



BRGM

BUREAU DE RECHERCHES
GEOLOGIQUES ET MINIERES

SGR BRETAGNE
14, Avenue du Sergent Maginot
35100 RENNES
Tél : (99) 30.94.51

DIRECTION REGIONALE DES
TELECOMMUNICATIONS

RENNES

ETUDE HYDROGEOLOGIQUE
du site du
CENTRE COMMUN D'ETUDES DE TELEVISION
ET TELECOMMUNICATIONS
de RENNES - CESSON-SEVIGNE (35)
par
H. TALBO

80 SGN 502 BRE

juillet 1980

S O M M A I R E

	Page
1 - INTRODUCTION - RAPPEL DES OBJECTIFS	1
2 - MOYENS MIS EN OEUVRE	1
21 - Géophysique	1
22 - Forages mécaniques	3
23 - Pompage d'essai	4
24 - Cartes de niveaux	4
3 - RESULTATS	4
31 - Fluctuations piézométriques	4
32 - Cartes piézométriques	6
33 - Prospection géophysique	9
34 - Sondages mécaniques	10
35 - Pompage d'essai	13
RESULTATS	16
CONSEQUENCES	21
REMARQUES	21
CONCLUSIONS HYDROGEOLOGIQUES	24

1 - INTRODUCTION - RAPPEL DES OBJECTIFS

Le site où sera construit le futur Centre Commun d'Etudes de Télévision et Télécommunications (C.C.E.T.T.) à Cesson-Sévigné (Rennes 35) a fait l'objet, depuis 1977, d'études géotechniques très complètes par le Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées de Saint-Brieuc. La mise en place, début mai 1980, d'une série de piézomètres, ayant montré que la surface de la nappe était partout proche du sol, le L.R.P.C. a attiré l'attention de l'Administration sur la nécessité de tenir compte de ce fait dans la conception des travaux.

Monsieur le Directeur des Travaux Neufs de la Direction Régionale des Télécommunications de RENNES a chargé le B.R.G.M. d'une étude complémentaire afin de définir l'hydrogéologie du secteur et de préciser l'incidence de l'eau souterraine sur les travaux prévus.

Les terrains du C.C.E.T.T. sont situés sur le flanc nord de la butte de Coësmes, dont le sommet est occupé par le relai hertzien. Ce relief important (plus de 70 m N.G.F.) est constitué de granite - une ancienne carrière existe immédiatement au sud de la tour - qui s'ennoie assez rapidement, à mi pente, sous les formations du Briovérien : grès et schistes peu métamorphisés ; la route d'Acigné qui limite le terrain au nord, est entièrement sur le Briovérien.

2 - MOYENS MIS EN OEUVRE

2.1 - Géophysique

Deux types d'appareils ont été utilisés :

- Conductivimètre EM 31 : Le conductivimètre EM 31 permet la mesure directe de la conductivité du sous-sol (et de son inverse, la résistivité), jusqu'à une profondeur de l'ordre de 6 m. L'appareil est constitué par une barre de 4 m de longueur aux extrémités de laquelle sont placés un émetteur de basse fréquence (9,8 khz) et un récepteur.

L'émetteur induit dans le sous-sol des courants circulaires qui sont à l'origine d'un champ magnétique secondaire dont l'intensité est proportionnelle à la conductivité des terrains explorés, mesurée par le récepteur.

Les mesures ont été faites au pas de 10 m ; cette maille n'a toutefois pu être maintenue partout en raison de la densité de la végétation (coin nord-est du terrain et au niveau des haies).

- Résistivimètre EM 16 R

Cet appareil est un récepteur d'ondes de basse fréquence qui permet la mesure directe de la résistivité apparente du sous-sol entre deux électrodes implantées à 10 m de distance l'une de l'autre.

Les ondes utilisées proviennent d'émetteurs destinés à maintenir le contact radio avec les sous-marins en plongée. Elles induisent dans le sol des courants électriques qui sont à l'origine d'un champ magnétique et d'une différence de potentiel. La résistivité mesurée, est une fonction de ces deux paramètres.

La profondeur d'investigation P et la résistivité apparente ρ sont liées par la relation approchée :

$$P = 3,6 \sqrt{\rho}$$

La méthode s'apparente donc au trainé électrique à une seule longueur de ligne ; les valeurs de résistivité que l'on mesure intègrent une tranche de terrain étroite (10 m), mais d'épaisseur variable, ici comprise en moyenne entre 25 et 50 m. Cette méthode est directionnelle : elle permet la mise en évidence d'anomalies suivant la direction des émissions V.L.F. (Very Low Frequency).

Pour cette prospection on a utilisé les ondes en provenance de deux émetteurs :

- F U O (Chateauroux), en direction de l'E.S.E.
- J X Z (Norvège) en direction du N.N.E.

Les deux directions étant pratiquement orthogonales, les discontinuités et hétérogénéités peuvent ressortir de façon optimale.

Par ailleurs, la mesure simultanée de la résistivité apparente et du déphasage existant entre les composantes électriques et magnétiques permet en principe de savoir s'il existe un ou deux terrains et si le terrain inférieur est le plus conducteur ou le plus résistant.

Ici, la maille de mesure est rectangulaire (10 m x 20 m), mais a été resserrée au niveau des haies ; dans la partie centrale et nord de la zone explorée, elle se superpose à la maille de l'EM 31.

D'une manière générale, l'interprétation des données géophysiques est toujours délicate. Il ne faut demander aux procédés utilisés que la détermination d'unités (zones où la "réponse géophysique" est comparable) au sein desquelles les caractéristiques du sous-sol ont des chances d'être analogues.

22 - Forages mécaniques

Cinq forages ont été réalisés, pour préciser la piézométrie (P 17), définir la signification des unités "vues" par la géophysique (coupe géologique et eau souterraine), reconnaître si en profondeur le sous-sol n'avait pas des propriétés hydrauliques très différentes de celles des horizons superficiels, susceptibles d'influer sur les niveaux piézométriques en cas de terrassement, et permettre la réalisation d'un pompage d'essai destiné à définir le schéma de l'écoulement souterrain et mesurer les caractéristiques hydrodynamiques du sous-sol.

Les forages ont été réalisés par la méthode du battage rapide à l'air comprimé ("marteau-fond-de-trou") : l'énergie est fournie par l'air comprimé qui actionne l'outil ("marteau") placé au bas du train de tiges, remonte les cuttings et l'eau qui peut être contenue dans le terrain traversé. Tant que dure la foration (quelques heures, la méthode est très rapide) on réalise un véritable pompage par émulsion (air-lift). L'évolution du débit exhaure à mesure de l'approfondissement du forage fournit des indications sur l'emplacement des venues d'eau ; sa valeur, en fin de foration, est représentative, en première approximation de la transmissivité^④ locale.

Chaque forage a été équipé d'un tube PVC lanterné à la base, les mesures de niveau ultérieures étant faites systématiquement depuis le bord du tubage (repère).

N°	Prof. totale	Hauteur repère/sol	Z repère N.G.F.	Diamètre foration				Equipement			
				Ø 254		Ø 152		Prébusage Ø 200 mm	Tubage Ø 112/125	Tubage Ø 101/110	
				le	à	de	à	plein	crépiné	plein	crépiné
P17	7,0	0,40	66,22			0	7	0	4	3	
S 1	30,0	0,25	65,84	0	10	10	30	10	22	8	
S 2	9,0	0,40	66,23			0	9	0	5	4	
S 3	30,0	0,35	65,95	0	4	4	30	1	22	8	
S 4	24,0	0,40	63,79	0	6	6	24	4		20	4

④ Transmissivité T : produit de la perméabilité par l'épaisseur de l'aquifère, s'exprime en m^2/s (ou m^2/h).

23 - Pompage d'essai

Un pompage d'essai de quatre jours au débit moyen de 1,4 m^3/h a été réalisé du 26.06 à 9 h au 30.06 à 10 h 40, à l'aide d'un groupe immergé de 4" (diamètre d'encombrement 95 mm) descendu dans S 1 et alimenté depuis un générateur autonome. Après l'arrêt du pompage, la remontée de la surface de la nappe a été observée jusqu'au 2.07 à 9 h. Des mesures de niveau ont été régulièrement prises à tous les piézomètres du secteur, mais selon des pas de temps différents, selon leur éloignement au forage d'essai. L'ensemble des mesures est récapitulé sous forme de tableaux, fournis en fin de rapport.

Une première tentative d'essai a eu lieu le 25.06, mais la pompe trop puissante ne pouvait convenir. Par ailleurs, des "coups de pompe" ont été donnés dans S 3 et S 4 ; ils ont confirmé les résultats obtenus lors de la foration : à ces endroits les débits sont extrêmement faibles (donc la transmissivité du sous-sol), non mesurables avec les moyens utilisés.

24 - Cartes des niveaux

En utilisant les données disponibles, différentes cartes ont pu être dressées pour rendre compte du sens de l'écoulement de la nappe (cartes piézométriques : courbes de niveau en NGF de la surface de la nappe), de sa profondeur sous le sol (carte d'iso-profondeur) ou de l'aire d'influence du pompage (cartes d'iso-rabattements).

3 - RESULTATS

31 - Fluctuations piézométriques

Il existe sur le site 17 piézomètres profonds de 5 à 8 m, numérotés P 1 à P 16 (P 14 est doublé par un P 14b). Mis en place début mai par le L.R.P.C. et rattachés au N.G.F., leurs niveaux ont été mesurés par l'Administration des Télécommunications les 8 - 9 - 19 - 28/05 et 10/06.

Les cinq ouvrages complémentaires (P 17 et S 1 à S 4), réalisés entre le 20 et le 24 juin ont également été rattachés au N.G.F.

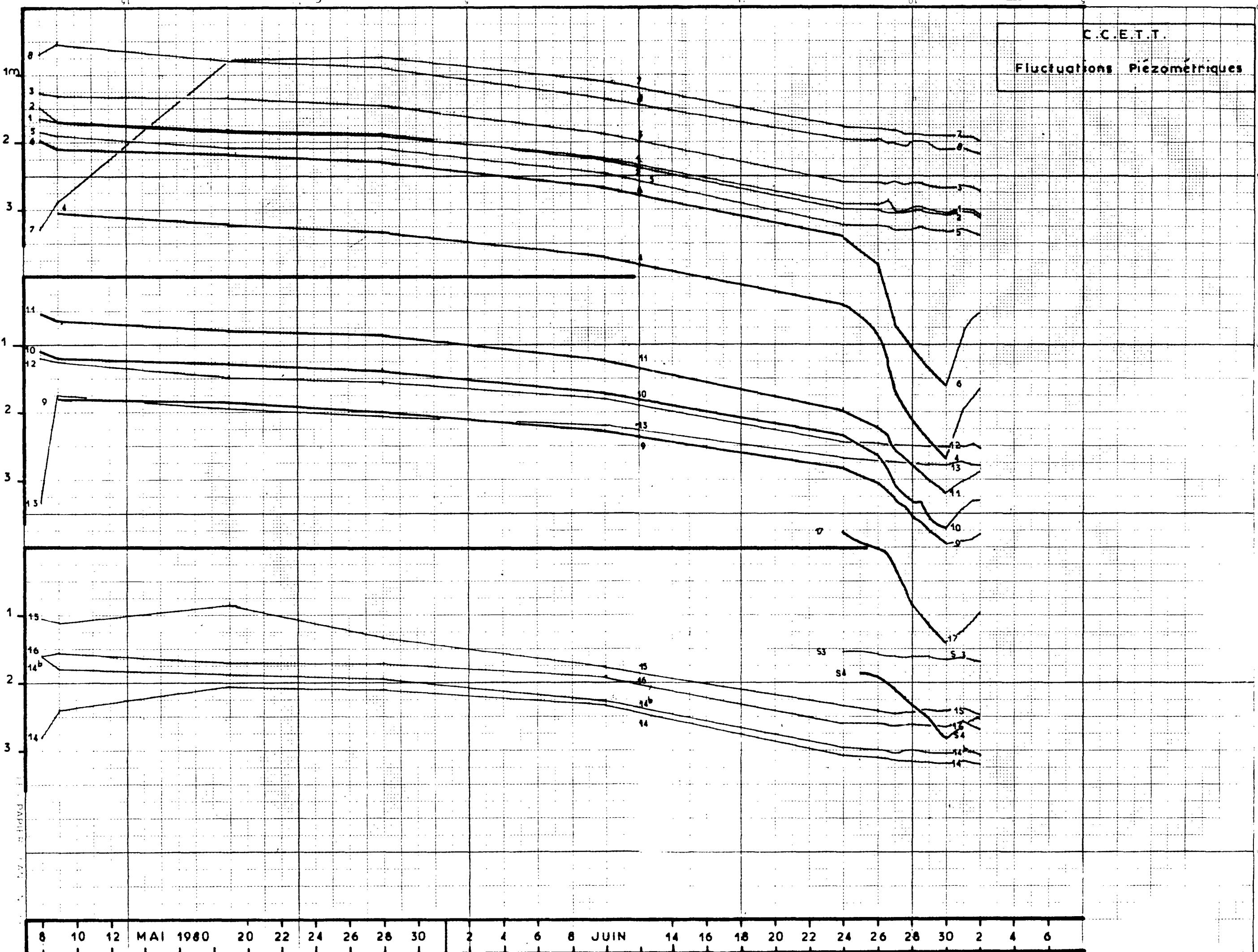
Du 24/06 au 2/07, les niveaux ont été mesurés au moins 2 fois par jour dans l'ensemble du réseau de surveillance (22 piézomètres) - cf. tableaux des mesures (NGF) en fin de rapport.

Figure 1

- 5 -

C.C.E.T.T.

Fluctuations Piezométriques



Sur le graphique de la figure 1 on a reporté l'évolution de la surface de la nappe à chacun des piézomètres (à l'exception de S 1 et S 2), les mesures sont exprimées en profondeur de la surface piézométrique sous le sol. Au début de mai on observe dans les piézomètres (qui viennent d'être réalisés) des fluctuations diverses, correspondant à des réajustements après les perturbations imposées par la foration. A partir du 19 mai et plus sûrement du 28 mai, il semble que les pressions soient partout rééquilibrées et tous les piézomètres montrent des évolutions très parallèles jusqu'au 25 juin (première tentative de pompage).

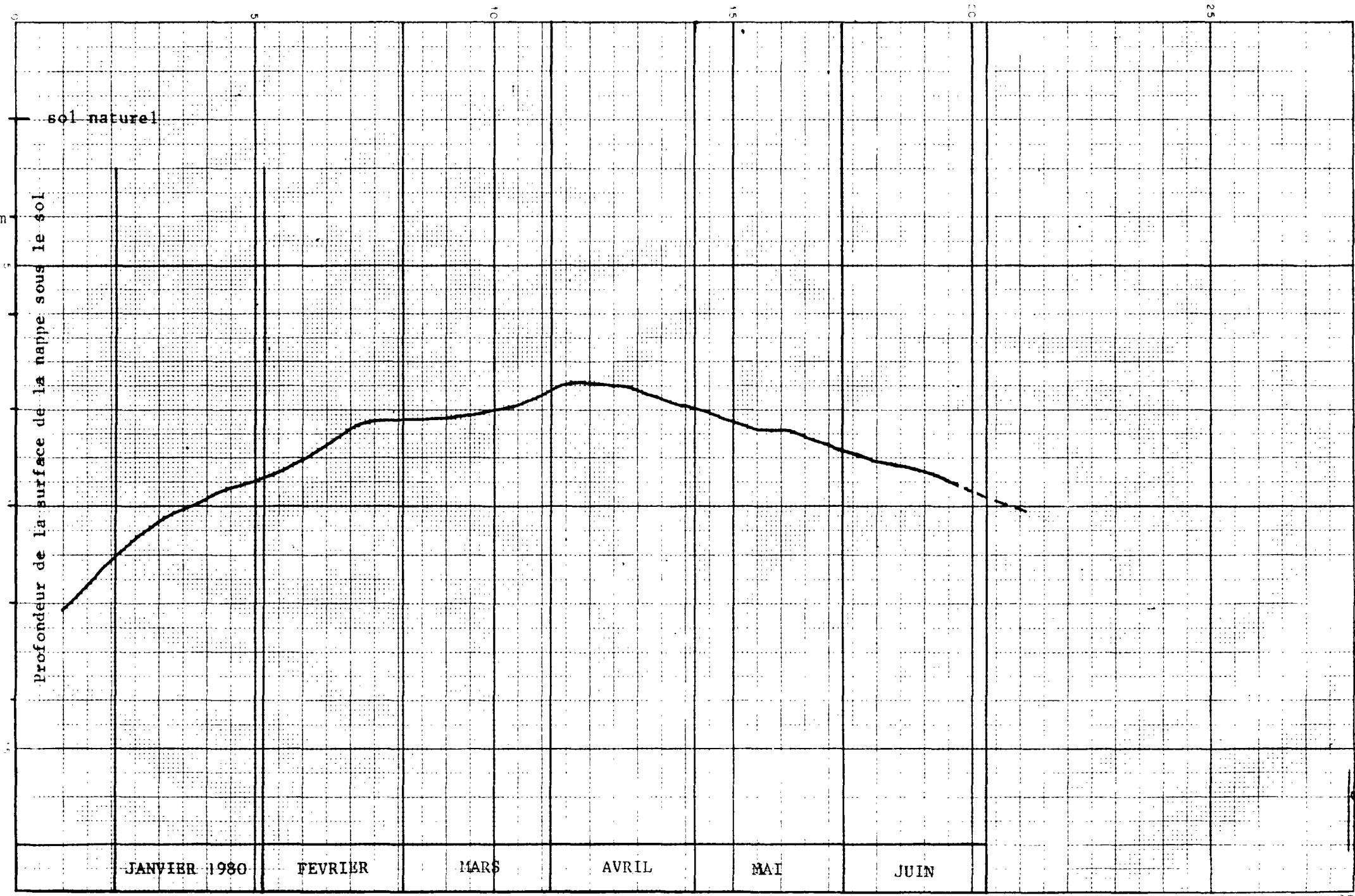
Pendant le pompage, deux groupes de comportements sont très visibles : aux piézomètres S 4, P 6, P 4, P 11, P 10, P 9 et P 17, la nappe réagit au pompage et en phase avec lui ; les autres ouvrages ne paraissent pas influencés (en fait, après l'arrêt de la pompe, ils accusent tous une légère remontée avant de reprendre leur mouvement général de descente : l'influence du pompage existe, mais elle est très faible et indirecte).

