartition)
- Blocs Technique supérieur du PRA 3051
- Remblai courant

Solution préchargement :
prise en compte de la
consolidation sous les
banquettes latérales pour la
stabilité au séisme



6 REMBLAIS EN ZONE COMPRESSIBLE (3/3)



VALLEE DE MAHRAR
Zones Compressibles PR 204+190

KENITRA
⊗
Axe LGV

**Cellules de Pression
Intermédiaire CPM**

Indicatrice: Pointe de Plaque au

- profondeur:
- 0 m
- 5 m
- 10 m
- 15 m
- 17 m

Indicatrice: en 100 m de l'axe au

- profondeur:
- 0 m
- 10 m
- 15 m
- 17 m
- 17 m

Indicatrice: à 150 m de l'axe au

- profondeur:
- 0 m
- 10 m
- 15 m
- 17 m
- 17 m

CPM de référence: à 70 m de l'axe à 10 m de

profondeur.

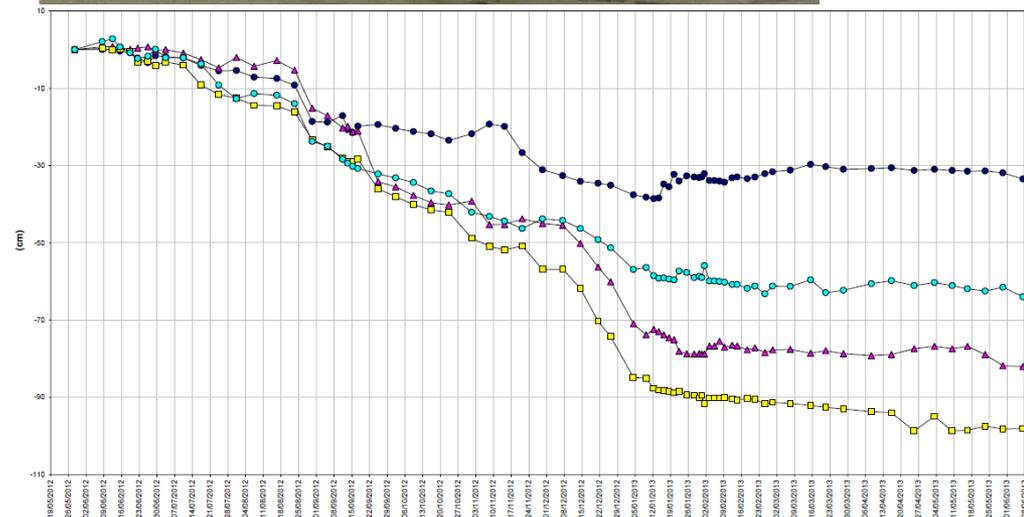
Assèchement de Surface:

