



COMMUNAUTE URBAINE DE STRASBOURG

Centre de Secours Ouest
Route d'Oberhausbergen
à Strasbourg (67)

Création d'un doublet de forages pour pompe à chaleur
Indices nationaux 272-2-481 et 272-2-482
Compte-rendu de fin de travaux de forage
et des pompages d'essai

15 Décembre 1987

87 SGN 805 ALS

COMMUNAUTE URBAINE DE STRASBOURG

Centre de Secours Ouest
Route d'Oberhausbergen à Strasbourg (67)

Création d'un doublet de forages pour pompe à chaleur
Indices nationaux 272-2-481 et 272-2-482
Compte-rendu de fin de travaux de forage
et des pompages d'essai

87 SGN 805 ALS

Décembre 1987

R É S U M É

La COMMUNAUTE URBAINE de STRASBOURG souhaite créer un doublet de forages pour alimenter une pompe à chaleur destinée à chauffer les immeubles du Centre de Secours Ouest à Strasbourg (Bas-Rhin).

La C.U.S. a chargé le Service Géologique Régional Alsace du B.R.G.M. de concevoir et d'assurer la maîtrise d'oeuvre de ce nouveau doublet.

Les travaux ont été exécutés par l'Entreprise SPEYSER.

L'ouvrage de captage de 65 m de profondeur sollicite les horizons moyens de la nappe des alluvions rhénanes entre 49 et 64 m de profondeur.

Une couche argileuse, traversée entre 45,5 et 47,2 m isole les niveaux captés des horizons supérieurs de la nappe.

Du fait de la faible valeur des pertes de charge, ce forage pourra être exploité au débit nominal de 140 m³/h avec des pompes immergées à 13,5 m de profondeur.

Le puits de rejet de 26 m de profondeur permet l'injection des eaux dans les horizons supérieurs des alluvions rhénanes entre 10 et 26 m de profondeur.

Etabli par B. MAUROUX, Ingénieur hydrogéologue

avec la collaboration de : C. BUARD, Ingénieur hydrogéologue
P. ROSE, Technicien hydrogéologue

14 pages, 7 figures, 9 annexes.

S O M M A I R E

=====

1. INTRODUCTION.

2. EXECUTION DU FORAGE DE CAPTAGE.

2.1. Coupes géologique et technique.

2.2. Développement de l'ouvrage.

3. EXECUTION DU FORAGE DE REJET.

3.1. Coupes géologique et technique.

3.2. Développement de l'ouvrage.

4. INTERPRETATION DES ESSAIS.

5. QUALITE DE L'EAU POMPEE.

6. CONDITIONS D'EXPLOITATION.

7. CONCLUSIONS.

LISTE DES FIGURES

=====

Figure 1 : plan de situation générale du projet.

Figure 2 : plan de situation détaillée.

Figure 3 : feuille de sondage, coupes géologique et technique du forage de captage.

Figure 4 : feuille de sondage, coupes géologique et technique du forage de rejet.

Figures 5 et 6 : courbes caractéristiques.

Figure 7 : analyse d'eau.

LISTE DES ANNEXES

=====

Annexes 1 à 7 : Analyses granulométriques.

Annexes 8 et 9 : Plans des avant-puits.

1. INTRODUCTION.

La **COMMUNAUTE URBAINE DE STRASBOURG** a souhaité créer un doublet de forages pour les installations de chauffage des immeubles du Centre de Secours Ouest, Route d'Oberhausbergen à Strasbourg, pour un débit maximal de 140 m³/h.

Après l'exécution de l'étude de faisabilité*, la conception et le suivi de ces ouvrages ont été confiés au **Service Géologique Régional Alsace**. Le présent rapport rend compte des travaux exécutés par l'Entreprise SPEYSER.

2. EXECUTION DU FORAGE DE CAPTAGE.

Inventorié sous l'indice national 272-2-481, ce forage présente les caractéristiques géographiques suivantes (cf. figures 1 et 2).

$$X = 997,42$$

$$Y = 112,94$$

$$Z = + 143,9 \text{ m}$$

2.1. Coupes géologique et technique.

Le creusement de cet ouvrage a été réalisé à la benne et à la soupape avec enfoncement de tubes de soutènement provisoires au moyen de vérins actionnés par une louvoyeuse. Les diamètres de foration ont été les suivants :

$$\emptyset 1.400 \text{ mm de } 0 \text{ à } 18,5 \text{ m}$$

$$\emptyset 1.200 \text{ mm de } 18,5 \text{ à } 36,5 \text{ m}$$

$$\emptyset 800 \text{ mm de } 36,5 \text{ à } 65 \text{ m}$$

L'analyse des échantillons recueillis en cours de foration a permis de relever la coupe géologique des terrains recoupés (cf. figure 3).

Sous 1,0 m de terre végétale et de limons, le forage a rencontré un niveau constitué de limons loessiques jusqu'à 5 m de profondeur puis des alluvions essentiellement sableuses d'origine vosgienne entre 5 et 6 mètres. De 6 à 8 mètres, des alluvions grises de transition assez sableuses recouvrent les alluvions rhénanes.

Ces alluvions rhénanes grises rencontrées entre 8 et 65 mètres sont essentiellement graveleuses. Deux niveaux légèrement sableux (20 à 30 % de sable), ont pu être mis en évidence de 13 à 15 mètres et de 30 à 31 mètres de profondeur.

* C. BUARD (1984) - Centre de Secours Ouest - Etude de faisabilité pour l'implantation d'un doublet de forages pour pompes à chaleur - Note 85 SGAL 004 du 28 Décembre 1984.

BRGM

SERVICE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL

ALSACE

204, route de Schirmeck

67200 STRASBOURG

Tél. 88.30.12.62

COMMUNAUTE URBAINE DE STRASBOURG

 Centre de Secours Ouest
 Route d'Oberhausbergen
 à Strasbourg (67)

Création d'un doublet de forages pour pompe à chaleur
 Indices nationaux 272-2-481 et 272-2-482
 Compte-rendu de fin de travaux de forage
 et des pompages d'essai

