HAL
open science

Le traitement des sols pour la couche de forme, plateforme de chaussée : application à des projets de terrassement dans le département de l'Hérault

Isis Anaïs Brabet

To cite this version:

Isis Anaïs Brabet. Le traitement des sols pour la couche de forme, plateforme de chaussée : application à des projets de terrassement dans le département de l'Hérault. Génie civil. 2012. dumas-01103974

HAL Id: dumas-01103974

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01103974

Submitted on 15 Jan 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET METIERS

PARIS

MEMOIRE

Présenté en vue d'obtenir

LE DIPLOME D'INGENIEUR CNAM

SPECIALITE : Construction, Aménagement

OPTION : Aménagement

par

Isis BRABET

LE TRAITEMENT DES SOLS POUR LA COUCHE DE FORME, PLATEFORME DE CHAUSSEE

Application à des projets de terrassement dans le département de l'Hérault

---

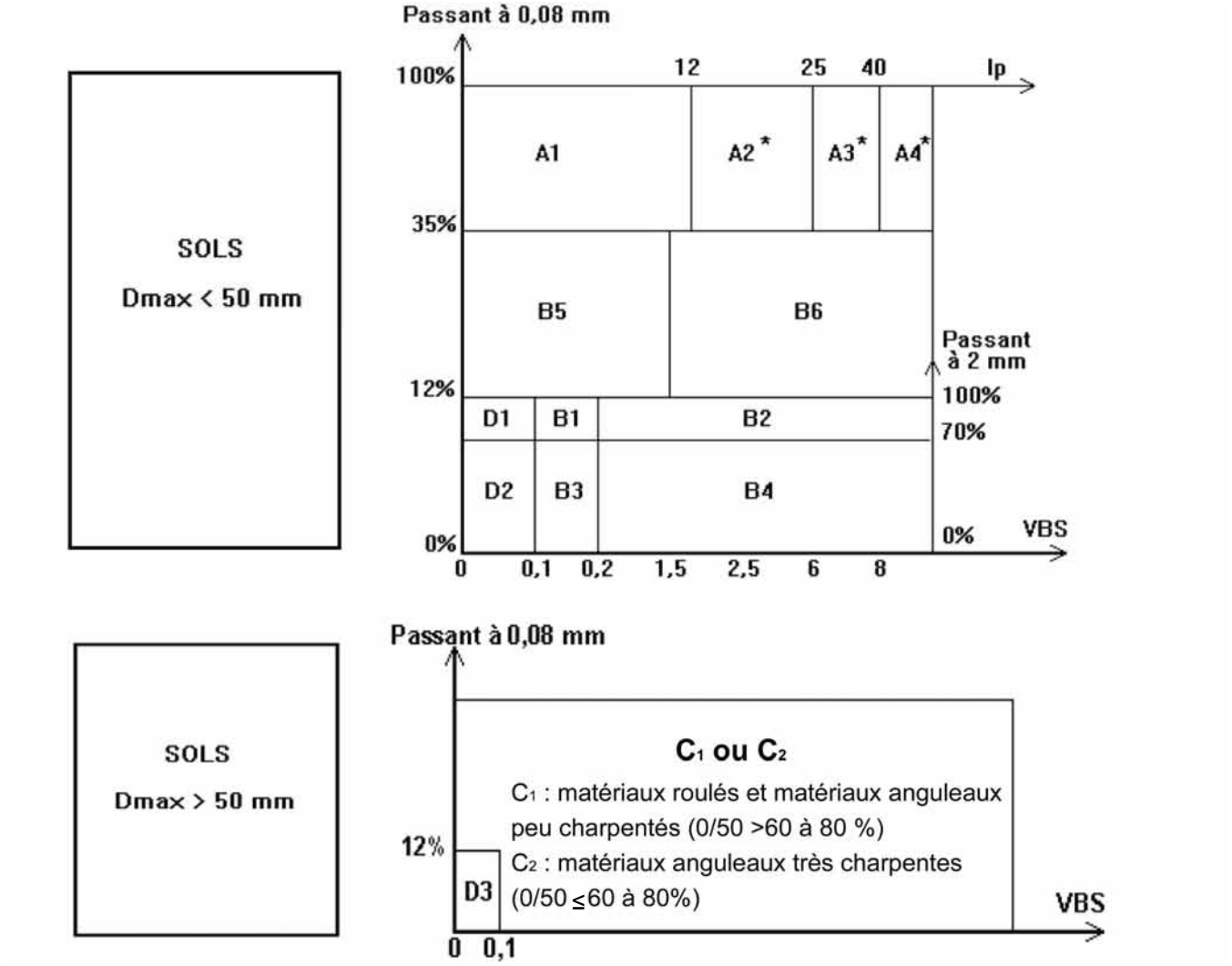
ANNEXES

LISTE DES ANNEXES

- **ANNEXE 1** : Classification des matériaux : tableau synoptique et sous-classes
- **ANNEXE 2** : Récapitulatif des essais et des normes
- **ANNEXE 3** : Essais relatifs au terrassement et au traitement de sol
- **ANNEXE 4** : Fiche produit ROLAC 645 S PN
- **ANNEXE 5** : Propriétés des matériaux pour le dimensionnement
- **ANNEXE 6** : Règles de classement des sols – manuel SCETAUROUTE
- **ANNEXE 7** : Documents relatifs à la géologie
- **ANNEXE 8** : Listes des documents fournis par les entreprises
- **ANNEXE 9** : Documents relatifs au Cas 2 : résultats des investigations
- **ANNEXE 10** : Documents relatifs au Cas 6 : résultats des essais
- **ANNEXE 11** : Fiches récapitulatives du traitement de sol de chaque cas
- **ANNEXE 12** : Calculs de structure de chaussées de chaque cas
- **ANNEXE 13** : Calculs des couts den fonction des prix unitaire DPGF

ANNEXE 1 : CLASSIFICATION DES MATERIAUX

1) <u>Tableau synoptique de le classification des matériaux selon leur nature - GTR</u>



MATERIAUX ROCHEUX	Roches sédimentaires	Roches carbonatées	Craies	R1
			Calcaires	R2
		Roches argileuses	Marnes, argilites, pélites...	R3
		Roches siliceuses	Grés, poudingues, brèches...	R4
		Roches salines	Sel gemme, gypse	R5
	Roches magmatiques et métamorphiques	Granites, basaltes, andésites..., gneiss..., schistes métamorphiques et ardoisiers...		R6
MATERIAUX PARTICULIERS	Sols organiques, sous-produits industriels			F

2) <u>Sous-classes des matériaux selon leur nature</u>

▪ Classe A : Sols fins

- A_1 : Limons peu plastiques, loess, silts alluvionnaires, sables fins peu pollués, arènes peu plastiques
- A_2 : Sables fins argileux, limoneux et marnes peu plastiques, arènes
- A_3 : Argiles et argiles marneuses, limons très plastiques
- A_4 : Argiles et argiles marneuses, très plastiques

▪ Classe B : Sols sableux et graveleux avec fines

- B_1 : Sables silteux
- B_2 : Sables argileux (peu argileux)
- B_3 : Graves silteuses
- B_4 : Graves argileuses (peu argileuses)
- B_5 : Sables et graves très silteux
- B_6 : Sables et graves argileux à très argileux

▪ Classe C : Sols comportant des fines et des gros éléments

- C_1 A_i : Argiles à silex, argiles à meulière, éboulis, moraines, alluvions grossières
- C_1 B_i : Argiles à silex, argiles à meulière, éboulis, moraines, alluvions grossières
- C_2 A_i : Argiles à silex, argiles à meulière, éboulis, biefs à silex
- C_2 B_i : Argiles à silex, argiles à meulière, éboulis, biefs à silex

▪ Classe D : Sols insensibles à l'eau

- D_1 : Sables alluvionnaires propres, sables de dune
- D_2 : Graves alluvionnaires propres, sables
- D_3 : Graves alluvionnaires propres

▪ Classe R : Roches

Roches sédimentaires :

Roches carbonatées :	- R_1 : Craie
	- R_2 : Calcaires rocheux divers
Roches argileuses :	- R_3 : Marnes, Schistes sédimentaires, Argilites, Pelites
Roches siliceuse :	- R_4 : Grès, Poudingues, Brèches
Roches salines :	- R_5 : Gypse, Sel gemme, Anhydrite
Roches magmatiques et métamorphiques :	- R_6 : Granit, basalte, trachyte, andésite Gneiss, schistes métamorphiques, schistes ardoisiers

▪ Classe F : Sols organiques et sous-produits industriels

- F_1 : Matériaux naturels renfermant des matières organiques (terre végétale, humus, vase, tourbe)
- F_2 : Cendres volantes silico-alumineuses de centrales thermiques
- F_3 : Schistes houillers
- F_4 : Schistes des mines de potasse
- F_5 : Phosphogypse
- F_6 : Mâchefers d'incinération des ordures ménagères
- F_7 : Matériaux de démolition
- F_8 : Laitiers des hauts-fourneaux
- F_9 : Autres déchets et sous-produits industriels

ANNEXE 2 : RECAPITULATIF DES ESSAIS ET NORMES

Essais de classification géotechnique des sols

ESSAIS	NORMES
Granulométrie - Tamisage	**NF P 94-056**
Granulométrie - Sédimentation	**NF P 94-057**
Etats de consistance – Limites d'Atterberg	**NF P 94-051**
Valeur au bleu de méthylène VBS	**NF P 94-068**
Coefficient de Los Angeles LA	**P 18-573**
Coefficient micro Deval en présence d'eau MDE	**P 18-572**
Coefficient de friabilité des sables FS	**P 18-576**
Coefficient de fragmentabilité FR	**P 94-066**
Coefficient de dégradabilité DG	**P 94-067**
Teneur en eau naturelle	**NF P 94-050**
Masse volumique sèche ρ_d	**NF P 94-064**
Essai Proctor	**NF P 94-093**
Essai CBR	**NF P 94-078**
Essai à la plaque : Module sous chargement statique EV2	**NF P 94-117-1**

Essais de détermination des caractéristiques mécaniques des matériaux traités

ESSAIS	NORMES
Essai d'aptitude du sol au traitement	**NF P 94-100**
Essai de compression simple R_c	**NF P 98-232-1**
Essai de traction directe R_t	**NF P 98-232-2**
Essai de compression diamétrale R_{tb}	**NF P 98-232-3**
Détermination du module d'élasticité E	**NF EN 13286-43**

Essais de reconnaissance des sols

ESSAIS IN-SITU	NORMES
Essai pressiométrique MENARD	**NF P 94-110-1**
Essai de pénétration statique	**NF P 94-113**
Pénétromètre dynamique A	**NF P 94-114**
Essai de pénétration au carottier SPT	**NF P 94-116**
Essai scissométrique	**NF P 94-112**

ESSAIS DE LABORATOIRE	NORMES
Essai Œdométrique	**XP 94-090-1**
Essai de cisaillement à l'appareil triaxial	
Essai de cisaillement rectiligne à la boîte	**NF P 94-071-1**

ESSAIS D'EAU	NORMES
Mesure piézométrique	**NF P-94-157-1**
Essai de pompage	**NF P 94-130**
Essai d'eau Lefranc	**NF P 94-132**
Essai d'eau Lugeon	**NF P 94-131**

ANNEXE 3 : ESSAIS RELATIFS AU TERRASSEMENT ET AU TRAITEMENT DE SOL

- Essai à la plaque EV2
- Essais de détermination des caractéristiques mécaniques E et R
- Mesure de l'épandage du liant à la bâche

Essai à la plaque

Fiche N° 20

NF P 94 117-1 : Module sous chargement statique à la plaque (EV2)

Objet

Cet essai permet de déterminer la portance d'une plate-forme par la mesure du module dit « module sous chargement statique à la plaque ».

Domaine d'application

L'essai s'applique aux plates-formes d'ouvrages de terrassement réalisées avec les matériaux dont le D_{max} est inférieur à 200 mm.

La valeur maximale du module EV2 pouvant être mesurée par cet essai est de 250 MPa.

Principe de l'essai

Mesure de l'enfoncement d'une plaque circulaire rigide (diamètre 600mm) transmettant au sol une pression uniforme.

La valeur de l'enfoncement de la plaque (mesurée à la fin du second cycle) permet de déterminer le module EV2.

Plaque de diamètre 600 mm avec poutre Benkelman.

Expression des résultats

A partir de la formule de Boussinesq, on détermine :

$EV2 = \frac{90}{Z_2}$ avec :

- Z_2 : enfoncement de la plaque provoquée par le 2ème chargement en mm
- EV2 en MPa

Interprétation

Par exemple, pour les arases de terrassement, le GTR retient une valeur minimale de 20 MPa ou de 35 MPa dans le cas où l'on réalisera une couche de forme traitée.

Pour les plates-formes support de chaussées, et pour les chantiers courants, un module minimum EV2 de 50 MPa est retenu pour permettre la mise en œuvre des chaussées. Des valeurs plus élevées peuvent être exigées en fonction de la classe de plate-forme si l'on juge qu'elles sont représentatives de la portance à long terme.

Ce module ne caractérise pas l'état de compacité des sols de la plate-forme auscultée.

Particularités et délai de réponse

Il est nécessaire de disposer d'un massif de réaction permettant d'appliquer au moins 8 t sur la plaque, et dont les points d'appuis sont situés à plus de 1,20 m du centre de la plaque de chargement.

Les autres méthodes permettant de déterminer la portance d'une plate-forme sont les dynaplaques et le portancemètre.

Délai : 15 à 30 min selon la vitesse de stabilisation.

Détermination de caractéristiques mécaniques sur carottes

Fiche N° 15

NF EN 13286-41 : Essai de compression simple, 42 - Essai de traction indirecte, 43 - Détermination du module d'élasticité
NF P 98-232-3 : Essai de compression diamétrale

Objet

Déterminer la résistance et le module en compression simple ainsi que la résistance en traction indirecte (essai de compression diamétrale ou essai Brésilien) de carottes prélevées sur chantier.

Domaine d'application

Ces essais s'appliquent aux carottes de matériaux traités aux liants hydrauliques utilisés en particulier en couche de forme.

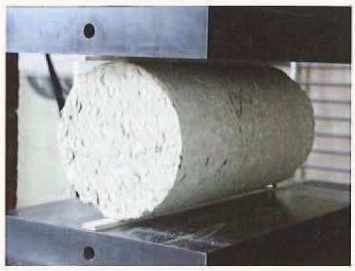
Principe de l'essai

L'essai de compression simple consiste à soumettre la carotte de matériau traité à une sollicitation en compression par l'intermédiaire d'une presse jusqu'à rupture de la carotte. Pendant l'essai, on enregistre la contrainte et la déformation en vue de la détermination de la résistance et du module élastique.

L'essai Brésilien consiste à soumettre la carotte de matériau traité à une compression diamétrale par l'intermédiaire d'une presse jusqu'à la rupture.

On note alors la valeur de la force appliquée à la rupture.

Essai de compression simple



Essai Brésilien

Expression des résultats

La résistance à la compression simple Rc est égale à la contrainte atteinte au moment de la rupture. Cette contrainte est le rapport entre la force appliquée à la rupture et la surface de la section de la carotte. Elle s'exprime en MPa.

Le module élastique E_{30c} (exprimé en MPa) se détermine en calculant la pente de la droite reliant l'origine au point d'ordonnée égale à 0,3 Rc de la courbe contrainte - déformation.

La résistance en compression diamétrale Rtb (exprimée en MPa) est égale à 2.10^{-2} Fr / ΠØh

Avec F_r = force appliquée à la rupture en Newtons
Ø = diamètre de la carotte en cm
h = hauteur de la carotte en cm.

Dans certains cas, on peut également déterminer le module E_{tb} (exprimé en MPa) dont le mode de calcul est donné dans la norme NF P 98-232-3 ou la NF EN 13286-43.

Interprétation

Ces caractéristiques mécaniques sont utilisées comme essais d'information pour le contrôle qualité des couches de forme traitées aux liants hydrauliques.

Particularités et délai de réponse

Pour permettre une bonne exécution du carottage, on réalise en général les prélèvements après un délai de cure d'au moins 28 jours. En effet, les caractéristiques géométriques et l'état de la surface latérale de la carotte sont des paramètres essentiels pour la qualité des essais.

Il est souvent utile de déterminer avant essai le gradient de masse volumique sèche des carottes (banc gamma).

En cas de carottage et/ou de sciage à l'eau, il est souhaitable d'attendre le rééquilibrage hydrique de la carotte avant de procéder aux essais.

Le module E_{30c} est assimilé au module en traction directe E_{30t} pris comme référence pour le classement mécanique des matériaux traités (GTR, GTS).

Dans le cas où l'on souhaite utiliser la même carotte pour déterminer E_{30c} et R_{tb}, il est impératif de ne pas solliciter la carotte en compression simple au delà d'une estimation de 30 % de la contrainte de rupture (cette estimation doit être déduite d'un essai R_c sur une carotte de la série).

Délai : 2 heures environ hors carottage.

Mesure de l'épandage des liants à la bâche ou au bac

Fiche N° 24

Objet

Déterminer ponctuellement la masse par unité de surface de produit de traitement épandue.

Domaine d'application

Convenance des épandeurs, contrôle du traitement en place des remblais, PST et couches de forme.

Principe de l'essai

L'essai consiste à placer sur le sol, avant passage de l'épandeur, des bâches ou des bacs de surface connue (S) et à peser après épandage les quantités de produits de traitement recueillies (M).

Expression des résultats

La masse surfacique ponctuelle épandue est donnée par : $m_s = \frac{M}{S}$ en kg/m² (précision ± 2 à 4%).

Interprétation des résultats

En cours de chantier, la valeur de m_s est à comparer à la valeur visée par le marché m_v , cette dernière résultant de l'étude de formulation.

En contrôle chantier, la mise en œuvre de séries de 3 à 5 bacs ou bâches (voire plus) permet de vérifier l'exactitude du dosage ainsi que sa dispersion, que ce soit au niveau d'une bande d'épandage ou d'une journée de travail, si les réglages de l'épandeur n'ont pas été modifiés.

Dans le cas d'une convenance, la mise en œuvre d'une vingtaine de bâches, disposées au hasard (estimation visuelle), permet de porter un jugement sur la dispersion globale du dosage alors que l'emploi de bacs, placés entre les jumelages, ne peut quantifier que la dispersion longitudinale.

Positionnement aléatoire des bâches sur chantier.

Particularités et délai de réponse

Les bacs ont une surface de 0,2 à 0,25 m².

Des bâches de 1 m² ou 0,5 m² sont fréquemment utilisées.

Les bâches de 1 m² peuvent être associées à des cadres de 0,5 m² limitant les effets de bord (voir annexe du GTS).

La hauteur des bacs devra être compatible avec la garde au sol des jupes des épandeurs.

Les essais doivent couvrir la totalité de l'épandage (camion rempli et camion semi-vide) afin de contrôler la régularité de celui-ci.

Délai de mesure : immédiat. On peut réaliser 30 à 50 mesures par jour, voire plus.

ANNEXE 4 : FICHE PRODUIT ROLAC 645 S PN

CIMENTS

FICHE COMMERCIALE

ROLAC® 645 S PN

USINE DE PORT-LA-NOUVELLE

LAFARGE

les matériaux au cœur de la vie™

Liant hydraulique routier polyvalent

Le ROLAC® 645 S PN produit à l'usine de Port-la-Nouvelle est un liant hydraulique routier polyvalent pouvant être utilisé en traitement en place ou en centrale avec un grand nombre de matériaux.

Composé à base de clinker, ses propriétés sont spécifiquement adaptées pour le traitement des granulats et des sols pour la réalisation d'assises de chaussées et de terrassements. Il convient également pour le retraitement des chaussées en place.

DOMAINES D'APPLICATION

Les travaux routiers, ferroviaires, portuaires et aéroportuaires.

> SOLS :

- Traitement de sols pour la réalisation de terrassements, de couches de forme et d'assises de chaussées, de pistes, de plates-formes industrielles, d'aires de stockage ou de parkings, de routes forestières et d'exploitations agricoles.
- Retraitement en place des chaussées anciennes : routes nationales et départementales, voiries communales, chemins forestiers.

> GRAVES ET SABLES :

- Traitement des graves (calcaires, siliceuses, silico-calcaires) et des sables utilisés pour la confection des assises de chaussées.

FICHE COMMERCIALE : ROLAC® 645 S PN - USINE DE PORT-LA-NOUVELLE

Liant hydraulique routier polyvalent

SITES DE PRODUCTION ET DE STOCKAGE

> **PRODUCTION** : Port-la-Nouvelle (11)
Produit disponible en vrac

CARACTÉRISTIQUE SPÉCIFIQUE

> **DENSITÉ APPARENTE** : 1 kg/l environ

Pour connaître les caractéristiques techniques du ROLAC® 645 S PN de l'usine de Port la Nouvelle, veuillez vous reporter à la fiche technique produit.

PRÉCAUTIONS D'EMPLOI

- Ne pas utiliser pour la fabrication d'ouvrages en béton armé.
- Réaliser une étude de laboratoire avant toute utilisation sur site pour définir les conditions d'emploi des matériaux locaux représentatifs.
- Exécuter la mise en oeuvre par une température supérieure à 5°C (prendre également en compte la température du sol).
- Par temps chaud, veiller aux effets de la température qui accélère la cinétique de prise et de durcissement et favorise la dessiccation ; il sera judicieux de réaliser un suivi plus rapproché des masses volumiques en place.
- Ne pas traiter si une période de gel est prévisible avant l'obtention du seuil de résistance requis, défini par le GTS *(Guide des traitements de sols – LCPC/SETRA 2000)*.
- Ne pas malaxer et/ou compacter après le délai de maniabilité du mélange matériau/liant.
- Appliquer une couche de cure sur le matériau traité pour le protéger de la dessiccation.
- Avant toute mise en circulation, respecter le délai pour obtenir le seuil de résistance défini par les guides techniques en vigueur *(Guide des traitements de sols – LCPC SETRA / 2000 ; Guide technique des assises de chaussées – LCPC SETRA / 2007)*.

RECOMMANDATIONS DE DOSAGE*

Les dosages à respecter varient en fonction du type d'application, de la nature et de la qualité des matériaux à traiter.

TRAITEMENT DE SOLS	DOSAGES*
> Remblais	2 à 5%
> Arases/parties supérieures des terrassements	2 à 5%
> Couches de forme	4 à 7%
> Assises de chaussées	6 à 8%
TRAITEMENT DE GRAVES 0/20	3 à 4%
TRAITEMENT DE SABLES	4 à 7%

* Dosages donnés à titre indicatif.

CALCULEZ VOS BESOINS (EN TONNE DE LIANT) :

$$\text{Épaisseur traitée (m)} \times \text{surface (m}^2\text{)} \times \text{masse volumique sèche du sol (t/m}^3\text{)} \times \frac{\text{dosage (\%)}}{100 - \text{dosage (\%)}}$$

PERFORMANCES D'USAGE* : EXEMPLE DE RÉSULTATS

MATÉRIAU BRUT		MATÉRIAU TRAITÉ AU ROLAC®		
Matériau	Type	Dosage liant	Rt (MPa)	E (MPa)
SABLE LIMONEUX	A1-B5	7%	0,65	14672

* Ces valeurs sont données à titre indicatif. Il appartient à l'entreprise de réaliser des études de validation sur des matériaux locaux représentatifs.

QUELQUES RÉFÉRENCES CHANTIERS

CHANTIER	DÉPT	ENTREPRISE	DESCRIPTION
ITM INTERMARCHÉ MONTBARTIER	82	CASSIN TP	Couche de forme traitée en place
TRAMWAY MONTPELLIER	34	EIFFAGE TP	Grave Hydraulique
A 75 BÉZIERS - PÉZENAS	34	BEC	Couche de forme traitée en centrale et en place
VILLAGE DES MARQUES NAILLOUX	31	LATIEULE TP	Couche de forme traitée en place

Pour plus d'informations sur les liants hydrauliques ROLAC® contactez vos correspondants :

FRANCE NORD
Jean-Christophe REDON
Tél. 02 51 80 40 70
Fax. 02 51 80 40 79
jean-christophe.redon@lafarge.com

FRANCE SUD
Philippe LASSEUR
Tél. 05 62 11 53 33
Fax. 05 61 41 14 81
philippe.lasseur@lafarge.com

www.lafarge-france.fr

LAFARGE

Document non contractuel. Lafarge Ciments Distribution - 401 120 321 R.C.S. Nanterre - Crédits photos : Lafarge - Éd. 2011

ANNEXE 5 : PROPRIETES DES MATERIAUX POUR LE DIMENSIONNEMENT

Donnée issues du guide technique du SETRA-LCPC : Conception et dimensionnement des structures de chaussées

A - LES GRAVES NON TRAITEES : **GNT**

1) **Compacité** minimale à l'OPM des GTN normalisées (pour D au plus égal à 31,5 mm)

Type de GNT	Compacité à l'OPM (%)
GNT A	80
GNT B1	83
GNT B2	82

2) Valeurs du **module** d'Young des couches de GNT pour le dimensionnement

<table>
<tr><td colspan="2">Faible trafic (T≤T3)</td></tr>
<tr><td>Couche de base</td><td>GNT 1 : E=600 MPa
GNT 2 : E=400 MPa
GNT 3 : E=200 MPa</td></tr>
<tr><td>Couche de fondation</td><td>$E_{GNT} = k\ E_{PF}$
Ou $E_{GNT} = k\ E_{GNT-1}$
<table>
<tr><td>catégorie</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr>
<tr><td>k</td><td>3</td><td>2,5</td><td>2</td></tr>
</table>
Max. = $E_{\text{couche de base}}$</td></tr>
<tr><td colspan="2">Trafic moyen (T2 et T1) : structure GB/GNT</td></tr>
<tr><td>Couche de fondation</td><td>$E_{GNT} = 3\ E_{PF}$
Ou $E_{GNT} = 3\ E_{GNT-1}$
max. = 480 MPa</td></tr>
<tr><td colspan="2">Structure inverse</td></tr>
<tr><td></td><td>E = 480 MPa</td></tr>
</table>

3) **Conditions d'emploi** en couche de base à faible trafic

Critère	Emploi Catégorie 1		Emploi Catégorie 2		Emploi Catégorie 3
Trafic	T3	T<T3	T3⁻	T4-T5	
d/D	0/20		0/20	0/31,5	Jusqu'à0/60
Propreté	b		c		$35 \leq ES_{10\%} \leq 40$
Dureté	C	D	C	D	LA<50 et MDE<45
I_c	100	≥ 60	≥ 60	≥ 30	
Fines					$I_p \leq 6$

4) **Coefficient de poisson**

v=0,35

5) Vérification de la déformabilité réversible verticale $\boldsymbol{\varepsilon_z}$

B - LES MATERIAUX TRAITES AUX LIANTS HYDRAULIQUES : **MTLH**

▫ Eléments communs à tous les MTLH **:**

- Résistance en traction directe $\mathbf{R_t}$ et module sécant $\mathbf{E_t}$ à 360 jours (essai de traction directe)

- Comportement en fatigue (essai en flexion) : $\boldsymbol{\sigma_6}$ à 10^6 cycles de chargement + écart-type **SN**

$$\sigma / f_f = 1 + \beta \log N$$

$$\sigma = \sigma_6 (N/10^6)^b$$

$$b = -0{,}5 \log [(1 + 5\beta) / (1 + 7\beta)]$$

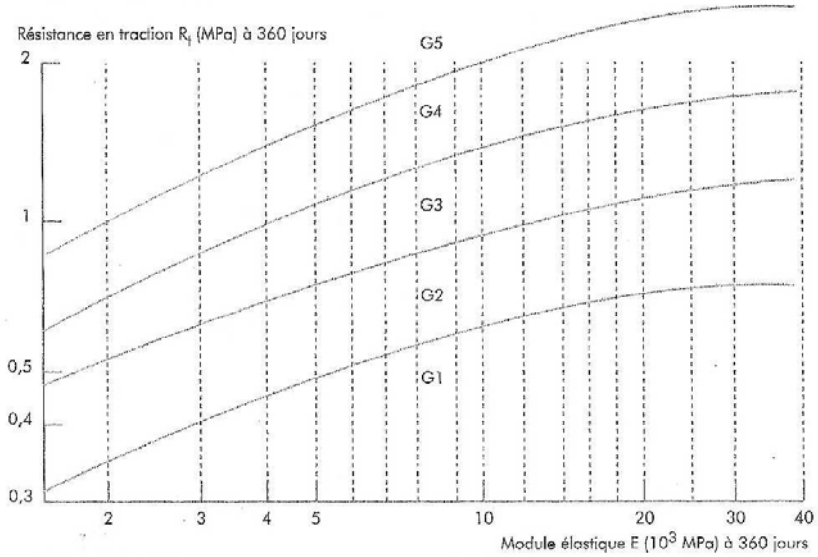
B - 1 - Graves traités aux liants hydrauliques et pouzzolaniques et bétons compactés routiers

1) compacité à l'OPM ≥ 0,80

2) **Dosage en liant** et **teneur en eau** pour graves traitées et bétons compactés routiers

Matériaux	Liant	Dosage	Intervalle teneur en eau
GRAVES TRAITEES	Ciment	3 à 4 %	w_{OPM} -1 à w_{OPM}
	Liant spécial routier	3 à 5 %	w_{OPM} -1 à w_{OPM}
	Laitier prébroyé + activant	8 à 15 %	w_{OPM} -2 à w_{OPM}
	Laitier granulé + activant	8 à 20 %	w_{OPM} -2 à w_{OPM}
	Pouzzolanes + chaux	15 à 25 %	w_{OPM} -1,5 à w_{OPM} +1,5
	Cendres volantes + chaux	10 à 15 %	w_{OPM} -1 à w_{OPM} +2
	Cendres hydrauliques	3,5 à 4 %	w_{OPM} -1 à w_{OPM}
BETONS COMPACTES ROUTIERS	Ciment et liants spéciaux routiers	5 à 12 %	4 à 7 %
	Laitiers activé	10 à 20 %	
	Cendres volants + chaux	13 à 20 %	

3) Classes de performance mécanique (courbe R_t / E_t) : G1,G2 ,G3, G4, G5.



