



# fondasol

G É O T E C H N I Q U E

DEPARTEMENT DE L'EURE ET LOIR

MARBOUE

Lotissement de « La Remise Saint Martin »

S.A.E.D.E.L.

O.T.H.U.I.



## Rapport d'Étude Géotechnique d'Avant Projet G12

FTQ 232.B

N° Affaire	Centre	Année	N° ordre			Pièce n°001	
ND /ND	A   M   A	0   7	1   9   6				
E							
D							
C							
B							
A	13/02/08	N. DESCHENET		M. FLEURY	60	Première diffusion	
Indice	Date	Nom	Visa	Nom	Visa	Nb de pages	Modifications - Observations
		Établi par		Vérifié par			

AGENCE DU MANS - FONDASOL Ouest Bretagne

ZAC du Vivier 2 - Rue Newton - 72700 ALLONNES

Tél : 02 43 87 53 64 - Fax : 02 43 87 53 84 - Courriel : lemans@fondasol.fr

SIÈGE SOCIAL - BP 767 - 84035 AVIGNON Cedex 3

Tél : 04 90 31 23 96 - Fax : 04 90 32 59 83 - www.fondasol.fr

<b>FEUILLE DE MISE A JOUR</b>
-------------------------------

FTQ 233.A

Page/Rév	A	B	C	D	E	Page/Rév	A	B	C	D	E
1	X					51	X				
2	X					52	X				
3	X					53	X				
4	X					54	X				
5	X					55	X				
6	X					56	X				
7	X					57	X				
8	X					58	X				
9	X					59	X				
10	X					60	X				
11	X					61					
12	X					62					
13	X					63					
14	X					64					
15	X					65					
16	X					66					
17	X					67					
18	X					68					
19	X					69					
20	X					70					
21	X					71					
22	X					72					
23	X					73					
24	X					74					
25	X					75					
26	X					76					
27	X					77					
28	X					78					
29	X					79					
30	X					80					
31	X					81					
32	X					82					
33	X					83					
34	X					84					
35	X					85					
36	X					86					
37	X					87					
38	X					88					
39	X					89					
40	X					90					
41	X					91					
42	X					92					
43	X					93					
44	X					94					
45	X					95					
46	X					96					
47	X					97					
48	X					98					
49	X					99					
50	X					100					

**SOMMAIRE DE L'ETUDE**

I. MISSION DE FONDASOL DANS LE CADRE DE L'INTERVENTION .....	4
II. ANALYSE GEOTECHNIQUE .....	6
II.1 - CARACTERISTIQUES DU SITE .....	6
II.1.1) Généralités .....	6
II.1.2) Géologie .....	8
II.1.3) Niveaux d'eau .....	10
II.1.4) Risque de pollution .....	10
II.1.5) Caractéristiques mécaniques des sols .....	10
II.1.6) Résultats des essais en laboratoire .....	11
II.1.6.1 - Teneurs en eau et limites d'Atterberg .....	11
II.1.6.2 - Granulométrie .....	13
II.1.6.3 - Essai proctor + poinçonnement IPI .....	13
II.1.6.4 - Analyse des résultats .....	13
II.1.7) Test d'aptitude au traitement à la chaux et au liant hydraulique .....	14
II.1.7.1 – Recherche de nitrates et sulfates .....	14
II.1.7.2 – Test d'aptitude au traitement .....	15
II.1.8) Mesure de perméabilité .....	15
II.1.9) Aléas reconnus - catastrophes naturelles .....	16
II.2 - CARACTERISTIQUES DU PROJET .....	16
II.3 - CONDITIONS DE REALISATION DES RESEAUX .....	17
II.3.1) L'extraction .....	17
II.3.2) Réemploi .....	17
II.3.3) Tenue des parois .....	17
II.3.4) Assèchement des tranchées .....	18
II.3.5) Conditions de pose des canalisations .....	18
II.3.6) Conditions de remblaiement de la tranchée suivant le fascicule 70 de nov. 2003 .....	18
II.3.7) Réfection des voiries .....	19
II.3.8) Recommandations générales .....	19
II.3.9) Tassements sous la canalisation .....	19
II.4 - CONDITIONS DE REALISATION DES VOIRIES .....	20
II.4.1) Terrassement .....	20
II.4.2) Réemploi des déblais .....	20
II.4.2.1 – Réemploi en remblai .....	20
II.4.2.2 – Réemploi en couche de forme .....	20
II.4.3) Sols d'assise – Couche de forme .....	21
II.4.4) Structure de voirie .....	21
II.5 - ALEAS PREVISIBLES DE CHANTIER (NON EXHAUTIFS) .....	23
III. RAPPEL DE LA MISSION .....	24
IV. CONDITIONS GENERALES .....	25
V. MISSIONS TYPES D'INGÉNIERIE GÉOTECHNIQUE (Norme NF P 94-500) .....	27
ANNEXES .....	29
METHODES D'INVESTIGATION .....	32

Les annexes de cette étude sont situées en fin du présent document et comprennent :

- ◆ plan de situation,
- ◆ plan d'implantation des sondages,
- ◆ méthodes d'investigations,
- ◆ les résultats des essais en laboratoire,
- ◆ les résultats des sondages.



## I. MISSION DE FONDASOL DANS LE CADRE DE L'INTERVENTION

Le Maître d'Ouvrage, la S.A.E.D.E.L., nous a confié la réalisation d'une étude géotechnique d'avant projet concernant l'aménagement d'un lotissement à Marboué (28).

Le Maître d'Oeuvre, associé au projet est le cabinet OTHUI.

Les objectifs de cette étude sont définis par notre proposition du 28 novembre 2007 référencée AMA 07.11.037 :

- ↳ Synthèse géologique et géomécanique du site,
- ↳ Donner le niveau des arrivées d'eau en cours de forage,
- ↳ Classer les matériaux du site selon le Guide des Terrassements Routiers,
- ↳ Déterminer la perméabilité des sols,
- ↳ Analyser les modalités de terrassements généraux (mode d'extraction, conditions de réutilisation des déblais en remblai, condition de réalisation des tranchées d'assainissement, blindage),
- ↳ Définir les assises de voirie et les structures de chaussées,
- ↳ Dans un premier temps, déterminer les teneurs en nitrate et sulfate pouvant remettre en question un traitement des sols au liant hydraulique,
- ↳ Effectuer un test d'aptitude au traitement à la chaux et/ou au liant hydraulique,
- ↳ Expliciter les principales sujétions de conception et d'exécution pour la réalisation des travaux (terrassements, soutènements, avoisinants, problèmes liés à la présence d'eau, problèmes liés aux argiles).
- ↳ Assister la maîtrise d'œuvre pour la réalisation d'une planche d'essai dans le cadre des travaux d'assainissement (comprenant la présence d'un ingénieur FONDASOL **1** journée sur site).

Il s'agit, suivant la norme NF P 94 500 de décembre 2006, de missions géotechniques de type :

- ↳ investigations géotechniques sur site (ancienne mission G0),
- ↳ G11 pour la mission d'étude géotechnique préliminaire de site,
- ↳ G12 pour la mission d'étude géotechnique d'avant projet (ébauche dimensionnelle des fondations),
- ↳ G5 pour la mission de diagnostic géotechnique (planche d'essai vis-à-vis du compactage).

La lettre de commande établie par le Maître d'Ouvrage est datée du 7 décembre 2007.

Nous avons effectué les investigations géotechniques suivantes :

**-Assainissement :**

- ↪ 3 sondages destructifs pour essais pressiométriques descendus à 6 m de profondeur (PR1 à PR3),
- ↪ 12 essais pressiométriques répartis dans ces 3 sondages, afin de connaître les caractéristiques mécaniques des sols, réalisés conformément à la norme NFP 94-110,
- ↪ la pose de 3 tubes piézométriques dans les 3 sondages afin de connaître à tout moment le niveau de la nappe. Ces piézomètres sont équipés d'une tête de protection métallique hors sol,
- ↪ 3 essais de perméabilité type Nasberg (Lefranc hors nappe) réalisés selon la norme NFP 94.132, répartis dans les 3 sondages,

**-Voiries**

- ↪ 10 sondages à la pelle mécanique descendus vers 3 m de profondeur (PM4 à PM13), pour identification visuelle des terrains, découverte des éventuelles arrivées d'eau, appréciation de la tenue des parois et prélèvement d'échantillons de sols pour essais en laboratoire,
- ↪ des essais en laboratoire qui ont servi à classer les matériaux selon le Guide des Terrassements Routiers (G.T.R.) et déterminer ainsi leur condition de réutilisation en remblai :
  - ↪ 2 mesures de granulométrie,
  - ↪ 2 mesures des limites d'Atterberg,
  - ↪ 20 mesures de teneur en eau,
  - ↪ 2 essais Proctor normal + 2 poinçonnements IPI.
- ↪ 2 recherches des teneurs en sulfates et en nitrates en laboratoire.
- ↪ un test d'aptitude au traitement à la chaux (CaO) comprenant :
  - 1 Proctor normal avec IPI + CBR immergé à 4 j traité,
  - réalisation de 6 éprouvettes Rtb (résistance à la traction brésilienne) :
    - 3 destinées à la mesure du gonflement (valeur seuil de  $G \leq 5\%$ ),
    - 3 destinées à la mesure de la résistance mécanique (valeur seuil de  $Rtb \geq 0,2$  MPa).

Il reste à prévoir dans le cadre de la mission G5 :

- ↪ la présence d'un ingénieur FONDASOL 1 journée sur le site afin d'assister le maître d'œuvre dans la cadre de l'établissement d'une planche d'essai pour le contrôle de compactage des tranchées d'assainissement.

Pour cette étude nous disposons des documents suivants :

- ↪ 1 cahier des charges des reconnaissances de sols à effectuer, dressé par OTHUI et daté de juin 2007,
- ↪ 1 plan de masse au 1/2000 avec proposition d'implantation des sondages.

## II. ANALYSE GEOTECHNIQUE

### II.1 - CARACTERISTIQUES DU SITE

#### II.1.1) Généralités

La zone d'étude, d'une surface totale de 15 hectares environ, est située dans la partie est de la commune de Marboué (28). Elle est bordée au nord par le cimetière, à l'ouest par la rue de l'église et au sud par la rue de la gare.

Lors de notre intervention, les terrains, anciennes parcelles agricoles, étaient à l'état de friche où poussaient des herbes folles.

La zone avait récemment fait l'objet de fouilles archéologiques (principalement à la pelle mécanique) rebouchées mais très peu compactées. Certaines étaient encore visibles par endroits ; elles se matérialisent par de larges bandes de terrain remaniées. Malheureusement, ces fouilles rebouchées ne sont pas détectables sur tout le terrain, ce qui occasionne des problèmes ponctuels de portance : notre machine de sondage, sur chenille, s'est d'ailleurs enlisée.

Compte tenu de la présence d'un réseau d'adduction d'eau potable, le point de sondage PR1 a été légèrement déplacé d'une dizaine de mètres vers le sud par rapport à l'implantation proposée par OTHUI.

La topographie du site présente un léger dénivelé d'environ 1 % globalement orienté descendant vers le sud.

L'altitude du terrain actuel varie entre les cotes 110,0 NGF et 116,5 NGF (cotes prises sur le plan topographique).

L'altimétrie des points de sondage varie entre les cotes 110,4 NGF en PM13 et 114,8 en PM5 (cotes extrapolées à partir du plan topographique).

#### Altimétrie des points de sondage

Sondages	PR1	PR2	PR3	PM4	PM5	PM6	PM7
Cotes des sondages (NGF)	114,7	112,2	110,7	114,6	114,8	114,5	112,4

Sondages	PM8	PM9	PM10	PM11	PM12	PM13
Cotes des sondages (NGF)	112,9	112,0	112,2	111,5	111,2	110,4



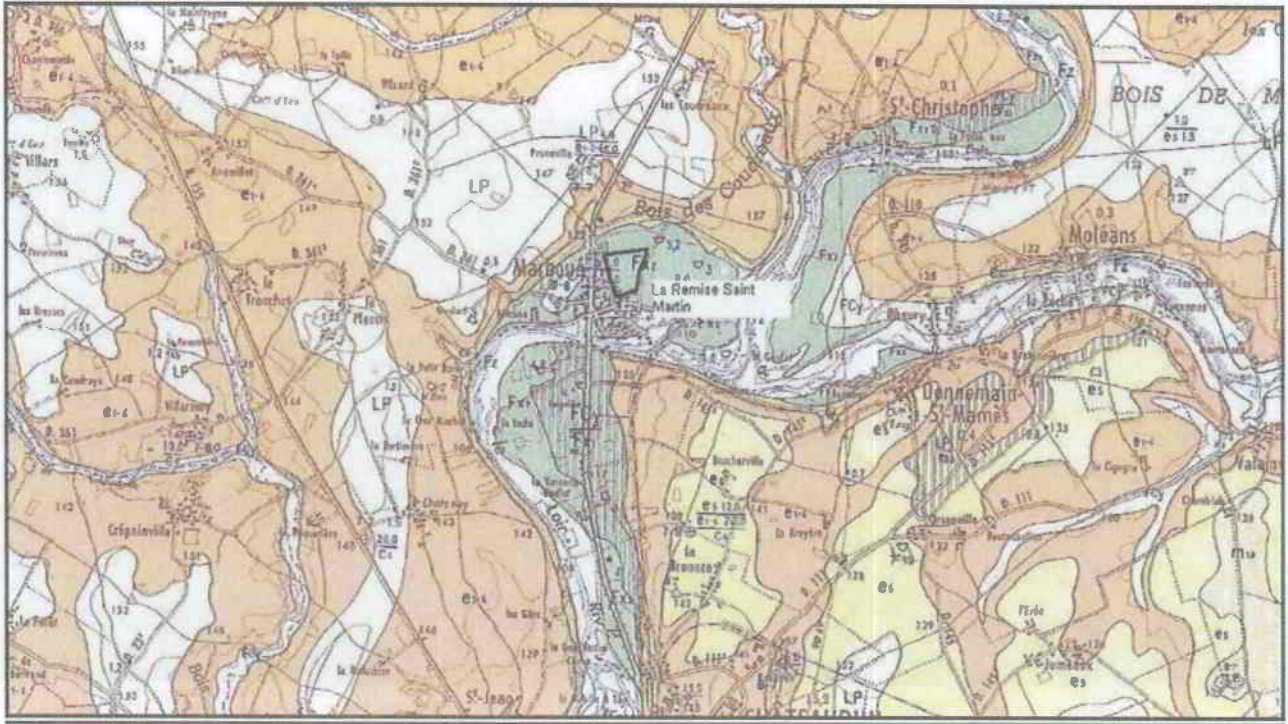
Photographies du terrain et du contexte environnemental



## II.1.2) Géologie

Le site est caractérisé, sous la terre végétale, par des formations argileuses puis argilo-sableuses (alluvions des basses terrasses du Loir – F<sub>x2</sub>).

Extrait de la carte géologique de n°325 édité par le BRGM au 1/50000



Plus précisément les sondages mettent en évidence la géologie suivante, du haut en bas :

- ↗ une couverture de 0,2 m à 0,6 m (épaisseur moyenne de 0,4 m) de terre végétale limono-argileuse brun-foncé,
- ↗ ensuite, des argiles limoneuses, ou des argiles très finement sableuses (silteuses), pas ou peu graveleuses, ocre-brun, ocre-jaune, rencontrées jusqu'à des profondeurs variant entre 0,6 m en PM11 et 3,0 m en PM10. Ces formations peu graveleuses n'ont pas été observées dans la partie nord-ouest du projet (PM4 et PM5),
- ↗ localement, dans la zone nord (sondages PR1, PM4 à PM6), des argiles très graveleuses (silex anguleux) ocre-rouille, ocre-brun, reconnues jusqu'à entre 1,4 m (PM5) et 2,8 m (PR1),
- ↗ enfin des formations argilo-sableuses (argiles sableuses ou sables argileux), graveleuses, brunes, ocre-jaune, rencontrées jusqu'à la fin des sondages (3 m pour les sondages à la pelle mécanique et 6 m en PR1 à PR3).

Le tableau de synthèse géologique présenté ci-après récapitule la profondeur et l'épaisseur des formations traversées.



## SYNTHÈSE GÉOLOGIQUE

SONDAGES	Cotes (NGF)	1			2			3			4			5			ARRIVÉE D'EAU
		de	à	e	de	à	e	de	à	e	de	à	e	de	à	e	
PR1	114,7	0,00	0,60	0,60	0,60	1,70	1,10	1,70	2,80	1,10	2,80	6,00	3,20	6,00	-	-	Néant
PR2	112,2	0,00	0,50	0,50	0,50	2,70	2,20	-	-	-	2,70	6,00	3,30	-	-	-	0,70
PR3	110,7	0,00	0,50	0,50	-	-	-	-	-	-	0,50	1,50	1,00	1,50	6,00	4,50	Néant
PM4	114,6	0,00	0,50	0,50	-	-	-	0,50	2,10	1,60	2,10	3,00	0,90	-	-	-	Néant
PM5	114,8	0,00	0,50	0,50	-	-	-	0,50	1,40	0,90	1,40	2,10	0,70	2,10	3,00	0,90	Néant
PM6	114,5	0,00	0,40	0,40	0,40	0,90	0,50	0,90	1,90	1,00	-	-	-	1,90	2,50	0,60	Néant
PM7	112,4	0,00	0,30	0,30	0,30	3,00	2,70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Néant
PM8	112,9	0,00	0,40	0,40	0,40	3,00	2,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Néant
PM9	112,0	0,00	0,30	0,30	0,30	0,90	0,60	-	-	-	0,90	2,10	1,20	2,10	3,00	0,90	Néant
PM10	112,2	0,00	0,40	0,40	0,40	3,00	2,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Néant
PM11	111,5	0,00	0,20	0,20	0,20	0,60	0,40	-	-	-	0,60	2,00	1,40	2,00	3,00	1,00	Néant
PM12	111,2	0,00	0,20	0,20	0,20	1,90	1,70	-	-	-	-	-	-	1,90	3,00	1,10	Néant
PM13	110,4	0,00	0,30	0,30	1,10	3,00	1,90	-	-	-	-	-	-	0,30	1,10	0,80	Néant

Les valeurs sont exprimées en mètre.

### II.1.3) Niveaux d'eau

Une seule arrivée d'eau a été observée en PR2 après équipement piézométrique ; celle-ci se trouvait à 0,7 m de profondeur par rapport au terrain actuel, c'est à dire à la cote approximative de 111,5 NGF.

Il s'agit probablement d'une poche d'eau piégée entre 2 couches argileuses de faibles perméabilités.

Cependant, il existe certainement une nappe alluviale dans les couches sablo-graveleuses.

L'intervention ponctuelle du géotechnicien dans le cadre de la réalisation de l'étude confiée ne lui permet pas de fournir des informations hydrogéologiques suffisantes, dans la mesure où le niveau d'eau mentionné dans le rapport d'étude correspond nécessairement à celui relevé à un moment donné, sans possibilité d'apprécier la variation inéluctable des nappes et circulations d'eau qui dépend notamment des conditions météorologiques.

Pour obtenir des indications plus précises, un suivi des piézomètres installés sur le site peut être commandé par le maître de l'ouvrage et une étude hydrogéologique pourra être confiée le cas échéant à un bureau d'études spécialisé.

### II.1.4) Risque de pollution

L'objet de l'étude géotechnique n'est pas de détecter une éventuelle contamination des sols par des matières polluantes.