PLAN DE SITUATION GÉNÉRALE



Echelle: 1/25000

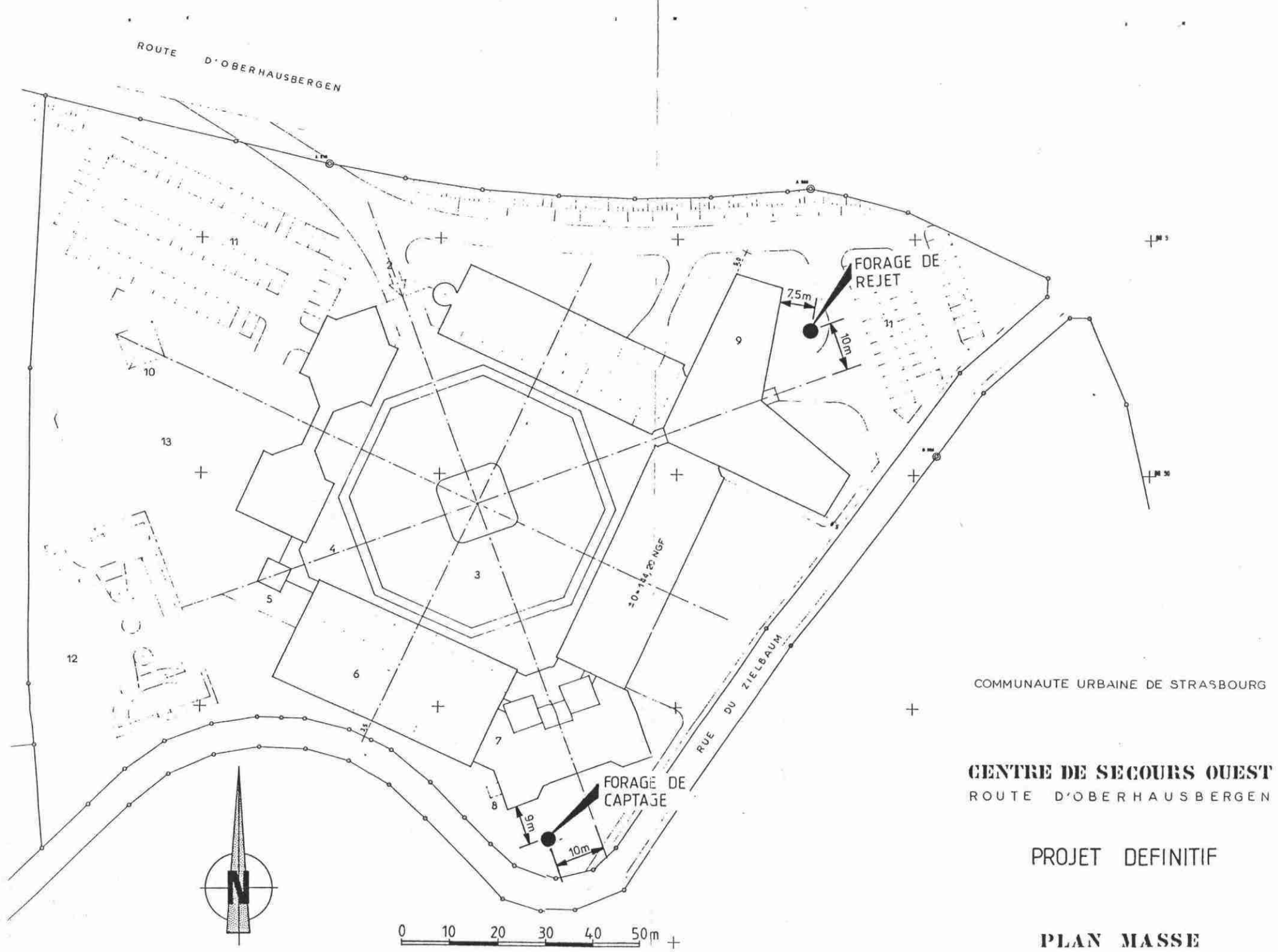


Figure 2

Département : BAS RHIN
Commune : STRASBOURG

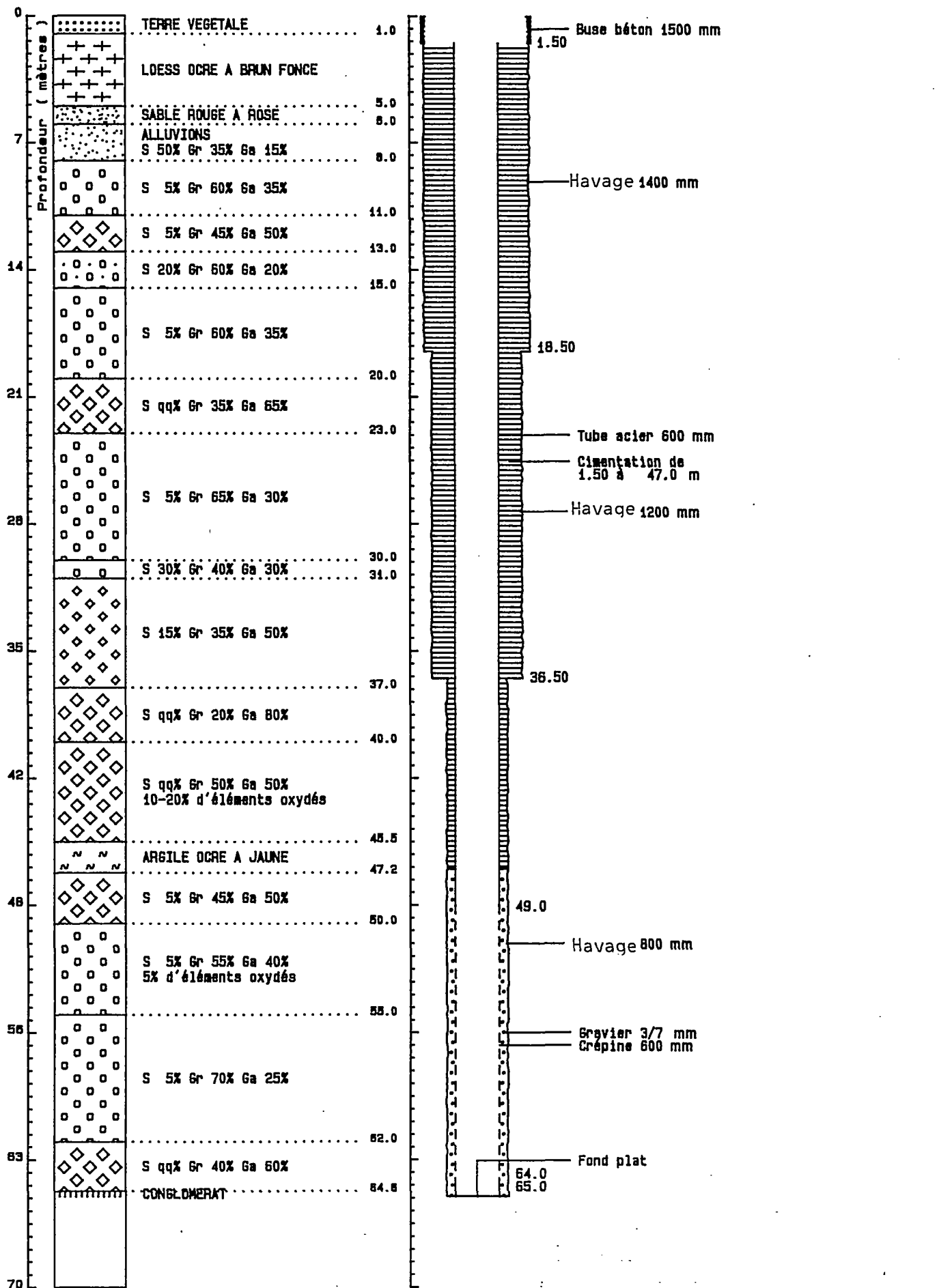
N° classement : 272-2X-0481
Désignation : CAPT.

Logiciel BRGM

B.R.G.M. Service Géologique Régional ALSACE

COUPE LITHOLOGIQUE

COUPE TECHNIQUE



Un niveau argileux rencontré entre 45,50 et 47,20 m de profondeur sépare la nappe présente dans les alluvions.

Le forage s'est arrêté dans un niveau conglomératique très compact composé de sable fin aggloméré rencontré à partir de 64,5 m de profondeur.

L'équipement mis en place ne capte les alluvions que dans le niveau inférieur, entre 49 et 64 m de profondeur. Il se compose d'une colonne en acier semi-inoxydable APS 20 A d'épaisseur 5 mm, avec tubes manchonnés et soudés qui peut se résumer comme suit :

- . 1,30 à 49,0 m : tube plein Ø 600 mm
- . 49,00 à 64,0 m : tube crépiné Ø 600 mm à nervures repoussées d'ouverture 2 mm
- . 64,00 à 65,0 m : tube plein Ø 600 mm avec fond de montage.

Cette colonne de captage a été entourée d'un massif de gravier entre 47 et 65,0 m de profondeur, calibré de 3 à 7 mm. Son rôle est de stabiliser les formations recoupées et, ce faisant, de limiter les arrivées de particules fines.

Après pose d'un bouchon d'argile entre 46,75 et 47,0 m de profondeur, une gaine de ciment a été coulée autour des tubes pleins Ø 600 mm jusqu'à 1,5 m de profondeur sous la surface du sol. L'espace annulaire a ainsi été rendu étanche.

L'ouvrage est coiffé d'un avant-puits maçonné dont le plan est donné en annexe 8.

2.2. Développement de l'ouvrage.

Dans le cas théorique parfait, le rendement d'un forage ne doit dépendre que de la transmissivité du terrain aquifère ; en réalité, à l'abaissement du niveau imputable à l'évolution transitoire des niveaux piézométriques en cours de pompage, viennent s'ajouter les pertes de charge parasites, dont certaines inévitables, dues au passage de l'eau dans le terrain et dans les crépines.

Lors du développement d'un ouvrage, on recherche à améliorer son rendement en diminuant les pertes de charge. Dans le cas présent, sitôt le forage équipé, l'aquifère a été développé par pompage croissant réalisé avec pistonage.

Cette opération qui s'est poursuivie du 11 au 16 Mars 1987, a duré 29 heures 30 minutes jusqu'à ce que l'eau extraite de l'ouvrage ne contienne pratiquement plus d'éléments fins indésirables et sorte claire. Le débit pompé a été progressivement augmenté de 40 à 220 m³/h.

3. EXECUTION DU FORAGE DE REJET.

Inventorié sous l'indice national 272-2-482, ce forage présente les caractéristiques géographiques suivantes (cf. figures 1 et 2) :

X = 997,475

Y = 113,05

Z = + 144,1 m

La distance séparant ce forage de celui de captage est de 113m.

3.1. Coupes géologique et technique.

Le creusement de cet ouvrage a été réalisé à la benne et à la soupape avec enfoncement de tubes de soutènement provisoires au moyen de vérins actionnés par une louvoyeuse. Le diamètre de foration a été de 1.200 mm.

L'analyse des échantillons recueillis en cours de foration a permis de relever la coupe géologique des terrains recoupés (cf. figure 4).

Sous 1,7 m de remblais, le forage a traversé un niveau de limons loessiques de 4,3 m d'épaisseur recouvrant les alluvions sableuses rouges d'origine vosgienne présentes entre 6 et 7,3 m de profondeur.

Sous ces formations superficielles les alluvions rhénanes sont ici assez sableuses jusqu'à 10 m de profondeur, puis deviennent essentiellement graveleuses. On remarque la présence de plusieurs niveaux où ces alluvions sont tâchées d'oxyde de fer notamment entre 10 et 16 m et entre 10 et 22 m.