4) Epaisseur minimale couche = 15 cm
Epaisseur compactée maximale = 35 cm

5) Comportement en fatigue

Matériau	f_f / R_t	σ_6/f_f	σ_6/ R_t	-1/β
Grave-ciment	1,8	0,525	0,95	12,6
Grave-laitier granulé/prébroyé (chaux)	2	0,48	0,96	11,5
Grave-laitier prébroyé (calcique,sulfatique)	2	0,50	1	12,0
Grave-cendres volantes	1,8	0,53	0,95	12,8
Bétons compactés Graves hydrauliques HP	1,8	0,525	0,95	12,6

*Comportement en fatigue des graves-liants spéciaux routiers assimilé à celui des graves-ciment.

6) Caractéristiques pour le dimensionnement : paramètres tirés de résultats d'essai

$$\sigma_6 = 0{,}7 \times (\sigma_6 / R_t) \times R_{t360}$$

$$E = 0{,}9\ E_{360}$$

7) Valeurs de référence des paramètres de calcul

Matériau	E (10^3 MPa)	σ_6 (MPa)	-1/b	SN	R_{t360} min (MPa)
Grave-ciment Grave-liants routiers Grave-cendres hydrauliques	23	0,75	15	1	1,15
Grave-laitier granulé Grave-laitier prébroyé (chaux)	15	0,60	12,5	1	0,9
Grave-laitier prébroyé (calcique,sulfatique)	20	0,70	13,7	1	1
Grave-cendres-volantes	30	1,40	16	1	2,1
Bétons compactés	28	1,85	15	1	2,8

8) recommandations de 1983 pour graves traités aux liants hydrauliques

Matériau	E_{360} (10^3 MPa)
Grave-laitier Grave-pouzzolanes chaux	≤ 20
Grave-laitier prébroyé	≤ 25
Grave-ciment normalisé Grave-liants spéciaux routiers Grave-cendres hydrauliques	≤ 40
Grave-cendres volantes-chaux	≤ 45

9) Coefficients de correspondance pour estimation des performances mécaniques à 360 jours

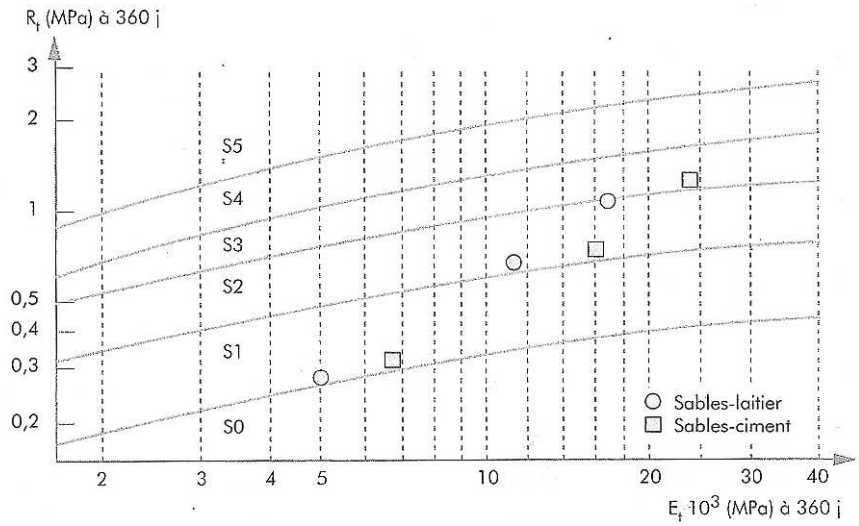
Matériau	Age (jours)	R_tj / R_{t360}	Ej / E_{360}
Grave-laitier	90	0,70	0,70
Grave-ciment normalisé	28	0,60	0,65
Grave-liants spéciaux routiers	60	0,65	0,70
Grave-cendres hydrauliques	60	0,60	0,65
Grave-cendres volantes-chaux	90	0,65	0,75
Grave-pouzzolanes chaux	90	0,50	0,50

B - 2 - Sables traités aux liants hydrauliques

1) Compacité à l'OPM ≥ 97%

2) Stabilité immédiate selon l'Indice portant immédiat IPI : 3 classes
- IPI ≤ 25
- 25 < IPI ≤ 50
- IPI > 50

3) Classes de performance mécanique (courbe R_t / E_t à 360j) : S0, S1,S2 ,S3, S4, S5.



4) Epaisseur couche de 18 à 45 cm

5) Comportement en fatigue

Matériau	f_f / R_t	σ_6/f_f	σ_6/ R_t	-1/β
Sable-laitier ou pouzzolanes-chaux	2	0,42	0,85	10,4
Sable-ciment ou cendres volantes-chaux Ou cendres hydrauliques, ou liant spécial	2	0,46	0,93	11,2

6) Caractéristiques pour le dimensionnement : paramètres tirés de résultats d'essai

$$\sigma_6 = 0{,}75 \times (\sigma_6 / R_t) \times R_{t360}$$

$$E = 0{,}75\ E_{360}$$

7) Relation de correspondance pour estimation des performances mécaniques à 360 jours

sable-laitier : $E_{180}/ E_{360} = R_{t180}/ R_{t360} = 0{,}85$

sable-ciment : $E_{90}/ E_{360} = R_{t90}/ R_{t360} = 0{,}93$

8) Valeurs de référence des paramètres de calcul

Matériau	Classe	E (10^3 MPa)	σ_6 (MPa)	-1/b	SN
Sable-laitier ou pouzzolanes-chaux	S3	12,5	0,65	10	0,8
	S2	8,5	0,425		
	S1	3,7	0,175		
Sable-ciment ou cendres volantes-chaux ou cendres hydrauliques ou liant spécial routier	S3	17,2	0,75	12	0,8
	S2	12	0,50		
	S1	5	0,21		

*cas des sables traités en place (PF chaussée faible et moyen trafic)
- S2 et plus : caractéristique classe inférieure
- S1 : épaisseur de calcul majoré de 5 cm

C - LES MATERIAUX TRAITES AUX LIANTS HYDROCARBONES A CHAUD : **GB / EME / BB**

▫ Eléments communs aux matériaux traités aux liants hydrocarbonés à chaud normalisés **:**

- Comportement en fatigue (essai en flexion à 10°c et 25Hz)

$$\varepsilon = \varepsilon_6 (N/10^6)^b$$

- Module d'Young E selon température et fréquence (de chargement)

$$\varepsilon_6(\theta)E(\theta)^n = \text{constante}$$

à défaut résultat essai n=0,5
θ : température équivalente

C - 1 - Les Graves-bitume **GB**

1) Teneur en liant minimale des 3 classes

Classe	Module de richesse	Teneur en liant
1	2,0	3,4 % GB 0/20
2	2,5	4,2 % GB 0/14
3	2,8	4,5 % GB 0/14

*Une grave-bitume 0/14 exige une teneur en liant supérieure à celle d'une grave-bitume 0/20.

2) 2 Catégorie selon granularité : 0/14 et 0/20

3) Epaisseur couche :
- 8 et 12 cm pour GB 0/14
- 10 et 15 cm pour GB 0/20

4) pourcentage de vide maximal

Classe	1	2	3
Pourcentage de vide maximal	≤ 13 %	≤ 11 %	≤ 10 %

5) Caractéristiques mécaniques minimales

Classe	1	2	3
Module (Mpa)	7 000	9 000	9 000
$\varepsilon_6 (10^{-6})$	70	80	90

6) Incidence de la température sur le module des GB

	Module à 10 Hz (Mpa)					
Température (°C)	-10	0	10	20	30	40
Grave-bitume 1	18 000	14 000	9 000	5 000	2 000	800
Grave-bitume 2 et 3	23 000	18 800	12 300	6 300	2 700	1 000

7) Caractéristiques en fatigue

	-1/b	SN
Grave-bitume 1	5	0,4
Grave-bitume 2 et 3	5	0,3

8) Incidence variation de la teneur en liant et compacité sur E et ε_6 de GB

Incidence variation compacité ΔC à teneur en liant TL constante	Incidence variation teneur en liant TL pour une compacité ΔC constante C_{80}
ΔE = (2000 - 310 TL) ΔC Δ (ε_6) = 3,3 ΔC	ΔE = (18000 - 3700 TL) Δ(TL) Δ (ε_6) = (72 - 10 TL) Δ(TL)

C - 2 - Les Enrobés à module élevés **EME**

1) Granularité : 0/10, 0/14, 0/20.

2) Teneur en liant minimale des 3 classes

Classe	Module de richesse	Teneur en liant
1	2,5	4,2 %
2	3,4	5,6 %

3) Epaisseur couche :
- 6 et 10 cm pour EME 0/10
- 7 et 12 cm pour EME 0/14
- 10 et 15 cm pour EME 0/20

4) pourcentage de vide maximal

Classe	1	2
Pourcentage de vide maximal	≤ 10 %	≤ 6 %

5) Caractéristiques mécaniques minimales

Classe	1	2
Module (Mpa)	14 000	14 000
ε_6 (10^{-6})	100	130

6) Incidence de la température sur le module des EME

	Module à 10 Hz (Mpa)					
Température (°C)	-10	0	10	20	30	40
EME classe 1 et 2	30 000	24 000	17 000	11 000	6 000	3 000

7) Caractéristiques en fatigue

	-1/b	SN
EME classe 1	5	0,30
EME classe 2	5	0,25

C - 3 - Les Bétons bitumineux **BB** (et autres enrobés à chaud)

1) Classe, Granularité, Teneur en liant exprimée par le module de richesse, Epaisseur

Matériau	Classe	Granularité	Module de richesse	Epaisseur moyenne (cm)
BB semi-grenus BBSG	-	0/10 0/14	3,5 3,3	6 à 7 7 à 9
BB minces BBM	1 à 3	0/10 0/14	3,6 3,3	3 à 4 3,5 à 5
BB cloutés BBC	-	0/6,3 0/10	3,8 3,6	6 à 7
BB drainants BBDr	-	0/10 et 0/14 0/6,3	-	4 3
BB chaussée souple BBS	Type 1 Type 2 Type 3 Type 4	0/10	3,4 3,7 3,4 3,1	4 à 5 4 à 6 8 10 à 12
BB très minces BBTM	-	Type 1 ou 2	0/10 ou 0/14	2 à 2,5
BB à module élevé BBME	1 à 3	0/10 0/14	-	6 à 7 7 à 9
Asphaltes coulés	-	0/10 0/14 0/6	-	3,5 à 4 2,5 à 3,5 2 à 2,5

2) Teneur en liant minimale des 3 classes

Matériau		E (Mpa) 15°C /10 Hz	ε_6 (10^{-6}) 10°C /25 Hz
BBSG		5 400	100
BBM		5 400	100
BBC		5 400	100
BBME	Classe 1	9 000	110
	Classe 2	12 000	100
	Classe 3	12 000	100

3) Caractéristiques en fatigues pour les divers bétons bitumineux

-1/b	SN
5	0,25

6) Influence de la température sur le module d'un BBSG

Température (°C)	-10	0	10	20	30	40
Module à 10 Hz (Mpa)	14 800	12 000	7 200	3 600	1 300	1 000

*pour un BBDr le module en flexion à 15°C et 10 Hz = 3 000 Mpa.

C - 4 - Les Sables-bitume SB

1) Diamètre < 6 mm
- grossiers (refus à 2 mm > 20%)
- moyens (refus à 2 mm < 20% et refus à 0,5 mm > 25%)
- fins (refus à 0,5 mm < 25%)

2) Classification selon l'essai Duriez à 18°C

Type de sable	A	B	C	D
Résistance R (Mpa)	< 2	2 ≤ R < 4	4 ≤ R < 6	≥ 6
r/R	> 0,5			

R : résistance à la compression simple avant immersion à l'essai Duriez
r : résistance à la compression simple après immersion à l'essai Duriez

3) Liant : bitume dur de classe 20/30 (voir 35/50) dosé de 3 à 4 %.

4) Performances mécaniques précisées par une étude de laboratoire.

D - LES MATERIAUX TRAITES A L'EMULSION DE BITUME : LES GRAVES EMULSIONS **GE**

1) Classes :
- type 1 : pour travaux de reprofilage
- type 2 et 3 : pour couches d'assises

2) Granularité : D_{max} = 10, 14 ou 20 mm

3) Pourcentage des vides :
- type 2 : ≤ 15 %
- type 3 : ≤ 13 %

4) Teneur en liant

Type de GE	Teneur en liant
1	4,2
2	3,2
3	2,8

5) Performances mécaniques
R : résistance en compression, valeur minimale dépend du type de GE et du grade du bitume.
r/R > 0,55

6) Epaisseur < 15 cm

7) Caractéristiques mécaniques

Type	E (Mpa) 15°C /10 Hz
1	3 000
2	2 000

E - LES BETON DE CIMENT :

1) Classes de résistance des bétons

Classe de résistance	E (Mpa) 15°C /10 Hz
6	3,3
5	2,7
4	2,4
3	2,0
2	1,7
1	1,3

2) Liant : Ciment CPJ et CPA
également CHF et CLK mais délai mise en service long (> 28 jours)

3) Comportement en fatigue (essai en flexion) : $\boldsymbol{\sigma_6}$ à 10^6 cycles de chargement et écart-type SN

$$\sigma / f_f = 1 + \beta \log N$$

$$\sigma = \sigma_6 (N/10^6)^b$$

$$b = -0{,}5 \log [(1 + 5\beta) / (1 + 7\beta)]$$

4) Performances mécaniques

Classe de matériau	f_f (Mpa) à 28 jours	E (Mpa) à 28 jours
5	3,3	35 000
4	3	24 000
3	2,5	24 000
2	2,1	20 000

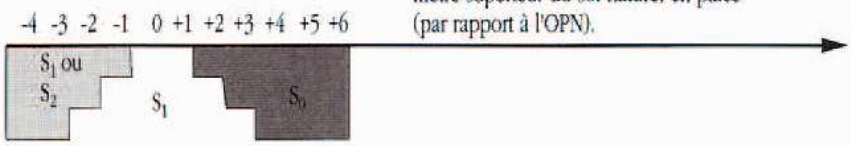
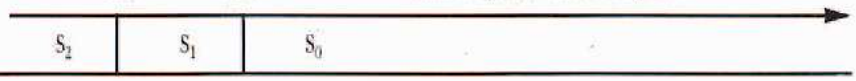
5) Paramètres de calcul

Classe	σ_6 (MPa)	E (MPa)	-1/b	SN (logN)
5	2,15	35 000	16	1
4	1,95	24 000	15	1
3	1,63	24 000	15	1
2	1,37	20 000	14	1

6) Résistance σ_6 à 360 jours : $\sigma_6 = 0{,}65\ f_t$
f_t = moyenne des valeurs obtenues à 28 jours (ou 56 si prise lente)

ANNEXE 6 : REGLES DE CLASSEMENT DES SOLS – MANUEL SCETAUROUTE

Règles de classement des sols

Classification géotechnique du sol	Classement du sol en vue du dimenssionnement de la chaussée
A_1, B_2, B_4, B_5 A_2, B_6 C_1 (Fraction < 20 mm) A_3, A_4	 Le classement en S_2 ne pourra être envisagé que si l'étude géotechnique montre que l'on est bien dans les conditions requises de teneur en eau : cette possibilité pourra notamment être étudiée en remblai : en revanche, en déblai, la prudence vaudra que l'on n'adopte pas S_2 sauf justification particulière qui devra figurer dans le mémoire "terrassements et chaussées" de l'avant projet.
Sol fin traité à la chaux	S_{AR} si $Ev_2 \geq 40$MPa
B_1 - D_1	
B_3	S_2
D_2 - D_3	S_4 si le module Ev_2 caractéristique est supérieur à 200 MPa. S_3 si le module Ev_2 caractéristique (consulter le Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées) est supérieur à 120 MPa S_2 dans les autres cas Pour D_3 on n'adoptera S_3 ou S_4 que si la couche de réglage n'est pas susceptible de faire chuter la portance du sol. Les sols D_2 et D_3 sont en principe insensibles à l'eau : leur portance dépend de leur courbe granulométrique, de l'angularité etc. On pourra prévoir le comportement de ces sols soit à l'aide de mesures effectuées sur le sol en place ou sur une planche d'essai suffisamment épaisse soit en tenant compte de l'expérience locale.
Déblais dans le rocher non évolutif	Nécessité d'une couche de réglage visant à respecter les tolérances de nivellement et à homégénéiser la portance. On adoptera la classe S_3 du matériau de réglage.
C_2	Sols se prêtant mal aux mesures. A classer en S_0, S_1 ou S_2 après avoir consulté le Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées.
R_1 (craies)	Les craies après traitement au ciment (minimum 3% seront classées S_1 et S_2 (> 4%) et considérées peu gélives. Dans le cas contraire, elles seront classées S_0 et très gélives.
R_2 (calcaires) R_4 (grès...) R_6 (granite...)	Suivant leurs pourcentages de fines et leur possibilité d'évolution sous trafic de chantier, ces matériaux seront classés S_1, S_2 ou S_3. Dans le cas d'une couche de réglage visant à respecter les tolérances de nivellement notamment, on adoptera la classe S_k du matériau de réglage.
Matériaux F	Apprécier l'évolution probable du sol et le classer en S_0, S1 ou S_2 après avoir consulté le Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées.

ANNEXE 7 : DOCUMENTS RELATIFS A LA GEOLOGIE

- Glossaire
- Chronologie générale
- Chronologie stratigraphique des roches
- Chronologie des principaux évènements géologiques de l'Hérault
- Schéma géologique du Languedoc Roussillon
- Coupes schématiques

GLOSSAIRE

La plupart des définitions proviennent du livre " La géologie de l'Hérault ".

Alluvions : galets, graviers et sables transportés et déposés par un cours d'eau. La modification de la roche est due au transport par l'eau.

Argile : minéral en feuillet provenant de l'altération des minéraux de roches.

Basalte : roche magmatique volcanique très dure.

Calcaire : roche sédimentaire, continentale ou marine, contenant au moins 50% de carbonate de calcium.

Colluvion : dépôt continentale fin de bas de pente.

Dessiccation : procédé d'élimination de l'eau d'un corps, il s'agit d'une déshydratation visant à éliminer autant d'eau que possible.

Détritique : constitué de l'accumulation de débris ; résidus de la désagrégation des roches.

Dolomie : roche sédimentaire composée en majorité de dolomite.

Dolomite : Carbonate de calcium et de magnésium

Gneiss : roche métamorphique formée de lits ; granite recristallisé.

Granite : roche magmatique plutonique très commune, composée principalement de quartz et de feldspaths, mica, amphibole.

Grès : roche sédimentaire détritique composée de grains de sable cimentés.

Lacustre : se dit d'un dépôt ou d'un calcaire formé dans un lac.

Limon : formation sédimentaire dont la taille des grains est intermédiaire entre les argiles et les sables (entre environ 2 et 50 micromètres, les limites précises peuvent varier quelque peu suivant les laboratoires). Un dépôt majoritairement limoneux peut être qualifié de limon.
Les limons caractérisent les dépôts éoliens de lœss, aussi nommés "limon des plateaux", et sont fréquents dans des dépôts alluviaux. Dans ce dernier cas, ils ont un intérêt majeur pour le renouvellement de la fertilité des sols et donc pour leur exploitation agricole.

Marbre : calcaire métamorphisé par cristallisation de la calcite en grand cristaux.

Marne : roche sédimentaire composée d'argile et de calcaire.

Mica : silico-aluminate en feuillet avec du potassium ou fer ou magnésium.

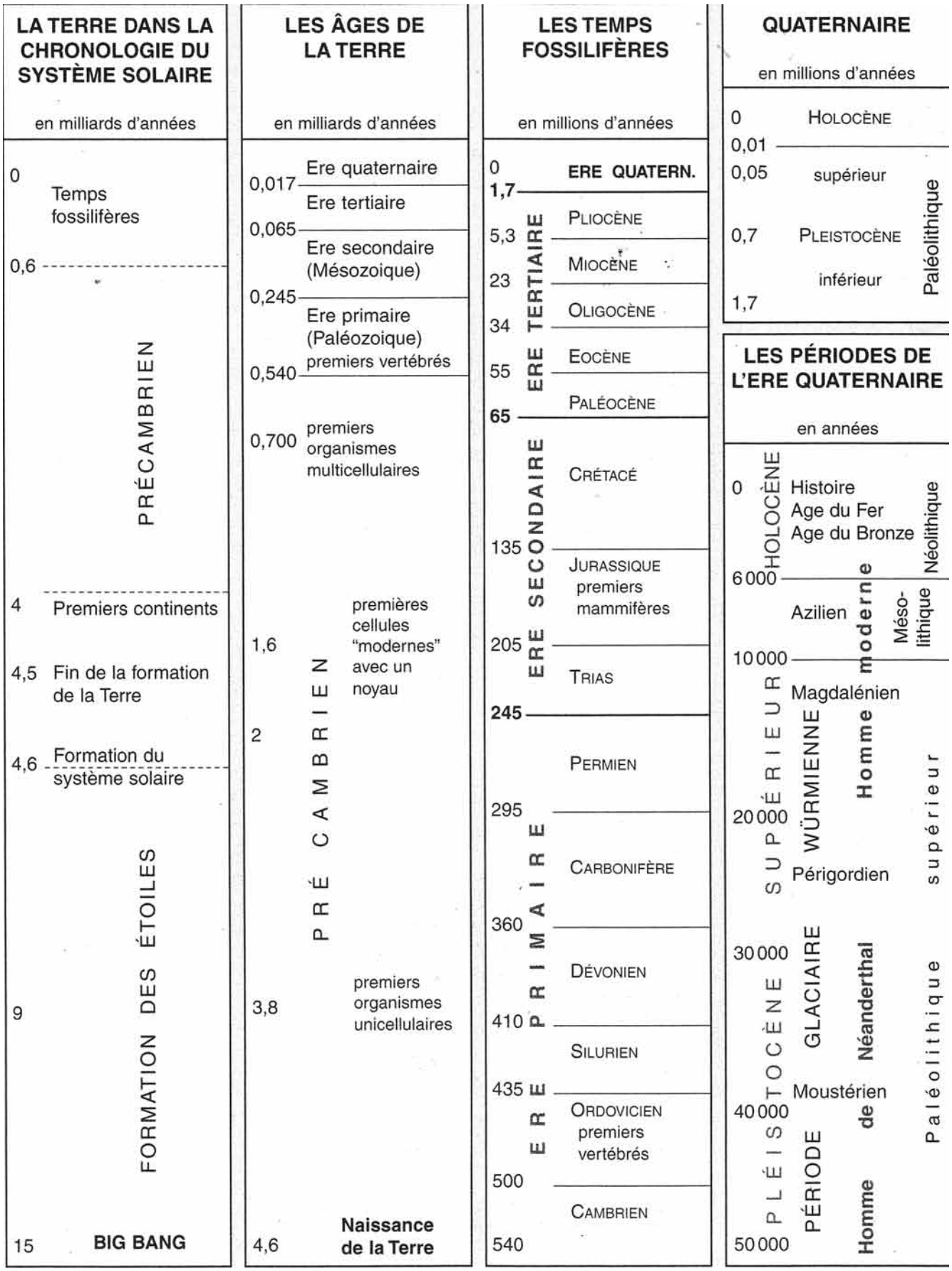
Molasse : marne et calcaire coquiller

Plissement : formation de plis et par extension pli.

Schiste : roche argileuse ou micacée ayant acquis une schistosité.

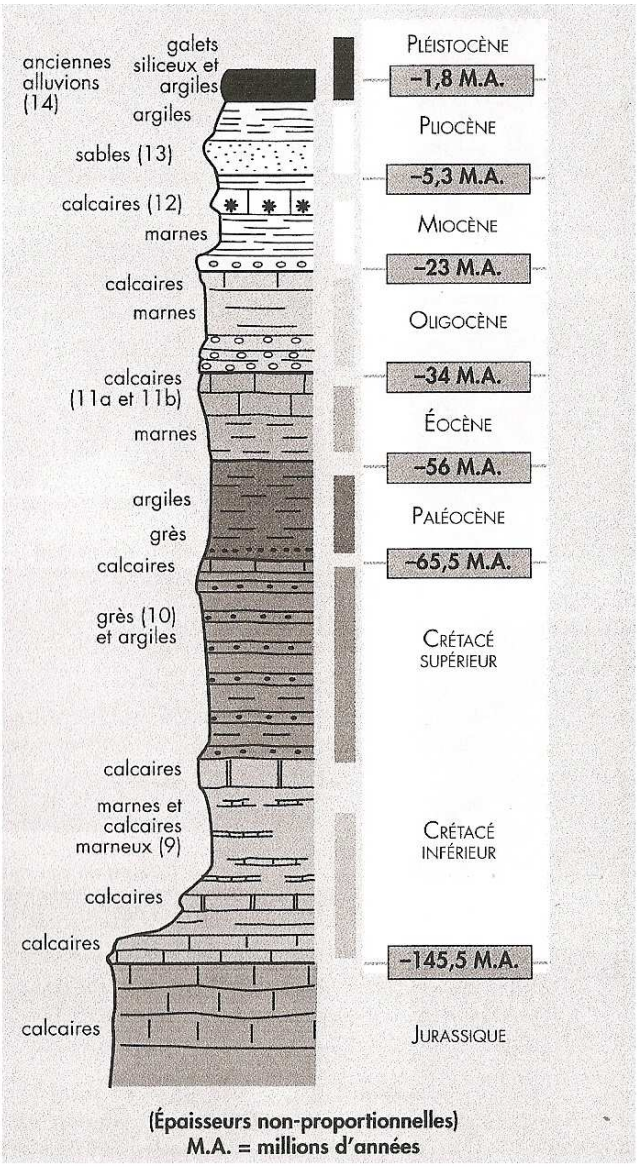
Schistosité : débit en lames/feuillets du à des contraintes tectoniques ou cristallisation orientée de minéraux argileux et de micas.

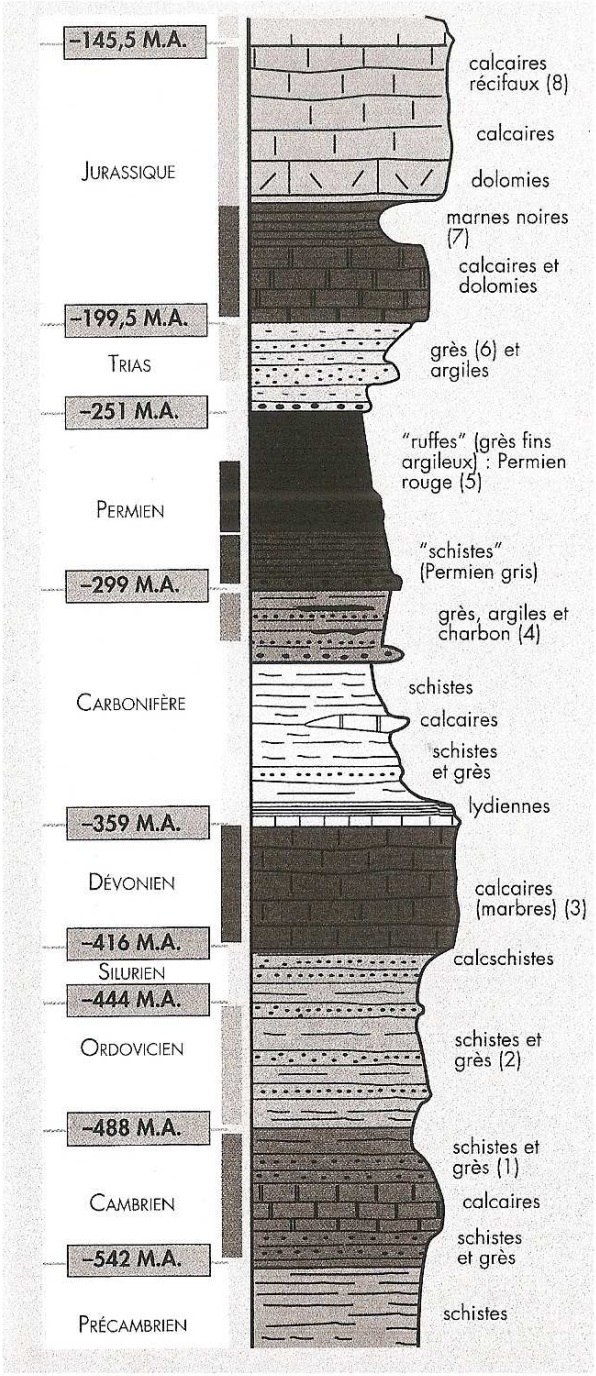
CHRONOLOGIE GENERALE



Ages d'après la table des temps géologiques de G.S. ODIN et C. ODIN, 1990, Géochronique.

