



BRGM

Ville de Bordeaux

Collecteur de l'avenue Charles de Gaulle

Fonçage en 1 800 m entre le puits de départ
et l'ouvrage de jonction n° 3

Note technique hydrogéologique

par J.F. LARGILLIER

R 342 21 AQI 4S 92

Pessac, janvier 1992

Introduction

La SOCIÉTÉ LYONNAISE DES EAUX - DUMEZ, pour le compte de la COMMUNAUTÉ URBAINE DE BORDEAUX, a demandé la contribution du BRGM Aquitaine pour l'examen des problèmes hydrogéologiques et géotechniques posés par le fonçage en 1 800 mm de diamètre qui doit être réalisé entre deux puits du projet de collecteur d'eaux pluviales de l'avenue Charles de Gaulle à Bordeaux-Caudéran (figure 1).

Deux réunions de chantier, les 9 et 10 janvier, ont été consacrées à ce sujet. La présente note technique a pour objet de faire le point sur les solutions envisagées, en soulignant les avantages et inconvénients de chaque méthode.

FIGURE 1
BRCM



1 - Rappel sur le projet

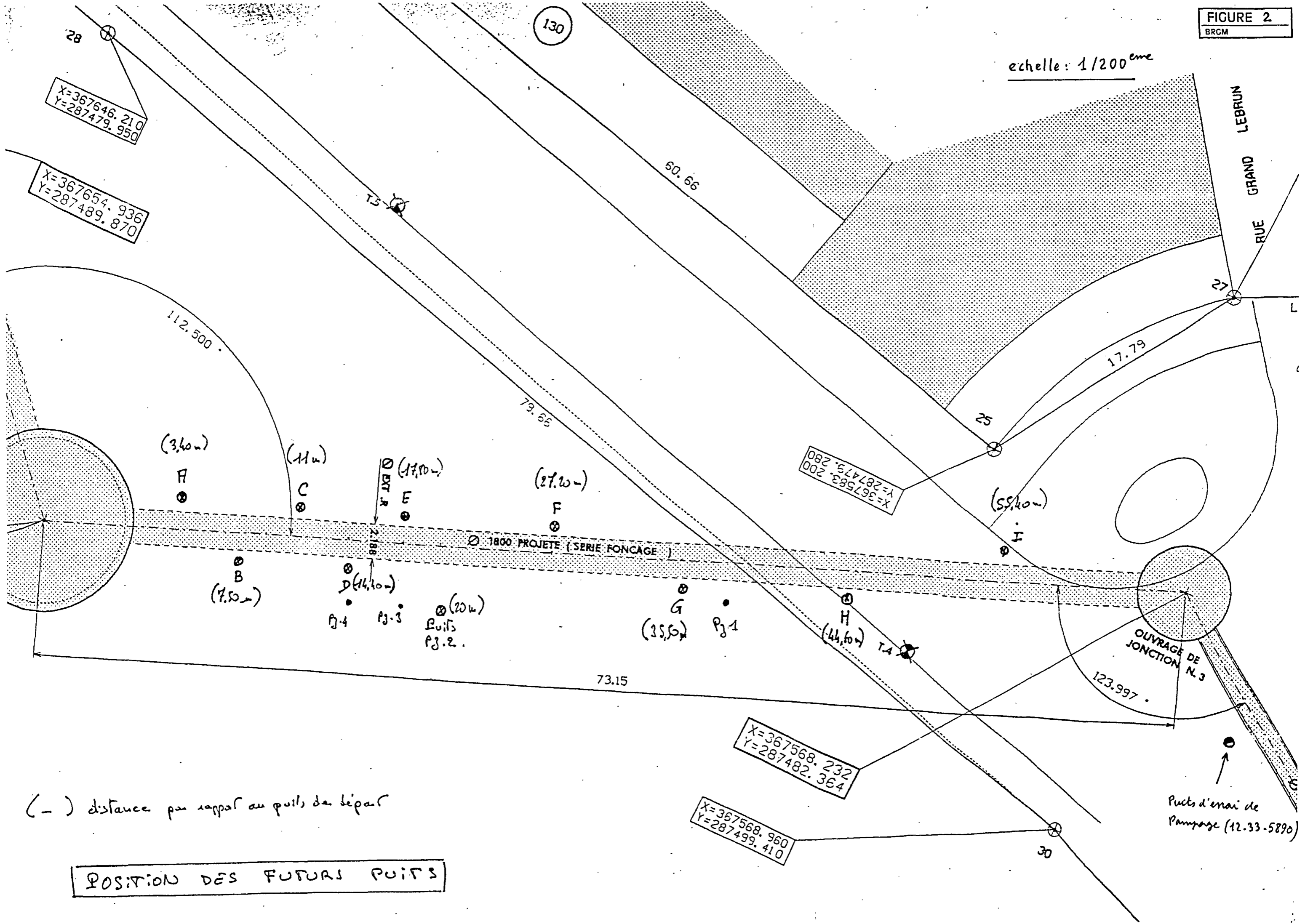
Cadre géologique et hydrogéologique

Le fonçage commence en aval, au puits de départ du collecteur en 2 000 mm qui vient d'être achevé, et se termine à l'ouvrage de jonction n° 3 (figure 2) sous voirie entre l'avenue Charles de Gaulle et la rue Grand-Lebrun ; sa longueur est de 60 m, dont 40 m dans le Parc Bordelais et 20 m sous voirie, et la profondeur du fil d'eau passe de 8,50 à 8 m d'aval en amont.

D'après les reconnaissances antérieures, les sols sont constitués par des alluvions sablo-graveleuses ($D_{max} < 40$ mm) plus ou moins argileuses jusqu'à une profondeur d'au moins 12 m, et parfois même 15 m ; ces alluvions reposent sur un substratum constitué par le calcaire karstique du Stampien, avec toujours en partie supérieure des terrains très argileux.

Les relevés piézométriques effectués depuis plusieurs années ont permis de connaître les fluctuations du niveau de la nappe et de définir un niveau haut et un niveau bas de la nappe (figure 3) ; actuellement, la nappe est à un niveau intermédiaire qui la situe à peu près en toit de la future galerie de fonçage, qui se trouve donc entièrement sous l'eau.

echelle: 1/200^{eme}



(-) distance par rapport au puits de départ

POSITION DES FUTURS PUIITS

X=367646.210
Y=287479.950

X=367654.936
Y=287489.870

X=367583.200
Y=287473.280

X=367568.232
Y=287482.364

X=367568.960
Y=287499.410

Puits d'essai de
Pompage (12.33.5890)

(3,40m)

(11m)

(17,00m)

(27,20m)

(55,40m)

(7,50m)

(14,10m)

(20m)

(35,50m)

(44,60m)

79.66

60.66

17.79

73.15

123.997

112.500

130

28

27

25

30

LEBRUN
GRAND
RUE

OUVRAGE DE
JONCTION N.3

T3

T4

Ø 1800 PROJETE (SERIE FONCAGE)

Ø EXT. R.

2.188

Pj.4

Pj.3

Puits
Pj.2.

Pj.1

G

L

On peut rappeler brièvement les résultats de l'essai de pompage qui a été réalisé lors des études à l'emplacement de l'ouvrage de jonction : la perméabilité des alluvions était comprise entre $2 \cdot 10^{-5}$ et $8 \cdot 10^{-5}$ m/s, ce qui est tout à fait cohérent, avec une teneur en fines d'environ 12 %. Très récemment, un nouveau dispositif de pompage a été mis en place au centre du fonçage : il comporte un puits et trois piézomètres (Pz 1, Pz 3 et Pz 4) distants respectivement de 17,80 m, 2,6 m et 5,80 m du puits. Le piézomètre Pz 1 a été foré au carottier triple.

On trouvera en annexe les coupes de ces sondages : elles montrent que les sols rencontrés sont de nature comparable à ceux déjà trouvés aux deux ouvrages extrêmes lors des terrassements. Il semble qu'à une profondeur voisine de 6 à 8 m on ait une couche un peu plus argileuse et qu'au-dessous on ait un sable graveleux, avec un peu moins de fines, donc un peu plus perméable. Cette hypothèse est confirmée par l'observation des arrivées d'eau en cours de forage du puits et des trois piézomètres récents ; elles se sont produites vers 8 m et traduisent une arrivée de la tarière dans un sol plus perméable qu'au-dessus.

Les limites de couches faites à partir de sondages effectués à la tarière sont à prendre avec réserve. On notera que sur l'un des piézomètres du dispositif de pompage de l'étude de 1989 (12-33-5890) on a une couche de sable assez propre, donc sans doute plus perméable.

En conclusion, on peut dire que le fonçage va se faire dans un terrain globalement homogène, des alluvions sablo-graveleuses assez argileuses, mais pouvant présenter des variations de perméabilité sensibles d'un point à l'autre, dans la fourchette de 10^{-5} à 10^{-4} m/s.