L'équipement mis en place ne capte les alluvions que dans leurs niveaux supérieurs, entre 10 et 26 m de profondeur. Il se compose d'une colonne de diamètre 800 mm, avec tubes d'épaisseur 5 mm, manchonnés et soudés, qui peut se résumer comme suit :

- . 1,30 à 10,0 m : tube plein en acier semi-inoxydable APS 20A
Ø 800 mm
- . 10,0 à 26,0 m : tube crépiné en acier semi-inoxydable APS
20 A Ø 800 mm à fentes de 30 x 6 mm
avec fond de montage.

La colonne inférieure a été entourée d'un massif de gravier entre 8,5 et 26 m de profondeur, calibré de 8 à 15 mm.

Après pose d'un bouchon d'argile entre 8 et 8,5 m de profondeur, une gaine de ciment a été coulée autour des tubes pleins Ø 800 mm jusqu'à 1,50 m de profondeur sous la surface du sol. L'espace annulaire a ainsi été rendu étanche.

L'ouvrage est coiffé d'un avant-puits maçonné dont le plan est donné en annexe 9.

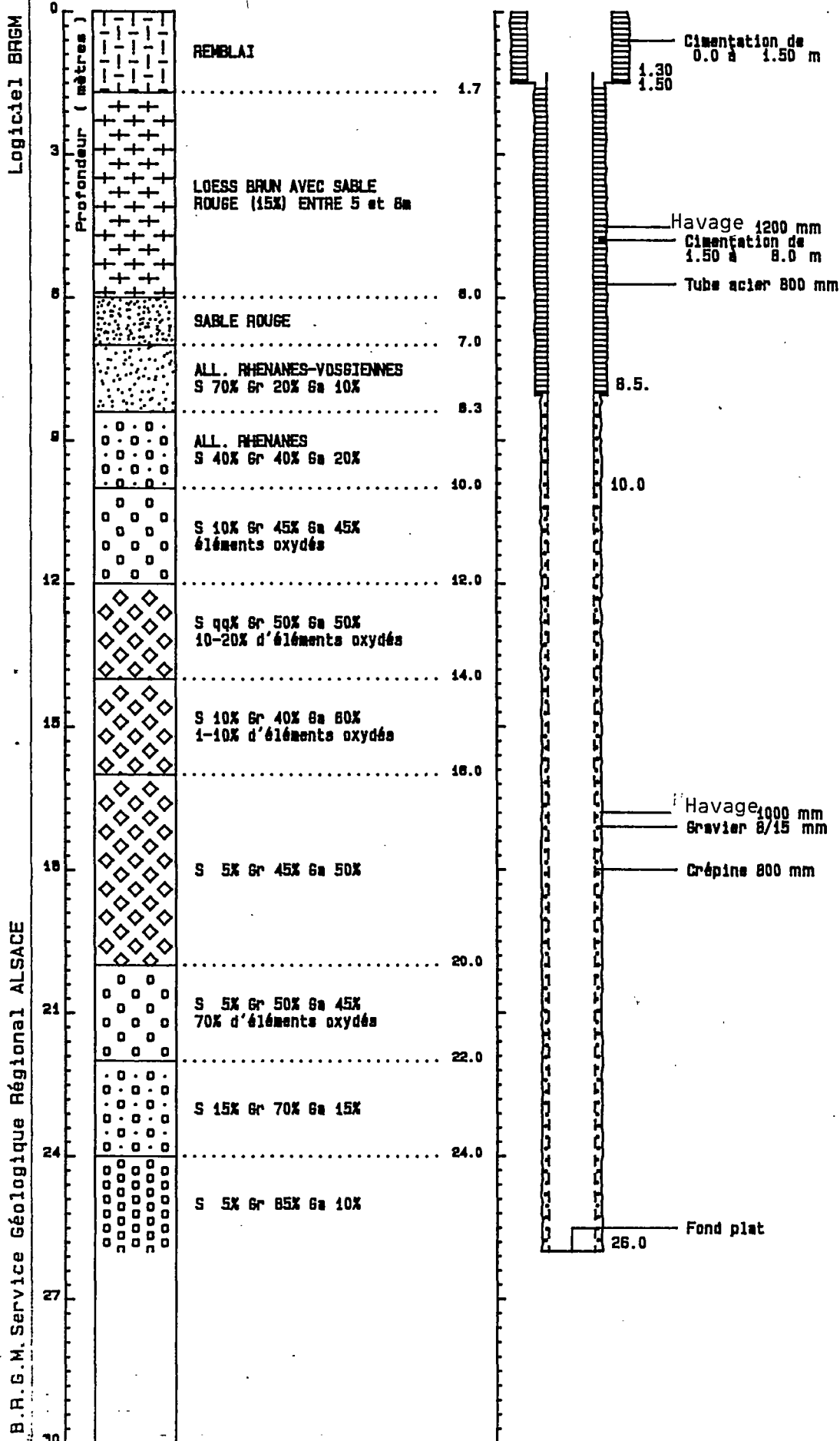
Département : BAS RHIN
 Commune : STRASBOURG

N° classement : 272-2X-0482
 Désignation : REJET

Logiciel BRGM

COUPE LITHOLOGIQUE

COUPE TECHNIQUE



B.R.G.M. Service Géologique Régional ALSACE

3.2. Développement de l'ouvrage.

Pour des raisons analogues à celles invoquées pour le forage de captage, il a été réalisé un développement de l'ouvrage afin d'améliorer son rendement.

Cette opération s'est déroulée le 28 Octobre 1987 jusqu'à ce que l'eau extraite de l'ouvrage ne contienne pratiquement plus d'éléments fins indésirables et sorte claire. Le débit pompé a été progressivement augmenté de 40 à 205 m³/h.

4. INTERPRETATION DES ESSAIS.

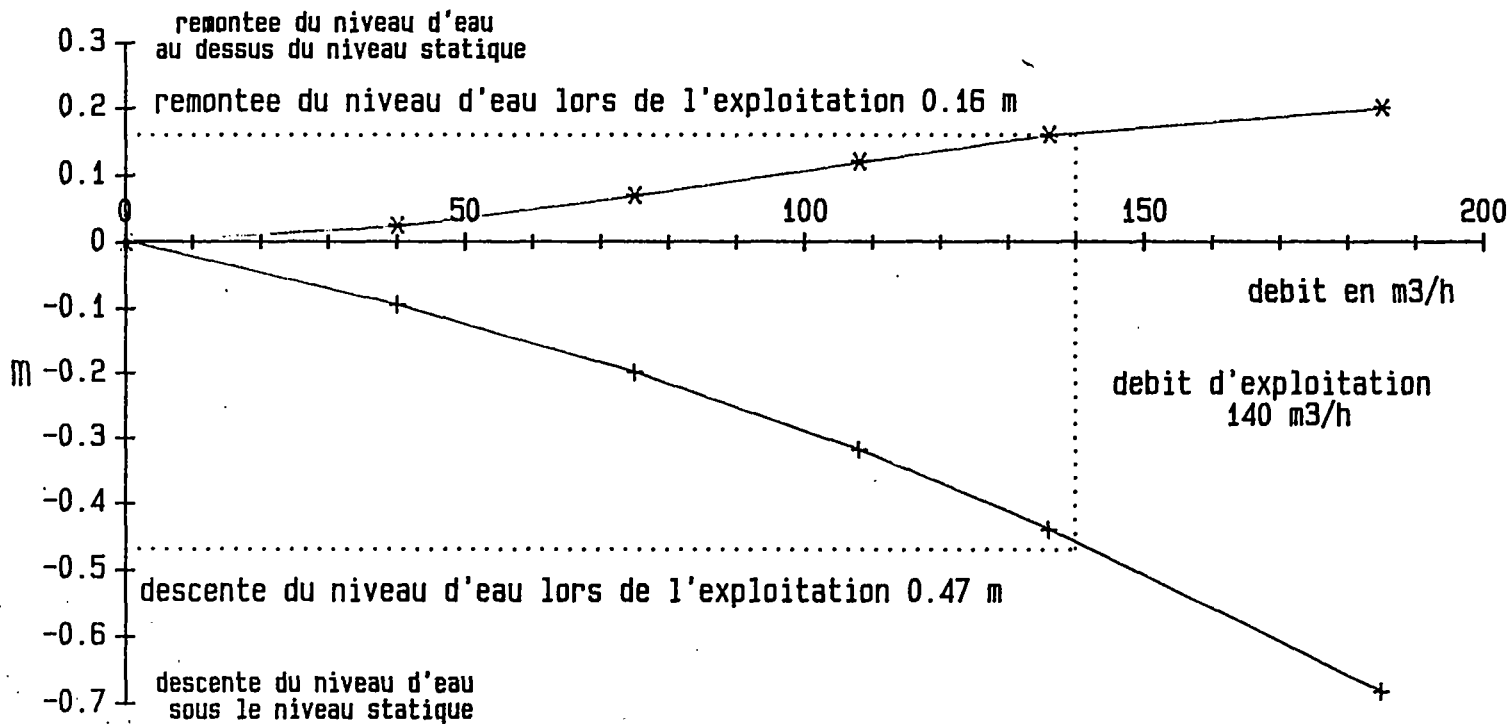
La qualité d'un forage étant caractérisée, entre autres critères, par l'importance des pertes de charge observées, le B.R.G.M. a assuré la programmation et le contrôle des essais par paliers effectués par l'Entreprise à la fin du développement de l'ouvrage.