CHRONOLOGIE STRATIGRAPHIQUE DES ROCHES





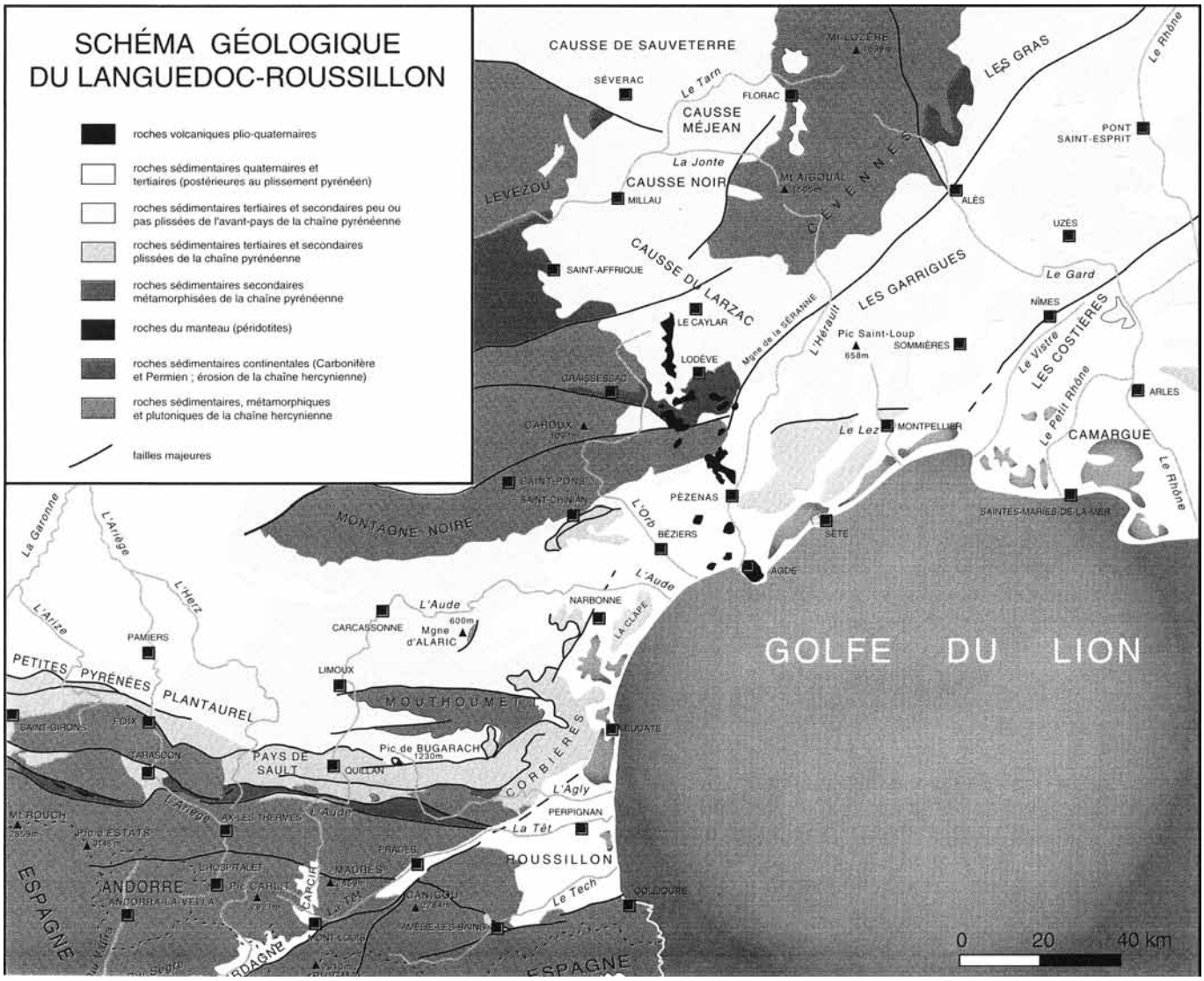
Chronologie d'après la "Charte internationale stratigraphique" de la Commission de stratigraphie de l'Union internationale des sciences géologiques (IUGS ; 2004)

CHRONOLOGIE DES PRINCIPAUX EVENEMENTS GEOLOGIQUES DE L'HERAULT

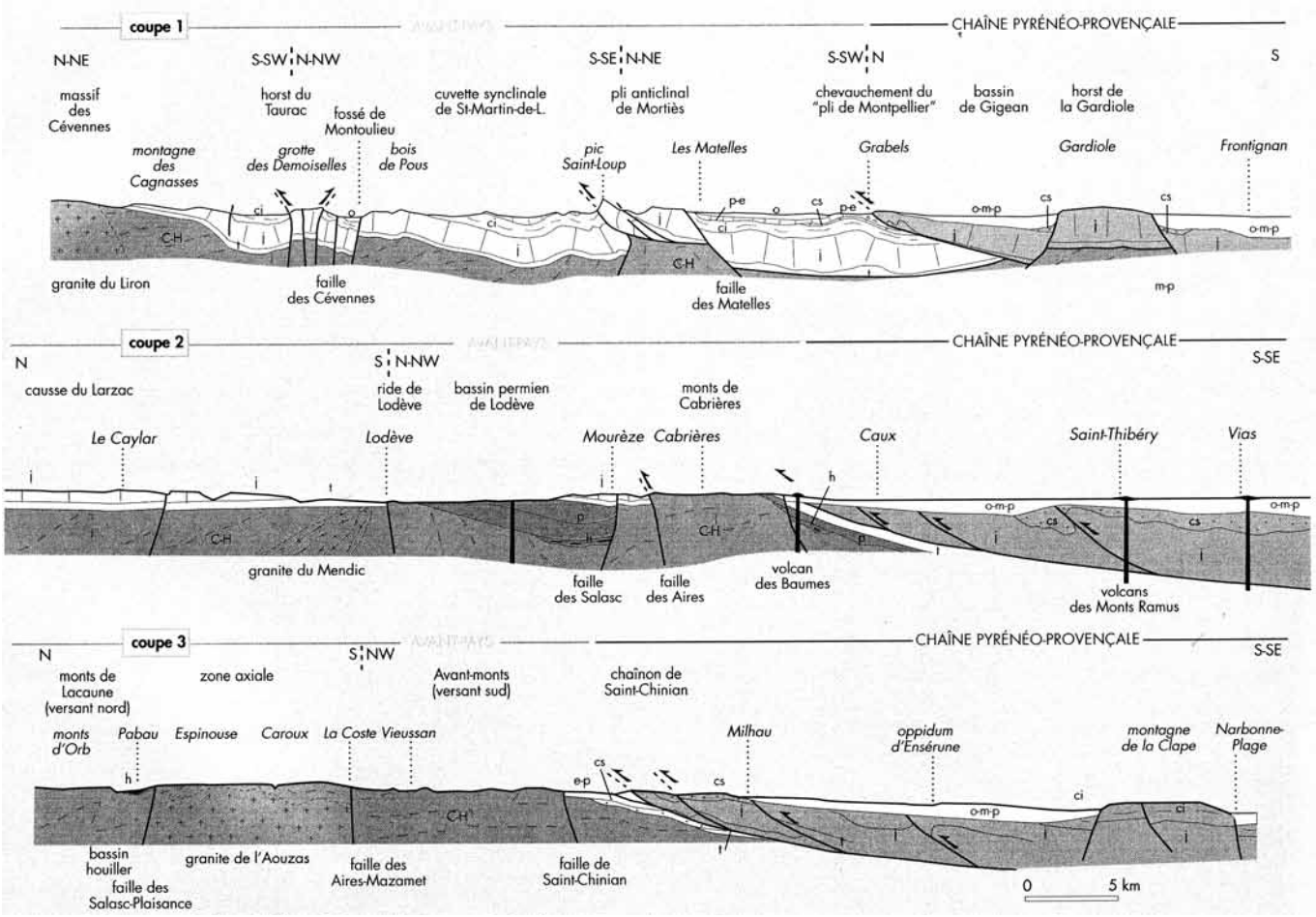
ERE PRIMAIRE	245 M.A.		
	PERMIEN	- Ruffes du Lodévois - Charbon de Graissessac	Erosion des montagnes hercyniennes
	295 M.A.		
	CARBONIFÈRE	Montée de granites (Espinouse - Folat) Métamorphisme (Caroux - Espinouse) Plissements et charriages	plissment hercynien
	360 M.A.	Départ de la mer de l'ère primaire	
	DÉVONIEN	- vases et sables et à Brachiopodes - boues calcaires à Polypiers, Crinoïdes, Brachiopodes, Goniatites	
	410 M.A.		
	SILURIEN	- vases argileuses et sables à Trilobites et Brachiopodes	Mer de l'Ere primaire
	435 M.A.		
	ORDOVICIEN		
	500 M.A.		
	CAMBRIEN	- vases argileuses et sables à Trilobites - boues calcaires à *Archaeocyathus* - vases argileuses et sables à Trilobites - mise en place du granite du Mendic et volcanisme rhyolitique (blavièrites)	
	Pré - cambrien	- dépôts de vases argileuses (futurs schistes)	

0		- Erosion quaternaire
700 000 a.		- Fin du volcanisme de l'Hérault
1,7 M.A.		- Epandage rhodanien à Montpellier
2,5 M.A.		- Départ de la mer pliocène - Début du volcanisme (Escandorgue, Lodève)
5 M.A.		- Arrivée de la mer pliocène
ERE TERTIAIRE	6 M.A.	- La Méditerranée asséchée (épisode messinien)
	10 M.A.	- Départ de la mer miocène
	23 M.A.	- Arrivée de la mer miocène
	34 M.A.	- Effondrement de la chaîne pyrénéenne, au niveau du Golfe du Lion - Erosion de la chaîne pyr. - Plissements pyrénéens
	55 M.A.	- La mer dans le Minervois - Dépôts lacustres et fluviatiles
	65 M.A.	
ERE SECONDAIRE	CRÉT. SUP.	- Grès à "reptiles" (derniers Dinosaures) - Bauxites
	95 M.A.	
	CRÉTACÉ INF.	- Départ de la mer de l'ère secondaire - Dépôts marins calcaires et argileux avec Ammonites et Belemnites
	135 M.A.	
	JURASSIQUE	- Barrière récifale sur la Séranne - Dépôts marins calcaires - Dépôts argileux avec Ammonites et Belemnites - Empreintes de Dinosaures - Arrivée de la mer
	205 M.A.	
	TRIAS	- Dépôts alluvionnaires avec empreintes de reptiles
	245 M.A.	

SCHEMA GEOLOGIQUE DU LANGUEDOC ROUSSILLON



COUPES SCHEMATIQUES



ANNEXE 8 : LISTES DES DOCUMENTS FOURNIS PAR LES ENTREPRISES

■ Cas 1 : voirie lotissement, Abeilhan, 34.

- Reconnaissance sol et essai d'aptitude au traitement
- Module sous chargement statique à la plaque : Fond de forme TN

■ Cas 2 : parking zone commerciale, Colombiers, 34.

- Etude géotechnique AVP (mission G12)
- Sondages et identification
- Contrôle compacité du remblai (mission G4)
- Mesure teneur en eau
- Principes fondations et remblai (complément étude géotechnique - mission G12)
- DPGF : lot terrassement et voirie + EP
- Mesures de portances de PF sous chargement statique à la plaque (EV2)
- Module sous chargement statique à la plaque : Remblai traité chaux + GNT
- Module sous chargement statique à la plaque : couche fondation en GNT (35 cm)
- Module sous chargement statique à la plaque : Fond de forme sol + Rolac (40 cm) + GNT (10 cm)
- Profil en long

■ Cas 3 : bretelle raccordement RD, Béziers, 34.

- DQE avec comparaison structure chaussée classique et avec sol traité
- Profils en travers types solution traditionnelle
- Profils en travers types variante traitement
- Module sous chargement statique à la plaque : Couche de base (15 cm) + sol traité Rolac

■ Cas 4 : voie de liaison, voirie lotissement, Caux, 34.

- Note de dimensionnement de la structure de chaussée

■ Cas5 : bretelle Raccordement A9 et A75.

- Etude du traitement

■ Cas 6 : Autoroute A75, Section Pézenas-Béziers, 34.

- Rapport d'étude, dossier complet

ANNEXE 9 : DOCUMENTS RELATIFS AU CAS 2 – RESULTATS DES INVESTIGATIONS

- Sondage pressiométrique SP1
- Sondage pressiométrique SP2
- Sondage pressiométrique SP3
- Fouille à la pelle F1
- Pénétromètre dynamique PD1
- Pénétromètre dynamique PD3
- Pénétromètre dynamique PD5
- Pénétromètre dynamique PD7

Dossier: 10-350

Sondage pressiométrique SP1

Client : SCCV OPPIDUM

Etude : COLOMBIERS Zone de Viargues
Bâtiment à usage commercial

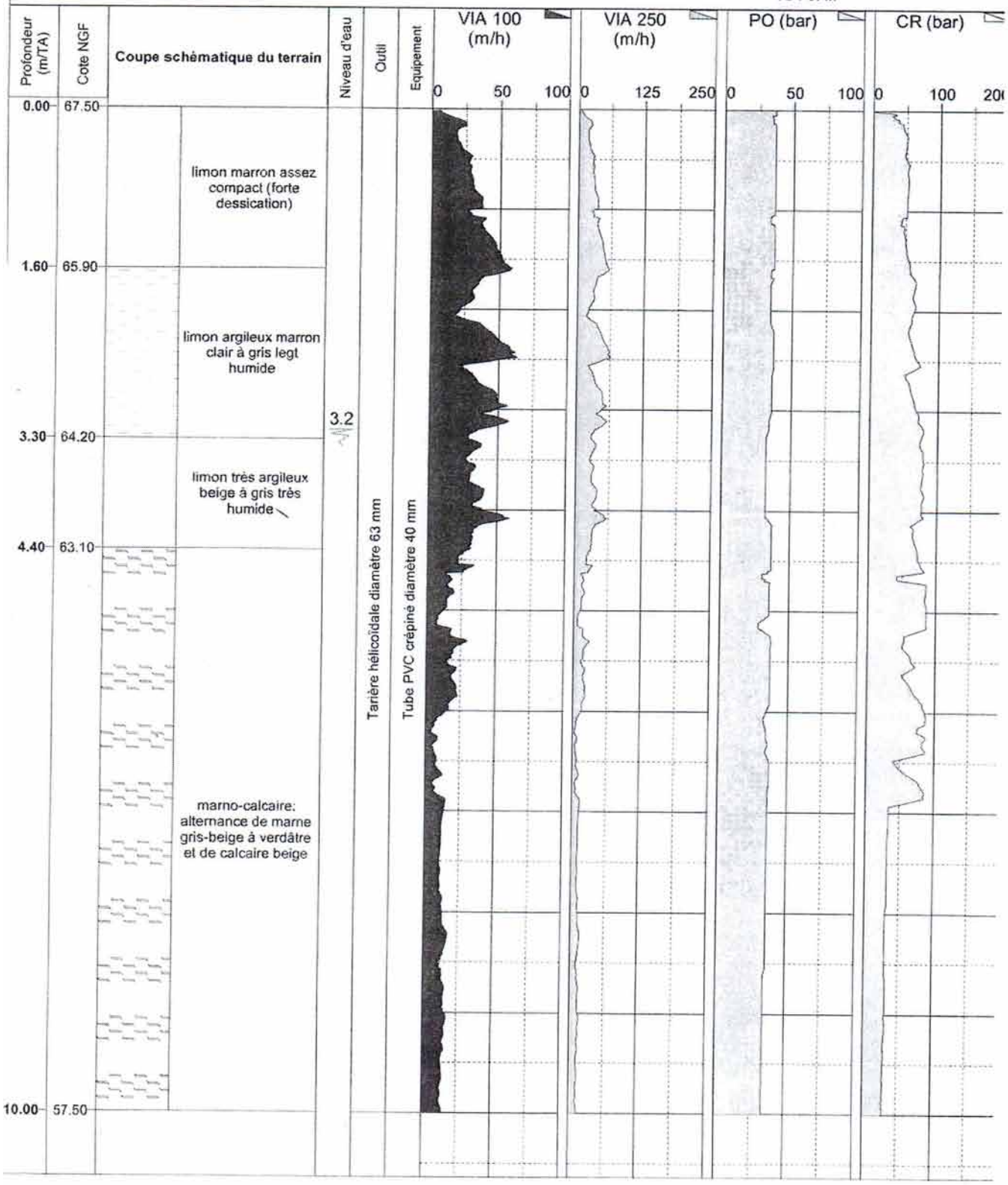
Remarque : Arrêt à -10.00 m/TA

Niveau d'eau : -3.20 m/TA dans piézomètre

Z : 67.50 NGF
X :
Y :

Echelle : 1 / 50

Date : 07/09/2010
Début : 0.00
Fin : 10.00 m
Page : 1 / 1
TS : JFM



Dossier: 10-350

Sondage pressiométrique SP2

Client : SCCV OPPIDUM

Etude : COLOMBIERS Zone de Viargues
Bâtiment à usage commercial

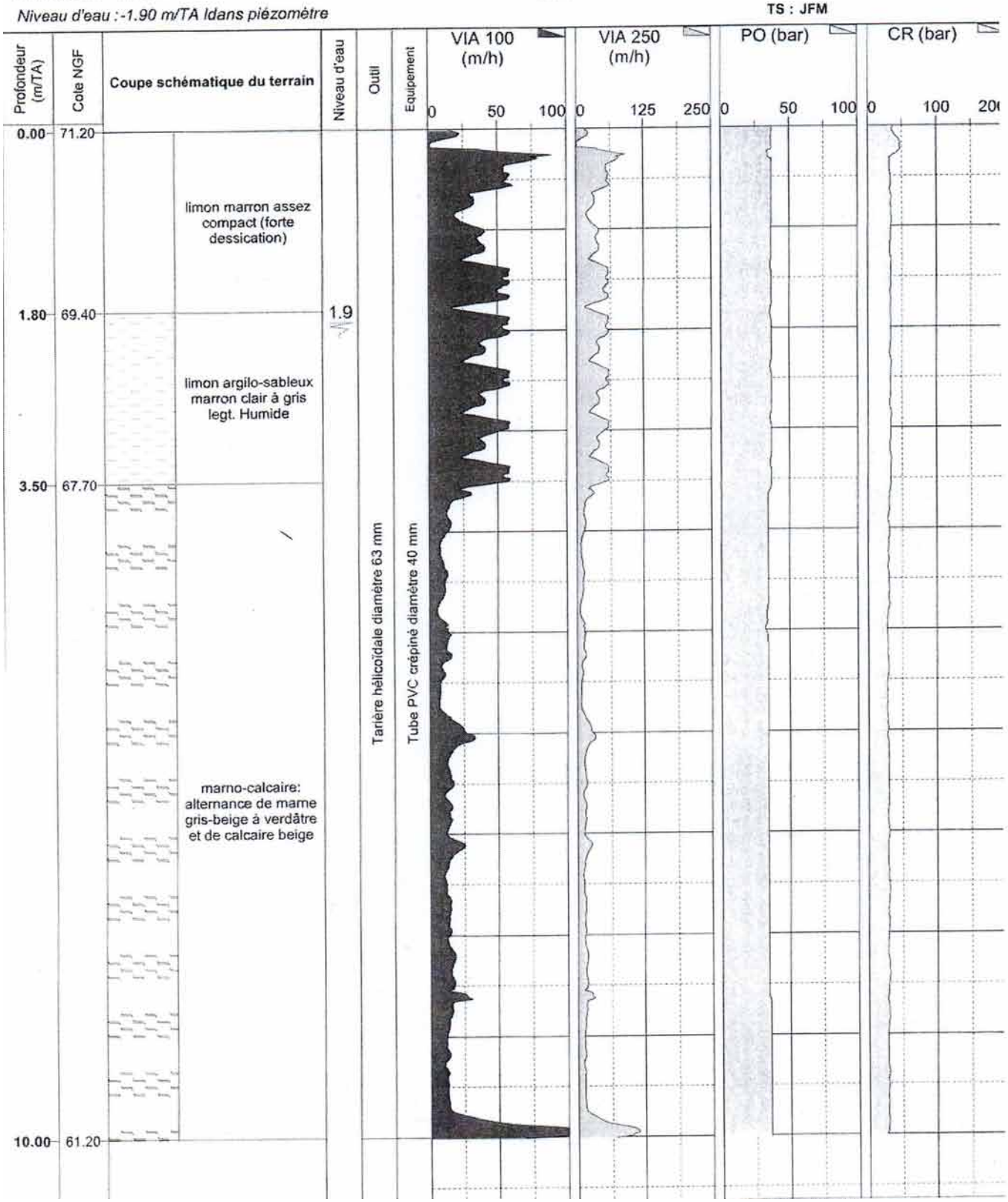
Remarque : Arrêt à -10.01 m/TA

Niveau d'eau :-1.90 m/TA ldans piézomètre

Z : 71.20 NGF
X :
Y :

Echelle : 1 / 50

Date : 07/09/2010
Début : 0.00
Fin : 10.01 m
Page : 1 / 1
TS : JFM



Dossier: 10-350

Sondage pressiométrique SP3

Client : SCCV OPPIDUM

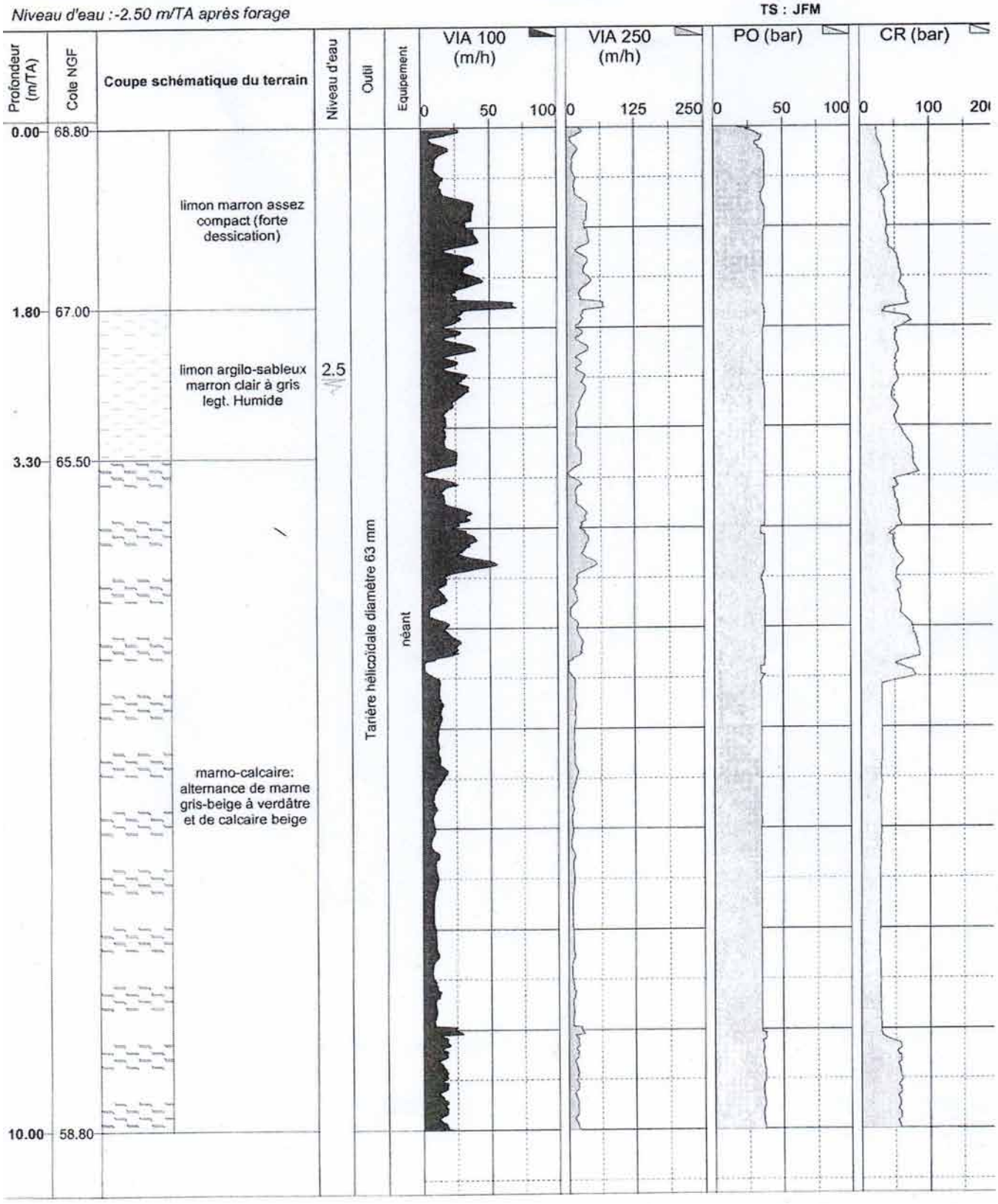
Etude : COLOMBIERS Zone de Viargues
Bâtiment à usage commercial

Remarque : Arrêt à -10.0 m/TA

Niveau d'eau :-2.50 m/TA après forage

Z : 68.80 NGF
X :
Y :
Echelle : 1 / 50

Date : 08/09/2010
Début : 0.00
Fin : 10.00 m
Page : 1 / 1
TS : JFM



Dossier: 10-350

Fouille à la pelle F1

Client : SCCV OPPIDUM

Etude : COLOMBIERS Zone de Viargues
Bâtiment à usage commercial

Remarque : Arrêt à -3.0 m/TA

Niveau d'eau : Pas d'arrivée d'eau

Z : 67.10 NGF
X :
Y :
Echelle : 1 / 50

Date : 07/09/2010
Début : 0.00
Fin : 3.00 m
Page : 1 / 1
TS : CT

Cote NGF	Profondeur (m/TA)	Description lithologique des terrains	Niveau d'eau	Echantillons	Tenue des parois
67.10	0.00	Limon sableux marron + graves, assez compact (forte dessication)			Bonne tenue des parois
66.20	0.90	Limon légèrement argileux marron foncé (plus humide)			
65.10	2.00	Limon marron clair / gris avec quelques zones plus argileuses grises		2.0 ER...	
64.10	3.00				

Dossier : 10-350

Pénétromètre dynamique PD7

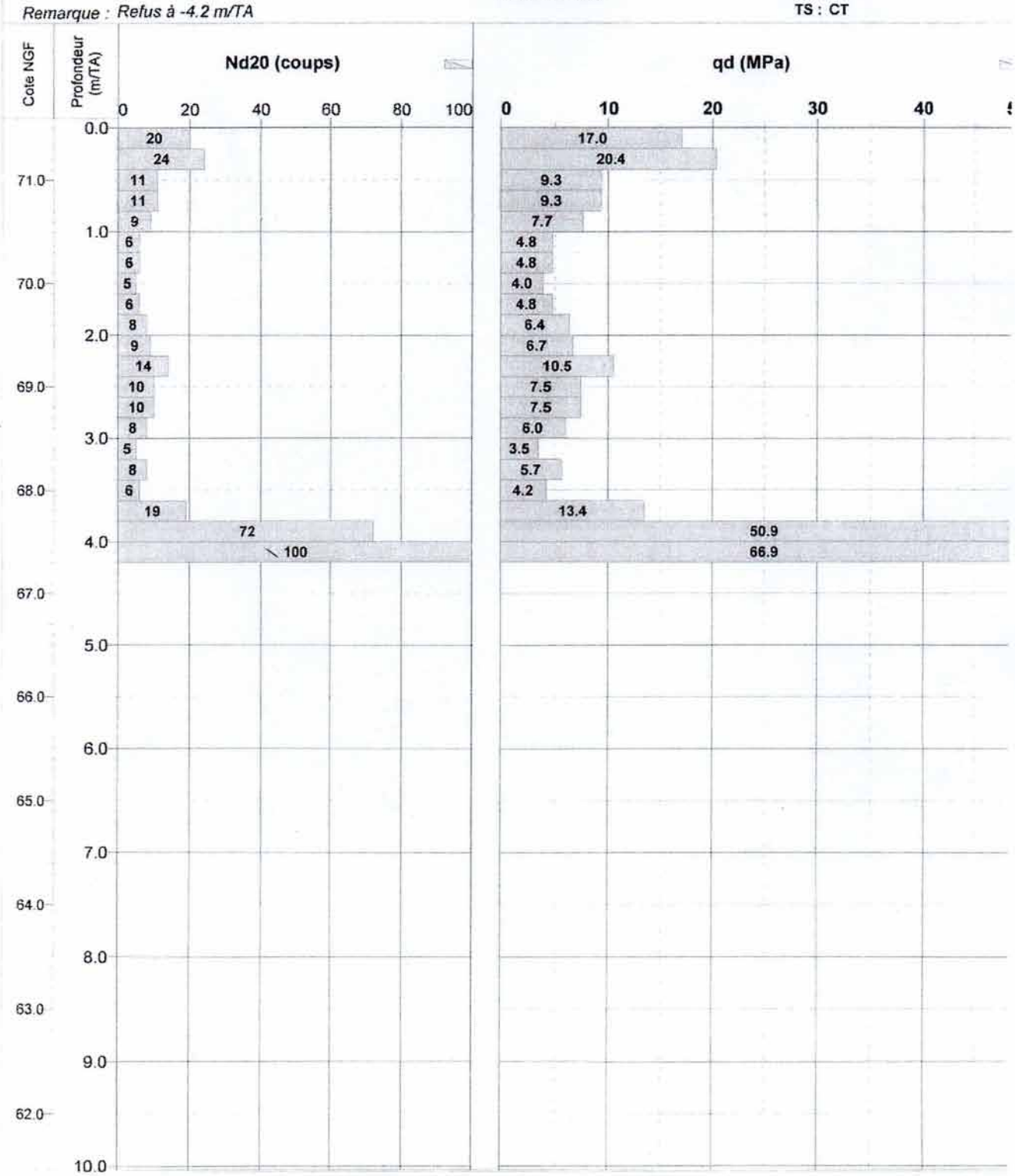
Client : SCCV OPPIDUM

Etude : COLOMBIERS Zone de Viargues
Bâtiment à usage commercial

Remarque : Refus à -4.2 m/TA

Z : 71.50 NGF
X :
Y :
Echelle : 1 / 50

Date : 08/09/2010
Début : 0.0 m
Fin : 4.2 m
Page : 1 / 1
TS : CT



Caractéristiques du pénétromètre dynamique GEOTOOL GTR 790

Aire de la section droite de la pointe	20 cm2	Masse d'une tige	6 kg	Longueur d'une tige	1 m
Hauteur de chute du mouton	75 cm	Masse de la pointe	0.63 kg		
Masse enclume	18 kg	Masse du mouton	64 kg	Remarque :	Pointe perdue

