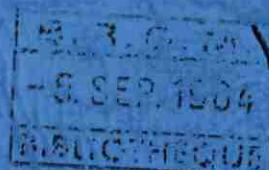


VILLE DE BAGNEUX

JR



**OPÉRATION DE GÉOTHERMIE
« LA FONTAINE »**

*AVANT-PROJET DÉTAILLÉ
(sous-sol)*



BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

Département géothermie

Rapport du B.R.G.M.

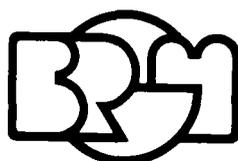
84 SGN 215 GTH

VILLE DE BAGNEUX

57, rue de Paris - 92220 BAGNEUX

**OPÉRATION DE GÉOTHERMIE
« LA FONTAINE »**

***AVANT-PROJET DÉTAILLÉ
(sous-sol)***



BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

Département géothermie

B.P. 6009 - 45060 Orléans Cedex (France) - Tél.: (38) 63.80.01

Rapport du B.R.G.M.

84 SGN 215 GTH

Juin 1984

SOMMAIRE

PROGRAMME DETAILLE DU LOT 1

I/ REALISATION DE LA PLATEFORME DE FORAGE

DESCRIPTION DES TRAVAUX - MODE D'EXECUTION	I.2
1. Débroussaillage - déboisage - décapage de la terre végétale	I.2
2. Travaux de terrassement	I.2
3. Clôture	I.2
4. Travaux d'aménagement de la plateforme et de l'accès	I.2
5. Travaux de béton armé et de maçonnerie - tube guide - caniveaux - travaux divers	I.3
6. Tubes guides	I.4
7. Renforcement de trottoir	I.4

II/ PROGRAMME D'EXECUTION DES FORAGES II.1

Forage de production (sommaire détaillé dans le rapport)

Forage d'injection (" " ")

III/ ESTIMATION DETAILLEE DU LOT 1 III.1

IV/ PLANNING GENERAL DE L'OPERATION IV.1

PROGRAMME DETAILLE DU LOT 2

I/ DESCRIPTION DE LA BOUCLE GEOTHERMALE I.1

Têtes de puits de production	I.1
Canalisation basse pression	I.1
Groupe de pompage d'exhaure	I.2
Groupe de pompage de réinjection	I.2
Canalisation haute pression	I.3
Têtes de puits de réinjection	I.3
Système de commande et régulation	I.3

II/ ESTIMATION DETAILLEE DU LOT 2 II.1

ANNEXE I - Reconnaissance géotechnique du site de forage
(le sommaire est intégré dans l'annexe)

ANNEXE II - Schéma de principe de la dalle béton armé de la
plateforme de forage

PROGRAMME DETAILLE DU LOT 1

- I -

REALISATION DE LA PLATEFORME DE FORAGE

(L'étude géotechnique est jointe en annexe 1 au présent APD)

INDICATIONS GENERALES ET DESCRIPTION DES OUVRAGES

MODE D'EXECUTION

DESCRIPTION DES TRAVAUX - MODE D'EXECUTION

1 - Débroussaillage - déboisement - décapage de la terre végétale

Les travaux comprennent l'ensemble du débroussaillage et du déboisement sur l'emprise de la plateforme et de son accès, y compris arrachage des souches, débit, brulage sur place et évacuation, ainsi que le décapage de la terre végétale sur cette emprise avec stockage à proximité immédiate du site en vue de la remise en état ultérieure.

2 - Travaux de terrassement

Les travaux comprennent la réalisation d'une plateforme horizontale en déblais, remblais, la confection de deux bourniers en remblais et l'exécution d'une rampe d'accès.

Les déblais excédentaires éventuels seront stockés à proximité immédiate du site en vue de leur réemploi ultérieur lors de la remise en état du site.

La plateforme nivellée devra être d'une horizontalité parfaite (pente générale longitudinale ou latérale inférieure à 0,5%).

Les travaux comprennent l'exécution de fossés drainants en pourtour et de tout ouvrage nécessaire à la bonne évacuation des eaux de ruissellement.

3 - Clôture

Les travaux comprennent la fourniture et pose (sauf pour la partie déjà délimitée par les murs existants) d'une clôture de chantier de 2 m de hauteur entourant la plateforme ainsi que d'un portail de 6 m de largeur.

4 - Travaux d'aménagement de la plateforme et de l'accès

4.1. - Couche de roulement de la plateforme et de l'accès

La couche de roulement sera constituée d'une épaisseur de 30 cm de grave calcaire concassée 40/80 compactée au rouleau vibrant pour la plateforme et d'une épaisseur de 30 cm de grave ciment traitée à 2 % en poids pour l'accès.

4.2. - Bourbiers

Les travaux comprennent la réalisation de deux bourbiers suivant les plans d'implantation. Les parois de ces bourbiers auront une pente de 45°.

Les bourbiers seront étanchéifiés au moyen d'une membrane présentant toutes garanties quant à la résistance aux hydrocarbures (10 m³ de fuel environ), aux acides (5 à 6 m³ d'Hcl concentré à 33 %) ainsi qu'à la température (65°C) ainsi que toutes garanties concernant l'étanchéité.

Cette membrane sera bloquée sur les bords des bourbiers par un béton maigre. Il sera prévu les réservations permettant un raccordement des rigoles d'écoulement des boues.

L'entreprise fournira pour chacun des bourbiers une échelle type "échelle de couvreur" permettant l'évacuation en cas de chute. Ces échelles seront ancrées sur la plateforme.

4.3. - Préparation de la forme sous dalle

La partie supérieure des remblais sous l'emprise totale de la dalle sera décaissée sur une hauteur de 1,00 m puis remblayée par une grave 0/60, remise en palce par couches de 0,30 m d'épaisseur compactées à 90 % de l'optimum Proctor modifié, sur une hauteur totale de 0,70 m et complétée par une couche de concassé calcaire 0/100 d'une épaisseur de 30 cm d'épaisseur compactée au rouleau vibrant à 95 % de l'optimum Procor modifié.

5 - Travaux de béton armé et de maçonnerie - tube guide - caniveaux - travaux divers

Les travaux comprennent suivant les plans d'implantation et d'exécution joint au présent marché, la réalisation d'une dalle et de 2 caves en béton armé dosé de 350 kg de CPJ 45 ferraillées conformément au plan d'exécution joint au présent document.

La dalle devra présenter une planéité et une horizontalité parfaites (10 mm sous règle de 2 m).

Les travaux comprennent pour chacune des caves la fourniture et pose d'un tube horizontal en acier d'une longueur de 5 m et d'un diamètre intérieur de 760 mm conformément aux plans de détail.

Il sera pratiqué en fond de chaque cave une réservation de 0,40 x 0,40 x 0,20 m ainsi que des réservations sur la dalle suivant les plans.

Les travaux comprennent la réalisation d'un bac déshuileur de 2 m x 2 m x 2 m en maçonnerie, divisé en trois compartiments et recouvert d'une ou plusieurs plaques, conformément aux plans de détail.

Les travaux comprennent la réalisation de caniveaux périphériques et de rigoles d'écoulement vers les bourniers de dimensions intérieures 40 x 40.

Les travaux comprennent la fourniture et mise en oeuvre d'une fosse sanitaire préfabriquée d'une capacité de 2000 l enterrée dont l'implantation sera précisée en cours de travaux.

6 - Tubes guides

Les travaux comprennent la fourniture et mise en oeuvre au forage à la tarière de deux tubes guides en aciers d'une longueur de 25 m environ, d'un diamètre intérieur de 760 mm. Ces tubes seront parfaitement centrés par rapport à la cave et parfaitement verticaux. L'espace annulaire sera rempli d'un béton maigre jusqu'au niveau du fond des caves.

L'écart sur la verticalité ne pourra en aucun cas excéder un degré.

L'épaisseur des tubes sera dimensionnée pour éviter impérativement tout risque de déformation ou d'écrasement lors de la mise en oeuvre.

Ces tubes seront mis en place et curés sur toute la hauteur.

7 - Renforcement de trottoir

Les travaux comprennent le renforcement du trottoir de la rue Blaise Pascal au niveau de l'accès pour protection des réseaux enterrés sous trottoir.

- II -

PROGRAMME D'EXECUTION DES FORAGES :

**Production
Injection**

La description des têtes de puits - parties du lot 1 - est
reprise de façon détaillée dans la définition de la
boucle géothermale (Lot 2)

S O M M A I R E

PRODUCTION

- I - LOCALISATION - CADRE ADMINISTRATIF
- II - OBJECTIF - CADRE GEOLOGIQUE
- III - PROGRAMME DE FORAGE RESUME
- IV - PROGRAMME DE FORAGE DETAILLE
- V - PROGRAMME DE TUBAGE ET CIMENTATION
- VI - PROGRAMME DE BOUE (Tableau récapitulatif sommaire)
- VII - PROGRAMME DIAGRAPHIES
- VIII - TETES DE PUIITS

A N N E X E S

.....

- . Produits de décoincement
- . spacers de cimentation
- . Profil vertical déviation
- . Profil horizontal déviation
- . Coupe technique du puits

I - LOCALISATION - CADRE ADMINISTRATIF

Commune : BAGNEUX (92)

Coordonnées Lambert :

	<u>Surface</u>		<u>Objectif</u>
X	= 598 200	X	= 598 420
Y	= 121 350	Y	= 120 590
Z	= + 90 m NGF	Z	= - 1375 m NGF

Maître d'ouvrage : Mairie de BAGNEUX

II - OBJECTIF - CADRE GEOLOGIQUE

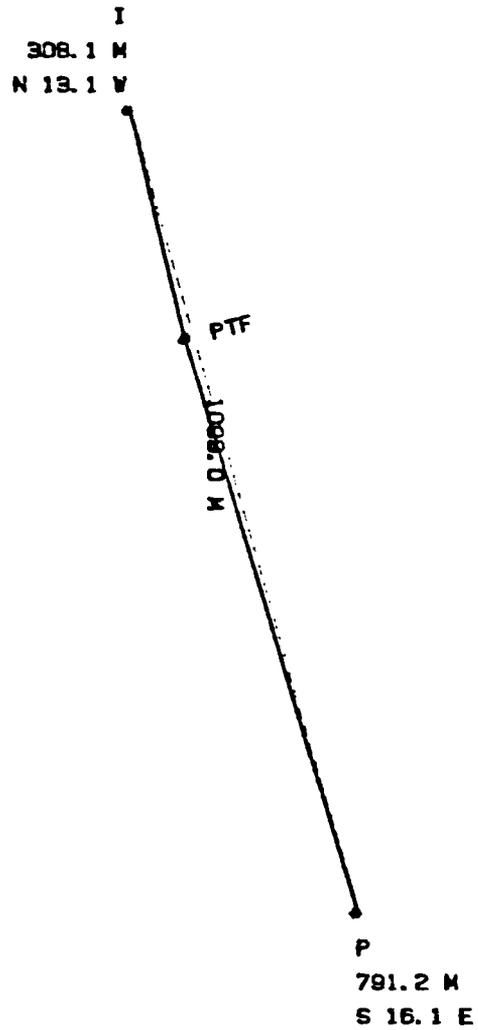
- Forage de production d'un doublet géothermique au Dogger - Ecartement entre les deux ouvrages au toit du réservoir : 1100 m
- Colonne de production 9" 5/8 et chambre de pompage 13" 3/8 sur 400 m minimum
- Déviation permettant d'obtenir un déplacement de 790 m au toit du réservoir selon un azimut géographique S 16 E
- Prévisions hydrogéologiques :
 - . Débit artésien : 80 m³/h
 - . Pression en tête : 6 kg/cm²
 - . Température de fond : 63° C
 - . Salinité de l'eau : 11 g/l

BAGNEUX <LA FONTAINE> DEFINITION DES OBJECTIFS



PRODUCTION P
X1= 598200.0
Y1= 121350.0
X2= 598420.0
Y2= 120590.0

INJECTION I
X1= 598200.0
Y1= 121350.0
X2= 598130.0
Y2= 121650.0



COUPE GEOLOGIQUE PREVISIONNELLE

Prof. m/sol (verticale)	Prof. forée (déviée)	Etage	Lithologie	Observations
0 - 110	0 - 110	Tertiaire (Sparnacien à Ludien)	Argiles, Marnes, sables calcaires, niveau gypseux	Risques pertes totales aquifères d'eau douce
110 - 455	0 - 455	Senonien Turonien	Craie blanche à silex Craie devenant argileuse à la base	Risques pertes totales
455 - 540	455 - 540	Cénomannien	Calcaire gréseux à glauconie	
540 - 580	540 - 581	Albien sup.	Argile gris-noir "gault"	
580 - 660	581 - 666	Albo - Aptien	Sables + argileux à la base	Sables peu conso- lidés aquifère d'eau douce
660 - 780	666 - 810	Barremien Néocomien	Argiles et sables Sables, grès et argiles aquifère d'eau douce
780 - 805	810 - 845	Purbeckien	Calcaires, dolomies et marnes	
805 - 930	845 - 1020	Portlandien		
930 - 1070	1020 - 1216	Kimmeridgien	Marnes indurées et marno- calcaires	
1070 - 1260	1216 - 1481	Séquanien Rauracien	Calcaire avec inter- calation de marnes Calcaire graveleux aquifère
1260 - 1425	1481 - 1712	Argovien Oxfordien	Argile calcaire et marne Calcaire et marne gréseux
1425 - 1465	1712 - 1768	Callovien	Marnes, argile et grès	
1465 - 1596	1768 - 1950	Bathonien (Dogger)	Calcaire micritique graveleux et oolithique	aquifère

III - PROGRAMME DE FORAGE RESUME

- Mise en place d'un tube guide \emptyset 775 mm jusqu'à 10 - 20 m environ
- Forage en 17" 1/2 jusqu'à 450 m de profondeur et pose d'un tubage 13" 3/8
En cas de difficultés dans les formations tertiaires (perte de circulation, mauvaise tenue des terrains) élargissage en 24" jusqu'au toit de la craie (environ 120 m) et pose d'un tubage 18" 5/8
- Forage en 12" 1/4 de 450 à 470 m, puis exécution de la déviation jusqu'à l'obtention d'un angle total de 44°
Poursuite du forage en déviation stabilisée à 44° jusqu'au toit du Dogger (1770 m forés) et pose d'un tubage 9" 5/8
- Forage en 8" 1/2 en déviation stabilisée dans le réservoir Dogger de 1770 à 1950 m
- Mise en production et essais de l'ouvrage

IV - PROGRAMME DE FORAGE DETAILLE

Le tube guide (\emptyset 775 mm) sera mis en place par une entreprise de génie civil lors des travaux de plateforme.

4.1. - Phase 24" (optionnel) (0 - 120 m)

- forage en 17" 1/2 dans les formations tertiaires jusqu'à pénétration d'une dizaine de mètres dans la craie du Senonien, soit vers 120 m de profondeur.

Si aucune difficulté n'est rencontrée, le forage se continuera directement par la phase 17" 1/2 et la suite de la phase 24" ne sera pas exécutée.

Dans le cas contraire (pertes de circulation, mauvaise tenue des terrains) la poursuite du forage nécessitera la mise en place d'un tubage technique 18" 5/8.

- Elargissage en 24" de la passe 17" 1/2
- Mesure d'inclinaison (Totco) en fin de phase
- Outils : tricône 17" 1/2 type IADC 131 CVL
aléreur 24" (ou 23") à molettes
- garniture :
masse-tige 8" minimum (diamètre recommandé 9" 1/2 x 3")
longueur nécessaire pour obtenir 27 T dans l'air

tiges 5" 19 lbs/ft grade E classe I à S
Traction maximale 126 T

forage avec garniture pendulaire, 15 T au maximum étant utilisées sur l'outil (boue de densité 1.10)

- Paramètres :

pois sur l'outil : 2 - 15 T
Vitesse de rotation : 80 - 110 t/mn
Débit : 2500 - 3000 l/mn

- Boue :

boue bentonitique simple V = 50 - 60 marsh
d = 1,10 maximum

4.2. - Phase 17" 1/2 (120 - 450 m)

- forage en 17" 1/2 de 120 à 450 m de profondeur
- mesure d'inclinaison (Totco) en fin de phase
- pose et cimentation d'un tubage 13" 3/8 VAM
- Outils : tricône 17" 1/2 type IADC 121 ou 131 CVL
- Garniture : idem phase 24"
- Paramètre :

pois sur l'outil : 8 - 15 T
vitesse de rotation : 90 - 110 t/mn
débit : 2500 à 3000 l/mn

- Boue :

Boue bentonitique simple de la phase précédente.
ajout de polymères et dilution à l'eau en fonction des besoins
Densité inférieure à 1,12

En cas de pertes incolmatables, forage à l'eau claire avec injection de boue visqueuse aux ajouts de tige.

4.3. - Phase 12" 1/4 (450 - 1770 m)

- forage en 12" 1/4 de 450 à 470 m
- A 470 m exécution de la déviation à la turbine, à raison de 1,25°/10 m jusqu'à l'obtention d'un angle de 18° et selon un azimut S 16 E (déclinaison magnétique 4° W)
- poursuite de l'exécution de la déviation en rotary jusqu'à l'obtention d'un angle de 44° environ (obtenu vers 825 m)

- poursuite du forage en rotary stabilisé avec un angle de 44° jusqu'au toit du Dogger (1465 m en vertical, 1770 m forés)
- mesures d'inclinaison et d'orientation périodiques au câble (single-shot)

- Outils :

tricone 12" 1/4 type IADC 121, 131, et 211 (CVL)
 type IADC 137, et 517 (JET)

121 - reforage ciment

131 - 211 - turboforage et forage dévié jusqu'au Purbeckien

157 - forage du Purbeckien au Kimméridgien

517 - forage du Sequanien au Callovien

- Garniture :

les garnitures ci-dessous sont données à titre indicatif - Elles pourraient être modifiées en fonction des impératifs de la déviation

- vertical : idem phase 17" 1/2
- turboforage : RB + turbine + BS 2,5° + KM + 6 DC 8" + 18 HW + DP 5"
- Build up rotary : RB + NB + KM 6" 1/2 + KM 8" + 3 DC 8" + ST + 6 DC 8" + 18 HW + DP 5"
- rotary stabilisé : RB + NB + KM 8" + ST + KM 8" + 3 DC 8" + ST + 6 DC 8" + 15 HW + FJ + coulisse + 5 HW + DP 5"

- Paramètres : Les paramètres ci-dessous sont donnés à titre indicatif et seront modifiés en fonction des impératifs de la déviation :

	POIDS (T)	ROTATION (t/mn)	DEBIT (l/mn)
vertical	8 - 15	90 - 110	2000
turboforage	5 - 8	TF	2000
build-up	15 - 20	70 - 90	1800 - 2000
stabilisé	15 - 20	80 - 100	2000

- Boue : boue aux polymères à support bentonitique, lubrifiée dans la phase déviée

densité : 1,10 maximum (< 1,08 à partir du Rauracien)

viscosité : 40 - 45 Marsh

filtrat : 8 maximum (< 6 pour le Rauracien-Sequanien)

- 4.4. - Phase 8" 1/2 (1770 - 1950 m)

- forage du réservoir en 8" 1/2 en déviation stabilisée à 44° de 1770 à 1950 m (1595 m vertical)

- mesures d'inclinaison et d'orientation en milieu et fin de phase

- Outils : tricône 8" 1/2 type IADC 211 CVL pour le reforage du matériel de cimentation et 137 JET pour le forage du réservoir

- Garniture :

garniture stabilisée du type :

RB + NB 8" 3/8 + KM + ST 8" 1/2 + KM + DC 6" 1/2 + ST 8" 1/2 + 11 DC
+ 13 HW + FJ + coulisse + 5 HW + DP 5"

- Paramètre :

Poids : 12 - 15 T

Rotation : 70 - 90 t/mn

Débit : 1600 - 1800 l/mn

- Boue :

boue aux polymères dégradable

densité requise ($d \approx 1,05$) obtenue par ajout de sel

viscosité 45 Marsh

filtrat non contrôlé

V - PROGRAMME DE TUBAGE ET DE CIMENTATION

5.1. - Colonne 18" 5/8 (éventuel)

poids nominal : 87.5 lbs/ft
grade : K 55
filetage : Butress

longueur prévue : 120 m

poids (boue d: 1,10) : 13,4 T

Equipement : sabot à bille avec réceptacle pour innerstring

Vissage : par l'entreprise de forage

Cimentation : par innerstring
ciment CAP 55 (environ 20 T)
laitier de densité 1,75 à 1,80
volume théorique plus 30 % d'excès
injection et chasse à 800 l/mn
attente de prise de ciment : 18 h
cimentation complémentaire éventuelle à la toupie