### II.1.5) Caractéristiques mécaniques des sols

Les caractéristiques mécaniques des sols rencontrés ont été mesurées au pressiomètre, les résultats sont les suivants :

avec :  $p_l^*$  : pression limite nette  
 $E_M$  : module de déformation pressiométrique

↪ une compacité moyenne des argiles limoneuses et argiles silteuses, mesurées en PR1 et PR2 (3 valeurs) :

$$0,4 \leq p_l^* \leq 0,6 \text{ MPa}$$

$$6 \leq E_M \leq 20 \text{ MPa}$$

↪ ponctuellement, une compacité moyenne des argiles très graveleuses testées seulement en PR1 (1 valeur) :

$$p_l^* \# 0,9 \text{ MPa}$$

$$E_M \# 13 \text{ MPa}$$

↪ une bonne à très bonne compacité des formations argilo-sablo-graveleuses sous-jacentes (7 valeurs) :

$$1,4 \leq p_l^* \leq 4,1 \text{ MPa}$$

$$17 \leq E_M \leq 119 \text{ MPa}$$

## II.1.6) Résultats des essais en laboratoire

Des échantillons ont été prélevés dans les sondages à la pelle mécanique, les résultats des essais en laboratoire sur ces matériaux sont les suivants :

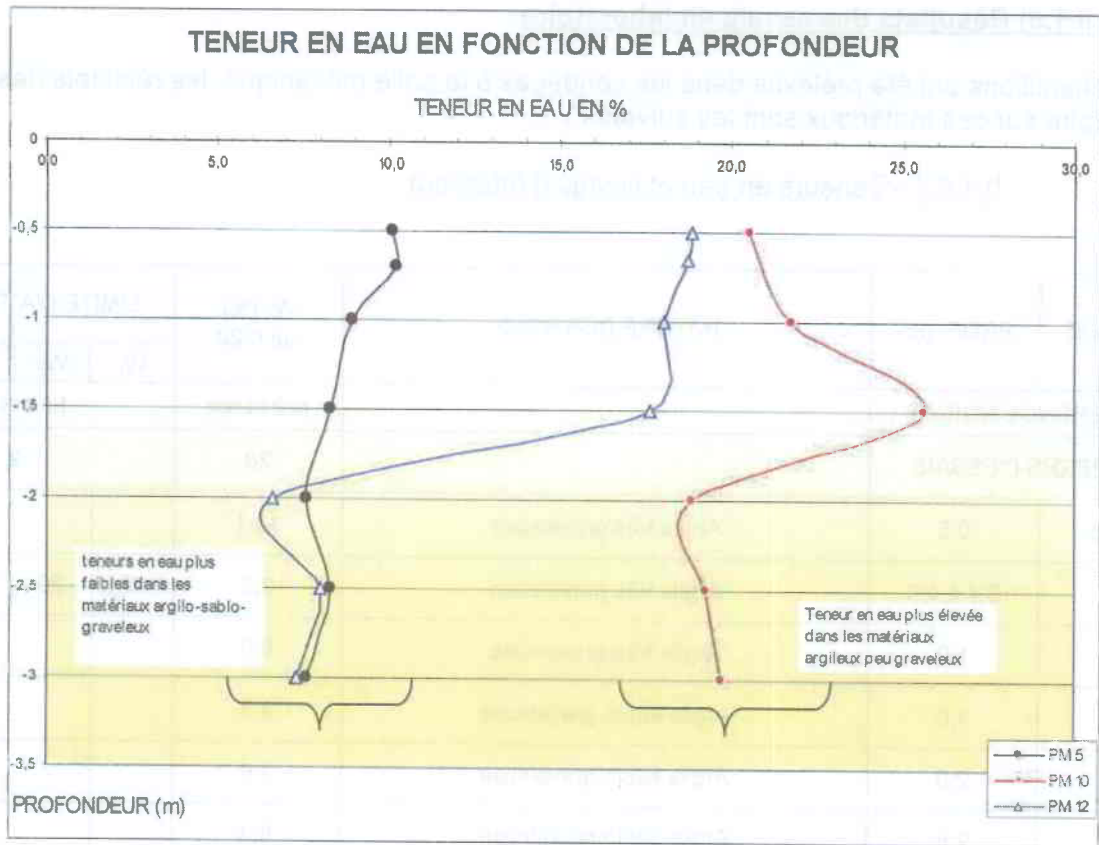
### II.1.6.1 - Teneurs en eau et limites d'Atterberg

FORAGE	PROF. (m)	NATURE DES SOLS	W <sub>n</sub> (%) sur 0/20	LIMITE D'ATTERBERG			
				W <sub>L</sub>	W <sub>P</sub>	I <sub>P</sub>	I <sub>C</sub>
REFERENCE NORME			NFP 94-050	NF P 94-051			
NOMBRES D'ESSAIS			20	2			
PM5	0,5	Argile très graveleuse	10,1				
	0,4 à 1,0	Argile très graveleuse	9,2	45	25	20	1,7
	1,0	Argile très graveleuse	8,9				
	1,5	Argile sablo-graveleuse	8,3				
	2,0	Argile sablo-graveleuse	7,6				
	2,5	Argile sablo-graveleuse	8,3				
	3,0	Argile sablo-graveleuse	7,6				
PM10	0,5	Argile finement sableuse	20,5				
	1,0	Argile finement sableuse	21,7				
	1,5	Argile finement sableuse	25,6				
	2,0	Argile finement sableuse	18,8				
	2,5	Argile finement sableuse	19,2				
	3,0	Argile finement sableuse	19,7				
PM12	0,5	Argile finement sableuse	18,8				
	0,2 à 1,1	Argile finement sableuse	18,7	36	24	12	1,4
	1,0	Argile finement sableuse	18,0				
	1,5	Argile finement sableuse	17,6				
	2,0	Sable très graveleux	6,6				
	2,5	Sable très graveleux	8,0				
	3,0	Sable très graveleux	7,3				

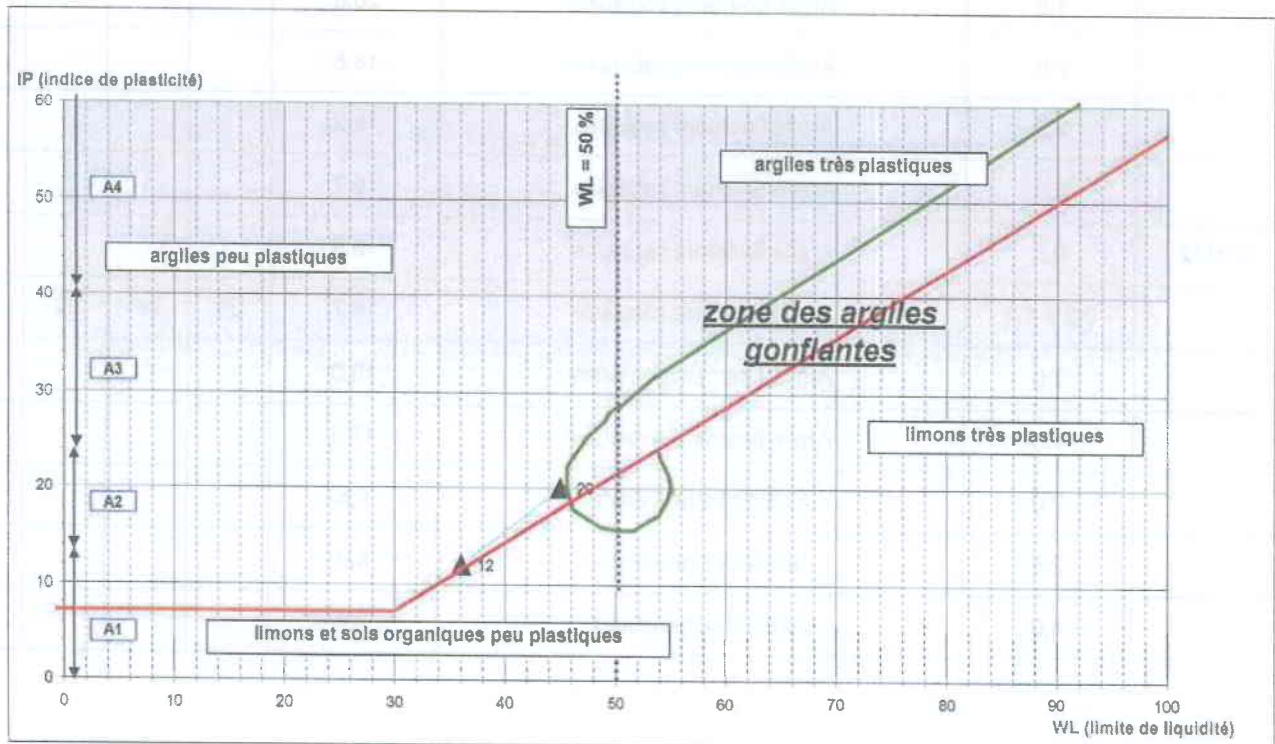
W<sub>L</sub> (%) : limite de liquidité  
 W<sub>P</sub> (%) : limite de plasticité  
 VBS : g de bleu/100 g de sol

I<sub>P</sub> (%) : Indice de plasticité  
 I<sub>C</sub> : indice de consistance  
 W<sub>n</sub> (%) : teneur en eau





### DIAGRAMME DE PLASTICITE DE CASAGRANDE



### II.1.6.2 - Granulométrie

FORAGE	PROF (m)	NATURE DES SOLS	GRANULOMETRIE				GTR
			Dmax (mm)	< 50mm	< 2mm	< 80 µm	
REFERENCE NORME			NF P 94-056				
NOMBRES D'ESSAIS							
PM5	0,4 à 1,0	Argile très graveleuse	80	97,0	41,6	22,8	C1B6
PM12	0,2 à 1,1	Argile finement sableuse	10	100,0	99,7	73,4	A1/A2

### II.1.6.3 - Essai proctor + poinçonnement IPI

Forage	prof. (m)	Nature des sols	$W_n$ (%)	$W_{opn}$ (%)	$\rho_{d_{opt}}$ (t/m <sup>3</sup> )	$IPI_{nat}$	$IPI_{opn}$
REFERENCE NORME			NFP 94-050	NFP 94-093		NF P94-078	
NOMBRES D'ESSAIS							
PM5	0,4 à 1,0	Argile très graveleuse	10,2	7,8(*)	2,1(*)	17	8
PM12	0,2 à 1,1	Argile finement sableuse	18,7	16,5	1,7	2	7

$W_n$  (%) : teneur en eau

$\rho_{d_{opt}}$  (t/m<sup>3</sup>) : densité à l'optimal proctor

$W_{opn}$  (%) : teneur en eau à l'optimal proctor

$IPI_{nat}$  : indice portant immédiat à la teneur en eau naturel

$IPI_{opn}$  : indice portant immédiat à l'optimal proctor

(\*) : valeurs après correction du à un refus de 24,4 % à 20 mm, l'essai Proctor n'est réalisé que sur la fraction 0/20 (voir courbes Proctor jointes en annexe)

### II.1.6.4 - Analyse des résultats

Sous la terre végétale, 2 types de sols sont observés : principalement des argiles limoneuses et argiles très finement sableuses et localement en partie nord, des argiles très graveleuses.

#### o Argiles limoneuses ou argile finement sableuses

Les argiles limoneuses ou argiles finement sableuses sont classées en A1/A2 selon le GTR (Guide des Terrassements Routiers). La matrice de ces matériaux est fine (passant à 2 mm = 99,7 % et passant à 80 µm = 73,4 %) et peu à moyennement plastique ( $I_p = 12$ ).

Ces sols changent brutalement de consistance pour de faibles variations de teneur en eau ; une augmentation de quelques points de la teneur en eau engendre une chute importante de portance (notamment pour les teneurs en eau supérieures à la  $w_{opn}$ ).

Les matériaux testés sont en état hydrique principalement très humide à humide. Les matériaux testés en PM12 entre 0,2 m et 1,1 m sont dans un état hydrique humide (h).

A la teneur en eau naturelle observé en PM12 entre 0,2 m et 1,2 m, la portance dans les argiles est faible ( $IPI \# 2$ ).

En prenant  $W_n = 18,8 \%$  pour  $IPI \leq 2$ , la répartition des états hydriques est la suivante :

- 65 % des matériaux sont dans un état hydrique h (humide),
- 35 % des matériaux sont dans un état hydrique th (très humide).

○ Argile très graveleuses

Les argiles très graveleuses rencontrées sous la terre végétale en partie nord sont classées en  $C_1B_6$  selon le GTR (Guide des Terrassements Routiers).

Il s'agit de matériaux graveleux, dont la proportion de la fraction 0/50 mm est supérieure à 80 % (97 % dans notre cas), comportant des éléments fins.

Il est possible de compléter cette classification en indiquant la valeur de  $D_{max}$  pour l'échantillon prélevé. Ainsi en PM5, de 0,4 à 1,0 m, les sols testés sont classés en  $C_1^{80}B_6$ .

Le comportement de ces sols est apprécié par celui de leur fraction fine, c'est-à-dire ici qu'il peut être rapproché d'un sol B6.

La partie fine de ces matériaux est assez fine (passant à 2 mm de la fraction 0/50 = 42,9 % et passant à 80  $\mu m$  = 23,5 %) et moyennement plastique ( $I_p = 20$ ).

Le diagramme de Casagrande présenté précédemment, révèle la sensibilité aux variations hydriques de la partie fine de ces matériaux ; ils ont le potentiel de gonfler en s'humidifiant et se rétracter en s'asséchant.

Ces sols changent brutalement de consistance pour de faibles variations de teneur en eau ; une augmentation de quelques points de la teneur en eau engendre une chute importante de portance (notamment pour les teneurs en eau supérieures à la  $w_{opt}$ ).

Les matériaux testés sont en état hydrique principalement humide à moyen. Les matériaux testés en PM5 entre 0,4 m et 1,0 m sont dans un état hydrique moyen (m).

A la teneur en eau naturelle observé en PM5 entre 0,4 m et 1,0 m, la portance dans les argiles très graveleuses est bonne ( $IPI \# 17$ ).

Ces pourcentages donnent un ordre de grandeur pour des échantillons prélevés en janvier 2008.

Nous rappelons que cette étude n'est basée que sur 3 points d'investigation. Des sols d'états hydriques et de caractéristiques différents que ceux reconnus, pourraient être rencontrés lors de l'exécution des terrassements, nécessitant dans ce cas des adaptations techniques.

## **II.1.7) Test d'aptitude au traitement à la chaux et au liant hydraulique**

### **II.1.7.1 – Recherche de nitrates et sulfates en attente**

Des recherches de teneurs en sulfates et nitrates ont été réalisées sur 2 échantillons en simultanément avec le test d'aptitude au traitement. Les résultats sont les suivants :

Forage	prof. (m)	Nature des sols	Teneur en nitrates	Teneur en sulfate de gypse
PM5	0,4 à 1,0	Argile très graveleuse	-	-
PM12	0,2 à 1,1	Argile finement sableuse	-	-



### II.1.7.2 – Test d'aptitude au traitement

Un test d'aptitude au traitement a été réalisé à 1,5 % de 1 % de chaux (= CaO) sur les sols de type A2 (limite A1), argiles limoneuses ou argiles finement sableuses.

Ce test a été mené suivant la procédure relative à la norme NF P 94-100.

Ce test est réalisé sur la fraction 0/5 mm du matériau compacté à la teneur en eau OPN et densifié à 96 %  $\gamma_d$  OPN ; ils permettent de vérifier la compatibilité de la fraction fine du matériau avec le liant hydraulique prévu pour l'étude.

Ce test consiste à vérifier les résistances en compression diamétrale obtenues après 7 jours d'immersion dans l'eau à 40°C (accélération de la prise hydraulique) et de vérifier un éventuel gonflement du matériau traité dans ces mêmes conditions.

➤ Caractéristiques de compactage :

Proctor normal avec 1,5 % de chaux (fraction 0/5 mm) :

$W_{OPN} = 17,7 \%$

masse volumique humide du sol traité : 1,92 t/m<sup>3</sup>

$\gamma_{d_{OPN}} = 1,64 \text{ t/m}^3$

IPI à  $W_{OPN} = 22$

ICBR à  $W_{OPN} = 38$

➤ Résultats à 7 jours :

Teneur en eau de confection des éprouvettes :  $W_{OPN}$

Chaux CaO

		1,5 % CaO	
		Éprouvettes	Moyenne
Gv (%)		2,7	3,15
		3,4	
		3,4	
Aptitude du sol		Adapté	

Au vu des résultats, un traitement avec 1,5 % de CaO semble « adapté ». Des essais menés à 28 et 90 jours permettront de le vérifier.

### II.1.8) Mesure de perméabilité

Le coefficient de perméabilité K des sols rencontrés a été mesuré en effectuant des essais Nasberg (EL1 à EL3), vers 1 m de profondeur ; les résultats sont les suivants :

sondage	profondeur de l'essai Lefranc (m)	sol testé	K à la montée (m/s)	K à la descente (m/s)	K retenu, <u>sans</u> coefficient de <u>sécurité</u> (m/s)
EL1 (PR1)	1	Argile limoneuse	6,00E-06	2,00E-06	1,00E-06
EL2 (PR2)	1	Argile limoneuse	1,50E-05	1,00E-06	1,00E-06
EL3 (PR3)	1	Argile sableuse et graveleuse	2,50E-05	5,00E-06	5,00E-06

Nous rappelons que ces résultats sont issus de mesures effectuées dans des sondages de petit diamètre (90 mm) et qu'ils sont sensés traduire la perméabilité de chaque couche sous l'emprise du projet. On leur affecte par conséquent un coefficient de sécurité de l'ordre de +/- une puissance de 10 selon que l'on infiltre ou que l'on pompe.

### **II.1.9) Aléas reconnus - catastrophes naturelles**

Deux arrêtés de catastrophe naturelle « inondation par crue ou par ruissellement » ont été déclarés sur la commune de Marboué en 1995 et 1999.

Un Plan de Prévention des Risques Inondation (PPRI) a été créé en 2005 et est consultable en mairie.

Une carte des remontées de nappe disponible sur le site [www.inondationsnappes.fr](http://www.inondationsnappes.fr) indique que le risque de remontée de nappe, à l'emplacement du projet est fort.

On s'assurera, auprès des services compétents (Mairie, Préfecture, Équipement, Conseil Général...) que le terrain n'est pas inondable.

Une carte des argiles sensibles au retrait / gonflement disponible sur le site [www.argiles.fr](http://www.argiles.fr) indique que le risque d'argiles gonflantes, à l'emplacement du projet est faible.

La commune de Marboué est répertoriée sur le site [prim.net](http://prim.net) dans les « communes avec cavités non localisées ».

La commune de Marboué se situe en zone sismique 0, de "sismicité négligeable mais non nulle", au sens du décret du 14 mai 1991.  
Il n'y a pas, par conséquent, de prescription parasismique particulière.

## **II.2 - CARACTERISTIQUES DU PROJET**

Le projet consiste en l'aménagement du lotissement de « La Remise Saint Martin » à Marbroue (28). Il s'étend sur une surface de 15 hectares environ, bordé par le cimetière au nord, la rue de l'église à l'ouest et la rue de la gare au sud.

Le programme d'aménagement comprend :

- 20 lots de 280 m<sup>2</sup> de logements collectifs, soit une superficie de 5600 m<sup>2</sup>,
- 22 lots de 375 m<sup>2</sup> de logements individuels groupés, soit une superficie de 9989 m<sup>2</sup>,
- 108 lots de 570 de logements individuels, soit une superficie de 78614 m<sup>2</sup>,
- environ 2 km de voirie,
- la création de tranchées techniques (profondeurs moyennes 3 m à 3,5 m).

Le trafic sur la voirie est estimé à 20 à 30 PL/jour. Une plateforme de type PF2 sera recherchée.

Compte tenu de la morphologie su site, les voiries seront réalisées en profil rasant.

Aucun autre élément ne nous est connu.

**II.3 - CONDITIONS DE REALISATION DES RESEAUX**

**II.3.1) L'extraction**

Les profondeurs moyennes des canalisations projetées sont de l'ordre de 3,0 m à 3,5 m au stade des études d'avant-projet en cours.

L'extraction pourra donc être réalisée à la pelle mécanique sur chenille suffisamment puissante pour atteindre ces profondeurs sans problème.

Dans les zones très graveleuses, principalement en partie nord du projet, les rendements seront plus faibles.

Une trancheuse peut éventuellement être utilisée dans les sols superficiels meubles.

Il conviendra à l'entrepreneur de vérifier l'adéquation entre son matériel et les sols en présence.

**II.3.2) Réemploi**

Les sols superficiels (principalement de terre végétale et les sols en états hydriques extrêmes ts (très sec) et th (très humide)) ne pourront être réemployés en comblement de tranchée.