Dossier : 10-350

Pénétromètre dynamique PD5

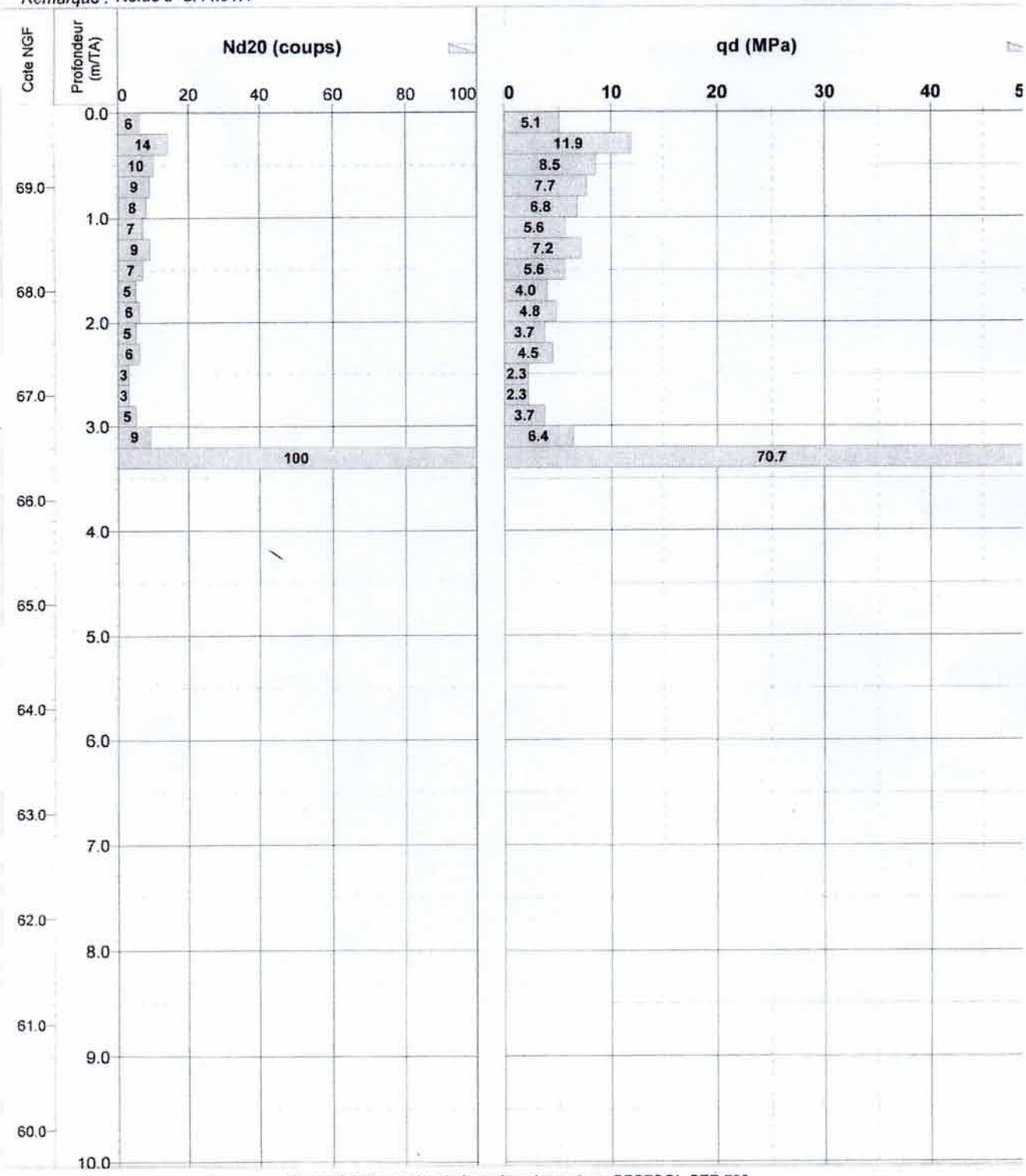
Client : SCCV OPPIDUM

Etude : COLOMBIERS Zone de Viargues
Bâtiment à usage commercial

Remarque : Refus à -3.4 m/TA

Z : 69.70 NGF
X :
Y :
Echelle : 1 / 50

Date : 08/09/2010
Début : 0.0 m
Fin : 3.4 m
Page : 1 / 1
TS : CT



Caractéristiques du pénétromètre dynamique GEOTOOL GTR 790

Aire de la section droite de la pointe	20 cm2	Masse d'une tige	6 kg	Longueur d'une tige	1 m
Hauteur de chute du mouton	75 cm	Masse de la pointe	0.63 kg		
Masse enclume	18 kg	Masse du mouton	64 kg	Remarque :	Pointe perdue

Dossier : 10-350

Pénétromètre dynamique PD3

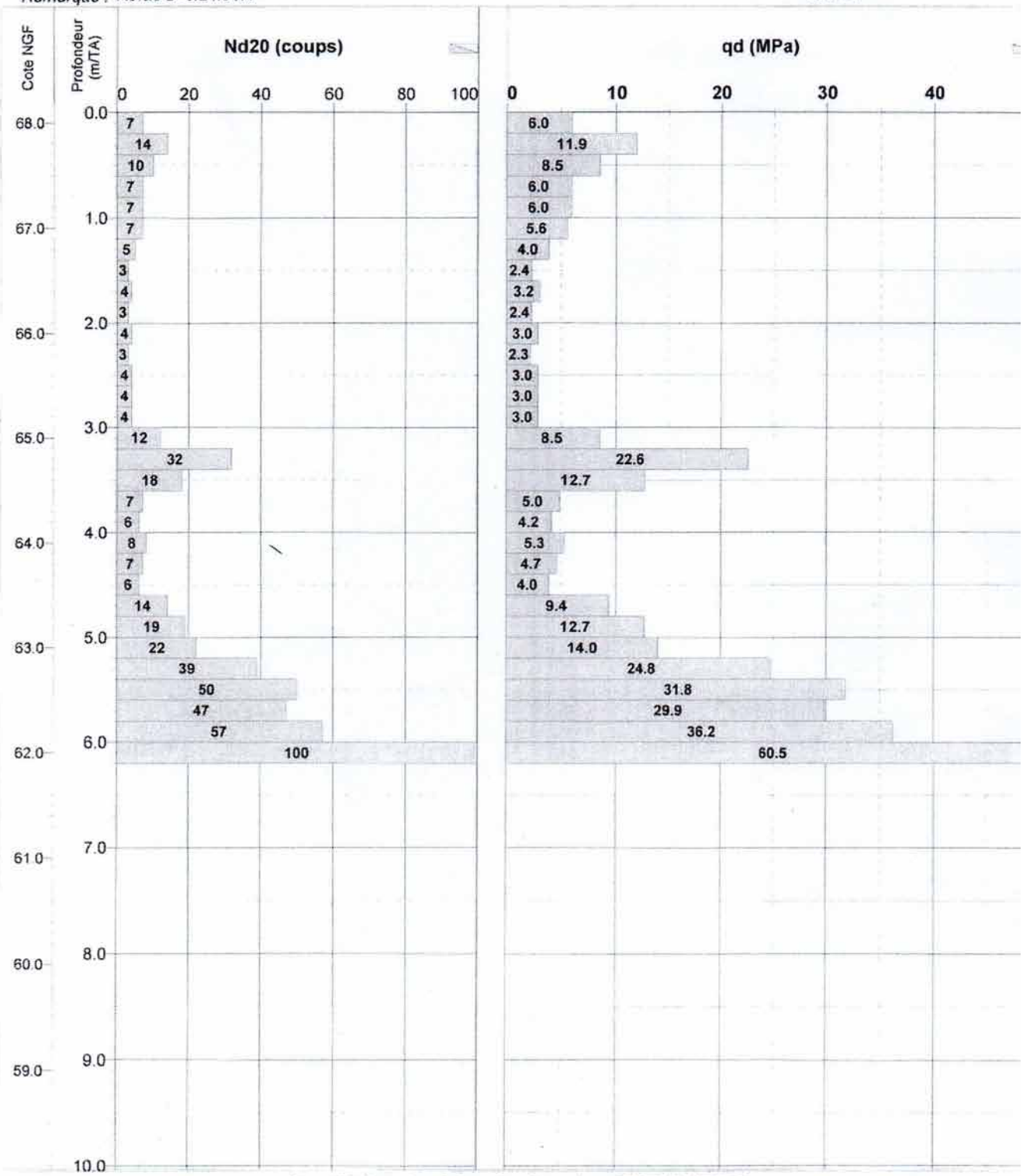
Client : SCCV OPPIDUM

Etude : COLOMBIERS Zone de Viargues
Bâtiment à usage commercial

Remarque : Refus à -6.2 m/TA

Z : 68.10 NGF
X :
Y :
Echelle : 1 / 50

Date : 08/09/2010
Début : 0.0 m
Fin : 6.2 m
Page : 1 / 1
TS : CT



Caractéristiques du pénétromètre dynamique GEOTOOL GTR 790

Aire de la section droite de la pointe	20 cm2	Masse d'une tige	6 kg	Longueur d'une tige	1 m
Hauteur de chute du mouton	75 cm	Masse de la pointe	0.63 kg		
Masse enclume	18 kg	Masse du mouton	64 kg	Remarque :	Pointe perdue

Dossier : 10-350

Pénétromètre dynamique PD1

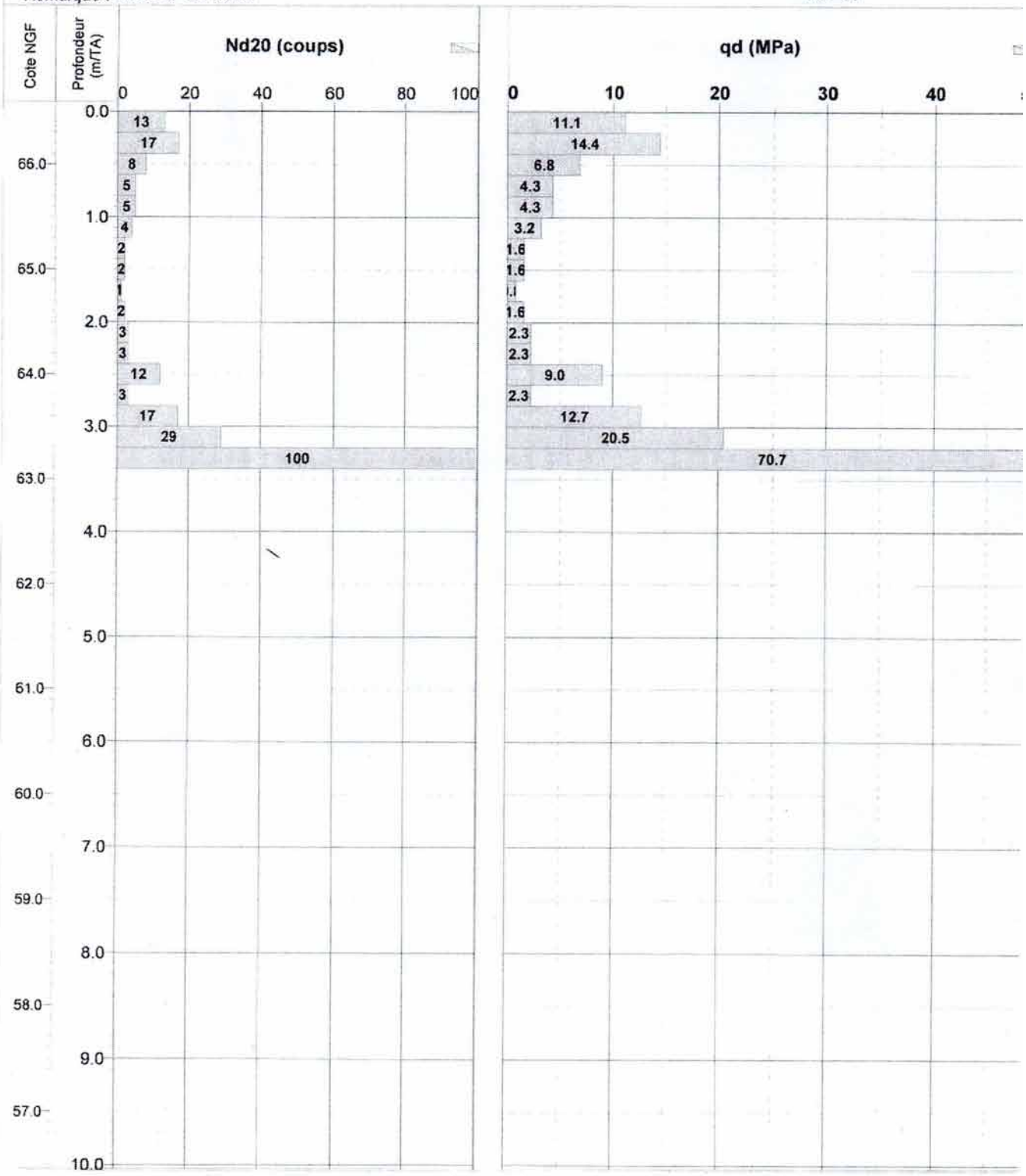
Client : SCCV OPPIDUM

Etude : COLOMBIERS Zone de Viargues
Bâtiment à usage commercial

Remarque : Refus à -3.4 m/TA

Z : 66.50 NGF
X :
Y :
Echelle : 1 / 50

Date : 08/09/2010
Début : 0.0 m
Fin : 3.4 m
Page : 1 / 1
TS : CT



Caractéristiques du pénétromètre dynamique GEOTOOL GTR 790

Aire de la section droite de la pointe	20 cm2	Masse d'une tige	6 kg	Longueur d'une tige	1 m
Hauteur de chute du mouton	75 cm	Masse de la pointe	0.63 kg		
Masse enclume	18 kg	Masse du mouton	64 kg	Remarque :	Pointe perdue

ANNEXE 10 : DOCUMENTS RELATIFS AU CAS 6 – RESULTATS DES ESSAIS

- Sondages
- Essais Proctor
- Essais de compression simple R_c
- Essais de traction indirecte – compression diamétrale R_{tb}
- Diagrammes R_t/E
- Essais de maniabilité
- Déflexions à la poutre Benkelman
- Mesures de déflexion au déflectographe

N°Sondage	Prof.	Nature matériau	D max	5mm	2mm	w%	VB	80µm	IPI	ρs	w%IPI	GTR	Proctor ρ opn
PM100	0,8	LIMON MARRON ARGILEUX	10	93,1	89,1	16,1	2,9	70,5	14	1,661	16,5	A2M	
	2,2	LIMON MARRON ARGILEUX	14	93,9	90,3	14,5	1,92	71,2	20	1,677	14,5	A1m	
	3	SABLE LIMONEUX GRAVELEUX	10	98,3	93,4	11,5	2,19	62	25	1,851	10,7	A1M	
	4	SABLE +OU - ARGILEUX	10	98	89,1	8	1,37	27,5	33	1,888	6,1	B5M/S	
	4,8	SABLE GRAVELEUX PROPRE	10	90,8	70,2	6	0,65	15,5	33	1,888	6,1	B5M/S	
PM101	0,8	LIMON MARRON	14	89,7	85,7	12,6	1,56	55,3	22	1,831	12,9	A1M	
	1,4	LIMON SABLEUX GRAVELEUX	14	87	45,9	8,1	0,83	27,6	29	1,951	8,8	B5M	
	2,6	SABLE GRAVELEUX PROPRE	10	89,7	64,9	4,3	0,35	9	17	1,872	4,2	B4M	
	3,8	SABLE GRAVELEUX PROPRE	20	78,2	41,8	3,5	0,27	7,5	12	1,852	3,6	B4H	
	4,7	SABLE PROPRE	10	78,3	41,6	6,3	0,38	7,3	38	1,852	5,8	B4S	
		MELANGE DES SABLE ARGILEUX	5	99,2	97,9	5,3	1,36	28,1	29	1,922	7,8	B5M	
		MELANGE DES LIMON	10	96,9	90	13,5	2,93	67	15	1,753	15,5	A2M	

PUITS A LA PELLE

Chantier:A75 Lot B

Valros - Beziers

PM100

Sondage	de	à	diam	fluide
PUITS A LA PELLE	0 m	5 m	12 mm	

Dossier 32495 | Date 25/04/05 | incl. 0 deg | X = 679314.66 | Y = 121273.58 | **Z = 62.06 N.G.F.**

PROF. (m)	NATURE DU SOL (PRESUMEE)
0 – 0.60	TERRE VEGETALE 61.46 N.G.F.
0.60 – 2.80	LIMON ARGILEUX MARRON (m) 59.26 N.G.F.
2.80 – 3.80	SABLE LIMONEUX OCRE A SABLE GRAVELEUX 58.26 N.G.F.
3.80 – 4.20	SABLE +/- ARGILEUX MARRON CLAIR (m) 57.86 N.G.F.
4.20 – 5.00	SABLE GRAVELEUX OCRE PROPRE 57.06 N.G.F.

PROF. scale: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10

PUITS A LA PELLE

Chantier:A75 Lot B

Valros - Beziers

PM101

Sondage	de	a	diam	fluide
PUITS A LA PELLE	0 m	5 m	0 mm	

Dossier 37495 | Date 23/04/08 | Inclin 0 deg | X = 679278.86 | Y = 121238.688 | Z =59.89 N.G.F.

DATE	PROFIL	PROF (m)	LOG	NATURE DU SOL (PRESUMEE)	Lithologie	Wn(%)	Wl(%)	Ip(%)	VBs	<0.08mm	<0.2mm	<1 mm	<2 mm	<5 mm	<10 mm	<20 mm	<50 mm	Dmax mm	GTR
				TERRE VEGETALE 59.29 N.G.F.															
		1		LIMON MARRON (m) 58.49 N.G.F.															
		2		LIMON SABLEUX MARRON A LIMON GRAVELEUX (m) 57.39 N.G.F.															
		3		SABLE GRAVELEUX PROPRE OCRE 56.09 N.G.F.															
		4		SABLE GRAVELEUX PROPRE OCRE 55.39 N.G.F.															
		5		SABLE FIN OCRE 54.89 N.G.F.															
		6																	
		7																	
		8																	
		9																	
		10																	

ESSAI PROCTOR SUR SOLS NF P94-093
I.P.I. ET INDICES PORTANTS C.B.R. NF P94-078
RAPPORT D'ESSAI

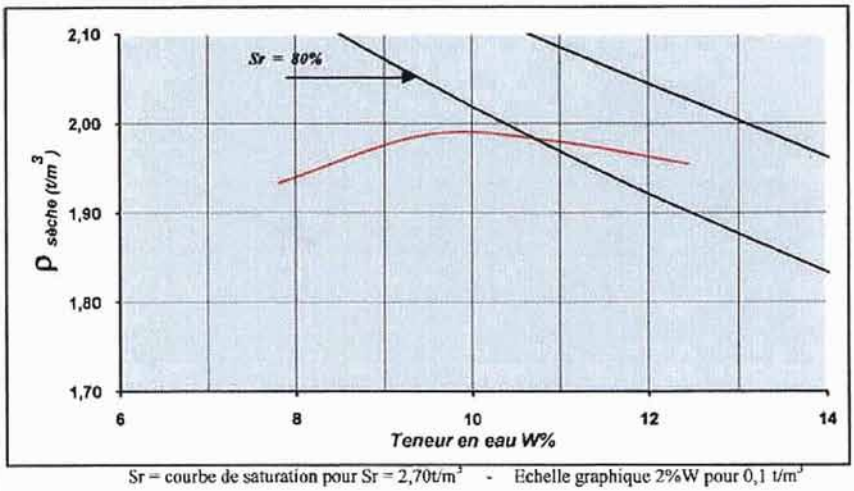
DESTINATAIRE :		N° DE DOSSIER :	322-225
CHANTIER:	A75 Valros Pézenos - Lot B - Emprunt D8		
DATE :	20/05/2008	N° ECHANTILLON :	714

ECHANTILLON			
IDENTIFICATION :	***	PROVENANCE :	***
PRELEVE LE :	***	PAR :	***
SONDAGE:	***	PROFONDEUR:	***
NATURE LIANT:	Rolac	DOSAGE LIANT :	5,0 %
W% NATURELLE :	8,7%	OPERATEUR :	NB

W% déterminée selon NF P 94-050

Moule ☑ CBR ☐ PROCTOR

ESSAI PROCTOR NORMAL (NFP 94 - 093)



Sr = courbe de saturation pour Sr = 2,70t/m³ - Echelle graphique 2%W pour 0,1 t/m³

OPTIMUM PROCTOR

Densité optimale ρ_d :
exprimée à 0,01 près
1,99 t/m³

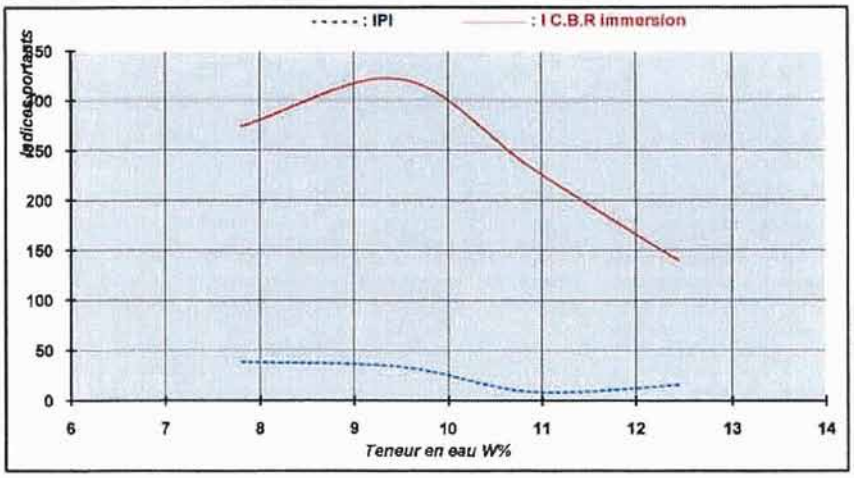
W% optimale :
exprimée à 0,1 près
9,9 %

%> 20 mm : 0,0

Valeurs corrigées

$\rho_{s\,(t/m^3)}$=
W%=

INDICES PORTANTS (NFP 94 - 078)



INDICES PORTANTS A

Indice portant Immédiat
en %
I.P.I = 30

Indice C.B.R immersion
en %
I C.B.R$_{imm.}$ = 305

GONFLEMENT

0,0 %

Chantier :	A75 - Valros Pézenas - Lot B

ESSAI PROCTOR

(NFP 94-093)

Zone de prélèvement :	STOCK D8 CENTRALE	Date de prélèvement	18/05/2009

1 - Identification du matériau : B5

Description visuelle: **Sable limoneux traité à 5% Rolac** Provenance : **D8 2,2**

Date de l'essai : **19/05/2009** Destination : **Couche dde forme**

Proctor : Normal [X] Modifié [ ]

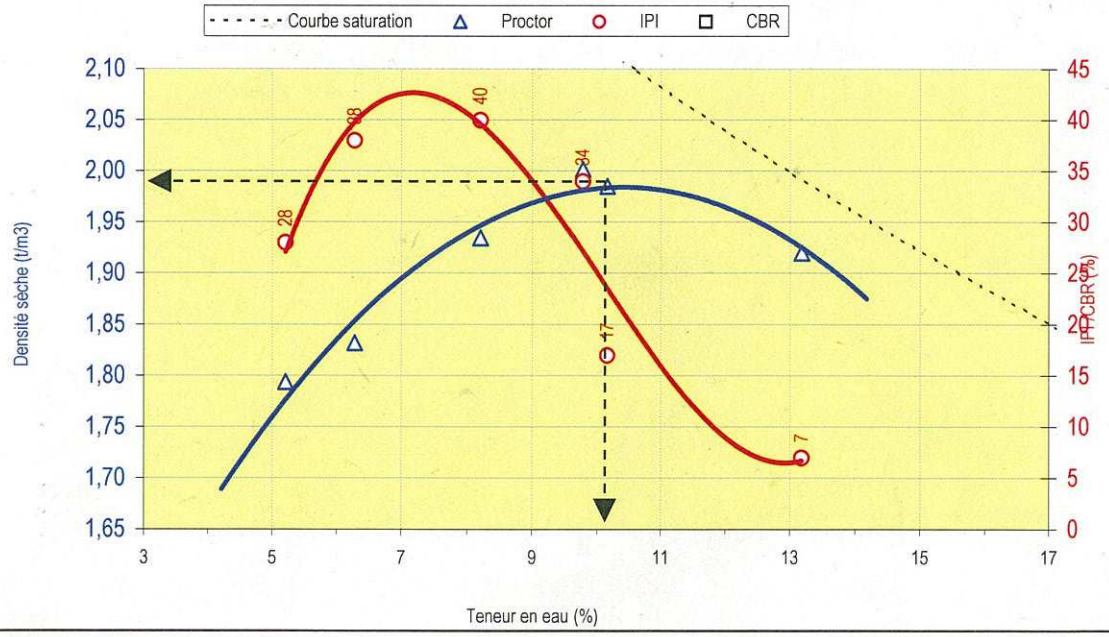
Numéro : **032**

2 - Détermination de la densité et de la teneur en eau :

EAU DE MOUILLAGE	-2,5%	-1,7%	nat	+1,5%	+3%	+4,5%
MASSE DU MOULE	8 134	8 134	8 134	8 134	8 134	8 134
MASSE TOTALE HUMIDE	12 105	12 231	12 539	12 758	12 736	12 707
MASSE NET HUMIDE	3971	4097	4405	4624	4602	4573
VOLUME DU MOULE	**2104**	**2104**	**2104**	**2104**	**2104**	**2104**
DENSITE HUMIDE	1,887	1,947	2,094	2,198	2,187	2,173
MASSE TARE	1 131	1 141	1 107	985	1 145	1 140
MASSE TOTAL HUMIDE	5 045	5 196	5 496	5 599	5 707	5 526
MASSE TOTAL SEC	4 851	4 956	5 163	5 188	5 286	5 015
MASSE D'EAU	194	240	333	411	421	511
MASSE SEC	3 720	3815	4 056	4 203	4 141	3 875
W%	**5,22**	**6,29**	**8,21**	**9,78**	**10,17**	**13,19**
DENSITE SECHE	**1,794**	**1,832**	**1,935**	**2,002**	**1,985**	**1,920**
INDICE IPI	**28**	**38**	**40**	**34**	**17**	**7**
INDICE CBR						

3 - Représentation graphique de l'essai :

CBR/IPI =



4 - Résultats :

Densité sèche Optimum	1,995	t/m³
Teneur en eau Optimum	10,2	W%
Fraction 20 / D	0	%

5 - Corrections :

Densité sèche Optimum corrigée	t/m³
Teneur en eau Optimum corrigée	W%
Sr	%

ESSAI PROCTOR SUR SOLS NF P94-093
I.P.I. ET INDICES PORTANTS C.B.R. NF P94-078
RAPPORT D'ESSAI

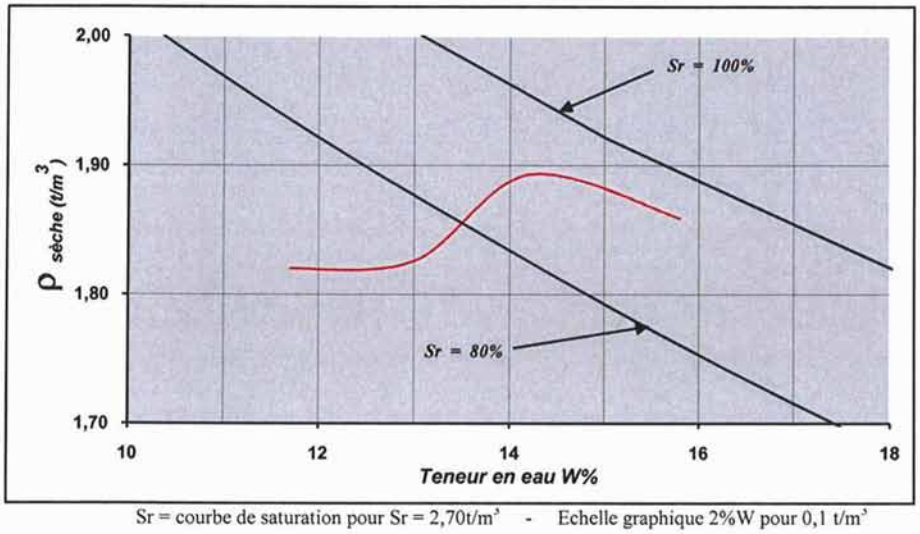
DESTINATAIRE :		N° DE DOSSIER :	322-225
CHANTIER:	A 75		
DATE :	11/01/2010	N° ECHANTILLON :	09/322-225/01/10

ECHANTILLON			
IDENTIFICATION :	Limon sableux	PROVENANCE :	Lot N°2
PRELEVE LE :	11/12/2009	PAR :	Le demandeur
SONDAGE:	***	PROFONDEUR:	***
NATURE LIANT:	Rolac 645 PN	DOSAGE LIANT :	5,5 %
W% NATURELLE :	11,5%	OPERATEUR :	N. B.

W% déterminée selon NF P 94-050

Moule ☑ CBR ☐ PROCTOR

ESSAI PROCTOR NORMAL (NFP 94 - 093)



Sr = courbe de saturation pour Sr = 2,70t/m³ - Echelle graphique 2%W pour 0,1 t/m³

OPTIMUM PROCTOR

Densité optimale ρ_d:
exprimée à 0,01 près
1,89 t/m³

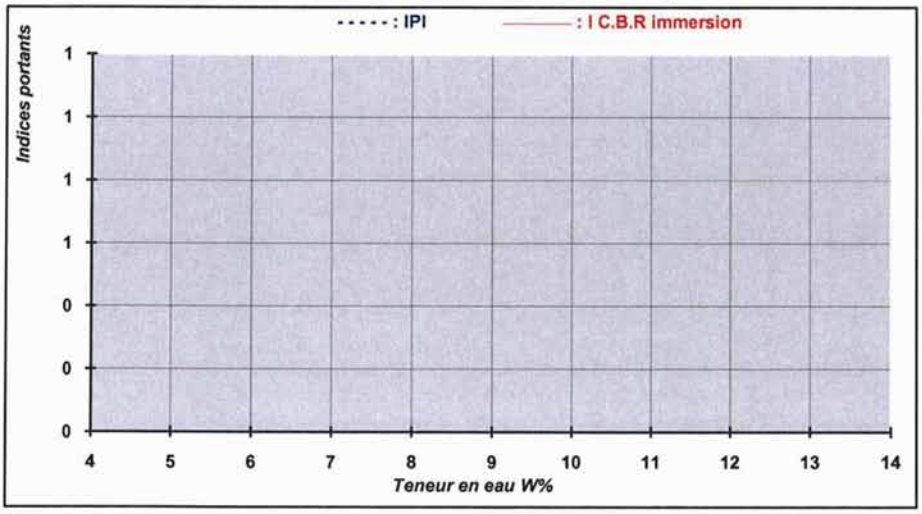
W% optimale :
exprimée à 0,1 près
14,3 %

%> 20 mm : **0,0**

Valeurs corrigées

ρ_s (t/m³)=
W%=

INDICES PORTANTS (NFP 94 - 078)



INDICES PORTANTS A

Indice portant Immédiat en %
I.P.I =

Indice C.B.R immersion en %
I C.B.R$_{imm.}$ =

GONFLEMENT

%

ESSAI PROCTOR SUR SOLS NF P94-093
I.P.I. ET INDICES PORTANTS C.B.R. NF P94-078
RAPPORT D'ESSAI

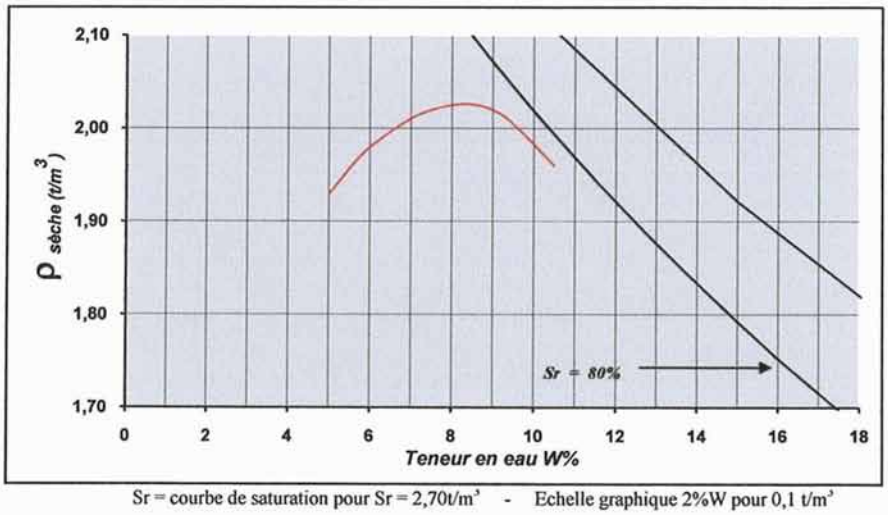
DESTINATAIRE :	BEC Frères	N° DE DOSSIER :	322-225
CHANTIER:	A75 VALROS Emprunt D8		
DATE : 27/08/2008		N° ECHANTILLON :	1439/322225/08/09

ECHANTILLON			
IDENTIFICATION :	Sable argileux N°2	PROVENANCE :	Emprunt D8
PRELEVE LE :	***	PAR :	***
SONDAGE:	***	PROFONDEUR:	***
NATURE LIANT:	Rolac 645 PN	DOSAGE LIANT :	5,0 %
W% NATURELLE :	5,0%	OPERATEUR :	GUEHL M.