FIGURE 3
BRCM

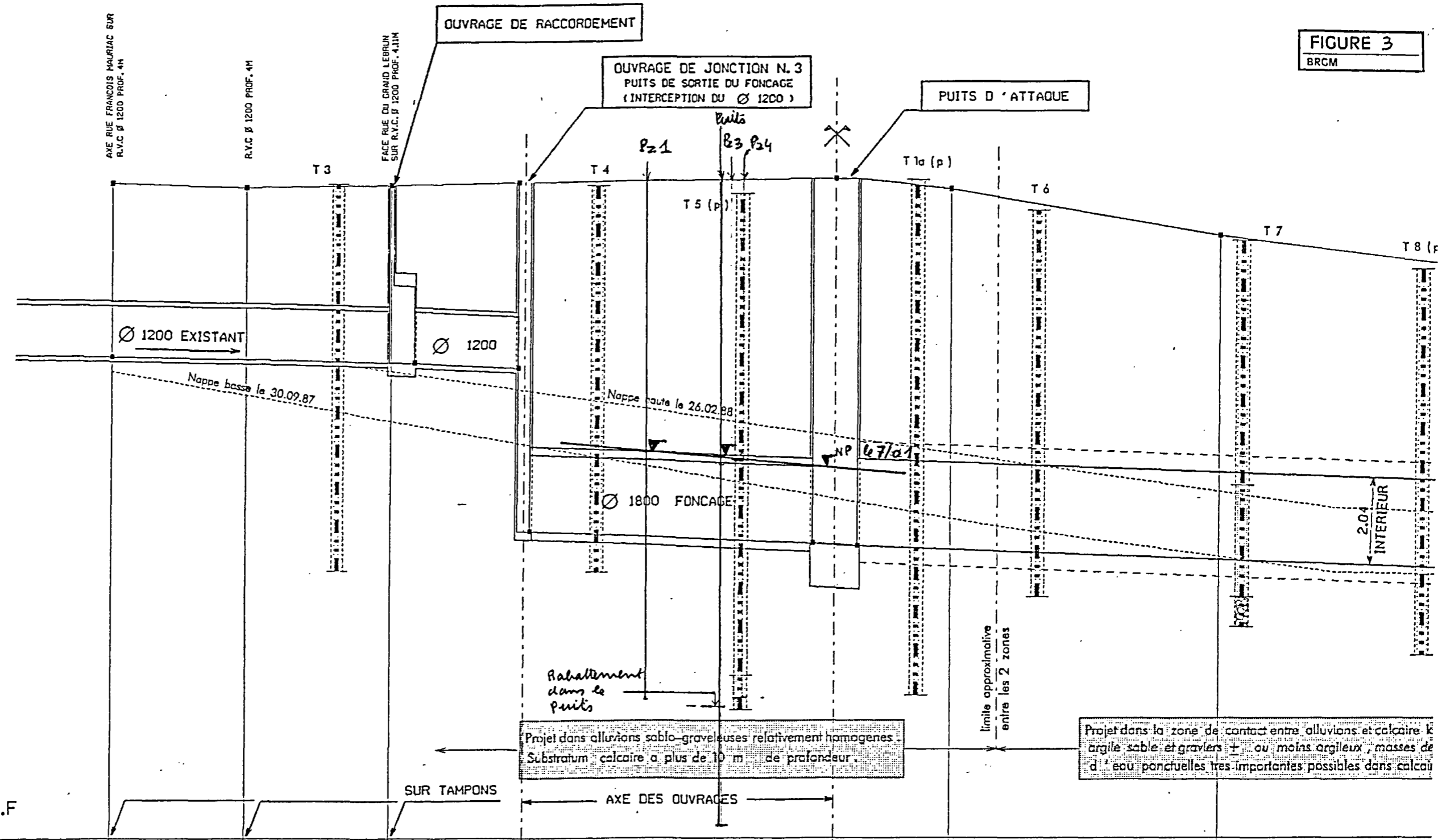
SONDAGE A LA TARIERE
EQUIPE DE PIEZOMETRE
PUITS POUR ESSAI DE POMPAGE

SOLS MEUBLES GRENUS (SABLE
OU GRAVE ± ARGILEUX)

ARGILE AVEC OU SANS BLOCS CALCAIRES

CALCAIRE TRES TENDRE AVEC POCHES
D'ARGILE (VITESSE TARIERE > 50 M / H)

CALCAIRE TENDRE (VITESSE
TARIERE 10 A 50 M / H)



de comparaison 3.00 m : N.G.F

see au dessus ouvrages projetes	18.25	18.15	18.21	18.27	18.34	18.10	17.02			
'eau egout projete			14.08	13.96 10.15	9.87	9.81				
cumulees et partielles	-170.05	31.50	-138.55	34.20	-104.35	31.20	-73.15	73.15	00.00	
m. par m.				0.0049 / 24.60		0.0042 / 66.40				
egout projete				Ø 1200		Ø 1800 FONCAGE				
s et courbes					alignement sur 73.15	00.00	alignement sur 26.84	26.84	alignement sur courbe sur 62.5 R = 120 m	89.34

2 - Exposé du problème

La méthode d'exécution retenue est le fonçage. Le front de taille sera toujours dans des alluvions sablo-graveleuses plus ou moins argileuses, légèrement perméables et de stabilité très mauvaise sous l'eau. Les solutions Traitements de terrains et Air comprimé ayant été écartées pour des raisons techniques et financières, c'est la solution Rabattement de nappe qui a été retenue au niveau du marché.

La perméabilité des alluvions étant assez faible, le rabattement ne pourra être correctement réalisé qu'avec des puits assez rapprochés ; c'est d'ailleurs typiquement le créneau de perméabilité dans lequel les pointes filtrantes sont habituellement utilisées avec succès. Malheureusement, ici le niveau de la nappe est trop bas pour la mise en oeuvre de cette technique. La solution prévue au marché est une série de puits verticaux le long de la conduite ; avant le début du chantier, l'entreprise propose une solution par drains sub-horizontaux. Ces deux techniques ont fait l'objet de discussions lors des réunions de chantiers et ci-après sont exposés les avantages et inconvénients de chacune d'elles.

3 - Rabattement par puits

L'essai de pompage réalisé en 1989 près de l'ouvrage de jonction avait montré que le débit du puits était faible et le rayon d'action très réduit. Le dispositif de pompage récemment mis en place a confirmé ces prévisions. Le tableau joint en annexe rassemble les résultats des pompages effectués les 7 et 8 janvier, avec un débit moyen de 0,2 m³/h, donc très faible. Il montre que, pour un rabattement de 6 m au puits, le rabattement à 2,60 m (Pz 3) n'est que de 70 cm au bout de 24 h ; les mesures ultérieures ont montré que ce niveau évoluait peu après 24 h malgré la poursuite du pompage. A 5,80 m (Pz 4), le rabattement était de 53 cm ; on a donc vraisemblablement de fortes pertes de charges au niveau du puits. A partir de ces résultats, on peut espérer un rabattement dans l'axe du fonçage de l'ordre de :

- . 1,10 m avec des puits espacés de 10 m entre eux,
- . 1,50 m avec des puits espacés de 5 m entre eux,