Remarque - Au moment où ont été prises les premières mesures, la nappe n'était déjà plus à son état de remplissage maximum ; sur le graphique de la figure 2 on a reporté l'évolution de la nappe pendant la même période, dans une situation comparable (granite de Fougères), encore que dans des conditions de pluviométrie plus importante. On peut voir que le point le plus haut est atteint le 5 avril et qu'entre ce moment et le 28 mai - date de la première carte piézométrique (cf. plus loin) - la nappe a déjà pu s'abaisser de près de 0,75 m. On peut donc considérer que pendant un certain temps (15 jours à un mois), la surface de la nappe, dans des conditions naturelles, doit être chaque année subaffleurante dans une fraction importante du site.

32 - Cartes piézométriques

Les cartes piézométriques constituent une représentation en courbes de niveaux de la surface de la nappe. Les courbes sont obtenues par interpolation entre les valeurs mesurées à chaque piézomètre. Trois cartes ont été réalisées, correspondant aux relevés du 18 mai, du 10 juin et du 24 juin 1980 -(cf. hors texte, planches 1, 2 et 3).

Les trois cartes sont très semblables, ce qui traduit la lenteur de l'écoulement souterrain. On distingue un dôme piézométrique bien marqué, dont l'axe passe par P 14b, entre P 7 et P 8 et se suit jusqu'aux environ de P 11 ; au sud le dôme piézométrique est concordant avec le dôme topographique, ce qui n'est plus vrai plus au sud. A l'est de la crête piézométrique, les écoulements sont en direction du N-E, vers un axe de drainage visible seulement sur la carte du 24 juin 1980 (sa détermination est permise par P 17 qui n'a été réalisé que le 20 juin) ; à l'W de la crête piézométrique



les écoulements souterrains sont en direction du N-W. Au nord-ouest du site, à partir approximativement d'une ligne P 12 - P 13, les isopièzes ont tendance à reprendre une direction parallèle aux courbes de niveaux topographiques.

On distingue, essentiellement sur la première carte (28 mai), un dôme piézométrique secondaire dans le secteur P 14 - P 15, qui peut être dû à une suralimentation locale de la nappe (le chemin concentrant sur ce secteur une partie des ruissellements) ; cependant, au nord de P 15 et pratiquement jusqu'à la route se trouvent des touffes de joncs indiquant que la nappe est ici en permanence très près du sol, ce qui pourrait être provoqué par une remontée locale du socle très peu perméable.

Toutes choses égales par ailleurs, le gradient hydraulique (pente de la surface de la nappe) est fonction de la transmissivité du réservoir. De ce point de vue, on peut distinguer :

- un secteur sud (P 14^b - P 1 - P 2 - P 3), les isopièzes concordantes avec la topographie y indiquent un terrain assez homogène (arènes granitiques - cf. tranchée sud, près de P 2),

- un secteur correspondant au Verger, limité à 1'W par le chemin central et au sud par une ligne passant entre P 11 et P 14 et entre P 10 et P 13, où la transmissivité serait relativement importante : le gradient peut être voisin de 1.10^{-2} ,

- un secteur W où les isopièzes sont très resserrées, le gradient hydraulique y approche 0,1 : la transmissivité du secteur paraît beaucoup plus faible (10 fois plus faible ?) que dans le secteur du verger,

- un secteur N.W (au sud de P 15 - P 14 - P 13) où les isopièzes prennent une direction parallèle à la topographie tout en se desserant légèrement.

Remarque : vers le sud, le tracé réel des isopièzes doit être différent ; on ne dispose pas de points de mesure, mais il existe au coin NE de la station hertzienne quelques touffes de joncs, ce qui semblerait indiquer que la surface de la nappe est en permanence proche du sol, soit à une altitude voisine de 67 à 67,5 NGF (sous réserve que cette humidité permanente ne soit pas due à des causes étrangères à l'eau souterraine en place).

La carte de la planche 4 représente la profondeur sous le sol de la surface de la nappe (au 28 mai). On voit que la nappe est très près du sol naturel, dans toute la partie centrale ; compte tenu de ce qui a été dit en 31 - Remarque, la nappe doit pratiquement affleurer le sol dans cette zone au moment des plus hautes eaux.

33 - Prospection géophysique

Les résultats de la prospection géophysique sont présentés sur les 3 cartes de résistivités mesurées à l'EM 31 (Planche 5), à l'EM 16 R selon FUO (Planche 6) et à l'EM 16 R selon JXZ (Planche 7). Les contrastes sont assez faibles, moins marqués à l'EM 16 R qui intègre une plus grande épaisseur de terrain.

On a choisi de ne représenter que trois grandes catégories de terrains, aux limites définies arbitrairement :

- terrains "conducteurs", à résistivité inférieure à 50 ohms/mètre,
- terrains "résistants" (au sens électrique du terme), à résistivité supérieure à 150 ohms/mètre (EM 31) ou 100 ohms/mètre (EM 16 R),
- terrains intermédiaires, ou faiblement résistants, à résistivité comprise entre 50 et 100 ou 150 ohms/mètre.

Les données ainsi obtenues sont très cohérentes entre elles et avec la piézométrie. On peut définir :

- un grand compartiment électriquement résistant à l'est, coïncidant assez exactement avec l'unité du Verger, précédemment définie. Tout ce secteur peut être considéré comme transmissif (relativement aux autres secteurs) et sain (ou ayant un substratum sain à relativement faible épaisseur),
- un grand compartiment ouest et central, conducteur, devant correspondre à un sous-sol très altéré (ou dont le substratum sain est à plus grande profondeur que précédemment) et faiblement transmissif (secteur où les isopièzes sont très resserrées),
- au sud, une unité électriquement résistante, dont la trace à faible profondeur (EM 31) est au coin nord-est de la station hertzienne, juste en aval des touffes de joncs précédemment citées. On peut en conclure qu'il doit s'agir de granite "sain" subaffleurant et très peu perméable,
- au nord, une unité électriquement résistante à intermédiaire, à deux branches orthogonales, séparée de l'unité du Verger par une bande conductrice (axée sensiblement sur P 12 - P 13). Cette unité nord est certainement complexe dans le détail et on ne sait comment l'interpréter : il peut s'agir d'un sous-sol sain à faible profondeur, et perméable (par analogie avec l'unité du Verger), ou d'un sous-sol sain à faible profondeur et peu perméable (par analogie avec le secteur sud). Il faut noter que c'est dans cette zone (P 14 - P 15 - P 16) que sera fondé l'amphithéâtre.

Enfin, la limite de déphasage portée sur les cartes de l'EM 16 R semble pouvoir être assimilée à la limite nord d'affleurement des formations granitiques qui, plus au nord, sont recouvertes par le Briovérien.

Il convient de noter que les trois puits creusés à la pelle mécanique jusqu'à environ 4 - 5 m de profondeur sont situés :

- le plus au sud, près de P 2, dans des terrains électriquement intermédiaires : il est foncé dans des arènes granitiques cohérentes, se tenant bien,
- le central, près de P 8, dans des terrains conducteurs : il est foncé dans des arènes argileuses à très faible tenue (le trou est entièrement éboulé),
- le plus au nord, près de P 15, dans des terrains électriquement résistants (EM 31) : il est foncé dans des schistes altérés et compacts ; ses parois sont restées parfaitement verticales.

34 - Sondages mécaniques

Les sondages ont été implantés :

- P 17 pour permettre de préciser la piézométrie sur laquelle des doutes subsistaient dans la zone est du secteur,
- S 1 sous un futur bâtiment, dans l'unité du Verger. S'agissant du secteur a priori le plus transmissif, il a été doublé par S 2,
- S 3, sous un futur bâtiment, dans l'unité centrale conductrice,
- S 4, sous un futur bâtiment, à proximité immédiate d'une apophyse conductrice dont on pouvait craindre qu'elle corresponde à une zone très fracturée en profondeur, à la transmissivité forte, non visible sur les cartes piézométriques en raison de son étroitesse.

En même temps qu'avaient lieu les opérations de foration, on a régulièrement mesuré le niveau dans le piézomètre le plus proche du sondage de façon à se rendre compte à partir de quelle profondeur le pompage accompagnant la foration pouvait avoir un effet sur les niveaux superficiels.

P 17 : 0 à 6 m : argile ocre à rougeâtre avec quelques morceaux de schistes et grès
6 à 6,75 : schistes gréseux altérés
humidité vers 2 m, pas de sortie d'eau

S 1 - 20/06/80

0 à 11,5 m : argile ocre à rougeâtre avec quelques blocs de grès et débris de schistes
humidité vers 5,5 m

11,5 à 23,0 m : granite très altéré (argile) - filonnets de quartz vers 14,5 m

23,0 à 30,0 m : granite moins altéré, de moins en moins vers le bas, passées kaoliniques, feldspaths détruits jusqu'à 24 m
Débit final : 4 à 5 m³/h

Niveau piézo. dans P 6	Profondeur atteinte par la foration
3,40 m	avant foration
3,42 m	3,5 m
2,97 m	12 m
3,58 m	20 m
3,72 m	29 m
3,97 m	30 m
3,49 m	le 23/06

S 2 - 23/06/80

0 à 7,9 m: argile ocre rougâtre légèrement sableuse
7,9 à 9,10 : argile ocre, probablement altération d'un granite
Pas de venues d'eau - humidité vers 5 m en cours de foration, les N.p n'ont pas varié dans P 6 ni dans S 1

S 3 - 23/06/80

0 à 5 m : arène argileuse ocre
traces d'humidité vers 2 m

5 à 11 : arène cohérente - feldspaths légèrement kaolinisés

11 à 13 : granite très altéré - nette trace d'humidité à 12 m -
1ère venue d'eau à 12,5 m

13 à 24,5 : granite moyen à 2 micas, altéré - filonnet de quartz vers 13,8 m

24,5 à 30 : granite de plus en plus sain
très peu d'eau <0,5 m³/h

N.P. dans P 8	Profondeur atteinte par la foration
1,88	avant foration
1,88	7 m
1,88	12 m
2,07	13 m
2,11	15 m
2,24	20 m
2,47	25 m
2,72	30 m - arrêt foration 17 h 30
2,95	17 h 50
3,08	18 h
3,22	18 h 30

S 4 - 24/06/80

0 à 11,9 m : argile jaune à ocre avec débris de schiste gréseux
11,9 à 20 : arène granitique argileuse ocre
20 à 24 : granite très altéré jusqu'à 22 m,
altéré de 22 à 24 m
débit < 0,5 m³/h

N.P. dans P 11	Profondeur atteinte par la foration
1,97	avant foration
1,97	6 m
1,97	11 m
2,11	13 m
2,30	16 m
3,10	19 m
3,55	21 m
3,99	30' après la fin de la foration

Les niveaux disposant d'une certaine conductivité hydraulique sont à partir de -12 m (très peu différents dans les 3 forages profonds). Lorsque ces niveaux sont atteints et sollicités, les niveaux supérieurs se vident "par le fond", avec un certain retard : les niveaux continuent à baisser dans les piézomètres peu profonds un certain temps après l'arrêt de la foration (du pompage). Après plusieurs heures, ils retrouvent leur niveau initial.

On remarquera que si on obtient 4 à 5 m^3/h à S 1, le débit reste inférieur à 0,5 m^3/h à S 3 et S 4. A priori, la transmissivité locale du réservoir est de l'ordre de 10 fois plus faible à S 3 et S 4 qu'à S 1, ce qui confirme tout à fait les données de la piézométrie.

Ces sondages permettent en outre de mieux connaître la nature du sous-sol et la limite d'affleurement du granite, dont on peut voir qu'elle est cohérente avec les données de la géophysique. Ces données sont schématisées sur les deux coupes des figures 3 et 4.

35 - Pompage d'essai

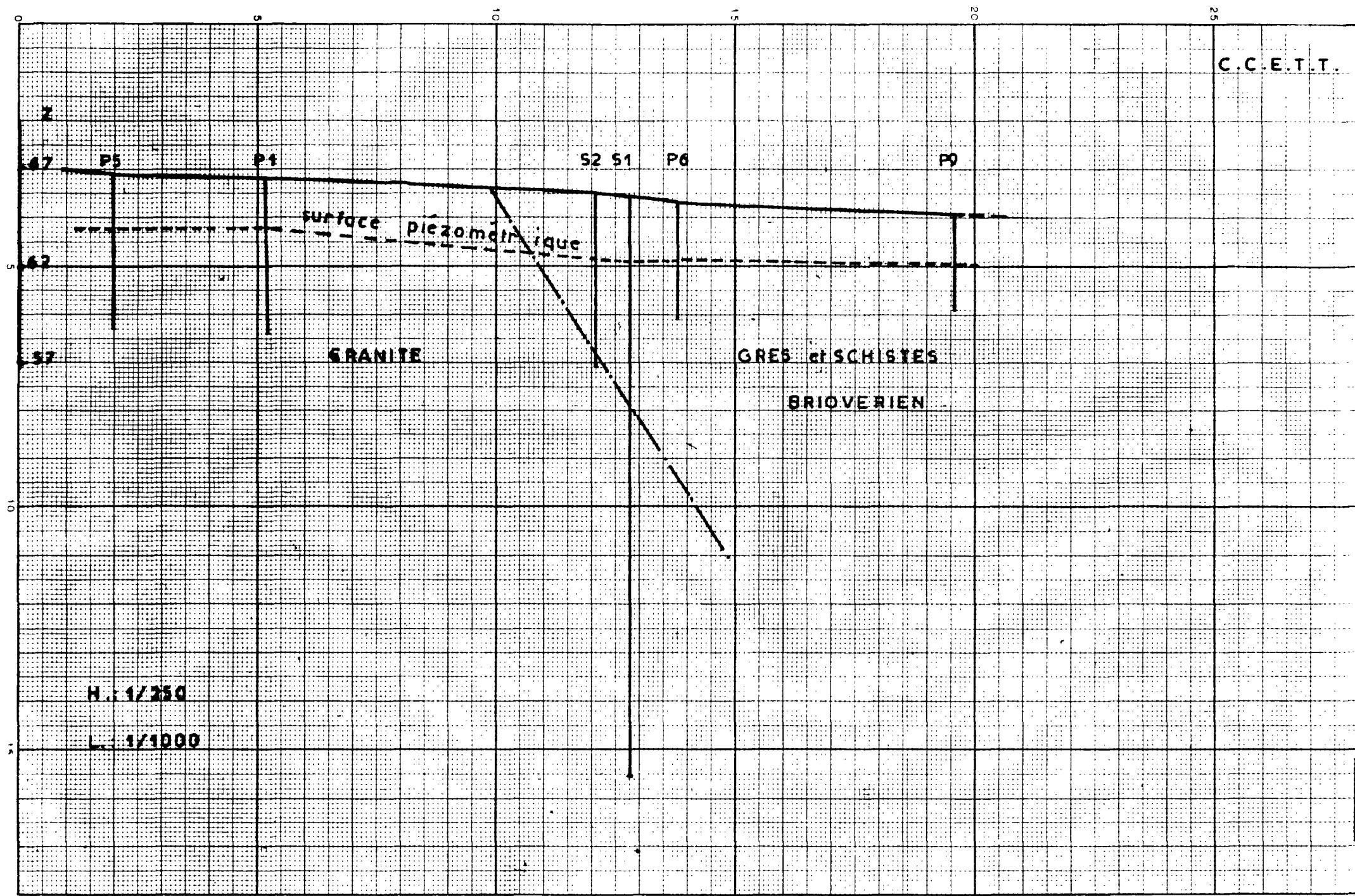
Les essais ont été réalisés dans S 1, seul ouvrage où il y avait un certain débit - des tentatives (le 26 après midi) à l'aide d'une moto pompe (profondeur d'aspiration 7,5 m) ont montré que même à un débit réduit au maximum S 3 et S 4 se vident instantanément - et dont on pouvait penser qu'il était représentatif de toute une zone.