W% déterminée selon NF P 94-050

Moule ☑ CBR ☐ PROCTOR

ESSAI PROCTOR NORMAL (NFP 94 - 093)



Sr = courbe de saturation pour Sr = 2,70t/m³ - Echelle graphique 2%W pour 0,1 t/m³

OPTIMUM PROCTOR

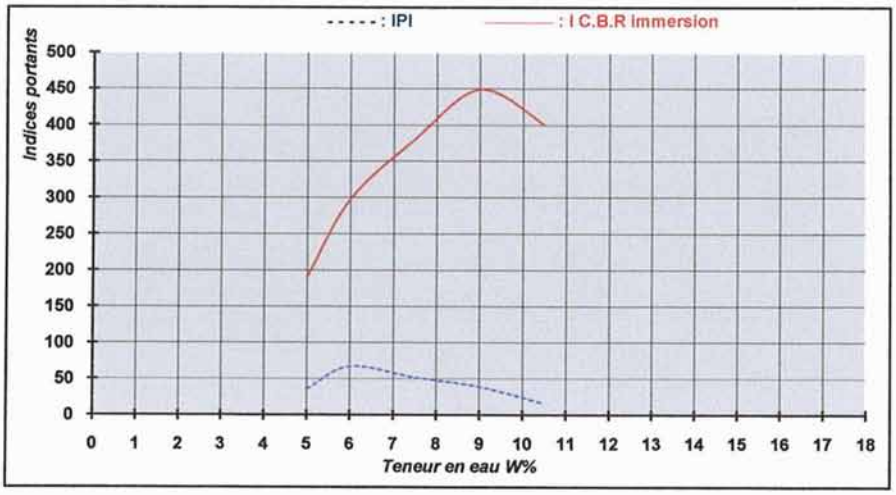
Densité optimale ρ_d :
exprimée à 0,01 près
2,02 t/m³

W% optimale :
exprimée à 0,1 près
8,3 %

%> 20 mm : 0,0

Valeurs corrigées
$\rho_{s\,(t/m^3)}$=
W%=

INDICES PORTANTS (NFP 94 - 078)



INDICES PORTANTS A

Indice portant Immédiat en %
I.P.I = 45

Indice C.B.R immersion en %
I C.B.R$_{imm.}$ = 425

GONFLEMENT

0,0 %

Chantier :	A75 - Valros Pézenas - Lot B

ESSAI PROCTOR

(NFP 94-093)

Zone de prélèvement :	D8 2 . 2 Emprunt N°4 P 597 à 599 D	Date de prélèvement	15/09/2009

1 - Identification du matériau : B5

Proctor :

Numéro : **045**

Description visuelle: **Sable limoneux**

Provenance : **D8 2,2**

Normal [x]

Date de l'essai : **16/09/2009**

Destination : **Couche de forme**

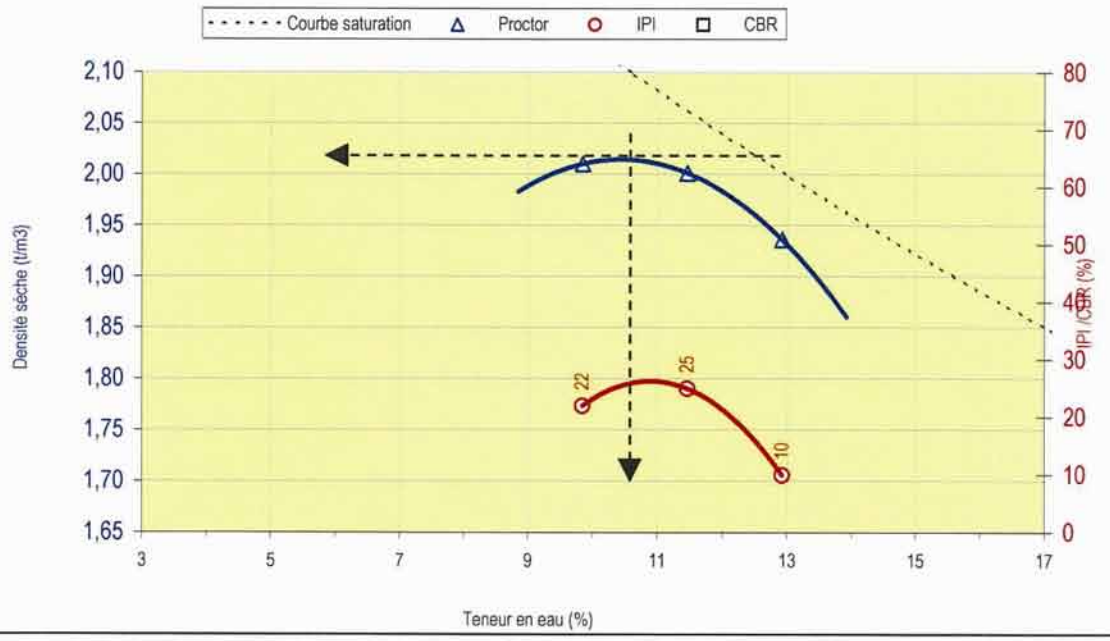
Modifié [ ]

2 - Détermination de la densité et de la teneur en eau :

EAU DE MOUILLAGE	nat	+1,5%	+3%			
MASSE DU MOULE	7 619	7 619	7 619			
MASSE TOTALE HUMIDE	12 266	12 313	12 220			
MASSE NET HUMIDE	4647	4694	4601			
VOLUME DU MOULE	**2104**	**2104**	**2104**			
DENSITE HUMIDE	2,209	2,231	2,187			
MASSE TARE	942	1 144	1 129			
MASSE TOTAL HUMIDE	5 583	5 832	5 725			
MASSE TOTAL SEC	5 167	5 350	5 199			
MASSE D'EAU	416	482	526			
MASSE SEC	4 225	4206	4 070			
W%	**9,85**	**11,46**	**12,92**			
DENSITE SECHE	**2,011**	**2,002**	**1,937**			
INDICE IPI	**22**	**25**	**10**			
INDICE CBR						

3 - Représentation graphique de l'essai :

CBR/IPI =



4 - Résultats :

Densité sèche Optimum	2,010	t/m^3
Teneur en eau Optimum	10,8	W%
Fraction 20 / D	0	%

5 - Corrections :

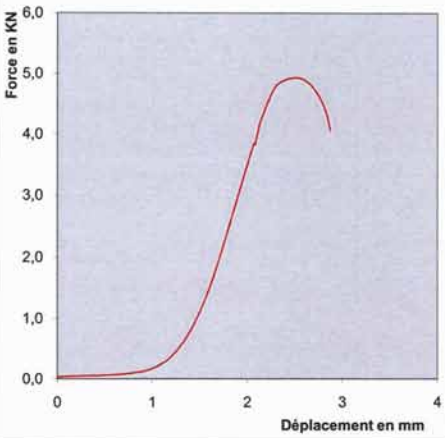
Densité sèche Optimum corrigée	t/m^3
Teneur en eau Optimum corrigée	W%
Sr	%

CHARGE CONSTANTE
ESSAI DE COMPRESSION SIMPLE SUR GRAVES
NF P98-232-1

- Rapport d'essai -

Chantier :	**A75**
N° de Dossier :	**322 225**
Demandeur :	
N° échantillon :	**09/322-225/01/2010**
Composition :	**5,5% Rolac 645 SPN**
Date d'essai :	**12 février 2010**

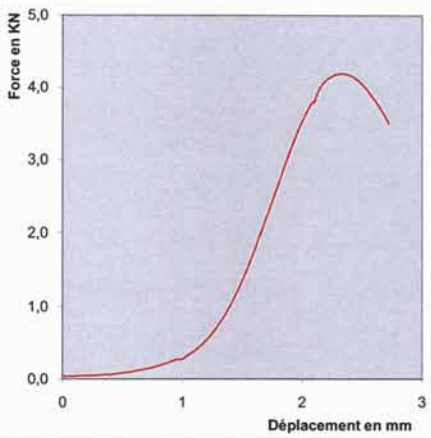
Eprouvette N°1



Diamètre et hauteur de l'éprouvette : **5*10 cm**

Mode de conservation : **air 20°C**
Age de l'éprouvette : **7 Jours**
Compacité : **98,5 %**
Résistance R_c : **2,51** ***Mpa***
Module $E_{30}c$: ******** ***Mpa***

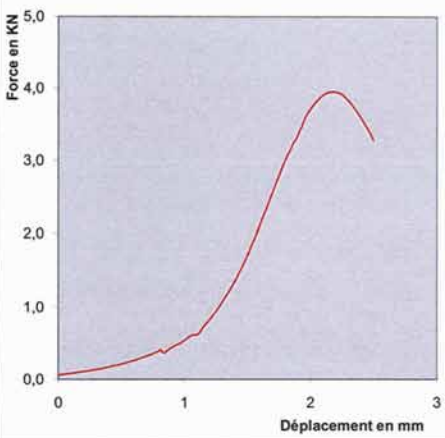
Eprouvette N°2



Diamètre et hauteur de l'éprouvette : **5*10 cm**

Mode de conservation : **air 20°C**
Age de l'éprouvette : **7 Jours**
Compacité : **98,5 %**
Résistance R_c : **2,13** ***Mpa***
Module $E_{30}c$: ******** ***Mpa***

Eprouvette N°3



Diamètre et hauteur de l'éprouvette : **5*10 cm**

Mode de conservation : **air 20°C**
Age de l'éprouvette : **7 Jours**
Compacité : **98,5 %**
Résistance R_c : **2,01** ***Mpa***
Module $E_{30}c$: ******** ***Mpa***

OBSERVATIONS :

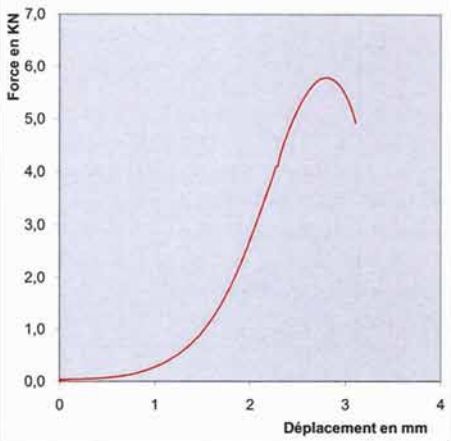
MOYENNE Rc : **2,22** ***Mpa***
MOYENNE E_{30c} : ********* ***Mpa***

CHARGE CONSTANTE
ESSAI DE COMPRESSION SIMPLE SUR GRAVES
NF P98-232-1

- Rapport d'essai -

Chantier :	A75
N° de Dossier :	322 225
Demandeur :	
N° échantillon :	09/322-225/01/2010
Composition :	5,5% Rolac 645 SPN
Date d'essai :	19 février 2010

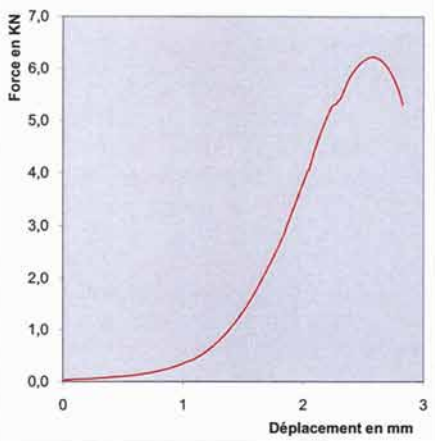
Eprouvette N°1



Diamètre et hauteur de l'éprouvette : **5*10 cm**

Mode de conservation : **air 20°C**
Age de l'éprouvette : **14 Jours**
Compacité : **98,5 %**
Résistance R_c : **2,95 *Mpa***
Module $E_{30}c$: **** ***Mpa***

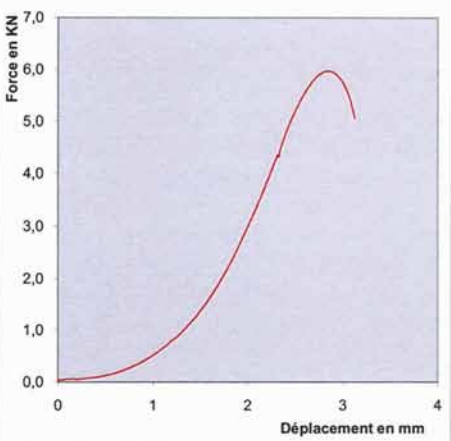
Eprouvette N°2



Diamètre et hauteur de l'éprouvette : **5*10 cm**

Mode de conservation : **air 20°C**
Age de l'éprouvette : **14 Jours**
Compacité : **98,5 %**
Résistance R_c : **3,17 *Mpa***
Module $E_{30}c$: **** ***Mpa***

Eprouvette N°3



Diamètre et hauteur de l'éprouvette : **5*10 cm**

Mode de conservation : **air 20°C**
Age de l'éprouvette : **14 Jours**
Compacité : **98,5 %**
Résistance R_c : **3,04 *Mpa***
Module $E_{30}c$: **** ***Mpa***

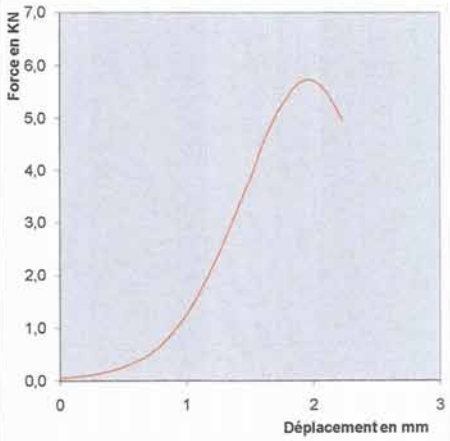
OBSERVATIONS :

MOYENNE Rc :	**3,05**	***Mpa***
MOYENNE E_{30c} :	*****	***Mpa***

CHARGE CONSTANTE
ESSAI DE COMPRESSION SIMPLE SUR GRAVES
NF P98-232-1
- Rapport d'essai -

Chantier :	A75
N° de Dossier :	322 225
Demandeur :	
N° échantillon :	09/322-225/01/2010
Composition :	5,5% Rolac 645 SPN
Date d'essai :	6 avril 2010

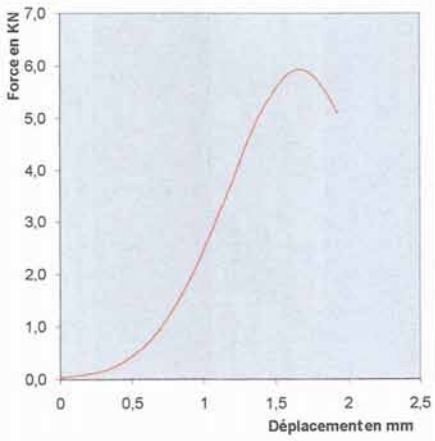
Eprouvette N°1



Diamètre et hauteur de l'éprouvette : 5*10 cm

Mode de conservation : air 20°C
Age de l'éprouvette : 60 Jours
Compacité : 94 %
Résistance R_c : 2,92 *Mpa*
Module $E_{30}c$: **** *Mpa*

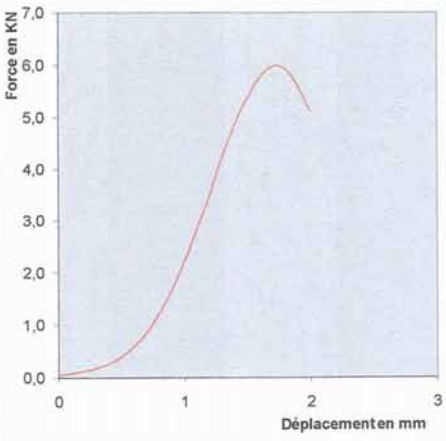
Eprouvette N°2



Diamètre et hauteur de l'éprouvette : 5*10 cm

Mode de conservation : air 20°C
Age de l'éprouvette : 60 Jours
Compacité : 94 %
Résistance R_c : 3,03 *Mpa*
Module $E_{30}c$: **** *Mpa*

Eprouvette N°3



Diamètre et hauteur de l'éprouvette : 5*10 cm

Mode de conservation : air 20°C
Age de l'éprouvette : 60 Jours
Compacité : 94 %
Résistance R_c : 3,06 *Mpa*
Module $E_{30}c$: **** *Mpa*

OBSERVATIONS :

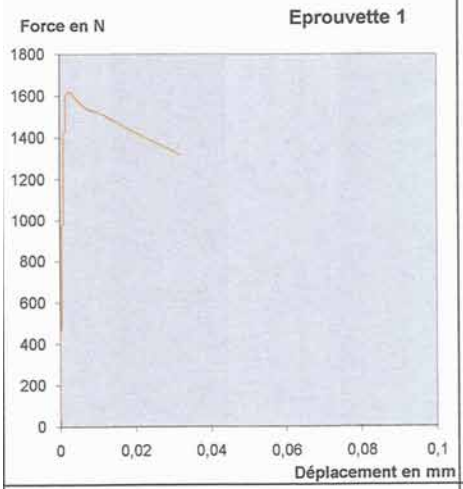
MOYENNE Rc : 3,00 *Mpa*
MOYENNE E_{30c} : ***** *Mpa*

TRACTION INDIRECTE
ESSAI DE COMPRESSION DIAMETRALE
NF P98-232-3

- Rapport d'essai -

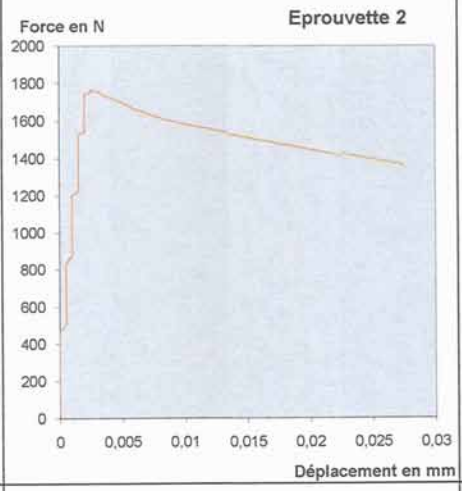
Chantier :	A75
N° de Dossier :	322-225
Demandeur :	
Composition :	Limon sableux + 5,5% Rolac 645 SPN
Date d'essais :	6 mai 2010
Dimension éprouvettes :	Ø5cm h5cm

Eprouvette 1



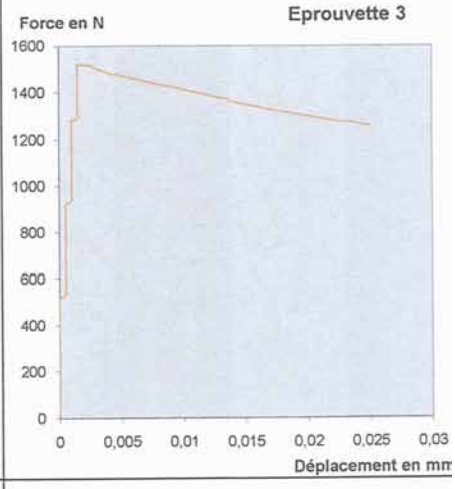
Elancement :	1
Mode de conservation :	air 20°C
Age de l'éprouvette :	90 Jours
Force à la rupture Fr :	1618,83 N
Résistance Rtb :	0,41 MPa
Module :	4206 MPa

Eprouvette 2



Elancement :	1
Mode de conservation :	air 20°C
Age de l'éprouvette :	90 Jours
Force à la rupture Fr :	1766,27 N
Résistance Rtb :	0,45 MPa
Module :	4342 MPa

Eprouvette 3



Elancement :	1
Mode de conservation :	air 20°C
Age de l'éprouvette :	90 Jours
Force à la rupture Fr :	1522,50 N
Résistance Rtb :	0,39 MPa
Module :	4137 MPa

Observations :

Confection à 1,1 W_{OPN}

Rtb moyen : 0,42 MPa

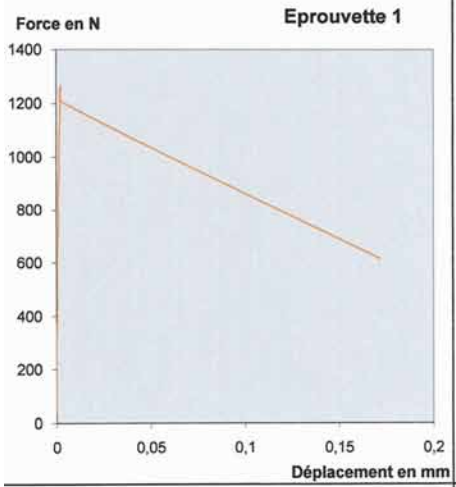
Etb Moyen : 4228 MPa

TRACTION INDIRECTE
ESSAI DE COMPRESSION DIAMETRALE
NF P98-232-3

- Rapport d'essai -

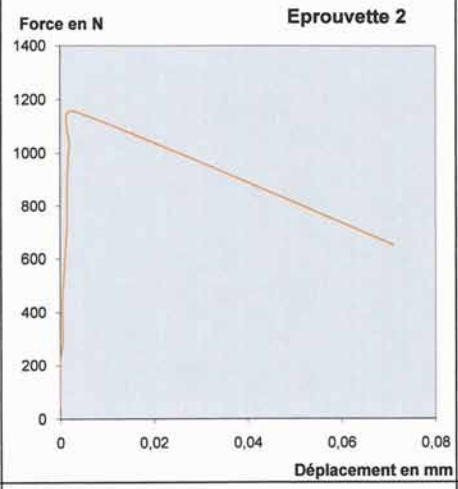
Chantier :	**A75 VALROS - Emprunt D8**
N° de Dossier :	**322-225**
Demandeur :	
Composition :	**5% ROLAC + Argile Sableuse**
Date d'essais :	**18 juillet 2008**
Dimension éprouvettes :	**D5 H5**

Eprouvette 1



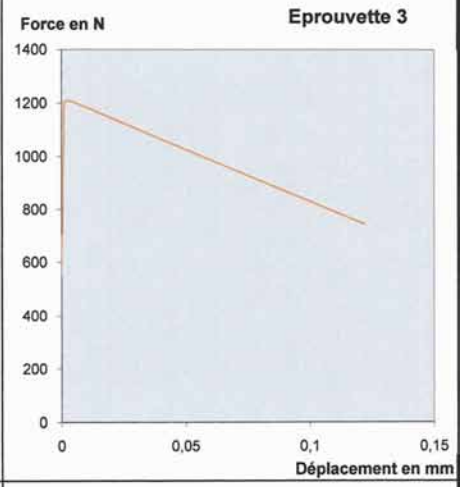
Elancement :	**1**
Mode de conservation :	**eau 40°C**
Age de l'éprouvette :	**7 Jours**
Force à la rupture Fr :	**1266,00 N**
Résistance Rtb :	**0,32 MPa**
Module :	**3500 MPa**

Eprouvette 2



Elancement :	**1**
Mode de conservation :	**eau 40°C**
Age de l'éprouvette :	**7 Jours**
Force à la rupture Fr :	**1156,06 N**
Résistance Rtb :	**0,29 MPa**
Module :	**3000 MPa**

Eprouvette 3



Elancement :	**1**
Mode de conservation :	**eau 40°C**
Age de l'éprouvette :	**7 Jours**
Force à la rupture Fr :	**1209,76 N**
Résistance Rtb :	**0,31 MPa**
Module :	**3100 MPa**

Observations :

Modules donnés à titre indicatif

Rtb moyen : 0,31 MPa

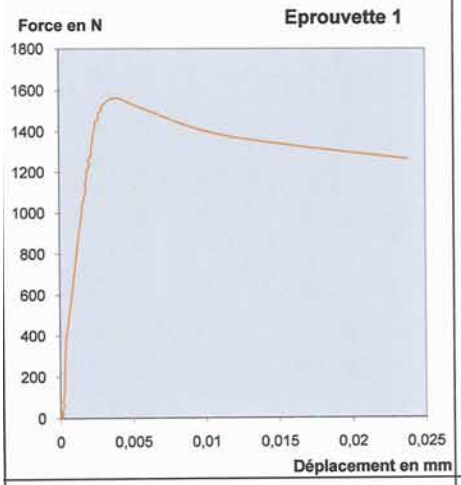
Etb Moyen : 3200 MPa

TRACTION INDIRECTE
ESSAI DE COMPRESSION DIAMETRALE
NF P98-232-3

- Rapport d'essai -

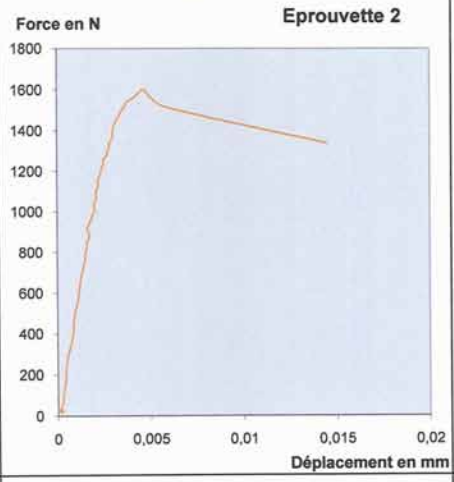
Chantier :	**A-75**
N° de Dossier :	**322-225**
Demandeur :	
Composition :	**Limon + 5% Rolac 645**
Date d'essais :	**20 janvier 2010**
Dimension éprouvettes :	**D5 H5**

Eprouvette 1



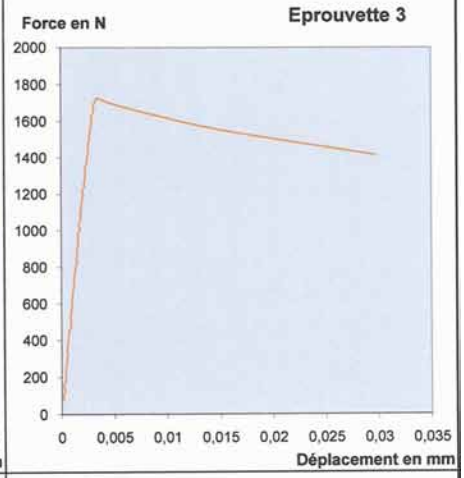
Elancement :	**1**
Mode de conservation :	**Eau à 40°C**
Age de l'éprouvette :	**7 Jours**
Force à la rupture Fr :	**1562,62 N**
Résistance Rtb :	**0,40 MPa**
Module :	**2990 MPa**

Eprouvette 2



Elancement :	**1**
Mode de conservation :	**Eau à 40°C**
Age de l'éprouvette :	**7 Jours**
Force à la rupture Fr :	**1598,08 N**
Résistance Rtb :	**0,41 MPa**
Module :	**3000 MPa**

Eprouvette 3



Elancement :	**1**
Mode de conservation :	**Eau à 40°C**
Age de l'éprouvette :	**7 Jours**
Force à la rupture Fr :	**1726,98 N**
Résistance Rtb :	**0,44 MPa**
Module :	**3500 MPa**

Observations :

Modules donnés à titre indicatif

Rtb moyen : 0,41 MPa

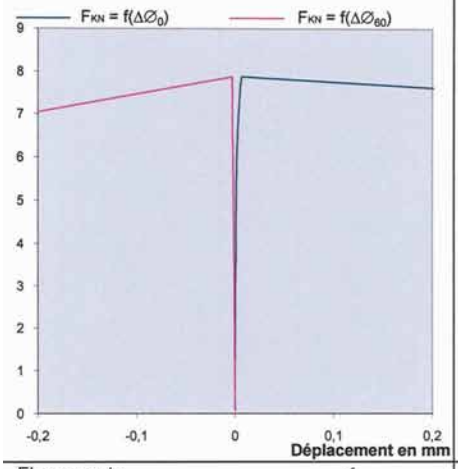
Etb Moyen : 3163 MPa

TRACTION INDIRECTE
ESSAI DE COMPRESSION DIAMETRALE
NF P98-232-3

- Rapport d'essai -

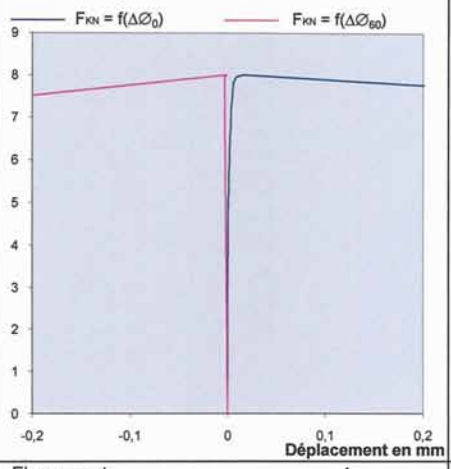
Chantier :	**A75 - Emprunt D8 Ech n°2**
N° de Dossier :	**322 225**
Demandeur :	
Composition :	**5,5% Rolac 645**
Date d'essais :	**22 décembre 2008**
Dimension éprouvettes :	**Ø10cm h10cm**