Six paliers de débit ont permis de tracer la courbe caractéristique du forage (cf. figures 5 et 6) et surtout de calculer l'équation des pertes de charge.

Avant ces essais, le niveau statique se situait à 7,51 m/sommet tube d'équipement au puits de captage et à 8,50 m/sommet tube d'équipement au puits de rejet. Les principales données de ces essais sont résumées dans le tableau ci-dessous:

Date	Durée	Débit (en m ³ /h)	Profondeur du niveau au captage (/repère)	Rabattement au captage (en m)	Profondeur du niveau au rejet (/repère)	Remontée au rejet (en m)
3/11/87	0h30	40	7,60	0,09	8,47	0,03
	0h30	75	7,71	0,20	8,43	0,07
	0h55	108	7,86	0,35	8,38	0,12
	0h35	136	7,95	0,44	8,35	0,15
	1h00	185	8,19	0,68	8,30	0,20
	20h30	145	7,98	0,47	8,34	0,16

CENTRE DE SECOURS OUEST
 Forages n. 272- -481 et 272-2-482
 Essai du 3 au 4 Novembre 1987
 COURBES CARACTERISTIQUES



+ Captage
 n. 272-2-481

* Rejet
 n. 272-2-482

Figure 5

CENTRE DE SECOURS OUEST
Forage n. 272-2-481
Essai du 3 au 4 Novembre 1987
COURBE S/Q = fct (Q)

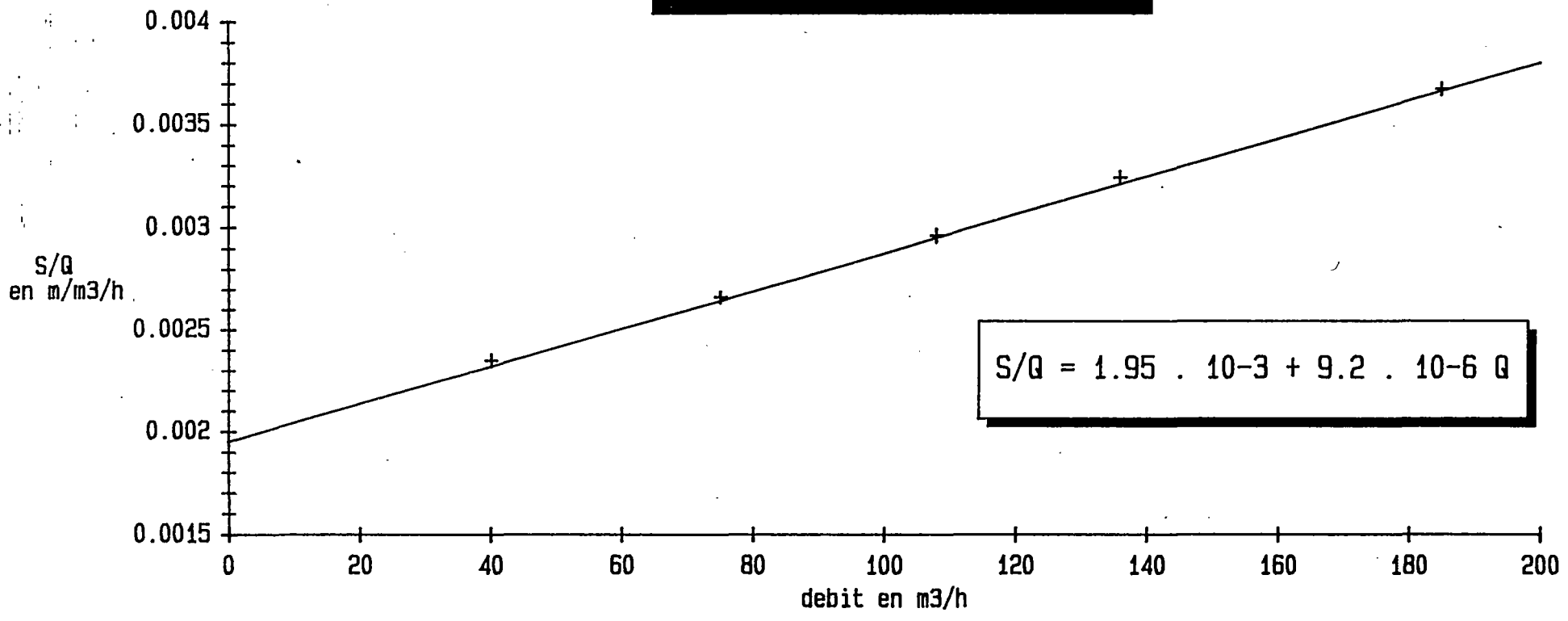


Figure 6

La température de l'eau pompée dans le forage de captage était de 11,6° C environ.

L'équation des pertes de charge dans un forage s'écrit de la manière suivante :

$$S = AQ + BQ^2$$

en régime permanent, le niveau étant stabilisé ; les données rapportées précédemment conduisent à l'équation des pertes de charges qui suit :

$$S = 1,95 \cdot 10^{-3} Q + 9,2 \cdot 10^{-5} Q^2$$

S étant exprimé en mètres et Q en m³/heure.

Le premier terme dépend essentiellement des caractéristiques de l'aquifère, alors que le second terme est fonction de la nature du tubage et de la crépine, ainsi que de la géométrie du puits.

La faible valeur des pertes de charge constatées atteste de la qualité des travaux exécutés.

Le débit nominal de l'ouvrage de captage sera fixé à 140 m³/h et les pompes seront placées à 12 m de profondeur sous le sommet du tube plein.

Le niveau d'eau au pompage, dans les conditions de l'essai, se stabilise à ce débit vers 7,98 m de profondeur sous le sommet du tube plein.

Le tube restituant les eaux à la nappe dans le forage de rejet plongera jusqu'à 11,5 m de profondeur sous le sommet du tube plein.

5. QUALITE DE L'EAU POMPEE.

Un prélèvement pour analyse complète de l'eau de type I avec recherche de bactéries sulfato-réductrices et ferrugineuses, a été réalisé en fin d'essai, après 24 heures de pompage.

L'échantillon a été confié au Laboratoire d'Hydrologie de la Faculté de Pharmacie de Strasbourg.

Les résultats sont donnés en figure 7 et indiquent une eau :

- moyennement minéralisée,
- dure,
- de faciès bicarbonaté chloruré calcique et magnésien,
- faiblement agressive vis-à-vis du marbre,
- peu aérée,
- de grande propreté bactériologique sans contamination par les bactéries sulfato-réductrices ou ferrugineuses.

ANALYSE D'EAU

(Type I - Analyse complète)

Analyse n° 9990/87

Illkirch-Graffenstaden, le 30 NOVEMBRE 1987

Commune de :
Origine de l'eau :
Lieu de prélèvement : CENTRE DE SECOURS - Puits de captage
Profondeur du puits ou forage : Traitement :
Causes probables de contamination :
Prélèvement effectué le : 4.11.1987 à h par le personnel SGAL
Importance des pluies dans les dix derniers jours :
Température atmosphérique :
Mode de transport : en glacière Analyse commencée le : 5.11.1987

EXAMEN PHYSIQUE

Aspect : limpide et incolore Turbidité : 0 * silice
Odeur : normale Résistivité à 20°C : 1592 ohm/cm
Saveur : normale pH : 7.42

ANALYSE CHIMIQUE

Dureté totale (TH) : 31,1 * Résidu sec à 105° : 404,0 mg/l
Titre alcalimétrique (TAC) : 23,6 * Résidu sec à 180° : 390,0 mg/l
Azote total Kjeldahl (N) : 0,16 mg/l Résidu calciné à 525° : 338,0 mg/l
Chlore libre (Cl2) : 0 mg/l Silice (SiO2) : 12,5 mg/l
Oxygène dissous (O2) : 3,8 mg/l Anhydride carbonique libre (CO2) : 30,4 mg/l
Sulfures (H2S) : 0 mg/l Anhydride carbonique agressif (CO2) : 1,2 mg/l
Oxygène cédé par KMnO4 à chaud 10 mn en milieu acide (O2) : 0,35 mg/l

Essai sur marbre (recherche de l'agressivité)

