

## Projet de Construction d'une Station d'Epuration

Quai du Canal de Marck

Ville  
de

CALAIS

Reconnaissance Geotechnique  
des Sols

## Contenu du dossier

### I Rapport

### II Annexes

A Schéma de localisation

B Diagrammes de pénétration

C Coupes géologiques des sondages

D Essais de laboratoire

# **SOLS ETUDES FONDATIONS**

---

**Bureau d'Etudes Geotechniques**

19, Place de la Gare  
62220 CARVIN

tel. 21 37 20 06 fax. 21 37 26 40

**Ville de CALAIS**

**Quai du Canal de Marck**

**Projet de construction d'une station d'épuration**

**Reconnaissance géotechnique des sols**

-----

La Ville de CALAIS, qui projette la construction d'une station d'épuration en bordure du canal de Marck, au lieu-dit "Pont Sergeant", a confié la mission de reconnaissance géotechnique des sols à l'entreprise MEURISSE SA de LIBERCOURT.

Cette dernière nous a demandé un concours technique pour la définition de la campagne d'investigation, le suivi de ses travaux sur le terrain et la réalisation des essais complémentaires en laboratoire.

L'interprétation finale des résultats a été assurée par nos soins et fait l'objet du présent rapport de synthèse dont les conclusions exposent nos recommandations pour la conception des fondations.

**B/92.49**

## I - GENERALITES

### a - Données du projet

Le projet est actuellement en cours de définition de sorte qu'aucun plan précis n'a été élaboré à ce jour.

Les grandes lignes de l'équipement d'épuration seront, d'après les informations fournies par le BET AMODIAG :

- capacité de traitement pour 100000 équivalents - habitants environ
- bassins de traitement classiques en béton avec lame d'eau de 3 à 4 m de hauteur.

Les fonds de bassin seront a priori peu enterrés.

### b - Etat du site

Le site concerné a une superficie de l'ordre de 3 ha, en bordure du Canal de Marck, à l'Est de la Ville de CALAIS. Sa limite Est est matérialisée par le Watergang du Nord.

La cote topographique moyenne est de +2,3 à +2,6.

Le plan des lieux est joint en annexe A.

## II - RECONNAISSANCES SUR LE TERRAIN

Les emplacements des points de reconnaissance (essais au pénétromètre et sondages) sont repérés sur le plan présenté en annexe A.

.../...

### a - Essais au pénétromètre

Deux essais de pénétration statique, totalisant un linéaire de 30,75 m, ont été réalisés les 24 et 27 Janvier 1992.

Ils ont atteint la profondeur unitaire de 15,25/15,5 m.

Ces essais ont été effectués au moyen du pénétromètre statique-dynamique type MEURISSE, qui permet des mesures séparées et simultanées des efforts de pointe et de frottement latéral et lorsque les capacités statiques maximales de l'appareillage sont atteintes (vers 40 MPa), de poursuivre la pénétration par méthode dynamique en procédant au battage sur les tiges.

Les diagrammes correspondants sont joints en annexe B.

Ils représentent les variations, en fonction de la profondeur, des deux paramètres mesurés :

• Rp : résistance de rupture à la pointe exprimée en MPa et figurée en trait plein

• Fl : résistance cumulée au frottement latéral sur les tiges, donnée en daN et dessinée en trait pointillé (dans le cas présent l'utilisation d'un réducteur de frottement fait perdre sa valeur à ce paramètre).

### b - Sondages de reconnaissance

Deux sondages de reconnaissance géologique ont été réalisés les 30 et 31 Janvier 1992 en étalonnage des essais au pénétromètre.

Ils ont atteint la profondeur unitaire de 8 m.

.../...

La technique de sondage employée, par foration classique à sec, a permis outre la prise systématique d'échantillons remaniés, représentatifs des différentes couches traversées, le prélèvement de 2 échantillons intacts, destinés à subir des essais complémentaires en laboratoire.

Ces sondages ont été équipés de piézomètres de 4 m.