5.2. - Colonne 13" 3/8

poids nominal : 54,5 lbs/ft
grade : K 55
filetage : VAM et API 8 rd STC

longueur prévue: 400 m en VAM et 50 m en API

poids (boue d : 1,10) : 31,4 T

Equipement : raccord 13" 3/8 VAM femelle par API mâle
sabot à bille avec réceptacle pour innerstring
10 centreurs droits 13" 3/8 x 17" 1/2

Vissage : serrage des tubes par clé hydraulique
couple de serrage recommandé : API 5470 ft-lb (755 mkp)
VAM 10100 ft-lb (1400 mkp)

Cimentation : par innerstring
ciment CAP 55 (environ 40 T)
laitier de densité 1,75 à 1,80
volume théorique plus 30 % d'excès
injection et chasse à 800 l/mn
attente de prise de ciment : 24 h
cimentation complémentaire éventuelle à la toupie

Note : si le forage s'est effectué en pertes totales, un volume d'eau de 10 m³ sera injecté avant la mise en place du laitier

5.3. - Colonne 9" 5/8

poids nominal : 40 lbs/ft
grade : K 55
filetage : VAM

longueur prévue : 1770 m (dont 400 m seront récupérés après la coupe du tubage)

poids (boue d : 1,10) : 81,5 T

Equipement : sabot canal (filetage VAM ou Buttress)
anneau différentiel (" " ")
2 DV cementing collar (" " ")
5 centreurs positifs
90 centreurs spiralés 9" 5/8 x 12" 1/4
2 ombrelles de cimentation
5 gratteurs
194 stop collars

Vissage : serrage des tubes au moyen d'une clé hydraulique
couple de serrage recommandé : 8000 ft-lb (1100 mkp)

Cimentation : cimentation de la colonne sur 2 des trois étages

la DV inférieure sera positionnée dans une zone favorable au toit du Kimméridgien ou à la base du Portlandien

la DV supérieure permettra l'élimination du ciment dans l'annulaire 9" 5/8 - 13" 3/8 et la coupe ultérieure du tubage pour dégager la chambre de pompe 13" 3/8

1er étage (1515 - 930 m) :

ciment CPA 55 (environ 23 T)
laitier de densité 1,75
volume selon caliper
injection et chasse du laitier à 800 l/mn
ouverture de la DV et circulation 1/4 h toutes les heures
attente de prise de ciment pendant 8 heures

2ème étage (930 - 400 m) :

ciment CPA 55 (environ 22T)
laitier allégé de densité 1,65 à 1,70 avec au maximum 6 % de bentonite préhydratée
volume selon caliper
injection et chasse à 800 l/mn

3ème étage (400 - surface) :

circulation avec de la boue pour éliminer le surplus éventuel de ciment
mise sous tension de la colonne à + 10 T
attente de prise de ciment pendant 24 heures.

VI - PROGRAMME BOUE (Tableau récapitulatif sommaire)

PHASE	DENSITE	VISCOSITE	FILTRAT	TYPE DE BOUE
17" 1/2 (0 - 120) (24")	1,10 maxi	50 - 60	-	Bentonite ordinaire
17" 1/2 (120 - 450)	1,12 maxi	45 - 60	-	Bentonite avec dilution à l'eau et ajout polymère
12" 1/4 (450 - 1770)	1,10 maximum 1,08 maxi à partir du Rauracien	40 - 45	8 maximum 6 maxi à partir du Rauracien	Polymères lubrifiés
8" 1/2 (1770 - 1950)	1,05	45	N.C.	Polymères dégra- dables

VII - PROGRAMME DIAGRAPHIES

Les diagraphies suivantes seront exécutées au cours des opérations de forage :

- pour définir les corrélations géologiques
- pour préciser les paramètres géométriques et techniques du trou

7.1. - Avant le tubage 9 5/8 (450 - 1770 m)

- gamma ray (GR)
- double diamètreur avec intégrateur de volume (BGL)

7.2. - Après tubage 9" 5/8 (1770 - 400 m)

- cement bond log (CBL). Cette diagraphie pourra se faire en même temps que les diagraphies réservoir.

7.3. - Dans le réservoir (1770 - 1950 m)

- gamma ray (GR)
- densité des formations (FDC)

7.4. Essais

- voir programme spécifique d'essais

VIII - TETE DE PUIT

1 - Phase 17" 1/2

Le tube guide (ID = 760 mm - EP 15 mm) mis en place par l'entreprise de Génie Civil sera surmonté par un tube fontaine fourni par l'entreprise de forage.

Prévoir un piquage 2" pour remplissage

Si le tubage 18" 5/8 est installé, il sera prolongé et équipé en tête d'un tube fontaine.

2 - Phase 12" 1/4 et 8" 1/2

- casing head 13" 5/8 - 3000 vissé sur la tête du tubage 13" 3/8 VAM
- spacer 13" 5/8 - 3000
- spool d'air lift 13" 5/8 - 3000 avec sortie latérale 8"
- obturateur simple à mâchoires type Cameron QRC 12 - 3000 ou similaire
- Hydril type GK 12 - 3000 ou similaire
- tube fontaine 13" 3/8
- test sur BOP à 80 kg/cm²
- test des colonnes à 25 kg/cm²

PRODUITS DE DECOINCEMENT

1) Bouchons non alourdis

Diesel : Q.S.

Freepipe : 47 l/m³ (ou équivalent)

2) Bouchons alourdis (pour lm³ fini) pour décoincement
----- (laisser 12 heures minimum)

<u>O/W ratio</u>	<u>Dens</u>	<u>Diesel</u> litres	<u>Kenol-S</u> litres	<u>Eau douce</u> litres	<u>Chaux</u> kg	<u>Freepipe</u> litres	<u>% baryte</u> kg
60/40	1.10	515	33	344	30	47	254
60/40	1.15	506	33	338	30	47	318
60/40	1.20	497	33	332	30	47	382
60/40	1.25	488	33	326	30	47	445
65/35	1.30	519	33	279	30	47	509
65/35	1.40	499	33	269	30	47	636
70/30	1.50	512	37	219	30	47	774
70/30	1.60	491	37	210	30	47	900
70/30	1.70	470	37	201	30	47	1028

On prévoira la fabrication de 10 - 15 m³ pour le puits

(produits indiqués ou leur équivalent ;
dépend de la société de boue)

SPACERS DE CIMENTATION

Assurent la séparation boue-laitier et un bon nettoyage de l'espace annulaire.

1) Volumes recommandés

7 m³ pour tubage 13 3/8

6 m³ pour tubage 9 5/8

Prévoir un total de 15 m³

2) Formule recommandée

flogel 7 à 8 kg/m³

ou Imcogel HV 4 à 5 kg/m³ (ou produit équivalent)

Baryte : Q.S.

Nota : le spacer doit avoir les caractéristiques suivantes :

d : 1,40 à 1,45 (moyenne entre d boue et d laitier)

YV mini : 25 (et supérieur d'environ 10 points à YV boue)

V : 60 (20 pts au dessus V boue ; moyenne entre V boue et V laitier)

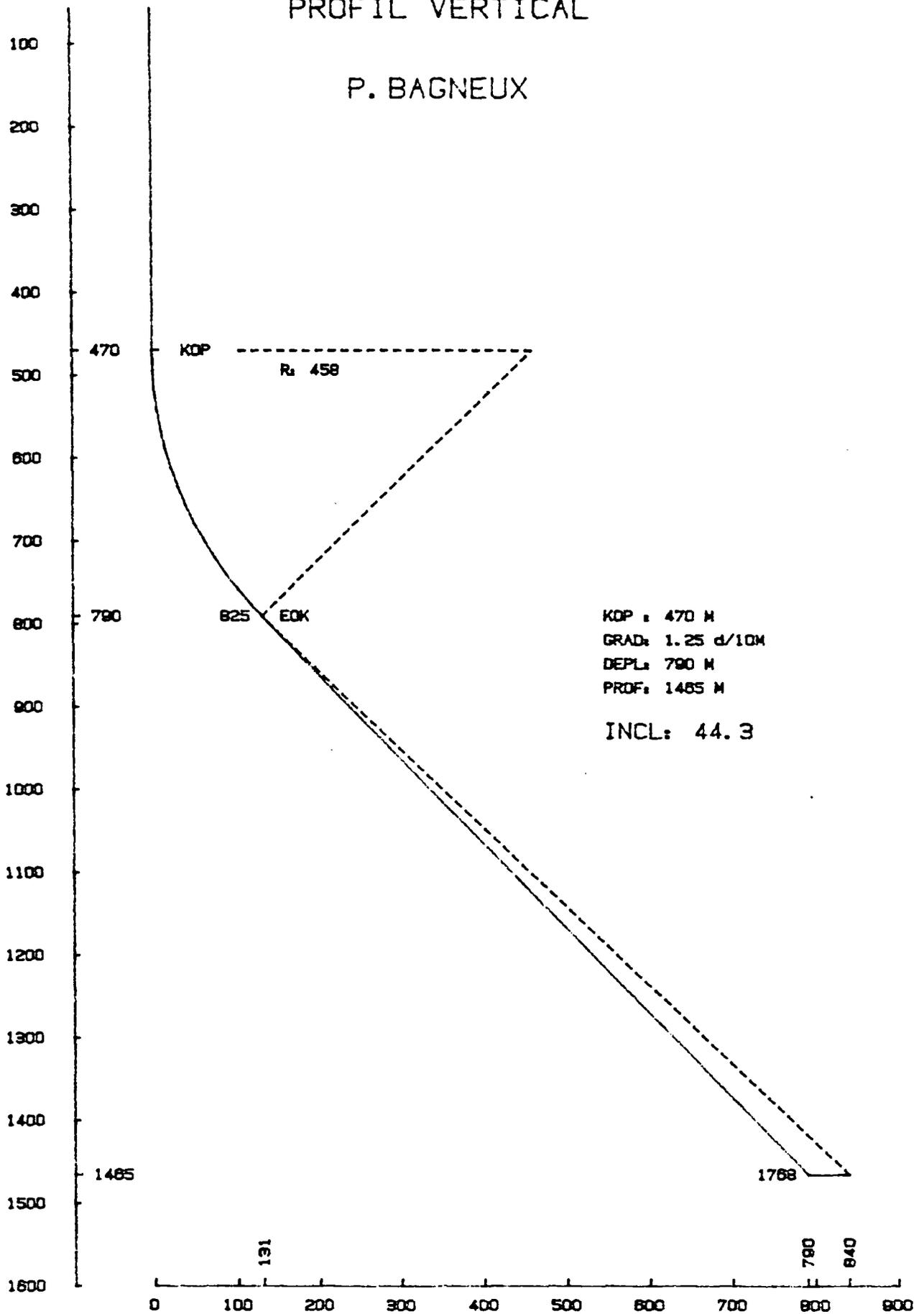
gel 0 : 8 maxi

gel 10 : 15 maxi

Une rhéologie sera faite sur le laitier avant chaque cimentation.

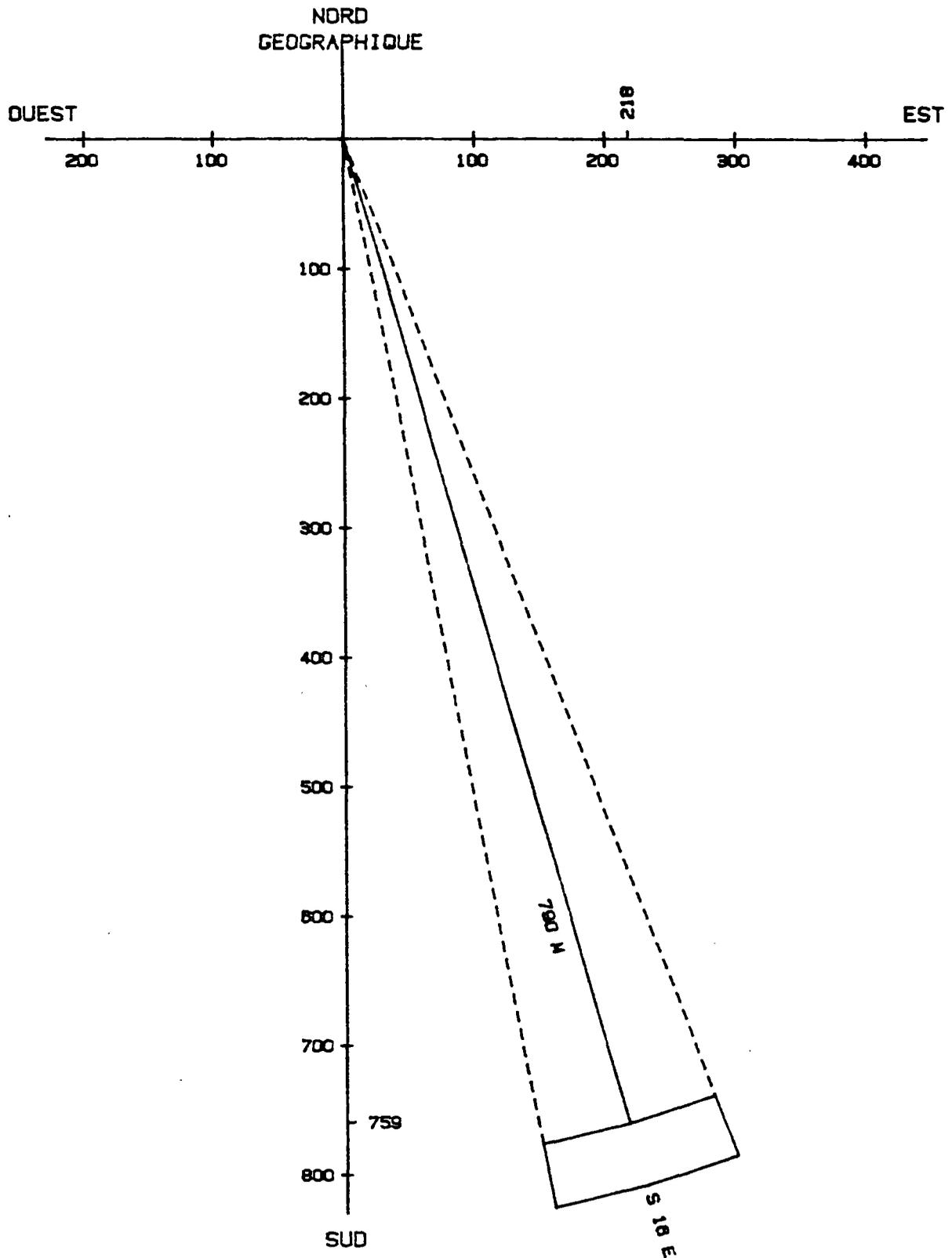
PROFIL VERTICAL

P. BAGNEUX

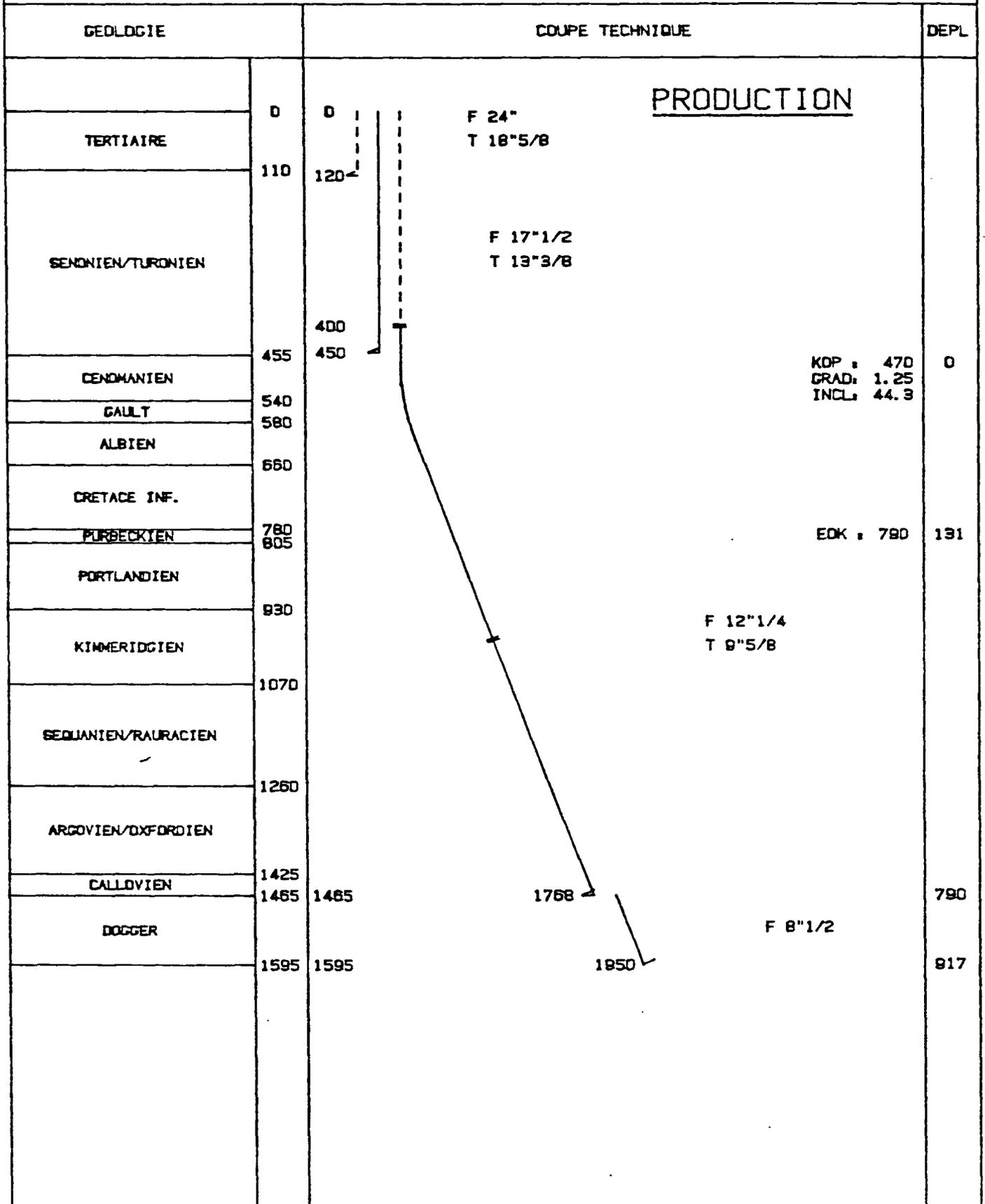


PROJECTION HORIZONTALE P. BAGNEUX

DEPLACEMENT 790 +50 M
AZIMUT S 16 E +-5 DEG



PROGRAMME DE FORAGE BAGNEUX "LA FONTAINE"



S O M M A I R E

INJECTION

- I - LOCALISATION - CADRE ADMINISTRATIF
- II - OBJECTIF - CADRE GEOLOGIQUE
- III - PROGRAMME DE FORAGE RESUME
- IV - PROGRAMME DE FORAGE DETAILLE
- V - PROGRAMME DE TUBAGE ET CIMENTATION
- VI - PROGRAMME DE BOUE (Tableau récapitulatif sommaire)
- VII - PROGRAMME DIAGRAPHIES
- VIII - TETES DE PUIITS

A N N E X E S

.....