Avant Après

pH : 7.42 | 7.48
Alcalinité au méthyl-orange, en mg/l (CaO) : 132,2 | 133,8
Conductivité en Micro-Siemens : 628 | 632

Cations			Anions		
	mg/l	µé/l		mg/l	µé/l
Calcium (Ca)	93,2	4,66	Carbonique (CO3)	0	0
Magnésium (Mg)	18,7	1,56	Bicarbonates (HCO3)	287,9	4,72
Ammonium (NH4)	0	0	Chlorhydrique (Cl)	36,0	1,01
Sodium (Na)	22,0	0,96	Sulfurique (SO4)	50,5	1,05
Potassium (K)	3,3	0,08	Nitreuse (NO2)	0	0
Fer (Fe)	0,014	0,00	Nitrique (NO3)	14,7	0,24
Manganèse (Mn)	0,002	0,00	Phosphorique (PO4)	0	0
Aluminium (Al)	0,014	0,00	Fluorhydrique (F)	0,11	0,01

Recherches spéciales

Cuivre (Cu) : 0,006 mg/l Lithium (Li) : 0,038 mg/l Sélénium (Se) : mg/l
Plomb (Pb) : <0,001 mg/l Strontium (Sr) : 0,300 mg/l Arsenic (As) : mg/l
Zinc (Zn) : 0,010 mg/l Baryum (Ba) : 0,200 mg/l Chrome (Cr) : 0,008 mg/l
Cadmium (Cd) : <0,0001 mg/l Mercure (Hg) : <0,0001 mg/l Cyanures (Cn) : mg/l
Composés phénoliques (Phénols) : mg/l Nickel (Ni) : <0,001 mg/l
Hydrocarbures (spectrométrie IR) : mg/l Bore (B) : mg/l

ANALYSE BACTERIOLOGIQUE

Bactéries aérobies sur gélose nutritive
- après 24 h à 37° : 1 p. 1 ml
- après 72 h à 20-22° : 6 p. 1 ml
Bactéries coliformes sur membranes filtrantes à 37° : 0 p. 100 ml
Escherichia coli sur membranes filtrantes à 44° : 0 p. 100 ml
Streptocoques fécaux sur membranes filtrantes à 37° : 0 p. 100 ml
Clostridium sulfite-réducteurs : 0 p. 100 ml
Bactéries sulfato-réductrices : 0 p. 100 ml
Bactéries ferrugineuses : absence ds. 1 l.

OBSERVATIONS ET CONCLUSIONS Eau moyennement minéralisée, dure, bicarbonatée, sulfatée, chlorurée calcique et magnésienne. Elle est peu aérée et faiblement agressive vis à vis du marbre. Grande propreté bactériologique.

EAU POTABLE.

Le Directeur :

F. Ruff

Figure 7

6. CONDITIONS D'EXPLOITATION.

L'exploitation mettant en oeuvre plusieurs pompes, leur mise en route gagnera à être progressive et non simultanée, pour éviter d'ébranler l'ouvrage.

L'obtention du débit maximal après au moins plusieurs minutes de fonctionnement est recommandé.

L'étanchéité de la tête de puits sera conservée notamment lors du raccordement de la pompe immergée à la pompe à chaleur. La sortie de cette conduite souterraine sera rigoureusement étanchéifié.

Un contrôle de la qualité de l'eau des forages et de sa dégradation éventuelle sera utile. Sa périodicité pourrait être de 6 mois (soit en début et en fin de période de chauffe) grâce à des analyses physico-chimiques et bactériennes de l'eau.

On y recherchera spécialement les bactéries sulfato-réductrices et ferrugineuses susceptibles d'altérer les matériaux ferreux, mais aussi les traces de métaux pouvant être libérés par effets galvaniques sur les composants de l'installation immergée.

Un écrémage des eaux situées au-dessus des pompes ou en tête du forage de rejet est souhaitable, au moins deux fois durant l'arrêt d'exploitation estival. En effet, la stagnation de ces eaux est favorable à un développement de bactéries ou d'algues qui peut gêner ou être dommageable à l'exploitation des ouvrages. Le pompage de 3 à 5 m³ d'eau sera rejeté dans le réseau pluvial.

Un suivi des performances du forage et de leur évolution possible dans le temps, par mesure mensuelle des niveaux d'eaux, tant à l'arrêt qu'aux divers rythmes de pompages, serait également très utile pour diagnostiquer à temps toute dégradation accidentelle.

7. CONCLUSION.

Un doublet de forages pour des installations de chauffage a été réalisé aux immeubles du Centre de Secours Ouest à Strasbourg (67).

Les travaux exécutés par l'Entreprise SPEYSER ont abouti à la création :

- d'un ouvrage de captage de 65 m de profondeur captant les alluvions rhénanes entre 49 et 64 m de profondeur,
- d'un forage de rejet de 26 m de profondeur permettant l'injection des eaux dans les alluvions rhénanes entre 10 et 26 m de profondeur.

Le rendement du puits de captage est excellent, compte tenu de la faible valeur des pertes de charge.

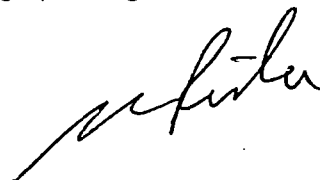
Le doublet pourra être exploité au débit nominal de 140 m³/h avec des pompes placées vers 12 m de profondeur sous le sommet du tube d'équipement. Le bas du tube plongeur dans le forage de rejet se situera à 11,5 m de profondeur sous le sommet du tube d'équipement.

L'Ingénieur chargé d'étude



B. MAUROUX

Le Directeur du Service
Géologique Régional Alsace



J.J. RISLER



COMMUNAUTE URBAINE DE STRASBOURG

Centre de Secours Ouest

Route d'Oberhausbergen à Strasbourg (67)

Création d'un doublet de forages pour pompe à chaleur

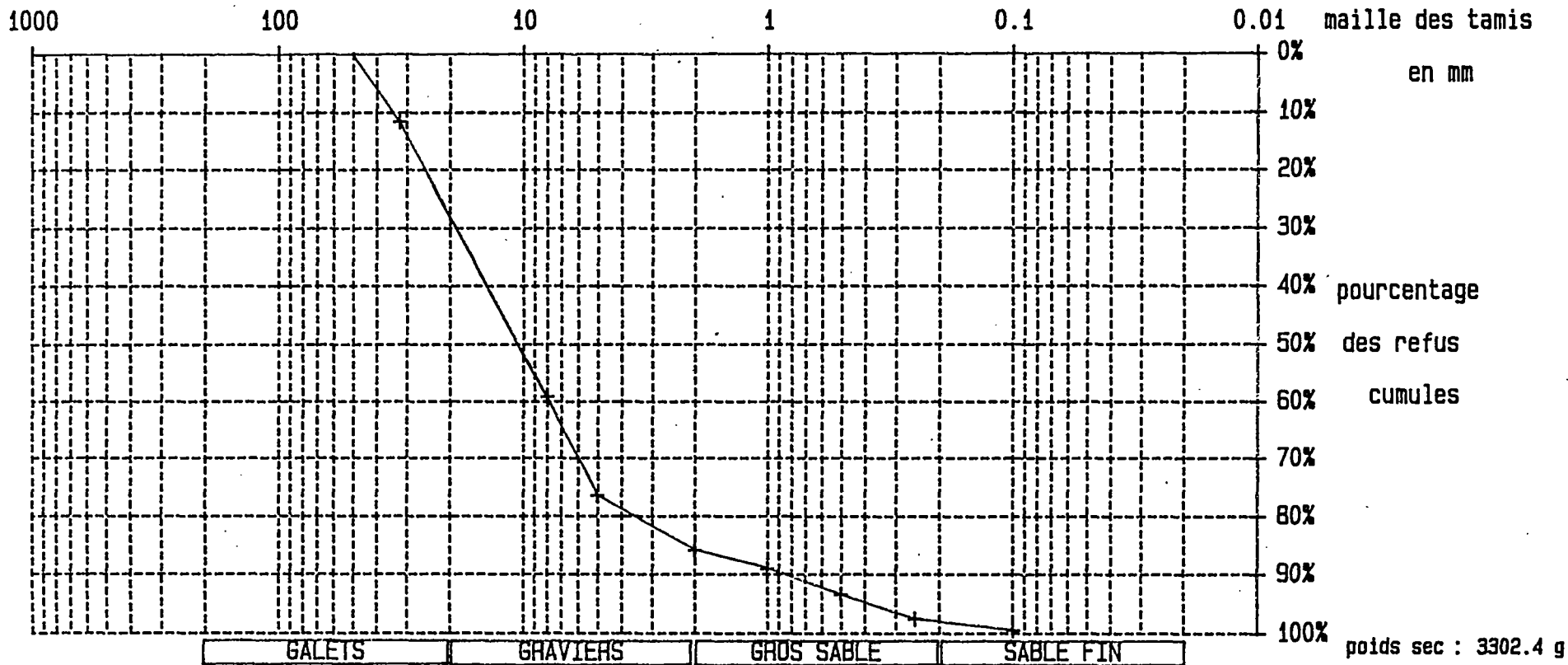
Indices nationaux 272-2-481 et 272-2-482