Les matériaux argilo-limono A2 ou argilo-graveleux C1B6 du GTR sont équivalent au groupe de sol G4 du fascicule 70.

Nous avons récapitulés ci-dessous les possibilités de réemploi des matériaux **en remblai** selon le GTR :

Type de sol	Réutilisation en l'état dans des conditions optimales (ni pluie, ni évaporation)	Traitement à la chaux
A2 h	Compactage et remblai faible	Oui (adapté avec 1,5 % de chaux)
A2 m	Compactage moyen	
C1 B6 h	Compactage et remblai faible	Oui
C1 B6 m	Compactage moyen	

Les éléments anguleux et blocs siliceux devront être rejetés et pourront engendrer des « hors profils ».

Les sols rencontrés sont particulièrement sensibles à l'eau (limons et argiles). Les terrassements devront impérativement être réalisés par temps sec et être arrêtés en cas d'intempéries.

**II.3.3) Tenue des parois**

Lors de la réalisation des sondages à la pelle mécanique, la tenue des parois étaient la plupart du temps moyennes dans les matériaux argileux à mauvaise dans les matériaux graveleux (argiles et sables graveleux). Les sols A2 ou C1B6 rencontrés sont donc considérés comme pulvérulents même hors nappe, à court terme. La présence d'eau exacerbe ce phénomène.

Vu la profondeur des réseaux projetés et la nature des matériaux, il sera obligatoire de prévoir un blindage jointif des fouilles.



### II.3.4) Assèchement des tranchées

Pour les sols argilo-limono-graveleux, il sera possible de pomper l'eau directement en fond de fouille.

Le risque de remaniement des sols étant très important en présence de la nappe, il conviendra de contrôler soigneusement le fond de fouille et de purger éventuellement toutes les zones remaniées.

### II.3.5) Conditions de pose des canalisations

L'assise des canalisations sera sur les sols argilo-limoneux ou argilo-sablo-graveleux.

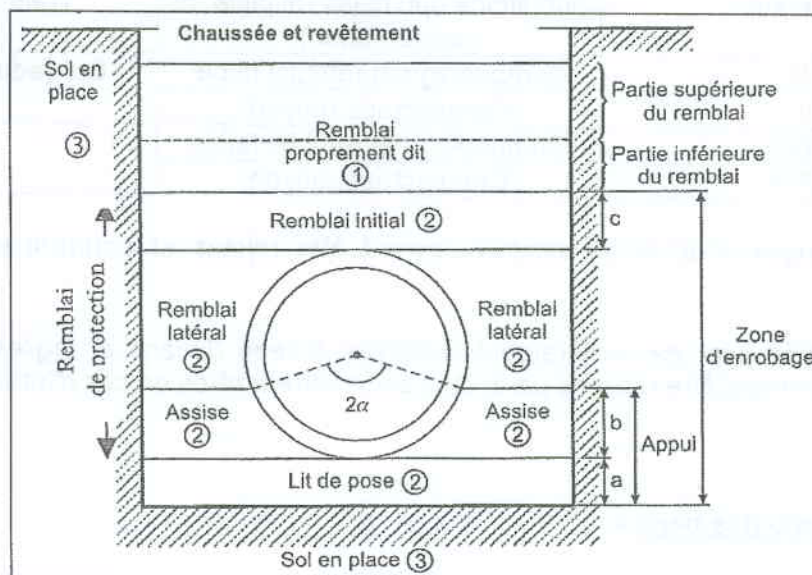
Pour assurer la stabilité et la pérennité des canalisations, il conviendra :

- de vérifier les fonds de fouille et de purger les remblais et sols évolutifs que l'on pourrait rencontrer à la profondeur théorique,
- compacter le fond de forme,
- de mettre en place le lit de pose et un enrobage en sable alluvionnaire de bonne qualité, séparés du sol en place par un géotextile anti contaminant et proscrire l'usage de sable pouvant être entraîné par l'eau et ainsi être à l'origine de contre pente de la canalisation.

L'épaisseur du lit de pose sera d'au moins 10 cm.

Par précaution, les canalisations devront être lestées pour résister à la poussée d'Archimède (remontée de la nappe phréatique).

### II.3.6) Conditions de remblaiement de la tranchée suivant le fascicule 70 de nov. 2003



**Par convention, on considère :**

- La zone de remblai proprement dit ①, composée des parties inférieure et supérieure du remblai.
- La zone d'enrobage ② constituée par :
  - le lit de pose, l'assise, le remblai latéral, le remblai initial.
- Le sol en place ③ ; ici du groupe 4.

Ces 3 zones de sol sont caractérisées par un certain nombre de paramètres physiques ou mécaniques.

Les matériaux extraits seront composés essentiellement d'argiles limoneuses, d'argiles finement sableuses et d'argiles sablo-graveleuses.

D'après le fascicule 70 de novembre 2003, les sols du groupe 4 **peuvent être réutilisés en enrobage** ②.

Sous chaussée, il faudra faire appel à des matériaux d'apport de bonne qualité et insensibles à l'eau ①, comme par exemple :

- du concassé de roche dure,
- des sables et graviers naturels classés D2 ou D3 selon le GTR.

#### **Prescriptions relatives au remblaiement des tranchées :**

- Le fond de la tranchée est compacté par 2 passes de compacteur de géométrie appropriée permettant d'assurer la stabilité et la planéité du fond de la tranchée,
- Le lit de pose n'est généralement pas compacté,
- Selon le diamètre de la conduite, le lit de pose et l'enrobage seront réalisés en plusieurs fois,
- Le remblayage de l'assise est entrepris avec soin afin de ne pas laisser de cavité,
- Respecter les distances minimales entre la conduite et la partie active du compacteur,
- Prévoir des contrôles extérieurs pour la qualité du compactage,
- Lors du compactage, s'assurer que les vibrations induites par le compactage des tranchées et la circulation des engins n'entraînent pas de fissurations sur les bâtiments existants.

Enfin, les conditions de compactage des différents matériaux qui dépendront du matériel utilisé par l'entreprise, devront être fixées au début du chantier lors de l'épreuve de convenance, conformément au fascicule 70.

#### **II.3.7) Réfection des voiries**

Au niveau des chemins vicinaux, les voiries devront être refaites à l'identique par rapport à l'existant afin de respecter l'homogénéité de la structure.

#### **II.3.8) Recommandations générales**

La tranchée nécessaire à la mise en place des réseaux pourrait agir à court et long terme comme un drain recueillant les eaux des terrains traversés, ou au contraire comme un barrage selon le contraste de perméabilité différenciant les sols en place des sols d'apport et/ou remaniés.

Il conviendra donc soit d'évacuer ces eaux régulièrement vers des exutoires appropriés soit de prendre en compte les phénomènes de sous-pression qui s'exerceront sur la canalisation (lestage). Les blocs devront être terrassés pour éviter les phénomènes de « points durs ».

#### **II.3.9) Tassements sous la canalisation**

Les tassements seront à calculer suivant la profondeur de la canalisation.

En première approximation, pour une contrainte de 1 t/m<sup>2</sup>, les tassements seront inférieurs au centimètre (pour des fonds de fouille non remaniés).

**II.4 - CONDITIONS DE REALISATION DES VOIRIES**

**II.4.1) Terrassement**

Compte tenu des matériaux rencontrés jusqu'à la cote probable de l'arase terrassement (AR), l'extraction pourra s'exécuter sans problème à la pelle mécanique classique à chenille, dans la terre végétale et les argiles limoneuses.

En raison de la très grande sensibilité à l'eau des argiles limoneuses, nous vous conseillons d'effectuer les travaux de terrassement en période climatique favorable afin de ne pas risquer une perte générale et importante de portance des sols d'assises.

Nous attirons particulièrement votre attention sur les problèmes de portance hétérogène du site:

- dans les sols argilo-limoneux ou finement sableux, la portance sera très faible (à la teneur en eau naturelle, IPI = 2)
- dans les sols argilo-graveleux, rencontrés sous la terre végétale en partie nord, la portance devrait être meilleure (à la teneur en eau naturelle, IPI = 17),
- au remaniement anarchique des sols superficiels engendrés par les fouilles archéologiques qu'il n'est pas toujours évident de localiser. Dans ces zones, la portance sera nulle.

**II.4.2) Réemploi des déblais**

II.4.2.1 – Réemploi en remblai

Les sols superficiels (principalement de terre végétale et les sols en états hydriques extrêmes ts (très sec) et th (très humide)) ne pourront être réemployés remblai.

Nous avons récapitulés ci-dessous les possibilités de réemploi des matériaux **en remblai** selon le GTR :

Type de sol	Réutilisation en l'état dans des conditions optimales (ni pluie, ni évaporation)	Traitement à la chaux
A2 h	Compactage et remblai faible	Oui (adapté avec 1,5 % de chaux)
A2 m	Compactage moyen	
C1 B6 h	Compactage et remblai faible	Oui
C1 B6 m	Compactage moyen	

II.4.2.2 – Réemploi en couche de forme

Les sols superficiels (principalement de terre végétale et les sols en états hydriques extrêmes ts (très sec) et th (très humide)) ne pourront être réemployés remblai.

Nous avons récapitulés ci-dessous les possibilités de réemploi des matériaux **couche de forme** selon le GTR :

Type de sol	Réutilisation en l'état dans des conditions optimales (ni pluie, ni évaporation)	Traitement
A2 h	Non	Prévoir traitement à la chaux + liant hydraulique
A2 m		
C1 B6 h		
C1 B6 m		



### II.4.3) Sols d'assise – Couche de forme

Les sols d'assise seront constitués :

- principalement d'argiles limoneuses ou finement sableuses en état hydrique h,
- en partie nord, d'argiles graveleuses, en état hydrique moyen.

Dans ce contexte, compte tenu des états hydriques entre 0,5 m et 1,0 m de profondeur :

- la PST sera de type 1 et la classe d'arase AR sera de type 1 dans les argiles limoneuses ou finement sableuses (une grande partie du projet),
- la PST sera de type 2 et la classe d'arase AR sera de type 1 en partie nord (sondages PM4 à PM6 et PR1), dans les argiles graveleuses.

Pour obtenir une plate-forme de classe PF2 ( $EV2 > 50$  MPa), nous envisageons les 2 solutions suivantes avec du bas vers le haut :

#### Solution 1 : substitution en GNT

- purge des sols organiques et remaniés sur une épaisseur variable (0,2 m à 0,6 m, en moyenne 0,4 m),
- mise en place d'un géotextile anticontaminant et résistant au poinçonnement à la base (le géotextile est à intercaler entre la PST et la couche de forme).
- mise en œuvre d'une couche de forme composée de 0,6 m (cas de la PST1/AR1) à 0,4 m (cas de la PST2/AR1) de matériaux d'apports de type D2, D3, R41 par exemple tel que définis par le GTR (épaisseur à définir selon le matériau d'apport réellement mis en œuvre),

**Nota 1 :** Il conviendra de vérifier le module intrinsèque des matériaux d'apport par des essais à la plaque en début de chantier. De même la qualité de la plate-forme devra être contrôlée afin de vérifier les hypothèses d'une PF2.

**Nota 2 :** La portance de la plate forme chutera rapidement en période pluvieuse du fait de la présence de sols fins, sensibles à l'eau. Nous vous conseillons de réaliser les travaux en période hydrique favorable.

#### Solution 2 : traitement à la chaux et / ou au liant hydraulique

- purge des sols organiques et remaniés,
- un traitement à la chaux + liant hydraulique dont l'épaisseur sera à déterminer en réalisant une étude de traitement (étude de formulation),
- imprégnation (filmogène).

### II.4.4) Structure de voirie

Nous avons utilisé le logiciel MISTRAL qui fait référence au catalogue des structures de chaussées neuves (SETRA LCPC, édition 1998).

En prenant en compte les hypothèses du projet récapitulées ci-dessous, nous proposons à titre d'exemple, la structure suivante :

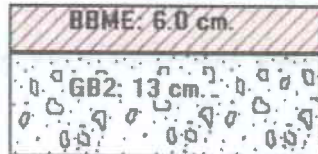
Paramètres d'entrée :

- Type de voirie : Voie du Réseau Non Structurant (VRNS),
- Classe de plate-forme : PF2,
- Nombre de poids lourds : 20 à 30 PL / jour ce qui correspond à une classe TC<sub>20</sub> (sans accroissement),
- Famille de structure : Bitumineuses Epaissees
- Structure GB2/GB2

Fiche du catalogue utilisée: Fiche 1:GB2/GB2

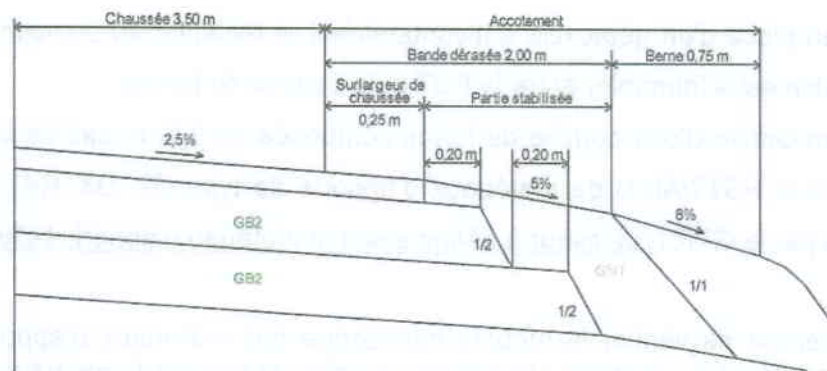
Couche de surface sélectionnée: BBSG

Structure résultante proposée:



Epaisseur nominale au bord droit de la chaussée.

Profil en travers type:



Vérification au gel:

Sol support très sensible au gel.

Valeur de la pente: 0,4

Coefficient An=0,12

Epaisseur (en m) de la couche de forme: 0,6

Hiver de référence: rigoureux exceptionnel.

Station météorologique utilisée: 28 (Chartres)

Indice de gel de l'hiver de référence: IR=190

Indice de gel admissible: IA=224

La structure vérifie aux conditions de gel/dégel.

Abaque de gel correspondante:



## II.5 - ALEAS PREVISIBLES DE CHANTIER (NON EXHAUSTIFS)

A ce stade de l'étude 3 aléas ont été nettement identifiés :

1. niveau variable de la nappe dont le battement est inconnu (qu'il est possible de vérifier par des levés piézométriques),
2. mauvaise traficabilité en phase chantier en période pluvieuse,
3. zones de très faibles portance difficilement localisables, conséquences des anciennes fouilles archéologiques.



### III. RAPPEL DE LA MISSION

A la demande du Maître d'Ouvrage, la SAEDEL, nous avons réalisé une étude géotechnique d'avant projet dans le cadre de l'aménagement d'un lotissement à Marboué (28).

Nous avons indiqué dans cette étude le type de structure de chaussée ainsi les précautions à prendre lors de la réalisation des travaux de terrassement et de mise en place des réseaux.

Ce rapport conclut la mission d'étude géotechnique d'avant projet (G12) qui nous a été confiée pour cette affaire.

Des essais à la plaque devront être réalisés pour contrôler la portance de la plate forme et de la couche de forme ce qui permettra de vérifier la bonne mise en œuvre des matériaux de remblai et de couche de forme. (mission G5).

Des relevés piézométriques permettront d'obtenir des informations complémentaires sur les niveaux d'eau et leur variation (informations indispensables pour la réalisation des réseaux).

**Conformément à la nouvelle norme NFP 94-500, les calculs et valeurs dimensionnelles donnés dans le présent rapport en mission G12 ne sont que des ébauches destinées à donner un premier aperçu des sujétions techniques d'exécution et ne constituent pas un dimensionnement du projet.**

Selon l'enchaînement des missions au sens de la norme NFP 94-500, l'élaboration du projet géotechnique nécessite une mission de type G2, les études géotechniques d'exécution doivent être établies dans le cadre d'une mission G3 et une mission G4 de supervision géotechnique d'exécution des travaux doit être réalisée.

FONDASOL reste à la disposition du Maître d'Ouvrage et du Maître d'Oeuvre pour participer à toute mission d'assistance technique complémentaire pour la conception des fondations et pour contrôler la bonne adaptation des travaux mis en œuvre aux conditions géotechniques du site.

## IV. CONDITIONS GENERALES

L'acceptation de l'offre de FONDASOL implique celle des présentes conditions générales. En cas de contradiction entre certaines clauses des présentes conditions générales et des conditions particulières émises par FONDASOL, ces dernières prévalent sur les présentes conditions générales. Dans le cas d'une acceptation d'un nouveau contrat, ces conditions générales feront partie intégrante de ce contrat.

### ARTICLE I – OBJET ET NATURE DES PRESTATIONS

Le terme « prestation » désigne exclusivement les prestations énumérées dans le devis de FONDASOL. Toute prestation différente de celles prévues fera l'objet d'un prix nouveau à négocier.

Par référence à la norme NF P 94-500 des missions géotechniques, il appartient au maître de l'ouvrage, au maître d'œuvre ou à toute entreprise de faire réaliser par un homme de l'art compétent toutes les missions géotechniques nécessaires à la conception et à l'exécution de l'ouvrage. Les missions G1, G2, G3 et G4 doivent être réalisées successivement pour suivre les phases d'élaboration et d'exécution du projet. La mission d'investigation est limitée à l'exécution matérielle de sondages et à l'établissement d'un compte rendu factuel sans interprétation ; elle exclut toute activité d'étude ou de conseil. Les missions G5 engagent le géotechnicien uniquement dans le cadre strict des objectifs ponctuels fixés.

### ARTICLE II – RECOMMANDATIONS

L'étude géotechnique repose sur les renseignements relatifs au projet communiqués et sur un nombre limité de sondages et essais qui ne permettent pas de lever toutes les incertitudes inéluctables à cette science naturelle. Les conclusions géotechniques ne peuvent conduire à traiter à forfait le prix des fondations compte tenu d'une hétérogénéité, naturelle ou du fait de l'homme, toujours possible et des aléas d'exécution pouvant survenir lors de la découverte des terrains.

Les éléments géotechniques non décelés par l'étude et mis en évidence lors de l'exécution pouvant avoir une incidence sur les conclusions du rapport, doivent être portés à la connaissance de FONDASOL ou signalés au géotechnicien chargé de la mission G 4 de suivi géotechnique d'exécution, afin que les conséquences sur la conception géotechnique ou les conditions d'exécution soient analysées par un homme de l'art. En cas d'incident important survenant en cours d'exécution des travaux, notamment glissement, dommages aux avoisinants ou existants, dissolution, remblais évolutifs, FONDASOL doit impérativement être avertie pour valider les conclusions géotechniques antérieures à l'événement ou les remettre en cause le cas échéant.

Les cotes des différentes formations géologiques sont données par rapport à un repère dont l'origine est définie dans le rapport géotechnique. Dans l'hypothèse où les cotes ne seraient pas rattachées au Nivellement Général de la France, il appartient aux concepteurs de les recalculer dans ce référentiel avant tout remodelage du terrain étudié. Cette condition est essentielle pour la validité du rapport.

De surcroît, les niveaux d'eau indiqués dans le rapport correspondent uniquement aux niveaux relevés au droit des sondages exécutés et à un moment précis ; une étude hydrogéologique spécifique devra être envisagée le cas échéant au stade de la conception de l'ouvrage.

Toute modification apportée au projet et à son environnement nécessite une actualisation, par une nouvelle mission, du rapport géotechnique établi à l'origine et dont la durée de validité est en tout état de cause limitée.

### ARTICLE III – AUTORISATIONS ET FORMALITES

La responsabilité de FONDASOL ne saurait être engagée en cas de dommages causés à la végétation et aux cultures ou à des ouvrages (en particulier, canalisations ou réseaux enterrés) dont la présence et l'emplacement précis ne lui ont pas été signalés préalablement à ses travaux. Il est rappelé au maître d'ouvrage que l'article 4 du décret n°91-1147 du 14 octobre 1991 lui fait obligation d'une demande de renseignements auprès des exploitants des ouvrages enterrés puis de communiquer les réponses à ses cocontractants, avant qu'ils n'effectuent leurs propres DICT.