Les coupes de sondages sont présentées en annexe C.

### **III - ESSAIS EN LABORATOIRE**

Les essais en laboratoire ont été réalisés essentiellement sur les prélèvements intacts et ont consisté en mesures d'identification et en essais de compressibilité.

#### **a - Identifications**

Elles ont comporté la détermination des caractéristiques pondérales complètes (teneur en eau, densités humide et sèche) de 6 spécimens de sol intact dans le but de préciser la nature et l'état des matériaux prélevés, en complément de leur examen visuel détaillé.

Par ailleurs les limites de consistance d'Atterberg (limites de liquidité et de plasticité) et la courbe granulométrique des sols de surface en R2-P2 ont été déterminées.

Le tableau récapitulatif des résultats est joint en annexe D, avec la courbe granulométrique.

#### **b - Essais oedométriques**

Deux essais de compressibilité à l'oedomètre ont été réalisés sur des éprouvettes de sol intact prélevées à la profondeur de :

- 1,5 m en R1-P1
- 0,95 m en R2-P2

.../...

Ce type d'essai consiste à suivre la consolidation, au cours du temps, d'un spécimen de sol intact fretté, drainé et soumis à une succession de charges croissantes appliquées par paliers.

Il permet d'estimer l'amplitude des tassements susceptibles d'affecter une structure de fondation de géométrie donnée.

Les paramètres caractéristiques de chaque courbe oedométrique (indice des vides initial :  $e_0$  ; indices de compression:  $Cc1$  et  $Cc2$ ) sont mentionnés dans le tableau récapitulatif des essais de laboratoire.

#### IV - ANALYSE DES RESULTATS - SYNTHESE GEOTECHNIQUE

##### a - Données géologiques et géotechniques

L'analyse des résultats d'essais in situ et de laboratoire, ainsi que l'examen des coupes de sondages permettent de dégager les éléments essentiels suivants sur la nature, la structure et les caractéristiques géotechniques du sous-sol.

Avec la profondeur croissante, on distingue successivement :

\* un horizon superficiel de terre végétale sableuse dont l'épaisseur est de l'ordre de 0,25 m.

\* des formations sableuses avec intercalations limoneuses

Ces niveaux ont été traversés de 0,25 m à 1,55 m en R1-P1 et de 0,25 m à 0,85 m en R2-P2.

En tête ce sont des sables plus ou moins silteux de teinte beige grisâtre à verdâtre et la base de cet ensemble est caractérisée par la présence d'un niveau silto-argileux de teinte grise à gris clair verdâtre :

• de 1,45 m à 1,55 m en R1

• de 0,65 m à 0,85 m en R2

.../...

Les matériaux sableux sont en correspondance avec des résistances à la pénétration assez bonnes :

$R_p$  atteint 5,6 MPa à 0,75 m en P1

$R_p$  est de l'ordre de 2,8 MPa à 0,5 m en P2

En revanche, les niveaux silto-argileux déterminent une forte chute des résistances, en particulier en P1 où  $R_p$  n'excède pas 0,3 MPa à 1,25 m de profondeur.

Les densités mesurées sont en rapport :

elles sont bonnes dans les niveaux sableux :

densité humide :  $\gamma_h = 1,94$

densité sèche :  $\gamma_d = 1,72$

teneur en eau :  $W = 13,1 \%$

elles sont médiocres dans les niveaux silto-argileux :

densités humides :  $1,71 < \gamma_h < 1,88$

densités sèches :  $1,19 < \gamma_d < 1,44$

teneurs en eau :  $43,6 > W\% > 30,7$

Les sols sableux à sablo-silteux ont une plasticité faible :

limite de liquidité :  $WL = 21,4 \%$

limite de plasticité :  $WP = 13,1 \%$

indice de plasticité :  $I_p = 8,3 \%$

.../...



Ces sables sont mal gradués et la fraction principale est 0,2/0,4mm

Leur teneur en fine est moyenne, le pourcentage de passant au tamis de 0,08 mm étant de 12,2 %.