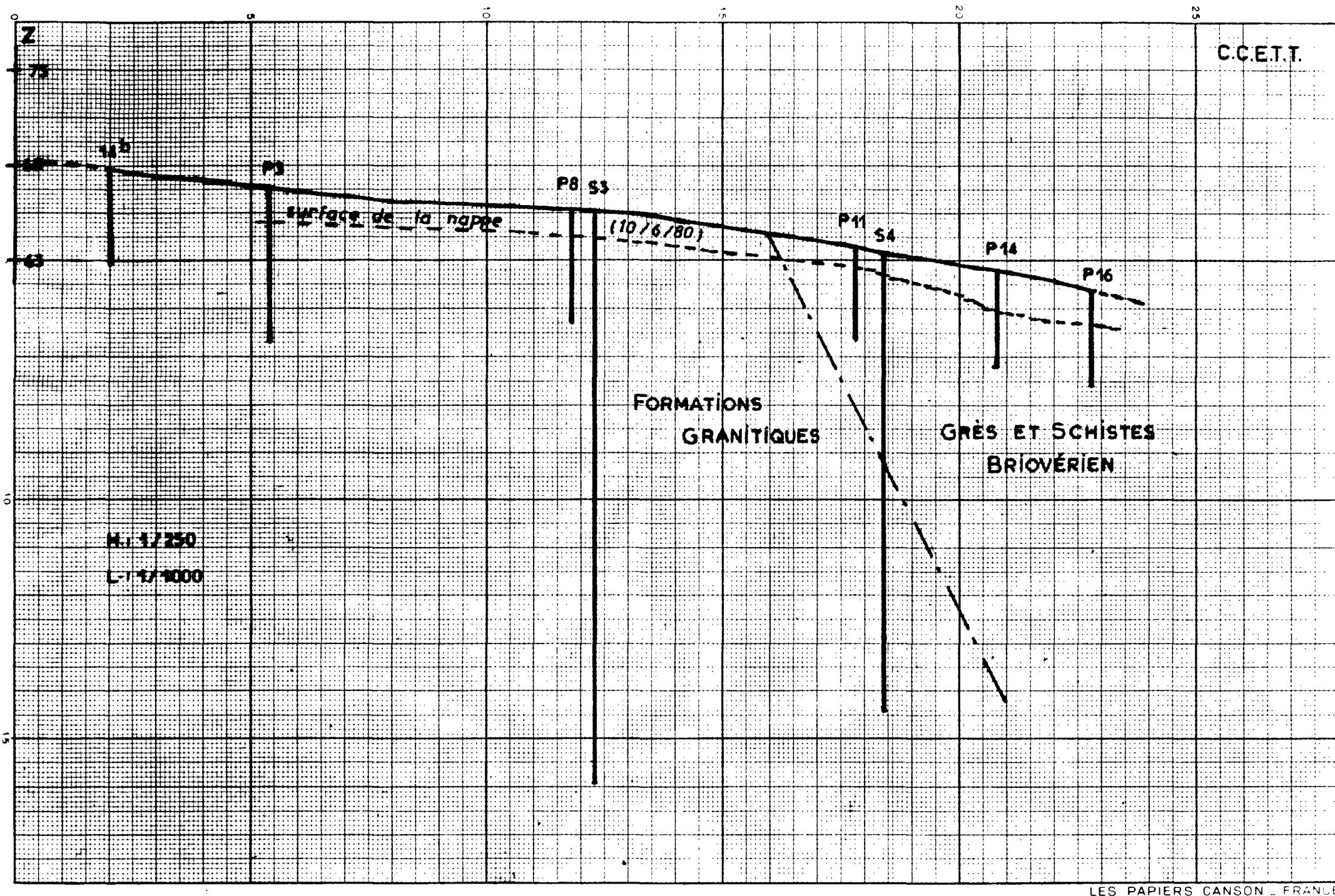
Un premier essai le 25/06 a dû être rapidement interrompu - pompe immergée trop puissante, nécessitant un vannage important, la vanne se bouchait par le débit solide, non négligeable les premières heures de pompage.

L'essai réel, au débit de 1,46 m^3/heure a été réalisé du 26 au 30/06.

À S 1 (forage d'essai) l'évolution de la nappe montre un ralentissement temporaire du rabattement, dû à un palier d'alimentation (type Boulton) : la dépression due au pompage crée une différence de charge entre l'aquifère inférieur, surtout transmissif et le réservoir supérieur, essentiellement capacitif ; les horizons supérieurs s'égouttent vers l'aquifère inférieur qu'ils réalimentent (effet de drainance).

Les mesures ont été reportées ci-après (figures 5 à 8) en coordonnées semi logarithmiques : rabattement = $f(\log \text{temps de pompage})$, lors de la descente, ou rabattement = $f(\log 1 + \frac{\text{t. pompage}}{\text{t. remontée}})$ lors de la remontée. Les mesures faites à S 1 et S 2 ont également été reportées en coordonnées bilogarithmiques : $\log \text{rabattement} = f(\log \text{t. pompage})$.





RESULTATS

Qualitativement - cf. graphiques , seuls quelques piézomètres sont influencés directement par le pompage ; les autres évoluent en descente, d'une quantité qui pourrait correspondre à l'évolution naturelle de la nappe. L'observation de la remontée montre que tous les piézomètres ont été affectés par le pompage - certains directement (par l'intermédiaire de l'effet de drainance) - les autres très indirectement.

Les cartes d'iso-rabattements après 24 h et 4 jours de pompage (planches 8 et 9) montrent que l'influence directe est assez exactement limitée à l'unité du Verger, confirmant l'homogénéité du secteur et la très faible transmissivité des terrains conducteurs situés au nord et à l'ouest.

Quantitativement on peut définir, avec une certaine marge d'approximation :

- la transmissivité T des horizons inférieurs

$$T = 3.6 \cdot 10^{-5} \text{ à } 5,5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

- le coefficient d'emmagasinement des horizons inférieurs

$$S = 6,4 \cdot 10^{-3}$$

- le coefficient d'emmagasinement des horizons supérieurs

$$S' = 3,3 \cdot 10^{-2}$$

- le paramètre de drainance des horizons supérieurs $\frac{K'}{b'}$,

dans lequel K' est la perméabilité verticale en m/s et b' l'épaisseur de la couche saturée

$$\frac{K'}{b'} = 4,4 \cdot 10^{-7}$$

$= 4,4 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3/\text{s}$ de débit vertical par unité de surface et pour une différence de charge unitaire. Compte tenu des approximations de calcul, cette valeur est vraisemblablement surestimée.

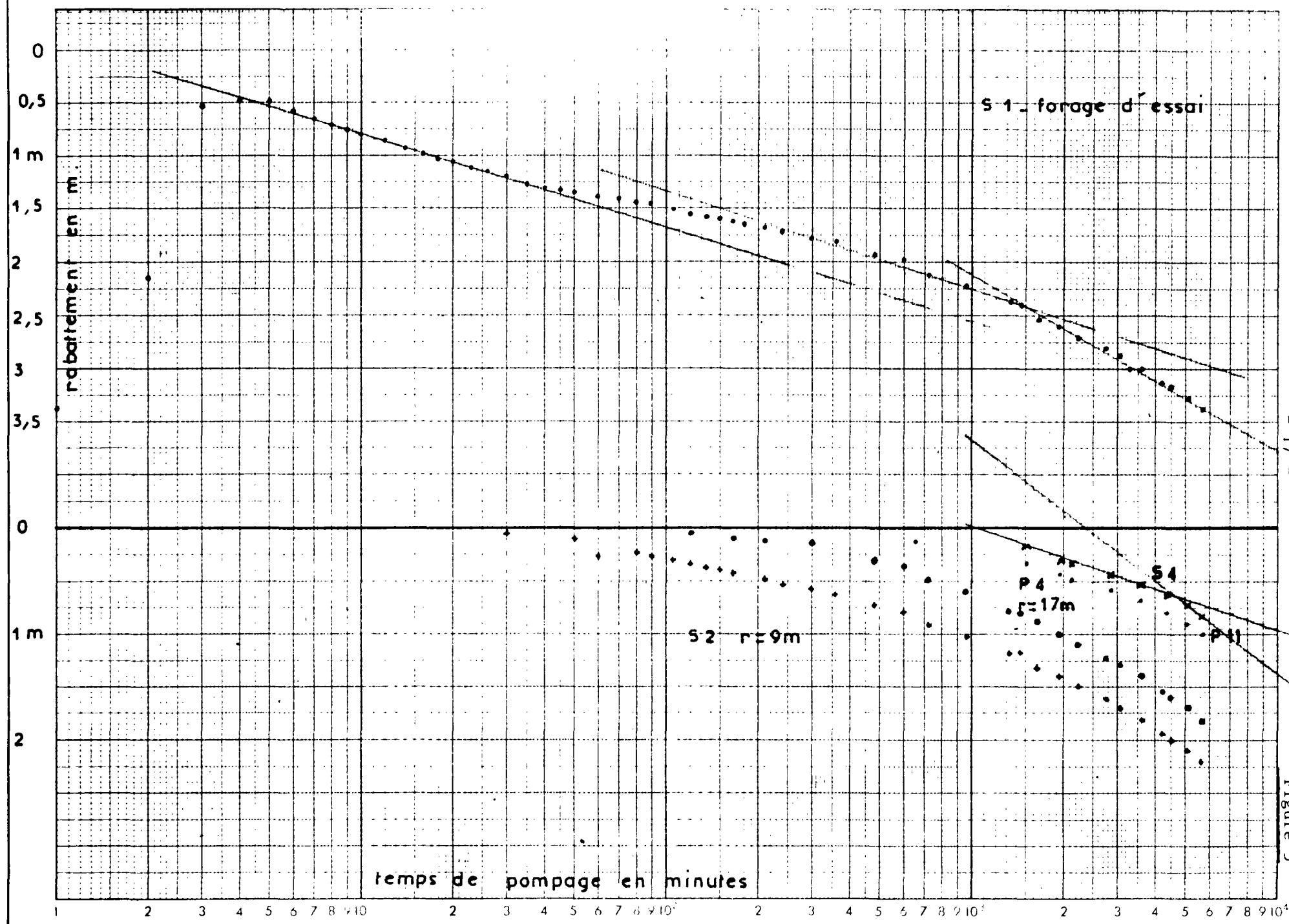
On a donc à faire à un aquifère bicouche où le phénomène de drainance se superpose à l'écoulement horizontal habituel : l'aquifère inférieur, transmissif, par lequel transitent les débits horizontaux, est affecté beaucoup plus vite par toute modification de pression que le réservoir supérieur qui possède une inertie beaucoup plus grande. En cas de perturbation, naturelle ou artificielle, apparaissent des différences de charge et des transferts de débits verticaux de la pression la plus élevée vers la plus basse, jusqu'à ce que l'équilibre soit rétabli. Ces transferts de débits seront du bas vers le haut si la nappe est en période de recharge (ou si le réservoir supérieur est déprimé, par drainage, par exemple), ils seront du haut vers le bas si la nappe est en période de vidange ou si l'aquifère inférieur est déprimé par pompage.