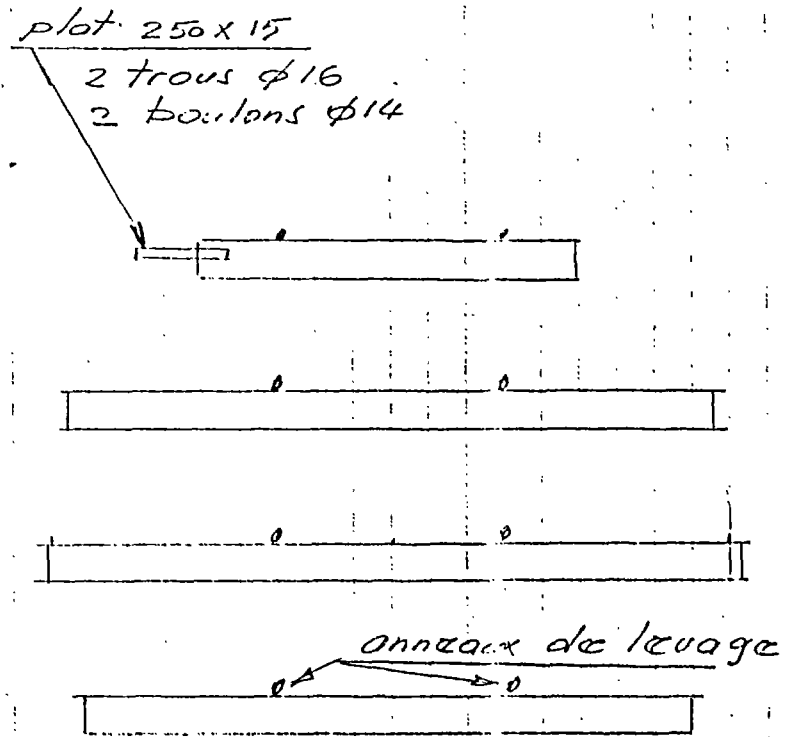
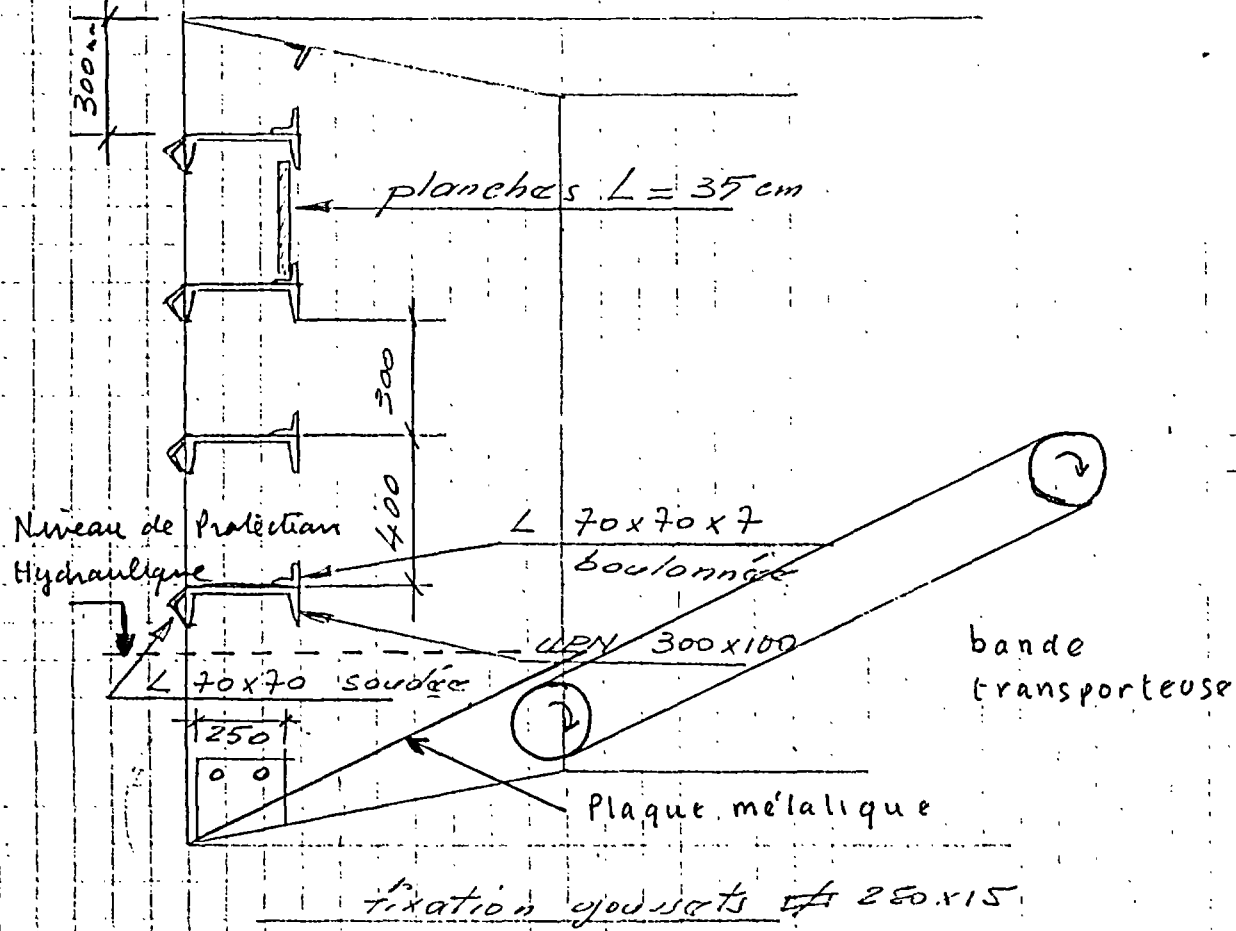
en supposant que le terrain soit homogène. S'il ne l'est pas, avec ces mailles de puits on aura des écarts par rapport à ces valeurs, c'est-à-dire un meilleur rabattement si les sols sont plus perméables et un moins bon dans le cas contraire. On notera que les débits à pomper sont faibles et que de petites pompes - donc de petits puits - suffisent.

Avec les mailles indiquées ci-dessus, on ne devrait donc pas pouvoir rabattre jusqu'au radier. Malgré cela, compte tenu de la cohésion des alluvions due à leur teneur en argile et du dispositif prévu sur la trousse (figure 4) assurant une protection hydraulique sur les 50 cm inférieurs de la section, le fonçage devrait pouvoir être réalisé dans ces conditions sans trop de difficultés.

Sur le plan de la figure 2 est reporté le dispositif de principe envisagé pour effectuer ce rabattement : il comporte 10 puits, en comptant celui qui existe déjà. Si le rabattement créé par ce dispositif était insuffisant, la maille pourrait être resserrée par l'adjonction de puits complémentaires.

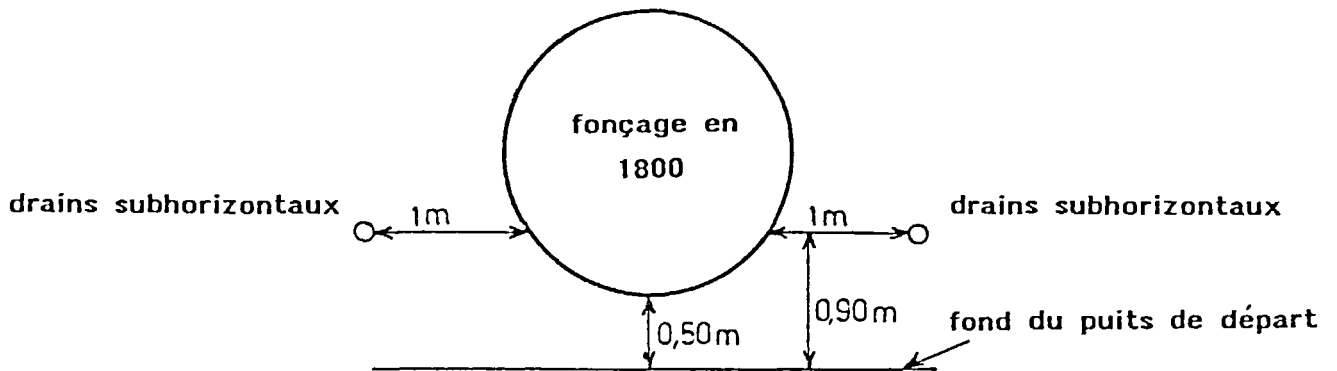
Trousse $\phi 1800$

- UPN 300x100 = 6,10
- L 70x70x7 = 12,20
- ~~250x15~~ = 6,80
- 16 boulons $\phi 14 \times 50$
- 1 palan 500 Kg.



4 - Rabattement par drains horizontaux

On réaliserait à partir du puits de départ deux drains sub-horizontaux de 40 m de long, qui seraient à 40 cm au-dessus du radier (on ne peut pas les mettre plus bas), suivant le schéma ci-dessous. Après avoir réalisé 35 m de fonçage, on ferait à partir de la galerie un forage horizontal en radier de 15 m de long, puis cette opération serait renouvelée au PM 45 pour rejoindre le puits d'arrivée.



Dans son principe, le drain horizontal est une solution plus satisfaisante pour la réalisation d'un rabattement efficace. Dans le cas présent, le fait qu'on ne puisse pas faire les drains au-dessous, mais seulement à côté, limite l'intérêt de ce dispositif dans la mesure où

le rabattement ne sera pas total : on ne ferait donc pas mieux qu'avec les puits. Elle est techniquement plus difficile à réaliser que des puits verticaux et, en cas de mauvais fonctionnement, il n'y a pas de solution de secours simple et économique ; et ce risque n'est pas nul car le drain serait à peu près à la limite entre deux niveaux de perméabilité différents, qu'on a située à 8 m environ.

5 - Conclusion

Comparaison des deux solutions

Il semble qu'économiquement les deux solutions soient à peu près équivalentes.

Techniquement, la solution Drains horizontaux aurait pu être plus satisfaisante si les drains avaient pu être mis au-dessous de la galerie, ce qui n'est pas le cas. De plus, c'est une solution qui présente plus de risques dans la mesure où l'on ne peut pas s'adapter aux aléas de terrain.

La solution Rabattement par puits verticaux ne sera efficace que si ceux-ci sont très rapprochés, mais c'est une solution souple et qui présente moins de risques dans la mesure où on peut toujours réduire la maille des puits pour augmenter le rabattement. C'est celle qui a été adoptée en réunion de chantier.