Les niveaux argileux ont une compressibilité forte :

indice des vides initial :  $e_0 = 1,227$

indices de compression :  $Cc_1 = 0,213$

$Cc_2 = 0,326$

\* des sables de bonne compacité

Ils sont présents à partir de 1,55 m de profondeur en R1-P1 et de 0,85 m en R2-P2.

A leur contact, les résistances à la pénétration sont fortement croissantes.

. en P1, elles dépassent 10 MPa dès 2 m de profondeur et sont en moyenne de 15 MPa de 3 m à 8,5 m ( $11,3 < R_p < 27$  MPa)

. en P2,  $R_p$  atteint 8 MPa à 2 m et 10 MPa vers 2,5 m

De 3 m à 8,5 m,  $R_p$  moyen est de l'ordre de 20 MPa :

$17,5 < R_p < 29,5$  MPa

A partir de 8,5/9 m de profondeur, les pénétrogrammes montrent une diminution progressive des résistances et les valeurs moyennes, à partir de 11,5 à 12 m de profondeur sont de l'ordre de 7 à 8 MPa avec une valeur minimale de 5 à 5,5 MPa vers 15 m.

Les densités mesurées dans les niveaux sableux de tête traduisent bien la bonne compacité de ces horizons :

.../...

densités humides :	1,77	<	$\gamma_h$	<	2,00
densités sèches :	1,63	<	$\gamma_d$	<	1,69
teneurs en eau :	18,9	>	W%	>	7,3 %

La compressibilité de ces sables est faible :

indice des vides initial :  $e_0 = 0,626$

Indices de compression :  $Cc_1 = 0,019$  ;  $Cc_2 = 0,043$

### **b - Données hydrogéologiques**

Le niveau de la nappe a été relevé, dans les piézomètres, à la profondeur de :

- en R1 : 2 m le 30/01/92 et à 2,2 m le 14/02/92
- en R2 : 2,38 m le 14/02/92

Les fluctuations de cette nappe restent faibles.

Un suivi des piézomètres permettra de préciser les fluctuations saisonnières.

## **V - RECOMMANDATIONS**

### **a - Orientation du mode de fondation**

Le profil géotechnique du sous-sol présente une sujétion principale pour l'adaptation au sol des futurs ouvrages.

.../...

En effet, les sols de surface, jusqu'à la profondeur de 1,55 m en R1-P1 et de 0,85 m en R2-P2 sont hétérogènes et surtout renferment des niveaux de portance très médiocre et de forte compressibilité.

Il sera ainsi indispensable :

- . soit de procéder à une purge de ces horizons puis d'assurer un remblaiement soigné afin de constituer une forme saine sous les radiers des bassins

- . soit de réaliser des fondations spécifiques descendues en tête des formations sableuses compactes sous-jacentes.

Lorsque le projet sera figé, il conviendra de procéder à une série de reconnaissances courtes pour préciser les variations d'épaisseur de ces horizons superficiels.

#### 1 - Fondation de type radier

Il sera nécessaire, comme exposé auparavant, de réaliser une substitution de sol au droit de l'emprise des bassins.

Cette substitution de sol devra être descendue à une profondeur comprise entre 1 m et 1,5 m et sera à adapter aux conditions réelles des terrains découverts en chaque point, le but principal étant d'assurer la purge des niveaux limono-argileux de base qui sont fortement compressibles.

Le remblai de substitution devra être réalisé avec des matériaux sains, homogènes et inertes (type sable propre bien gradué).

L'emploi de sable de dunes imposera d'associer le compactage mécanique à une humidification intense.

Un contrôle de portance et de compactage devra être effectué.

Les tassements susceptibles d'affecter les radiers seront faibles.

../...