C C E T T

Essai sur S_1

$$Q = 1,46 \text{ m}^3/\text{h}$$

26- 30/06 /1980



0
0,5
1 m
1,5
2 m

remplacement

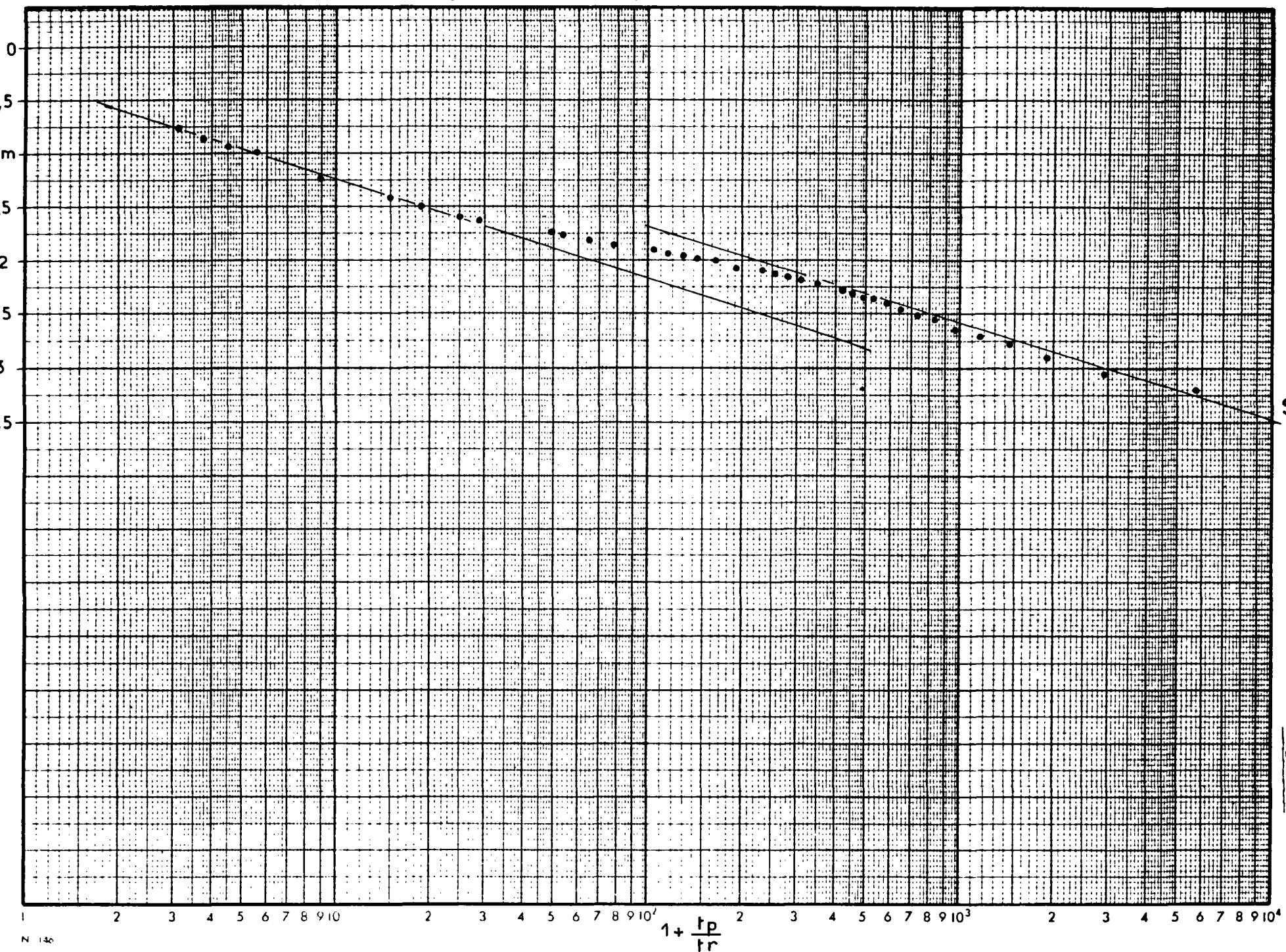
m

temps de pompage en minutes

P9 $r = 67,5$ m
P17 $r = 30$ m
P6 $r = 10,5$ m

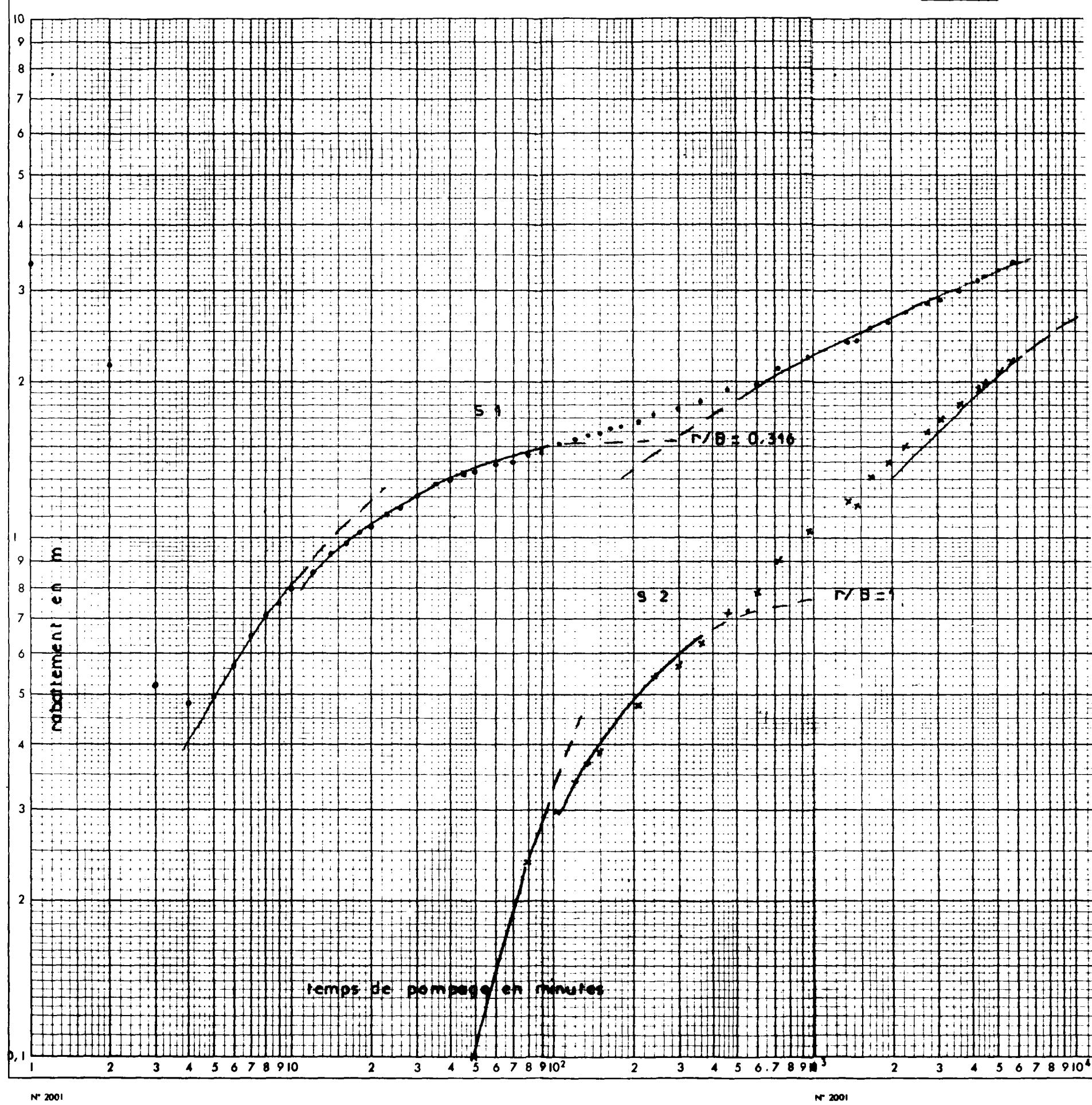
Figure 6

rabattement résiduel



S1

Figure 7



CONSEQUENCES : Ordre de grandeur des débits à drainer, possibilités de déséquilibres

Compte tenu des paramètres ci-dessus, pour une pression dans l'aquifère inférieur, supérieure de 1 m à celle existant dans le réservoir supérieur (maximum vraisemblable lors d'une pointe de recharge), le débit transitant du bas vers le haut pourrait être de l'ordre de 1,5 litre par heure et par m².

Les travaux de terrassement peuvent localement diminuer b' et donc, provoquer une augmentation du paramètre de drainance. Dans les mêmes conditions de charge que ci-dessus, si on enlève une tranche de réservoir saturé épaisse de 1 m, le débit vertical augmentera de 0,4 litre par heure et par m² de superficie (sous réserve que la perméabilité verticale soit homogène sur toute la hauteur).

REMARQUES : Origine de l'eau

L'eau souterraine provient des pluies hivernales. Lorsque l'évaporation et la consommation par les plantes (phénomènes groupés sous le terme d'Evapotranspiration) sont devenues suffisamment faibles, une partie des pluies = "précipitations efficaces" est disponible pour le ruissellement et/ou l'infiltration et la recharge des nappes. La proportion d'eau ruisselée dépend de la pente et de l'état des terrains, de l'intensité des averses et de la capacité d'accueil du réservoir souterrain : lorsque le sous-sol est saturé jusqu'au voisinage du sol, l'eau météorique excédentaire ne peut plus s'infiltrer.

Sur le tableau ci-après, on a reporté les précipitations efficaces à Rennes-St-Jacques pour les douze dernières années. Les précipitations efficaces sont concentrées le plus souvent sur 3 à 5 mois de l'année et n'existent qu'exceptionnellement après mars ; en conséquence, les nappes souterraines du type de celle étudiée auront leur surface au niveau le plus haut vers fin mars-début avril.

On remarquera sur le tableau que les précipitations efficaces de la saison 1979-80 sont notablement supérieures à la valeur moyenne des douze années.

Tableau des précipitations efficaces (en mm)

à RENNES - St-JACQUES

Evapotranspiration potentielle calculée
avec la formule de TURC mensuelle,
en considérant une R.F.U. de 100 mm

	Nov.	Déc.	Janv.	Fev.	Mars	Avril	Total
1968-69	0	0	0	30	10	0	40 mm
1969-70	22	57	79	62	2	0	222 mm
1970-71	0	0	30	23	18	0	71 mm
1971-72	0	0	23	96	5	0	124 mm
1972-73	0	0	4	18	0	0	22 mm
1973-74	0	0	14	65	24	0	103 mm
1974-75	63	5	38	0	14	0	120 mm
1975-76	0	0	0	6	0	0	6 mm
1976-77	42	58	36	78	21	0	235 mm
1977-78	0	0	83	69	31	4	187 mm
1978-79	0	13	60	77	56	0	206 mm
1979-80	0	80	62	13	46	0	201 mm
					moyenne		128 mm

Alimentation du site - Les terrains des futurs bâtiments du C.C.E.T.T. n'ont pas de bassin versant en amont ; ils constituent leur propre bassin d'alimentation et ne peuvent recevoir d'apports notables d'ailleurs. La superficie concernée est de l'ordre de 5 ha, qui ont donc reçu lors du dernier hiver $201 \text{ mm} \times 5 \text{ ha} = 10\,050 \text{ m}^3$ de précipitations efficaces (la quantité réelle doit être plus grande, les précipitations totales étant vraisemblablement plus élevées sur la butte de Coësmes, en raison de son altitude, qu'à la station de Rennes - St-Jacques).

Vidange naturelle de la nappe - Pour une transmissivité moyenne de $4,5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ et une pente de la nappe de $1 \cdot 10^{-2}$ dans le secteur du Verger, l'écoulement souterrain est de $4,5 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3/\text{s}$ par mètre linéaire de front de nappe. Dans le secteur W, la transmissivité est vraisemblablement 10 fois plus faible, mais le gradient étant de l'ordre de 0,1, l'écoulement souterrain reste du même ordre. Pour un front de nappe long de 220 m (longueur de l'isopiète 62,5 au 10 juin), le débit souterrain est de l'ordre de $8,5 \text{ m}^3$ par jour, soit $3\,100 \text{ m}^3$ pour l'année (ceci n'est qu'une approximation, le débit n'étant pas une fonction linéaire du temps).

On peut donc estimer, comme ordre de grandeur vraisemblable que le site a reçu $10\,000 \text{ m}^3$ de précipitations efficaces dont $3\,100 \text{ m}^3$ se sont infiltrés jusqu'au réservoir souterrain ce qui, pour un coefficient d'emmagasinement de $3,3 \cdot 10^{-2}$ (cf. plus haut) peut représenter un battement maximum de la nappe (dans l'état naturel) de $1,9 \text{ m}$ entre l'état de basses eaux et celui de hautes eaux.

Effet des constructions projetées - La réalisation du C.C.E.T.T. aura pour conséquence de réduire fortement la surface d'infiltration (imperméabilisation des sols) et de faciliter le ruissellement, ce qui va dans le sens d'une diminution de l'alimentation de la nappe, de l'amplitude de ses mouvements et d'un abaissement de son niveau moyen.

On peut cependant penser que cette minimisation du rôle de la nappe ne sera pas proportionnelle à la diminution des surfaces d'infiltration : si en 1979-80 à peine 1/3 des précipitations efficaces se sont infiltrées c'est en grande partie parce que le réservoir était déjà saturé (nappe subaffleurante dans tout le secteur central).

CONCLUSIONS HYDROGEOLOGIQUES

La présente étude a permis de s'assurer :

- 1 - Que les venues d'eau constatées sur le site sont d'origine uniquement locale : de bassin versant et débit limités.
- 2 - Que les fondations des futurs bâtiments n'intéressent que des horizons superficiels de roches altérées qui constituent un "écran", apparemment continu, à des circulations plus profondes.
- 3 - Que la faible perméabilité de cet écran réduit les débits circulant à son niveau, mais ne peut s'opposer à une remontée saisonnière de la nappe qui peut alors subaffleurer dans toute une partie du site.
- 4 - Que la circulation de l'eau souterraine s'effectue selon un système bicoche, la transmissivité de l'aquifère inférieur étant plus grande que celle de l'aquifère des horizons supérieurs altérés.
- 5 - Que en l'état naturel actuel, le débit de drainance verticale de l'aquifère inférieur vers l'aquifère supérieur est de l'ordre de 1,5 l/h/m² pour une différence de pression d'1 m entre le niveau supérieur et inférieur, maximum pouvant toutefois être atteint en période de recharge exceptionnelle.
- 6 - Que ce débit de drainance pourrait localement fortement augmenter, si les travaux de terrassement réduisaient la puissance des horizons supérieurs saturés : pour une tranche enlevée de 1 m d'épaisseur, l'accroissement de débit serait de l'ordre de 0,4 l/h/m² de superficie.

Un tel phénomène serait à craindre plus particulièrement dans le secteur délimité par P 14 - P 10 - P 7 et l'ancien chemin.

Ces données doivent permettre de positionner, parallèlement aux courbes isopièzes, et de dimensionner le réseau de drainage pour chaque ouvrage.

MESURES PIEZOMETRIQUES SUR L'ENSEMBLE
DU RESEAU DE SURVEILLANCE

- ALTITUDE (N.G.F.) DE LA SURFACE DE LA NAPPE -

- avant le pompage d'essai : 8.05.80 au 26.06.80
- pendant " " : 26.06.80 au 30.06.80
- après " " : 30.06.80 au 2.07.80

Mesures avant le pompage d'essai continu

Feuille n° 1

<u>DATE:</u>	<u>ALTITUDE DU REPÈRE</u>	8/5/80	9/5/80	19/5/80	28/5/80	10/6/80	24/6/80	25/6/80	25/6/80		
<u>HEURE:</u>							15 à 16 h	8 h	20 h		
P 1	66,96	64,95	64,90	64,76	64,71	64,37	64,04	64,04	-		
P 2	67,58	65,60	65,40	65,28	65,22	64,84	64,59	64,58	-		
P 3	67,27	65,55	65,50	65,47	65,35	64,93	64,68	64,68			
P 4	66,85		63,55	63,17	63,08	62,70	62,42	62,25	61,75		
P 5	67,19	64,85	64,80	64,63	64,63	64,26	63,96	63,96	-		
P 6	65,80	53,35	63,20	63,13	63,01	62,62	62,39	62,21	61,70		
P 7	65,83	62,00	62,40	64,51	64,57	64,21	64,04	64,03	-		
P 8	66,20	65,05	65,20	64,95	64,88	64,40	64,22	64,23	-		
P 9	65,07		62,90	62,84	62,71	62,42	62,23	62,14	62,06		
P 10	64,66	63,20	63,10	63,02	62,93	62,59	62,31	62,18	-		
P 11	64,25	63,25	63,15	63,01	62,95	62,58	62,28	62,19	-		
P 12	62,75	61,10	61,05	60,83	60,75	60,51	60,31	60,31	-		
P 13	63,43	59,75	61,35	61,16	61,06	60,92	60,74	60,735	-		
P 14	63,05	59,75	60,15	60,50	60,46	60,22	59,98	59,97	-		
P 14	68,32	66,20	66,00	65,92	65,86	65,52	65,34	65,33	-		
P 15	62,11	60,60	60,55	60,81	60,32	59,90	-	-	-		
P 16	61,89	59,80	59,85	59,70	59,69	59,49	59,29	59,29	-		
P 17	66,22					62,43	62,26	62,25			
S 1	65,84					62,23	62,215	61,69			
S 2	66,23					62,41	62,25	61,55			
S 3	65,95					64,40	64,395	-			
S 4	63,79					59,99	61,925				

Mesures pendant le pompage d'essai : du 26.06 à 9h au 30.06 à 10h30

<u>DATE:</u>	<u>ALTITUDE DU REPÈRE</u>	26/6/80	26/6	27/6	27/6	28/6	28/6	29/6	29/6	30/6	
<u>HEURE:</u>		8h	20 à 21h	10h	21h	9h	22h	10h	22h	10h	
P 1	66,96	64,03	64,08	63,94	63,94	63,97	63,97	63,92	63,90		
P 2	67,58	64,58	64,565	64,53	64,525	64,55	64,56	64,535	64,52	64,51	
P 3	67,27	64,67	64,645	64,665	64,62	64,63	64,65	64,62	64,60	64,59	
P 4	66,85	61,98	61,58	61,15	60,90	60,72	60,55	60,40	60,26	60,15	
P 5	67,19	63,95	63,905	63,87	63,87	63,89	63,91	63,88	63,86	63,85	
P 6	65,80	61,98	61,455	61,075	60,885	60,71	60,57	60,42	60,30	60,195	
P 7	65,83	64,02	64,025	64,0	63,93	63,92	63,93	63,92	63,91	63,89	
P 8	66,20	64,23	64,18	64,165	64,12	64,16	64,19	64,17	64,08	64,09	
P 9	65,07	62,02	61,92	61,75	61,635	61,53	61,415	61,305	61,195	61,11	
P 10	64,66	62,01	61,80	61,56	61,43	61,33	61,32	61,10	60,98	60,925	
P 11	64,25	62,02	61,90	61,68	61,55	61,44	61,33	61,22	61,12	61,025	
P 12	62,75	60,29	60,265	60,26	60,25	60,24	60,25	60,25	60,25	60,23	
P 13	63,43	60,695	60,71	60,69	60,67	60,65	60,66	60,665	60,65	60,64	
P 14	63,05	59,94	59,965	59,91	59,89	59,875	59,88	59,88	59,865	59,86	
P 14	68,32	65,33	65,29	65,27	65,27	65,305	65,31	65,29	65,27	65,26	
P 15	62,11	59,69	59,67	59,65	59,64	59,67	59,71	59,705	59,69	59,675	
P 16	61,89	59,28	59,30	59,24	59,21	59,255	59,28	59,265	59,245	59,23	
P 17	66,22	62,17	62,11	61,89	61,58	61,355	61,20	61,025	60,88	60,76	
S 1	65,84	61,97	59,99	59,56	59,36	59,15	58,995	58,85	58,72	58,61	
S 2	66,23	61,97	61,145	60,845	60,60	60,40	60,245	60,095	59,97	59,86	
S 3	65,95	64,38	64,35	64,325	64,33	64,335	64,355	64,33	64,31	64,29	
S 4	63,79	61,88	61,70	61,70	61,555	61,435	61,355	61,25	61,15	61,05	

Mesures après l'arrêt du pompage d'essai

Feuille n° 3

<u>DATE</u>	<u>ALTITUDE DU REPÈRE</u>	30/6/80	30/6	30/6	30/6	30/6	1/7	1/7	1/7	2/7	
<u>HEURE</u>		11h40	14h10	15h	18h	23h	8h	14h	22h	9h	
P 1	66,96			63,91			63,945		63,935	63,865	
P 2	67,58			64,51			64,545		64,52	64,465	
P 3	67,27			64,595			64,62		64,60	64,545	
P 4	66,85	60,155	60,25	60,29	60,465	60,64	60,89	60,97	61,08	61,195	
P 5	67,19			63,855			63,88		63,825	63,805	
P 6	65,80	60,22	60,38	60,46	60,60	60,78	61,02	61,09	61,20	61,265	
P 7	65,83	63,89		63,885			63,89		63,91	63,845	
P 8	66,20			64,075			64,095		64,05	64,03	
P 9	65,07			61,09	61,095	61,14	61,17	61,19	61,215	61,265	
P 10	64,66	60,93		61,06	61,03	61,105	61,23	61,36	61,36	61,35	
P 11	64,25			61,04			61,245		61,30	61,355	
P 12	62,75			60,23			60,24		60,265	60,21	
P 13	63,43			60,64			60,685		60,645	60,63	
P 14	63,05			59,86			59,88		59,855	59,84	
P 14	68,32			65,27			65,31		65,29	65,23	
P 15	62,11			59,68			59,72		59,67	59,63	
P 16	61,89			59,235			59,32		59,23	59,20	
P 17	66,22	60,72	60,72	60,71	60,74	60,785	60,98	61,08	61,14	61,24	
S 1	65,84	60,14	60,39	60,54	60,615	60,78	61,025	61,09	61,18	61,275	
S 2	66,23	59,90	60,19	60,27	60,495	60,73	61,03	61,11	61,245	61,33	
S 3	65,95			64,325			64,33		64,275	64,25	
S 4	63,79	61,05		61,05	61,13	61,08	61,14	61,245	61,23	61,265	

PARTIE COMMUNE

35 - RENNES CESSON-SEVIGNE

ESIGNATION : C.C.E.T.T.