Compte-rendu de fin de travaux de forage

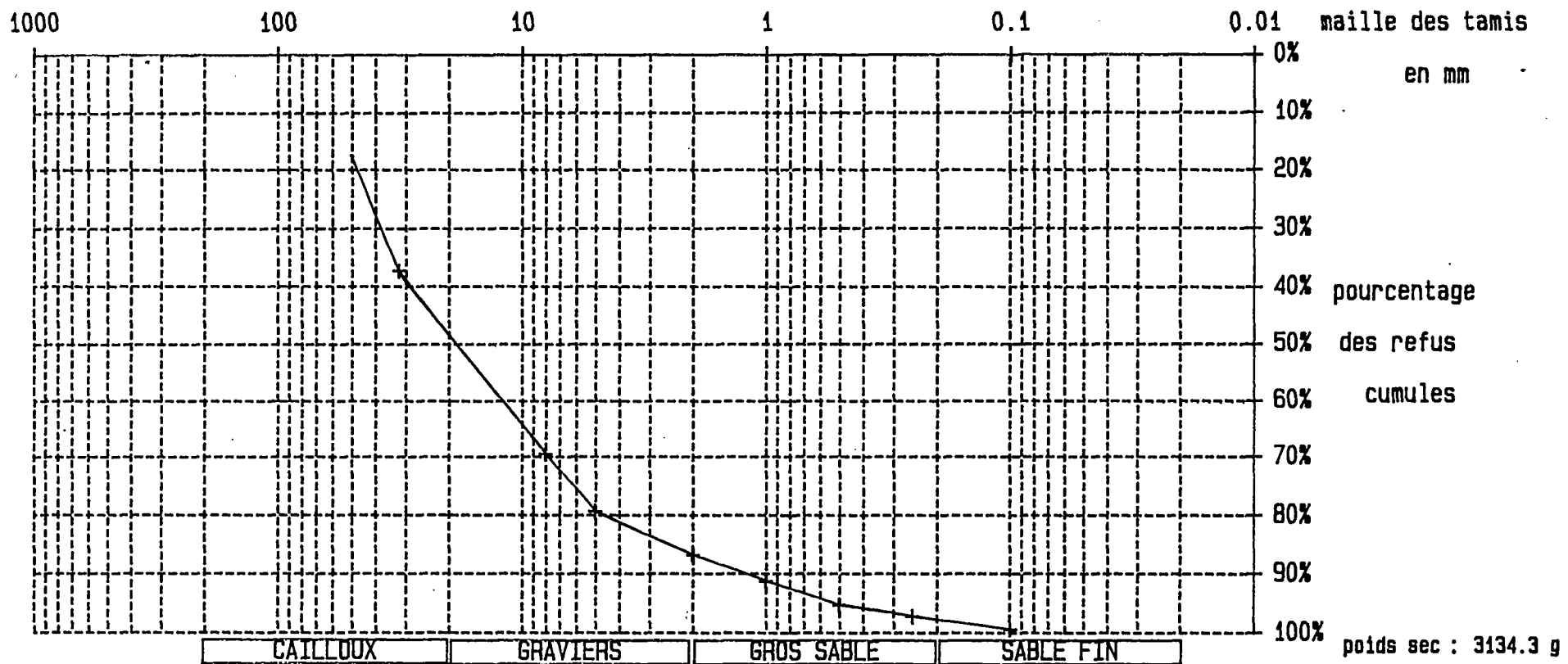
et des pompages d'essai

ANALYSES GRANULOMETRIQUES

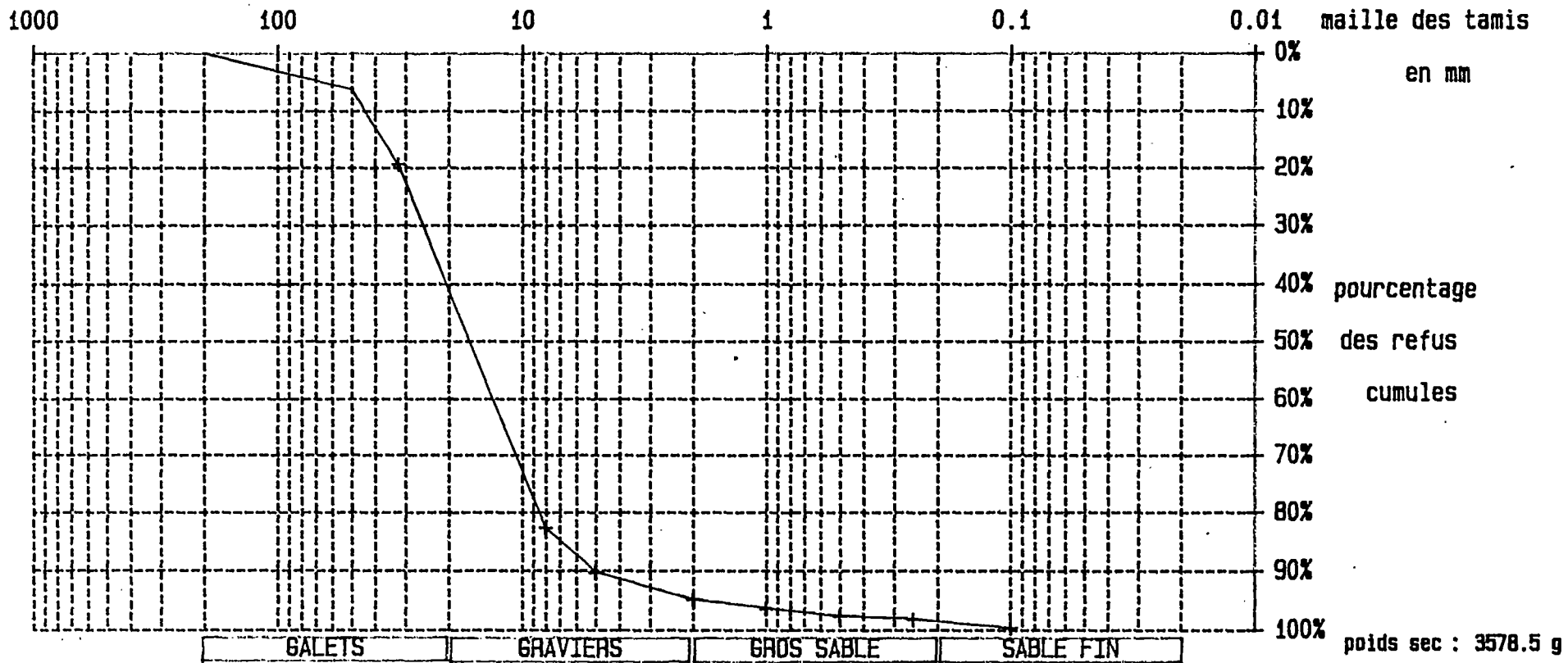
CENTRE DE SECOURS OUEST
Forage de captage n.272-2-481
ANALYSE GRANULOMETRIQUE
Profondeur 50-51 m



CENTRE DE SECOURS OUEST
Forage de captage n.272-2-481
ANALYSE GRANULOMETRIQUE
Profondeur 56-57 m



CENTRE DE SECOURS OUEST
Forage de captage n.272-2-481
ANALYSE GRANULOMETRIQUE
Profondeur 62-63 m