En ne considérant que la consolidation des sols sableux en place (le remblai de substitution énergiquement compacté étant considéré comme incompressible par ailleurs), les tassements absolus maxima sont évalués (pour un niveau de dessus de radier des bassins vers la cote du terrain actuel) à :

- 0,8 cm sous une sollicitation répartie de 3 t/m<sup>2</sup>
- 1,7 cm sous une sollicitation répartie de 5 t/m<sup>2</sup>
- 2,4 cm sous une sollicitation répartie de 7 t/m<sup>2</sup>

Bien entendu, si les bassins sont légèrement enterrés, les tassements seront sensiblement réduits du fait du délestage correspondant aux terres excavées.

Nota Compte tenu de la position de la nappe, il conviendra de limiter l'encastrement des bassins pour pouvoir effectuer des terrassements à sec.

Des fouilles descendues à plus de 1,8/2 m de profondeur devront impérativement être réalisées à l'abri d'un rabattement de nappe et il faudra ainsi prévoir l'exécution de batardeaux si certains ouvrages descendaient plus de 1 m sous le niveau d'eau.

## 2 - Fondations par massifs

Il faudra assurer un encastrement de l'ordre de 40 à 50 cm dans les sables sains.

D'après les reconnaissances effectuées, la profondeur à atteindre sera de l'ordre de :

- 1,8/1,9 m vers R1-P1
- 1,3/1,4 m vers R2-P2

.../...

A ces niveaux, le taux de sollicitation de service peut être pris égal à 0,6 MPa.

Les tassements absolus susceptibles d'affecter les massifs seront modérés, évalués au maximum à :

- 1,7 cm pour un massif de 1 m x 1 m (charge de service = 60 t)
- 2,4 cm pour un massif de 1,5 m x 1,5 m (charge de service = 135 t)
- 3,5 cm pour un massif de 2 m x 2 m (charge de service = 240 t)

Compte tenu de la nature sableuse de l'assise, ces tassements se dissiperont rapidement.

\*                      \*

\*

La reconnaissance effectuée ayant un caractère ponctuel, les recommandations exposées auparavant seront bien entendu mises en oeuvre, en tenant compte des conditions réelles des terrains mis au jour au cours des travaux.

La découverte de toute anomalie devra nous être signalée, en vue d'analyses et de définition des éventuelles mesures d'adaptation les plus appropriées.

Nous demeurons bien entendu à la disposition du Maître d'Ouvrage pour tout renseignement complémentaire au sujet de cette étude.

L'Ingénieur géotechnicien,  
A. COLSON

FAIT A CARVIN, le 17 FEVRIER 1992  
Le Gérant,  
J. LEHU

Le Géologue,  
JM. HUIN

Schéma de localisation

Station d'Épuration  
CALAIS

LE BOUT DU PETIT COURGAIN - EST

Nord

Halage

Marck

chemin

de

Prolongée

P1  
-R1

P2  
-R2

Chemin de Halage

66

58

59

60

61

63

62

64

65

73

106

8

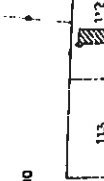
109

b

111

113

112



## Diagrammes de pénétration





MEURISSE S.A.