- . Produits de décoincement
- . Spacers de cimentation
- . Profil vertical déviation
- . Profil horizontal déviation
- . Coupe technique du forage

I - LOCALISATION - CADRE ADMINISTRATIF

Commune : BAGNEUX (92)

Coordonnées Lambert :

	<u>Surface</u>		<u>Objectif</u>
X	= 598 200	X	= 598 130
Y	= 121 350	Y	= 121 650
Z	= + 90 m NGF	Z	= - 1375 m NGF

Maître d'ouvrage : Mairie de BAGNEUX

II - OBJECTIF - CADRE GEOLOGIQUE

- Forage - d'injection d'un doublet géothermique au Dogger - Ecartement entre les deux ouvrages au toit du réservoir : 1100 m
- Colonne d'injection 9" 5/8
- Déviation permettant d'obtenir un déplacement de 310 m au toit du réservoir selon un azimut géographique N 13 W
- Prévisions hydrogéologiques :
 - . Débit artésien : 80 m³/h
 - . Pression en tête : 6 kg/m²
 - . Température de fond : 63° C
 - . Salinité de l'eau : 11 g/l

BAGNEUX <LA FONTAINE> DEFINITION DES OBJECTIFS



PRODUCTION P

X1= 598200.0

Y1= 121350.0

X2= 598420.0

Y2= 120590.0

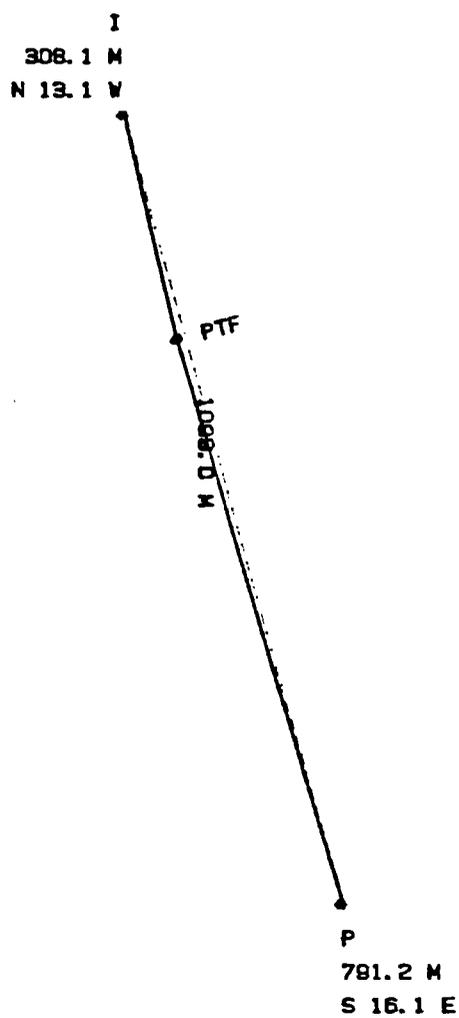
INJECTION I

X1= 598200.0

Y1= 121350.0

X2= 598130.0

Y2= 121650.0



COUPE GEOLOGIQUE PREVISIONNELLE

Prof. m/sol (verticale)	Prof. forée (déviée)	Etage	Lithologie	Observations
0 - 110	0 - 110	Tertiaire (Sparnacien à Ludien)	Argiles, Marnes, sables calcaires, niveau gypseux en tête	Risques pertes totales aquifères d'eau douce
110 - 455	110 - 455	Senonien Turonien	Craie blanche à silex Craie devenant argileuse à la base	Risques pertes totales
455 - 540	455 - 541	Cénomanién	Calcaire gréseux à glauconie	
540 - 580	541 - 583	Albien sup.	Argile gris-noir "gault"	
580 - 660	583 - 667	Albo - Aptien	Sables + argileux à la base	Sables peu conso- lidés aquifère d'eau douce
660 - 780	667 - 793	Barremien Néocomien	Argiles et sables Sables, grès et argiles aquifère d'eau douce
780 - 805	793 - 819	Purbeckien	Calcaires, dolomies et marnes	
805 - 930	819 - 951	Portlandien		
930 - 1070	951 - 1097	Kimmeridgien	Marnes indurées et marno- calcaires	
1070 - 1260	1097 - 1297	Séquanien Rauracien	Calcaire avec inter- calation de marnes Calcaire graveleux aquifère
1260 - 1425	1297 - 1470	Argovien Oxfordien	Argile calcaire et marne Calcaire et marne gréseux
1425 - 1465	1470 - 1512	Callovien	Marnes, argile et grès	
1465 - 1595	1512 - 1648	Bathonien (Dogger)	Calcaire micritique graveleux et oolithique	aquifère

III - PROGRAMME DE FORAGE RESUME

- Mise en place d'un tube guide \emptyset 775 mm jusqu'à 10 - 20 m environ
- Forage en 17" 1/2 jusqu'à 400 m de profondeur et pose d'un tubage 13" 3/8

En cas de difficultés dans les formations tertiaires (perte de circulation, mauvaise tenue des terrains) élargissage en 24" jusqu'au toit de la craie (environ 120 m) et pose d'un tubage 18" 5/8

- Forage en 12" 1/4 de 400 à 420 m, puis exécution de la déviation jusqu'à l'obtention d'un angle total de 18°
Poursuite du forage en déviation stabilisée à 18° jusqu'au toit du Dogger (1515 m forés) et pose d'un tubage 9" 5/8
- Forage en 8" 1/2 en déviation stabilisée dans le réservoir Dogger de 1515 à 1650 m
- Mise en production et essais de l'ouvrage

IV - PROGRAMME DE FORAGE DETAILLE

Le tube guide (\emptyset 775 mm) sera mis en place par une entreprise de génie civil lors des travaux de plateforme.

4.1. - Phase 24" (optionnel) (0 - 120 m)

- Forage en 17" 1/2 dans les formations tertiaires jusqu'à pénétration d'une dizaine de mètres dans la craie du Senonien, soit vers 120 m de profondeur.

Si aucune difficulté n'est rencontrée, le forage se continuera directement par la phase 17" 1/2 et la suite de la phase 24" ne sera pas exécutée.

Dans le cas contraire (pertes de circulation, mauvaise tenue des terrains) la poursuite du forage nécessitera la mise en place d'un tubage technique 18" 5/8.

- Elargissage en 24" de la passe 17" 1/2
- Mesure d'inclinaison (Totco) en fin de phase
- Outils : tricône 17" 1/2 type IADC 131 CVL
aléateur 24" (ou 23") à molettes
- garniture :

masse-tige 8" minimum (diamètre recommandé 9" 1/2 x 3")
longueur nécessaire pour obtenir 27 T dans l'air

tiges 5" 19 lbs/ft grade E classe I à S
Traction maximale 126 T

forage avec garniture pendulaire, 15 T au maximum étant utilisés sur l'outil (boue de densité 1.10)

- Paramètres :

pooids sur l'outil : 2 - 15 T
Vitesse de rotation : 80 - 110 t/mn
Débit : 2500 - 3000 l/mn

- Boue :

boue bentonitique simple V = 50 - 60 marsh
d = 1,10 maximum

4.2. - Phase 17" 1/2 (120 - 400 m)

- forage en 17" 1/2 de 120 à 400 m de profondeur
- mesure d'inclinaison (Totco) en fin de phase
- pose et cimentation d'un tubage 13" 3/8 API
- Outils : tricône 17" 1/2 type IADC 121 ou 131 CVL
- Garniture : idem phase 24"

- Paramètre :

pooids sur l'outil : 8 - 15 T
vitesse de rotation : 90 - 110 t/mn
débit : 2500 à 3000 l/mn

- Boue :

Boue bentonitique simple de la phase précédente.
ajout de polymères et dilution à l'eau en fonction des besoins
densité inférieure à 1,12

En cas de pertes incolmatables, forage à l'eau claire avec injection de boue visqueuse aux ajouts de tige.

4.3. - Phase 12" 1/4 (400 - 1515 m)

- forage en 12" 1/4 de 400 à 420 m
- à 420 m exécution de la déviation à la turbine, à raison de 1,25°/10m jusqu'à l'obtention d'un angle de 18° et selon un azimut N 13 E (déclinaison magnétique 4° W)

- poursuite du forage en rotary avec un angle de 18° jusqu'au toit du Dogger (1465 m en vertical, 1515 m forés)
- mesures d'inclinaison et d'orientation périodiques au cable (single-shot)

- Outils :

tricone 12" 1/4 type IADC 121, 131, et 211 (CVL)
 type IADC 137, et 517 (JET)

121 - reforage ciment

131 - 211 - turboforage et forage dévié jusqu'au Purbeckien

137 - forage du Purbeckien au Kimméridgien

517 - forage du Sequanien au Callovien

- Garniture :

les garnitures ci-dessous sont données à titre indicatif - Elles pourraient être modifiées en fonction des impératifs de la déviation

- vertical : idem phase 17" 1/2
- turboforage : RB + turbine + BS 2,5° + KM + 6 DC 8" + 18 HW + DP 5"
- Build up rotary : RB + NB + KM 6" 1/2 + KM 8" + 3 DC 8" + ST + 6 DC 8" + 18 HW + DP 5"
- rotary stabilisé : RB + NB + KM 8" + ST + KM 8" + 3 DC 8" + ST + 6 DC 8" + 15 HW + FJ + coulisse + 5 HW + DP 5"

- Paramètres : Les paramètres ci-dessous sont donnés à titre indicatif et seront modifiés en fonction des impératifs de la déviation :

	!	POIDS	!	ROTATION	!	DEBIT
	!	(T)	!	(t/mn)	!	(l/mn)
	!		!		!	
vertical	!	8 - 15	!	90 - 110	!	2000
turboforage	!	5 - 8	!	TF	!	2000
build-up	!	15 - 20	!	70 - 90	!	1800 - 2000
stabilisé	!	15 - 20	!	80 - 100	!	2000

- Boue : boue aux polymères à support bentonitique, lubrifiée dans la phase déviée

densité : 1,10 maximum (< 1,08 à partir du Rauracien)

viscosité : 40 - 45 Marsh

filtrat : 8 maximum (< 6 pour le Rauracien-Sequanien)

4.4. - Phase 8" 1/2 (1515 - 1650 m)

- forage du réservoir en 8" 1/2 en déviation stabilisée à 18° de 1515 à 1650 m (1595 m vertical)

- mesures d'inclinaison et d'orientation en milieu et fin de phase

- Outils : tricône 8" 1/2 type IADC 211 CVL pour le reforage du matériel de cimentation et 137 JET pour le forage du réservoir

- Garniture :

garniture stabilisée du type :

RB + NB 8" 3/8 + KM + ST 8" 1/2 + KM + DC 6" 1/2 + ST 8" 1/2 + 11 DC + 13 HW + FJ + coulisse + 5 HW + DP 5"

- Paramètre :

Poids : 12 - 15 T

Rotation : 70 - 90 t/mn

Débit : 1600 - 1800 l/mn

- Boue :

boue aux polymères dégradable

densité requise (d 1,05) obtenue par ajout de sel

viscosité 45 Marsh

filtrat non contrôlé

V - PROGRAMME DE TUBAGE ET DE CIMENTATION

5.1. - Colonne 18" 5/8 (éventuel)

poids nominal : 87.5 lbs/ft
grade : K 55
filetage : Butress

longueur prévue : 120 m

poids (boue d: 1,10) : 13,4 T

Équipement : sabot à bille avec réceptacle pour innerstring

Vissage : par l'entreprise de forage

Cimentation : par innerstring
ciment CAP 55 (environ 20 T)
laitier de densité 1,75 à 1,80
volume théorique plus 30 % d'excès
injection et chasse à 800 l/mn
attente de prise de ciment : 18 h
cimentation complémentaire éventuelle à la toupie

5.2. - Colonne 13" 3/8

poids nominal : 54,5 lbs/ft
grade : K 55
filetage : API 8 rd STC

longueur prévue: 400 m

poids (boue d : 1,10) : 27,9 T

Équipement : sabot à bille avec réceptacle pour innerstring
10 centreurs droits 13" 3/8 x 17" 1/2

Vissage : serrage des tubes par clé hydraulique
couple de serrage recommandé : 5470 ft-lb (755 mkp)

Cimentation : par innerstring
ciment CAP 55 (environ 37 T)
laitier de densité 1,75 à 1,80
volume théorique plus 30 % d'excès
injection et chasse à 800 l/mn
attente de prise de ciment : 24 h
cimentation complémentaire éventuelle à la toupie

Note : si le forage s'est effectué en pertes totales, un volume d'eau de 10 m³ sera injecté avant la mise en place du laitier

5.3. - Colonne 9" 5/8

poids nominal : 40 lbs/ft
grade : K 55
filetage : VAM

longueur prévue : 1515 m

poids (boue d : 1,10) : 69.8 T

Equipement : sabot canal (filetage VAM ou Buttress)
anneau différentiel (" " ")
DV cementing collar (" " ")
10 centreurs positif
70 centreurs spiralés 9" 5/8 x 12" 1/4
2 ombrelles de cimentation
5 gratteurs
164 stop collars

Vissage : serrage des tubes au moyen d'une clé hydraulique
couple de serrage recommandé : 8000 ft-lb (1100 mkp)

Cimentation : cimentation de la colonne sur 2 des deux étages

la DV inférieure sera positionnée dans une zone favorable au toit du Kimméridgien ou à la base du Portlandien

1er étage (1515 - 930 m) :

ciment CPA 55 (environ 22 T)
laitier de densité 1,75
volume selon caliper
injection et chasse du laitier à 800 l/mn
ouverture de la DV et circulation 1/4 h toutes les heures
attente de prise de ciment pendant 8 heures

2ème étage (930 - 0 m) :

ciment CPA 55 (environ 33 T)
laitier allégé de densité 1,65 à 1,70 avec au maximum 6 % de bentonite préhydratée
volume selon caliper
injection et chasse à 800 l/mn
mise sous tension de la colonne à + 10 T

VI - PROGRAMME BOUE (Tableau récapitulatif sommaire)

PHASE	DENSITE	VISCOSITE	FILTRAT	TYPE DE BOUE
17" 1/2 (0 - 120) (24")	1,10 maxi	50 - 60	-	Bentonite ordinaire
17" 1/2 (120 - 400)	1,12 maxi	45 - 60	-	Bentonite avec dilution à l'eau et ajout polymère
12" 1/4 (400 - 1515)	1,10 maximum 1,08 maxi à partir du Rauracien	40 - 45	8 maximum 6 maxi à partir du Rauracien	Polymères lubrifiés
8" 1/2 (1515 - 1650)	1,05	45	N.C.	Polymères dégra- dables

VII - PROGRAMME DIAGRAPHIES

Les diagraphies suivantes seront exécutées au cours des opérations de forage :

- pour définir les corrélations géologiques
- pour préciser les paramètres géométriques et techniques du trou

7.1. - Avant le tubage 9 5/8 (400 - 1515 m)

- gamma ray (GR)
- double diamètreur avec intégrateur de volume (BGL)

7.2. - Après tubage 9" 5/8 (1515 - 0 m)

- cement bond log (CBL). Cette diagraphie pourra se faire en même temps que les diagraphies réservoir.

7.3. - Dans le réservoir (1650 - 1515 m)

- gamma ray (GR)
- densité des formations (FDC)

7.4. Essais

- voir programme spécifique d'essais

VIII - TETE DE PUIITS

1 - Phase 17" 1/2

Le tube guide (ID = 760 mm - EP 15 mm) mis en place par l'entreprise de Génie Civil sera surmonté par un tube fontaine fourni par l'entreprise de forage.

Prévoir un piquage 2" pour remplissage

Si le tubage 18" 5/8 est installé, il sera prolongé et équipé en tête d'un tube fontaine.

2 - Phase 12" 1/4 et 8" 1/2

- casing head 13" 5/8 - 3000 vissé sur la tête du tubage 13" 3/8 API
 - spacer 13" 5/8 - 3000
 - spool d'air lift 13" 5/8 - 3000 avec sortie latérale 8"
 - obturateur simple à mâchoires type Cameron QRC 12 - 3000 ou similaire
 - Hydril type GK 12 - 3000 ou similaire
 - tube fontaine 13" 3/8
- test sur BOP à 80 kg/cm²
- test des colonnes à 25 kg/cm²

PRODUITS DE DECOINCEMENT

1) Bouchons non alourdis

Diesel : Q.S.

Freepipe : 47 l/m³ (ou équivalent)

2) Bouchons alourdis (pour 1m³ fini) pour décoincement
----- (laisser 12 heures minimum)

<u>O/W ratio</u>	<u>Dens</u>	<u>Diesel</u> litres	<u>Kenol-S</u> litres	<u>Eau douce</u> litres	<u>Chaux</u> kg	<u>Freepipe</u> litres	<u>% baryte</u> kg
60/40	1.10	515	33	344	30	47	254
60/40	1.15	506	33	338	30	47	318
60/40	1.20	497	33	332	30	47	382
60/40	1.25	488	33	326	30	47	445
65/35	1.30	519	33	279	30	47	509
65/35	1.40	499	33	269	30	47	636
70/30	1.50	512	37	219	30	47	774
70/30	1.60	491	37	210	30	47	900
70/30	1.70	470	37	201	30	47	1028

On prévoira la fabrication de 10 - 15 m³ pour le puits

(produits indiqués ou leur équivalent ;
dépend de la société de boue)

SPACERS DE CIMENTATION

Assurent la séparation boue-laitier et un bon nettoyage de l'espace annulaire.

1) Volumes recommandés

7 m³ pour tubage 13 3/8

6 m³ pour tubage 9 5/8

Prévoir un total de 15 m³

2) Formule recommandée

flogel 7 à 8 kg/m³

ou Imcogel HV 4 à 5 kg/m³ (ou produit équivalent)

Baryte : Q.S.

Nota : le spacer doit avoir les caractéristiques suivantes :

d : 1,40 à 1,45 (moyenne entre d boue et d laitier)

YV mini : 25 (et supérieur d'environ 10 points à YV boue)

V : 60 (20 pts au dessus V boue ; moyenne entre V boue et V laitier)

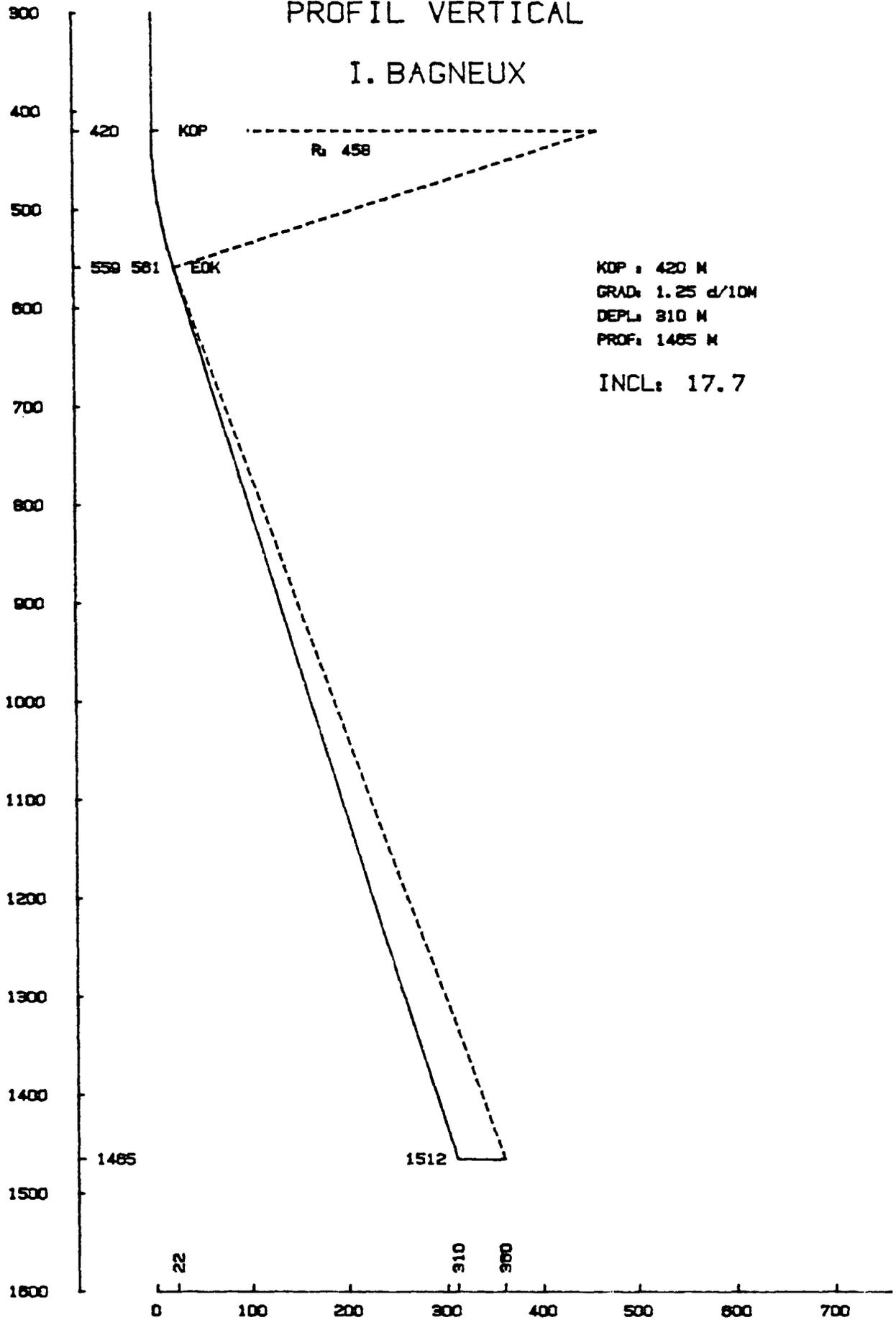
gel 0 : 8 maxi

gel 10 : 15 maxi

Une rhéologie sera faite sur le laitier avant chaque cimentation.