ATURE & REFERENCE : SondEssai n° 1

OFONDEUR : 30 m

REPINE DE 22 A 30

Ø DE A : 117125 mm
DE A : 117125 mm

ORIGINE DES MESURES DE NIVEAUX : orifice du tubage

N° D

COTE DU REPERE : 65,84 m

COTE SOL : 65,59 m

HAUTEUR REPERE-SOL : 0,25 m

DISTANCE AU FORAGE D'ESSAI :

NIV. PIEZOMETRIQUE LE A :

LE A :

FEUILLE N° 1

DESCENTE ■
REMONTÉE □

ATE	HEURE	MINUTES *		NIV. DYNAM. ou lecture (m)	RABATTEMENT Δ (m)	1 + $\frac{t_p}{t_r}$	DEBIT		RABATTEMENT SPECIFIQUE Δ/Q	observations
		t_p	t_r				15 lit. en sec.	Q m³/h		
.06.80	9.00	0		3,820	0,000					
	01	1		7,200	3,380					
	02	2		5,960	2,140					
	03	3		4,340	0,520					
	04	4		4,300	0,480					
	05	5		4,315	0,495					
	06	6		4,390	0,570					
	07	7		4,470	0,650					
	08	8		4,530	0,710					
	09	9		4,570	0,750					
	10	10		4,620	0,800					
	12	12		4,680	0,860					
	14	14		4,750	0,930					
	16	16		4,800	0,980					
	18	18		4,850	1,030					
	20	20		4,870	1,050					
	23	23		4,930	1,110					
	26	26		4,960	1,140					
	30	30		5,025	1,205					
	35	35		5,092	1,272					
	40	40		5,120	1,300					
	45	45		5,145	1,325					
	50	50		5,169	1,349					
10.00	60			5,212	1,392					
	10	70		5,222	1,402					
	20	80		5,276	1,456					
	30	90		5,285	1,465					
	45	105		5,335	1,515					
11.00	120			5,367	1,547					
	15	135		5,398	1,578					
	30	150		5,415	1,595					
	45	165		5,440	1,620					
12.00	180			5,465	1,645					
	30	210		5,500	1,680					
13.00	240			5,540	1,720					
14.00	300			5,606	1,786					
15.00	360			5,655	1,835					
17.00	480			5,750	1,930					
19.00	600			5,805	1,985					
21.00	720			5,943	2,123					
.06.80	1.00	960		6,045	2,225					
	7.00	1320		6,200	2,380					
	9.00	1440		6,226	2,406					
	12.00	1620		6,36	2,54					
	17.00	1920		6,42	2,60					

* t_p temps à compter du début du pompage

" de l'arrêt "

PARTIE COMMUNE

5 - RENNES CESSON-SEVIGNE

SIGNATION : C.C.E.T.T.

TURE & REFERENCE : SondEssai n° 1

DÉPONDEUR : 30 m

ÉPINE DE 22 A 30

Ø DE A :
/125 DE A :
m

ORIGINE DES MESURES DE NIVEAUX : orifice du tubage N° D'ARCHIVAGE

COTE DU REPÈRE : 65,84 m

COTE SOL : 65,59 m

HAUTEUR REPÈRE-SOL : 0,25 m

DISTANCE AU FORAGE D'ESSAI :

NIV. PIEZOMETRIQUE LE A :

LE A :

FEUILLE N° 2

DESCENTE ■
REMONTÉE □

N° ITE	HEURE	MINUTES *		NIV. DYNAM. ou lecture (m)	RABATTEMENT Δ (m)	$1 + \frac{t_p}{t_r}$	DÉBIT		RABATTEMENT SPECIFIQUE Δ/Q	observations
		t_p	t_r				lit. en. sec.	Q m³/h		
06.80	22.00	2200		6,532	2,712		37	1,459		
06.80	7.00	2760		6,635	2,815		37	1,459		
	12.00	3060		6,695	2,875		37	1,459		
	21.00	3600		6,82	3,00		38	1,421		
06.80	7.00	4200		6,955	3,135		37,5	1,44		
	12.00	4500		7,00	3,18		37,5	1,44		
	21.00	5040		7,10	3,28		37,5	1,44		
06.80	7.00	5640		7,205	3,385		38	1,421		
	9.00	5760		7,22	3,40		37	1,459		
	10.30	5850		7,24	3,42		38	1,421		
										Fin du pompage

* t_p : temps à compter du début du pompage

" " : de l'arrêt " "

PARTIE COMMUNE

- RENNES CESSON-SEVIGNE

SIGNATURE : C.C.E.T.T.

JRE & REFERENCE : Sond. 2

FONDEUR : 9 m

PINE DE 5. A 9 m

D DE 125 DE

n

DE

DE

n

EPA RT DE COMMUNE

35 RENNES CESSON-SEVIGNE

SIGNATION : C.C.E.T.T.

ATURE & REFERENCE : S 2

FONDÉUR : 9 m

REPINE DE 5 A 9 m

Ø DE A : 1/125 DE A : im

ORIGINE DES MESURES DE NIVEAUX : orifice du tubage

N° D'ARCHIVAGE

COTE DU REPÈRE : 66,23 m

COTE SOL : 65,73 m

HAUTEUR REPÈRE-SOL : 0,50 m

DISTANCE AU FORAGE D'ESSAI : 9 m

FEUILLE N° 2

NIV. PIEZOMETRIQUE LE A :

LE A :

DESCENTE ■

REMONTÉE □

Pompage dans SondEssai n° 1

ATE	HEURE	MINUTES *		NIV. DYNAM. ou lecture (m)	RABATTEMENT (m)	$1 + \frac{t_p}{t_r}$	D E B I T		RABAT. SPECIFIQUE Δ/Q	observations
		t_p	t_r				lit. en. sec.	Q m^3/h		
06.80	2200	2220		5,652	1,512					
06.80	7.00	2760		5,766	1,626					
	12.00	3060		5,852	1,712					
	21.00	3600		5,97	1,83					
06.80	7.00	4200		6,095	1,955					
	12.00	4500		6,155	2,015					
	21.00	5040		6,25	2,11					
06.80	7.00	5640		6,35	2,21					
	9.00	5760		6,36	2,22					
	10.30	5850		6,37	2,23					
										Fin du pompage

* t_p temps à compter du début du pompage

" " " de l'arrêt " "

PARTIE COMMUNE

-- RENNES CESSON-SEVIGNE

SIGNATION : C.C.E.T.T.

TURE & REFERENCE : Piézomètre 4

DÉPONDEUR : 8 m

ÉPISE DE A :

Ø DE A :

DE A :

ORIGINE DES MESURES DE NIVEAUX : orifice tube piézo N° D'ARCHIVAGE

COTE DU REPÈRE : 66,85 m

66,45 m

COTE SOL :

HAUTEUR REPÈRE-SOL : 0,40 m

DISTANCE AU FORAGE D'ESSAI : 27 m

NIV. PIEZOMETRIQUE LE A :

LE A :

FEUILLE N° 1

DESCENTE ■
REMONTÉE □

Pompage dans SondEssai n° 1

ITE	HEURE	MINUTES *		NIV. DYNAM. ou lecture (m)	RABATTEMENT Δ (m)	$1 + \frac{t_p}{t_r}$	DÉBIT		RABATTEMENT SPECIFIQUE Δ/Q	observations
		t_p	t_r				lit. en. sec.	Q m ³ /h		
16.80	9.00	0		4,865	0,000					
	01	1								
	02	2								
	03	3								
	04	4								
	05	5								
	06	6								
	07	7								
	08	8								
	09	9								
	10	10								
	12	12								
	14	14								
	16	16								
	18	18								
	20	20								
	23	23								
	26	26								
	30	30								
	35	35		4,830	-					
	40	40								
	45	45		4,860	-					
	50	50								
10.00	60									
	10	70		4,882	0,017					
	20	80								
	30	90								
	45	105		4,902	0,037					
11.00	120			4,920	0,055					
	15	135								
	30	150								
	45	165		4,960	0,095					
12.00	180									
	30	210		4,990	0,125					
13.00	240			5,030	0,165					
14.00	300			5,065	0,200					
15.00	360			5,080	0,215					
17.00	480			5,175	0,310					
19.00	600			5,230	0,365					
21.00	720			5,350	0,485					
06.80	1.00	960		5,465	0,600					
	7.00	1320		5,635	0,770					
	9.00	1440		5,67	0,805					
	12.00	1620		5,75	0,885					
	17.00	1920		5,86	0,995					

* t_p temps à compter du début du pompage

de l'arrêt

PARTIE COMMUNE

35 RENNES CESSON-SEVIGNE

SIGNATION : C.C.E.T.T.

TURE & REFERENCE : Piézomètre 4

PROFONDEUR : 8 m

IEPIÈNE DE A

Ø DE A :

DE A :

ORIGINE DES MESURES DE NIVEAUX : orifice tube piézo

N° D'ARCHIVAGE

COTE DU REPÈRE : 66,85 m

COTE SOL : 66,45 m

HAUTEUR REPÈRE-SOL : 0,40 m

DISTANCE AU FORAGE D'ESSAI : 27 m

FEUILLE N° 2

NIV. PIEZOMETRIQUE LE A :

LE A :

DESCENTE ■

REMONTÉE □

Pompage dans SondEssai n° 1

ATE	HEURE	MINUTES *		NIV. DYNAM. ou lecture (m)	RABATTEMENT (m)	$1 + \frac{t_p}{t_r}$	D E B I T		RABATTEMENT SPECIFIQUE Δ/Q	observations
		t_p	t_r				lit. en.sec.	Q m ³ /h		
06.80	22.00	2220		5,97	1,105					
06.80	7.00	2760		6,082	1,217					
	12.00	3060		6,156	1,291					
	21.00	3600		6,28	1,415					
06.80	7.00	4200		6,41	1,545					
	12.00	4500		6,47	1,605					
	21.00	5040		6,57	1,705					
06.80	7.00	5640		6,685	1,82					
	9.00	5760		6,69	1,825					
	10.30	5850		6,70	1,83					
										Arrêt du pompage

* t_p temps à compter du début du pompage

" " de l'arrêt "

PARTIE COMMUNE

5 RENNES CESSON-SEVIGNE

SIGNATION : C.C.E.T.T.

TURE & REFERENCE : Piézomètre n° 6

DÉPONDEUR : 6 m

ÉPINE DE A

ORIGINE DES MESURES DE NIVEAUX: orifice tube piézo N° D

COTE DU REPÈRE : 65,80 m

COTE SOL : 65,25 m

HAUTEUR REPÈRE-SOL : 0,55 m

DISTANCE AU FORAGE D'ESSAI 10,5 m

NIV. PIEZOMETRIQUE LE A :

LE A :

FEUILLE N° 1

DESCENTE ■

REMONTÉE □

Pompage dans SondEssai n° 1

ATE	HEURE	MINUTES *		NIV. DYNAM. ou lecture (m)	RABATTEMENT Δ (m)	1 + $\frac{t_p}{t_r}$	DÉBIT		RABATTEMENT SPECIFIQUE Δ/Q	observations
		t_p	t_r				lit. en. sec.	Q m ³ /h		
06.80	9.00	0		3,765	0					
	01	1		3,795	0,030					
	02	2		3,796	0,031					
	03	3		3,795	0,030					
	04	4		3,770	0,005					
	05	5		3,765	0					
	06	6		3,765	0					
	07	7		3,770	0,005					
	08	8		3,765	0					
	09	9		3,768	0,003					
	10	10		3,768	0,003					
	12	12		3,778	0,013					
	14	14		3,770	0,005					
	16	16		3,765	0					
	18	18		3,798	0,033					
	20	20		3,767	0,002					
	23	23		3,770	0,005					
	26	26		3,776	0,011					
	30	30		3,778	0,013					
	35	35		3,780	0,015					
	40	40		3,798	0,033					
	45	45		3,800	0,035					
	50	50		3,805	0,040					
10.00	60			3,852	0,087					
	10	70		3,845	0,080					
	20	80		3,890	0,125					
	30	90		3,912	0,147					
	45	105		3,933	0,168					
11.00	120			3,957	0,192					
	15	135		3,985	0,220					
	30	150		3,992	0,227					
	45	165		4,020	0,255					
12.00	180			4,040	0,275					
	30	210		4,090	0,325					
	13.00	240		4,120	0,355					
	14.00	300		4,165	0,400					
	15.00	360		4,210	0,445					
	17.00	480		4,280	0,515					
	19.00	600		4,320	0,555					
	21.00	720		4,430	0,665					
06.80	1.00	960		4,600	0,835					
	7.00	1320		4,670	0,905					
	9.00	1440		4,68	0,915					
	12.00	1620		4,74	0,925					
	17.00	1920		4,855	1,09					

* t_p temps à compter du début du pompage

" " " de l'arrêt "

EPA RT DE COMMUNE

35. RENNES CESSION-SEVIGNE

ESIGNATION : C.C.E.T.T.

ATURE & REFERENCE : Piézomètre n° 6

ROFONDEUR : 6 m

REPINE DE A

ORIGINE DES MESURES DE NIVEAUX : orifice tube piézo N° D

COTE DU REPÈRE : 65,80 m

COTE SOL : 65,25 m

HAUTEUR REPÈRE-SOL : 0,55 m

DISTANCE AU FORAGE D'ESSAI : 10,5 m

NIV. PIEZOMETRIQUE LE A :

LE A :

FEUILLE N° 2

Ø DE A :

DE A :

DESCENTE
REMONTÉE

Pompage dans SondEssai n° 1

DATE	HEURE	MINUTES *		NIV. DYNAM. ou lecture (m)	RABATTEMENT Δ (m)	$1 + \frac{t_p}{t_r}$	DÉBIT		RABAT. SPECIFIQUE Δ/Q	observations
		t_p	t_r				lit. en. sec.	Q m³/h		
.06.80	22.00	2220		4,94	1,175					
.06.80	7.00	2760		5,045	1,28					
	12.00	3060		5,11	1,345					
	21.00	3600		5,21	1,445					
.06.80	7.00	4200		5,34	1,575					
	12.00	4500		5,40	1,635					
	21.00	5040		5,48	1,715					
.06.80	7.00	5640		5,585	1,82					
	9.00	5760		5,60	1,835					
	10.30	5850		5,605	1,84					
										Arrêt du pompage

* t_p temps à compter du début du pompage

de l'arrêt "

EPA RT! COMMUNE

35. RENNES CESSON-SEVIGNE

ESIGNATION : C.C.E.T.T.