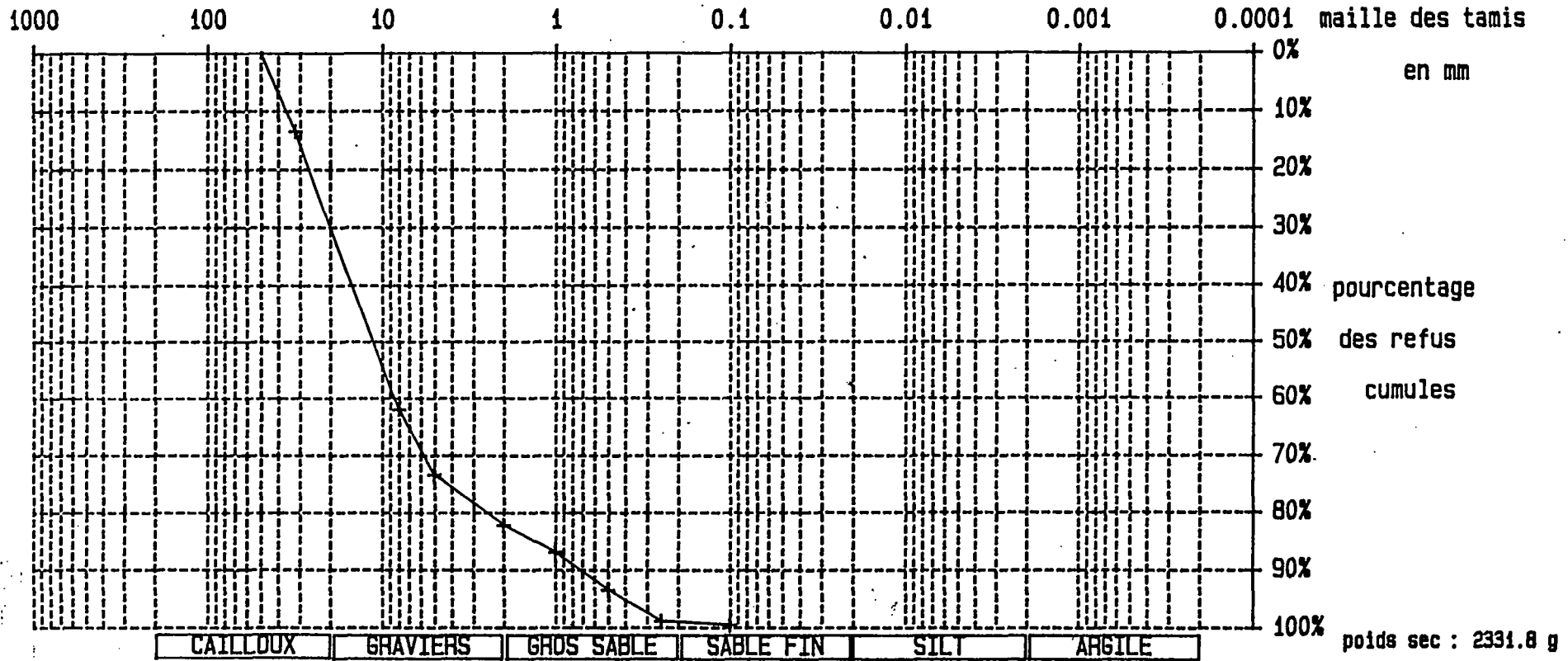


CENTRE DE SECOURS OUEST

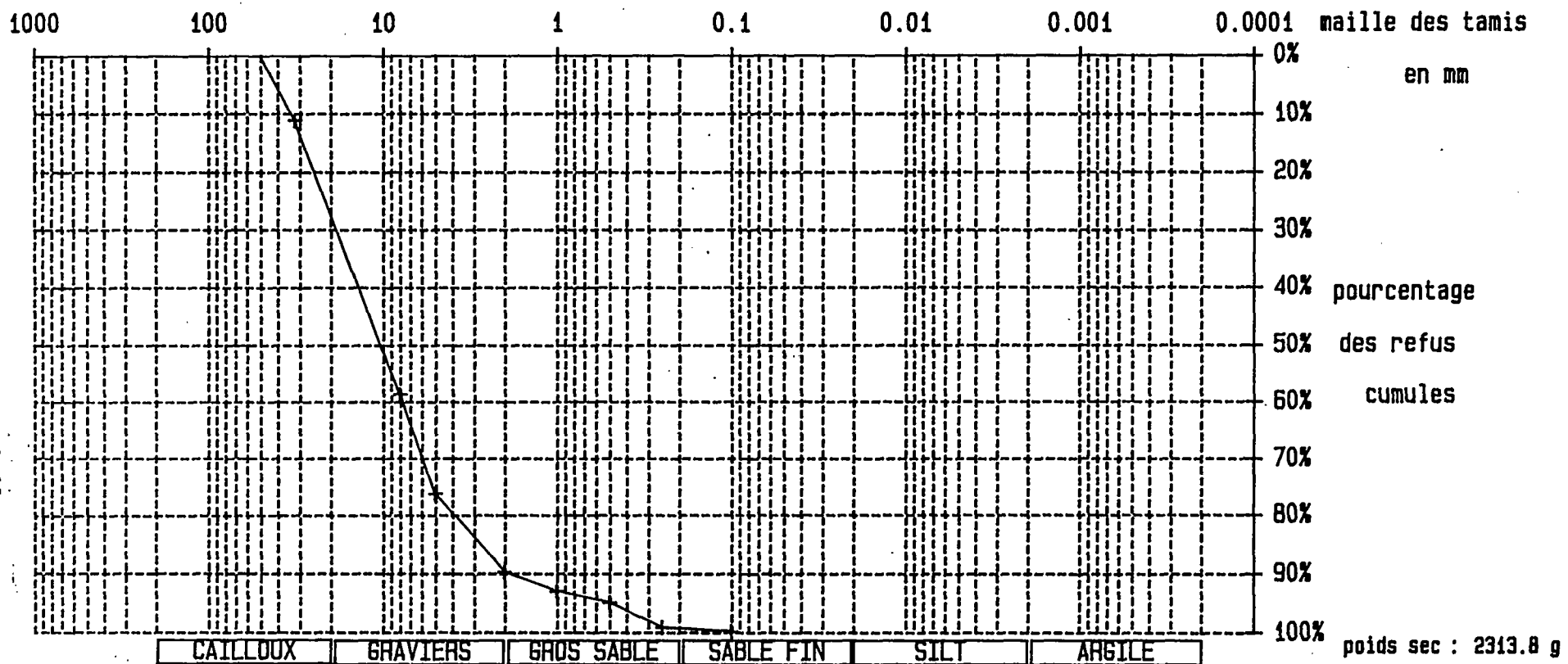
Forage de rejet

ANALYSE GRANULOMETRIQUE

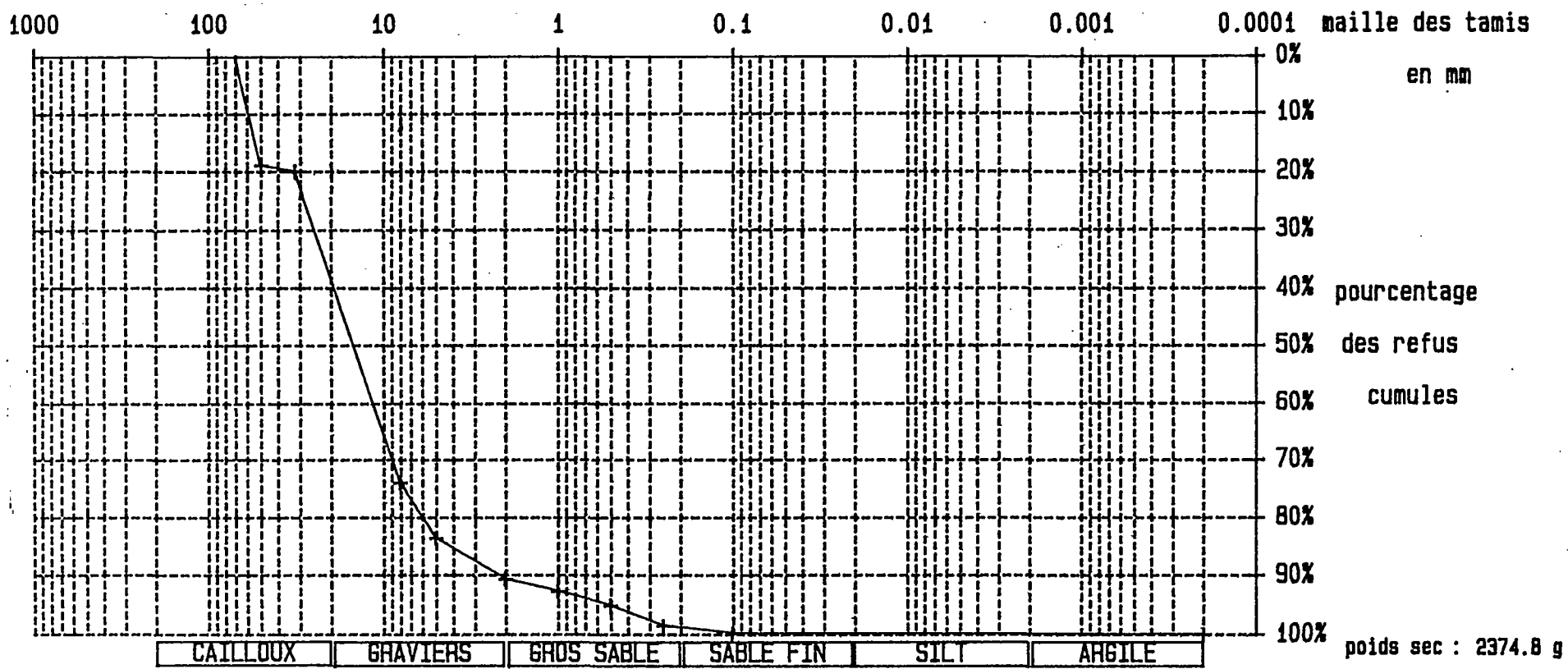
Profondeur 10-11 m



CENTRE DE SECOURS OUEST
Forage de rejet
ANALYSE GRANULOMETRIQUE
Profondeur 13-14 m