#### **ARTICLE IV – DELAIS**

Sauf indication contraire précise, les estimations de délais d'intervention et d'exécution données aux termes du devis ne sauraient engager FONDASOL.

En toute hypothèse, la responsabilité de FONDASOL est dégagée de plein droit en cas de force majeure, d'événements imprévisibles, notamment la rencontre de sols inattendus et la survenance de circonstances naturelles particulières, ainsi que toute cause non imputable au bureau d'études géotechniques du fait du maître de l'ouvrage, de constructeurs ou de tiers, modifiant les conditions d'exécution des travaux géotechniques objet de la commande ou les rendant impossibles.

#### **ARTICLE V – PRIX**

Nos prix sont fermes et définitifs pour une durée de trois mois. Au-delà, ils seraient réactualisés par application de l'indice "Sondages et Forages TP 04", paraissant au Moniteur des Travaux Publics, l'Indice de base étant celui du mois de l'établissement du devis.

La nature des prestations et des moyens à mettre en œuvre, les prévisions des avancements et délais, ainsi que les prix sont déterminés en fonction des éléments communiqués par le client et ceux recueillis lors de la visite du site.

Si ces éléments s'avéraient différents en cours de travaux, notamment du fait de la présence de conditions imprévisibles au regard du contexte géologique défini à titre préliminaire dans l'offre en fonction des informations connues, le devis sera modifié.

En cas de désaccord sur les modifications à apporter aux prix unitaires ou nature des prestations, FONDASOL se réserve le droit de dénoncer le contrat sans que le client puisse demander un quelconque dédommagement ou indemnité, les prestations déjà réalisées devant être payées.

Dans l'hypothèse où FONDASOL serait dans l'impossibilité de réaliser les prestations prévues pour une cause qui ne lui est pas imputable, le temps d'immobilisation sera facturé aux prix suivants :

- . Travaux de sondage : 1550 euros HT / journée d'équipe
- . Travaux d'ingénierie : 850 euros HT / jour /Homme

#### **ARTICLE VI – RAPPORT DE LA MISSION**

Le rapport géotechnique constitue une synthèse de la mission définie par la commande. Le rapport et ses annexes, établis en deux exemplaires originaux, l'un pour le cocontractant, l'autre conservé par FONDASOL, forment un ensemble indissociable. Toute interprétation, reproduction partielle ou utilisation par un autre maître de l'ouvrage ou constructeur, notamment pour un projet différent de celui objet de l'étude géotechnique réalisée, ne saurait engager la responsabilité de FONDASOL. A défaut de clause spécifique, la remise du rapport fixe le terme de la mission.

#### **ARTICLE VII – RESILIATION**

La résiliation du contrat implique le paiement de l'ensemble des prestations régulièrement exécutées par FONDASOL au jour de la résiliation.

#### **ARTICLE VIII – RESPONSABILITES ET ASSURANCES**

Indépendamment des obligations contractuelles découlant de la convention signée entre les parties, FONDASOL est soumis aux responsabilités découlant du droit commun et de la garantie légale édictée par les articles 1792 et suivants et 2270 du Code civil.

**FONDASOL a souscrit les contrats d'assurance la garantissant contre les conséquences pécuniaires de ces différentes responsabilités. Ainsi, FONDASOL bénéficie d'un contrat d'assurance professionnelle BTP ingénierie, économie de la construction pour toutes les missions géotechniques définies par la norme NFP 94-500. Les ouvrages d'un montant supérieur TCE honoraires compris, à 30 Millions d'euros H.T. doivent faire l'objet d'une déclaration auprès de FONDASOL qui en référera à son assureur, pour rachat de la règle proportionnelle pour les ouvrages soumis à l'obligation d'assurance, pour détermination des conditions d'assurance décennale pour les ouvrages non soumis à l'obligation d'assurance. Toutes les conséquences financières d'une déclaration insuffisante seront supportées par le maître d'ouvrage.**

#### **ARTICLE IX - LITIGES**

Pour tous les litiges pouvant survenir entre les parties, seuls les tribunaux d'Avignon, département du siège social de FONDASOL seront compétents nonobstant toute clause contraire.



**V. MISSIONS TYPES D'INGÉNIERIE GÉOTECHNIQUE  
(Norme NF P 94-500)**

Tout ouvrage est en interaction avec son environnement géotechnique. C'est pourquoi, au même titre que les autres ingénieries, l'ingénierie géotechnique est une composante de la maîtrise d'œuvre indispensable à l'étude puis à la réalisation de tout projet.

Le modèle géologique et le contexte géotechnique général d'un site, définis lors d'une mission géotechnique préliminaire, ne peuvent servir qu'à identifier des risques potentiels liés aux aléas géologiques du site. L'étude de leurs conséquences et de leur réduction éventuelle ne peut être faite que lors d'une mission géotechnique au stade de la mise au point du projet : en effet, les contraintes géotechniques de site sont conditionnées par la nature de l'ouvrage et variables dans le temps, puisque les formations géologiques se comportent différemment en fonction des sollicitations auxquelles elles sont soumises (géométrie de l'ouvrage, intensité et durée des efforts, cycles climatiques, procédés de construction, phasage des travaux notamment).

L'ingénierie géotechnique doit donc être associée aux autres ingénieries, à toutes les étapes successives d'étude et de réalisation d'un projet, et ainsi contribuer à une gestion efficace des risques géologiques afin de fiabiliser le délai d'exécution, le coût réel et la qualité des ouvrages géotechniques que comporte le projet.

L'enchaînement et la définition synthétique des missions types d'ingénierie géotechnique sont donnés dans les tableaux 1 et 2.

Les éléments de chaque mission sont spécifiés dans les chapitres 7 à 9 (de la norme). Les exigences qui y sont présentées sont à respecter pour chacune des missions, en plus des exigences générales décrites au chapitre 5 de la présente norme.

L'objectif de chaque mission, ainsi que ses limites, sont rappelés en tête de chaque chapitre.

Les éléments de la prestation d'investigations géotechniques sont spécifiés au chapitre 6 (de la norme).

**Tableau 1 - Schéma d'enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique**

Étape	Phase d'avancement du projet	Missions d'ingénierie géotechnique	Objectifs en terme de gestion des risques liés aux aléas géologiques	Prestations d'investigations géotechniques *
1	Étude préliminaire Étude d'esquisse	Étude géotechnique préliminaire de site (G11)	Première identification des risques	Fonction des données existantes
	Avant projet	Étude géotechnique d'avant projet (G12)	Identification des aléas majeurs et principes généraux pour en limiter les conséquences	Fonction des données existantes et de l'avant-projet
2	Projet Assistance aux Contrats de Travaux (ACT)	Étude géotechnique de projet (G2)	Identification des aléas importants et dispositions pour en réduire les conséquences	Fonction des choix constructifs
3	Exécution	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3)	Identification des aléas résiduels et dispositions pour en limiter les conséquences	Fonction des méthodes de construction mises en œuvre
		Supervision géotechnique d'exécution (G4)		Fonction des conditions Rencontrées à l'exécution
Cas particulier	Étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques	Diagnostic géotechnique (G5)	Analyse des risques liés à ces éléments géotechniques	Fonction de la spécificité des éléments étudiés

\* NOTE À définir par l'ingénierie géotechnique chargée de la mission correspondante.



## Classification des missions types d'ingénierie géotechnique (Norme NF P 94-500)

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique doit suivre les étapes d'élaboration et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géologiques. Chaque mission s'appuie sur des investigations géotechniques spécifiques définies au chapitre 6. Il appartient au maître d'ouvrage ou à son mandataire de veiller à la réalisation successive de toutes ces missions par une ingénierie géotechnique.

### ETAPE 1 : ETUDES GEOTECHNIQUES PREALABLES (G1)

Ces missions excluent toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre d'une mission d'étude géotechnique de projet (étape 2). Elles sont normalement à la charge du maître d'ouvrage.

#### ETUDE GEOTECHNIQUE PRELIMINAIRE DE SITE (G11)

Elle est nécessaire au stade d'une étude préliminaire ou d'esquisse et permet une première identification des risques géologiques d'un site :

- Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisnants.
- Définir si nécessaire, un programme d'investigations géotechniques, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport avec un modèle géologique préliminaire, certains principes généraux d'adaptation d'un projet au site et une première identification des risques.

#### ETUDE GEOTECHNIQUE D'AVANT PROJET (G12)

Elle est nécessaire au stade d'avant projet et permet de réduire les risques géologiques majeurs identifiés :

- Définir un programme d'investigations géotechniques détaillé, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, certains principes généraux de construction (notamment terrassements, soutènements, fondations, risques de déformation des terrains, dispositions générales vis à vis des nappes et avoisnants).

Cette étude sera obligatoirement complétée lors de l'étude géotechnique de projet (étape 2).

### ETAPE 2 : ETUDE GEOTECHNIQUE DE PROJET (G2)

Elle est réalisée pour définir le projet des ouvrages géotechniques et permet de réduire les conséquences des risques géologiques importants identifiés. Elle est normalement à la charge du maître d'ouvrage et peut être intégrée à la mission de maîtrise d'œuvre générale.

#### Phase Projet :

- Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir les notes techniques donnant les méthodes d'exécution proposées pour les ouvrages géotechniques (notamment terrassements, soutènements, fondations, dispositions vis à vis des nappes et avoisnants), certaines notes de calcul de dimensionnement niveau projet.
- Fournir une approche des quantités/délais/coûts d'exécution de ces ouvrages géotechniques et une identification des risques géologiques résiduels.

#### Phase Assistance aux Contrats de Travaux :

- Établir les documents nécessaires à la consultation des entreprises pour l'exécution des ouvrages géotechniques (plans, notices techniques, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).
- Assister le client pour la sélection des entreprises et l'analyse technique des offres.

### ETAPE 3 : EXECUTION DES OUVRAGES GEOTECHNIQUES (G3 et G4, distinctes et simultanées)

#### ETUDE ET SUIVI GEOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

Se déroulant en 2 phases interactives et indissociables, elle permet de réduire les risques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures d'adaptation ou d'optimisation. Elle est normalement confiée à l'entrepreneur.

##### Phase Étude

- Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment validation des hypothèses géotechniques, définition et dimensionnement (calculs justificatifs), méthodes et conditions d'exécution (phasages, suivis, contrôles, auscultations en fonction des valeurs seuils associées, dispositions constructives complémentaires éventuelles), élaborer le dossier géotechnique d'exécution).

##### Phase Suivi

- Suivre le programme d'auscultation et l'exécution des ouvrages géotechniques, déclencher si nécessaire les dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des excavations et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
- Participer à l'établissement du dossier de fin de travaux et des recommandations de maintenance des ouvrages géotechniques.

#### SUPERVISION GEOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

Elle permet de vérifier la conformité de l'étude et suivi géotechniques d'exécution aux objectifs du projet. Elle est normalement à la charge du maître d'ouvrage.

##### Phase Supervision de l'étude d'exécution

- Avis sur l'étude géotechnique d'exécution, sur les adaptations ou optimisations potentielles des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, sur le programme d'auscultation et les valeurs seuils associées.

##### Phase Supervision du suivi d'exécution

- Avis, par interventions ponctuelles sur le chantier, sur le contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur, sur le comportement observé de l'ouvrage et des avoisnants concernés et sur l'adaptation ou l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur.

### DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE (G5)

Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder à une étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques dans le cadre d'une mission ponctuelle.

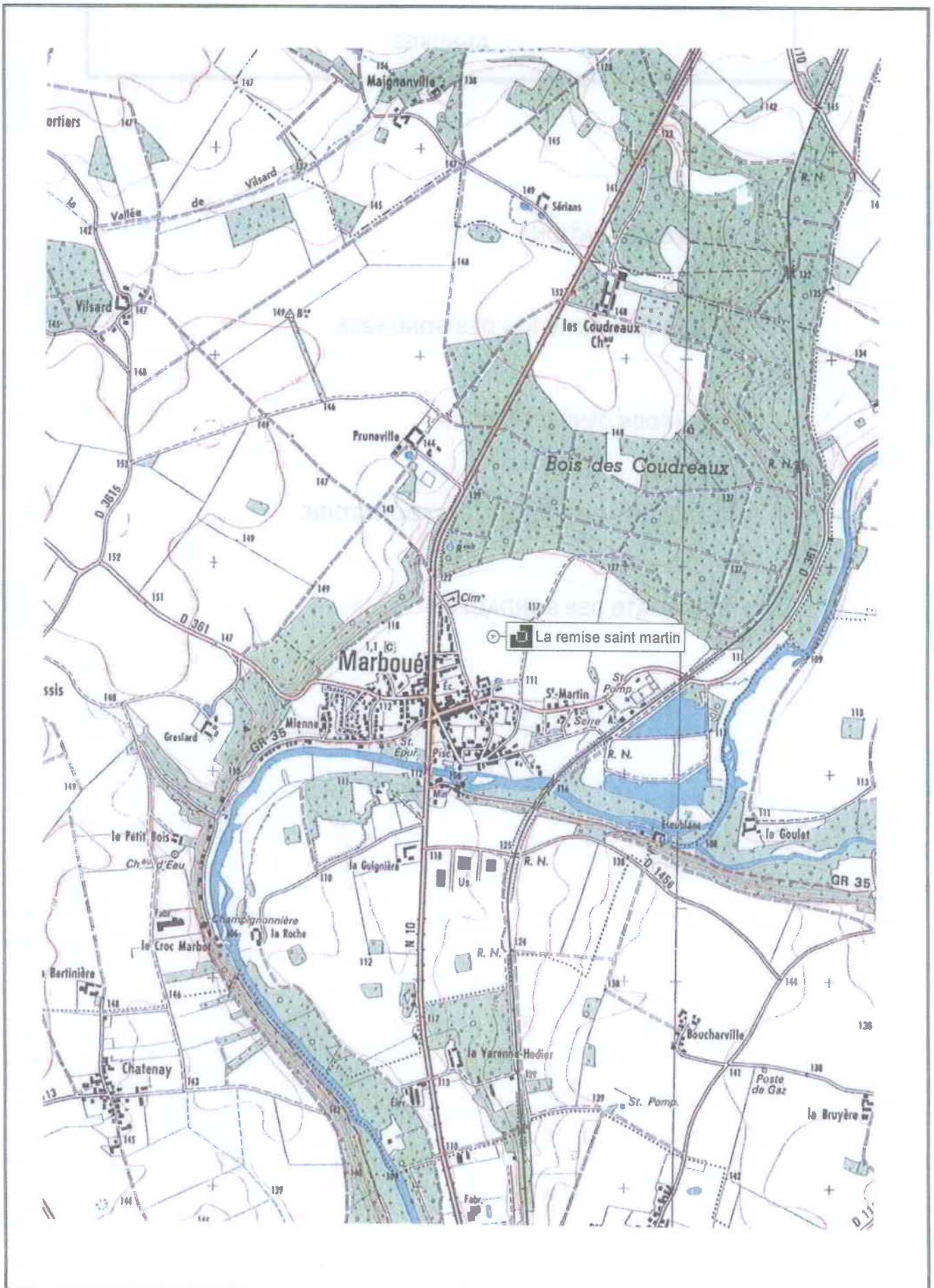
- Définir si nécessaire, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, rabattement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans d'autres éléments géotechniques.

Des études géotechniques de projet et/ou d'exécution, suivi et supervision doivent être réalisées ultérieurement conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique si ce diagnostic conduit à modifier ou réaliser des travaux.

## ANNEXES

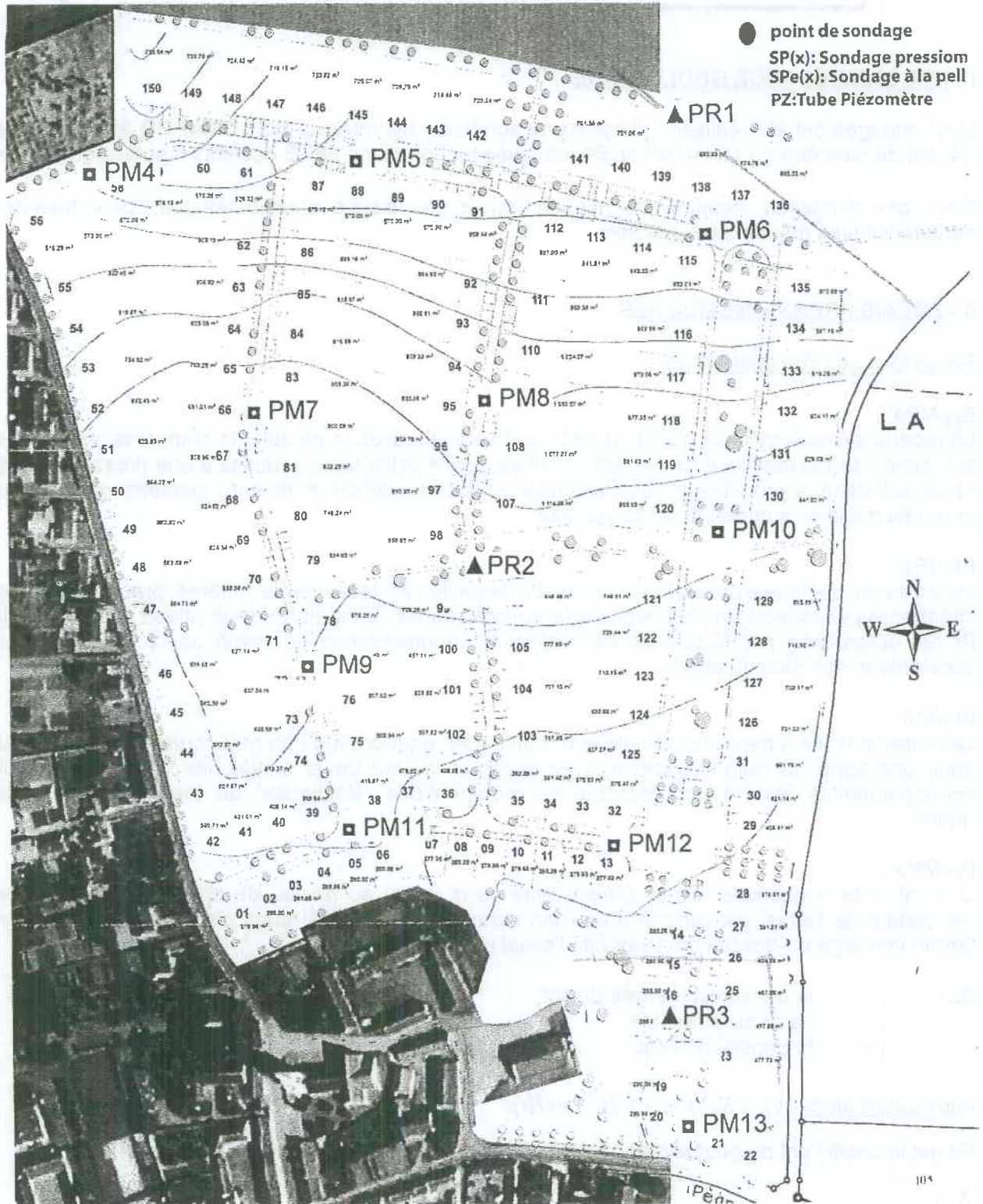
- **PLAN DE SITUATION**
- **PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES**
- **METHODES D'INVESTIGATION,**
- **RESULTATS DES ESSAIS EN LABORATOIRE**
- **RESULTATS DES SONDAGES**





PLAN DE SITUATION





**PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES**

## METHODES D'INVESTIGATION

### I - RECONNAISSANCE GEOLOGIQUE

Les sondages ont été réalisés à l'aide d'une sondeuse hydraulique **SOCOMAFOR 35**, à la tarière de 64 mm de diamètre ou au taillant de 64 mm avec tubage diam. 68/83 des sols meubles en surface.

Dans ces sondages, nous avons mis en œuvre des essais pressiométriques pour mesurer les caractéristiques mécaniques des sols.