PROFIL VERTICAL

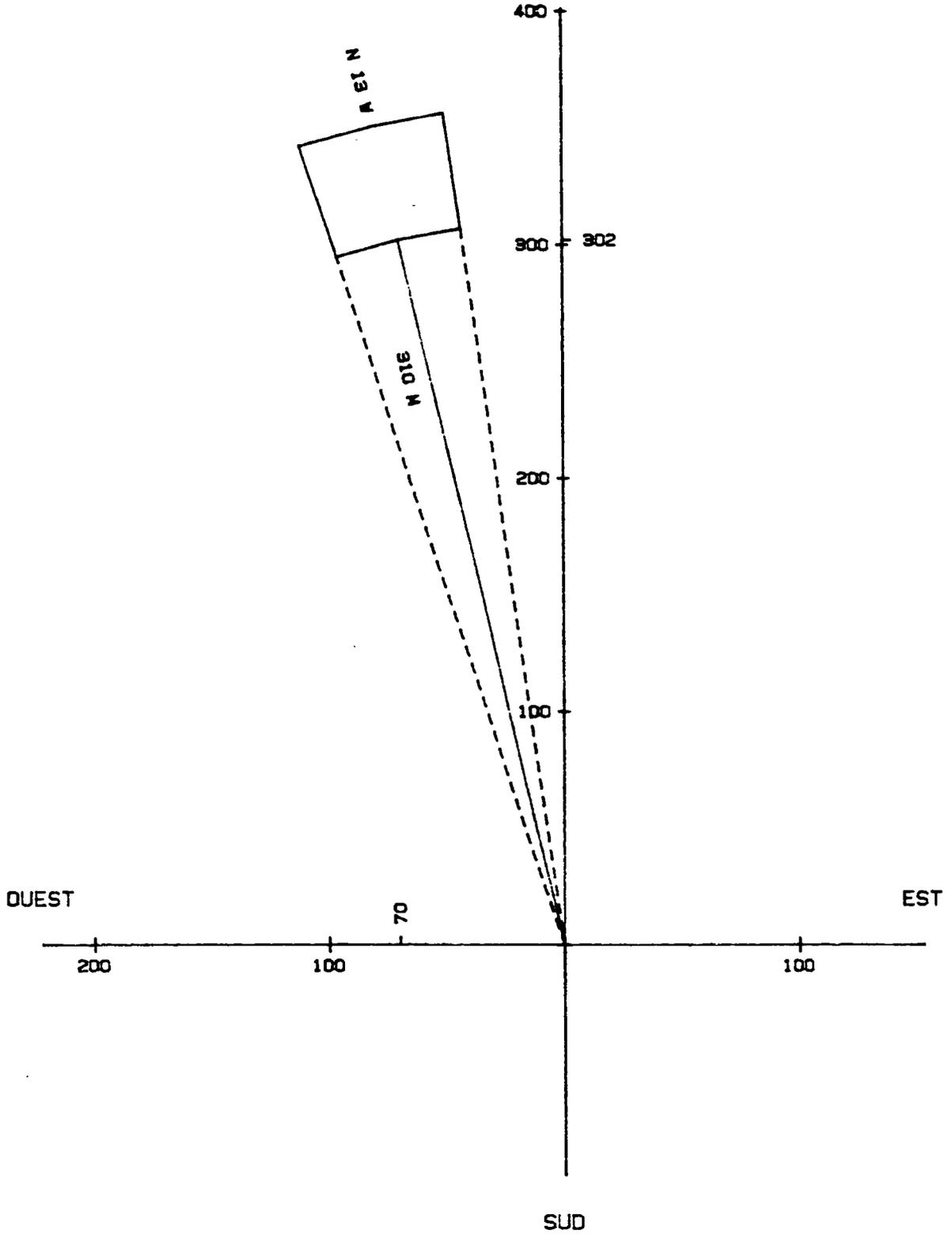
I. BAGNEUX



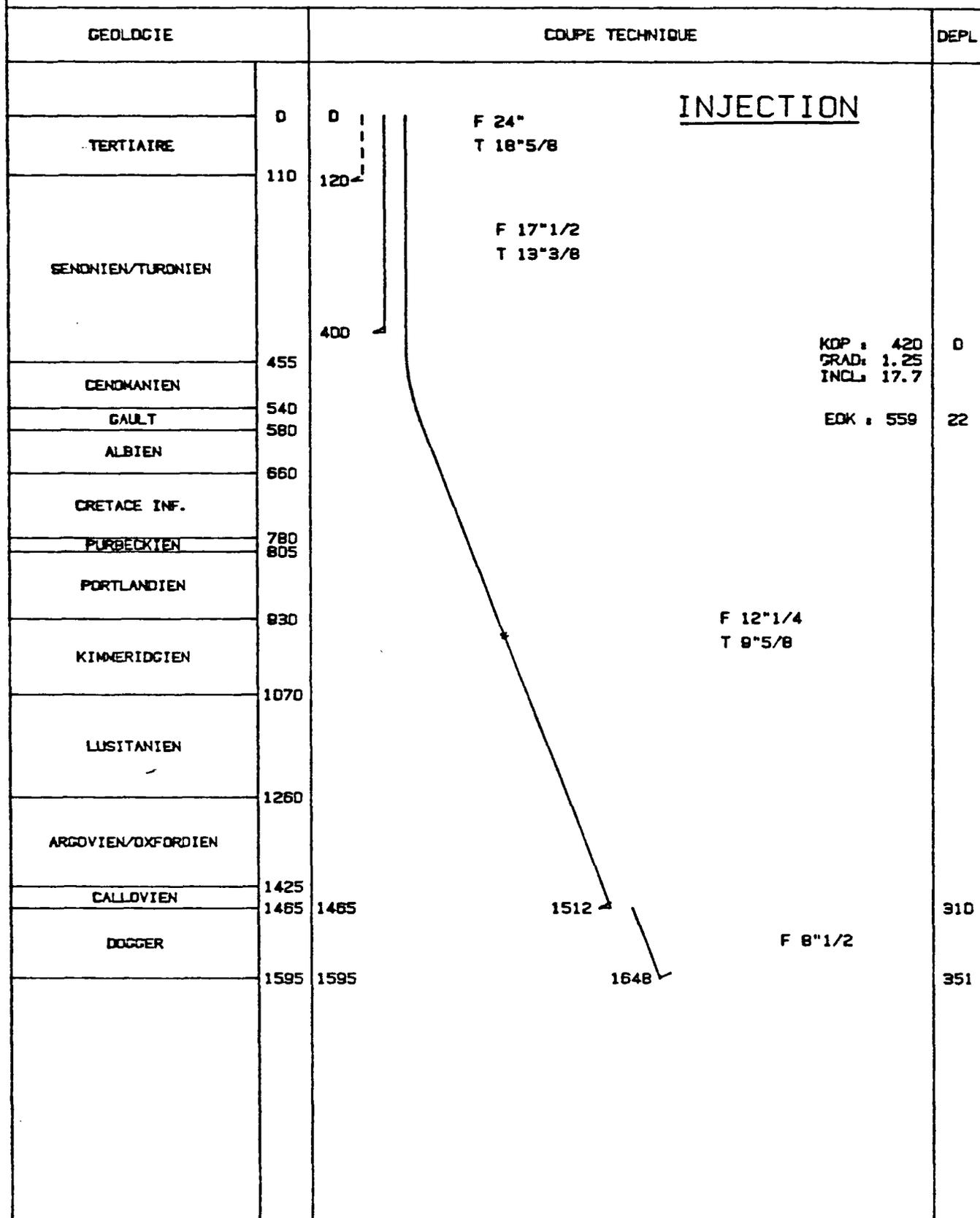
PROJECTION HORIZONTALE I. BAGNEUX

DEPLACEMENT 310 +50 M
AZIMUT N 13 W +-5 DEG
NORD

GEOGRAPHIQUE



PROGRAMME DE FORAGE BAGNEUX "LA FONTAINE"



- III -

ESTIMATION DETAILLEE DU LOT 1

DATE : 05/84

PROJET : BAGNEUX SUD-EST

HYPOTHESES GENERALES : 1 doublet 9"5/8 dévié

"LA FONTAINE"

OBJECTIF : DOGGER (1465 - 1595) prof. verticales

LOT 1sommés en milliers de francs
(H.T.)

		PRODUCTION	INJECTION
1	Plateforme + étude géotechnique	800	
	Remise en état	400	
2 A	Transport-Montage-Démontage	500	150
B	Forage (y compris insonorisation) 32 j (P) ; 28 J (I.)	1 500	1 320
3	Fuel	240	220
4	Têtes de puits (+ compensateur dilatation)	150	130
5	Tubages et équipements (+ clé)	1 450	1 350
6	Outils	300	300
7	Boue + Technicien	325	350
8	Cimentations + ciment	280	320
9	Diagraphies et analyses	350	350
10	Opérations de déviation	280	240
11	Complétion	-	-
12	Stimulation	35	35
13	Coupe du tubage	30	-
14	Test de formation	-	-
15	Matériel d'air lift	35	35
16	Eau - Téléphone	50	50
17	Electricité	p.m.	p.m.
18	Citernage-Vidange Traitement des bourbiers	300	300
20	Transports	50	50
21	Divers imprévus	100	100
27	Assurance globale chantier	200	150
	Sous-totaux	7 375	5 450
	TOTAL	12.825	
	Maîtrise d'oeuvre (9,15 % du coût d'objectif)	1.292	
	Coût d'objectif lot 1	14.117	

- IV -

PLANNING GENERAL DE L'OPERATION

PROGRAMME DETAILLE DU LOT 2

(plus têtes de puits)

- I -

DESCRIPTION DE LA BOUCLE GEOTHERMALE

TETES DE PUIITS DE PRODUCTION

La tête de puits de production sera comportée :

- d'une casing head 13 3/8 VAM par bride 13 5/8 3000 vissée sur le cuvelage 13 3/8. Cette casing head sera munie de deux sorties latérales 4" 300 RTJ permettant l'injection dans le puits de saumure, lors des opérations de contrôle de la pression artésienne du puits ;
- une bride de suspension de colonne de production 13 5/8 - 3000 ;
- un ensemble de deux robinets 8" 600 RTJ monobloc comportant un robinet supérieur à commande manuelle et un robinet inférieur à commande à distance ;
- deux robinets 4" 300 RTJ à commande manuelle montés sur les sorties latérales de la casing head ;
- un robinet 4" 300 RTJ à commande à distance monté en aval d'un des robinets 4" 300 RTJ à commande manuelle.

La tête de puits sera mise en place dans une cave prévue dans la dalle de forage, de dimensions (L x l x h) 2,5 x 2,5 x 4.

CANALISATION BASSE PRESSION

La canalisation basse pression reliant la tête de puits de production au local technique sera composée :

- d'une conduite DN 200 PN 16 en acier Z2 CND 17-12 installée en droite ligne entre la tête de puits et le local. La conduite sera munie de 3 soufflets à simple articulation permettant la reprise des dilatations thermiques de la conduite et des tubes de cuvelage. La conduite sera ancrée en un point fixe situé à proximité du local technique ;
- d'un dispositif de purge de gaz contenu dans la conduite ;
- d'un dispositif de guidage vertical de la tête de puits de production.

GROUPE DE POMPAGE D'EXHAURE

Le groupe de pompage d'exhaure sera composé d'un groupe moto-pompe immergé installé dans le puits de production et d'un dispositif de variation de vitesse mis en place dans le local technique.

Le groupe moto-pompe immergé sera composé de :

- un moteur submersible 300 kW 2000 V 50 Hz, 3 phases remplies d'huile ;
- une pompe immergée 210 m de HMT à 200 m³/h ;
- une colonne de production en acier revêtue de latex naturel pur DN 175 ;
- un câble électrique submersible (3 x 107 mm² de section cuivre, isolation 2000 V) ;
- un capteur de pression.

Le dispositif de variation de fréquence comprendra :

- un variateur de fréquence (10 à 50 Hz, 380 V, 3 phases (CSI ou VSI) ;
- une inductance de lissage ;
- un transformateur élévateur de tension 380 - 2000 ;
- une boîte de connexion.

GROUPE DE POMPAGE DE REINJECTION

Le groupe de pompage de réinjection sera composé de :

- une pompe 240 m de HMT à 200 m³/h ;
- un moteur électrique 300 kW, 380 V, 50 Hz, IP 55 ;
- un clapet anti - retour ;
- un by-pass ;
- un variateur de fréquence (3 à 50 Hz, 380 V, 3 phases (CSI ou VSI).

CANALISATION HAUTE PRESSION

La canalisation haute pression reliant la tête de puits de réinjection au local technique sera composée :

- d'une conduite DN 200 PN 40 en acier Z2 CND 17-12 installée en droite ligne entre la tête de puits et le local. La conduite sera munie de 3 soufflets à simple articulation permettant la reprise des dilatations thermiques de la conduite et des tubes de cuvelage. La conduite sera ancrée en un point fixe situé à proximité du local technique ;
- d'un dispositif de purge de gaz contenu dans la conduite ;
- d'un dispositif de guidage vertical de la tête de puits de réinjection.

TETE DE PUIITS DE REINJECTION

La tête de puits de réinjection sera composée de :

- d'une casing head 13 3/8 API par bride 13 5/8 3000 vissée sur le cuvelage 13 3/8. Cette casing head sera munie d'une sortie latérale 2" 600 RTJ permettant la vérification de l'annulaire 13 3/8 - 9 5/8 ;
- un ensemble de deux robinets 8" 600 RTJ monobloc comportant un robinet inférieur à commande manuelle et un robinet inférieur à commande à distance ;
- un robinet 2" 600 RTJ à commande manuelle monté sur la sortie latérale de la casing head ;

La tête de puits sera mise en place dans une cave prévue dans la dalle de forage, de dimensions (L x l x h) 2,5 x 2,5 x 4.

SYSTEME DE COMMANDE ET REGULATION

Le système de commande et régulation des groupes de pompage agira sur les variateurs de fréquence. Il assurera un démarrage et un arrêt lent des groupes (sauf en cas de coupure du réseau) la mise en oeuvre et le contrôle des procédures de démarrage et d'arrêt, la mise en oeuvre et le contrôle des dispositifs de régulation.

Pour cela, il sera composé de :

- un dispositif réalisant le démarrage et l'arrêt lent des groupes de pompage suivant des lois à définir ;
- un dispositif permettant de maintenir un débit donné dans la boucle géothermale ;
- une mémoire contenant les valeurs des fréquences et intensité des moteurs, les pressions de réinjection calculées en fonction du débit (avec leurs limites hautes et basses) ;
- un dispositif arrêtant la boucle en cas de non respect de ces valeurs ;
- un dispositif de redémarrage de la boucle après coupure du réseau. Le dispositif enregistrera les valeurs de la fréquence de la pompe de production et du débit avant la coupure et ne démarrera la pompe de production à cette fréquence. Dès que la pression sera rétablie dans la canalisation basse pression, il démarrera la pompe de réinjection à la fréquence nécessaire au décollement du clapet anti-retour ;
- un dispositif de fermeture et d'ouverture des robinets à commande à distance situés en tête de puits ;
- un débitmètre électromagnétique, des prises de température et de pression ;
- un enregistrement des débits, pression et température.

- II -

ESTIMATION DETAILLEE DU LOT 2

DATE : 05/84

PROJET : BAGNEUX SUD-EST "LA FONTAINE"

LÔT 2Sommes en milliers de francs

(H.T.)

- <u>Pompe de production</u>	
Cable d'alimentation du moteur immergé	
Colonne de production	
Variateur de fréquence	
Installation	
Raccordements électriques (à l'armoire d'alimentation du local)	
Raccordements hydrauliques	2.100
- <u>Pompe d'injection</u>	
Variateur de fréquence	
Raccordements électriques (à l'armoire d'alimentation du local)	
Raccordements hydrauliques	900
- Vannes (2) de fermeture automatique des puits, commandée à distance	100
- Régulation, éléments de sécurité, de contrôle et de mesures	250
	<hr/>
TOTAL	3.350 kF (valeur 05/84)

REMARQUE : A la date d'établissement de ce devis, le local technique était prévu à proximité immédiate des têtes de puits.

Sa localisation près de la rue Blaise Pascal entraînera un surcoût par augmentation des longueurs de raccordement local technique - têtes puits - pompes.

ANNEXE 1

RECONNAISSANCE GEOTECHNIQUE DU SITE DE FORAGE

SOMMAIRE

	Pages
1 - OBJET DE L'ETUDE	1
2 - CONTEXTE GEOLOGIQUE - CARRIERES SOUTERRAINES	2
3 - TRAVAUX DE RECONNAISSANCE	3
4 - RESULTATS DE LA RECONNAISSANCE	4
4.1. - Coupe des terrains superficiels	4
4.2. - Essais de pénétration dynamique	4
4.3. - Sondages destructifs	5
4.4. - Essais de laboratoire	5
5 - SOLUTIONS PROPOSEES	8
5.1. - Tubes-guides des forages géothermiques	8
5.2. - Dalle en béton	8
5.3. - Plate-forme	9
5.4. - Bacs de décantation	10
6 - CONCLUSIONS	11

LISTE DES ANNEXES

- ANNEXE 1 : PLANS DE SITUATION ET D'IMPLANTATION
- ANNEXE 2 : EXTRAIT DE LA CARTE DES CARRIERES
- ANNEXE 3 : COUPE INTERPRETATIVE DES TERRAINS
- ANNEXE 4 : SONDAGE CAROTTE SC1
- ANNEXE 5 : PENETROMETRES DYNAMIQUES PD1 A PD3
- ANNEXE 6 : COUPE DES PUIIS PR1 A PR4
- ANNEXE 7 : ESSAIS DE LABORATOIRE

PLAN HORS TEXTE : VILLE DE BAGNEUX - PLATE-FORME GEOTHERMIQUE -
RECONNAISSANCE GEOTECHNIQUE - SONDAGES DES-
TRUCTIFS

1 - OBJET DE L'ETUDE

Le département Génie géologique du BRGM a réalisé la reconnaissance géotechnique des sols de fondation de la future plate-forme de forage géothermique de la ville de BAGNEUX.

La plate-forme, qui sera aménagée pour la réalisation d'un doublet de forages géothermique, comportera :

- une aire de circulation et de stockage de 80 m x 100 m environ pouvant supporter un trafic normal de chantier de courte durée (5 semaines environ). A l'époque de la présente reconnaissance (mai 1984), l'implantation de la plate-forme n'était pas encore fixée ;
- une dalle en béton armé, de 30 m x 20 m environ, servant de support aux installations de forage ;
- des bacs de décantation (bourbier) ;
- une rampe d'accès.

La reconnaissance géotechnique proposée pour le site retenu le long de la rue Blaise Pascal à Bagnaux devait fournir les éléments suivants :

- qualité des consolidations de carrières souterraines abandonnées. En effet, ce site ayant fait l'objet de travaux de consolidation, il s'agit de vérifier qu'il ne subsiste pas des vides au droit de la dalle en béton ;
- reconnaissance des sols de fondation de la plate-forme ;
- indications pour la conduite des premières opérations de forage géothermique, tel que le fonçage du tube-guide ;
- portance des formations superficielles et indication de leur hétérogénéité pour le dimensionnement de la dalle ;

- caractéristiques des sols de déblais pour leur réemploi en remblai ;
- recommandations pour l'excavation des bacs de décantation.