62820 - LIBERCOURT

STATION D'EPURATION

CALAIS

P 1

PLAN 3162

SERIE 92849

DOSSIER

Section du penetrometre 15 cm<sup>2</sup> Statique dyn. MEURISSE

Perimetre du tube 13.8 cm

Niveau d'eau Profondeur : Non relevable Trou obture à : 1.60m

Date : 27 JANVIER 1992

Resistance de pointe en MPa

Resistance au frottement lateral en da N

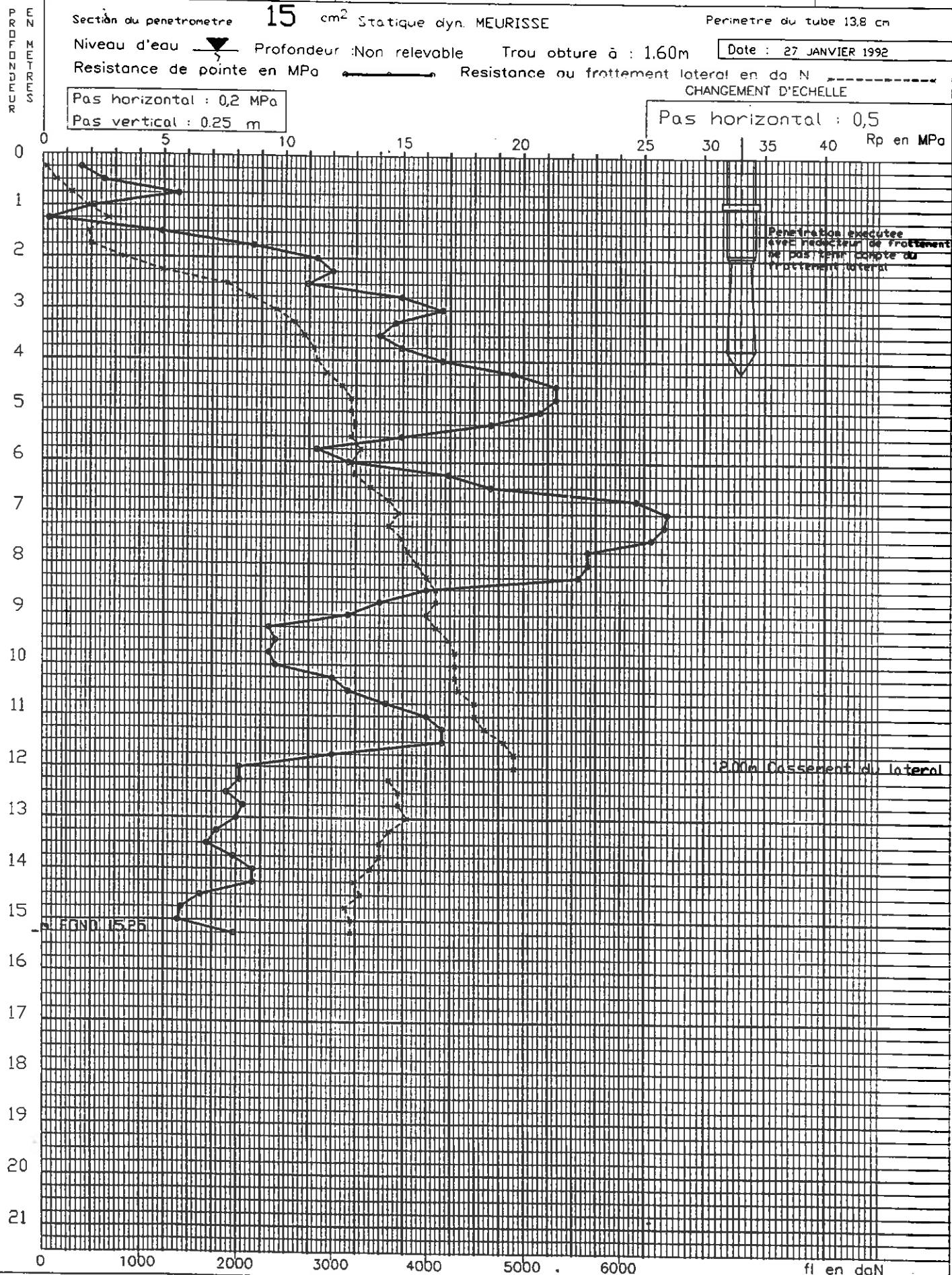
CHANGEMENT D'ECHELLE

Pas horizontal : 0,2 MPa

Pas vertical : 0,25 m

Pas horizontal : 0,5

Rp en MPa





MEURISSE S.A.