CENTRE DE SECOURS OUEST
 Forage de rejet
 ANALYSE GRANULOMETRIQUE
 Profondeur 18-19 m

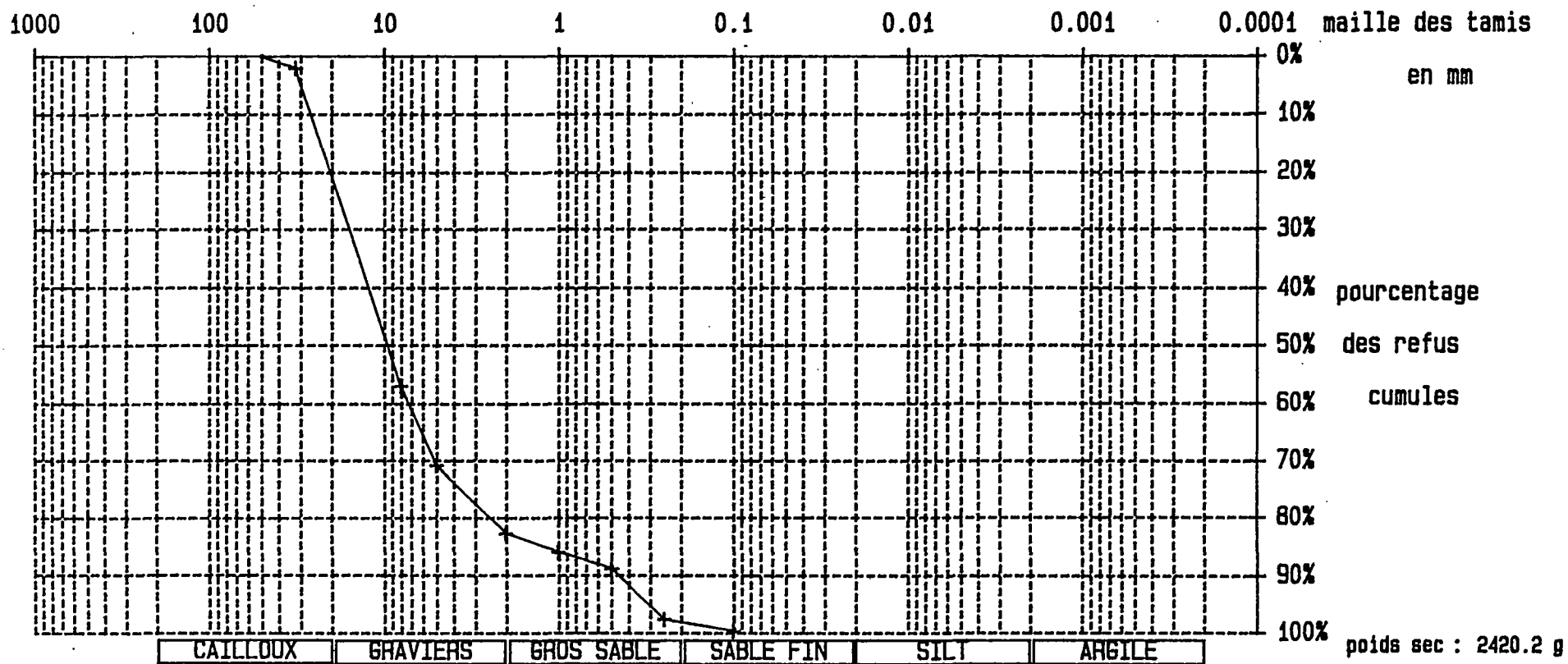


CENTRE DE SECOURS OUEST

Forage de rejet

ANALYSE GRANULOMETRIQUE

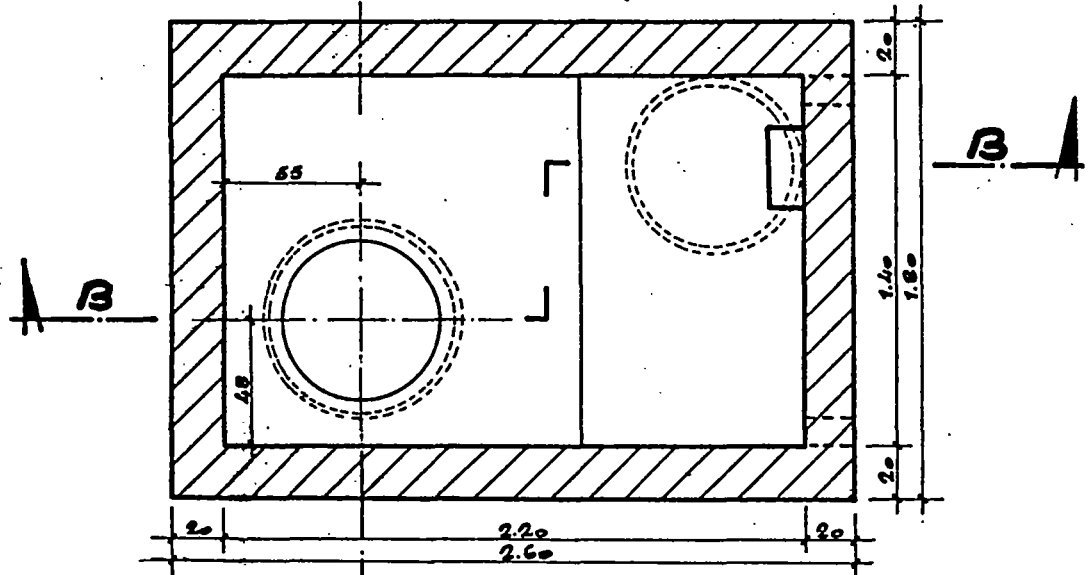
Profondeur 23-24 m



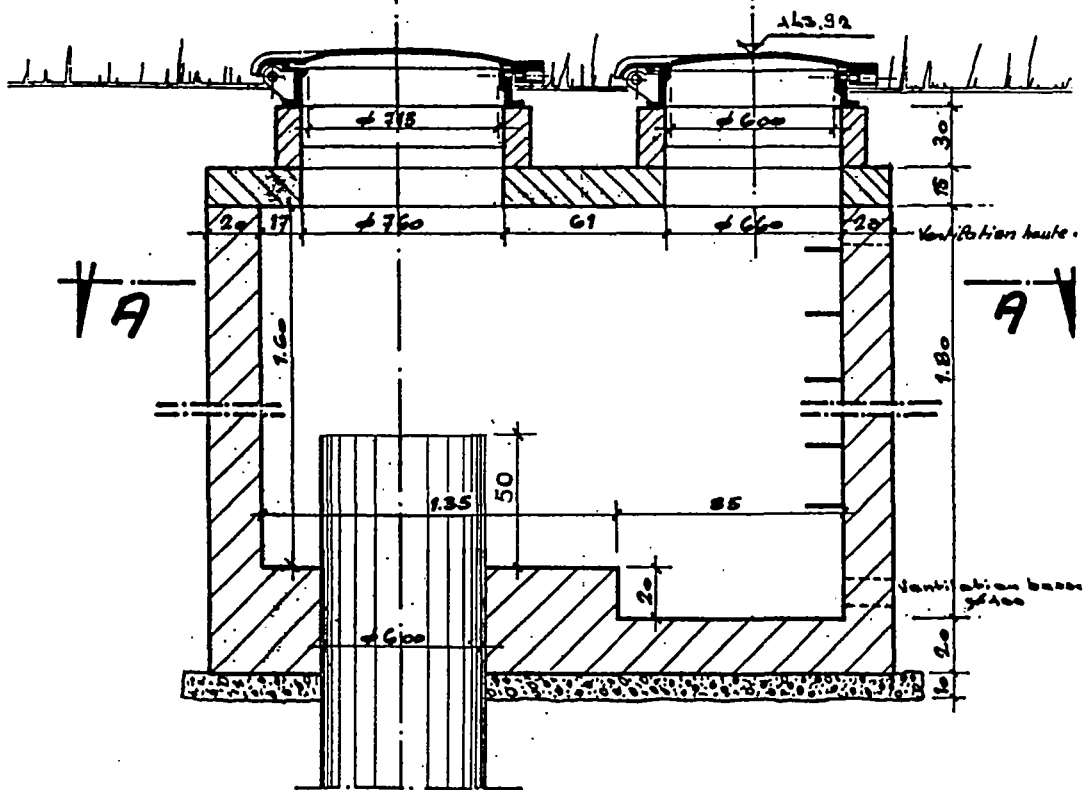
FORAGE DE CAPTAGE DU CENTRE DE SECOURS OUEST
STRASBOURG-CRONENBOURG

PLAN DE L'AVANT-PUITS

COUPE A-A



COUPE B-B



FORAGE DE REJET DU CENTRE DE SECOURS OUEST
PLAN DE L'AVANT-PUITS