On peut citer enfin une troisième solution qui n'a pas été évoquée en réunion et qui consisterait à utiliser un dispositif classique de pointes filtrantes descendues à 10 m avec la pompe placée dans le puits de départ à 8,50 m de profondeur environ. Pour qu'un tel dispositif puisse fonctionner, il faut pouvoir amorcer les pointes et avoir des raccords en tête d'une étanchéité parfaite.

PIECES ANNEXES

- Relevés piézométriques dans l'axe du fonçage depuis le 07/01/92
- Coupes de sondages de l'étude de 1989 (T4, T5, puits, Pz1, Pz2)
- Sondage T1A dans l'axe du puits de départ (1990)
- Sondages dans l'axe du fonçage - janvier 1992 : puits, Pz 1, Pz 3 et Pz 4.



Chantier du COLLECTEUR Amont TAUDIN
 Parc CERÉY - Avenue Charles de Gaulle - 33200 Bordeaux Caudéran
 Tél. 56 42 62 30 - Télécopieur 56 42 62 54

Relevés piezométriques sur l'axe du fonçage

N° du piezzo	Pz1	Puits	Pz3	Pz4
Distance / puits	17,80 m	/	2,60 m	5,80 m
Cote NGF	+ 18,46	+ 18,55 (Haut PVC)	+ 18,33	+ 18,37

Date relevé	Profondeur nappe (et cote NGF)			
Le 7 / 01 / 92 (T)	6,45 m (+ 12,01)	6,62 m (+11,93)	6,48 m (+ 11,83)	6,57 m (+ 11,80)
Le 7 / 01 / 92 (T + 1h)	6,45 m (+ 12,01)	/	6,98 m (+ 11,35)	6,90 m (+ 11,47)
Le 7 / 01 / 92 (T + 3h)	6,45 m (+ 12,01)	/	7,05 m (+ 11,28)	6,95 m (+ 11,42)
Le 8 / 01 / 92 à 11h00 (T + 0,5h)	6,45 m (+ 12,01)	/	6,90 m (+ 11,43)	6,72 m (+ 11,65)
Le 8 / 01 / 92 (T + 7h)	6,48 m (+ 11,98)	/	7,07 m (+ 11,26)	7,00 m (+ 11,37)
Le 9 / 01 / 92 (T + 22h)	6,52 m (+ 11,94)	/	7,16 m (+ 11,17)	7,10 m (+ 11,27)

(Panne pompe)

temsol

Avenue du Truc
33700 MÉRIGNAC
Tél. (06) 34.32.90

BORDEAUX

Collecteur LAUDIN NAUJAC

sondage **r. 4**

Date **15.10.86**

Donneur **327**

Profondeur	COTE	Représentation schématisique des terrains	PROFONDEUR en mètres	DESIGNATION DES TERRAINS	CLASSEMENT	RECHERCHES EFFECTUEES	TURAGE	OUTILS	NIVEAU DE L'EAU	EQUIPEMENT
0,00	18,19									
0,20	17,99		0,20	Béton						
3,60	14,59		3,40	Grave sableuse brune plus au moins propre sèche devenant beige à partir de 1,30 m						
4,60	11,59		1,00	Grave légèrement argileuse jaune						
5,40	12,79		0,80	Sable argileuse jaune avec graves épars						
9,00	9,19		3,60	Grave argileuse gris belge humide puis dans l'eau						
				Arrêt volontaire Niveau d'eau 6,80 m fin sondage						