ATURE & REFERENCE : Piézomètre 17

FONDEUR : 7,00 m

REPINE DE 4 A 7 m

Ø DE 2/125 mm DE A :

ORIGINE DES MESURES DE NIVEAUX : orifice du tubage

N° D'ARCHIVAGE

COTE DU REPÈRE : 66,22 m

COTE SOL : 65,82 m

HAUTEUR REPÈRE-SOL : 0,40 m

DISTANCE AU FORAGE D'ESSAI : 30 m

FEUILLE N° 1

NIV. PIEZOMETRIQUE LE A :

LE A :

DESCENTE ■

REMONTÉE □

Pompage dans SondEssai n° 1

DATE	HEURE	MINUTES *		NIV. DYNAM. ou lecture (m)	RABATTEMENT Δ (m)	$1 + \frac{t_p}{t_r}$	D E B I T		RABATTEMENT SPECIFIQUE Δ/Q	observations
		t_p	t_r				lit. en. sec.	Q m ³ /h		
06.80	9.00	0		4,110	0,000					
	01	1								
	02	2								
	03	3								
	04	4								
	05	5								
	06	6								
	07	7								
	08	8								
	09	9								
	10	10								
	12	12								
	14	14								
	16	16								
	18	18								
	20	20								
	23	23								
	26	26								
	30	30								
	35	35								
	40	40								
	45	45								
	50	50								
	10.00	60								
	10	70								
	20	80								
	30	90								
	45	105								
	11.00	120								
	15	135								
	30	150								
	45	165								
	12.00	180								
	30	210								
	13.00	240								
	14.00	300								
	15.00	360								
	17.00	480								
	19.00	600								
	21.00	720		4,165	0,055					
06.80	1.00	960		4,200	0,09					
	7.00	1320		4,290	0,18					
	9.00	1440		4,325	0,215					
	12.00	1620		4,395	0,275					
	17.00	1920		4,51	0,4					

* t_p : temps à compter du début du pompage

" " de l'arrêt "

REPARE COMMUNE

35 RENNES CESSION-SEVIGNE

DESIGNATION : C.C.E.T.T.

NATURE & REFERENCE : Piézomètre 17

PROFONDEUR : 7,00 m

REPINE DE 4 A 7 m

Ø DE A :
2/125 DE A :
mm

ORIGINE DES MESURES DE NIVEAUX : orifice du tubage

N° D'ARCHIVAGE

COTE DU REPERE : 66,22 m

65,82 m

COTE SOL : 0,40 m

DISTANCE AU FORAGE D'ESSAI : 30 m

NIV. PIEZOMETRIQUE LE A :

LE A :

FEUILLE N° 2

DESCENTE ■
REMONTÉE □

Pompage dans SondEssai n° 1

DATE	HEURE	MINUTES *		NIV. DYNAM. ou lecture (m)	RABATTEMENT Δ (m)	$1 + \frac{t_p}{t_r}$	DEBIT		RABATTEMENT SPECIFIQUE Δ/Q	observations
		t_p	t_r				lit. en. sec.	Q m³/h		
7.06.80	22.00	2220		4,68	0,57					
3.06.80	7.00	2760		4,82	0,71					
	12.00	3060		4,865	0,755					
	21.00	3600		5,01	0,90					
9.06.80	7.00	4200		5,155	1,045					
	12.00	4500		5,21	1,10					
	21.00	5040		5,33	1,22					
10.06.80	7.00	5640		5,435	1,325					
	9.00	5760		5,45	1,34					
	10.30	5850		5,46	1,35					
										Arrêt du pompage

* t_p : temps à compter du début du pompage

" : " : " de l'arrêt " "

PARTIE COMMUNE

35 RENNES CESSON-SEVIGNE

SIGNATION : C.C.E.T.T.

TURE & REFERENCE : Piézomètre 9

FONDEUR : 5,00 m

REPINE DE A :

Ø DE A :

DE A :

Pompage dans SondEssai n° 1

ORIGINE DES MESURES DE NIVEAUX : orifice du tubage

N° D

COTE DU REPÈRE : 65,07 m

COTE SOL : 64,72 m

HAUTEUR REPÈRE-SOL : 0,35 m

FEUILLE N° 1

DISTANCE AU FORAGE D'ESSAI : 67,5 m

NIV. PIEZOMETRIQUE LE A :

LE A :

DESCENTE ■

REMONTÉE □

DATE	HEURE	MINUTES *		NIV. DYNAM. ou lecture (m)	RABATTEMENT Δ (m)	$1 + \frac{t_p}{t_r}$	DÉBIT		RABATTEMENT SPECIFIQUE Δ/Q	observations
		t_p	t_r				lit. en...sec.	Q m ³ /h		
.06.80	9.00	0		3,05	0					
	10.00	60		3,05	0					
	21.00	720		3,15	0,1					
.06.80	9.00	1440		3,32	0,27					
	12.00	1620		3,315	0,265					
	17.00	1920		3,395	0,345					
.06.80	22.00	2220		3,45	0,40					
	7.00	2760		3,52	0,47					
	12.00	3060		3,565	0,515					
.06.80	21.00	3600		3,64	0,59					
	7.00	4200		3,74	0,69					
	12.00	4500		3,78	0,73					
.06.80	21.00	5040		3,87	0,82					
	7.00	5640		3,94	0,89					
	9.00	5760		3,95	0,90					
	10.30	5850		3,96	0,91					

* t_p temps à compter du début du pompage

de l'arrêt " "

C.C.E.T.T. RENNES - CESSON-SEVIGNE

Pompage d'essai dans S 1

Remontée du 30.06 au 2.07.1980

date	Heure	tp'	tr'	1 + $\frac{tp}{tr}$	S 1		S 2		P 6		P 17	
					mesure	s	mesure	s	mesure	s	mesure	s
06.80	10.40	5860	1	5861	7,00	3,18	6,37	2,23	5,605	1,84	5,50	1,30
					2931	6,84	3,02					
					1954	6,70	2,88					
					1466	6,595	2,775					
					1173	6,505	2,685					
					978	6,44	2,62					
					838	6,365	2,545					
					733	6,32	2,50					
					652	6,27	2,45					
					586	6,22	2,40					
					534	6,185	2,365					
					489	6,16	2,34					
					452	6,125	2,305					
					419	6,10	2,28					
					392	6,08	2,26					
					346	6,04	2,22					
					309	6,01	2,19	6,37	2,23			
					280	5,975	2,155					
					256	5,94	2,12	6,36	2,22			
					235	5,915	2,095					
					218	5,90	2,08	6,35	2,21			
					196	5,87	2,05	6,35	2,21	5,605	1,84	
					168	5,815	1,995	6,35	2,21	5,605		
11.40	11.40	99	107	196	147	5,79	1,97	6,35	2,21	5,605	1,84	
					131	5,76	1,94	6,345	2,205	5,595	1,83	
					118	5,74	1,92	6,335	2,195	5,59	1,825	
					107	5,72	1,90	6,335	2,195	5,588	1,823	5,50
					99	5,705	1,885	6,33	2,19	5,583	1,818	5,505
12.40	12.40	54	50	99	75	5,66	1,84	6,31	2,17	5,565	1,80	5,51
					66	5,623	1,803	6,285	2,145	5,548	1,783	5,51
					110	5,585	1,765	6,28	2,14	5,523	1,758	5,51
					120	5,56	1,74	6,24	2,10	5,51	1,745	5,50
					210	5,45	1,63	6,04	1,90	5,42	1,655	5,51
.07.80	.07.80	25	19	99	240	5,395	1,575	5,96	1,82	5,34	1,575	5,50
					330	5,32	1,50	5,84	1,70	5,28	1,515	
					420	5,225	1,405	5,735	1,545	5,188	1,433	
					720	5,06	1,24	5,50	1,36	5,02	1,255	
					1290	4,815	0,995	5,20	1,06	4,78	1,015	
.07.80		5,5	4,5	1650	4,75	0,93	5,118	0,978	4,71	0,945	5,14	1,03
					2130	4,66	0,84	4,985	0,845	4,60	0,835	5,08
.07.80		3,75	3,11	2770	4,565	0,745	4,90	0,76	4,535	0,77	4,98	0,87

Nom et n°	Profondeur totale	Hauteur repère/sol	Altitude du repère
P 1	8,00	0,35	66,96
P 2	8,00	0,50	67,58
P 3	8,10	0,50	67,27
P 4	8,00	0,40	66,85
P 5	8,00	0,50	67,19
P 6	6,00	0,55	65,80
P 7	6,00	0,55	65,83
P 8	6,00	0,45	66,20
P 9	5,00	0,35	65,07
P 10	5,00	0,35	64,66
P 11	5,00	0,45	64,25
P 12	5,00	0,45	62,75
P 13	5,00	0,35	63,43
P 14	5,00	0,55	63,05
P 14bis	5,00	0,55	68,32
P 15	5,00	0,45	62,11
P 16	5,00	0,50	61,89
P 17	7,00	0,40	66,22
S 1	30,00	0,25	65,84
S 2	9,00	0,40	66,23
S 3	30,00	0,35	65,95
S 4	24,00	0,40	63,79



BRGM

BUREAU DE RECHERCHES
GEOLOGIQUES ET MINIERES

DIRECTION REGIONALE DES
TELECOMMUNICATIONS

RENNES

SERVICE GEOLOGIQUE NATIONAL

Département GENIE GEOLOGIQUE
ORLEANS

NOTE DE SYNTHÈSE HYDROGEOTECHNIQUE

DRAINAGE ET FONDATION
DES BATIMENTS PROJETES
par
P. DUFFAUT

80 SGN 502 BRE

Juillet 1980

S O M M A I R E

	Page
1 - INTRODUCTION - RAPPEL DES ETAPES DU PROJET	2
2 - TOPOGRAPHIE ET GEOLOGIE DU SITE	3
21 - Topographie	3
22 - Géologie	3
3 - HYDROGEOLOGIE	5
31 - Observation des tranchées	5
32 - Principales conclusions	5
4 - GEOTECHNIQUE	6
5 - CONCLUSIONS CONCERNANT L'EXECUTION DES TRAVAUX ...	7
6 - CONCLUSIONS CONCERNANT LE PROJET	8

L'étude ci-dessous a été confiée au B.R.G.M., Département Génie Géologique à Orléans par le Directeur Régional des Télécommunications de Rennes (proposition du 17 juin 1980, n° 168, bon de commande du 25 juin 1980 n° BT 227/2èS). Elle s'appuie sur les études hydrogéologiques confiées au B.R.G.M., service géologique régional Bretagne à Rennes. Elle tient compte des études géotechniques confiées par ailleurs au Laboratoire régional de l'Equipement de St-Brieuc, sans toutefois les reprendre en aucune manière. Les conclusions concernent le projet de fondation non seulement le drainage définitif, mais aussi les précautions à prendre pendant l'exécution des travaux.

Les dispositions recommandées dans les chapitres 5 et 6 de ce rapport présentent une certaine souplesse et devront être adaptées aux méthodes d'exécution, notamment aux délais. En particulier il est souhaitable que les projets du BET et les programmes de l'entrepreneur soient présentés en temps utile au B.R.G.M.

Le B.R.G.M. ne peut accepter de responsabilité en raison des conclusions de ce rapport que s'il est associé au déroulement des travaux ultérieurs sur le site. L'inspection des fouilles, au jour le jour, pendant les travaux, est prévue dans la commande mais toute donnée qui serait cachée au BRGM, à quelque période que ce soit pourrait annuler sa responsabilité.

1 - INTRODUCTION - RAPPEL DES ETAPES DU PROJET

11 - Le Directeur régional des Télécommunications a fait étudier dès 1974 par le Laboratoire Régional de l'Equipement de St-Brieuc les conditions de fondations d'un ensemble de bâtiments à usage de centre de recherches sur un terrain situé à l'est de la ville de Rennes, à Cesson-Sévigné, au lieu dit les buttes de Coësmes : (19 forages à la tarière, de 3 à 10 m de profondeur, avec essais au pressiomètre donnant en fonction de la profondeur le module pressiométrique et la pression limite).

12 - En 1980, le projet des bâtiments étant presque définitivement arrêté, le Laboratoire Régional de l'Equipement de St-Brieuc a mis en oeuvre deux méthodes de reconnaissance supplémentaires :

- d'une part une reconnaissance mécanique avec un pénétromètre Gouda sur 8 emplacements (de 3 à 10 m de profondeur), plus un pressiomètre supplémentaire destiné à compléter la campagne de 1974 ;

- d'autre part une reconnaissance hydrogéologique, avec 16 piézomètres de 5 à 8 m de profondeur.

Les premiers relevés des piézomètres, dans le courant de mai 80 ayant donné des résultats difficiles à interpréter, la Direction Régionale des Télécommunications a fait appel au BRGM.

En outre le 30 mai, le maître d'ouvrage a fait faire trois tranchées à la pelle mécanique, le comportement de ces tranchées a confirmé les inquiétudes qui étaient apparues en matière d'eau souterraine (voir ci-dessous 31).

13 - Le BRGM a proposé les études suivantes :

- une exploration géophysique de l'ensemble du terrain, susceptible de mettre en évidence des contrastes entre différentes zones et de permettre l'extension à ces zones des résultats de sondages et d'essais ponctuels quels qu'ils soient ;

- une étude hydrogéologique par essais de pompage dans des sondages jusqu'à 30 m de profondeur, le choix des implantations étant basé sur les résultats de la campagne géophysique ;

- des compléments d'études géotechniques (identification des sols et essais oedométriques en laboratoire, en mettant à profit les tranchées qui permettaient de faire les prélevements)

Les deux premières études sont rassemblées dans le rapport joint rendant compte de l'étude hydrogéologique, on trouvera la troisième en annexe au présent rapport.

2 - TOPOGRAPHIE ET GEOLOGIE DU SITE

21 - Topographie

Le terrain se présente comme un quadrilatère allongé du sud vers le nord, bordé à l'ouest et au nord par des voiries relativement récentes; il est mitoyen au sud d'une station hertzienne comportant une tour-relais, et à l'est de terrains non urbanisés. Ses dimensions approximatives sont 220 m de long du sud au nord, 120 m de large au sud et 220 m de large au nord, soit une superficie proche de 4 hectares.

Le terrain est situé sur le flanc nord d'une butte topographique bien marquée (butte de Coësmes) qui constitue un point culminant de la région (NGF 73). Cette butte allongée vers l'est a des pentes localement fortes au sud vers la vallée de la Vilaine (NGF 28) et à l'ouest vers un vallon qui traverse le campus universitaire. Au nord elle descend plus lentement jusqu'à la cote NGF 50. Précisément le terrain s'étend entre la cote 68 au sud et la cote 59,5 dans l'angle nord-ouest. La pente moyenne est donc de l'ordre de 4 %, mais en fait elle est moins forte dans la moitié sud du terrain.

Le terrain n'a pas été affecté par des constructions ni des terrassements, sinon le long de ses bordures ouest et nord, à l'occasion du tracé et de l'aménagement des chaussées, des trottoirs et pistes cyclables, et de diverses canalisations enterrées, eaux pluviales, eaux usées, électricité, gaz. La surface est donc sensiblement dans son état agricole initial.

Cet état initial peut être divisé en trois parties principales : un verger à l'est, un pâturage au sud, un taillis au nord-ouest. Les limites de ces parcelles sont bordées de grands arbres, le chemin ancien qui longe le verger a été bordé d'un fossé profond, mais ni le chemin ni le fossé n'ont été entretenus depuis longtemps.

22 - Géologie

Les reliefs qui dominent la vallée de la Vilaine sont justifiés par des pointements de granite au travers des schistes et grès briovériens. La carte géologique figure plusieurs de ces pointements, qui correspondent bien aux points hauts. En outre une carrière a été exploitée autrefois, justement pour son granite, au sommet même de la butte, juste au sud de l'actuelle station hertzienne. La dépression correspondante est aujourd'hui occupée par un étang.

Le granite est bien visible, quoique assez altéré, sur les bords de cette excavation. Le granite était connu aussi dans les fondations de la tour hertzienne et il avait été repéré par certains des forages de 1974 situés au sud du terrain précisément étudié. Par contre les schistes altérés affleurent au nord le long de la chaussée là où elle se trouve en léger déblai. Les sondages antérieurs n'avaient pas clairement indiqué la limite entre le granite et le schiste ; ils avaient mis en évidence une zone superficielle suffisamment altérée pour permettre le forage à la tarière.