2 - CONTEXTE GEOLOGIQUE - CARRIERES SOUTERRAINES

Le plan de situation en annexe I permet de situer le terrain choisi pour l'installation de la plate-forme géothermique. Il se trouve le long de la rue Blaise Pascal, côté ouest, à la hauteur du n° 35. Il s'agit d'un terrain de déclivité moyenne, 10 % environ s'étendant en une bande d'une largeur de 90 m le long de la rue.

La géologie prévisionnelle du site est connue grâce à l'Atlas des carrières souterraines et à la coupe d'un sondage de reconnaissance proche du lieu étudié. Les terrains que l'on s'attend à rencontrer sont constitués par :

- des limons de surface,
- des marnes infra-gypseuses et différentes masses de gypses,
- des marnes et caillasses,
- le calcaire grossier.

On connaît dans le secteur du site d'anciennes carrières souterraines remblayées et consolidées, mais où pourraient subsister des vides pouvant atteindre plus de 4 mètres de hauteur et jusqu'à 40 mètres de profondeur, et dont certaines ont conduit par le passé à des fontis venus à jour et remblayés depuis (voir extrait de la carte annexe II).

Le risque de rencontrer des vides sous la future plate-forme est faible, d'autant plus que des travaux de consolidation ont été menés par la ville.

Néanmoins, une telle éventualité pouvant entraîner des perturbations au chantier de forage, il était impératif de s'assurer qu'aucun vide ne subsiste.

3 - TRAVAUX DE RECONNAISSANCE

Le contexte particulier de ce secteur d'anciennes exploitations à ciel ouvert et en souterrain, a orienté la campagne géotechnique de reconnaissance selon les axes suivants (voir annexe II - implantation des reconnaissances) :

- Sondage carotté : un sondage SC de 50 m de profondeur pour traverser complètement les masses de gypse et pénétrer dans le calcaire grossier. Il est implanté au droit de l'un des forages géothermiques ce qui permet de donner des indications sur le tube-guide.
- Sondages destructifs : 5 sondages SD1 à SD5 de 50 m de profondeur, avec enregistrement des temps d'avancement de l'outil de forage par unité de longueur. L'un des sondages, SD1 est implanté sur le second forage du doublet, les autres étant répartis au pourtour de la future dalle en béton. Ils ont pour but de détecter les vides et les passages décomprimés.
- Pénétromètres dynamiques : 3 sondages PD1 à PD3 descendus jusqu'au refus, ou au maximum vers 10 mètres de profondeur, afin d'estimer la portance des sols et leur hétérogénéité.
- Puits à la pelle : 4 puits de reconnaissance, PR1 à PR4, excavés à la pelle mécanique jusqu'à une profondeur de l'ordre de 5 mètres, avec prélèvements d'échantillons de sol et observation de la nappe.

Ces reconnaissances *in situ* sont complétées d'essais géotechniques en laboratoire de types suivants :

- . essais d'identification et teneur en eau naturelle,
- . essais de cisaillement à la boîte de Casagrande,
- . essais de compressibilité à l'oedomètre,
- . essais de compactage et d'écrasement CBR.

Les coupes du sondage carotté et des puits à la pelle, les diagrammes de pénétration dynamique et les résultats des essais de laboratoire sont fournis en annexes IV à VII.

Les diagrammes des sondages destructifs sont reproduits sur un plan hors-texte.

4 - RESULTATS DE LA RECONNAISSANCE

4.1. - COUPE DES TERRAINS SUPERFICIELS

Les terrains superficiels intéressant le terrassement de la plate-forme en déblai et l'assise de la dalle en béton ont été schématiquement représentés sur une coupe interprétative dans le sens de la plus grande pente du terrain, à partir des données des fouilles à la pelle et du sondage carotté (annexe III).

La couverture des sols est constituée de remblais hétérogènes, de caractère plutôt argileux (PR1 sur 1,10 m, PR3 sur plus de 3,00 m...) provenant de travaux de terrassement anciens, de comblement de carrière....

Ces remblais sont peu compacts comme en attestent les vitesses d'avancement rapide en sondage destructif (voir 4.3.) et les faibles résistances à la pénétration dynamique (voir 4.2.). On verra également que la densité apparente de ces remblais est faible en regard de leur densité maximale obtenue au compactage.

Sous les remblais, à des profondeurs variables et difficilement déterminables de par leur ressemblance avec les sols en place, on rencontre des limons sableux, puis après quelques mètres, vers 10 mètres de profondeur dans le sondage carotté et dès 3 mètres dans le puits PR2, on atteint les formations marneuses et gypseuses.

Ces marnes s'indurent et alternent progressivement avec des bancs calcaires à partir de 20 mètres de profondeur. Les passages de gypse disparaissent au-delà de 45 mètres et l'on atteint alors probablement la formation du calcaire grossier.

L'eau n'a pas été rencontrée dans les puits à la pelle jusqu'à 5 m de profondeur.

4.2. - ESSAIS DE PENETRATION DYNAMIQUE

Les sondages au pénétromètre dynamique ont atteint le refus entre 11 et 13 mètres de profondeur, sur les marnes qui contiennent des rognons calcaires. En tête, les diagrammes sont très dispersés, ce qui s'explique par la traversée des remblais hétérogènes. On peut retenir une résistance dynamique de 10 à 30 bars jusqu'à 5 mètres de profondeur, se stabilisant ensuite aux alentours de 30 - 40 bars avant d'atteindre brutalement le refus.

4.3. - SONDAGES DESTRUCTIFS

La première conclusion que l'on peut tirer des diagrammes d'avancement est qu'aucune cavité franche n'a été rencontrée sur les cinq sondages, jusqu'à 50m de profondeur.

Un examen plus détaillé de ces diagrammes est riche d'enseignement :

- sur les cinq sondages, les vitesses d'avancement diminuent très nettement en-dessous de 20 mètres de profondeur en moyenne ;
- les remblais de surface sont peu compacts et hétérogènes sur une épaisseur de 3 à 5 mètres schématiquement.

On relève cependant certaines singularités :

- passages très décomprimés sur les sondages suivants :

SD5	de 9 à 10 m	et de 12 à 20 m
SD4	de 4 à 12 m	
SD3	bien marqué de 15 à 18 m	
SD2	de 7 à 8 m	
SD1	de 15 à 18 m	et de 36 à 38 m.

Cependant, aucun de ces passages décomprimés n'est un vide franc, si l'on se réfère par comparaison aux vitesses de l'outil en chute libre qui sont obtenues lors de "tests de chutes libres" en fond de forage à diverses profondeurs.

4.4. - ESSAIS DE LABORATOIRE

Le tableau ci-après rassemble les résultats d'essais obtenus sur les 3 échantillons prélevés dans les fouilles à la pelle mécanique.

Il s'agit d'argile, parfois crayeuse, moyennement plastique (IP de 15 à 29) dont le pourcentage de fines <80 μ est peu élevé (63 à 86) à cause des inclusions calcaires et de la présence de sable. Leur classification LCPC est At (échantillon PR1) - Ap (échantillon PR4).

	Limites d'Atterberg				Essai Proctor modifié		Granulométrie			Essai de cisaillement rectiligne	
	WL	IP	γ_d	W	γ_d max.	W opt.	< 5 mm %	< 0,4 mm %	< 80 μ %	C	ϕ
PR 1 0,50 - 1,00 m <i>Argile ocre à brune à poches crayeuses</i>	54,5	29			1,87	12,8	83	76	63		
					C B R après 4 jours d'immersion 55 coups CBR = 2 25 coups CBR = 1,5 10 coups CBR = 1						
PR 3 0,70 m <i>Argile, marnes, remblais nodules calcaires et poches crayeuses</i>			1,52 1,62 1,56 1,59 1,62	28,5 26,2 26 24,2 31,5 25,6						0,52	0°
PR 4 2,70 m	33	15	1,43 1,38 1,45 1,36 1,33	18,1 17,7 21 18,3 21 19,7			98	94	86	0,30	20°

D'un point de vue réemploi en remblai, ces argiles se classent en catégorie A₂ pour le moins plastique des échantillons (PR4) et en catégorie A₃ pour le plus plastique (PR1).

On devra donc s'attendre à des difficultés de mise en oeuvre, d'autant plus que leur teneur en eau naturelle (en mai 1984) était très supérieure, plus de 10 %, à la teneur en eau optimale de compactage.

Les caractéristiques du Proctor modifié de l'échantillon le plus plastique sont :

$$\gamma_d \text{ optim} = 1,87$$

$$\omega_{\text{optim}} = 12,8 \%$$

la densité optimale obtenue n'est pas bonne. Quant au CBR après imbibition, il très faible (CBR = 1 à 2).

Les caractéristiques de frottement, non drainées, sont également faibles

$$C_u = 0,3 \text{ bar} \quad \text{et} \quad \phi_u = 20^\circ \quad \text{pour l'échantillon le moins plastique PR4}$$

$$C_u = 0,52 \text{ bar} \quad \text{et} \quad \phi_u = 0^\circ \quad \text{pour l'échantillon intermédiaire PR3.}$$

Enfin, les caractéristiques de compressibilité mesurées à l'oedomètre indiquent des sols compressibles :

$$C_c = 0,145 \quad \text{échantillon PR3}$$

$$C_c = 0,185 \quad \text{échantillon PR4.}$$

Ces argiles ne sont pas sensibles au gonflement ($C_g = 0,059$ et $0,015$ respectivement pour ces deux échantillons).

5 - SOLUTIONS PROPOSEES

5.1. - TUBES-GUIDES DES FORAGES GEOTHERMIQUES

La cote d'ancrage des tubes-guides sera fixée en dessous des terrains décomprimés, soit en dessous de 20 mètres de profondeur, qui correspond à une marne calcareuse dans le sondage carotté (premier forage du doublet) et à une vitesse d'avancement inférieure à 10 m/h environ sur le sondage destructif SD1 (second forage du doublet).

Au-delà de 20 mètres de profondeur, on ne doit s'attendre à aucun vide franc, d'après les diagrammes de sondage destructif. Cette conclusion n'est évidemment valable que sur la zone effectivement reconnue par les sondages et elle suppose donc aucun déplacement ultérieur de la position de la dalle de forage.

5.2. - DALLE EN BETON

Les remblais de surface sont compressibles et hétérogènes et de ce fait impropres à la fondation de la dalle en béton.

Le terrassement en déblai de la plate-forme permettra dans une certaine mesure d'abaisser le niveau de fondation de la dalle. Cependant, il faudrait atteindre une profondeur de 2 mètres au moins pour s'affranchir des remblais les plus mauvais.

Dans le cas où cette profondeur ne serait pas atteinte, il conviendrait de fonder la dalle sur une couche de substitution du terrain naturel, de 0,50 m d'épaisseur. Cette couche de forme sera constituée d'un tout-venant gravelo-sableux dont les plus gros éléments seront inférieurs à 100 mm et mise en place en une seule couche. Le compactage de cette couche devra permettre d'atteindre une densité au moins égale à 95 % de la densité sèche de l'optimum Proctor Modifié du matériau considéré.

Une couche de base en matériau concassé sera interposée entre la couche de forme et le béton de la dalle.

Le dimensionnement de la dalle sera fait à partir d'un calcul sur appui élastique, en prenant un coefficient de réaction correspondant à une argile moyennement compacte :

$$k = 2 \text{ kg/cm}^3$$

Les tassements que l'on pourrait craindre du fait de ces remblais argileux et compressibles, seront en réalité réduits grâce à la présence de niveaux de limon sableux à partir de 4 mètres de profondeur en moyenne.

5.3. - PLATE-FORME

Le dégagement d'une surface horizontale de 80 m de largeur au minimum nécessite le terrassement du terrain en déblai ou avec une solution mixte, en déblai - remblai. Cette dernière technique plus avantageuse présente néanmoins des sujétions de réemploi des sols en remblai, à cause de leur nature argileuse et de leur teneur en eau élevée.

La hauteur de terrassement en déblai seule atteint 7 mètres approximativement, alors qu'elle peut être réduite à 4 mètres en solution mixte.

En déblai, les talus seront pentés à 1,5 : 1

En remblai, les talus seront réglés à 2 : 1.

Pour le compactage des remblais et de l'assise de la dalle, un contrôle de densité *in situ* sera nécessaire.

Les prescriptions suivantes seront appliquées :

- teneur en eau naturelle inférieure à $W_{opt} + 4$.

On s'abstiendra donc de mettre en oeuvre les remblais par temps de pluie donc de préférence en été, et on fera diminuer l'excès de teneur en eau par tous moyens d'aération et d'évaporation ou par un traitement à la chaux ;

- compactage par couches minces, d'épaisseur inférieure à 30 cm ;

- utilisation d'engins : on se référera aux "Recommandations pour les tassements routiers" du SETRA, fascicule 3, qui donne les types d'engins à utiliser.

Pour un matériau argileux de type A3 mis en oeuvre en couche mince, les rouleaux à pieds dameurs non vibrants sont les plus adaptés.

- densité sèche requise : 90 % de l'OPM sur la plate-forme et 95 % sous la dalle.

Le contrôle en fin de réglage de la plate-forme portera sur les densités obtenues (densitomètre ou nucléodensimètre) et sur le module de réaction à la plaque (essai de chargement sous camion).

Il conviendra de mettre en place une couche de base pour les circulations de chantier et le stockage du matériel, de 20 cm d'épaisseur. Elle sera constituée d'une grave sableuse non plastique, dont les plus gros éléments seront inférieurs à 80 mm et compactée de manière à obtenir au moins 98 % de la densité de l'optimum Proctor Modifié.

Enfin, le drainage périphérique de la plate-forme sera assuré par un fossé au pied du talus de déblai.

5.4. - BACS DE DECANTATION

On limitera les travaux de terrassement des bacs en réalisant des profils mixtes déblai-remblai. La constitution des remblais sera conforme aux prescriptions du paragraphe précédent 5.3. Les parois des bacs seront revêtues de membranes étanches.

6 - CONCLUSIONS

Les sols de fondation de la plate-forme géothermique de Bagneux sont constitués de remblais pouvant atteindre 4 mètres d'épaisseur. Ils surmontent des limons sableux puis des marnes gypseuses.

La formation du calcaire grossier est probablement atteinte vers 45 m de profondeur.

Les sondages destructifs ont permis d'écarter tout risque de vide d'ancienne carrière souterraine de gypse au droit de la future dalle en béton.

La plate-forme pourra être terrassée en déblai/remblai moyennant un contrôle du compactage et de la qualité du sol fini. Elle sera constituée d'une couche de 20 cm de grave compactée.

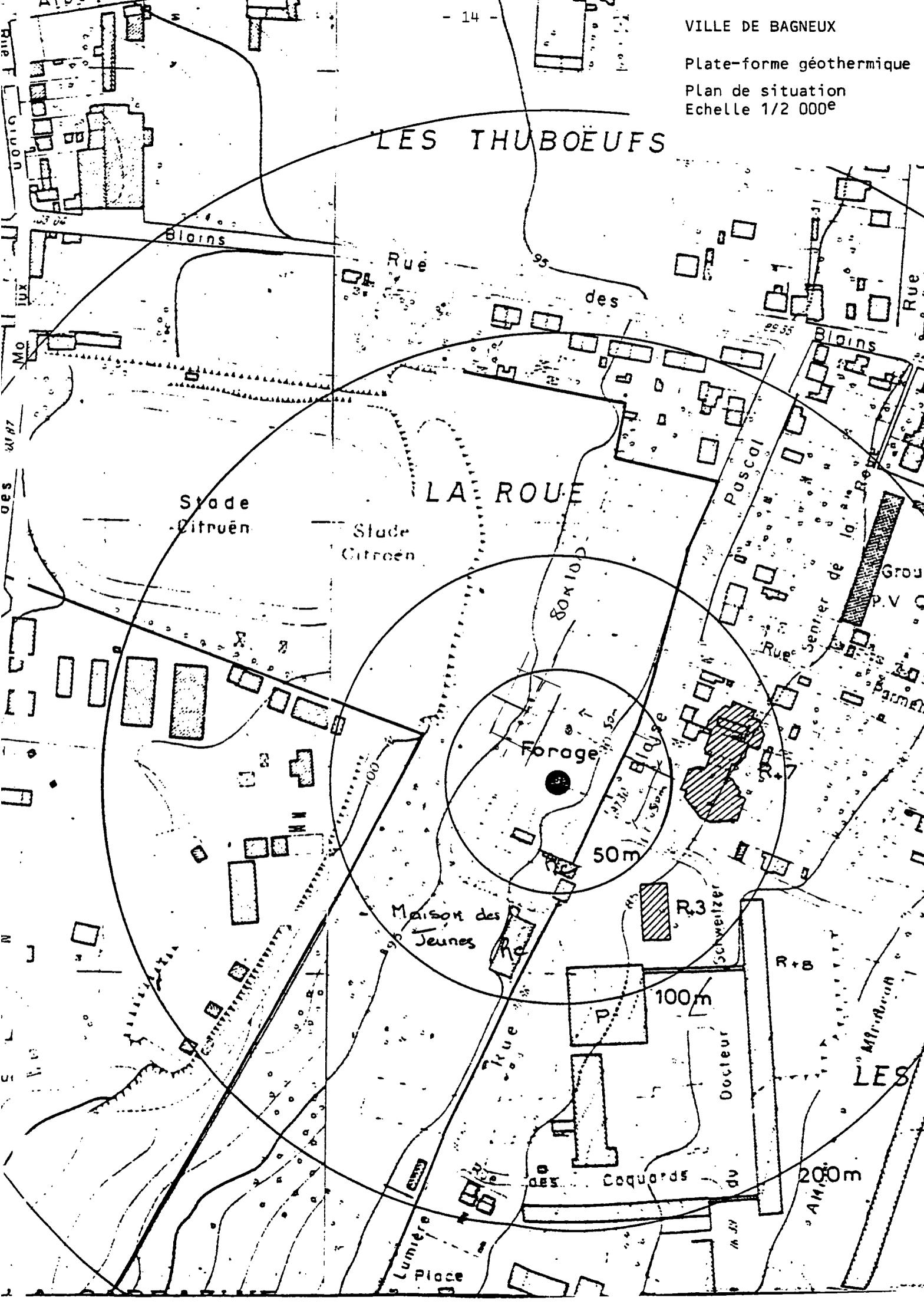
Sous la dalle en béton, on interposera une couche de 30 cm de grave compactée.

Les bacs de décantation seront édifiés en déblai/remblai et recouverts d'une membrane étanche.

Les présentes recommandations et conclusions sont valables pour le site étudié et ne sauraient être extrapolées de part et d'autre de l'implantation des sondages à cause du risque d'hétérogénéité locale ou de cavités souterraines mal comblées.