TARIERE - ϕ - 150 mm

6,80

temsol

Avenue du Truc
33700 MÉRIGNAC
Tél. (06) 34.32.90

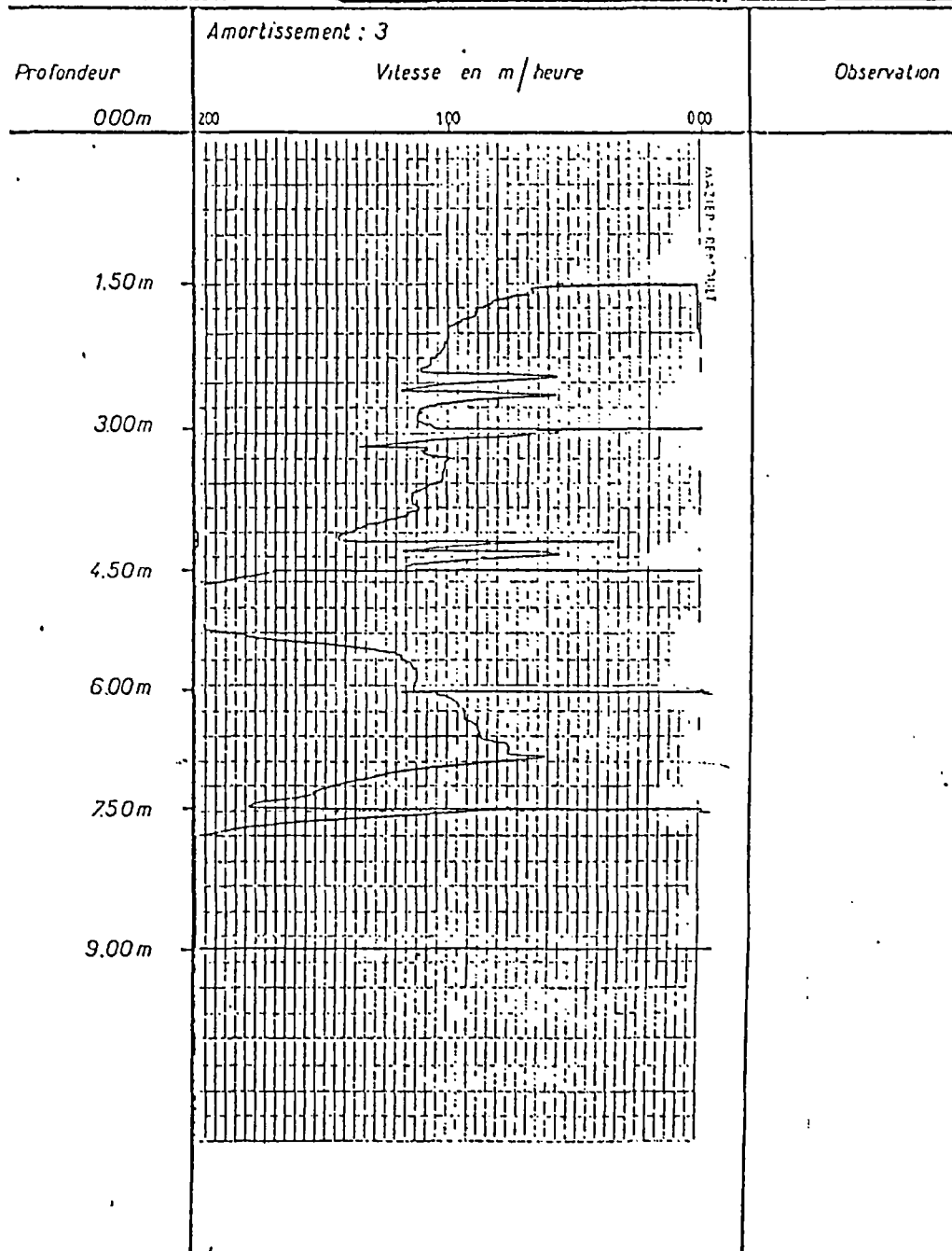
BORDEAUX

Collecteur : LAUDIN - NAUJAC
Avenue : Charles De Gaulle

sondage **r. 4**

Date **15.10.86**

Donneur **12.33.44.58**



temsol

Avenue du Truc
33700 MERIGNAC
Tél. (06) 34.32.90

BORDEAUX

Collecteur : LAUBIN - NAUJAC

sondage

r.5

Date

15.10.86

Donneur

327

temsol

Avenue du Truc
33700 MERIGNAC
Tél. (06) 34.32.90

BORDEAUX

Collecteur : LAUBIN - NAUJAC
Avenue : Charles De Gaulle

sondage

r.5

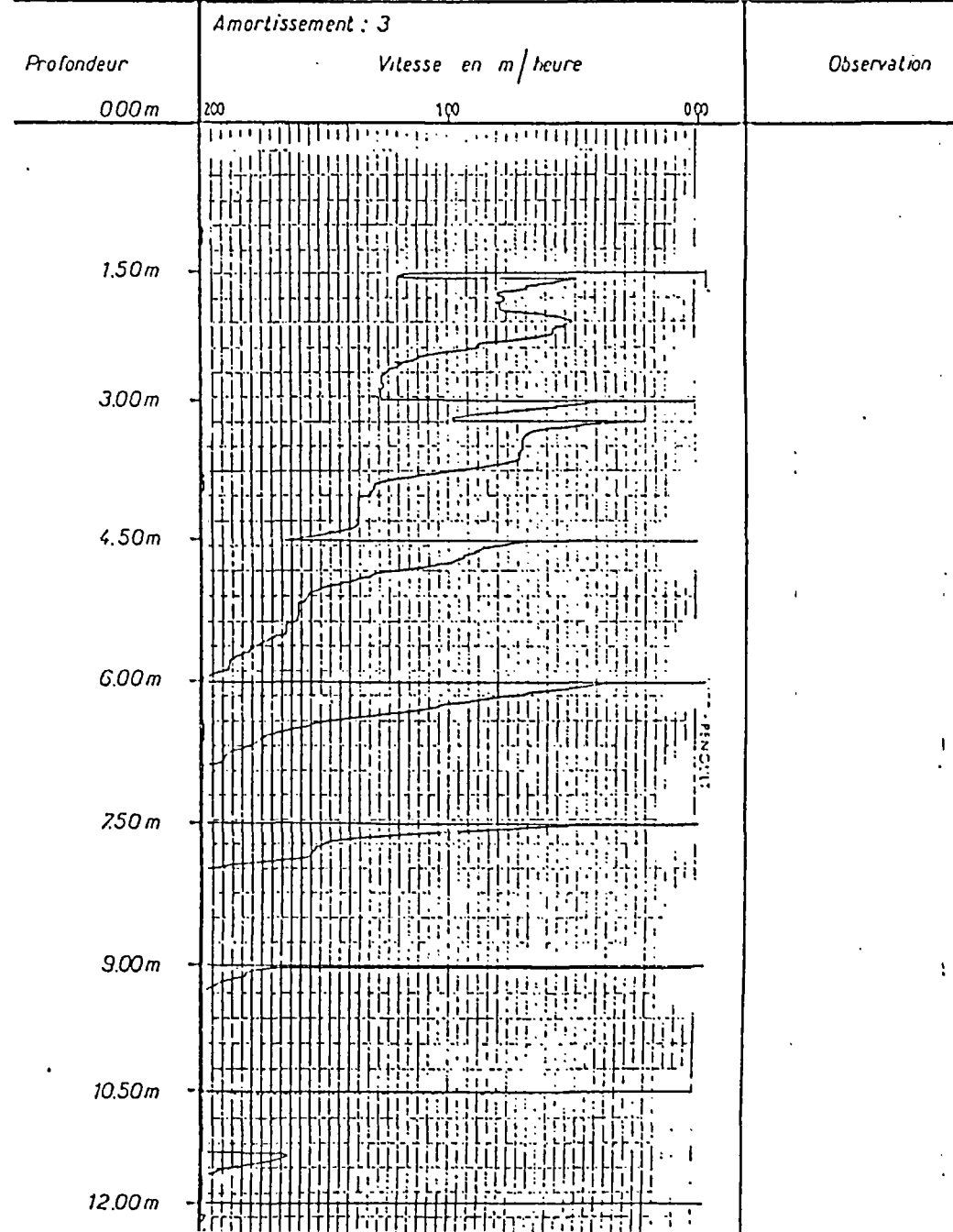
Date

15.10.86

Donneur

12.33.4450

PROFONDEUR	COTE	Représentation schématisique de terrain	LIMITES (m)	DESIGNATION DES TERRAINS	CHARITAGE	RECHERCHES SPECIQUES	TURAGE	OUTILS	NIVEAU DE L'EAU	EQUIPEMENT
0,00	+18,00									
0,20	+17,80		0,20	Réton						
2,30	+15,70		2,10	Grave gris beige plus ou moins propre						
6,70	+13,30		2,40	Grave gris beige légèrement argileuse						
9,60	+11,40		4,90	Grave gris beige argileuse plus humide à partir de 6,30 m						
11,20	+6,80		1,60	Sable argileux ocre						
12,00	+6,00		0,80	Argile sableuse ocre						
				Arrêt volontaire						