- 4x 3x de 10m
- 4x 3x de 5m

• 4x 3x de 10m

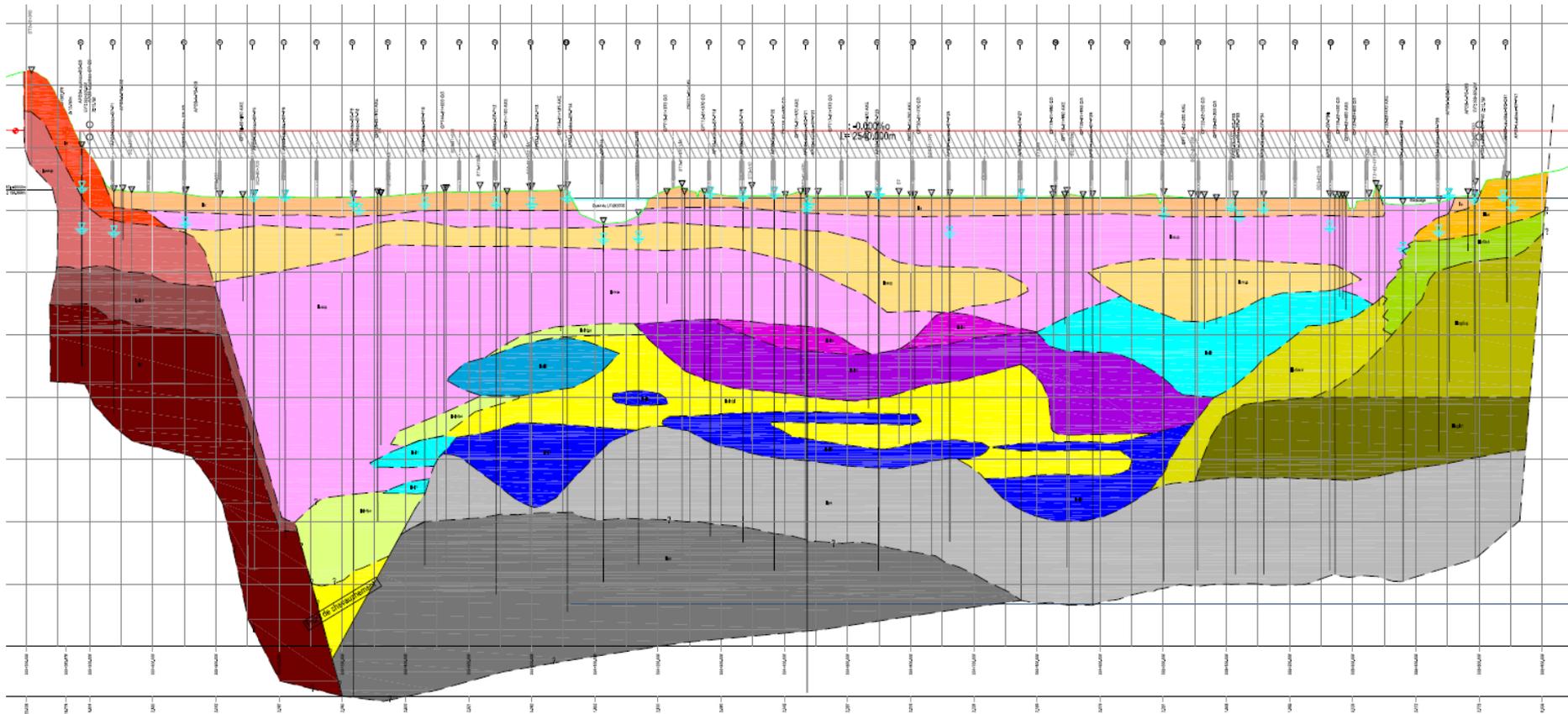
• 4x 3x de 5m

Notes: 1. CPM par forage individuel.