Eprouvette 1 — **Force en KN**



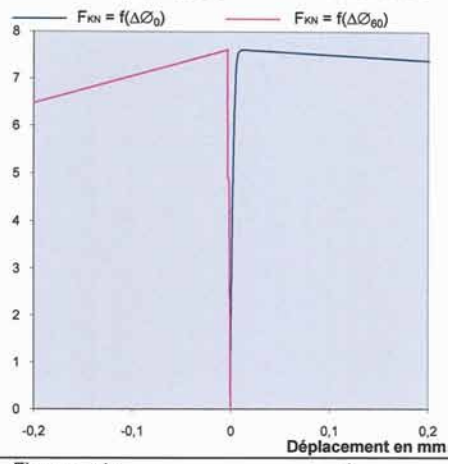
Elancement :	**1**
Mode de conservation :	**Air à 20°C**
Age de l'éprouvette :	**90 Jours**
Force à la rupture Fr :	**7,88 KN**
$(\Delta\varnothing_{60} / \Delta\varnothing_0)$:	**Ξ =**
Coeffficient de Poisson :	**ν = 0,20**
Résistance R_{tb} :	**0,50 MPa**
Module d'Young E_{tb} :	**6 747 MPa**

Eprouvette 2 — **Force en KN**



Elancement :	**1**
Mode de conservation :	**Air à 20°C**
Age de l'éprouvette :	**90 Jours**
Force à la rupture Fr :	**8,01 KN**
$(\Delta\varnothing_{60} / \Delta\varnothing_0)$:	**Ξ =**
Coeffficient de Poisson :	**ν = 0,20**
Résistance R_{tb} :	**0,51 MPa**
Module d'Young E_{tb} :	**6 700 MPa**

Eprouvette 3 — **Force en KN**



Elancement :	**1**
Mode de conservation :	**Air à 20°C**
Age de l'éprouvette :	**90 Jours**
Force à la rupture Fr :	**7,61 KN**
Ξ $(\Delta\varnothing_{60} / \Delta\varnothing_0)$:	**Ξ =**
Coeffficient de Poisson ν:	**ν = 0,21**
Résistance R_{tb} :	**0,48 MPa**
Module d'Young E_{tb} :	**7 063 MPa**

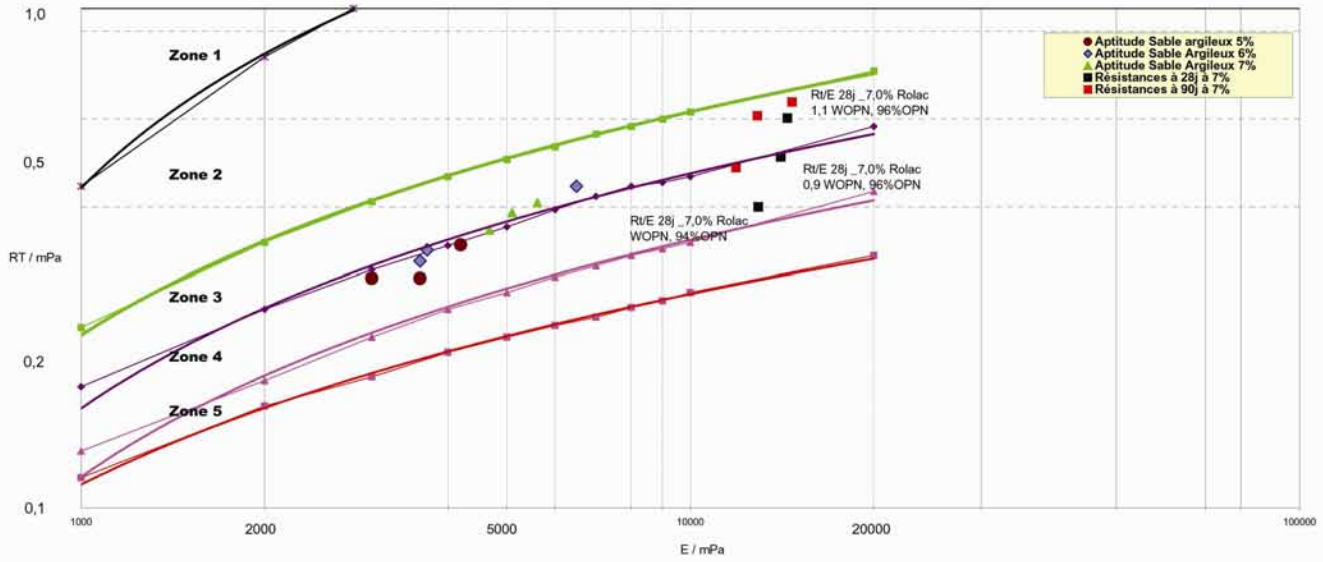
Observations :

96%pd_{OPN}, 0,9W_{OPN}

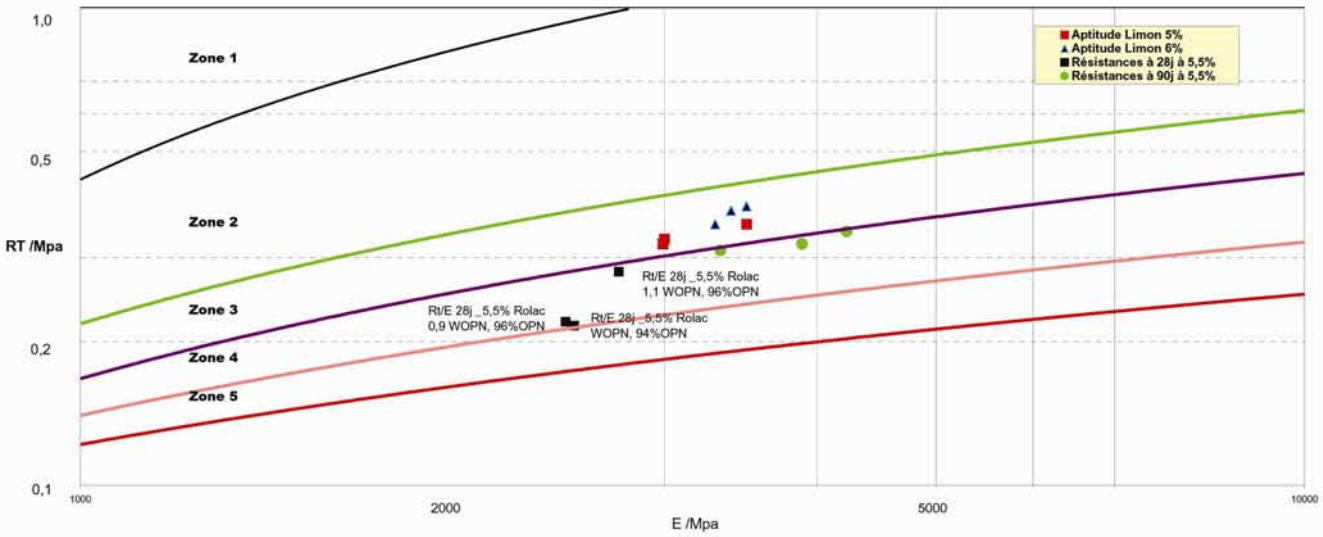
Rtb moyen : 0,50 MPa

Etb Moyen : 6837 MPa

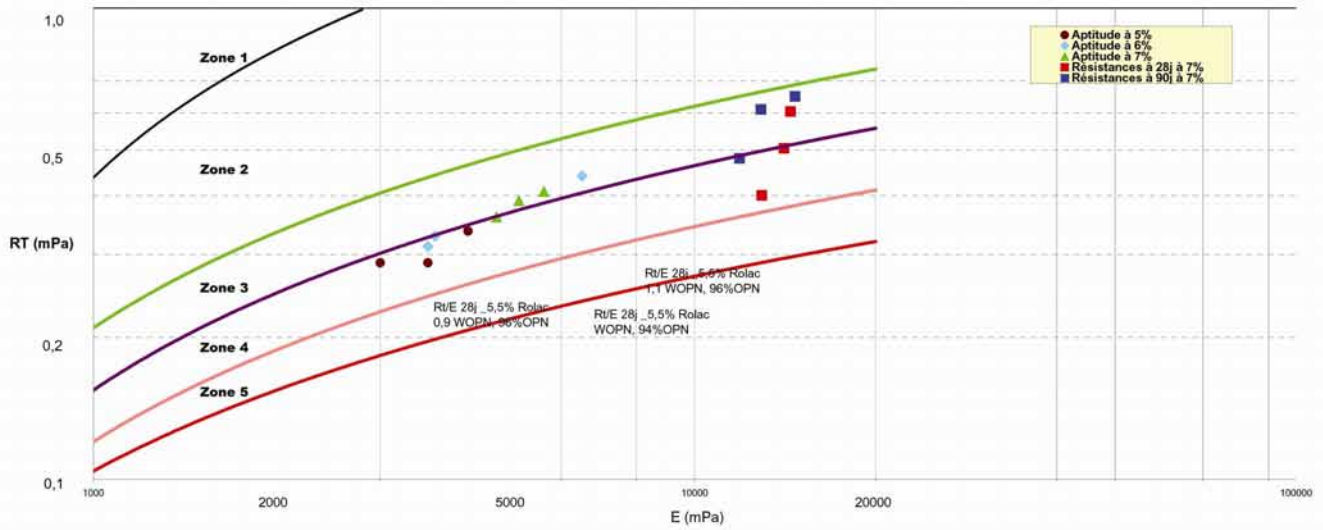
Résultats des tests d'aptitude sur les sables argileux avec ROLAC 645 S PN



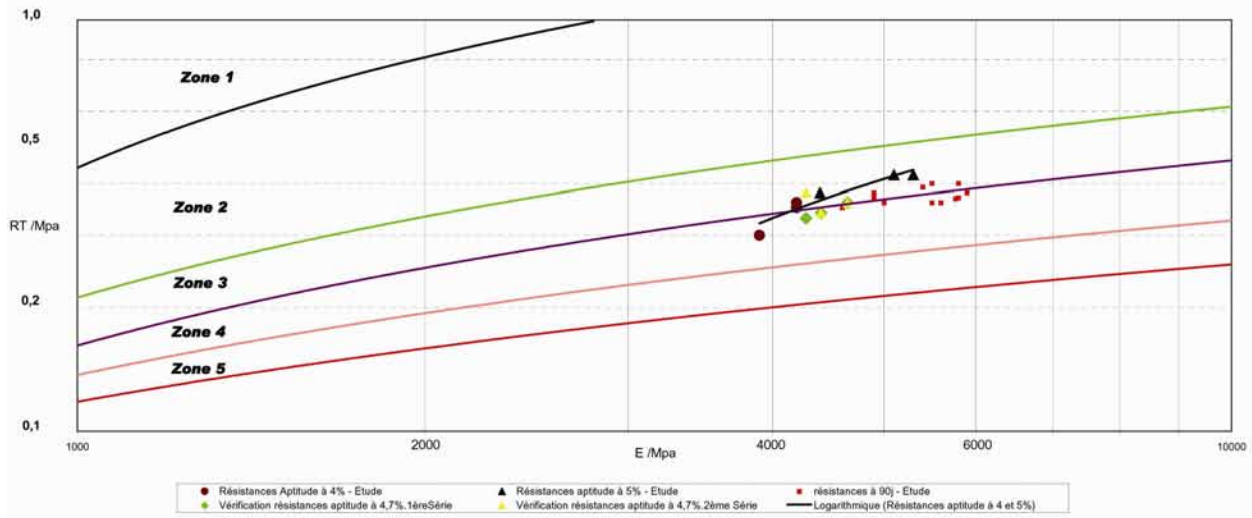
Evolution des caractéristiques mécaniques des limons avec ROLAC 645 S PN

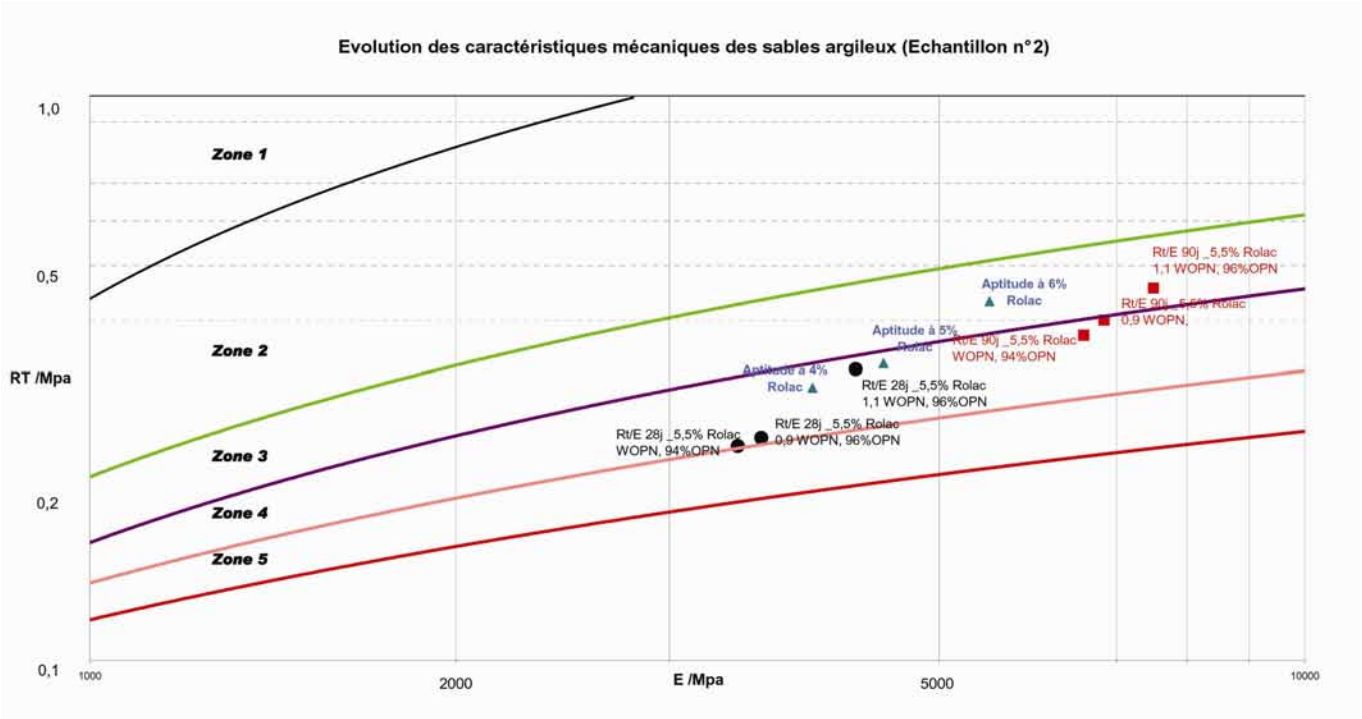


Evolution des caractéristiques mécaniques des sables argileux avec ROLAC 645 S PN



Evolution des caractéristiques mécaniques des sables argileux (Emprunt D8)




Evolution des caractéristiques mécaniques des sables argileux (Echantillon n°2)
1,0
0,5
0,2
0,1
RT /Mpa
1000
2000
5000
10000
E /Mpa
Zone 1
Zone 2
Zone 3
Zone 4
Zone 5
Rt/E 90j _5,5% Rolac
1,1 WOPN, 96%OPN
Aptitude à 6%
Rolac
Rt/E 90j _5,5% Rolac
0,9 WOPN,
Aptitude à 5%
Rolac
Rt/E 90j _5,5% Rolac
WOPN, 94%OPN
Aptitude à 4%
Rolac
Rt/E 28j _5,5% Rolac
1,1 WOPN, 96%OPN
Rt/E 28j _5,5% Rolac
0,9 WOPN, 96%OPN
Rt/E 28j _5,5% Rolac
WOPN, 94%OPN

COMPTE-RENDU D'ESSAI

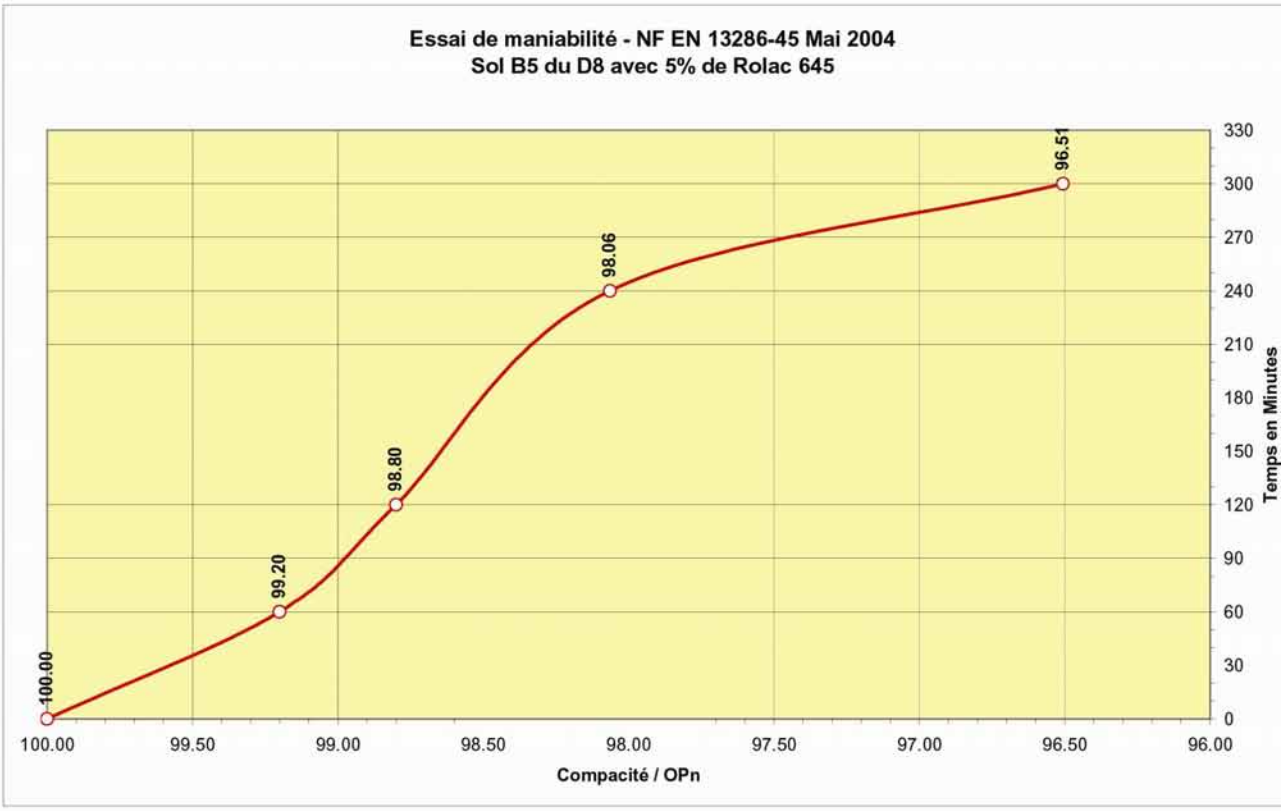
1. INTRODUCTION

Le présent compte-rendu a pour objet l'essai de maniabilité réalisé par le laboratoire de chantier le 8 juillet 2009 selon la norme NF EN 13286-45 de Mai 2004

2. RESULTATS DE L'ESSAI.

Temps après mélange sol/ciment	Densité sèche (T/m3)	Teneur en eau (%)	Compacité (%)
Immédiat	2.010	9.5	100.00
1h00	1.994	8.1	99.20
2h00	1.986	7.9	98.80
4h00	1.971	7.3	98.06
5h00	1.940	6.3	96.51

Ces résultats sont reportés sur un graphique Compacité / Temps donné ci-dessous :



La température ambiante du laboratoire ou était conservés les échantillons en sacs étanches avant compactage était de l'ordre de 28 à 30℃. Le graphique montre que la maniabilité du matériau est de l'ordre de 4 heures (98% de compacité).

Objet : A75 Lot B – Essai de Maniabilité Couche de Forme

COMPTE-RENDU D'ESSAI

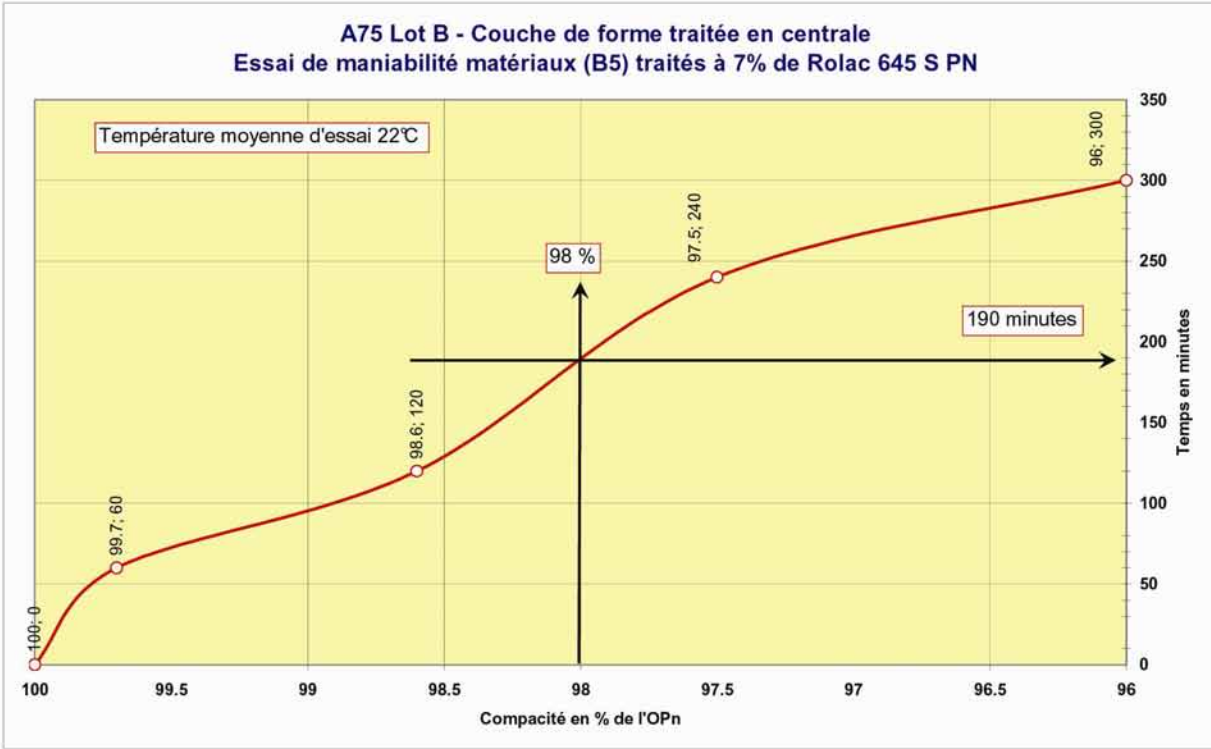
1. INTRODUCTION

Le présent compte-rendu a pour objet l'essai de maniabilité réalisé par le laboratoire de chantier le 02 avril 2010 selon la norme NF EN 13286-45 de Mai 2004 sur le matériau de type B5 destiné à la couche de forme de la TC4.

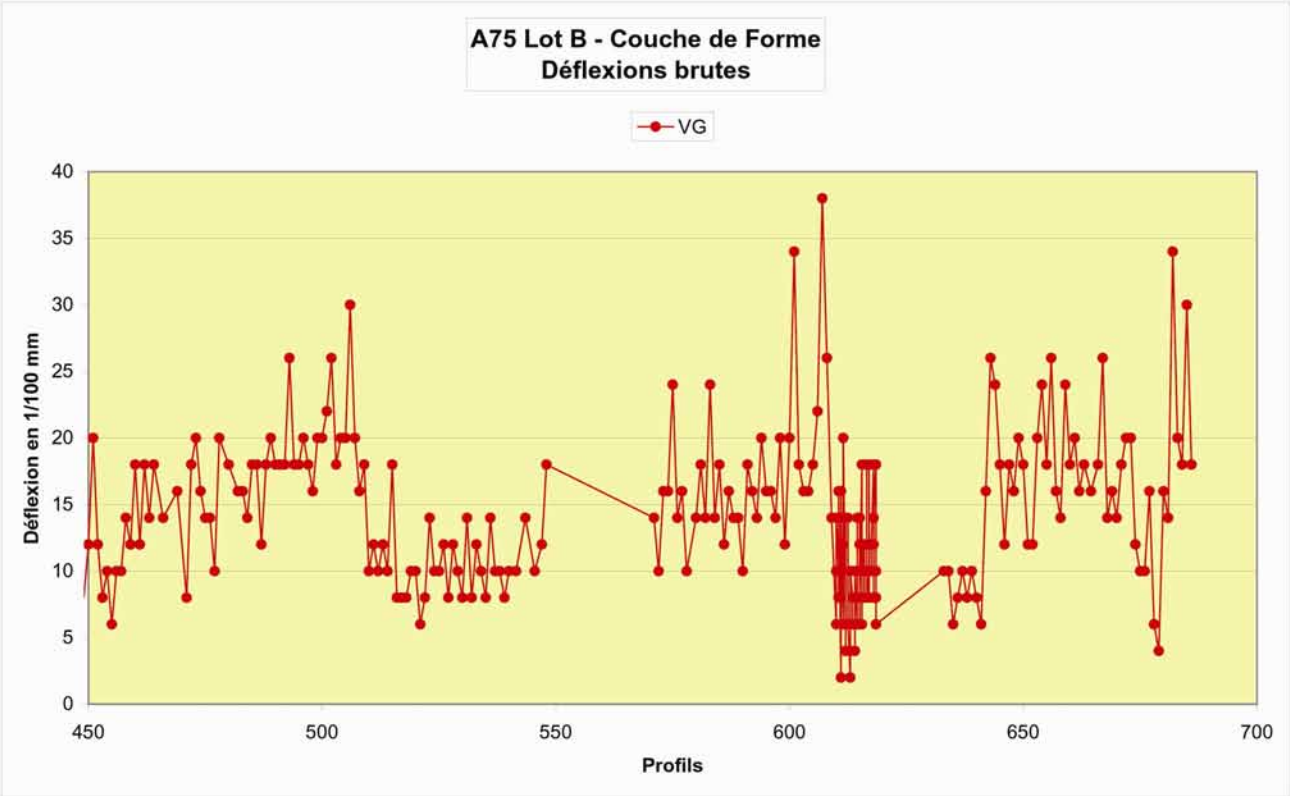
2. RESULTATS DE L'ESSAI.

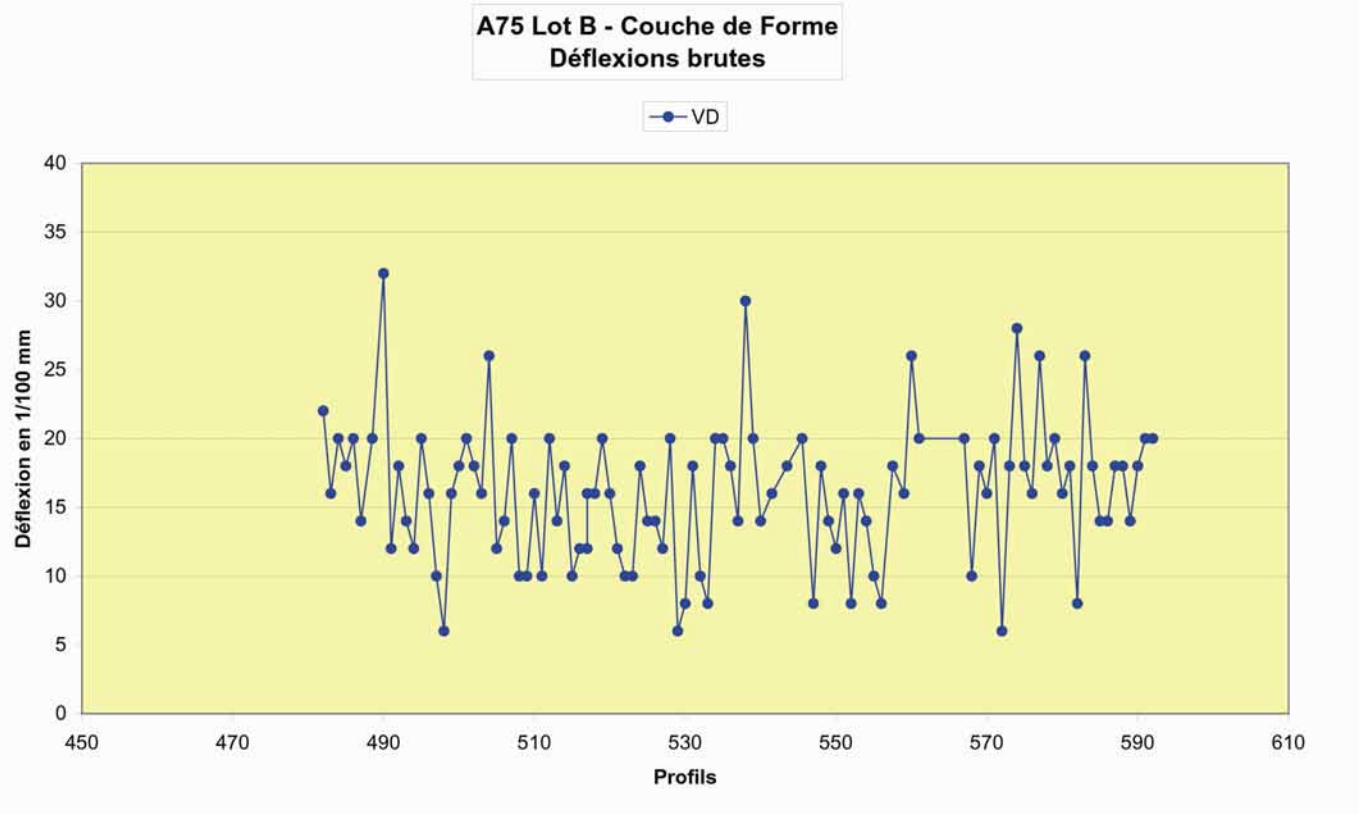
Temps après mélange sol/ciment	Densité sèche (T/m3)	Teneur en eau (%)	Compacité (%)
Immédiat	2.015	9.5	100.00
1h00	2.006	9.2	99.7
2h00	1.993	9.2	98.6
4h00	1.965	9.0	97.5
5h00	1.934	8.7	96.0

Ces résultats sont reportés sur le graphique Compacité / Temps, donné ci-dessous :



La température ambiante du laboratoire ou était conservés les échantillons en sacs étanches avant compactage était de l'ordre de 22°C. Le graph ique montre que la maniabilité du matériau est de l'ordre 190 minutes soit 3h 10 mn pour un dosage à 7% de liant (98% de compacité).