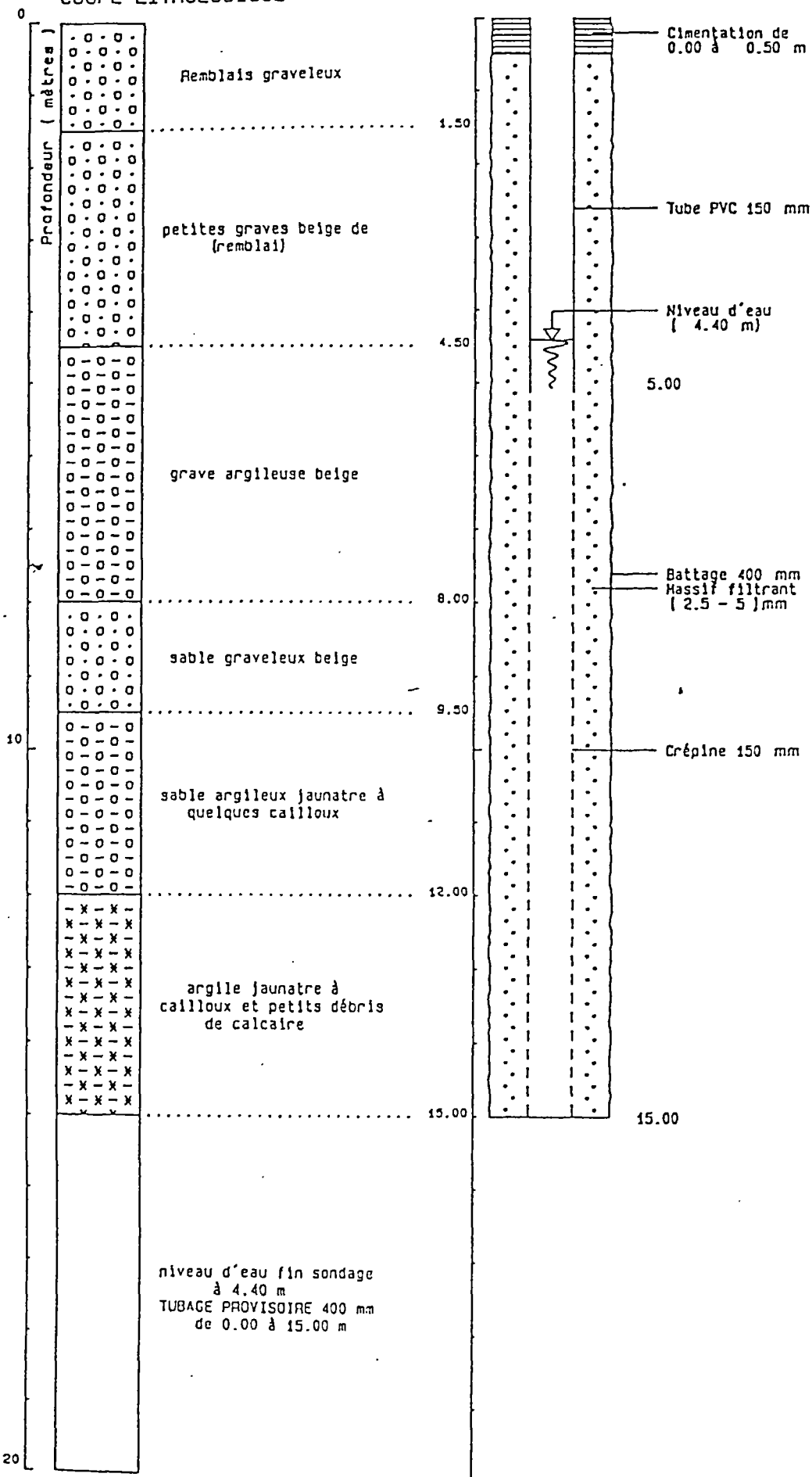


DEP/COM : 33-BORDEAUX-CAUDERAN
 SITUATION : Avenue Charles De GAULLE

N° classement : 0088-8X-0035
 Désignation : PUIITS

COUPE LITHOLOGIQUE

COUPE TECHNIQUE



DATE (S) D'EXECUTION

Début : 24/01/69

Fin : 25/01/69

PIEZOMETRIE

NS/sol : 4.40 m

Rep/sol: 0.00m

Z rep. : 0.00m

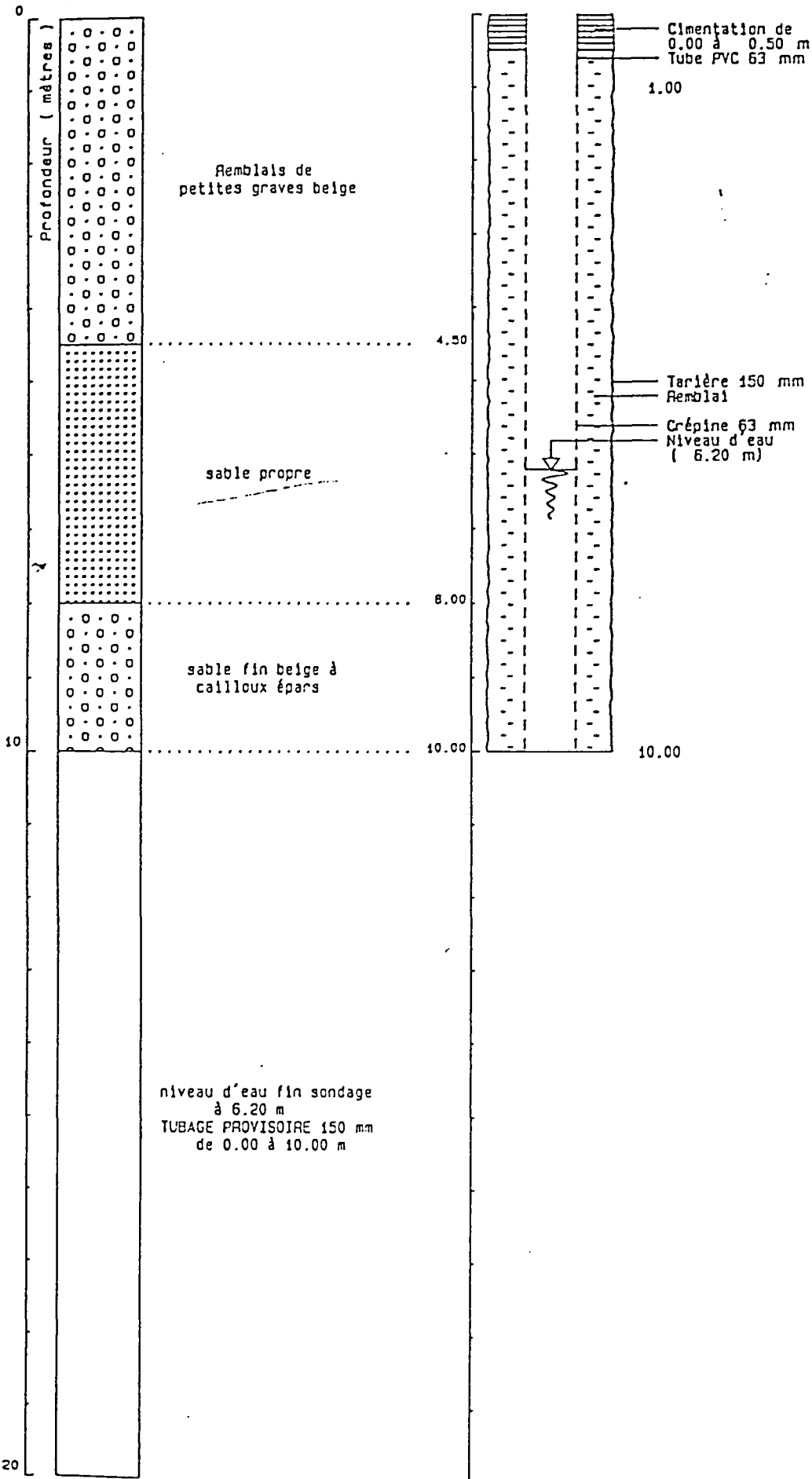
Cote : -4.40 m piézo

DEP/COM : 33-BORDEAUX-CAUDERAN
 SITUATION : Avenue Charles De GAULLE

N° classement : 0088-BX-0035
 Désignation : PZ: 1

COUPE LITHOLOGIQUE

COUPE TECHNIQUE



DATE(S) D'EXECUTION

Début : 24/01/89

Fin : 25/01/89

PIEZOMETRIE

NS/sol : 6.20 m

Rep/sol: 0.00m

Z rep. : 0.00m

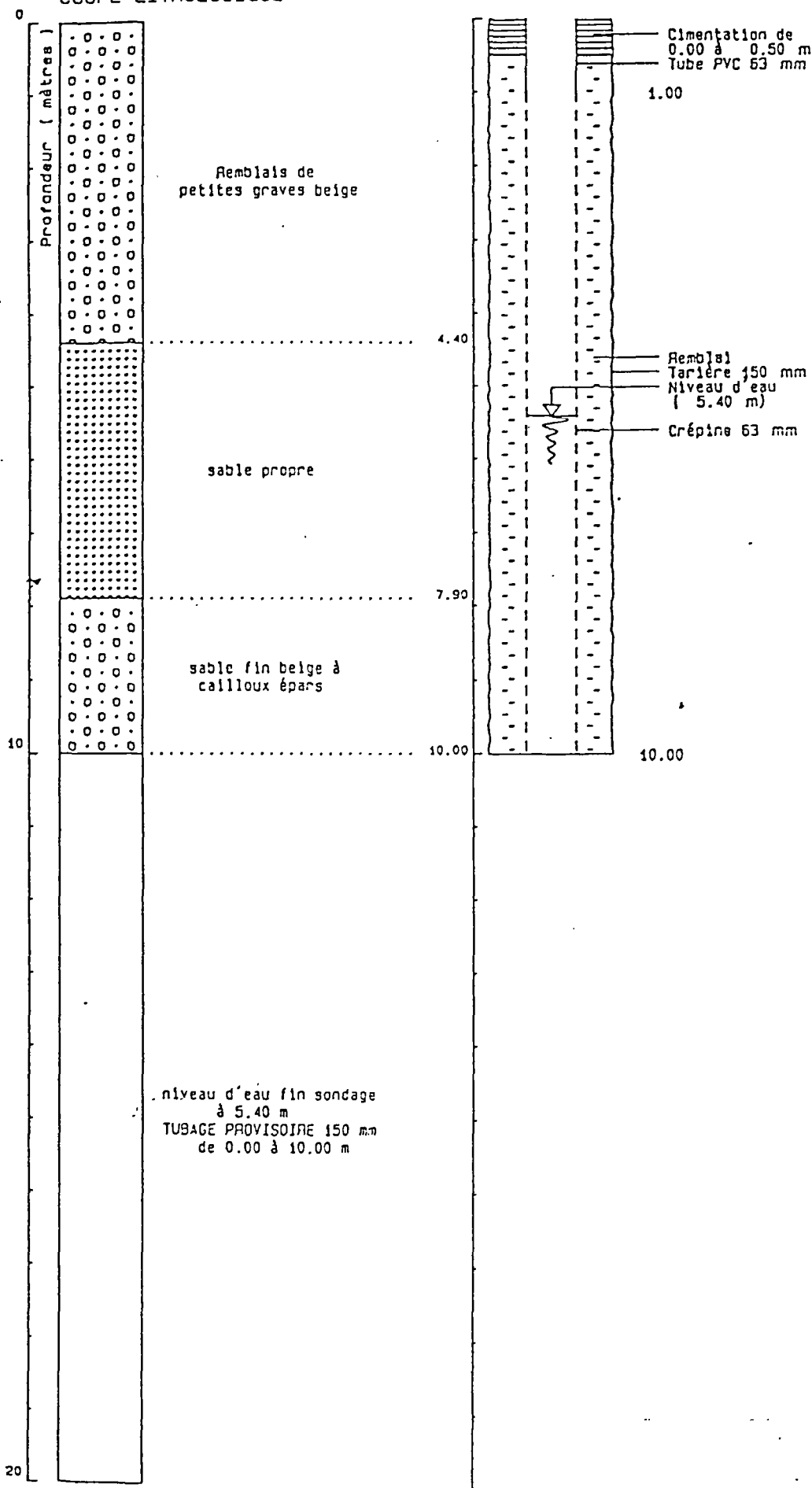
Cote : -6.20 m
 piézo

DEP/COM : 33-BORDEAUX-CAUDERAN
 SITUATION : Avenue Charles De GAULLE

N° classement : 0088-BX-0035
 Désignation : PZ: 2

COUPE LITHOLOGIQUE

COUPE TECHNIQUE



DATE (S) D'EXECUTION

Début : 24/01/89
 Fin : 25/01/89

PIEZOMETRIE

NS/sol : 5.40 m
 Rep/sol : 0.00m
 Z rep. : 0.00m
 Cote : -5.40 m
 piézo

SOLTECHNIC

CHANTIER

PARC CERES

DOSSIER : 90 293

DATE : 27/07/90

SONDAGE : T1A

PROFONDEUR	COTE	NATURE DU SOL	HAUTEUR DES COUCHES	DESCRIPTION GEOLOGIQUE	CAROTTE				OUTIL	TUBAGE	ECHANTILLON INTACT	NIVEAU D'EAU	EQUIPEMENT
					10	10	60	10					
1,60	+18,32			Sable graveleux marron					Tarière diam 150mm	Tubage diam 140mm	fin de sondage	piézomètre diam 63mm	
3,00				Sable argileux marron									
6,00				Graves argileuses									
7,50				Graves									
12,00				Graves sableuses									