62820 - LIBERCOURT

STATION D'EPURATION

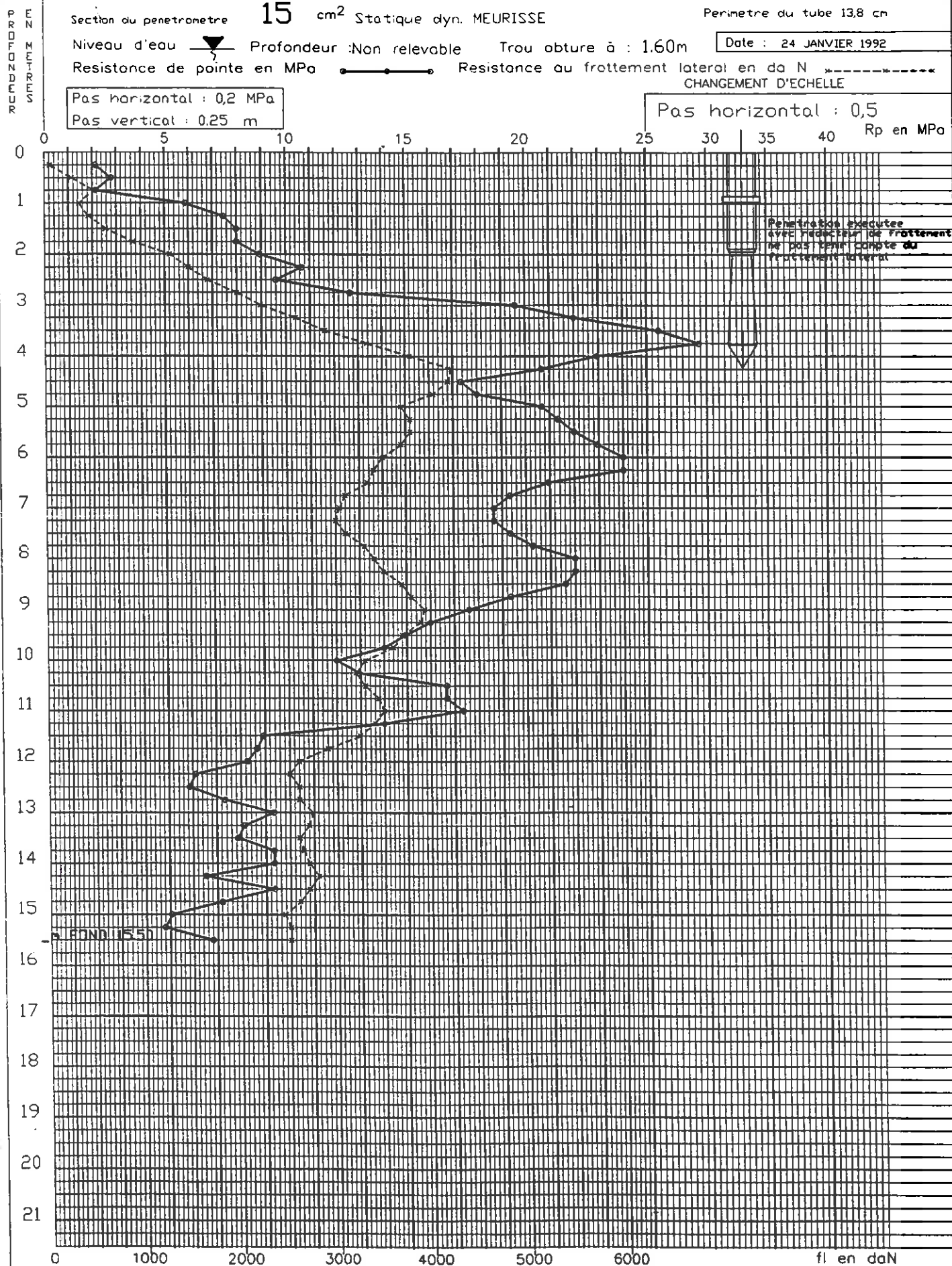
CALAIS

P 2

PLAN 3162

SERIE 92B42

DOSSIER



## Coupes géologiques



MEURISSE S.A.