Les tranchées du 30 mai 1980 ont permis de conclure avec certitude en trois points du terrain. La tranchée sud montre immédiatement sous la terre végétale du granite altéré proche de l'arène granitique et la tranchée nord sous une terre végétale plus mince encore un schiste altéré. La tranchée centrale est moins démonstrative. Il s'agit toutefois comme à la tranchée sud d'un granite altéré bien en place mais beaucoup plus argileux, à l'exception peut-être d'un mince lambeau de Briovérien à la partie supérieure. La limite granite-schiste se trouve donc entre la tranchée centrale et la tranchée nord, au voisinage de la première.

Par la suite les forages hydrogéologiques qui sont plutôt dans la moitié nord du terrain ont confirmé et précisé cette limite :

- le sondage 3, proche de la tranchée centrale, pénètre dès 0,4 m dans une arène granitique argileuse, analogue au matériau qui apparaît dans la tranchée,

- les sondages 1 et 2 plus à l'est et le sondage 4 plus au nord, traversent une argile jaunâtre qui ne devient franchement granitique qu'à 8 à 10 m de profondeur. Dans la partie superficielle il s'agirait plutôt d'une altération des schistes, ou d'un terrain intermédiaire qui n'apparaît pas dans la tranchée nord.

Les résultats de la reconnaissance géophysique mettent en évidence des contrastes de résistivité entre :

- une zone sud relativement résistante correspondant bien au granite altéré peu argileux de la tranchée sud,

- une bande biaise relativement conductrice correspondant bien au granite altéré argileux de la tranchée centrale,

- une zone nord et nord-ouest relativement résistante qui correspond bien au schiste altéré de la tranchée nord mais qui correspond mal au faciès argileux des sondages 1, 2 et 4. Cette zone est en outre traversée par une bande plus conductrice WSW-ENE.

3 - HYDROGEOLOGIE

31 - *L'observation des tranchées* le 30 mai et les jours suivants est de nature à bien faire comprendre les phénomènes en cause : dans les trois tranchées, creusées chacune en l'espace de moins de deux heures, le terrain est apparu à peine humide, sans aucune source ni suintement visible. Néanmoins le fond des tranchées sud et centrale s'est peu à peu rempli d'eau, et le niveau est monté pendant plusieurs jours pour se stabiliser vers 2,8 m sous le sol à la tranchée sud et vers 1,8 m à la tranchée centrale. Dans la tranchée nord le niveau est apparu plus tardivement et il est resté très bas.

En outre des éboulements de paroi se sont manifestés très tôt, seulement sur la face sud de la tranchée sud, qui a atteint une certaine stabilité après les 3 premiers jours, mais sur les deux faces et pendant beaucoup plus longtemps sur la tranchée centrale. Celle-ci a évolué vers une forme circulaire (en plan).

Ces éboulements survenant pendant le remplissage progressif de la tranchée par l'eau mettent en évidence l'entraînement du squelette solide par l'écoulement de l'eau souterraine. En effet les forces exercées dépendent seulement du gradient hydraulique et non du débit écoulé. La faible perméabilité du terrain limite le débit à des valeurs très faibles, de l'ordre du mètre cube par jour dans la tranchée sud et moins encore dans la tranchée centrale. La tranchée agit sur la nappe comme un puits drainant. Au tout début le gradient est très élevé, et c'est seulement après plusieurs jours qu'il devient négligeable, lorsque le niveau de l'eau dans la tranchée approche de l'équilibre avec la nappe.

La notion de nappe, ou plutôt la notion de niveau piézométrique est d'ailleurs moins claire que dans les terrains perméables (par exemple ceux qui sont exploités pour le captage de l'eau souterraine) car l'adaptation aux variations extérieures (notamment l'alimentation par les pluies) se trouve retardée par les faibles perméabilités. Ainsi le champ de pression de l'eau est constamment transitoire ; des pressions fortes peuvent subsister longtemps dans une zone moins perméable alors que la pression et le niveau sont descendus tout autour dans un environnement relativement plus perméable (la réciprocité est vraie elle aussi, mais n'a pas de conséquence fâcheuse sur la stabilité des excavations).

32 - Les principales conclusions de l'étude hydrogéologique du SGR Bretagne sont reprises ci-dessous :

- l'aquifère est constitué en profondeur par le granite "sain" fracturé ; il est recouvert par des formations altérées moins perméables. La mise en charge due à la pente du terrain assure une suralimentation des formations superficielles de bas en haut à partir de l'aquifère profond,

- il n'y a pas de grosse venue d'eau localisée à craindre dans les fondations, le débit à drainer provenant seulement de suintements comme on l'a vu dans les tranchées ; une estimation pessimiste du débit à drainer en période de hautes eaux est 1,5 litre par heure et par mètre carré, soit 15 m³/h ha. Ce chiffre est à augmenter partout où le terrassement enlèvera une épaisseur appréciable de la couverture peu perméable. En effet la circulation vers le haut sera facilitée.

4 - GEOTECHNIQUE

41 - L'expérience de la construction sur les terrains rocheux superficiellement altérés est considérable. La capacité portante est élevée. Seule la maîtrise des tassements différentiels peut nécessiter une limitation des efforts par approfondissement ou élargissement des fondations.

Les essais de laboratoire (cf. annexe) ont montré que les matériaux des tranchées sud et centrale étaient moins différents qu'à l'apparence. Assurément le matériau de la tranchée centrale est beaucoup plus riche en fines particules (72 % inférieur à 80 micromètres au lieu de 45 %), ce qui explique sa perméabilité beaucoup plus faible, mais les limites d'Atterberg sont voisines. La compressibilité du matériau le plus argileux n'est pas beaucoup plus élevée (1,89 mm au lieu de 1,35 sous 5 bars) probablement en raison d'une plus grande compacité (densité sèche 1,73 contre 1,62). On peut noter aussi que la teneur en eau naturelle n'est proche de la saturation que dans le matériau le plus argileux. Même dans ce cas elle est inférieure à la limite de plasticité.

Les essais au pressiomètre et au pénétromètre⁽¹⁾ confirment la bonne capacité portante. Toutefois les résultats sont assez largement dispersés. A partir de ces résultats le Laboratoire Régional de l'Équipement a donné des tableaux de tassements calculés pour divers niveaux de fondation et diverses valeurs de la contrainte moyenne. Ces essais sont évidemment valables au voisinage des points de mesure.

Il y a lieu de tenir compte du fait que les niveaux de plusieurs bâtiments ont été légèrement relevés après la date du rapport.

S'agissant de bâtiments relativement légers mais de grande surface, et comme tels relativement sensibles aux tassements différentiels, il est recommandable de limiter les charges moyennes sur les semelles. Sans préjuger des recommandations que pourra faire le Laboratoire Régional de l'Équipement, il semble que la valeur de 4 bars pourrait être retenue seulement pour le bâtiment "recherches" sud, seul fondé sur le granite altéré peu argileux, qui bénéficiera d'ailleurs des fondations les plus profondes. Pour les autres bâtiments une valeur plus faible paraît préférable, qu'il pourra être nécessaire d'adapter localement, au vu des fouilles définitives.

(1) Encore y a-t-il lieu de noter que le pénétromètre est pessimiste parce que à porosité égale une roche granitique altérée est beaucoup plus résistante qu'un agrégat de grains dépourvu de structure initiale.

42 - Parmi les points particuliers à examiner, le passage qui relie le bâtiment social aux autres présente la particularité de séparer deux aires où le terrain remodelé est à des cotes nettement différentes : 66,5 au sud, 61,8 au nord. La fondation de ce passage doit tenir compte de cette dissymétrie sous peine de basculement. Il convient d'éviter toute possibilité de mise en charge de l'eau au sud non seulement par une excavation sans risque d'occlusion accidentelle, mais par des barbacanes dans les murs et un drainage spécial du côté amont (cf. ci-dessous 6).

Parmi les solutions constructives utilisables, on peut songer à un mur du genre terre armée indépendant des voiles qui formeront la galerie.

5 - CONCLUSIONS CONCERNANT L'EXECUTION DES TRAVAUX

Le rabattement proprement dit de la nappe dans la zone des fouilles demanderait des délais inacceptables et un réseau très dense en raison de la faible perméabilité des terrains superficiels. En revanche l'entretien du rabattement se traduira par un débit total modéré, de l'ordre de 25 mètres cubes par heure en période de hautes eaux, ce qui correspond donc au débit maximum du drainage après la construction (cf. chapitre suivant).

Ainsi les dispositions à prendre pour le drainage pendant la construction ne se mesurent pas en termes de débit d'exhaure, comme il est de règle en terrain perméable baigné par une nappe, mais en termes de pression, mettant en cause la stabilité du terrain.

Lors des terrassement en effet, les mêmes phénomènes observés dans les tranchées sud et centre se reproduiront sur les parois dès lors que le niveau supérieur de la nappe sera franchi. En cas de pente faible ou nulle (plate-forme) il n'y aura pas éboulement, mais il y aura toutefois une certaine désorganisation du terrain, manifestée par un gonflement irrégulier, sous l'effet des forces exercées vers le haut par l'écoulement de l'eau. Cette évolution de terrain peut se traduire :

- par des ameublissements localisés préjudiciables aux circulations d'engins sur le chantier,

- par des tassements aggravés par rapport aux prévisions qui ne concernent que le comportement du terrain vierge.

Il y a donc lieu de prendre toutes précautions susceptibles de limiter cette évolution. En particulier les bétons de propreté de toutes les semelles de fondations devront être mis en place sans délai.

Une autre précaution efficace consistera à ne pas atteindre du premier coup le fond de fouille définitif mais à laisser une épaisseur d'au moins 0,5 m pendant une période aussi longue que possible. Cette durée permettra en effet à la nappe de se rapprocher de la position d'équilibre

avec le terrassement définitif. Dans le cas de plates-formes étendues au-dessus de la nappe, des tranchées drainantes seront disposées à 1 m de profondeur environ, donc susceptibles de servir de drains ultérieurement même sous un dallage général (parking).

En outre il y a lieu de conserver toujours à toute plate-forme ou fond de fouille une pente superficielle et un écoulement par gravité (éventuellement par pompage). Il est important de veiller à ne laisser ni cuvettes ni flaches susceptibles de se remplir d'eau lors des averse et d'alimenter ensuite des "nappes" superficielles qui mettront très longtemps à perdre leur pression (ceci étant surtout dangereux pour les plates-formes au-dessus de la nappe).

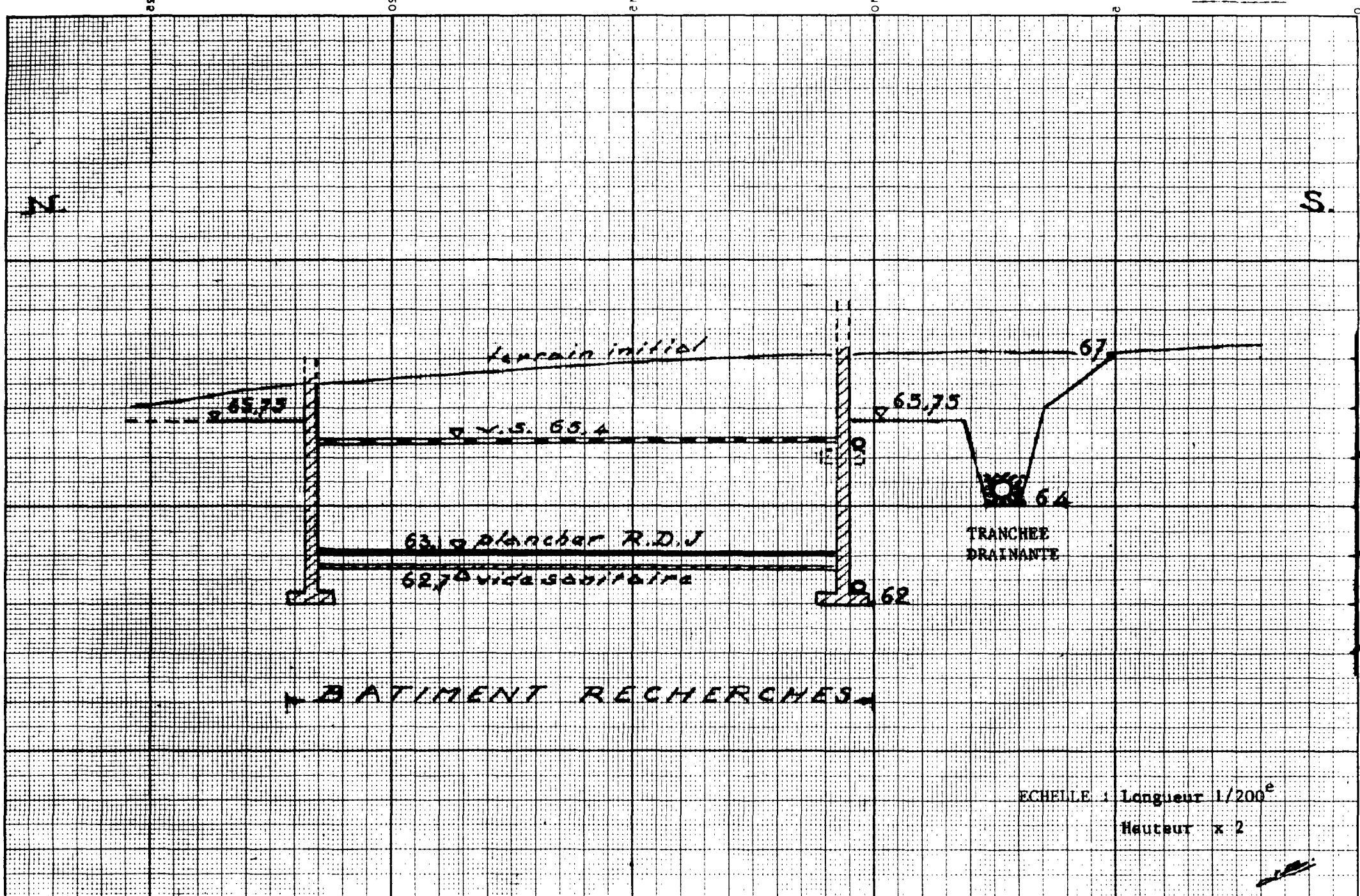
L'influence des parties superficielles de la nappe et celle du ruissellement seront avantageusement minimisées par une tranchée drainante située à l'amont des bâtiments, telle que portée sur le plan 105 (Réseaux divers) au pied du petit talus situé juste au sud du bâtiment recherches sud. Il n'est pas nécessaire que cette tranchée ceinture le site en totalité, pourvu qu'elle soit drainée par gravité (par exemple par un branchement sur le réseau d'eaux pluviales de la voie ouest). Le croquis joint montre le fond de fouilles du bâtiment à la cote 62,7, le terrain à 67 en haut du talus et à 66 au pied. Le fond de la tranchée pourrait être à 64 (la nappe est à 65,5 au point le plus haut).

Bien que l'action de cette tranchée soit surtout utile pour la période des fouilles, il est recommandable de l'équiper d'un drain susceptible d'une longue durée de vie, puis de la refermer immédiatement (buse perforée entourée d'une nappe non tissée et de gravier propre).

6 - CONCLUSIONS CONCERNANT LE PROJET

Les dispositions définitives doivent être prises pour assurer l'évacuation de l'eau qu'entraînera le remodelage du terrain naturel y compris sous les immeubles, quelle que soit la hauteur de la nappe.

L'abaissement du terrain autour des bâtiments déprimera la nappe d'une façon générale, et appellera un débit permanent non négligeable, de l'ordre de 25 m³/h pour l'ensemble du terrain. Une partie de ce débit sera évaporée au niveau du sol ou "transpirée" par la végétation autour des bâtiments. Une autre partie sera évacuée par le réseau des drains. Il est tout à fait improbable qu'un débit notable apparaisse en quelque point du terrain, susceptible de provoquer un ruissellement temporaire ou permanent. Toutefois la pluie ou un incident sur un réseau de distribution d'eau peuvent fournir des débits instantanés bien supérieurs dont il faut tenir compte dans le dimensionnement des drains et le modèle des surfaces.



Position de la tranchée drainante à l'amont sud du bâtiment "Recherches"
préconisée dès le début des travaux

Si toutefois la face inférieure d'un bâtiment n'était pas drainée, la pression de l'eau s'y manifesterait de bas en haut, au risque de pénétrer dans le bâtiment, ou de le soulever (1 m d'eau représente évidemment 1 tonne par mètre carré).