ANNEXE 1

PLANS DE SITUATION ET D'IMPLANTATION



LES THUBOEUF

LA ROUE

Blains

Stade Citroën

Stade Citroën

Forage

50m

Maison des Jeunes

R3

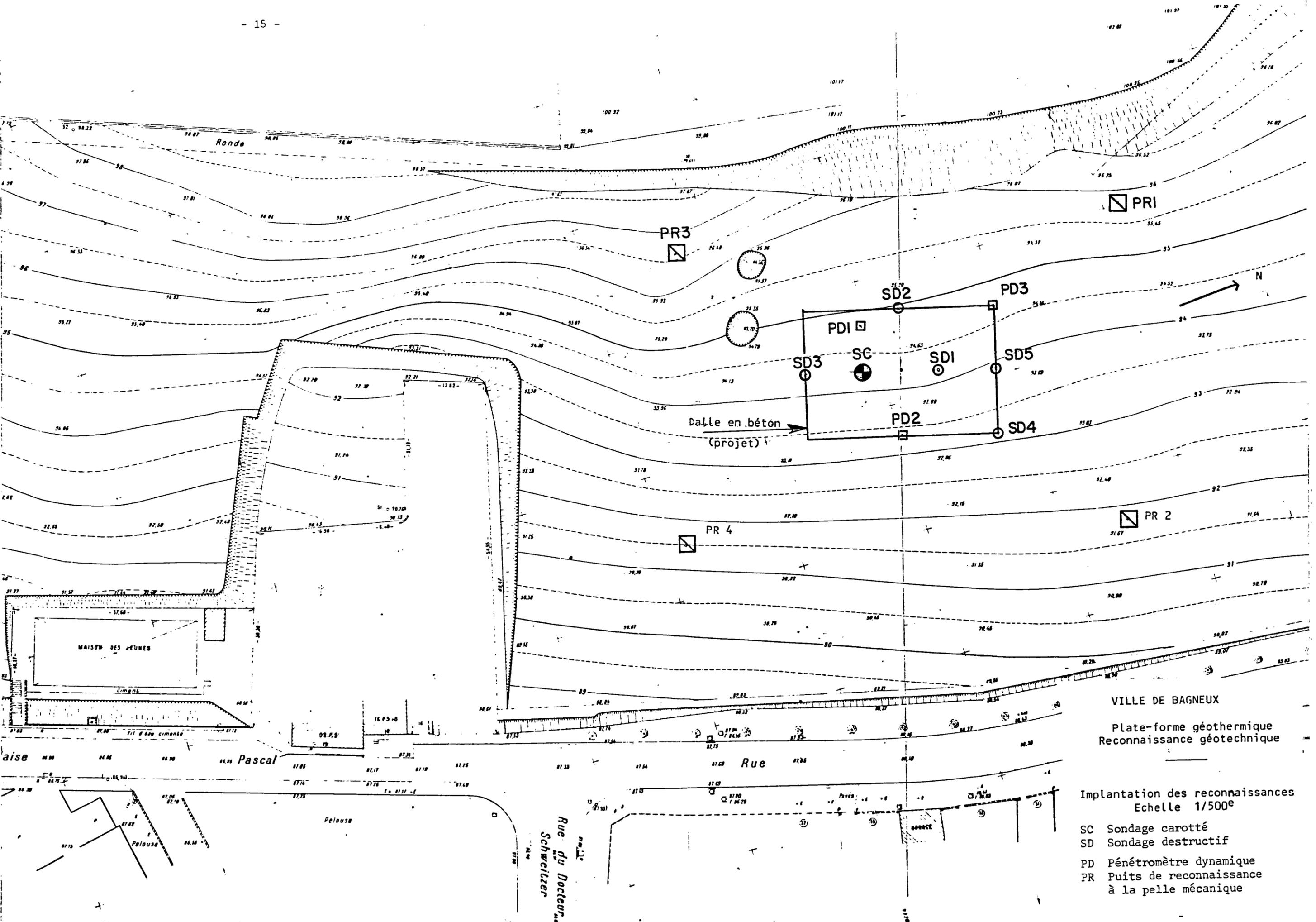
100m

Docteur

Coquard

200m

LES



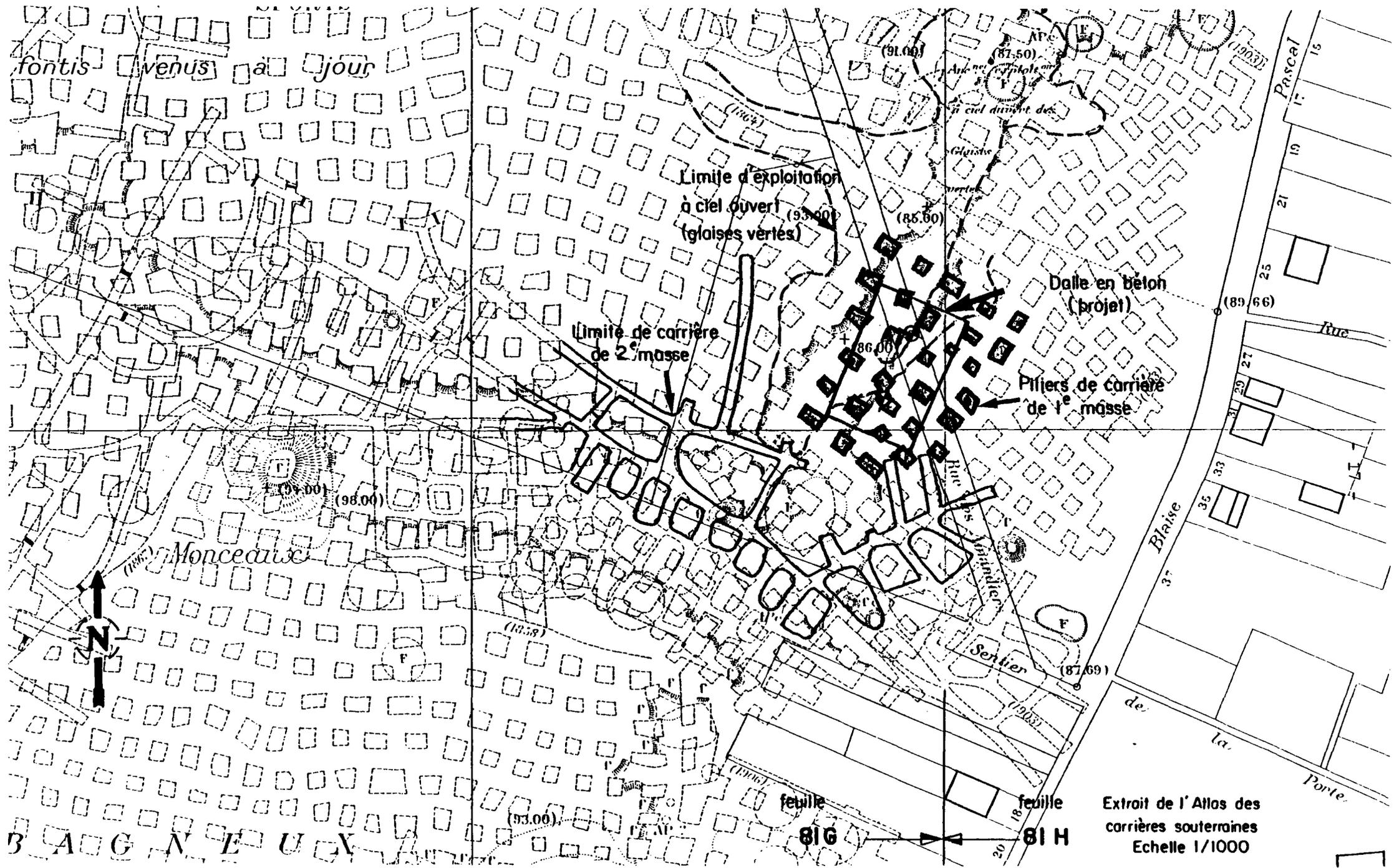
VILLE DE BAGNEUX
 Plate-forme géothermique
 Reconnaissance géotechnique

Implantation des reconnaissances
 Echelle 1/500^e

- SC Sondage carotté
- SD Sondage destructif
- PD Pénétrömètre dynamique
- PR Puits de reconnaissance à la pelle mécanique

ANNEXE 2

EXTRAIT DE LA CARTE DES CARRIERES



VILLE DE BAGNEUX : PLATE-FORME GEOTHERMIQUE, RECONNAISSANCES GEOTECHNIQUES

ANNEXE 3

COUPE INTERPRETATIVE DES TERRAINS

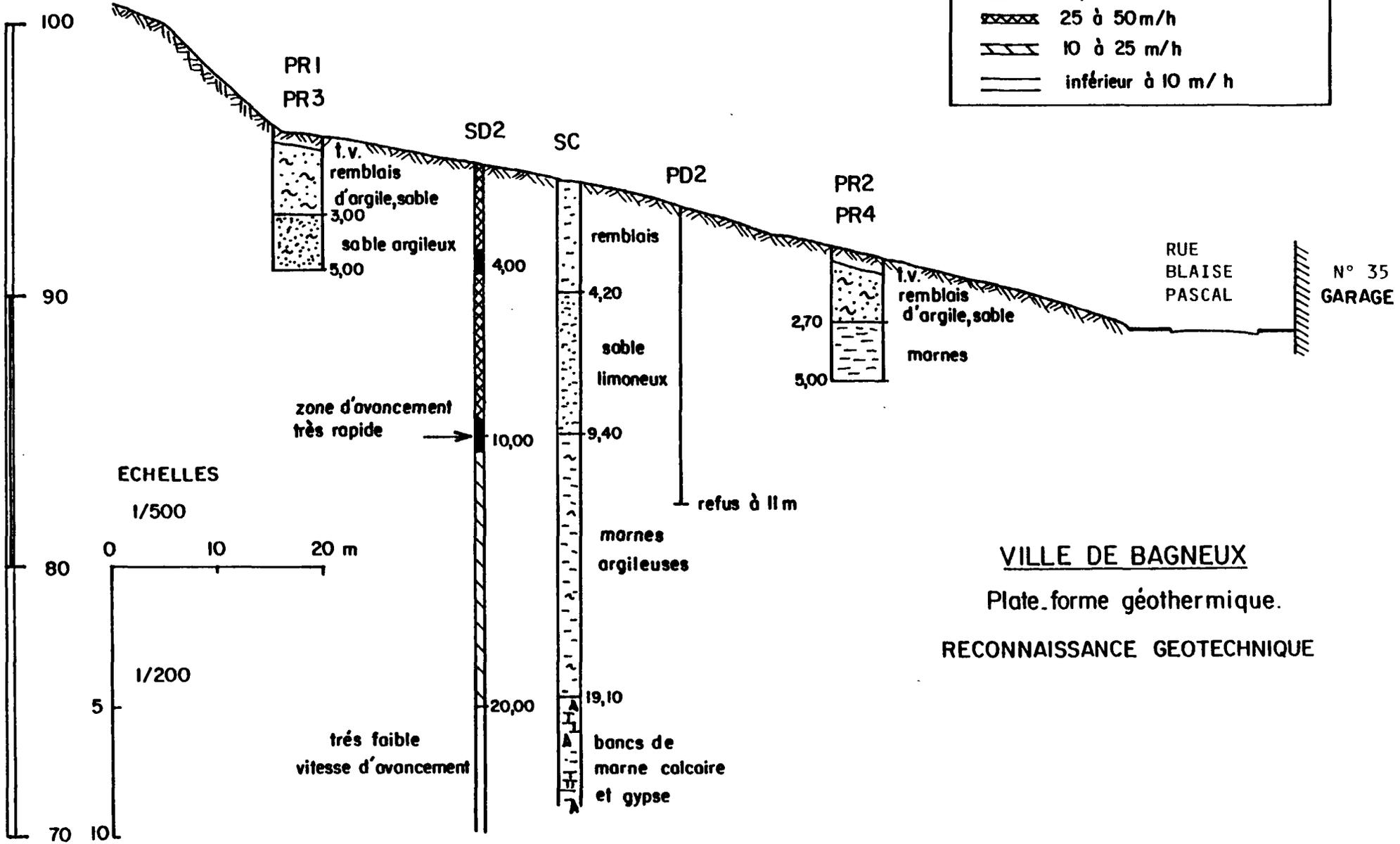
OUEST

Coupe interprétative des terrains

Sondage destructif :
vitesse d'avancement (valeurs moyennes)

-  supérieur à 50 m/h
-  25 à 50 m/h
-  10 à 25 m/h
-  inférieur à 10 m/h

EST



VILLE DE BAGNEUX
Plate-forme géothermique.
RECONNAISSANCE GEOTECHNIQUE

ANNEXE 4

SONDAGE CAROTTE SCI

ANNEXE 5

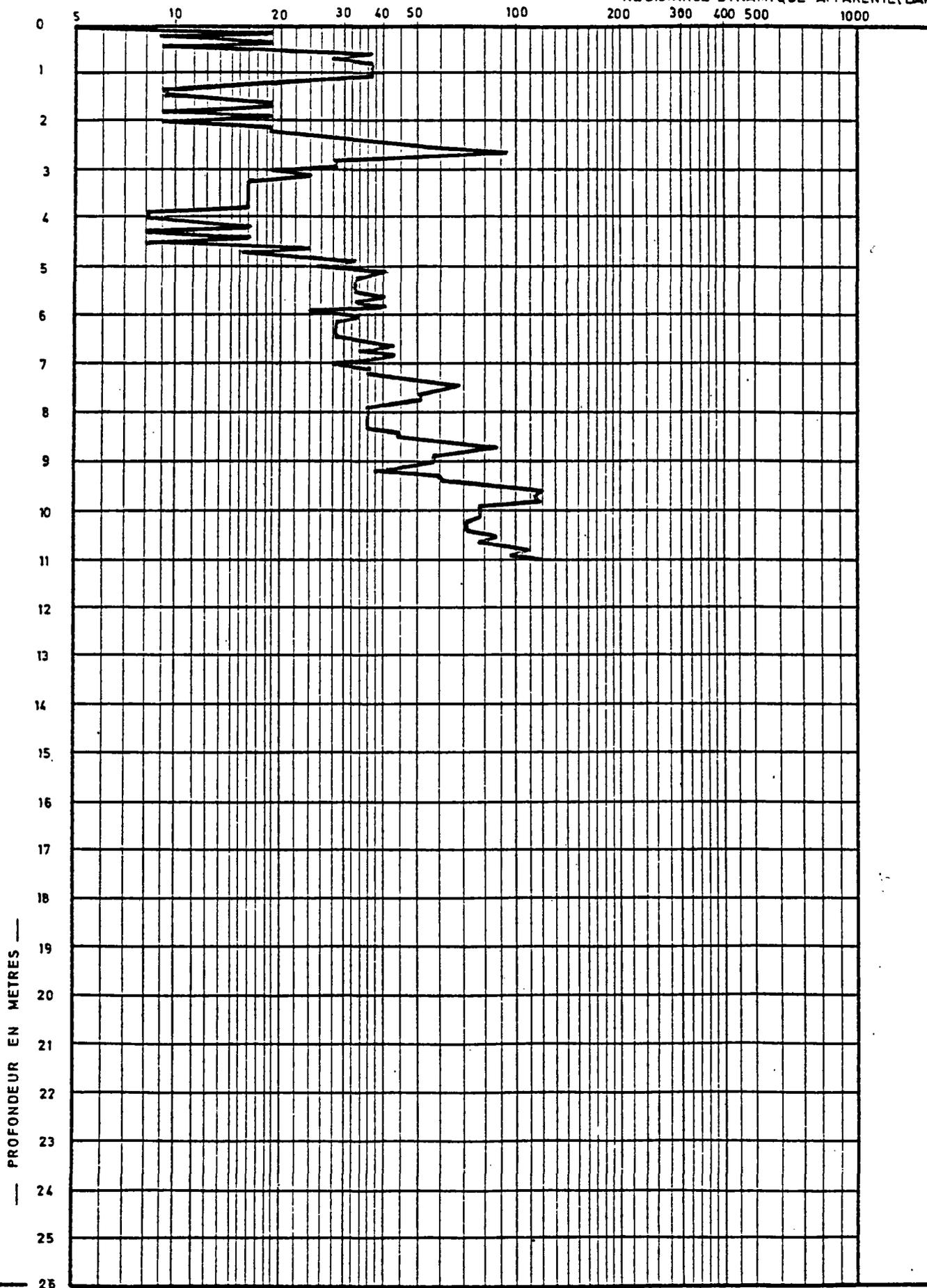
PENETROMETRES DYNAMIQUES

PD1 A PD3

PENETROMETRE DYNAMIQUE PD. 1

COTE DE TETE DE SONDAGE NGF

RESISTANCE DYNAMIQUE APPARENTE (BAR)

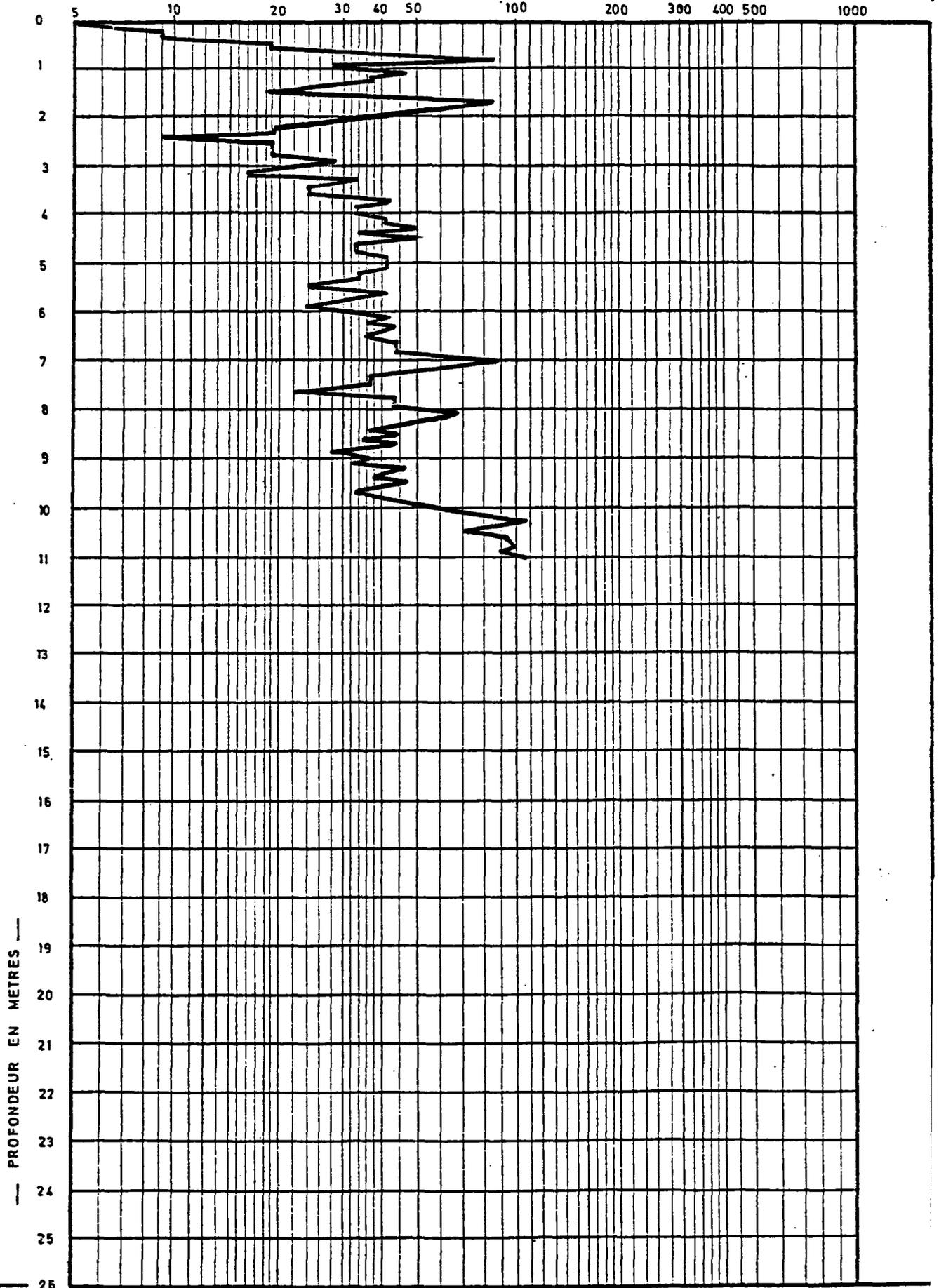


PENETROMETRE DYNAMIQUE PD. 2

PROVENANCE : 92 - BAGNEUX

COTE DE TETE DE SONDAGE NGF

RESISTANCE DYNAMIQUE APPARENTE (BAR)