62820 - LIBERCOURT

STATION D'EPURATION

CALAIS

R 1 P1

PLAN 3962

SERIE 92C96

DOSSIER

## DESCRIPTION GEOLOGIQUE

SABLE SILTEUX marron gris

SABLE beige a marron, passees silteuses marron gris

SABLE jaunatre a beige

SABLE SILTEUX grisatre a verdatre

SILT ARGILEUX grisatre

SABLE legerement silteux gris verdatre

SABLE legerement silteux beige verdatre a gris marron a la base, debris de coquilles

SABLE gris verdatre

SABLE gris

Fin de reconnaissance

LEGENDE

LITHOLOGIQUE

PRELEVEMENTS

PEN  
PROFOND  
DEURS

LEGENDE  
GEO  
TECHNIQUE

PIEZO

Tete+ 0.15  
Base- 3.85

1.45

5.50

6.50

8.00

## Fluctuations du plan d'eau

Dates	Heures	Prof. Sondage	Base Tubage	Niveau d'eau
30-01-92	15 H 00	2.25m	NEANT	APPARITION EAU
-	17 H 00	8.00m	8.00m	4.75m
-	17 H 30	Apres retrait	du tubage dans	
			piezo	2.00m
31-01-92	14 H 00		Dans piezo	2.25m
14-02-92	13 H 00		" "	2.20m



MEURISSE S.A.

62820 - LIBERCOURT

STATION D'EPURATION

CALAIS

R 2 P2

PLAN 3962

SERIE 92C97

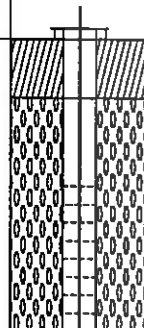
DOSSIER

## DESCRIPTION GEOLOGIQUE

DESCRIPTION	PROFONDITEUR (m)	PROFONDITEUR (m)	PROFONDITEUR (m)
TERRE VEGETALE sableuse marron fonce	0.00	0.25	
SABLE beige grisatre a verdatre, passees silteuses marron	0.25	0.50	
SABLE SILTEUX gris clair a beige verdatre	0.50	0.65	
SABLE beige	0.65	1.30	
SILT ARGILEUX gris clair verdatre	1.30	1.75	
SABLE beige verdatre a grisatre	1.75		
SABLE jaunatre a verdatre			
SABLE moyen gris a gris fonce			
SABLE moyen gris verdatre			
Fin de reconnaissance		8.00	

PIEZO

Tete+ 0.15  
Base- 3.85



## Fluctuations du plan d'eau

Dates	Heures	Prof. Sondage	Base Tubage	Niveau d'eau
31-01-92	10 H 00	2.35m	NEANT	APPARITION EAU
-	12 H 00	8.00m	8.00m	5.00m
-	13 H 00	8.00m	8.00m	4.25m
-	14 H 00	Apres retrait	du tubage dans	
			piezo	2.25m
14-02-92	13 H 00		Dans piezo	2.38m