### II - ESSAIS PRESSIOMETRIQUES

Rappelons que l'on désigne par :

**$E_M$  MPa :**

Le module pressiométrique standard défini par analogie avec le module de compression simple dans la théorie pseudo élastique de l'expansion d'une cavité cylindrique soumise à une pression croissante et calculé dans la première phase de l'essai où l'augmentation relative du diamètre de la sonde est proportionnelle à l'augmentation de pression.

**$P_f$  MPa :**

La pression de fluage, pression à partir de laquelle les tassements différés prennent une valeur importante par rapport aux tassements quasi-instantanés. C'est la fin de la phase pseudo élastique.  $P_f$  est déterminée par l'étude de l'évolution de l'augmentation du rayon de la sonde à pression constante en fonction du temps.

**$P_l$  MPa :**

La pression limite à partir de laquelle le terrain est en équilibre indifférent (écoulement semi visqueux) dans une zone de rayon croissant avec le temps autour de la sonde, les variations de volume correspondantes étant encaissées par les déformations "élastiques" du terrain extérieur jusqu'à l'infini.

**$P_o$  MPa :**

La contrainte horizontale initiale préexistante dans le sol au niveau de chaque essai. Si  $H$  est la profondeur de l'essai par rapport au terrain naturel et  $H_s$  la profondeur de la nappe, la hauteur de terrain immergé au-dessus du niveau de l'essai sera :  $H_i = H - H_s$

Soit  $\gamma'$  la densité immergée du sol,  
 $\gamma$  sa densité humide  
 $\gamma_w$  la densité de l'eau

nous avons alors :  $P_o = K_o (\gamma H_s + \gamma' H_i + \gamma_w H_i)$

$K_o$  est le coefficient de poussée des terres au repos, il est théoriquement de la forme :

$$K_o = \frac{\nu}{1-\nu}$$

Où  $\nu$  = coefficient de poisson

Comme en général, dans le sol  $\nu \neq 1/3$ , on a  $K_o \neq 1/2$

D'où, la formule pratique :  $P_o = 1/2 (\gamma H_s + \gamma' H_i + \gamma_w H_i)$



### **III – SONDAGES A LA PELLE MECANIQUE**

Les sondages ont été réalisés à l'aide d'une pelle mécanique 7,5 tonnes, d'une puissance de 80 ch.

Dans ces sondages, nous avons prélevés des échantillons de sol à des cotes régulières pour la réalisation des essais en laboratoire.

### **IV - NORMES ET RÉGLEMENTS UTILISÉS**

Les reconnaissances des sols, les différents essais, les recommandations ainsi que les ébauches dimensionnelles ont été réalisés en conformité avec les normes en vigueur, à savoir :

- NF P 94-500 pour les missions géotechniques,
- NF P 94-110 pour les essais pressiométriques,
- NFP 94-132 pour les essais de type Lefranc/Nasberg,
- NF P 11-300 pour l'exécution des terrassements,
- le fascicule 70 de novembre 2003 concernant les règles techniques de conception et de des réseaux,
- Catalogue des structures de chaussées neuves (SETRA LCPC, édition 1998),
- EUROCODE 7 (NF P 11-250, 251, 252) sur les calculs géotechniques, règles générales,
- NF P 94-050 pour les mesures des teneurs en eau,
- NF P 94-051 pour les limites d'Atterberg,
- NF P 94-053 pour les masses volumiques,
- NF P 94-056 pour la granulométrie,
- NF P 94-093 pour les essais Proctor Normal,
- NF P 94-078 pour les mesures de l'IPI et CBR,
- NF P 94-100 pour l'essai d'évaluation de l'aptitude d'un matériau au traitement.



**MARBROUE**

Date : 18/12/2007

Cote NGF : 114.7

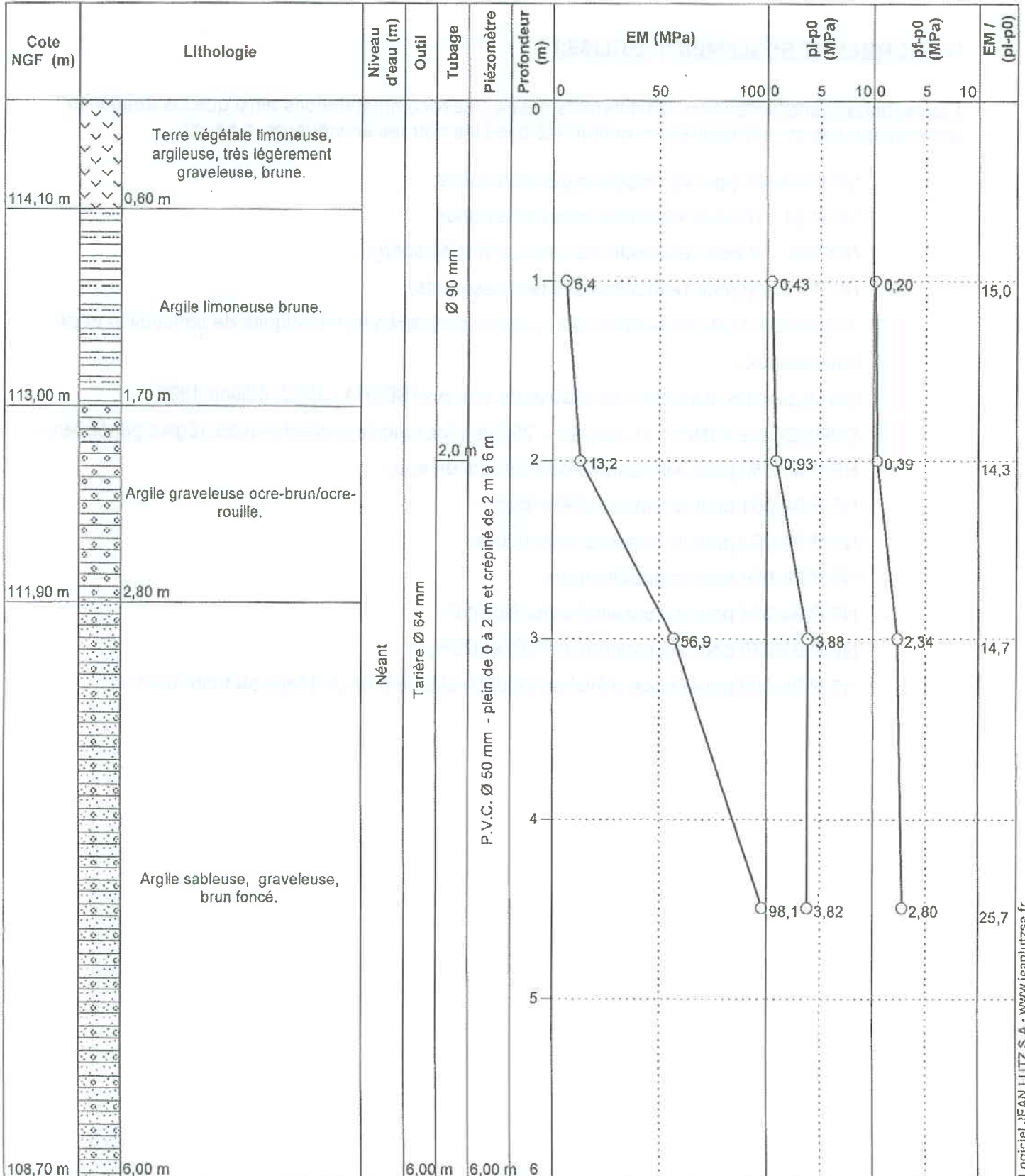
Profondeur : 0 - 6 m

Affaire AMA/070196

1/30

**Sondage : PR 1**

EXGTE 2.04.1/GTE



MARBROUE

Affaire AMA/070196



Date : 17/12/2007

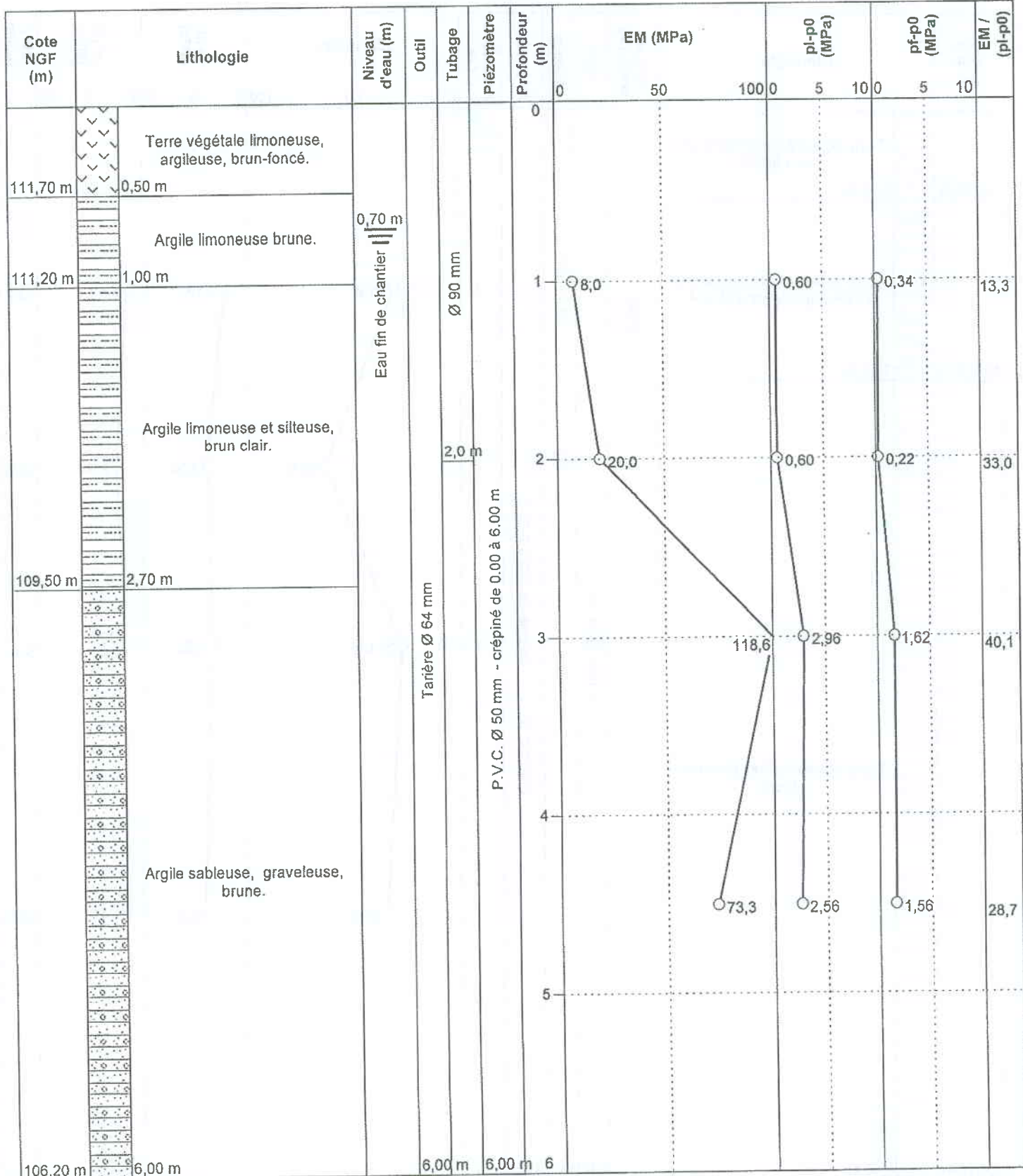
Cote NGF : 112,2

Profondeur : 0 - 6 m

1/30

Sondage : PR 2

EXGTE 2.04.1/GTE



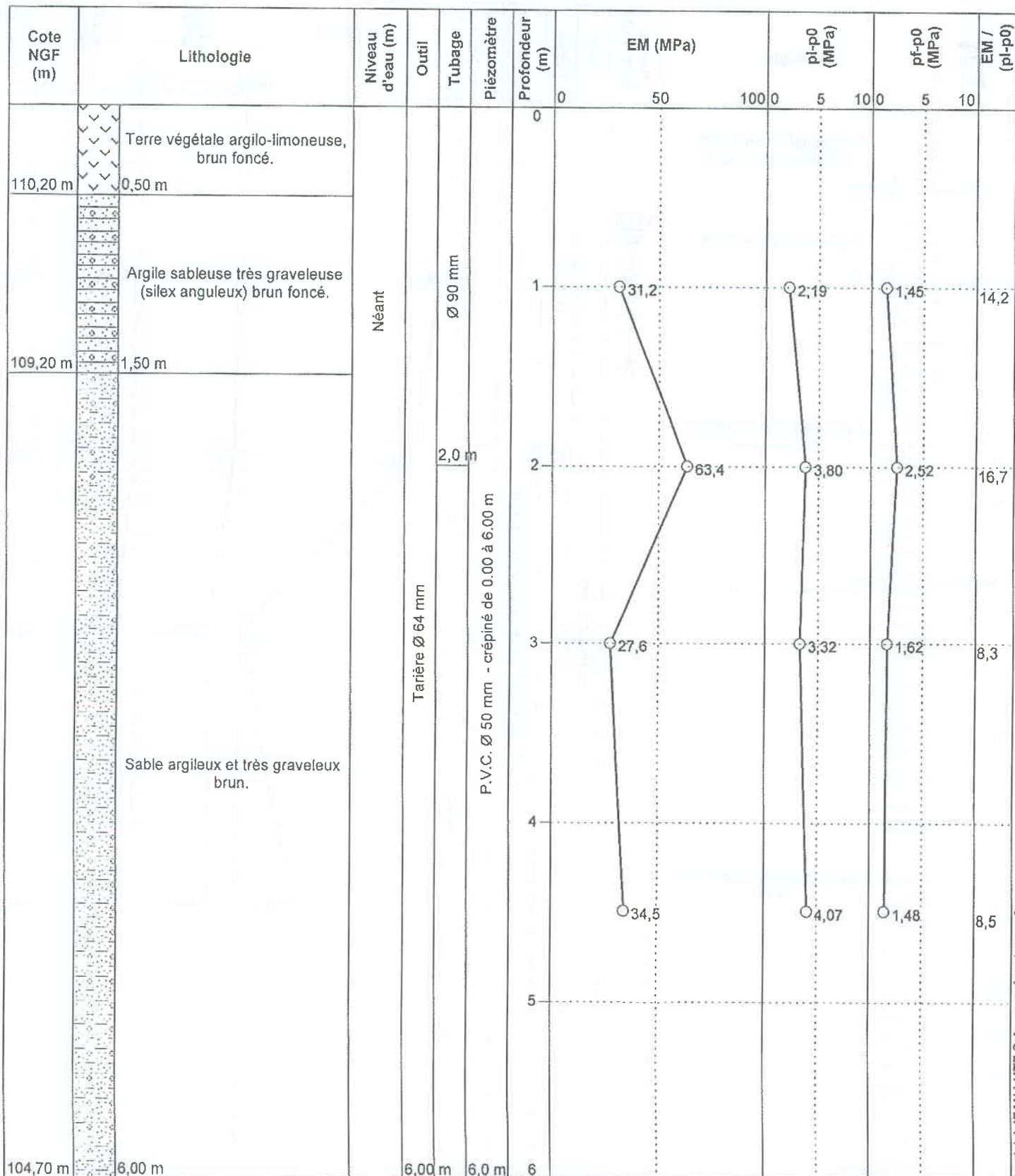


<p><b>fondasol</b> G É O T E C H N I Q U E</p>	<b>MARBROUE</b>		Affaire AMA/070196
	Date : 17/12/2007	Cote NGF : 110,7	Profondeur : 0 - 6 m