A75 Lot B - Couche de Forme
Déflexions brutes
VG
Déflexion en 1/100 mm
Profils
0
5
10
15
20
25
30
35
40
450
500
550
600
650
700


A75 Lot B - Couche de Forme
Déflexions brutes
VD
Déflexion en 1/100 mm
Profils
0
5
10
15
20
25
30
35
40
450
470
490
510
530
550
570
590
610

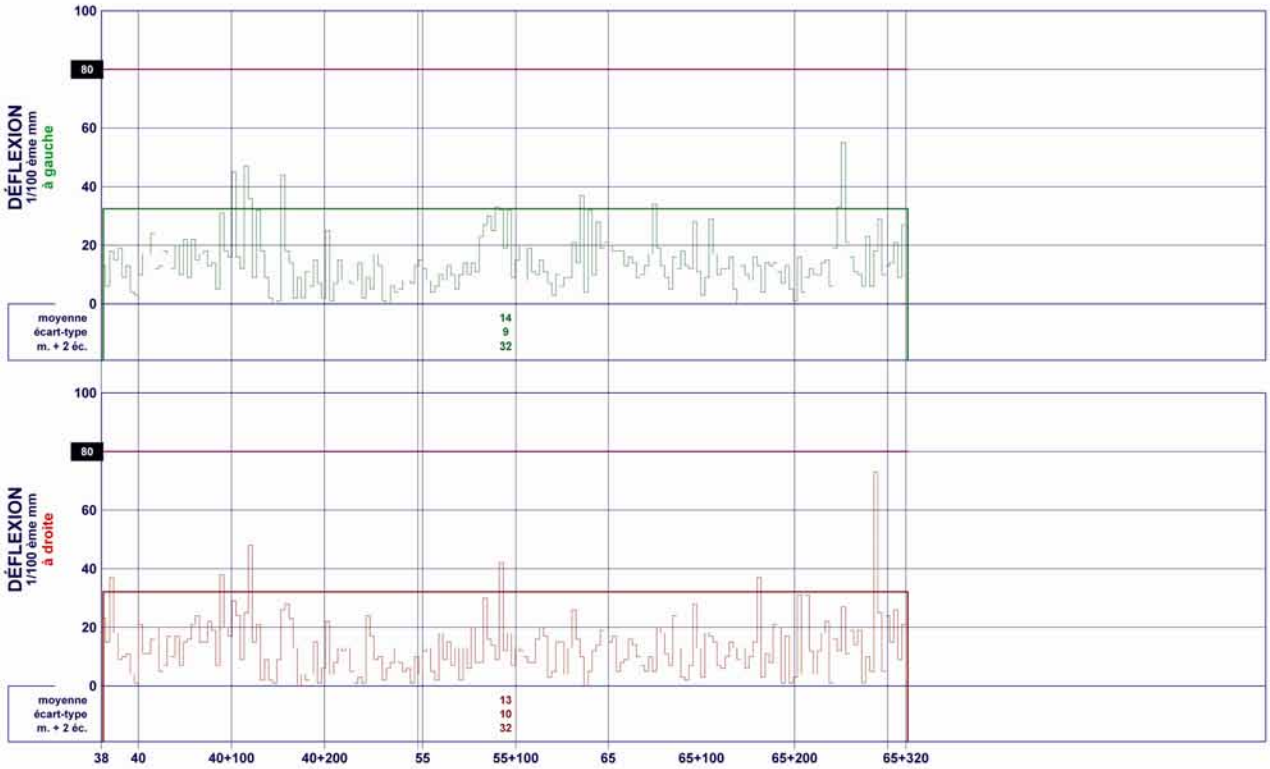
HERAULT
AUTOROUTE A75
PR 38+0 à 65+320
Voie Lente Droite

DEFLECTOGRAPHE

(1 cm = 50m)

Surface initiale
Longueur : 863.7 m
Acquisition : PR croissants
Mesures du 16/12/2009

147



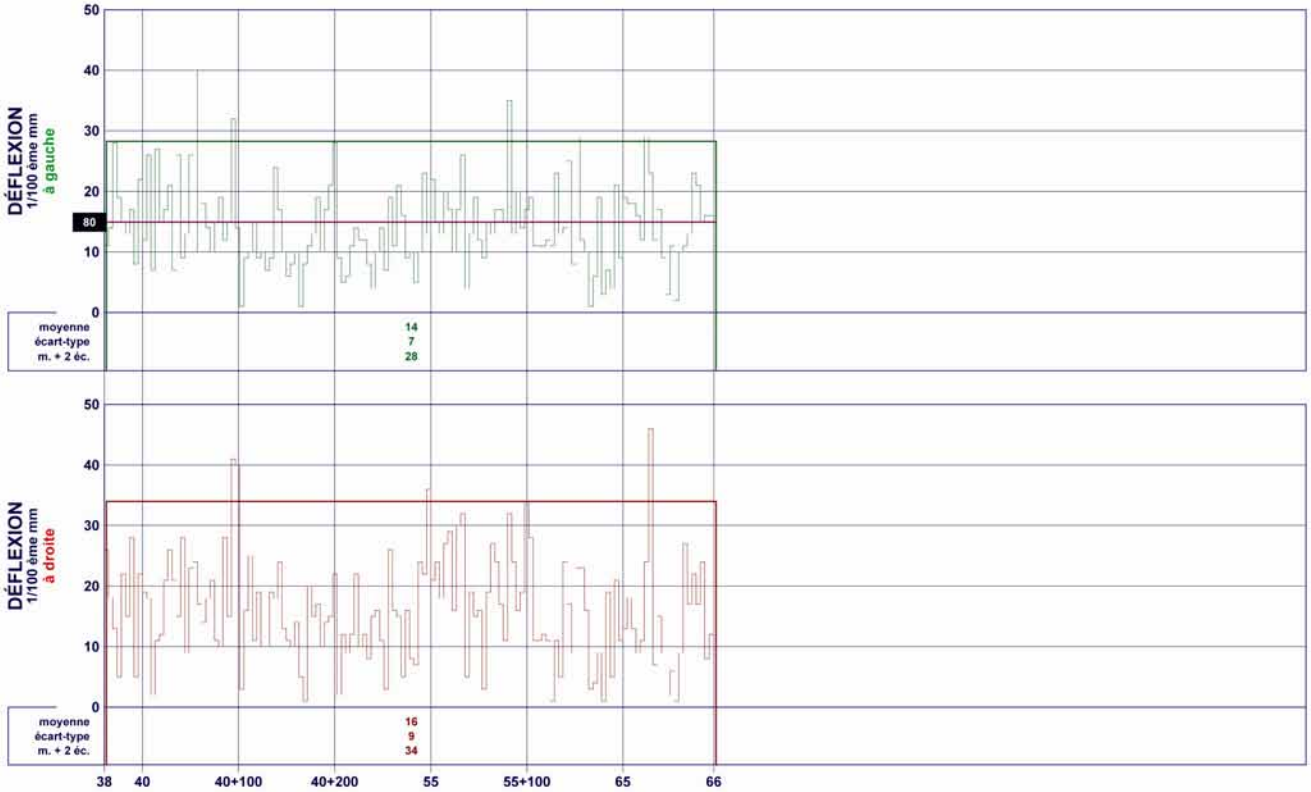
HERAULT
AUTOROUTE A75
PR 38+0 à 66+0
Voie Lente Droite

DEFLECTOGRAPHE

(1 cm = 50m)

Surface initiale
Longueur : 634.1 m
Acquisition : PR décroissants
Mesures du 16/12/2009

146



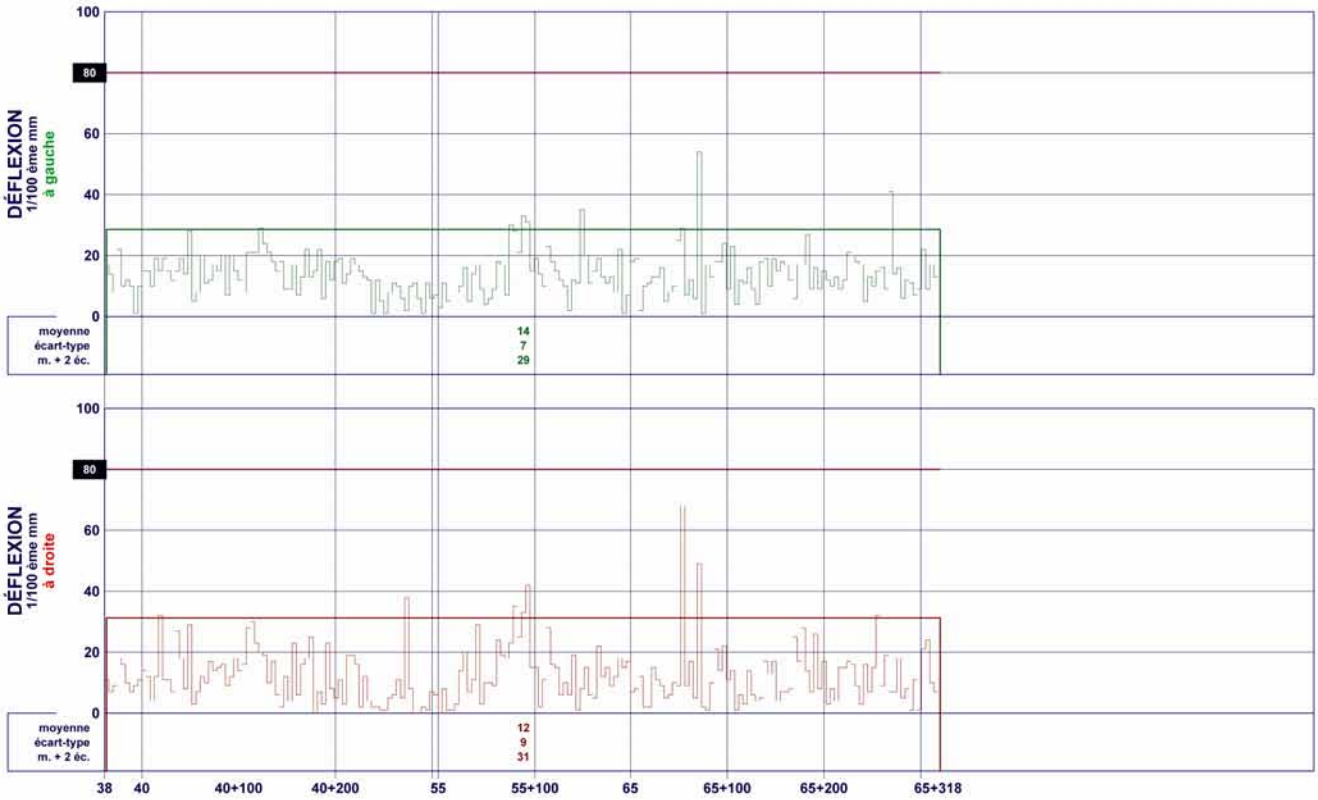
HERAULT
AUTOROUTE A75
PR 38+0 à 65+318
Voie Lente Droite

DEFLECTOGRAPHE

(1 cm = 50m)

Surface initiale
Longueur : 861.6 m
Acquisition : PR croissants
Mesures du 16/12/2009

149



HERAULT
AUTOROUTE A75
PR 38+0 à 70+0
Voie Lente Droite

DEFLECTOGRAPHE

(1 cm = 50m)

Surface initiale
Longueur : 638.2 m
Acquisition : PR décroissants
Mesures du 16/12/2009

148

ANNEXE 11 : FICHES RECAPITULATIVES DU TRAITEMENT DE SOL DE CHAQUE CAS

TRAITEMENT DE SOL FICHE N° 1

1/ Caractéristique du chantier

PROJET : Voirie lotissement
Localisation : Abeilhan, 34

Couche traitée : CDF
Surface à traiter : 1 500 m²
PRODUIT : ROLAC 645 S PN

2/ Contexte géologique Sol A1 → limons, silts alluvionnaires, sables fins
alluvions → limons plus ou moins caillouteux et grésaux (Pliocène Continental)
→ grossières du Pléistocène supérieure → blocs, galets, graves limoneux

3/ identification sol

Dmax	passant 80 µm	passant 2 mm	VBS	IP	Wn	CBR-IPI	LA	MDE	FR	DG	état hydrique
24,26	40%	80%	1,5		13,6						

classes PST 2
AR 1
PF 2

3/ produit et traitement

type de liant ROLAC 645 S PN
Dosage 4 % soit 27 kg/m²
Module
épaisseur traitée 35 cm
densité à l'optimum 1,830 t/m³
teneur en eau traitement 16,9 %

4/ aptitude du sol au traitement

		Essai	Réf.
Gonflement volumique	Gv	0,81	<5%
Résistance mécanique	Rtb	0,2	>0,2 MPa

5/ compactage

matériau	Sol A1 + 4% Rolac
énergie	OPN
~~pd~~ (CBR)	1,830 t/m³
WOPN	16,9 %
CBR/IPI	1,3

EV2	

k	

k = EV2/EV1

TRAITEMENT DE SOL FICHE N° 2

1/ Caractéristique du chantier

PROJET : Voie de livraison et parking Zone commerciale
Localisation : Colombiers, 34

Couche traitée : CDF
Surface à traiter : 12 000 m² (parking + voie)
PRODUIT : ROLAC

2/ Contexte géologique

sol BS → Sables et graves très silteux
colluvions sablo-limoneuses à argileuses

3/ identification sol

Dmax	passant 80 µm	passant 2 mm	VBS	IP	Wn	CBR-IPI	LA	MDE	FR	DG	état hydrique
31,5	17,5%	80,5%	1,15		13,4						h

classes PST 2 améliorée chaux → PST 3
AR 2
PF 3

3/ produit et traitement

type de liant ROLAC 645 S PN
Dosage 4 % soit 27 kg/m²
Module
épaisseur traitée 35 cm
densité à l'optimum
teneur en eau traitement

4/ aptitude du sol au traitement

		Essai	Réf.
Gonflement volumique	Gv		
Résistance mécanique	Rtb		

5/ compactage

matériau	Sol BS + Rolac
énergie	Moyenne
ρd /γd	
WOPM	10,5%
CBR-IPI	

EV2	150 MPa

k	

k = EV2/EV1

TRAITEMENT DE SOL FICHE N° 3

1/ Caractéristique du chantier

PROJET : Bretelle de Raccordement RD/Zac Bastit
Localisation : Béziers, 34

Couche traitée : CDF
Surface à traiter : 2 x 1500 m²
PRODUIT : ROLAC

2/ Contexte géologique (Par déduction) sol A2 → Sables fins argileux, limons, argiles et marnes
colluvions indifférenciées (Pléistocène) → dépôts graveleux
colluvions différenciées → sols bruns calciques (Pléistocène Supérieur)
→ limons sableux argileux + lentilles graveleuses

3/ identification sol

Dmax	passant 80 µm	passant 2 mm	VBS	IP	Wn	CBR-IPI	LA	MDE	FR	DG	état hydrique

classes PST 2
AR 1
PF 2

3/ produit et traitement

type de liant ROLAC 645 S PN
Dosage 4 % soit 27 kg/m²
Module
épaisseur traitée 35 cm
densité à l'optimum
teneur en eau traitement

4/ aptitude du sol au traitement

		Essai	Réf.
Gonflement volumique	Gv		
Résistance mécanique	Rtb		

5/ compactage

matériau	Sol + 4% Rolac
énergie	
ρd /γd	
WOPN	
CBR-IPI	

EV2	140

k	1,60

k = EV2/EV1

TRAITEMENT DE SOL FICHE N° 4

1/ Caractéristique du chantier

PROJET : Voie de liaison
Localisation : Caux, 34

Couche traitée : Assise
Surface à traiter : -
PRODUIT : LHR

2/ Contexte géologique

sol A2 / sol T1-T2 => sol fin et sableux
alluvions (Pliocène continental) -> limons caillouteux et graveux + galets
molasse marno-sableuse (Miocène)

3/ identification sol

Dmax	passant 80 µm	passant 2 mm	VBS	IP	Wn	CBR-IPI	LA	MDE	FR	DG	état hydrique

classes PST 4 -> traitement à la Chaux
AR 2
PF 2

3/ produit et traitement

type de liant LHR
Dosage % soit kg/m²
Module
épaisseur traitée 35 cm
densité à l'optimum
teneur en eau traitement

4/ aptitude du sol au traitement

		Essai	Réf.
Gonflement volumique	Gv		
Résistance mécanique	Rtb		

5/ compactage

matériau	
énergie	
ρd /γd	
WOPN	
CBR-IPI	

EV2	

k	

k = EV2/EV1

TRAITEMENT DE SOL FICHE N° 5

1/ Caractéristique du chantier

PROJET : Raccordement Autoroutes A 75 et A9
Localisation : Béziers, 34

Couche traitée : CDF
Surface à traiter : 4 km
PRODUIT : ROLAC à 5% sur 35 cm ép.

2/ Contexte géologique Sol A_1 → limons, sables fins
alluvions (Pléistocène inférieur) → sables, limons, graviers, cailloutis
colluvion de remplissage → limono-sableuses, caillouteuses

3/ identification sol

Dmax	passant 80 µm	passant 2 mm	VBS	IP	Wn	CBR-IPI	LA	MDE	FR	DG	état hydrique

classes PST 2
AR 2
PF 4

3/ produit et traitement

Type liant et Dosage	1,5% CaO + 5% Rolac	1,5% CaO + 7% Rolac	5% LRS
(t/m³) densité humide	2,113	2,124	2,109
(t/m³) densité séche	1,834	1,831	1,847
(%) teneur en eau OPN	15,2	16	14,7
IPI	12	12	14
épaisseur traitée	35 cm		

4/ aptitude du sol au traitement

Gonflement volumique	Gv	0,9	0,8	1,4	≤ 5
Résistance mécanique	Rtb	0,57	0,67	0,62	≥ 0,2
diagnostic		Adapté	Adapté	Adapté	
classe mécanique					

5/ caractéristique mécaniques à 90 jours

Résistance en traction	Rt	0,39	0,53	0,32
Module	E	5050	7198	56~~42~~
classe mécanique		3	3/4	4

TRAITEMENT DE SOL FICHE N° 6

1/ Caractéristique du chantier

PROJET : Autoroutes A75
Localisation : Section Pézenas - Béziers

Couche traitée : CDF
Surface à traiter : 25 km
PRODUIT : ROLAC

2/ Contexte géologique Sol A_1 / A_2 et BS

Bassin Miocène
Valros → alluvions récentes → limons, sables et graviers
+ sables et graviers fluviatiles (Miocène Continental)

3/ identification sol

	Dmax	passant 80 µm	passant 2 mm	VBS	IP	Wn	CBR-IPI	LA	MDE	FR	DG	état hydrique
sol 1	10	67	90	2,93	15	13,5						
sol 2	10	28,1	97,9	1,36	29	8,1						
sol 3	20	23,2	49,9	0,8	32	5,4						

classes PST 2 Sol 1 limon argilo sableux
AR 3 (traité chaux) Sol 2 sable limono graveleux 1
PF 4 Sol 3 sable limono graveleux 2

3/ produit et traitement

	Sol 1		Sol 2	Sol 3
type de liant	CaO	Rolac	ROLAC	ROLAC
Dosage	1%	5%	5%	5,5%
densité à l'optimum	1,8		1,99	2,02
teneur en eau traitement	17,4		9,9	8,3
IPI OPN	15		30	45
CBR OPN	>100		305	425
épaisseur traitée				

épaisseur retenue à 35 cm
(bien que 30 cm soit suffisant)

4/ aptitude du sol au traitement

		Sol 1	Sol 2	Sol 3
Gonflement volumique	Gv	0,57	1,62	1,41
Résistance mécanique	Rtb	0,43	0,5	0,54
Module	E	4300	4933	5500
diagnostic		Adapté	Adapté	Adapté
classe mécanique		3/4	3	3

5/ caractéristique mécaniques à 90 jours

Résistance en traction	Rt	0,55	0,49	0,57
Module	E	5933	5400	7507
classe mécanique		3	3/4	3/4

ANNEXE 12 : CALCULS DE STRUCTURE DE CHAUSSEE DES CAS PRESENTES

I. Voirie Cas 1 - voie de desserte - faible trafic

1) Données

Trafic : T5 : MJA = 5 PL/j/sens/voie
Durée : 15 ans
Risque : 25 %
Taux de croissance géométrique : 1,5 %
$C = [(1 + \tau)^P - 1] / \tau$
Trafic cumulé : N = 365 x MJA x C = 30 445
structure A : CAM = 0,4 (faible trafic, tous matériaux)
Trafic équivalent : NE = N x CAM = 12 178
structure B : CAM = 0,8 (structure semi-rigide, VRNS)
Trafic équivalent : NE = N x CAM = 24356
Le sol support est une PF 2 de module 50 MPa.

- Structure A - - Structure B -

A - Structure de chaussée souple : BBSG /GNT

2) Calcul de la structure

Tableau 1 (synthèse) :
tractions principales majeures dans le plan horizontal XoY et compressions principales majeures selon la verticale ZZ ; déflexion maximale

	niveau calcul	EpsilonT horizontale	SigmaT horizontale	EpsilonZ verticale	SigmaZ verticale
			surface (z=0.000)		
h= 0,050 m	0,000m	-116,0	-0,079	-93,4	0,658
E= 5400,0 MPa					
nu= 0,350	0,050m	-229,2	-1,565	276,9	0,459
			collé (z=0,050m)		
h= 0,150 m	0,050m	-229,2	0,043	939,6	0,459
E= 400,0 MPa					
nu= 0,350	0,200m	-392,8	-0,131	576,1	0,153
			collé (z=0,200m)		
h= 0,300 m	0,200m	-392,8	-0,027	814,9	0,153
E= 200,0 MPa					
nu= 0,350	0,500m	-337,4	-0,078	436,0	0,037
			collé (z=0,500m)		
h infini	0,500m	-337,4	-0,005	777,8	0,037
E= 50,0 MPa					
nu= 0,350					

Déflexion maximale =86,7 mm/100 (entre-jumelage)
Rayon de courbure =103,1 m (entre-jumelage)

3) Calcul des limites admissible de la structure :

Déformation admissible du sol support :

$$\boldsymbol{\varepsilon_{z,ad} = A \times (NE)^{-0,222}}$$

$$\varepsilon_{z,ad} = 0,016 \times (12178)^{-0,222} = 1982 \times 10^{-6}$$

4) Comparaison des valeurs calculées et des valeurs admissibles

$$\varepsilon_z = 777,8 \times 10^{-6} \quad < \quad \varepsilon_{z,ad} = 1982 \times 10^{-6}$$

B - Structure avec CDF traitée/fondation (= couche de chaussée incluse dans le calcul)

2) Calcul de la structure

Tableau 1 (synthèse) :
tractions principales majeures dans le plan horizontal XoY et compressions principales majeures selon la verticale ZZ ; déflexion maximale

	niveau calcul	EpsilonT horizontale	SigmaT horizontale	EpsilonZ verticale	SigmaZ verticale
---------- *surface (z=0.000)* ----------					
h= 0,050 m E= 5400,0 MPa	0,000m	-171,2	-0,836	35,0	0,659
nu= 0,350	0,050m	-158,4	-0,999	226,9	0,542
---------- *collé (z=0,050m)* ----------					
h= 0,100 m E= 400,0 MPa	0,050m	-158,4	0,089	1009,2	0,542
nu= 0,350	0,150m	16,1	0,131	588,4	0,390
---------- *collé (z=0,150m)* ----------					
h= 0,350 m E= 12000,0 MPa	0,150m	16,1	0,399	15,2	0,390
nu= 0,250	0,500m	-34,0	-0,522	21,2	0,007
---------- *collé (z=0,500m)* ----------					
h infini E= 50,0 MPa nu= 0,350	0,500m	-34,0	0,001	124,2	0,007

Déflexion maximale =34,0 mm/100 (entre-jumelage)
Rayon de courbure =246,2 m (entre-jumelage)

3) Calcul des limites admissible de la structure :

Déformation admissible du sol support :

$$\boldsymbol{\varepsilon_{z,ad} = A \times (NE)^{-0,222}}$$

$$\varepsilon_{z,ad} = 0,016 \times (24356)^{-0,222} = 1699 \times 10^{-6}$$

Contrainte admissible MTLH :

$$\boldsymbol{\sigma_{t,ad} = \sigma_6 \times (NE/10^6)^b\ k_r \times k_c \times k_s \times k_d}$$

$$\sigma_{t,ad} = 0,5 \times (24356/10^6)^{-1/12} \times 0,879 \times 1,5 \times (1/1,1) \times 1 = 0,817 \text{ MPa}$$

matériau	E	v	σ_6	-1/b	SN	Sh	k_c	k_s	k_r	k_d
SC2	12 000	0,25	0,5	12	0,8	0,025	1,5	1/1,1	0,879	1

Le sol est de classe A_2 : limon, sable, traité au Rolac (LHR).
Pour le calcul le matériau sera assimilé à un sable-ciment de classe 2 (SC2).
k_s = 1/1,1 (PF 2)

Risque r = 25 %

k_r = 0,879

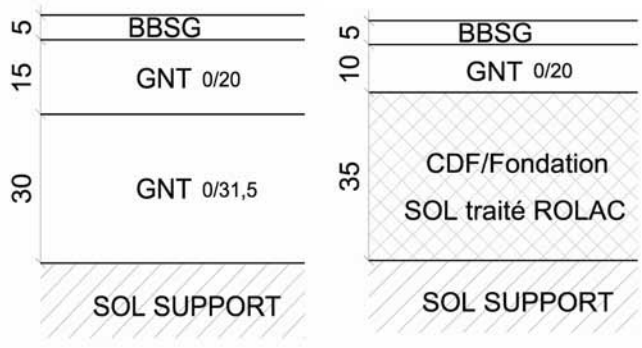
4) Comparaison des valeurs calculées et des valeurs admissibles

$$\varepsilon_z = 124,2 \times 10^{-6} \quad < \quad \varepsilon_{z,ad} = 1699 \times 10^{-6}$$

$$\sigma_t = 0,522 \text{ MPa} \quad < \quad \sigma_{t,ad} = 0,817 \text{ MPa}$$

II. Voirie Cas 2 - voie de desserte - faible trafic

1) Données



- Structure A - - Structure B -

Trafic : T5 : MJA = 10 PL/j/sens/voie
Durée : 15 ans
Risque : 25 %
Taux de croissance géométrique : 1,5 %
$C = [(1 + \tau)^P - 1] / \tau$
Trafic cumulé : N = 365 x MJA x C = 60 890
Structure A : CAM = 0,4 (faible trafic)
Trafic équivalent : NE = N x CAM = 24 356
Structure B : CAM = 0,8 (structure semi-rigide, VRNS)
Trafic équivalent : NE = N x CAM = 48 712
Le sol support est une PF 2 de module 50 MPa.