33 BORDEAUX CAUDERAN

AMONT TAUDIN

IMPLANTATION SCHEMATIQUE DES SONDAGES

AVENUE CHARLES DE GAULLE

SC.1

PUITS.2

Tar.3

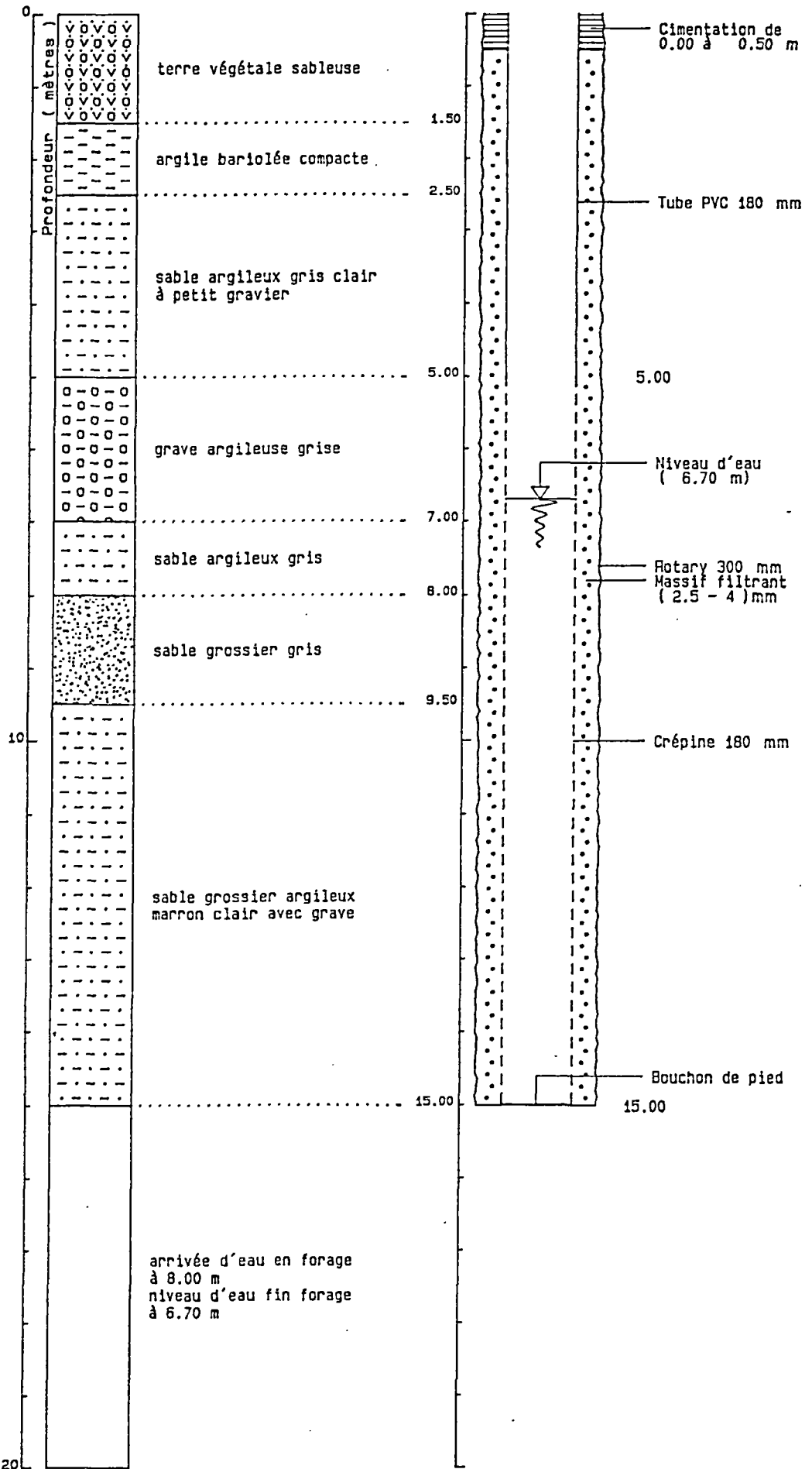
Tar.4

DEP/COM : 33.BORDEAUX.AMONT.TAUDIN
 SITUATION : AVENUE.CHARLES.DE.GAULLE

N° classement : 891741/099
 Désignation : (P22) Puits

COUPE LITHOLOGIQUE

COUPE TECHNIQUE



DATE (S) D'EXECUTION
 Début : 24/12/91
 Fin : 24/12/91

PIEZOMETRIE
 NS/sol : 6.70 m
 Rep/sol : 0.00 m
 Z rep. : 0.00 m
 Cote : -6.70 m
 piézo

T
 S.
 I
 har
 70
 IG
 T
 56.
 2.

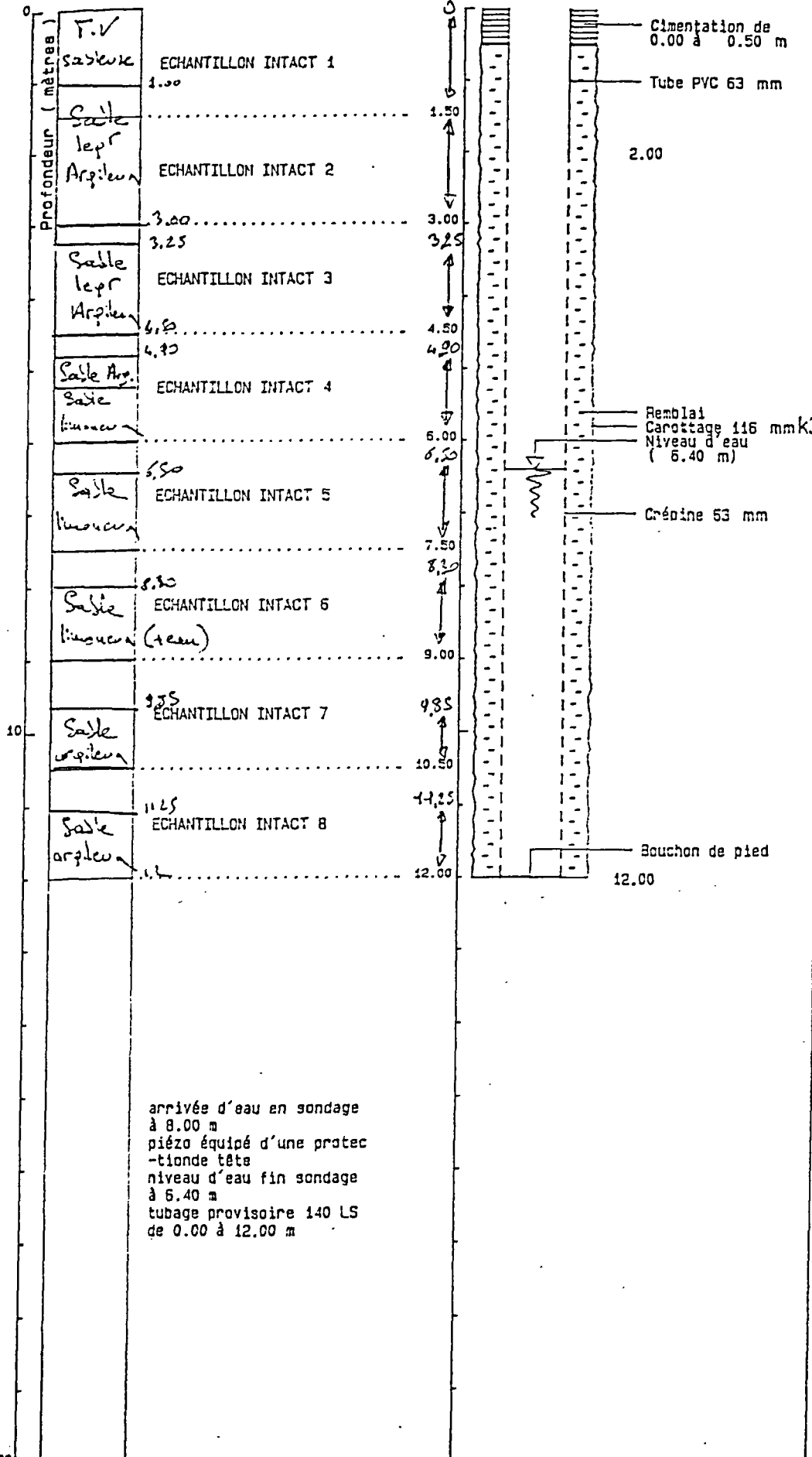


REP/COM : 33.BORDEAUX.AMONT.TAUDIN
 SITUATION : AVENUE.CHARLES.DE.GAULLE

N° classement : 891741/011
 Désignation : Pz.1

COUPE LITHOLOGIQUE

COUPE TECHNIQUE



DATE(S) D'EXECUTION
 Début : 24/12/91
 Fin : 24/12/91

PIEZOMETRIE
 NS/sol : 6.40 m
 Rep/sol : 0.00 m
 Z rep. : 0.00 m
 Cote : -6.40 m
 piézo