Essais de laboratoire

# SOLS ETUDES FONDATIONS

Bureau d'Etudes Geotechniques

19. Place de la Gare  
62220 CARVIN

tél. 21 37 20 06 fax. 21 37 26 40

## IDENTIFICATIONS

\*\*\*\*\*

Chantier : CALAIS: Station d'épuration

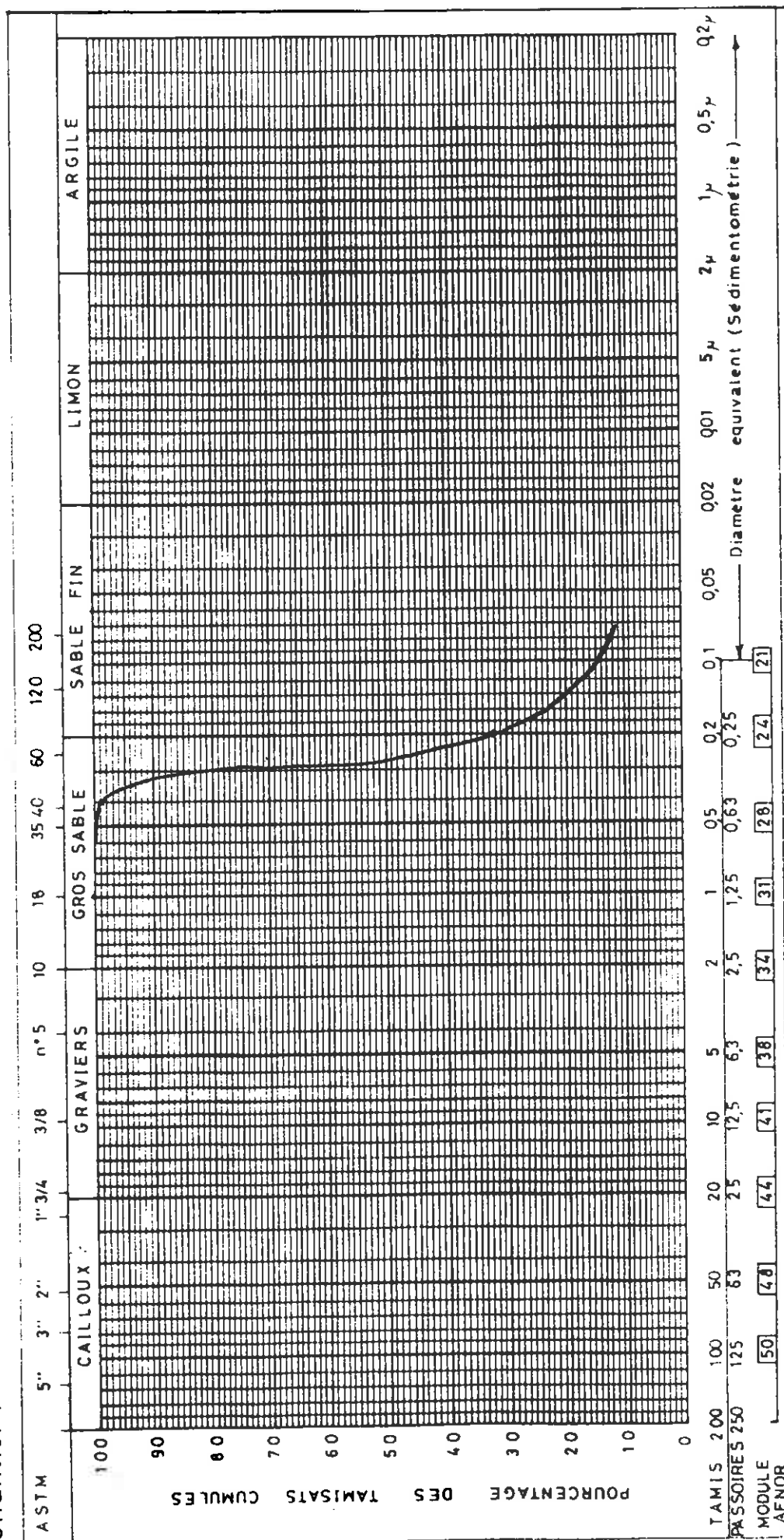
Sondage	Echan- tillon	Nature du sol	prof. en m	densité humide	densité sèche	% teneur en eau	WL %	WP %	Ip %	oedo- mètre
R1-P1	1	Sable	1.25	1,94	1,72	13,1				
		Silt argileux	1.50	1,71	1,19	43,6				eo:1.227 Cc1:0,213 Cc2: 0,326
		Sable	1.75	2,00	1,68	18,9				
R2-P2	ER	Sable	0,25/0,5	-	-	granulo % <80 $\mu$ = 12,2				
		Sable silteux	0,5/0,55	-	-	18,2	21,4	13,1	8,3	
	2	Silt argileux	0.70	1.88	1.44	30.7				
		Sable	0.95	1,77	1,63	8,7				eo=0.626 Cc1:0,019 Cc2: 0,048
			1.10	1.81	1.69	7.3				

# Sols Etudes Fondations

## - ANALYSE GRANULOMETRIQUE -

Chantier : CALAIS - Station d'épuration

Echantillon R2-P2 : 0,25 - 0,50 m



NATURE DU TERRAIN

Sables à passées silteuses

REMARQUE