A - Structure de chaussée souple : BBSG /GNT

2) Calcul de la structure

Tableau 1 (synthèse) :
tractions principales majeures dans le plan horizontal XoY et compressions principales majeures selon la verticale ZZ ; déflexion maximale

	niveau calcul	EpsilonT horizontale	SigmaT horizontale	EpsilonZ verticale	SigmaZ verticale
			surface (z=0.000)		
h= 0,050 m	0,000m	-116,0	-0,079	-93,4	0,658
E= 5400,0 MPa					
nu= 0,350	0,050m	-229,2	-1,565	276,9	0,459
			collé (z=0,050m)		
h= 0,150 m	0,050m	-229,2	0,043	939,6	0,459
E= 400,0 MPa					
nu= 0,350	0,200m	-392,8	-0,131	576,1	0,153
			collé (z=0,200m)		
h= 0,300 m	0,200m	-392,8	-0,027	814,9	0,153
E= 200,0 MPa					
nu= 0,350	0,500m	-337,4	-0,078	436,0	0,037
			collé (z=0,500m)		
h infini	0,500m	-337,4	-0,005	777,8	0,037
E= 50,0 MPa					
nu= 0,350					

Déflexion maximale =86,7 mm/100 (entre-jumelage)
Rayon de courbure =103,1 m (entre-jumelage)

3) Calcul des limites admissible de la structure :

Déformation admissible du sol support :

$$\boldsymbol{\varepsilon_{z,ad} = A \times (NE)^{-0,222}}$$

$$\varepsilon_{z,ad} = 0,016 \times (24\,356)^{-0,222} = 1699 \times 10^{-6}$$

4) Comparaison des valeurs calculées et des valeurs admissibles

$$\varepsilon_z = 777,8 \times 10^{-6} \quad < \quad \varepsilon_{z,ad} = 1699 \times 10^{-6}$$

B - Structure avec CDF traitée/fondation (= couche de chaussée incluse dans le calcul)

2) Calcul de la structure

Tableau 1 (synthèse) :
tractions principales majeures dans le plan horizontal XoY et compressions principales majeures selon la verticale ZZ ; déflexion maximale

	niveau calcul	EpsilonT horizontale	SigmaT horizontale	EpsilonZ verticale	SigmaZ verticale
			surface (z=0.000)		
h= 0,050 m	0,000m	-171,2	-0,836	35,0	0,659
E= 5400,0 MPa					
nu= 0,350	0,050m	-158,4	-0,999	226,9	0,542
			collé (z=0,050m)		
h= 0,100 m	0,050m	-158,4	0,089	1009,2	0,542
E= 400,0 MPa					
nu= 0,350	0,150m	16,1	0,131	588,4	0,390
			collé (z=0,150m)		
h= 0,350 m	0,150m	16,1	0,399	15,2	0,390
E= 12000,0 MPa					
nu= 0,250	0,500m	-34,0	-0,522	21,2	0,007
			collé (z=0,500m)		
h infini	0,500m	-34,0	0,001	124,2	0,007
E= 50,0 MPa					
nu= 0,350					

Déflexion maximale =34,0 mm/100 (entre-jumelage)
Rayon de courbure =246,2 m (entre-jumelage)

3) Calcul des limites admissible de la structure :

Déformation admissible du sol support :

$$\boldsymbol{\varepsilon_{z,ad} = A \times (NE)^{-0,222}}$$

$$\varepsilon_{z,ad} = 0,016 \times (48\,712)^{-0,222} = 1457 \times 10^{-6}$$

Contrainte admissible MTLH :

$$\boldsymbol{\sigma_{t,ad} = \sigma_6 \times (NE/10^6)^b\ k_r \times k_c \times k_s \times k_d}$$

$$\sigma_{t,ad} = 0,5 \times (48\,712/10^6)^{-1/12} \times 0,879 \times 1,5 \times (1/1,1) \times 1 = 0,77 \text{ MPa}$$

matériau	E	v	σ_6	-1/b	SN	Sh	k_c	k_s	k_r	k_d
SC2	12 000	0,25	0,5	12	0,8	0,025	1,5	1/1,1	0,879	1

Le sol est de classe B_5 : sables et graves très silteux, traité au Rolac (LHR).
Pour le calcul le matériau sera assimilé à un sable-ciment de classe 2 (SC2).
k_s = 1/1,1 (PF 2)

Risque r = 25 %

k_r = 0,879

4) Comparaison des valeurs calculées et des valeurs admissibles

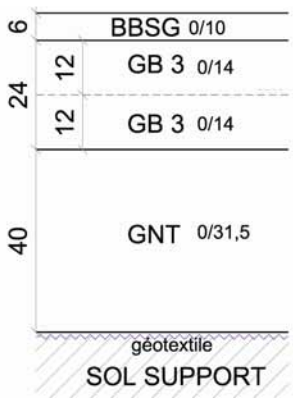
$$\varepsilon_z = 124,2 \times 10^{-6} \quad < \quad \varepsilon_{z,ad} = 1457 \times 10^{-6}$$

$$\sigma_t = 0,522 \text{ MPa} \quad < \quad \sigma_{t,ad} = 0,77 \text{ MPa}$$

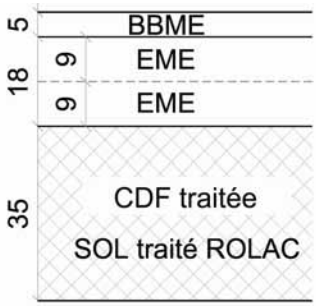
III. Voirie Cas 3 - voie de distribution - faible trafic

1) Données

Trafic : T5 : MJA = 20 PL/j/sens/voie
Durée : 20 ans
Risque : 20 %
Taux de croissance géométrique : 2 %
$C = [(1 + \tau)^P - 1] / \tau$
Trafic cumulé : N = 365 x MJA x C = 177 370
Structure A : CAM = 0,5 (VNRS)
Trafic équivalent : NE = N x CAM = 88 685
Structure B : CAM = 0,8 (structure mixte, VNRS)
Trafic équivalent : NE = N x CAM = 141 896



- Structure A -



- Structure B -

A - Structure de chaussée bitumineuse épaisse : BBSG /GB 3 /GNT

2) Calcul de la structure

Tableau 1 (synthèse) :
tractions principales majeures dans le plan horizontal XoY et compressions principales majeures selon la verticale ZZ ; déflexion maximale

	niveau calcul	EpsilonT horizontale	SigmaT horizontale	EpsilonZ verticale	SigmaZ verticale
			surface (z=0.000)		
h= 0,060 m	0,000m	32,4	0,341	16,3	0,658
E= 5400,0 MPa					
nu= 0,350	0,060m	17,6	0,297	47,9	0,609
			collé (z=0,060m)		
h= 0,240 m	0,060m	17,6	0,492	18,5	0,609
E= 9300,0 MPa					
nu= 0,350	0,300m	-55,4	-0,699	51,6	0,035
			collé (z=0,300m)		
h= 0,400 m	0,300m	-55,4	-0,009	109,5	0,035
E= 360,0 MPa					
nu= 0,350	0,700m	-70,1	-0,033	88,7	0,009
			collé (z=0,700m)		
h infini	0,700m	-70,1	0,000	187,6	0,009
E= 50,0 MPa					
nu= 0,350					

Déflexion maximale =37,9 mm/100 (entre-jumelage)
Rayon de courbure =1374,0 m (entre-jumelage)

3) Calcul des limites admissible de la structure :

Déformation admissible du sol support :

$$\boldsymbol{\varepsilon_{z,ad} = A \times (NE)^{-0,222}}$$

$$\varepsilon_{z,ad} = 0,016 \times (88\,685)^{-0,222} = 1275 \times 10^{-6}$$

Déformation admissible à la base de la couche bitumineuse :

$$\boldsymbol{\varepsilon_{t,ad} = \varepsilon_t(NE)\, k_r \times k_c \times k_s}$$

$$\boldsymbol{\varepsilon_t(NE) = \varepsilon_6 \times [E\,(10°C) / E\,(\theta_{eq})]\,(NE/10^6)^b}$$

$$\varepsilon_t(88\,685) = 90 \times [12\,300/9\,300]\,(88\,685/10^6)^{-0,2} = 193$$

$$\varepsilon_{t,ad} = 193 \times 0{,}86 \times 1{,}3 \times (1/1{,}1) = 196$$

matériau	E	v	ε_6	-1/b	SN	Sh	k_c	k_s	k_r	E (10°C)
GB 3	9 300	0,35	90	5	0,3	2,5	1,3	1/1,1	0,86	12 300

k_s = 1/1,1 (PF 2)

Risque r = 20 %

k_r = 0,86

4) Comparaison des valeurs calculées et des valeurs admissibles

$$\varepsilon_z = 187{,}6 \times 10^{-6} \quad < \quad \varepsilon_{z,ad} = 1275 \times 10^{-6}$$

$$\varepsilon_t = 70{,}1 \quad < \quad \varepsilon_{t,ad} = 196$$

B - Structure mixte : BBSG /EME / CDF traitée

2) Calcul de la structure

Tableau 1 (synthèse) :
tractions principales majeures dans le plan horizontal XoY et compressions principales majeures selon la verticale ZZ ; déflexion maximale

	niveau calcul	EpsilonT horizontale	SigmaT horizontale	EpsilonZ verticale	SigmaZ verticale
			surface (z=0.000)		
h= 0,060 m	0,000m	15,2	0,167	47,4	0,658
E= 5400,0 MPa					
nu= 0,350	0,060m	9,5	0,170	59,7	0,620
			collé (z=0,060m)		
h= 0,180 m	0,060m	9,5	0,401	15,8	0,620
E= 14000,0 MPa					
nu= 0,350	0,240m	-13,6	-0,183	18,8	0,152
			collé (z=0,240m)		
h= 0,350 m	0,240m	-13,6	-0,034	32,8	0,152
E= 5000,0 MPa					
nu= 0,250	0,590m	-32,2	-0,208	21,1	0,005
			collé (z=0,590m)		
h infini	0,590m	-32,2	0,000	97,9	0,005
E= 50,0 MPa					
nu= 0,350					

Déflexion maximale =26,0 mm/100 (entre-jumelage)
Rayon de courbure =2611,1 m (entre-jumelage)

3) Calcul des limites admissible de la structure :

Déformation admissible du sol support :

$$\boldsymbol{\varepsilon_{z,ad} = A \times (NE)^{-0{,}222}}$$

$$\varepsilon_{z,ad} = 0{,}016 \times (141\,896)^{-0{,}222} = 1149 \times 10^{-6}$$

Déformation admissible à la base de la couche bitumineuse :

$$\boldsymbol{\varepsilon_{t,ad} = \varepsilon_t(NE)\, k_r \times k_c \times k_s}$$

$$\boldsymbol{\varepsilon_t(NE) = \varepsilon_6 \times [E\,(10°C)\,/E\,(\theta_{eq})]\,(NE/10^6)^b}$$

$$\varepsilon_t(141\,896) = 100 \times [17\,000/14\,000]\,(141\,896/10^6)^{-0{,}2} = 179{,}4$$

$$\varepsilon_{t,ad} = 179{,}4 \times 0{,}86 \times (1/1{,}1) \times 1 = 154{,}3$$

matériau	E	v	ε_6	-1/b	SN	Sh	k_c	k_s	k_r	E (10°C)
EME 1	14 000	0,35	100	5	0,3	2,5	1	1/1,1	0,86	17 000

k_s = 1/1,1 (PF 2)

Risque r = 20 %
k_r = 0,86

Contrainte de traction admissible MTLH :

$$\boldsymbol{\sigma_{t,ad} = \sigma_6 \times (NE/10^6)^b \; k_r \times k_c \times k_s \times k_d}$$

$$\sigma_{t,ad} = 0{,}21 \times (141\,896/10^6)^{-1/12} \times 0{,}851 \times 1{,}5 \times (1/1{,}1) \times 1 = 0{,}287 \text{ MPa}$$

matériau	E	v	σ_6	-1/b	SN	Sh	k_c	k_s	k_r	k_d
SC1	5 000	0,25	0,21	12	0,8	0,025	1,5	1/1,1	0,851	1

Le sol est de classe A_2 : sables fins, argileux, limons, argiles et marnes, traité au Rolac (LHR).
Pour le calcul le matériau (sol traité) sera assimilé à un sable-ciment de classe 1 (SC1)
k_s = 1/1,1 (PF 2)

Risque r = 20 %
k_r = 0,851

4) Comparaison des valeurs calculées et des valeurs admissibles

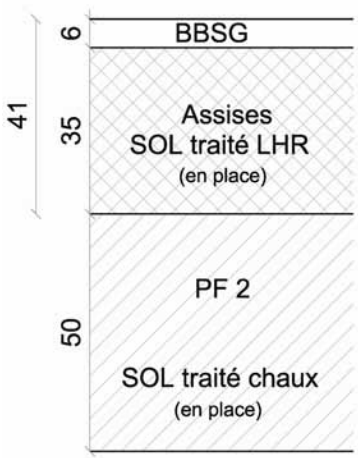
$$\varepsilon_z = 97{,}9 \times 10^{-6} \quad < \quad \varepsilon_{z,ad} = 1149 \times 10^{-6}$$

$$\varepsilon_t = 13{,}6 \quad < \quad \varepsilon_{t,ad} = 154{,}3$$

$$\sigma_t = 0{,}208 \text{ MPa} \quad < \quad \sigma_{t,ad} = 0{,}287 \text{ MPa}$$

IV. Voirie Cas 4 - voie de liaison - faible trafic

1) Données



Trafic : TC1 : MJA = 25 PL/j/sens/voie
Durée : 20 ans
Risque : 12,5 %
Taux de croissance géométrique : 1,79 %
(Taux de croissance arithmétique : 2 %)
Trafic cumulé : N = 365 x MJA x C = 212 175
Agressivité du trafic : CAM = 1
La valeur a été prise à 1 par le concepteur du projet.
(au lieu de 0,4 faible trafic ou 0,8 VRNS et structure semi-rigide)
Trafic équivalent : NE = N x CAM = 212 175

2) Calcul ALIZE de la structure

Alizé-Lcpc - Dimensionnement des structures de chaussées
selon la méthode rationnelle Lcpc-Sétra

Signalement du calcul :
- données Structure : saisie écran, sans nom
- titre de l'étude : sans titre

- données Chargement :
- jumelage standard de 65 kN
- pression verticale : 0,6620 MPa
- rayon de contact : 0,1250 m
- entraxe jumelage : 0,3750 m

unités : m, MN et MPa ; déformations en µdéf ; déflexions en mm/100

Tableau 1 (synthèse) :
tractions principales majeures dans le plan horizontal XoY et compressions principales majeures selon la verticale ZZ ; déflexion maximale

	niveau calcul	EpsilonT horizontale	SigmaT horizontale	EpsilonZ verticale	SigmaZ verticale
			surface (z=0.000)		
h= 0,060 m	0,000m	13,1	0,324	-22,9	0,658
E= 7000,0 MPa					
nu= 0,350	0,060m	5,7	0,364	43,1	0,574
			collé (z=0,060m)		
h= 0,350 m	0,060m	5,7	0,173	114,7	0,574
E= 4000,0 MPa					
nu= 0,250	0,410m	-77,5	-0,390	48,3	0,013
			collé (z=0,410m)		
h infini	0,410m	-77,5	0,001	231,1	0,013
E= 50,0 MPa					
nu= 0,350					

Déflexion maximale =41,1 mm/100 (entre-jumelage)
Rayon de courbure =884,0 m (entre-jumelage)

3) Calcul des limites admissible de la structure :

Déformation admissible du sol support :

$$\boldsymbol{\varepsilon_{z,ad} = A \times (NE)^{-0,222}}$$

$$\varepsilon_{z,ad} = 0,012 \times (217\,175)^{-0,222} = 784 \times 10^{-6}$$

Contrainte de traction admissible MTLH :

$$\boldsymbol{\sigma_{t,ad} = \sigma_6 \times (NE/10^6)^b \; k_r \times k_c \times k_s \times k_d}$$

$$\sigma_{t,ad} = 0{,}4 \times (217\,180/10^6)^{-1/11} \; 0{,}751 \times 1{,}4 \times 1/1{,}1 \times 1 = 0{,}439 \text{ MPa}$$

Alizé-Lcpc - Dimensionnement des structures de chaussées
selon la méthode rationnelle Lcpc-Sétra

Calcul de Valeur admissible - matériau : traité aux liants hydraulique
données de trafic :
MJA = 25 pl/j/sens/voie
accroisst arith. = 2,00%
période de calcul = 20,0 années
trafic cumulé NPL = 217 180 PL
données déduites :
accroisst géom. = 1,79%
trafic cumulé équivalent NE :
coefficient CAM = 1,00
trafic cumulé NE = 217 180 essieux standard
données sur le matériau :
- Sigma6 = 0,400 MPa
- pente inverse 1/b = -11,00
- écart type Sh = 0,040 m
- écart type SN = 0,800
- risque = 12,5%
- coefficient Kr = 0,7510
- coefficient 1/Kd = 1,000
- coefficient 1/Ks = 1/1,1
- coefficient Kc = 1,4

SigmaT admissible = 0,439 MPa

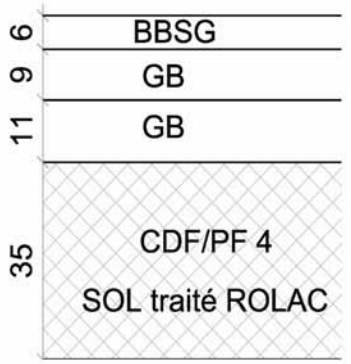
4) Comparaison des valeurs calculées et des valeurs admissibles

$$\sigma_t = 0{,}390 \text{ MPa} \quad < \quad \sigma_{t,ad} = 0{,}439 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_z = 231 \times 10^{-6} < \quad \varepsilon_{z,ad} = 784 \times 10^{-6}$$

V. Voirie Cas 5 - bretelle de raccordement d'autoroutes - trafic fort

1) Données



Trafic : T0+ : MJA = 1 500 PL/j/sens/voie
Durée : 15 ans
Risque : 2 %
Taux de croissance géométrique : 4 %
$C = [(1 + \tau)^P - 1] / \tau$
Trafic cumulé : N = 365 x MJA x C = 10 962 914
Agressivité du trafic : CAM = 0,8 (matériaux bitumineux)
Trafic équivalent : NE = N x CAM = 8 770 331
CAM = 1 (PF support, VRS)
NE = N x CAM = 10 962 914

Structure de chaussée bitumineuse épaisse : BBSG /GB 4

2) Calcul de la structure

Tableau 1 (synthèse) :
tractions principales majeures dans le plan horizontal XoY et compressions principales majeures selon la verticale ZZ ; déflexion maximale

	niveau calcul	EpsilonT horizontale	SigmaT horizontale	EpsilonZ verticale	SigmaZ verticale
			surface (z=0.000)		
h= 0,060 m	0,000m	28,8	0,404	3,7	0,658
E= 7000,0 MPa					
nu= 0,350	0,060m	13,3	0,321	35,2	0,599
			collé (z=0,060m)		
h= 0,200 m	0,060m	13,3	0,490	15,8	0,599
E= 11000,0 MPa					
nu= 0,350	0,260m	-57,5	-0,841	52,6	0,039
			collé (z=0,260m)		
h infini	0,260m	-57,5	0,005	169,6	0,039
E= 200,0 MPa					
nu= 0,350					

Déflexion maximale =18,9 mm/100 (entre-jumelage)
Rayon de courbure =1347,1 m (entre-jumelage)

3) Calcul des limites admissible de la structure :

Déformation admissible du sol support :

$$\boldsymbol{\varepsilon_{z,ad} = A \times (NE)^{-0,222}}$$

$$\varepsilon_{z,ad} = 0,012 \times (10\,962\,914)^{-0,222} = 328 \times 10^{-6}$$

Déformation admissible à la base de la couche bitumineuse :

$$\boldsymbol{\varepsilon_{t,ad} = \varepsilon_t(NE)\, k_r \times k_c \times k_s}$$

$$\boldsymbol{\varepsilon_t(NE) = \varepsilon_6 \times [E\,(10°C) / E\,(\theta_{eq})]\,(NE/10^6)^b}$$

$$\varepsilon_t(8\,770\,331) = 100 \times [14\,550/11\,000]\,(8\,770\,331/10^6)^{-0,2} = 85,68$$

$$\varepsilon_{t,ad} = 85,68 \times 0,691 \times 1,3 \times 1 = 76,96$$

matériau	E	v	ε_6	-1/b	SN	Sh	k_c	k_s	k_r	E (10°C)
GB 4	11 000	0,35	100	5	0,3	2,5	1,3	1	0,691	14 550

k_s = 1 car PF4 > 200 MPa

Risque r = 2 %

k_r = 0,691

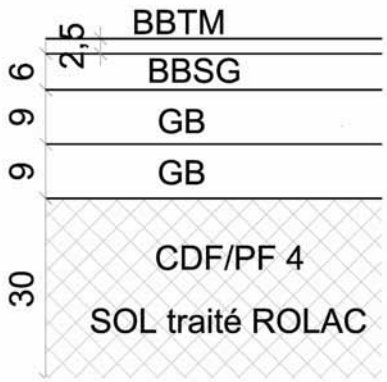
4) Comparaison des valeurs calculées et des valeurs admissibles

$$\varepsilon_z = 169{,}6 \times 10^{-6} \quad < \quad \varepsilon_{z,ad} = 328 \times 10^{-6}$$

$$\varepsilon_t = 57{,}5 \quad < \quad \varepsilon_{t,ad} = 76{,}96$$

VI. Voirie Cas 6 - autoroute - trafic fort

1) Données



Trafic : T0+ : MJA = 1 500 PL/j/sens/voie
Durée : 15 ans
Risque : 2 %
Taux de croissance géométrique : 4 %
$C = [(1 + \tau)^P - 1] / \tau$
Trafic cumulé : N = 365 x MJA x C = 10 962 914
Agressivité du trafic : CAM = 0,8 (matériaux bitumineux)
Trafic équivalent : NE = N x CAM = 8 770 331
CAM = 1 (PF support, VRS)
NE = N x CAM = 10 962 914

Structure de chaussée bitumineuse épaisse : BBTM / BBSG /GB 3

2) Calcul de la structure

Tableau 1 (synthèse) :
tractions principales majeures dans le plan horizontal XoY et compressions principales majeures selon la verticale ZZ ; déflexion maximale

	niveau calcul	EpsilonT horizontale	SigmaT horizontale	EpsilonZ verticale	SigmaZ verticale
			surface (z=0.000)		
h= 0,025 m	0,000m	28,1	0,314	12,0	0,659
E= 5400,0 MPa					
nu= 0,350	0,025m	30,6	0,412	35,9	0,659
			collé (z=0,025m)		
h= 0,060 m	0,025m	30,6	0,412	35,9	0,659
E= 5400,0 MPa					
nu= 0,350	0,085m	7,0	0,231	51,5	0,539
			collé (z=0,085m)		
h= 0,180 m	0,085m	7,0	0,368	25,4	0,539
E= 9300,0 MPa					
nu= 0,350	0,265m	-65,0	-0,797	59,5	0,043
			collé (z=0,265m)		
h infini	0,265m	-65,0	0,005	188,6	0,043
E= 200,0 MPa					
nu= 0,350					

Déflexion maximale =19,9 mm/100 (entre-jumelage)
Rayon de courbure =1098,3 m (entre-jumelage)

3) Calcul des limites admissible de la structure :

Déformation admissible du sol support :

$$\boldsymbol{\varepsilon_{z,ad} = A \times (NE)^{-0,222}}$$

$$\varepsilon_{z,ad} = 0,012 \times (10\,962\,914)^{-0,222} = 328 \times 10^{-6}$$

Déformation admissible à la base de la couche bitumineuse :

$$\boldsymbol{\varepsilon_{t,ad} = \varepsilon_t(NE)\, k_r \times k_c \times k_s}$$

$$\boldsymbol{\varepsilon_t(NE) = \varepsilon_6 \times [E\,(10°C) / E\,(\theta_{eq})]\,(NE/10^6)^b}$$

$$\varepsilon_t(8\,770\,331) = 90 \times [12\,300/9\,300\,]\,(8\,770\,331/10^6)^{-0,2} = 77,10$$

$$\varepsilon_{t,ad} = 77{,}10 \times 0{,}691 \times 1{,}3 \times 1 = 69{,}26$$

matériau	E	v	ε_6	-1/b	SN	Sh	k_c	k_s	k_r	E (10°C)
GB 3	9 300	0,35	90	5	0,3	2,5	1,3	1	0,691	12 300

k_s = 1 car PF4 > 200 MPa

Risque r = 2 %

k_r = 0,691

4) Comparaison des valeurs calculées et des valeurs admissibles

$$\varepsilon_z = 188 \times 10^{-6} < \varepsilon_{z,ad} = 328 \times 10^{-6}$$

$$\varepsilon_t = 65 < \varepsilon_{t,ad} = 69{,}26$$

ANNEXE 13 : CALCULS DES COUTS DEN FONCTION DES PRIX UNITAIRE DPGF

Le type de calcul, présenté dans les tableaux suivants, est détaillé selon les prix de référence d'un DPGF. Tous les articles du DPGF ne sont pas nommés, sont gardés seulement ceux qui concernent la chaussée, le terrassement et le traitement de manière directe. Par exemple, le décapage de la terre végétale, ou la couche d'imprégnation sous voirie ne sont pas mentionnés.

Les cas ont été évalués de la même manière alors que leur situation (terrain naturel de départ, dénivelé,…) est différente pour chacun. Mais il fallait pour les comparer les mettre sur une même base.

Les résultats ne sont pas très représentatifs de l'économie réalisée par la solution de traitement, Cependant on peut déjà constater que l'économie est plus conséquente à partir d'un certain seuil de quantités (cas 2 et cas 3).

Il n'y a pas de comparaison détaillé pour les chaussées d'autoroutes des cas 5 et 6 car leur dimensionnement sans la PF 4 obtenue par traitement serait aberrant.

			CAS 1 - S = 1500 m²			
			solution traditionnelle		variante traitement	
Désignation	Prix unitaire	Unités	Quantités	Prix	Quantités	Prix
Terrassement						
Déblais (ép. 0,50)	4,00	€/m³	750,00	3 000,00	750,00	3 000,00
Remblais (site) (ép 0,35)	6,00	€/m³		0,00	525,00	3 150,00
Evacuation excédent déblais	4,50	€/m³	750,00	3 375,00	225,00	1 012,50
Traitement Rolac sur site	20,00	€/m³		0,00	525,00	10 500,00
Produit traitement						
CHAUX	105,00	€/T		0,00		0,00
ROLAC	90,00	€/T		0,00	40,50	3 645,00
Chaussée						
géotextile	1,20	€/m²		0,00		0,00
GNT 0/31,5	31,00	€/m³	450,00	13 950,00		0,00
GNT 0/20	32,00	€/m³	225,00	7 200,00	150,00	4 800,00
GB 3	178,00	€/m³		0,00		0,00
EME	180,00	€/m³		0,00		0,00
BBME (ép. 5 cm)	13,00	€/m²		0,00		0,00
BBSG 0/10 (ép. 6 cm)	13,00	€/m²		0,00		0,00
BB 0/6 (ép. 5 cm)	14,00	€/m²	1 500,00	21 000,00	1 500,00	21 000,00
TOTAL				48 525,00		47 107,50

			CAS 2 - S = 12 000 m²			
			solution traditionnelle		variante traitement	
Désignation	Prix unitaire	Unités	Quantités	Prix	Quantités	Prix
Terrassement						
Déblais (ép. 0,50)	4,00	€/m³	6 000,00	24 000,00	6 000,00	24 000,00
Remblais (site) (ép 0,35)	6,00	€/m³		0,00	4 200,00	25 200,00
Evacuation excédent déblais	4,50	€/m³	6 000,00	27 000,00	1 800,00	8 100,00
traitement au Rolac sur site	20,00	€/m³		0,00	4 200,00	84 000,00
Produit traitement						
CHAUX	105,00	€/T		0,00		0,00
ROLAC	90,00	€/T		0,00	32,40	2 916,00
Chaussée						
géotextile	1,20	€/m²		0,00		0,00
GNT 0/31,5	31,00	€/m³	3 600,00	111 600,00		0,00
GNT 0/20	32,00	€/m³	1 800,00	57 600,00	1 200,00	38 400,00
GB 3	178,00	€/m³		0,00		0,00
EME	180,00	€/m³		0,00		0,00
BBME (ép. 5 cm)	13,00	€/m²		0,00		0,00
BBSG 0/10 (ép. 6 cm)	13,00	€/m²		0,00		0,00
BB 0/6 (ép. 5 cm)	14,00	€/m²	12 000,00	168 000,00	12 000,00	168 000,00
TOTAL				388 200,00		350 616,00

			CAS 3 - S = 3 000 m²			
			solution traditionnelle		variante traitement	
Désignation	Prix unitaire	Unités	Quantités	Prix	Quantités	Prix
Terrassement						
Déblais (ép. 0,70)	4,00	€/m³	2 100,00	8 400,00	2 100,00	8 400,00
Remblais (site) (ép 0,35)	6,00	€/m³		0,00	1 050,00	6 300,00
Evacuation excédent déblais	4,50	€/m³	2 100,00	9 450,00	1 050,00	4 725,00
traitement au Rolac sur site	20,00	€/m³		0,00	1 050,00	21 000,00
Produit traitement						
CHAUX	105,00	€/T		0,00		0,00
ROLAC	90,00	€/T		0,00	81,00	7 290,00
Chaussée						
géotextile	1,20	€/m²	3 000,00	3 600,00		0,00
GNT 0/31,5	31,00	€/m³	1 200,00	37 200,00		0,00
GNT 0/20	32,00	€/m³		0,00		0,00
GB 3	178,00	€/m³	720,00	128 160,00		0,00
EME	180,00	€/m³		0,00	540,00	97 200,00
BBME (ép. 5 cm)	13,00	€/m²		0,00	3 000,00	39 000,00
BBSG 0/10 (ép. 6 cm)	13,00	€/m²	3 000,00	39 000,00		0,00
BB 0/6 (ép. 5 cm)	14,00	€/m²		0,00		0,00
TOTAL				225 810,00		183 915,00

CAS 5 - S = 120 000 m²
(linéaire 4km)

traitement

Désignation	Prix unitaire	Unités	Quantités	Prix
Terrassement				
Déblais (ép. 0,60)	4,00	€/m³	72 000,00	288 000,00
Remblais (site) (ép 0,35)	6,00	€/m³	42 000,00	252 000,00
Evacuation excédent déblais	4,50	€/m³	30 000,00	135 000,00
traitement au Rolac sur site	20,00	€/m³	42 000,00	840 000,00
Produit traitement				
CHAUX	105,00	€/T		
ROLAC	90,00	€/T	360,00	32 400,00
Chaussée				
géotextile	1,20	€/m²		
GNT 0/31,5	31,00	€/m³		
GNT 0/20	32,00	€/m³		0,00
GB 3	178,00	€/m³	24 000,00	4 272 000,00
EME	180,00	€/m³		0,00
BBME (ép. 5 cm)	13,00	€/m²		0,00
BBSG 0/10 (ép. 6 cm)	13,00	€/m²	120 000,00	1 560 000,00
BB 0/6 (ép. 5 cm)	14,00	€/m²		0,00
TOTAL				7 379 400,00

CAS 6 - S = 750 000 m² (linéaire 25km)

traitement

Désignation	Prix unitaire	Unités	Quantités	Prix
Terrassement				
Déblais (ép. 0,60)	4,00	€/m³	450 000,00	1 800 000,00
Remblais (site) (ép 0,35)	6,00	€/m³	262 500,00	1 575 000,00
Evacuation excédent déblais	4,50	€/m³	187 500,00	843 750,00
traitement au Rolac sur site	20,00	€/m³	262 500,00	5 250 000,00
Produit traitement				
CHAUX	105,00	€/T		
ROLAC	90,00	€/T	2 250,00	202 500,00
Chaussée				
géotextile	1,20	€/m²		
GNT 0/31,5	31,00	€/m³		
GNT 0/20	32,00	€/m³		0,00
GB 3	178,00	€/m³	135 000,00	24 030 000,00
EME	180,00	€/m³		0,00
BBME (ép. 5 cm)	13,00	€/m²		0,00
BBSG 0/10 (ép. 6 cm)	13,00	€/m²	750 000,00	9 750 000,00
BB 0/6 (ép. 5 cm)	14,00	€/m²	375 000,00	5 250 000,00
TOTAL				48 701 250,00