TEMSOL S.A.-Z.I du Phare 33704 MERIGNAC * Tel: 56.34.32.90 *

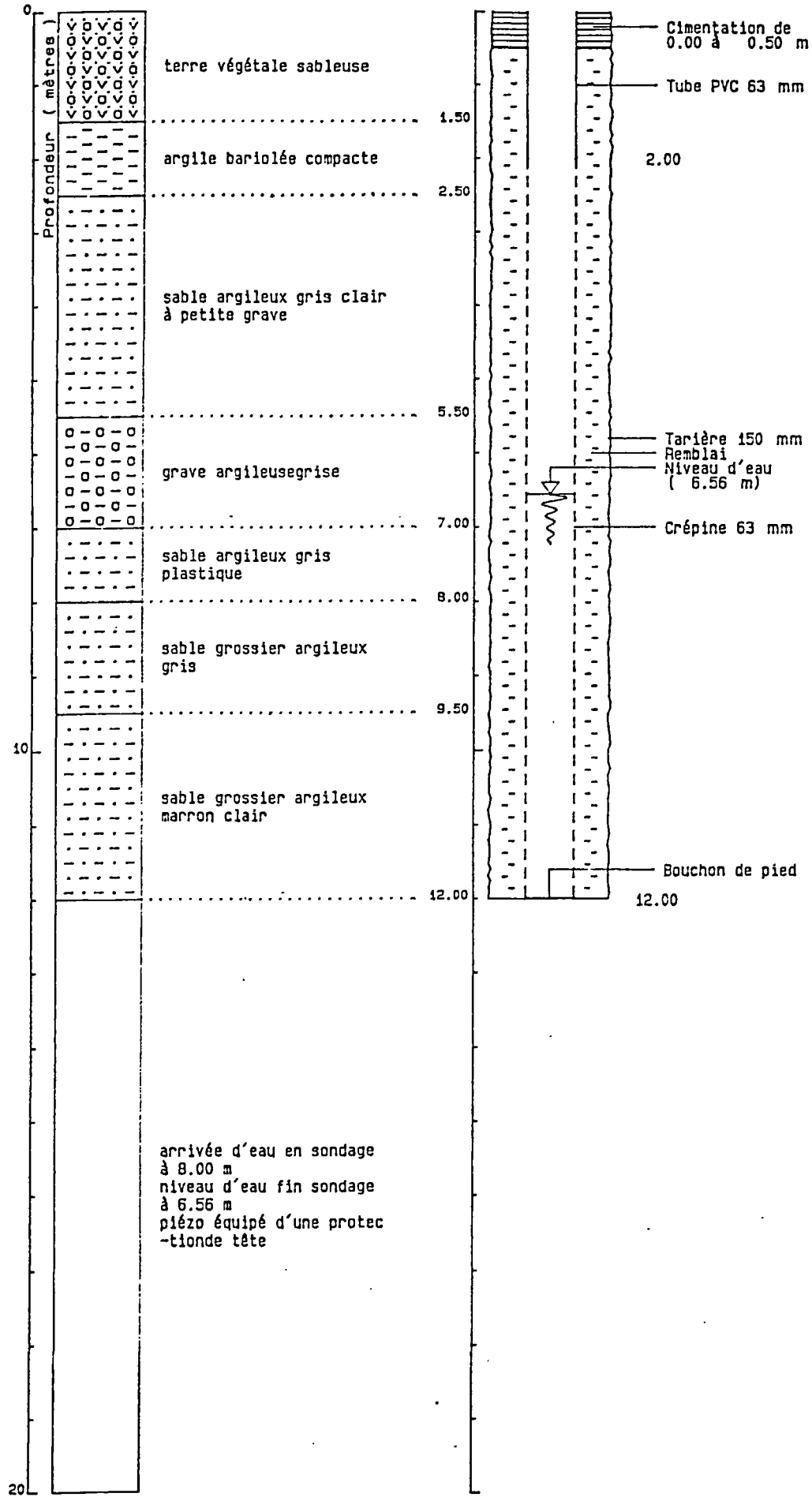


DEP/COM : 33.BORDEAUX.AMONT.TAUDIN
 SITUATION : AVENUE.CHARLES.DE.GAULLE

N° classement : 891741/003
 Désignation : Pz 3 (Tar.3)

COUPE LITHOLOGIQUE

COUPE TECHNIQUE



DATE(S) D'EXECUTION

Début : 23/12/91

Fin : 23/12/91

PIEZOMETRIE

NS/sol : 6.56 m

Rep/sol: 0.00 m

Z rep. : 0.00 m

Cote : -6.56 m
 piézo

TEMSOL S.A.-Z.I du Phare 33704 MERIGNAC * Tel: 56.34.32.90 *

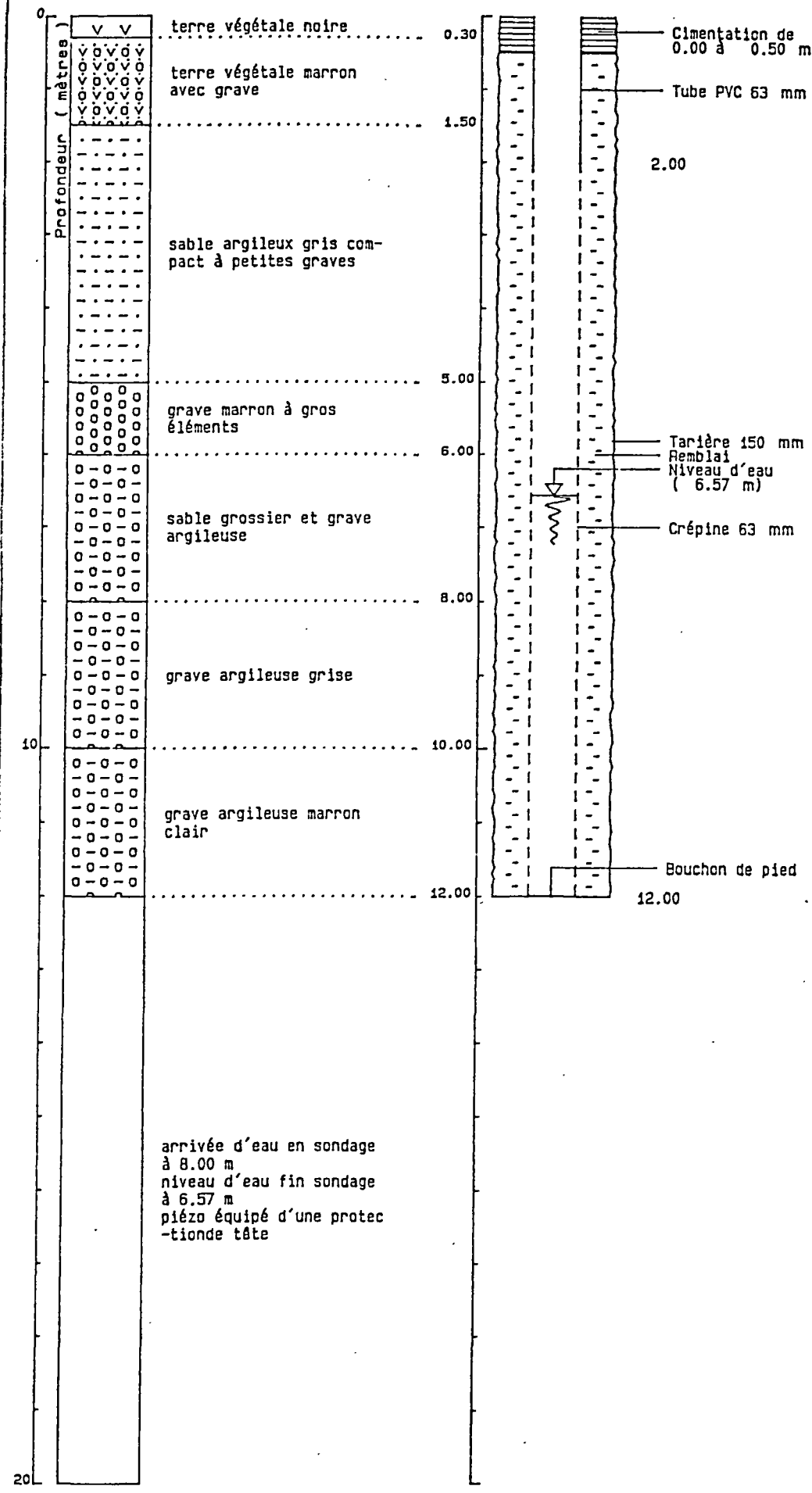


DEP/COM : 33.BORDEAUX.AMONT.TAUDIN
 SITUATION : AVENUE.CHARLES.DE.GAULLE

N° classement : 891741/004
 Désignation : Pz4 (Tar.4)

COUPE LITHOLOGIQUE

COUPE TECHNIQUE



DATE (S) D'EXECUTION

Début : 23/12/91

Fin : 23/12/91

PIEZOMETRIE

NS/sol : 6.57 m

Rep/sol: 0.00 m

Z rep. : 0.00 m

Cote : -6.57 m
 piézo

TEMSOL S.A-Z.I du Phare 33704 MERIGNAC * Tél: 56.34.32.90 *