EXECUTE LE 17.4.84

- 25 -

TECHNOSOL DOSSIER N° 3264

PLANCHE N° 04

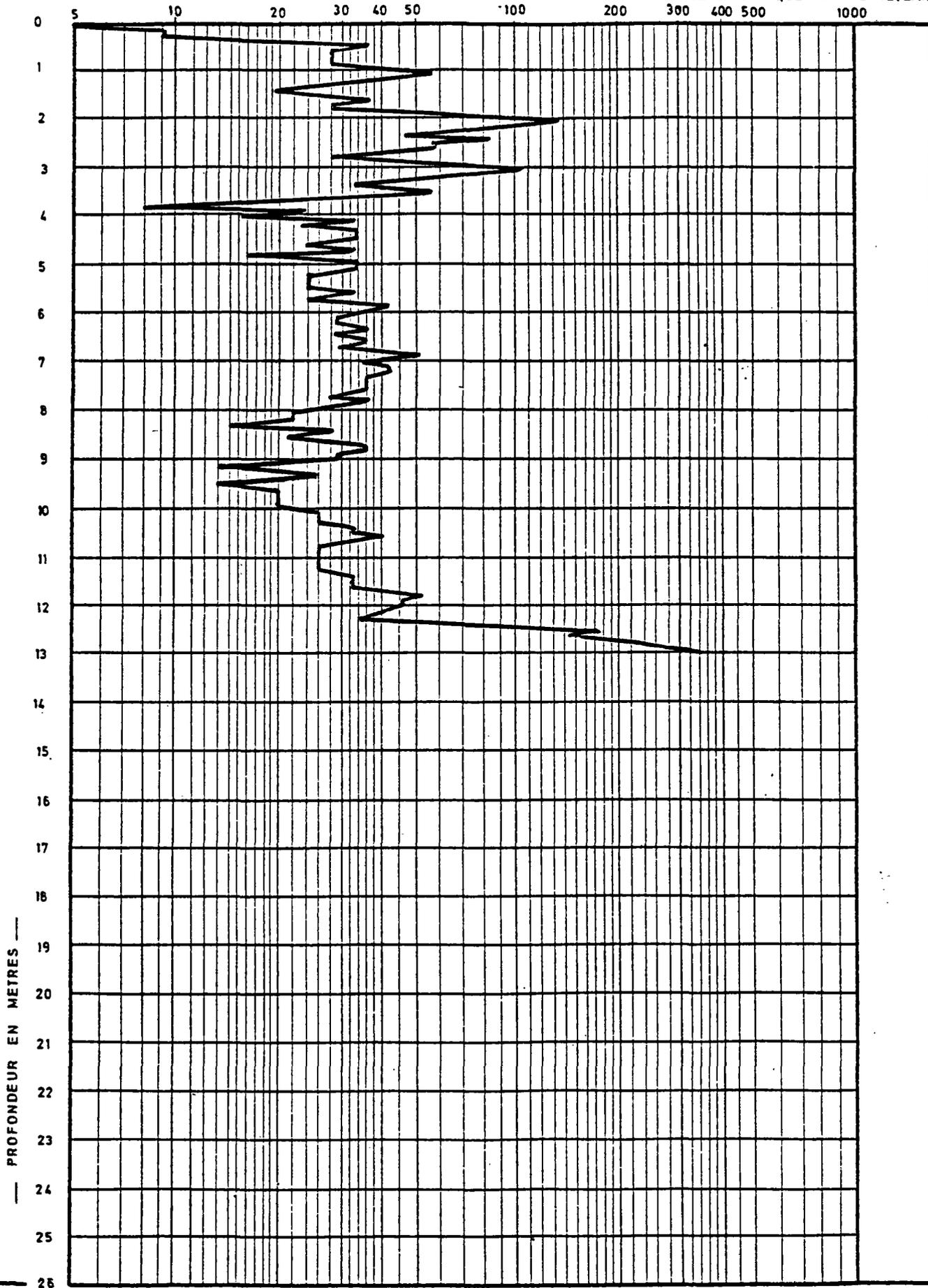
PROVENANCE : 92 - BAGNEUX

PENETROMETRE DYNAMIQUE PD. 3

COTE DE TETE DE SONDAGE

NGF

RESISTANCE DYNAMIQUE APPARENTE (BAR)

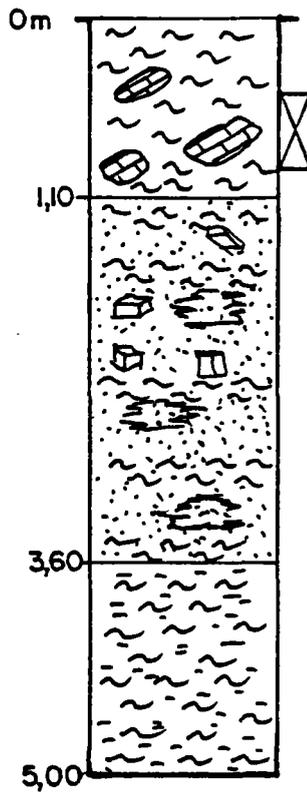


ANNEXE 6

COUPE DES PUIITS

PR1 A PR4

PR1



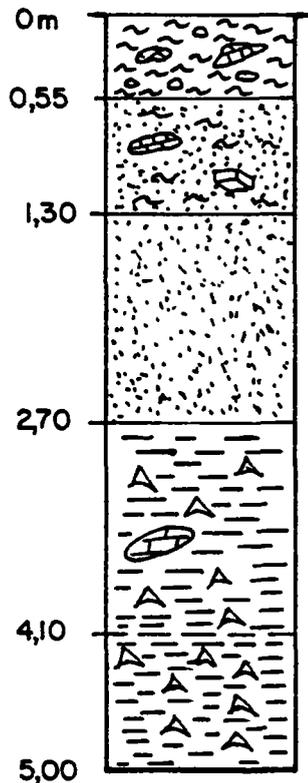
Argile à poches calcaires de couleur verte

échantillon

Alternance de sable grisâtre renfermant des débris de briques, de tuf blanchâtre et d'argile verte

Argile limoneuse

PR2



Argile ou marne beige clair à ocre à rognons calcaire et poches crayeuses

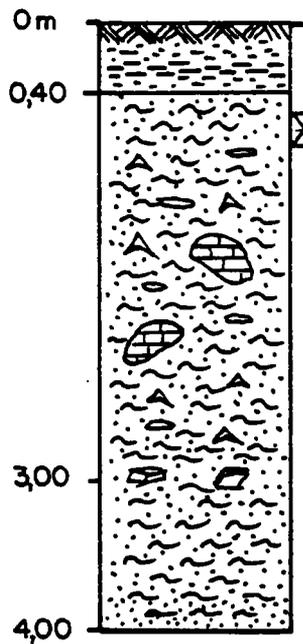
Sable argileux gris foncé à brun, renfermant des débris de briques, et nodules calcaires (on note une veine de tourbe de 3 cm d'épaisseur qui ceinture le puits)

Sable argileux brun clair

Marnes infragypseuses verdâtres à nodules calcaires, peu compactes, humides

Marnes infragypseuses, sans nodules peu compactes

PR3



Terre végétale avec passage tourbeux

0,40

échantillon

Argile sableuse assez molle, humide, à nodules calcaires et rognons de gypse saccharoïde

Quelques galets de silex

Niveaux d'argile grise à noire vers 2,80 m avec passage de tourbe

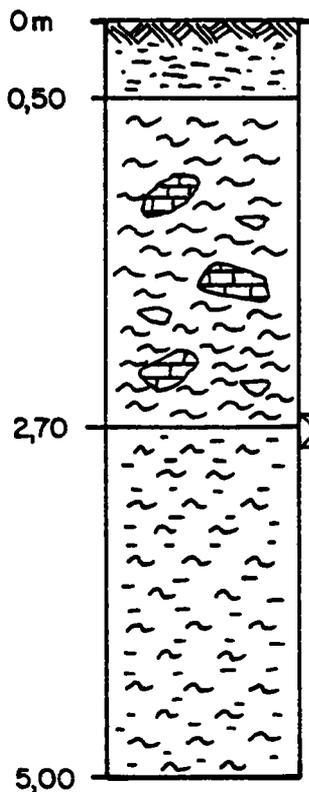
3,00

Présence de briques vers 3,00 m

4,00

Vers 4,00 m, sable argileux gris noir en profondeur

PR4



Terre végétale

0,50

Argile aérée à nodules calcaires et poches crayeuses

2,70

échantillon

Argile limoneuse

5,00

ANNEXE 7

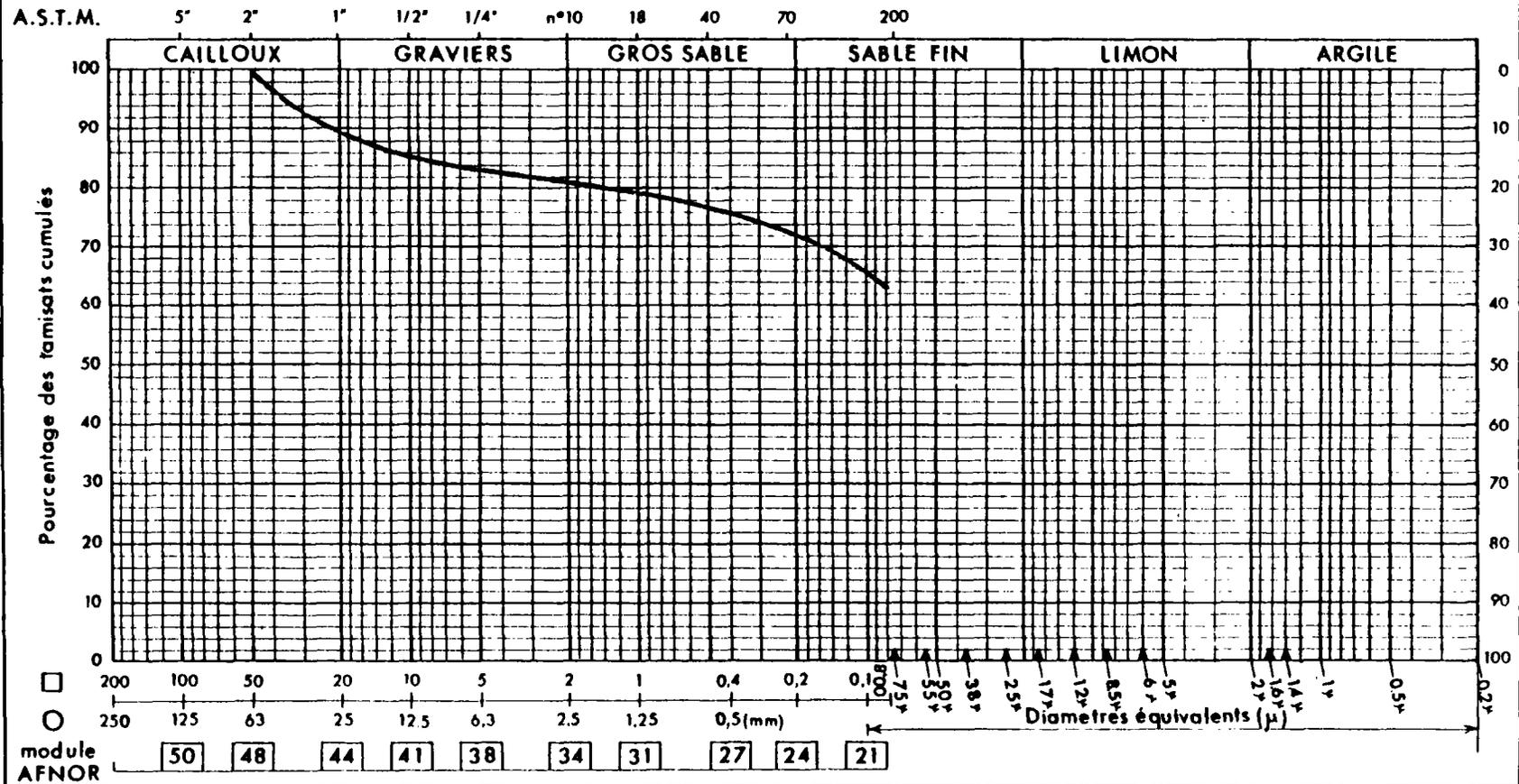
ESSAIS DE LABORATOIRE

B.R.G.M.

ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Dossier : Provenance : Bagneux
 Echantillon n° : PR 1 Nature : Argile beige clair à poches crayeuses
 Sondage : Date de l'essai : Mai 1984
 Profondeur : 0,50 - 1,00 m Poids initial sec : 2625 gr.

Classific. L.P.C.	Limites d'Atterberg		
	W _L	W _P	I _P
	54,5	26	28,5

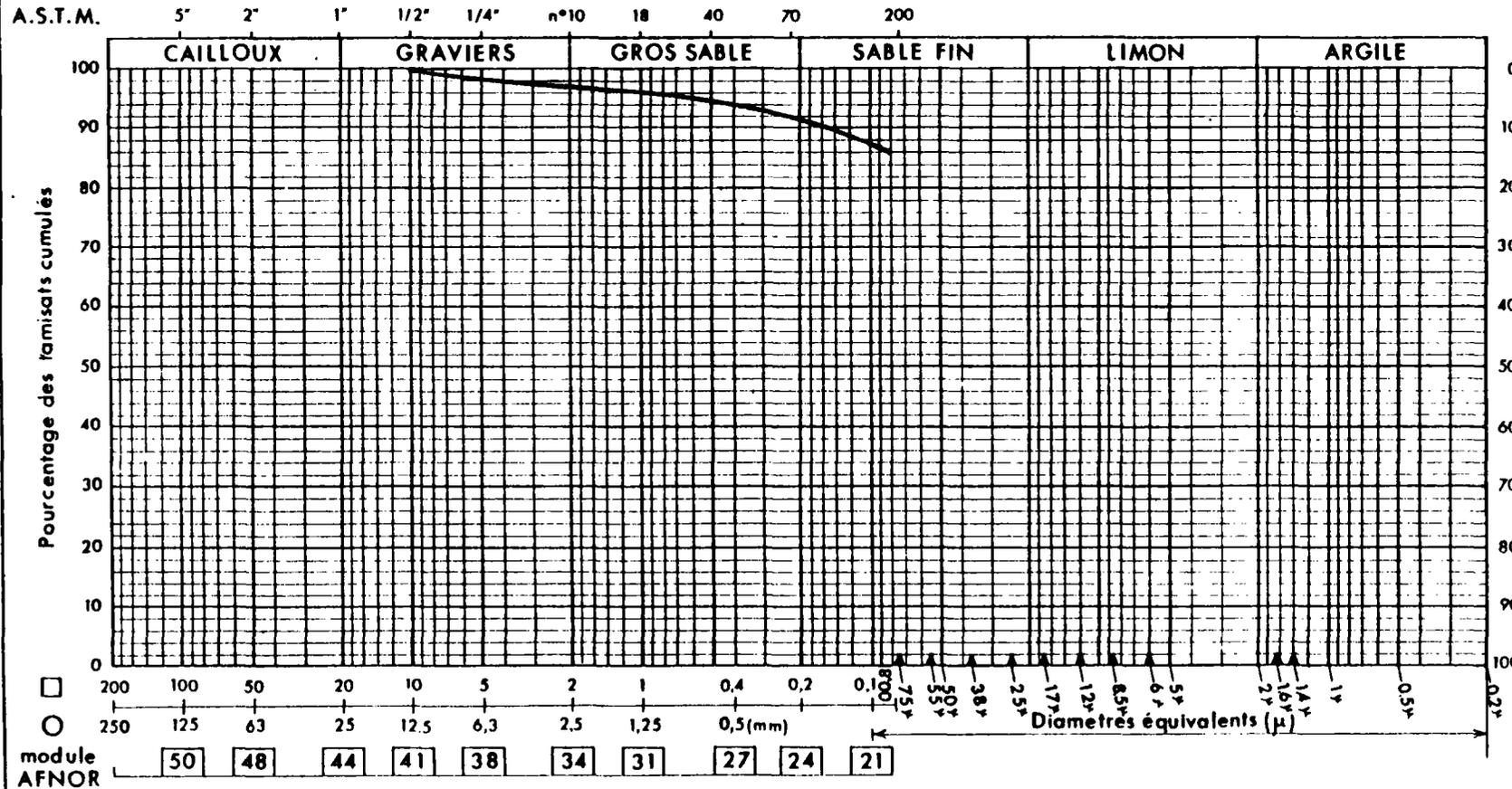


B.R.G.M.

ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Dossier : Provenance : Bagneux
 Echantillon n° : Nature : Argile ocre à poches crayeuses
 Sondage : PR 4 Date de l'essai : Mai 1984
 Profondeur : 2,70 m Poids initial sec : 1000 gr.

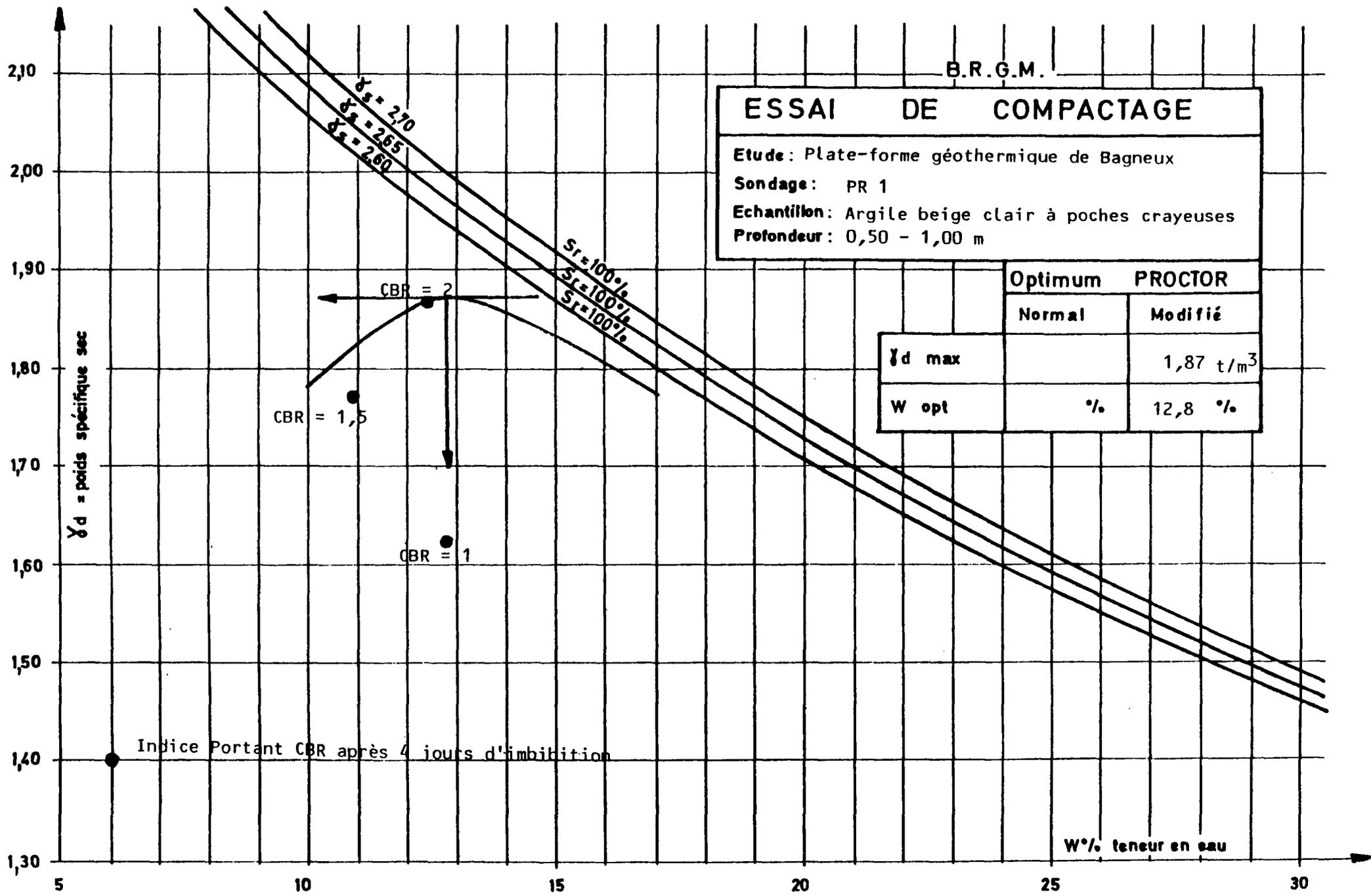
Classific. L.P.C.	Limites d'Atterberg		
	W _L	W _P	I _P
	33	18	15



B.R.G.M.