1/30

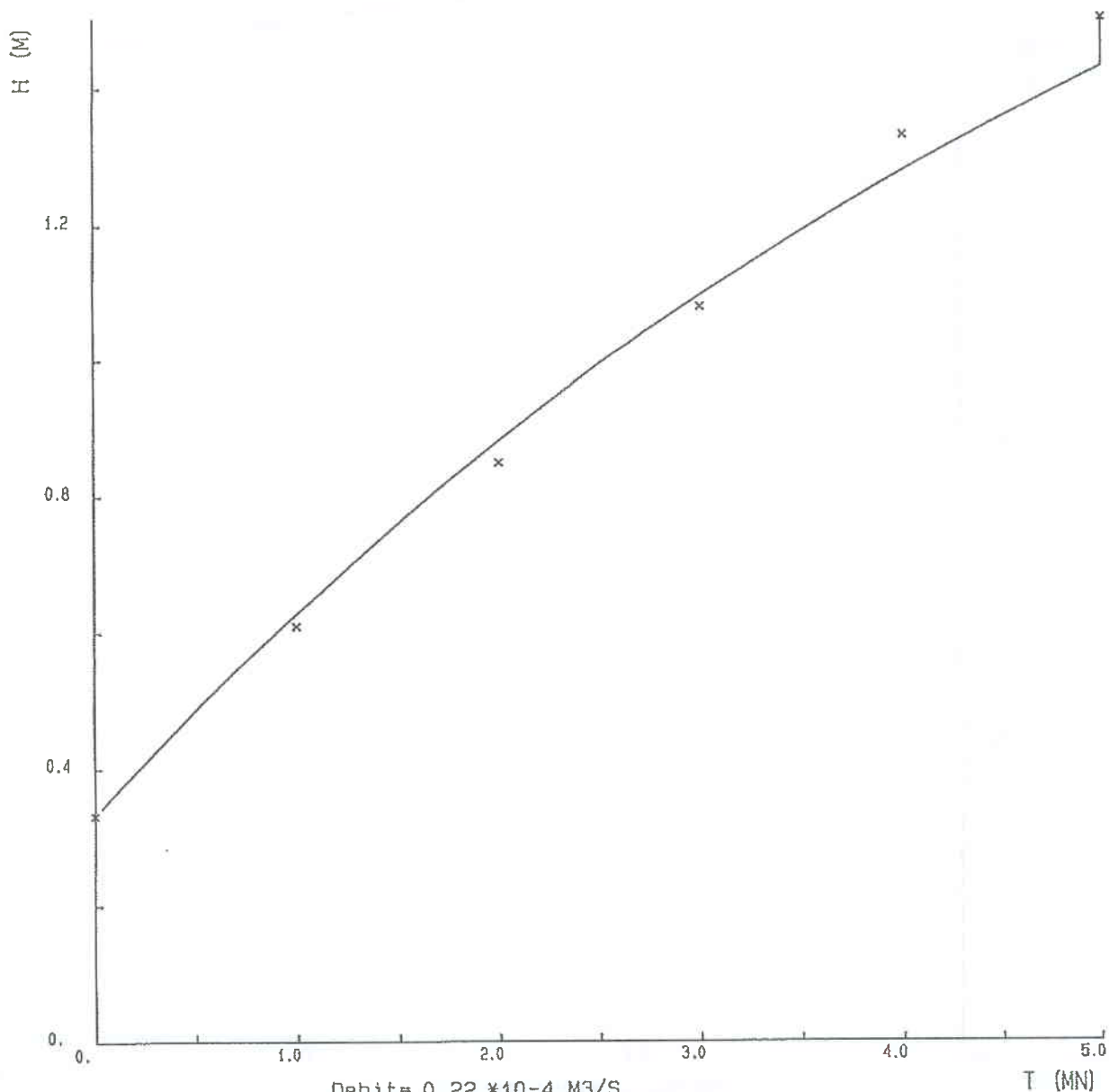
**Sondage : PR 3**

EXGTE 2.04.1/GTE



ESSAI NASBERG SPHERIQUE REGIME TRANSITOIRE

PR 1



Debit=  $0.22 \times 10^{-4}$  M3/S

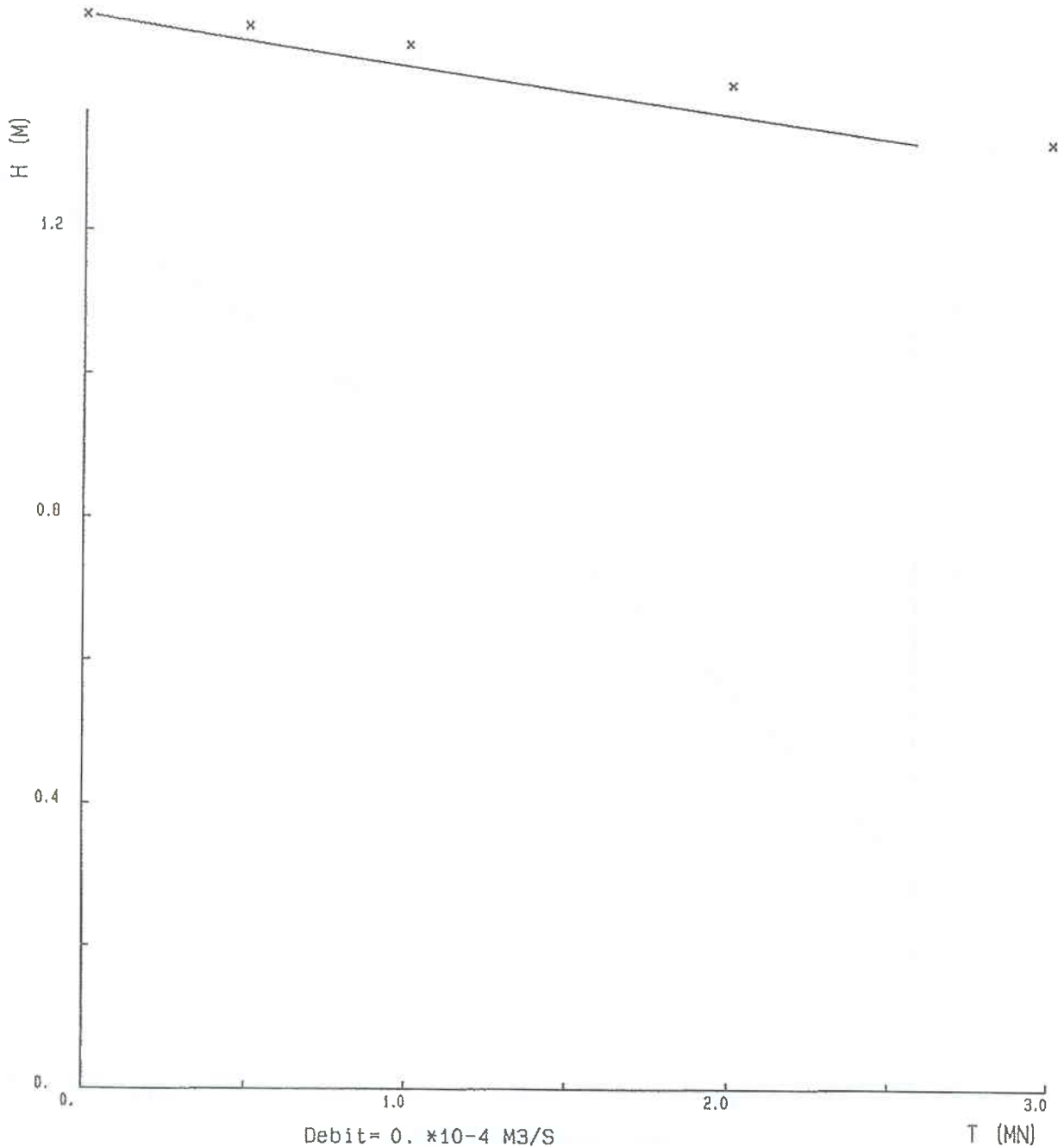
B= 0.291 METRE

M= 0.39

COURBE THEORIQUE K=  $0.065 \times 10^{-4}$  M/S

ESSAI NASBERG SPHERIQUE REGIME TRANSITOIRE

PR 1 descente 0



Debit= 0. \*10<sup>-4</sup> M3/S

B= 0.291 METRE

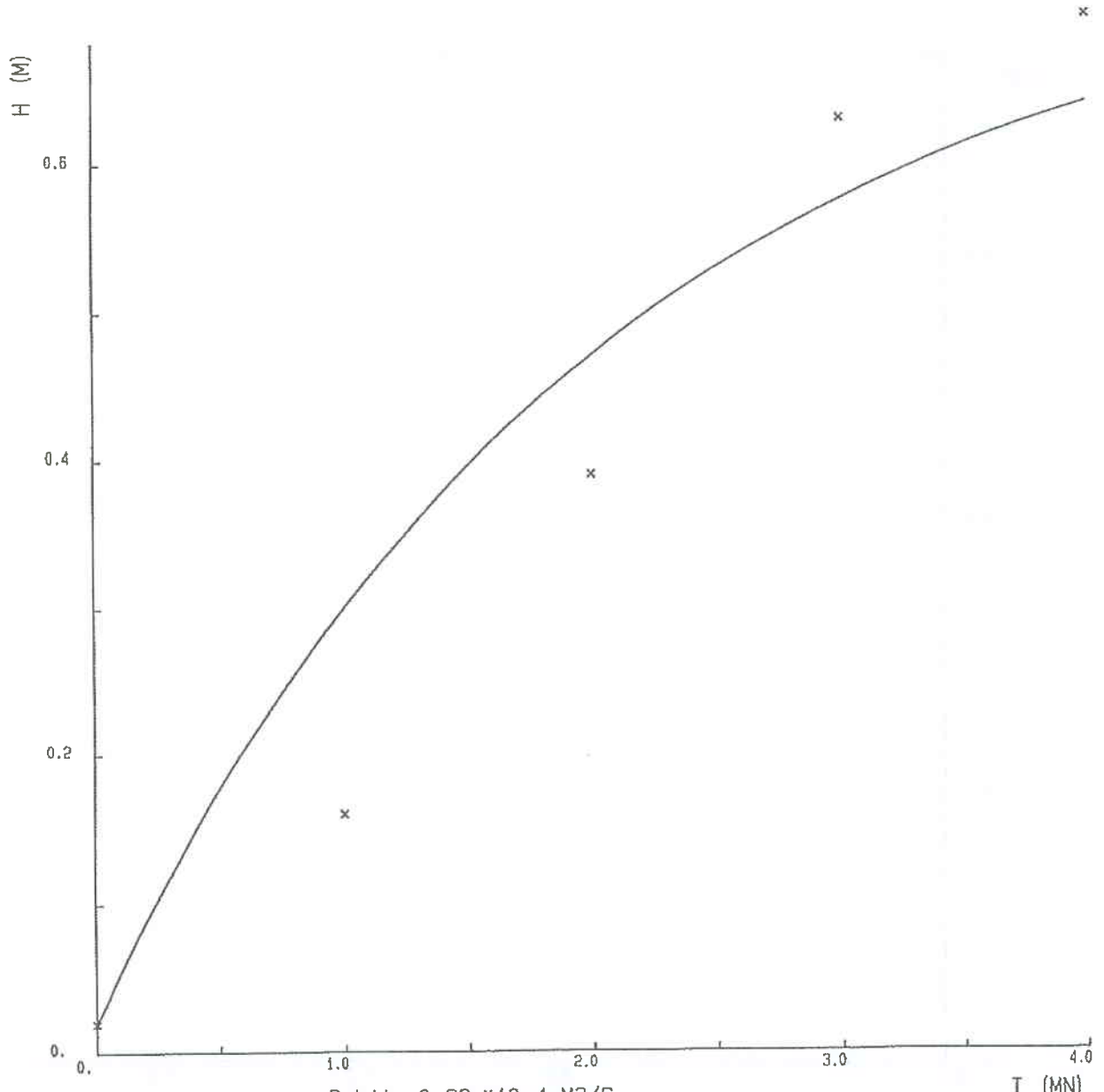
M= 0.39

COURBE THEORIQUE K= 0.020 10<sup>-4</sup>M/S



ESSAI LEFRANC REGIME TRANSITOIRE

PR 2

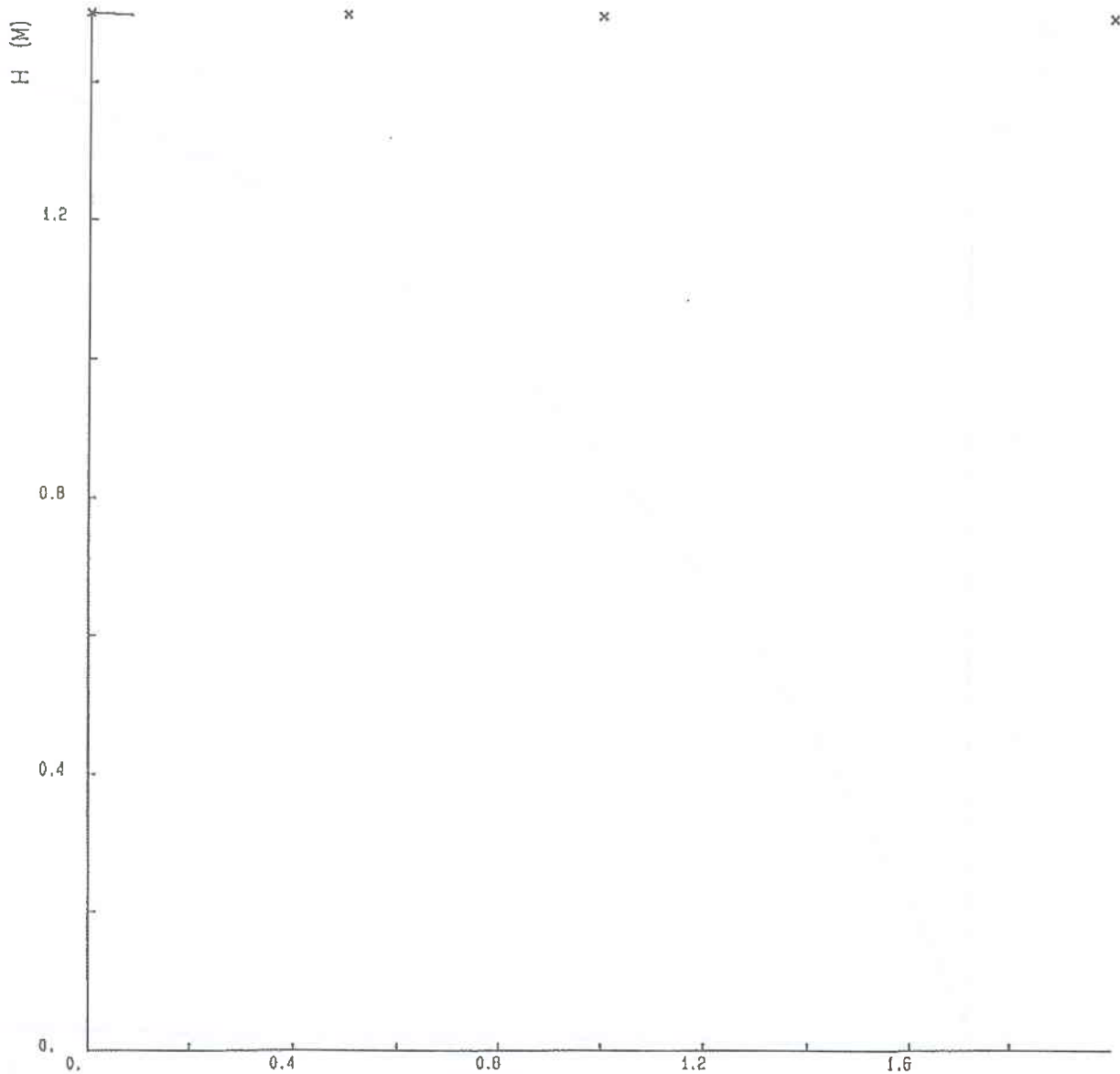


Debit=  $0.22 \times 10^{-4}$  M<sup>3</sup>/S  
B= 0.083 METRE  
M= 23.78

COURBE THEORIQUE K=  $0.150 \times 10^{-4}$  M/S

ESSAI NASBERG SPHERIQUE REGIME TRANSITOIRE

PR 2 descente



Debit= 0. ×10<sup>-4</sup> M<sup>3</sup>/S

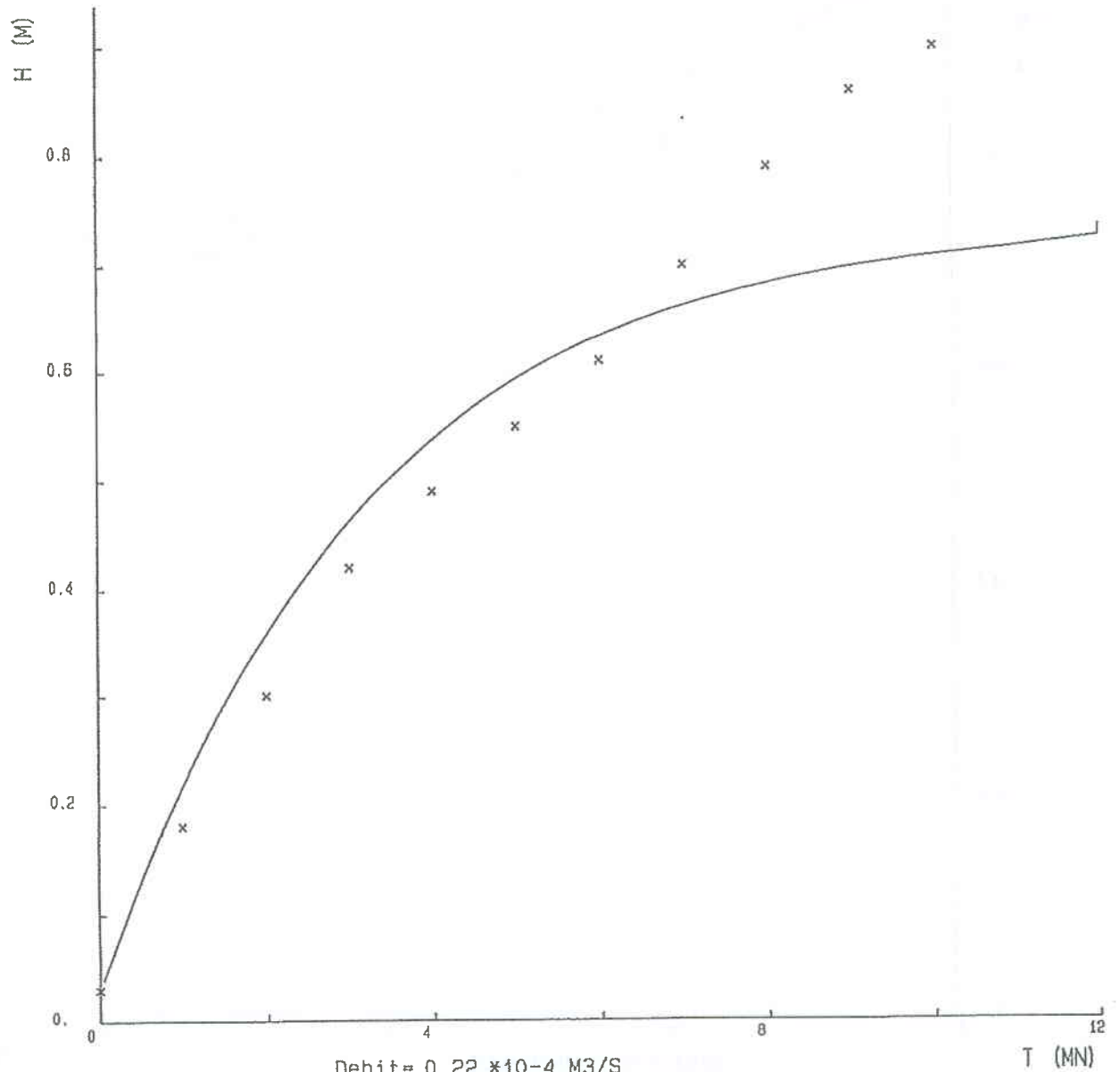
B= 0.291 METRE

M= 0.39

COURBE THEORIQUE K= 0.010 10<sup>-4</sup>M/S

ESSAI NASBERG SPHERIQUE REGIME TRANSITOIRE

PR 3



Debit=  $0.22 \times 10^{-4}$  M<sup>3</sup>/S

B= 0.255 METRE

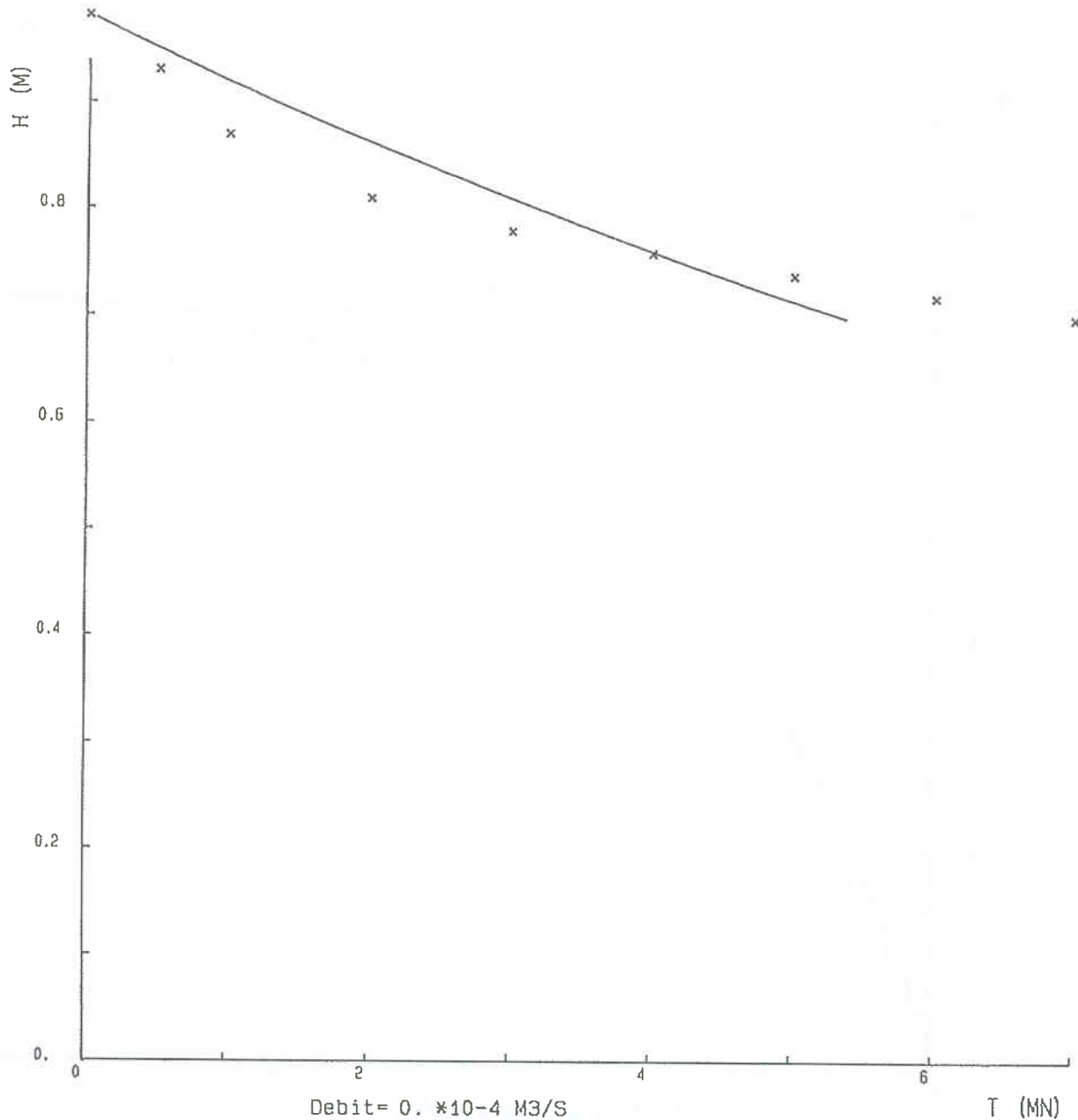
M= 0.39

COURBE THEORIQUE K=  $0.250 \times 10^{-4}$ M/S



# ESSAI NASBERG SPHERIQUE REGIME TRANSITOIRE

## PR 3 descente



Debit= 0. \*10<sup>-4</sup> M3/S

B= 0.255 METRE

M= 0.39

T (MN)

COURBE THEORIQUE K= 0.050 10<sup>-4</sup>M/S



**MARBOUE**  
**La remise SAINT MARTIN**

Date : 04/01/2008

Cote NGF : 114,6

Profondeur : 0 - 3 m

n° affaire AMA/070196

**Sondage : PM 4**

EXGTE 2.04.1/GTE

1/15

Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Observations
114,10 m	0,50 m	Terre végétale limoneuse, brune.			
113,50 m	1,10 m	Argile graveleuse (silex) ocre-brun.			
112,50 m	2,10 m	Argile très graveleuse (silex) + raide ocre rouille/ ocre jaune.			
112		Argile sableuse très graveleuse (silex), de plus en plus sableuse avec la profondeur ocre-rouille.			
111,60 m	3,00 m				Bonne tenue des parois. Arrêt volontaire.