7 VIADUCS (1/3)

Grands estuaires avec des épaisseurs de sols compressibles > 40 m

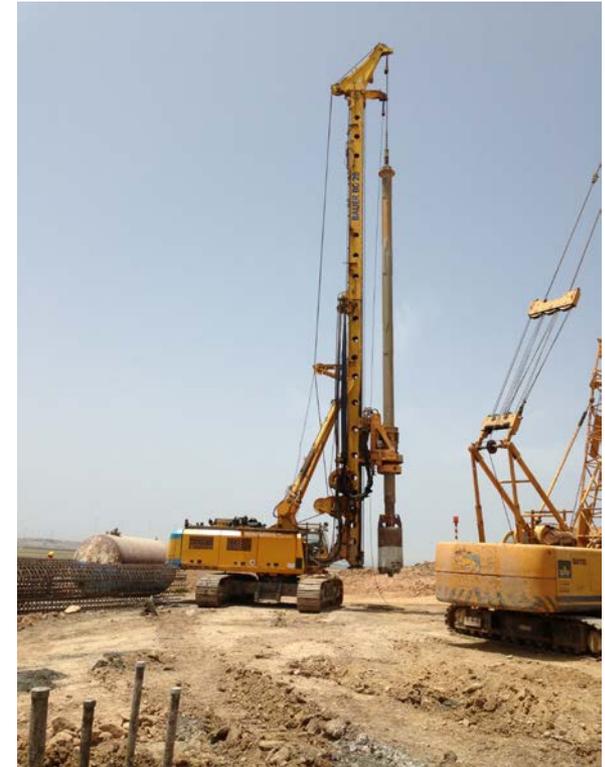


7 VIADUCS (2/3)

Problématiques

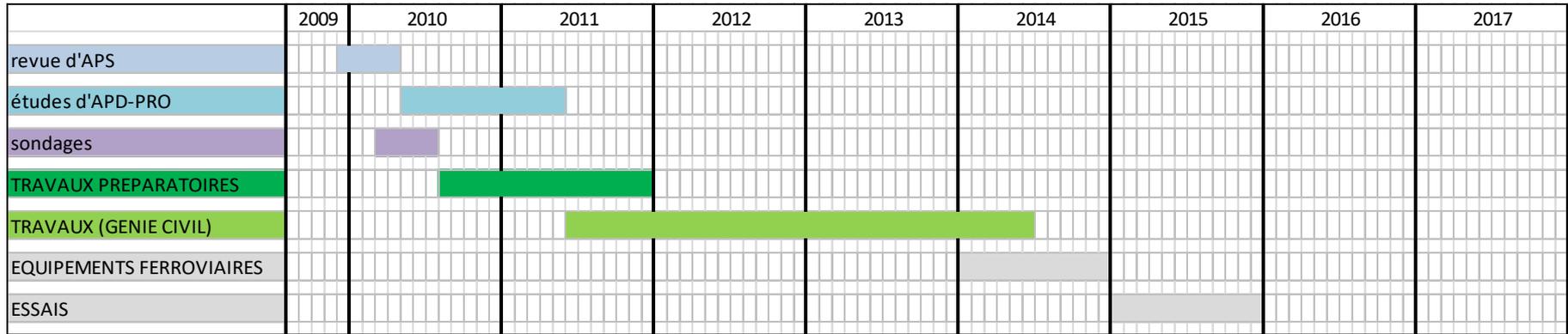
- | Positionnement des culées dans les zones compressibles (tassement limité à 2 cm) \Rightarrow viaducs très longs, ou culées sur inclusions rigides
- | Efforts de freinage – peu de réaction mobilisable dans les sols vasards \Rightarrow pieu de grand diamètre (1,4m) ou plusieurs files
- | Appuis fixes – fondations très rigides \Rightarrow plusieurs files de pieux
- | Liquéfaction des couches sableuses \Rightarrow frottement négatif (permanent) + annulation de la réaction frontale sous séisme
- | Sols de catégorie D – $a = 0,205 \times 1,2 \times 1,6 = 0,394 \text{ g}$ \Rightarrow mise en place d'amortisseurs...
- | Substratum pélitique : ce sont des argiles ($k_p = 1,3$), sauf dans des niveaux très compacts – validation par essais de chargement

7 VIADUCS (3/3)

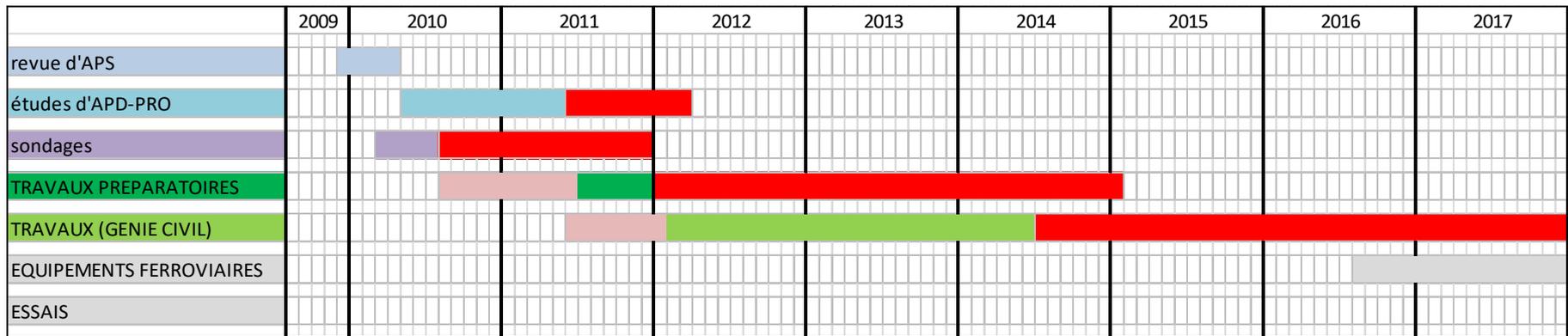


8 DÉROULEMENT DU CHANTIER (1/2)

Planning prévisionnel



Planning réel



8 DÉROULEMENT DU CHANTIER (2/2)

Quelques réalités et difficultés du chantier

- | Seul critère d'attribution des marchés : le prix
- | Entreprises mandataires : marocaines pour l'essentiel (+ 1 groupement chinois)
- | Plusieurs défaillances d'entreprises
- | Difficultés à produire des études d'EXE géotechnique
- | Difficultés sur les techniques d'amélioration de sol (IR)
- | Difficultés liées à l'approvisionnement des matériaux
- | Différences d'appréciation du risque géotechnique
- | Quelques variantes / optimisations intéressantes

CONTACT

Rémi DELUZARCHE

| *Ingénieur géotechnicien, Chef de Projet*

| *Agence de Toulouse*

| *05 62 18 19 17 / 06 26 31 29 28*

| remi.deluzarche@egis.fr

www.egis.fr