ESSAI DE COMPACTAGE

Etude: Plate-forme géothermique de Bagneux
Sondage: PR 1
Echantillon: Argile beige clair à poches crayeuses
Profondeur: 0,50 - 1,00 m



	Optimum PROCTOR	
	Normal	Modifié
γ_d max		1,87 t/m ³
W opt	%	12,8 %

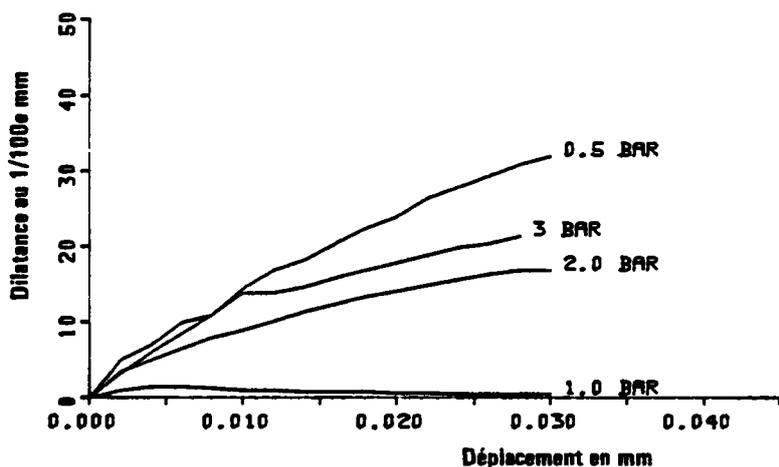
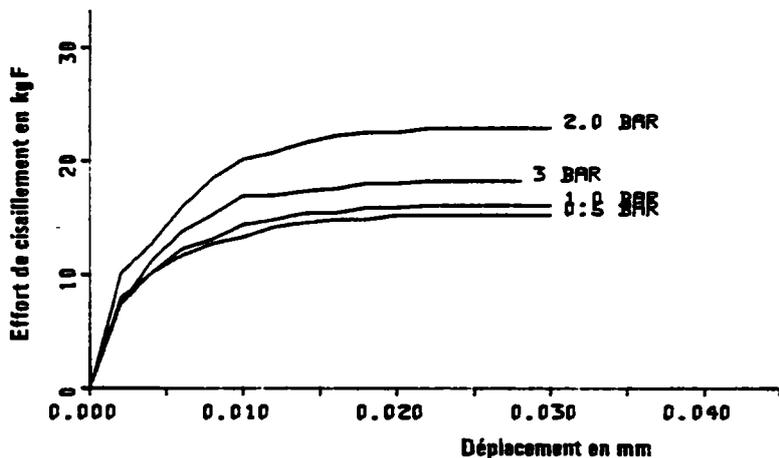
B.R.G.M.
LABORATOIRE DE GEOTECHNIQUE

ESSAI DE CISAILLEMENT

Chantier : Plate-forme géothermique
de Bagneux

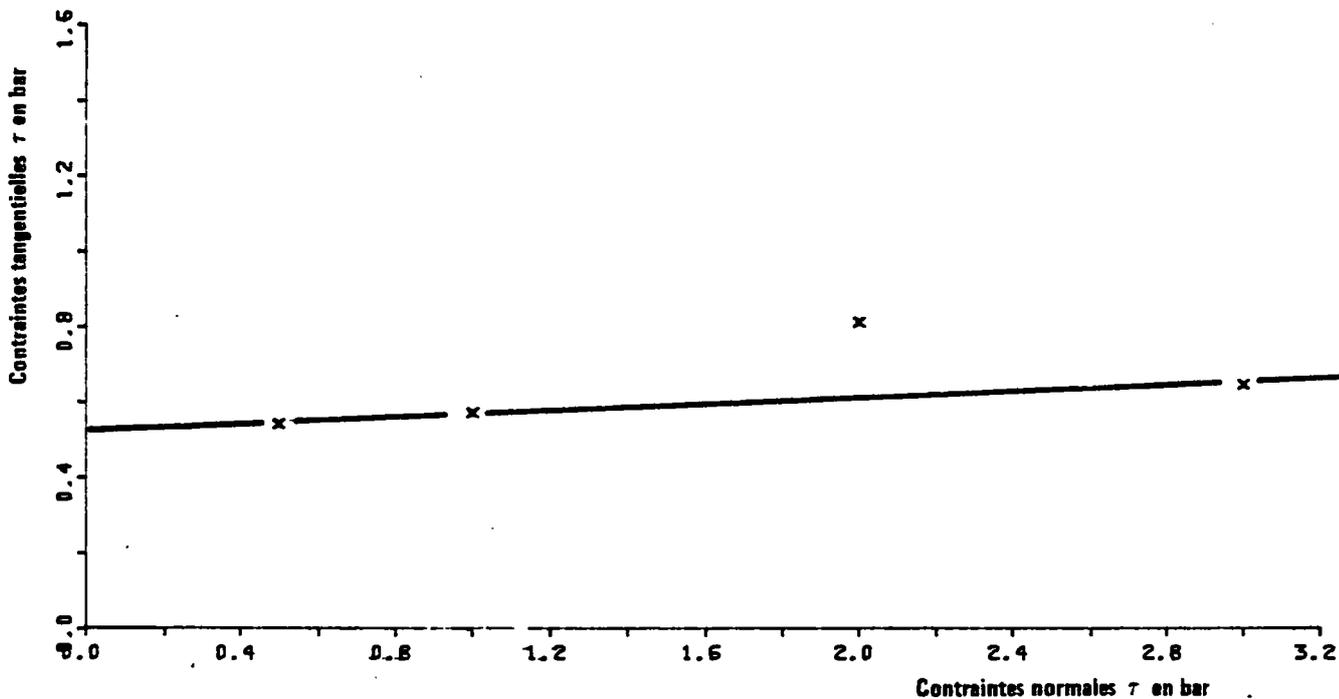
Prél. PR 3	Prof. 0,70 m
Nature : Argile sableuse	
WL :	lp : < 80 μ :
Echantillon : intact	
Diamètre de l'éprouvette D : 60 mm	

ESSAIS	1	2	3	4
W initial %	28.5	26.2	24.2	25.6
W final %	27.8	26.7	24.5	25.3
γ_d initial T/M ³	1.62	1.62	1.59	1.62
γ_d final T/M ³				
σ normal bar	0.50	1.00	2.00	3.00
Vit. def. mm/mn	1.000	1.000	1.000	1.000
τ max bar	0.54	0.57	0.81	0.66
τ résiduel bar				
OBSERVATIONS				



Caractéristiques mécaniques :

$c_u = 0,52$ bar $\phi =$ très peu différent de 0



B.R.G.M.

LABORATOIRE DE GEOTECHNIQUE

ESSAI DE CISAILLEMENT

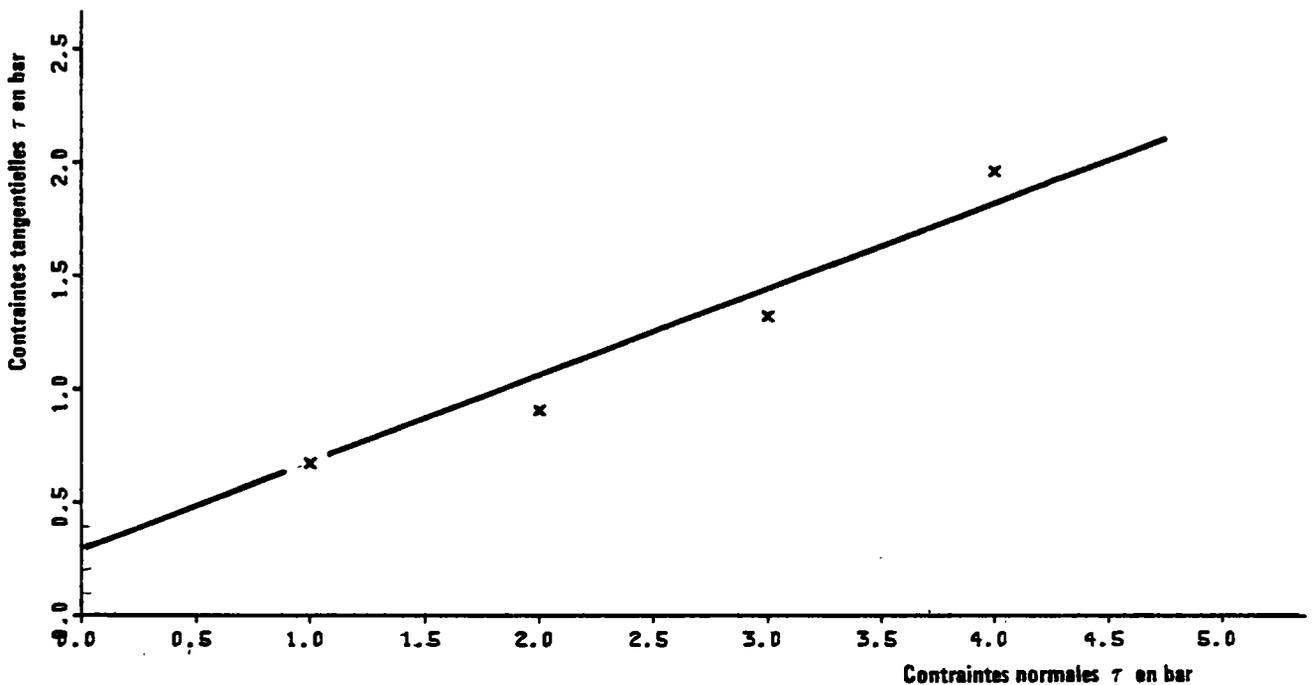
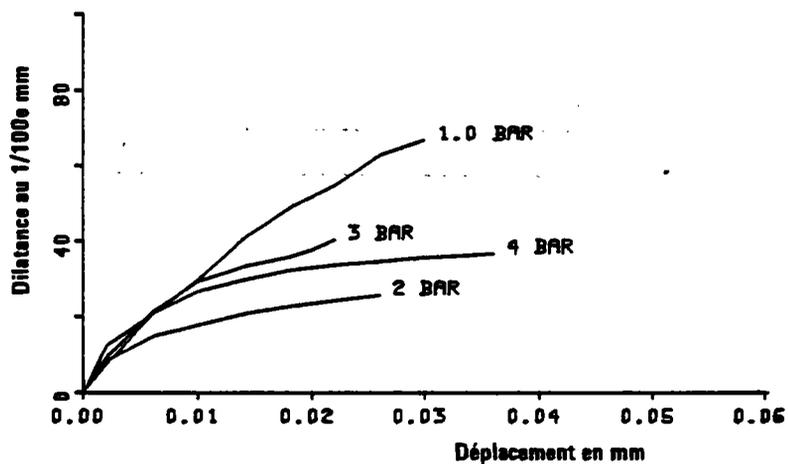
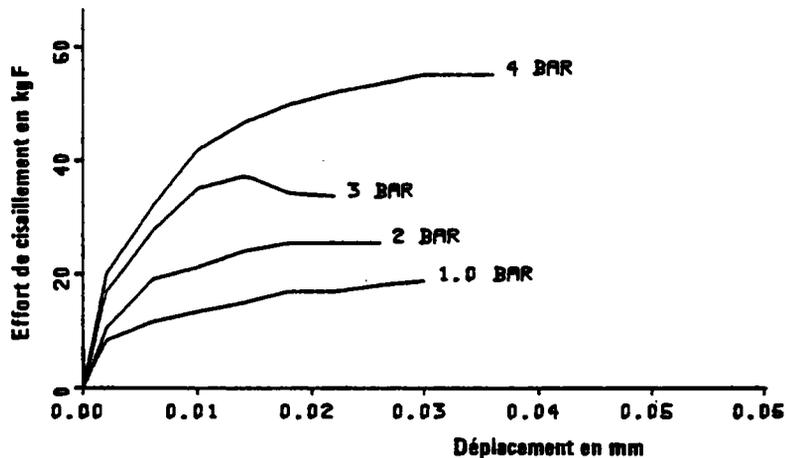
Chantier : Plate-forme géothermique de Bagnex

Prél.	PR 4	Prof.	2,70 m
Nature :	Argile ocre à poches crayeuses		
WL :	33	Ip :	15 <math>< 80\mu : 86\%</math>
Echantillon :			
Diamètre de l'éprouvette D :	60 mm		

ESSAIS	1	2	3	4
W initial %	18.1	17.7	18.3	19.7
W final %	18.2	18.9	18.7	19.9
γ_d initial T/M ³	1.43	1.38	1.36	1.33
γ_d final T/M ³				
σ normal bar	1.00	2.00	3.00	4.00
Vit. def. mm/mn	1.000	1.000	1.000	1.000
τ max bar	0.67	0.90	1.32	1.96
τ résiduel bar				
OBSERVATIONS				

Caractéristiques mécaniques :

$c_u = 0,3 \text{ bar}$ $\phi_u = 20^\circ$



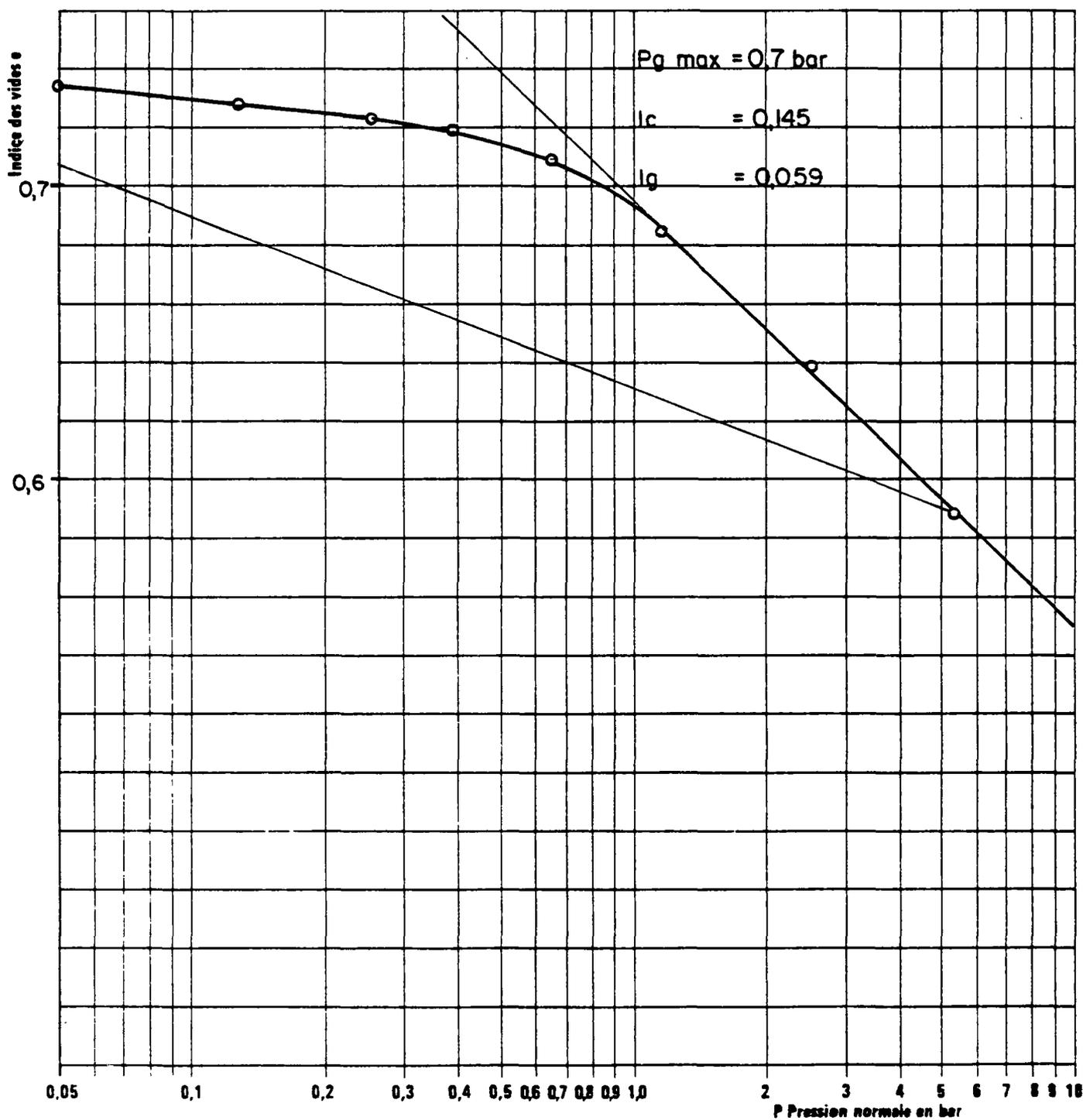
ESSAI DE COMPRESSIBILITE PERMEABILITE

Chantier : Plate. forme géothermique de Bagneux
Prélèvement : PR 3
Profondeur en m : 0,70 m
Nature : Argile, marne

WL :

Ip :

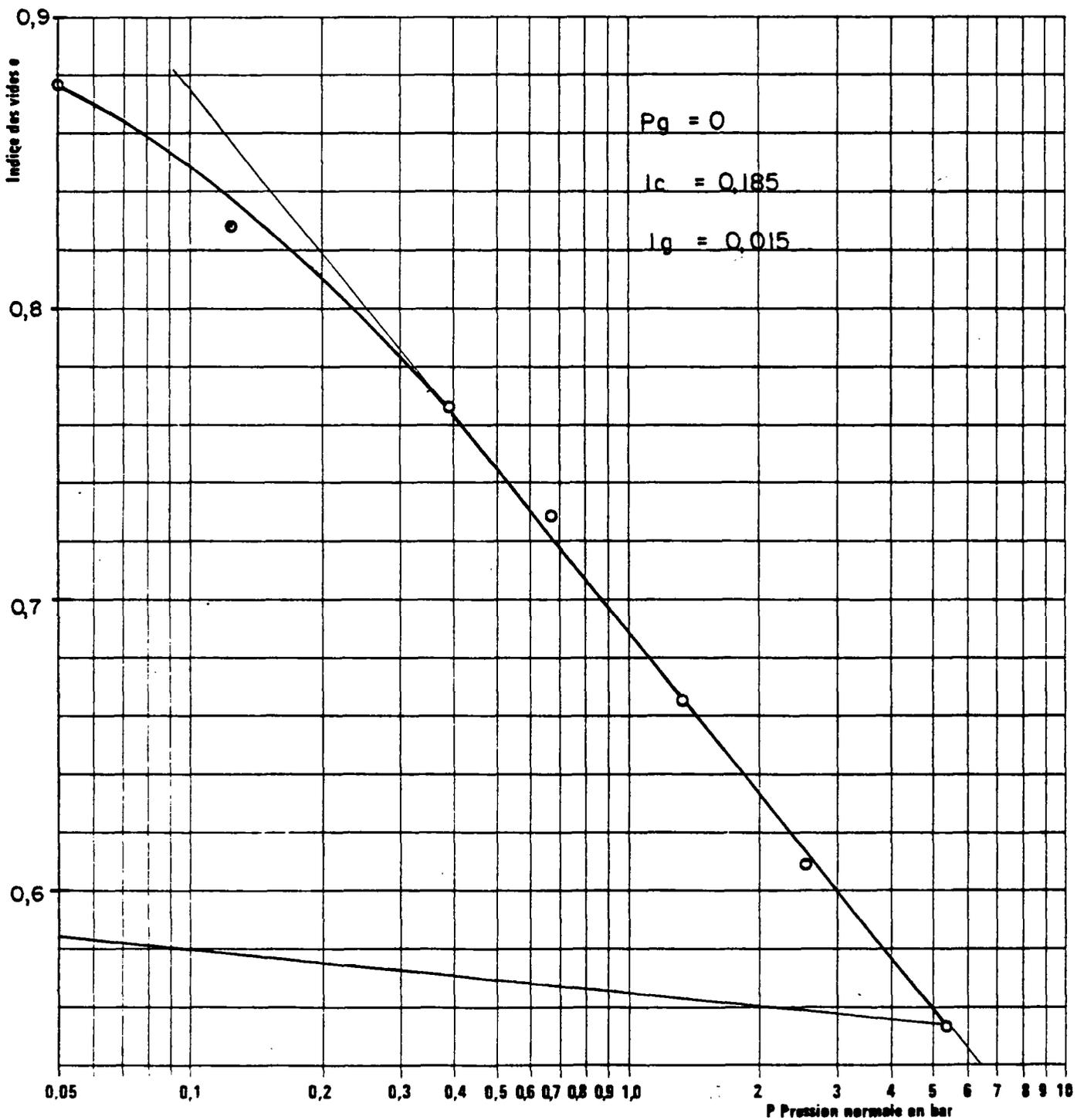
< 80 μ :



ESSAI DE COMPRESSIBILITE PERMEABILITE

Chantier : Plate-forme géothermique de Bagnex
Prélèvement : PR4.
Profondeur en m : 2,70 m
Nature : Argile limoneuse

WL : Ip : < 80 μ :



ANNEXE 2

Schéma de principe de la dalle béton armé de la plateforme de forage
(à adapter selon la machine de forage qui sera retenue pour
les travaux, après appels d'offres)

BAGNEUX IMPLANTATION

ech 1/200