Néant


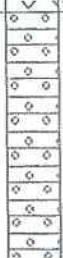
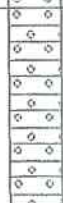


Tarière Ø 64 mm

 <p><b>fondasol</b> G E O T E C H N I Q U E</p>	<p><b>MARBOUE</b> <b>La remise SAINT MARTIN</b></p>	n° affaire AMA/070196
	<p>Date : 04/01/2008</p>	<p>Cote NGF : 114,8</p>

1/15

**Sondage : PM 5**

EXGTE 2.04.1/GTE


Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Observations
114,30 m	0,50 m	 <p>Terre végétale limoneuse, brune</p>			
113,80 m	1,00 m	 <p>Argile graveleuse (silex) ocre-brun.</p>			
113,40 m	1,40 m	 <p>Argile très graveleuse (silex) ocre brun/ocre rouille.</p>			
112,70 m	2,10 m	 <p>Argile sableuse très graveleuse (silex) ocre-jaune , ocre-rouille</p>			
112					
111,80 m	3,00 m	 <p>Sable argileux, graveleux (silex) ocre-jaune / ocre-rouille.</p>			

Néant

Tarière Ø 64 mm

Bonne tenue des parois.  
Arrêt volontaire.


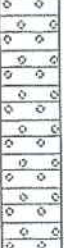
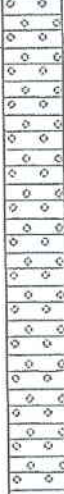




	<b>MARBOUE</b> <b>La remise SAINT MARTIN</b>		n° affaire AMA/070196
	Date : 04/01/2008	Cote NGF : 114,5	Profondeur : 0 - 3 m

1/15

**Sondage : PM 6**

EXGTE 2.04.1/GTE




Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Observations
114,10 m	0,40 m	 Terre végétale limoneuse, brune.	Néant	Tarière Ø 64 mm	
113,60 m	0,90 m	 Argile légèrement graveleuse (silex) ocre-brun			
112,60 m	1,90 m	 Argile très graveleuse compacte (silex) ocre-rouille / ocre-brun.			
112,00 m	2,50 m	 Sable argileux très graveleux compact (silex) ocre-rouille.			
111,50 m	3,00 m	 Sable argileux, graveleux (silex) ocre-jaune / ocre-rouille.			

	<b>MARBOUE</b> <b>La remise SAINT MARTIN</b>		n° affaire AMA/070196
	Date : 04/01/2008	Cote NGF : 112,4	Profondeur : 0 - 3 m

1/15



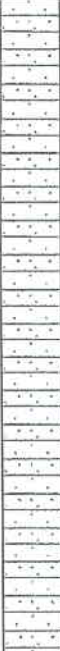
**Sondage : PM 7**

EXGTE 2.04.1/GTE

Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Observations
112,10 m	0,30 m	 Terre végétale limoneuse, brune.	0,30 m	Néant	
111,60 m	0,80 m	 Argile molle finement sableuse ocre-brun.	0,80 m		
109,40 m	3,00 m	 Argile molle finement sableuse ocre-jaune.	3,00 m		
				Tarière Ø 64 mm	Bonne tenue des parois. Arrêt volontaire

	<b>MARBOUE</b> <b>La remise SAINT MARTIN</b>		n° affaire AMA/070196
	Date : 04/01/2008	Cote NGF : 112,9	Profondeur : 0 - 3 m

1/15 Sondage : PM 8 EXGTE 2.04.1/GTE

Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Observations
	0	 Terre végétale limoneuse, brune.	Néant	Tarière Ø 64 mm	
112,50 m	0,40 m				
		 Argile molle finement sableuse ocre-brun.			
112,20 m	0,70 m		0,70 m		
	1	 Argile molle finement sableuse ocre-jaune.			
	2				
110					
109,90 m	3,00 m 3	3,00 m			Bonne tenue des parois. Arrêt volontaire



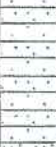





	<b>MARBOUE</b> <b>La remise SAINT MARTIN</b>		n° affaire AMA/070196
	Date : 04/01/2008	Cote NGF : 112,0	Profondeur : 0 - 3 m

1/15



**Sondage : PM 9**

EXGTE 2.04.1/GTE

Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Observations
111,70 m	0,30 m	 Terre végétale limoneuse, brune. 0,30 m	Néant	Tarière Ø 64 mm	
111,40 m	0,60 m	 Argile finement sableuse, molle, ocre-brun. 0,60 m			
111,10 m	0,90 m	 Argile finement sableuse, molle, ocre-jaune/ocre-brun. 0,90 m			
111	1	 Argile sableuse très graveleuse (silex) ocre-jaune/ocre-brun. 2,10 m			
109,90 m	2,10 m	 Sable très graveleux (silex) légèrement humide, ocre-jaune/ocre-brun. 2,10 m			
109,00 m	3,00 m	 3,00 m			Tenue moyenne des parois à partir de 0.90 m Arrêt volontaire

 <p><b>fondasol</b> G É O T E C H N I Q U E</p>	n° affaire AMA/070196
	<p><b>MARBOUE</b> <b>La remise SAINT MARTIN</b></p>
Date : 04/01/2008	Cote NGF : 112,2
Profondeur : 0 - 3 m	

1/15 Sondage : PM 10 EXGTE 2.04.1/GTE

Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Observations
	0				
111,80 m	0,40 m	 Terre végétale limoneuse, brune.			
	1				
110	3,00 m	 Argile molle finement sableuse ocre-jaune.	Néant	Tarière Ø 64 mm	
109,20 m	3,00 m	3,00 m			Bonne tenue des parois. Arrêt volontaire



**MARBOUE**  
**La remise SAINT MARTIN**

n° affaire AMA/070196

Date : 04/01/2008


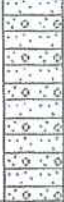
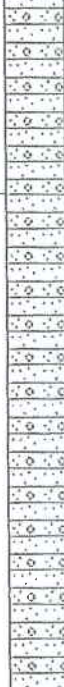

Cote NGF : 111,5

Profondeur : 0 - 3 m

1/15

**Sondage : PM 11**

EXGTE 2.04.1/GTE

Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Observations
111,30 m	0,20 m	 Terre végétale limoneuse, brune. 0,20 m	Néant	Tarière Ø 64 mm	
110,90 m	0,60 m	 Argile finement sableuse légèrement graveleuse (silex) ocre-brun. 0,60 m			
109,50 m	2,00 m	 Argile sableuse très graveleuse (silex) compacte ocre-brun, ocre-rouille. 2,00 m			
109	3,00 m	 Sable très graveleux (silex), humide, ocre-rouille à blocailleux, très compact. 3,00 m			
108,50 m	3,00 m				Tenue moyenne des parois à 0.60 m. Arrêt volontaire






	<b>MARBOUE</b> <b>La remise SAINT MARTIN</b>		n° affaire AMA/070196
	Date : 04/01/2008	Cote NGF : 111,2	Profondeur : 0 - 3 m

1/15

**Sondage : PM 12**

EXGTE 2.04.1/GTE



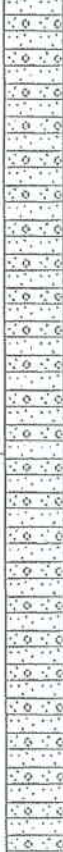

Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Observations
111,00 m	0,20 m	 Terre végétale.			
109,30 m	1,90 m	 Argile finement sableuse, molle, ocre-jaune.	Néant	Tarière Ø 64 mm	
109	3,00 m	 Sable très graveleux (silex), légèrement humide, ocre-jaune.			
108,20 m	3,00 m				Tenue moyenne des parois à partir de 1.90 m Arrêt volontaire

	<b>MARBOUE</b> <b>La remise SAINT MARTIN</b>		n° affaire AMA/070196
	Date : 04/01/2008	Cote NGF : 110,4	Profondeur : 0 - 3 m

1/15

**Sondage : PM 13**

EXGTE 2.04.1/GTE

Cote NGF	Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Observations
110,10 m	0,30 m	 Terre végétale limoneuse brun-foncé.			
109,30 m	1,10 m	 Sable argileux très graveleux, (sillex) ocre-brun			
108	2,80 m	 Argile finement sableuse légèrement graveleuse (sillex) ocre-jaune/ocre-brun.	Néant	Tarière Ø 64 mm	
107,60 m	2,80 m				
107,40 m	3,00 m	 Argile finement sableuse, légèrement graveleuse, (sillex), humide, grise.			Tenue moyenne des parois à partir de 1.90 m Arrêt volontaire





FTQ 230-C  
**FONDASOL**  
 Toulouse

Echantillons  
 intacts   
 remaniés

**RECAPITULATIF D'ESSAIS DE LABORATOIRE**

Nom de l'affaire :		Affaire N° :		Ingénieur d'études		Date		RESPONSABLE DU LABORATOIRE		Page									
Marbroué - La remise Saint-Martin		AMA. 07 0196		N.DESCHENET		04-févr-08		F.BOUTON		2 / 2									
Forage	Profondeur	Nature	Dmax	Wn	WI	IP	VBS	pd	% passant				W opn	pdopn	IPJ	CBRI	G	pd	GTR
									à 50mm	à 80µm	à 2mm	à 80µm							
		Normes		94-050		94-052-1		94-068 94-410-2		94-056		94-057		94-093		94-078		94-093	
	0,50m	Argile		18,8															
	1,00m	Argile		18,0															
	1,50m	Argile		17,6															
PM12	2,00m	Grave sablo argileuse	> 20 <sup>☆</sup>	6,6															
	2,50m	Grave sablo argileuse	> 20 <sup>☆</sup>	8,0															
	3,00m	Grave sablo argileuse	> 20 <sup>☆</sup>	7,3															
	0,20-1,10m	Limons beige	10	18,7	36	12			100,0	99,7	73,4	99,7	73,4	73,4	16,5	1,72	7		A1-A2
		1,5% CaO													17,7	1,64	22		

N.B : ☆ quantité de matériau NON NORMALISEE \* Teneur en eau après traitement ▲ Cet essai ne représente que l'échantillon

FONDASOL  
Laboratoire Toulouse

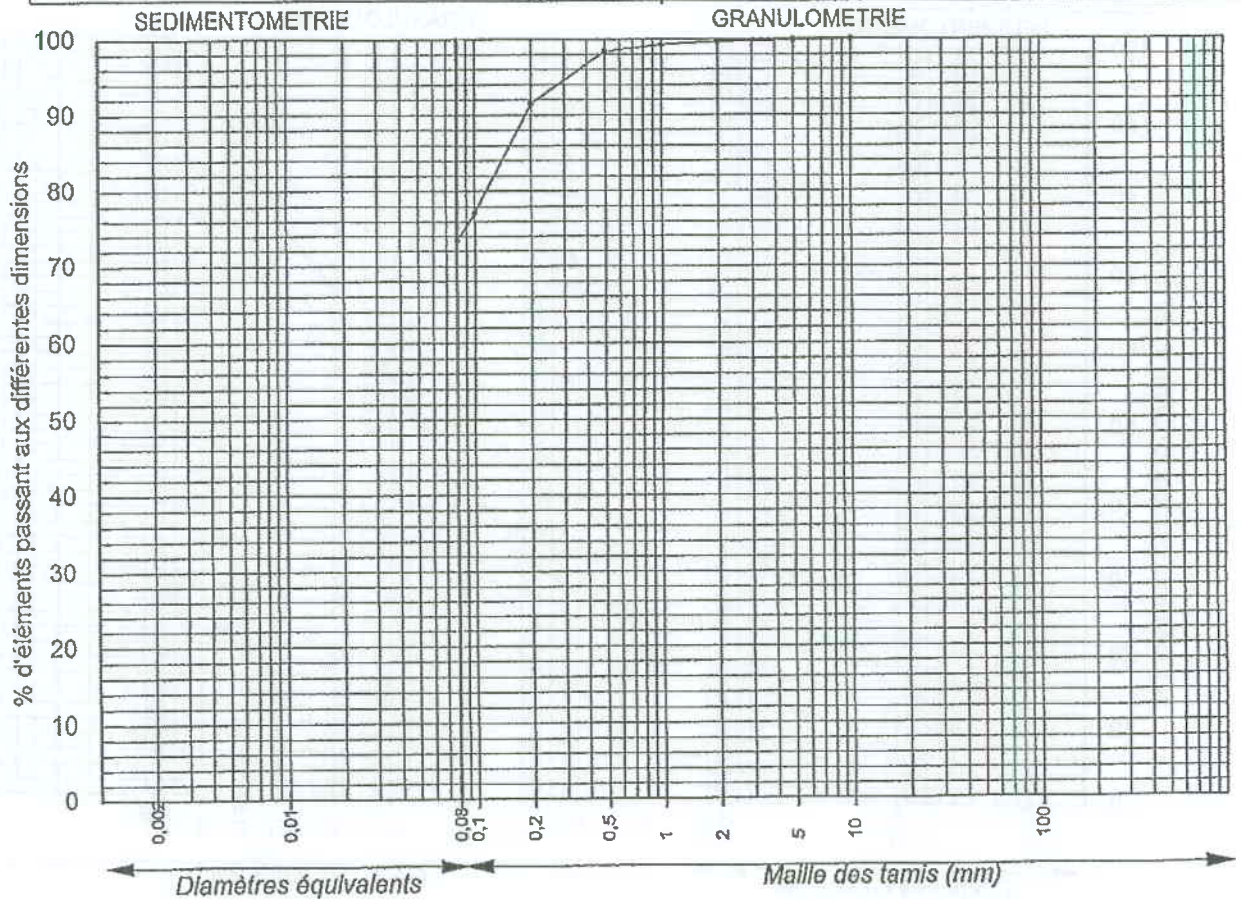
# ANALYSE GRANULOMETRIQUE

N° Affaire : AMA070196  
Forage : PM12  
Dates prélèvement : 04/01/08 Essai: 25/01/08

Nom Affaire : Marbroué - La remise Saint-Martin  
Profondeur : 0.20 - 1.10  
Mode de prélèvement : PELLE MECANIQUE

## ANALYSE GRANULOMETRIQUE par Tamisage à sec après lavage (selon la norme NF P 94-056)

% de passant à :		Maille maxi utilisée ou Diamètre Maxi: 10. mm	Température d'étuvage : 105. °C
50 mm = 100.0	2 mm = 99.7		
20 mm = 100.0	80 m = 73.4		
5 mm = 99.9	2 m =		



	Maille(X) mm	Passant(Y) %
1	10	100,0
2	5	99,9
3	2	99,7
4	1	99,3
5	0,5	98,4
6	0,2	91,5
7	0,1	77,1
8	0,08	73,4

Observations:

Etabli par : F.BOUTON



FONDASOL  
Laboratoire Toulouse

# ANALYSE GRANULOMETRIQUE

N° Affaire : AMA070196

Nom Affaire : Marbroué - La remise Saint-Martin

Forage : PM5

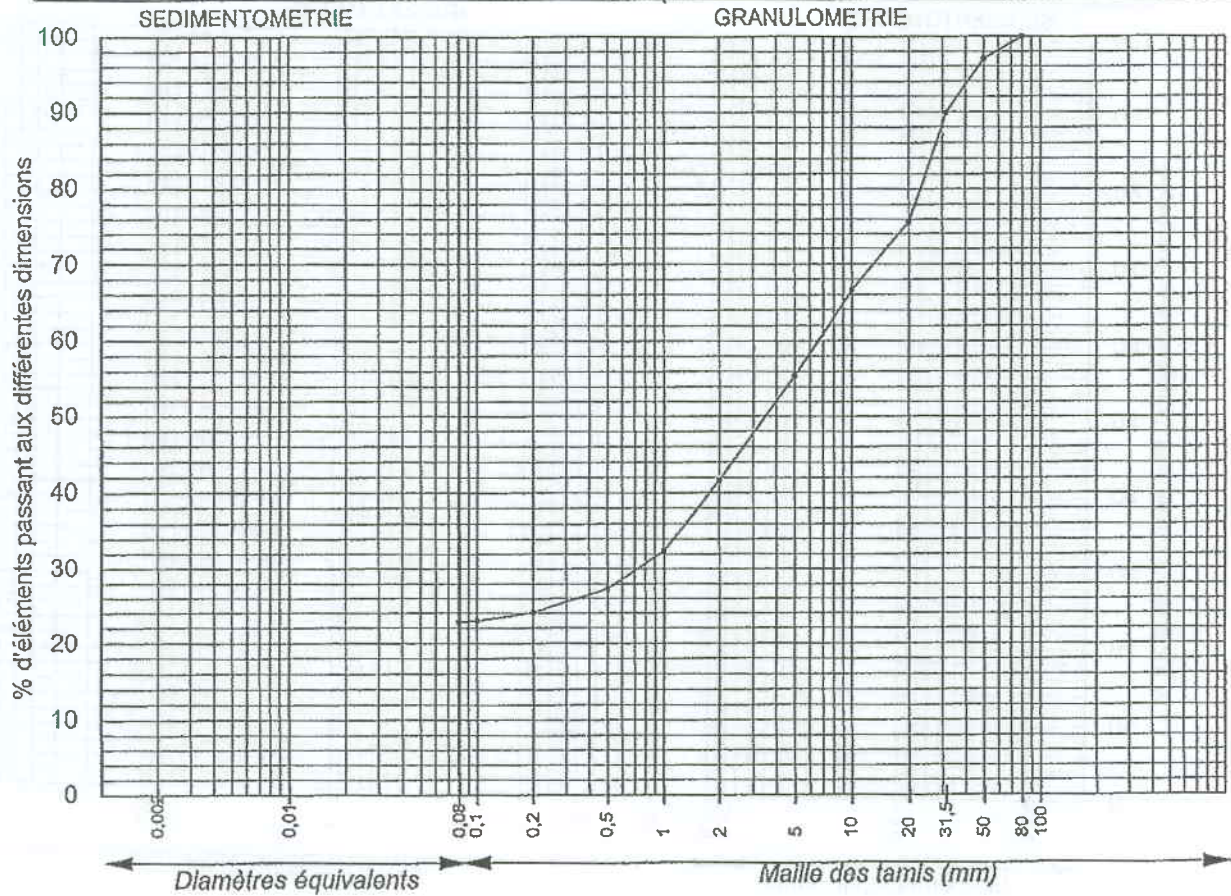
Profondeur : 0.40 - 1.00

Dates prélèvement : 04/01/08 Essai: 25/01/08

Mode de prélèvement : PELLE MECANIQUE

## ANALYSE GRANULOMETRIQUE par Tamisage à sec après lavage (selon la norme NF P 94-056)

% de passant à :		Maille maxi utilisée ou Diamètre Maxi.: 80. mm	Température d'étuvage : 105. °C
50 mm = 97.0	2 mm = 41.6		
20 mm = 75.6	80 m = 22.8		
5 mm = 55.4	2 m =		



	Maille(X) mm	Passant(Y) %
1	80	100,0
2	50	97,0
3	31,5	89,9
4	20	75,6
5	10	66,6
6	5	55,4
7	2	41,6
8	1	32,4
9	0,5	27,3
10	0,2	24,1
11	0,1	23,0
12	0,08	22,8

Observations:

Etabli par : F.BOUTON



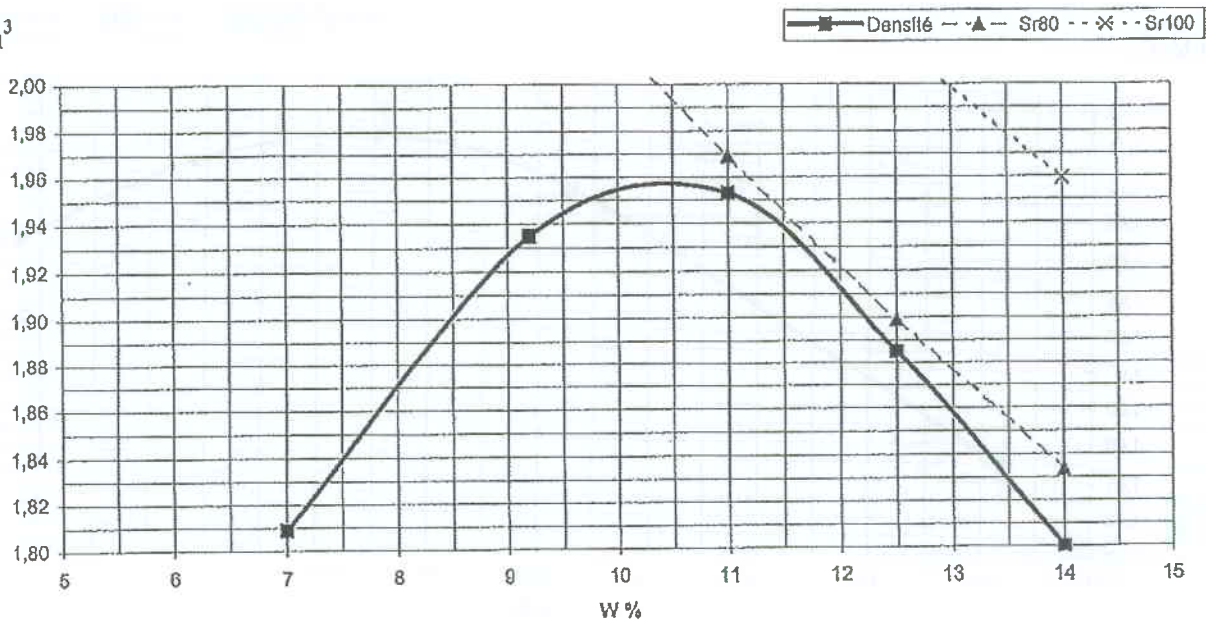
<b>FONDASOL</b>		<b>AGENCE DE TOULOUSE - St ALBAN</b>	
CHANTIER: Marbroué - La remise Saint-Martin		Date: 30/01/2008	
N° Affaire: AMA. 07 0196			

**ESSAI PROCTOR**

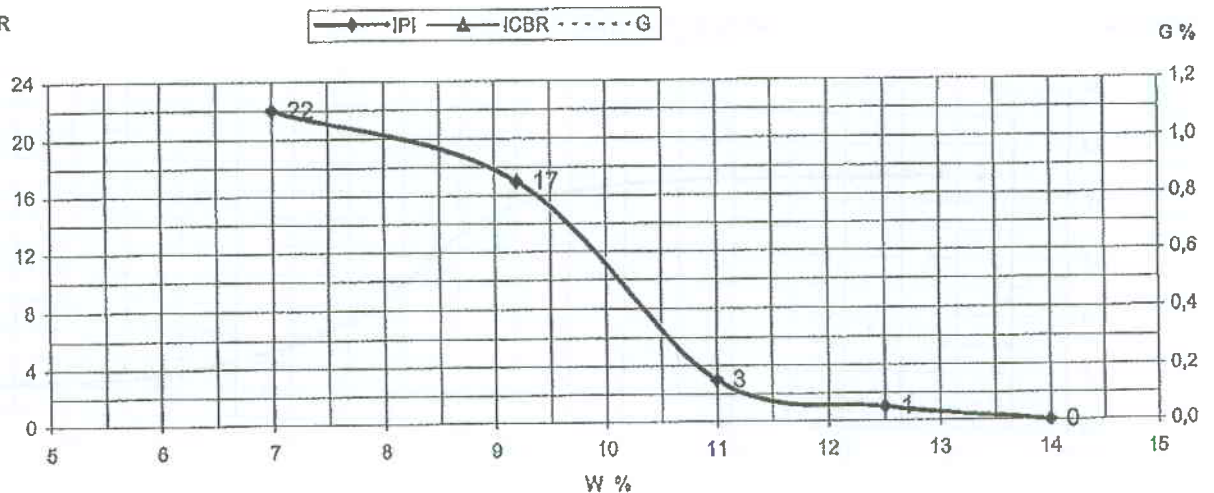
Sondage :	PM5 de 0,40 à 1,00m	Essai Proctor: NF P 94-093	$\rho_s$	2,70	t/m <sup>3</sup>
Matériau :	Grave argileuse	Moule : Proctor <input type="checkbox"/> CBR <input checked="" type="checkbox"/>	W <sub>opn</sub>	10,3	%
GTR :	C1B6	Fraction : 0/20mm	pd <sub>opn</sub>	1,96	t/m <sup>3</sup>
		Normal <input checked="" type="checkbox"/> Modifié <input type="checkbox"/>	IPI <sub>opn</sub>	8	
W <sub>nat</sub> :	9,2 %		Refus à 20mm	24,4	%
IPI <sub>nat</sub> :	17	IPI: NF P 94-078	W' <sub>opn</sub>	7,8	%
		W: NF P 94-050	pd' <sub>opn</sub>	2,10	t/m <sup>3</sup>

W %	7,0	9,2	11,0	12,5	14,0
Densité	1,81	1,94	1,95	1,89	1,80
IPI	22	17	3	1	0
CBRi					
G%					
Sr80	2,184	2,060	1,969	1,899	1,834
Sr100	2,271	2,163	2,082	2,019	1,959

pd t/m<sup>3</sup>



IPI / ICBR



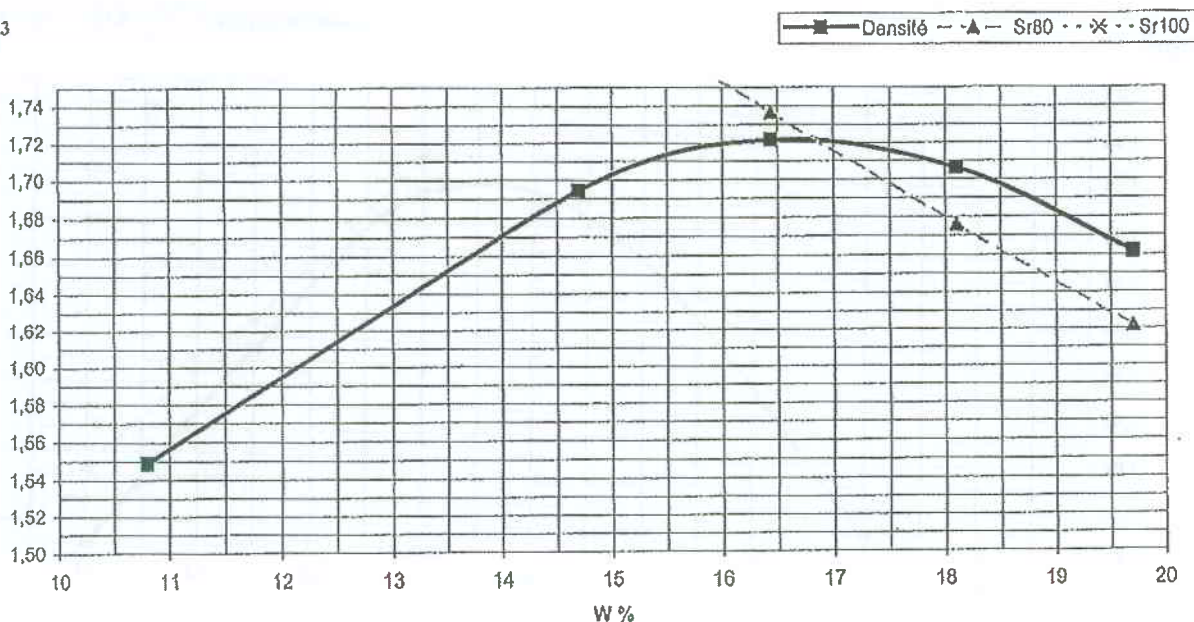
<b>FONDASOL</b>		<b>AGENCE DE TOULOUSE - St ALBAN</b>	
CHANTIER: Marbroué - La remise Saint-Martin		Date:	30/01/2008
N° Affaire: AMA. 07 0196			

**ESSAI PROCTOR**

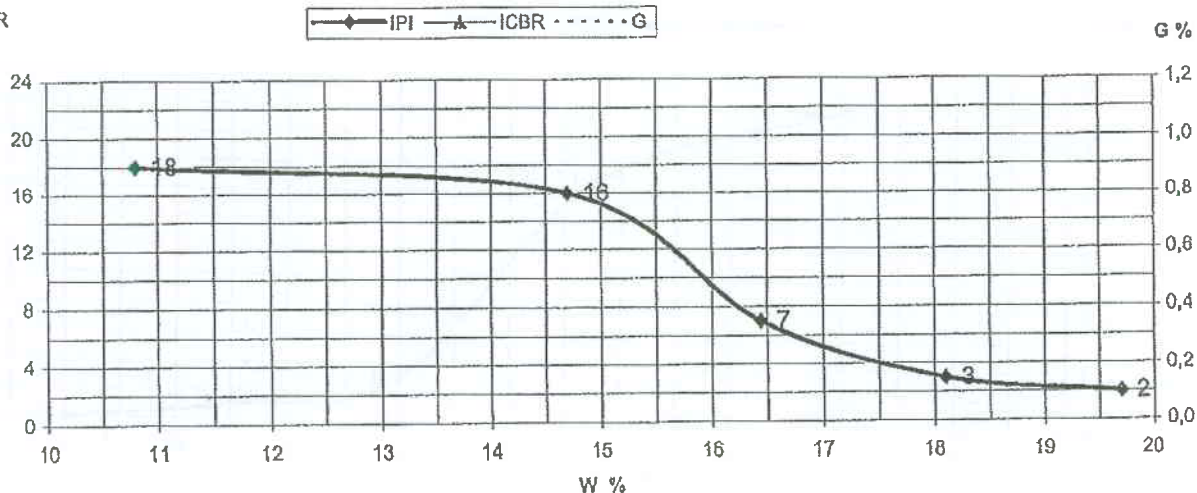
Sondage :	PM12 de 0,20 à 1,10m	Essai Proctor: NF P 94-093	ps	2,70	t/m <sup>3</sup>
Matériau :	Limon beige	Moule : Proctor <input type="checkbox"/> CBR <input checked="" type="checkbox"/>	Wopn	16,5	%
GTR :	A1-A2	Fraction : 0/20mm	pd opn	1,72	t/m <sup>3</sup>
Wnat :	18,1 %	Normal <input checked="" type="checkbox"/> Modifié <input type="checkbox"/>	IPI opn	7	
IPI nat :	3	IPI: NF P 94-078	Refus à 20mm		%
		W: NF P 94-050	W'opn		%
			pd' opn		t/m <sup>3</sup>

W %	10,8	14,7	16,4	18,1	19,7
Densité	1,55	1,69	1,72	1,71	1,66
IPI	18	16	7	3	2
CBRi					
G%					
Sr80	1,979	1,805	1,737	1,676	1,622
Sr100	2,090	1,933	1,870	1,814	1,763

pd t/m<sup>3</sup>



IPI / ICBR





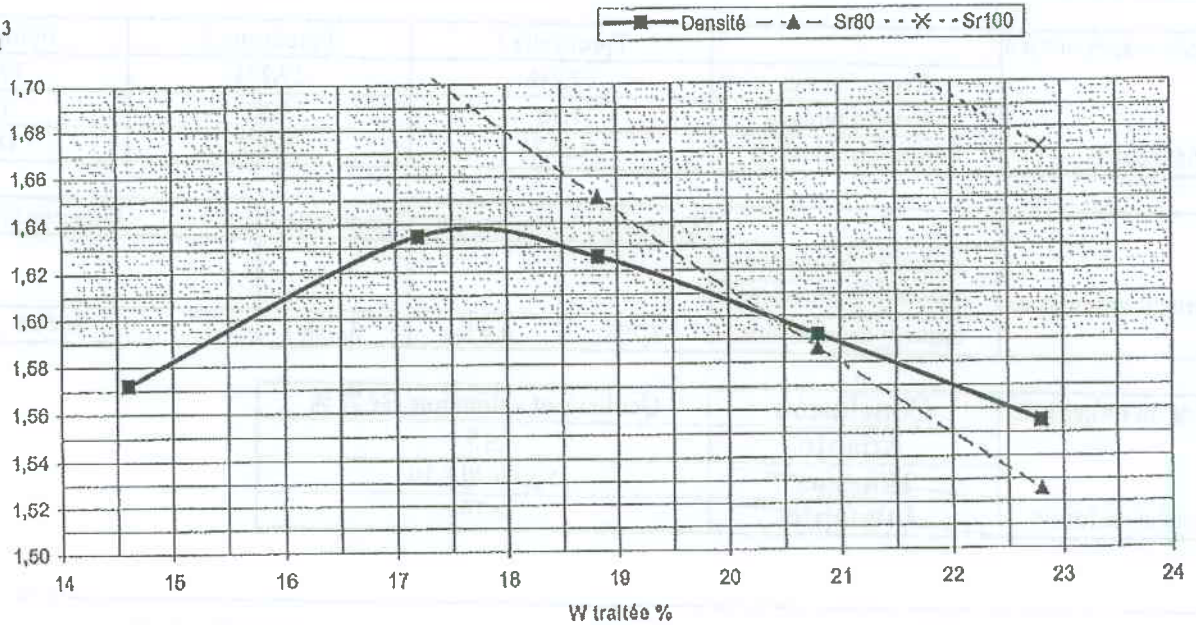
<b>FONDASOL</b>		<b>AGENCE DE TOULOUSE - St ALBAN</b>	
<b>CHANTIER:</b> Marbroué - La remise Saint-Martin		<b>Date:</b> 30/01/2008	
<b>N° Affaire:</b> AMA. 07 0196			

**ESSAI PROCTOR**

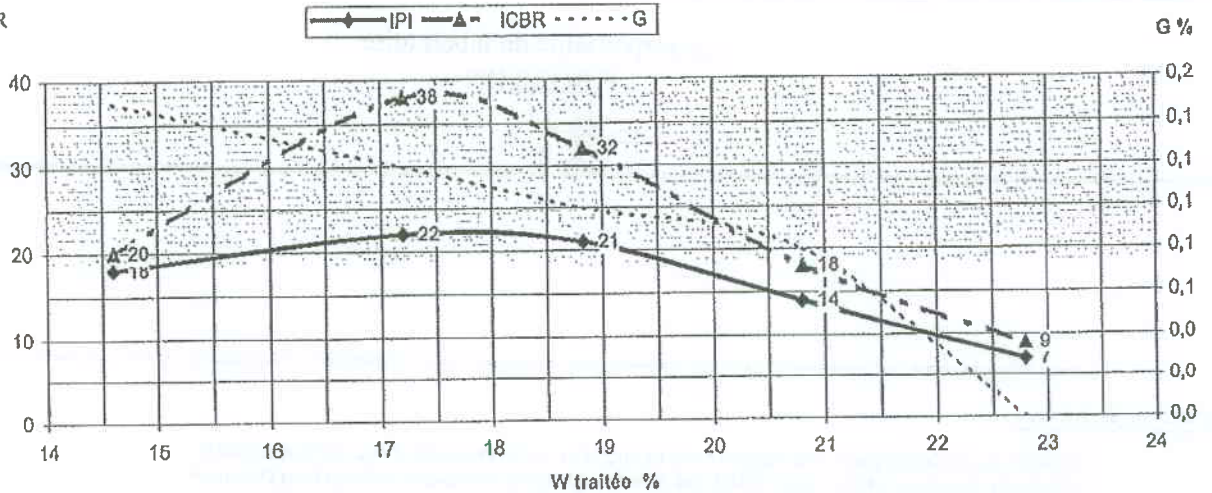
<b>Sondage :</b> PM12 de 0,20 à 1,10m	<b>Essai Proctor:</b> NF P 94-093	$\rho_s$	2,70	t/m <sup>3</sup>
<b>Matériau :</b> Limon belge	<b>Moule :</b> Proctor <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> GBR	W <sub>opn</sub>	17,7	%
<b>GTR :</b> A1-A2	<b>Fraction :</b> 0/20mm	$\rho_d$ opn	1,64	t/m <sup>3</sup>
<b>Traitement :</b> 1,5% CaO	<b>Normal</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>Modifié</b> <input type="checkbox"/>	IPI opn	22	
	<b>IPI:</b> NF P 94-078	Refus à 20mm		%
	<b>W:</b> NF P 94-050	W <sub>opn</sub>		%
		$\rho_d'$ opn		t/m <sup>3</sup>

W %	15,9	18,1	19,7	21,6	24,3
W sol traité %	14,6	17,2	18,8	20,8	22,8
Densité	1,57	1,64	1,63	1,59	1,56
IPI	18	22	21	14	7
CBRI	20	38	32	18	9
G%	0,15	0,12	0,10	0,08	0,00
Sr80	1,809	1,708	1,651	1,586	1,526
Sr100	1,937	1,844	1,790	1,729	1,671

$\rho_d$  t/m<sup>3</sup>



IPI / ICBR







**Essai d'évaluation de l'aptitude d'un matériau au traitement**  
*Réalisé suivant la norme NF P 94-100*

Affaire : **Marbroué - La remise Saint-Martin**

Dossier : **AMA. 07 0196**

Date : **04/02/2008**

Matériau essayé	Classification (NF P 11-300)	A1-A2	Nature :		Limon beige
	Teneur en eau :	18,1%	Lieu de prélèvement / profondeur :		PM12
	Provenance :	-			0,20 à 1,10m
	N° Echantillon :	-			
Référence Proctor traité :		Wopn	17,7 %	pdopn	1,64 t/m3

Mélange fraction 0/5mm	Teneur en eau	17,2 %	Masse volumique humide : $\rho_{hPN}$	1,92
	Traitement		1,5% CaO	

Confection des éprouvettes à  96% ph PN		Eprouvette 1	Eprouvette 2	Eprouvette 3
	Teneur en eau	17,2%	17,2%	17,2%
	Masse volumique	1,85	1,85	1,85
	Masse éprouvette g	181,2	181,2	181,2

Gonflement volumique		Eprouvette 1	Eprouvette 2	Eprouvette 3	Moyenne (%)
	après 4h d'immersion				
	après 24h d'immersion				
	après 7j d'immersion	2,7%	3,4%	3,4%	3,15%

Aptitude au traitement	<b>Conclusion</b>	<b>Gonflement volumique Gv 7j %</b>
en couche de forme	<b>Adapté</b>	$\leq 5$
	<del>Douteux</del>	$5 \leq Gv 7j \leq 10$
	<del>Inadapté</del>	$\geq 10$

**Observations : Matériau adapté à ce type de traitement : 1,5% CaO**

Le responsable du laboratoire

**F.BOUTON**

Agences FONDASOL Région Sud Ouest :

BIARRITZ : 23, rue de la Négresse - 64200 BIARRITZ - Tél. 05 59 42 12 85 - Fax 05 59 57 99 28 - E-mail : biarritz@fondasol.fr  
 BORDEAUX : 94, avenue de Picot - 33320 EYSINES - Tél. 05 56 28 38 93 - Fax 05 56 28 43 45 - E-mail : bordeaux@fondasol.fr  
 TOULOUSE : 23, rue Pierre de Coubertin - 31140 SAINT ALBAN - Tél. 05 62 75 10 79 - Fax 05 61 70 94 46 - E-mail : toulouse@fondasol.fr

Agence certifiée : TOULOUSE : 23, rue Pierre de Coubertin - 31140 SAINT ALBAN - Tél. 05 62 75 10 79 - Fax 05 61 70 94 46