A la solution classique et coûteuse d'un cuvelage sûr, il y a lieu de préférer l'ouverture d'un espace entre terrasse et bâtiment, espace qui représente pour la pression de l'eau souterraine une condition de potentiel nul, c'est-à-dire l'équivalent exact d'une "mise à la terre".

A l'exception du parking et de quelques locaux critiques en rez de jardin, il est prévu systématiquement des vides sanitaires sous tous les locaux. Tous les vides sanitaires sont protégés contre une accumulation d'eau intempestive par une pente suffisante (par exemple la cote 65,4 dans les deux ailes du bâtiment sud peut se remplacer par 65,5 aux extrémités, 65,2 au voisinage des locaux inférieurs, ce qui laisse une pente de 0,3 m pour 30 m, soit 1 %) ; les points bas de chaque vide sanitaire sont pourvus d'orifices de vidange accessibles par des trappes pour désobstruction éventuelle.

Les semelles constituent automatiquement des tranchées de drainage le long des bâtiments. Il est donc recommandé de procurer des exutoires aux écoulements qui pourraient les suivre. A cette fin une pente de 1 % environ sera observée vers des points bas, avec raccordement aux réseaux d'eaux pluviales qui ceinturent le terrain.

En outre chaque fois que le vide sanitaire est au-dessous du terrain remodelé autour du bâtiment, le mur sera percé de barbacanes assurant le drainage latéral.

Les vides sanitaires sont aux cotes suivantes, du sud au nord :

- 65,4 sous l'essentiel du double bâtiment recherche (1 à 2 m sous le terrain naturel, à peine au-dessous de la plate-forme après modelage du terrain),

- 65,4 sous l'extrémité du simple bâtiment recherche (pratiquement au niveau du terrain naturel),

- 62,7 à 68 sous le bâtiment calculateur (terrain remodelé à 66 environ tout autour),

- 64 sous le bâtiment régie (1 m sous le terrain naturel),

- 62 sous le bâtiment administration (entre 0 et 2 m sous le terrain naturel),

62, à 65,4 sous l'ensemble social (terrain naturel à 66 au centre),

Sous le parking il n'y a pas de vide sanitaire mais la plate-forme est prévue à 62,6 pour un dallage à 63, le terrain naturel étant entre 63 et 65. Dans ce cas un réseau de drainage sous le dallage est indispensable en sus du drainage périphérique, notamment dans la partie sud-est où le déblai est le plus important.

En dehors du parking, la construction sans vide sanitaire devrait être réservée à des zones de très faible largeur, moins de 10 m par exemple, afin que la nappe soit rabattue par les drains latéraux le long des semelles. La sous-pression sera alors négligeable, mais la protection des locaux contre l'humidité exige un revêtement d'étanchéité.

Le projet tel qu'il est dessiné actuellement compte donc 4 sortes de drains :

- drains de chantier, à la diligence de l'entrepreneur, dont un seulement est particulièrement recommandé ici, sans toutefois être incorporé au projet,

- drains de premier ordre, sur la face externe amont des bâtiments au niveau le plus profond, y compris un collecteur le long de la galerie centrale, avec surtout une pente bien réglée,

- drains de second ordre : systématiquement toutes les semelles, avec une pente ($\sim 1\%$) vers un exutoire en angle de bâtiment ou vers le réseau de premier ordre,

- drains sous dallages dans les locaux sans vide sanitaire de plus de 10 m de largeur, et en particulier sous le parking,

Les drains de premier ordre seront particulièrement soignés dans leur mise en place et leur raccordement et protégés contre toute obstruction et détérioration. Les drains de second ordre seront traités de façon plus fruste. Les drains sous dallage seront traités avec le même soin que les drains de premier ordre.

A N N E X E

ESSAIS EN LABORATOIRE

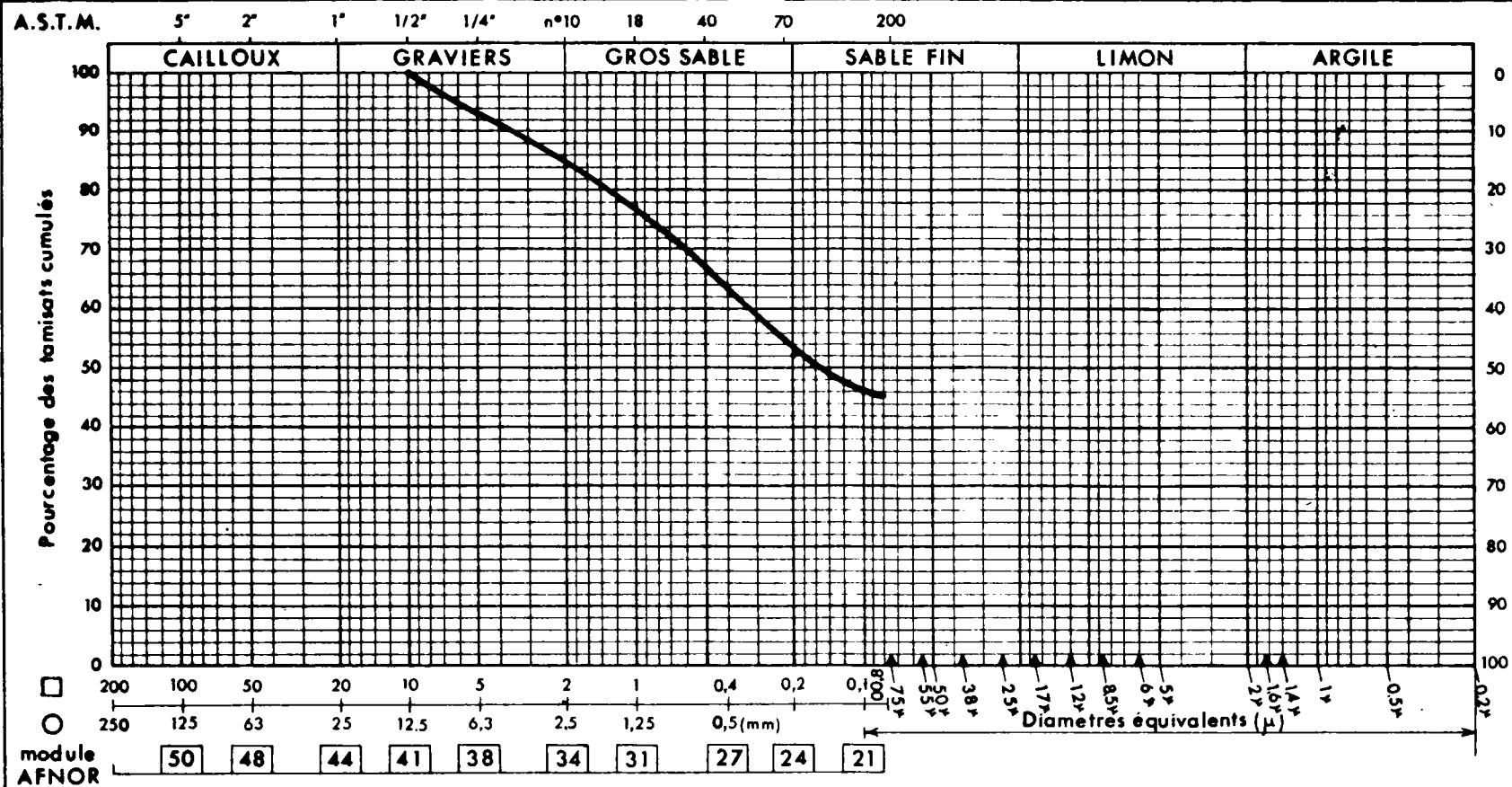
- Analyse granulométrique tranchée sud
- Analyse granulométrique tranchée centre
- Essai de compressibilité perméabilité tranchée sud
- Essai de compressibilité perméabilité tranchée centre
- Tableau récapitulatif

B.R.G.M.

ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Dossier :	Provenance : Rennes-Cesson-Sévigné
Echantillon n° :	Nature : <u>Arène granitique</u>
Sondage : <u>Tranchée Sud</u> face Nord	Date de l'essai : Juillet 1980
Profondeur : I,20 m	Poids initial sec : 6100 g

Classific. L.P.C.	Limites d'Atterberg		
	W _L	W _P	I _P
	43	20	23

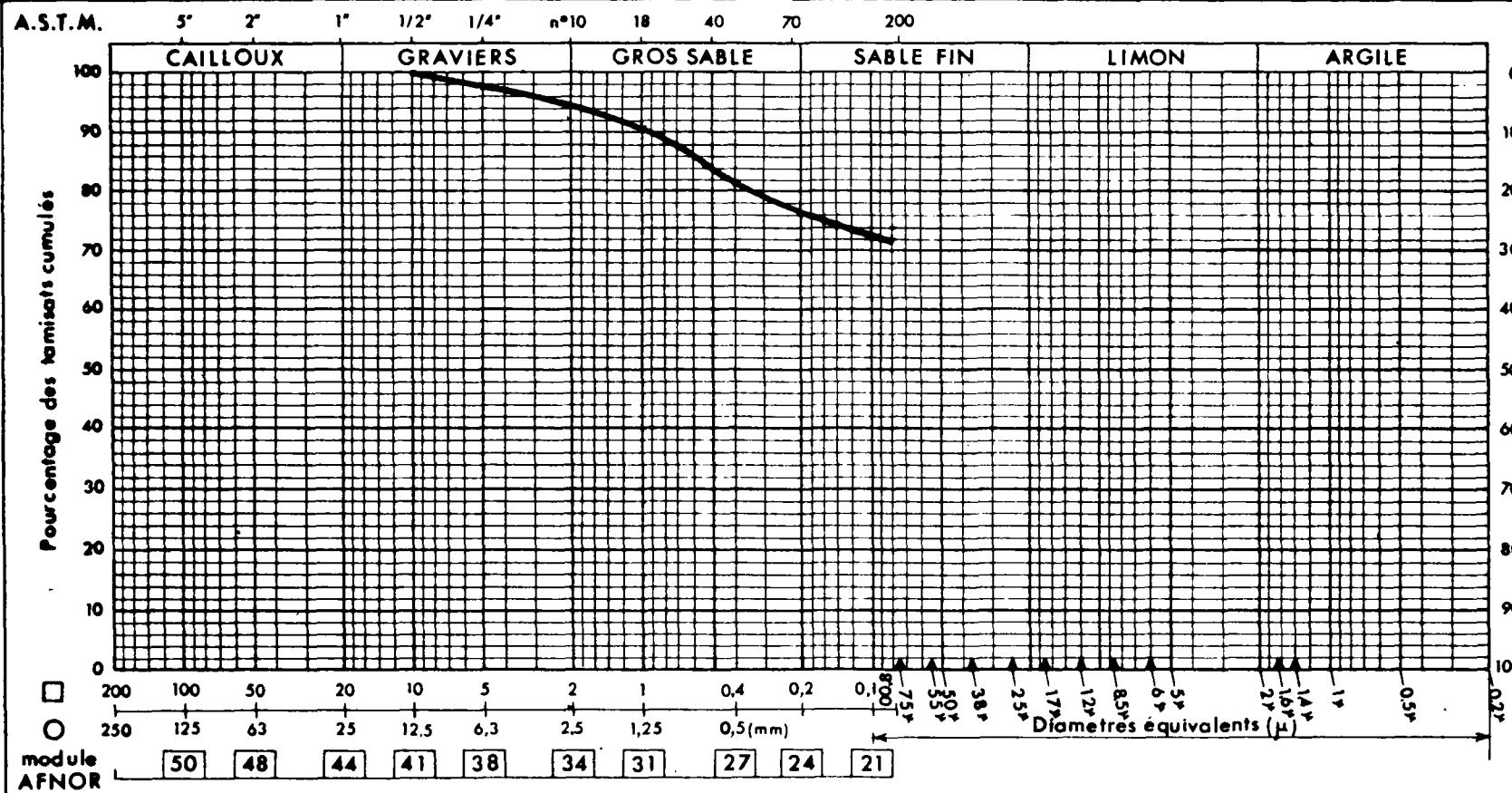


B.R.G.M.

ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Dossier : Provenance Rennes-Cesson-Sévigné
Echantillon n° : Nature : Argile jaune graveleuse
Sondage : Tranchée Centre Date de l'essai : Juillet 1980
Profondeur : 0,80/1,00 m Poids initial sec : 3150 g

Classific. L.P.C.	Limites d'Atterberg		
	W _L	W _P	I _P
	40	23	17



ESSAI DE COMPRESSIBILITE

PERMEABILITE

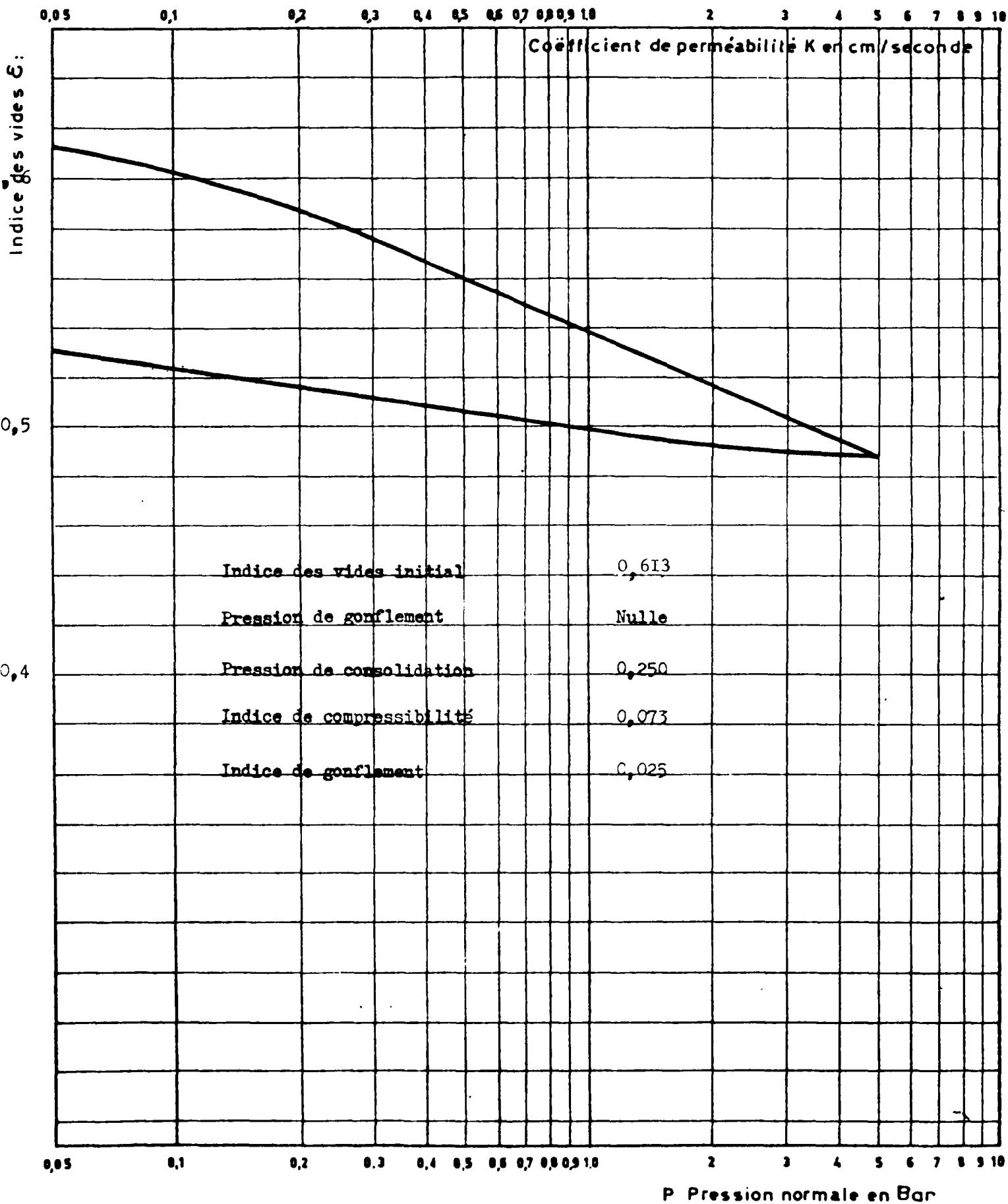
Etude : RENNES-CESSON-SEVIGNE

Sondage : Tranchée Sud face Nord

Echantillon : Arène granitique

Profondeur : 1,50 m

Indice des vides ϵ :

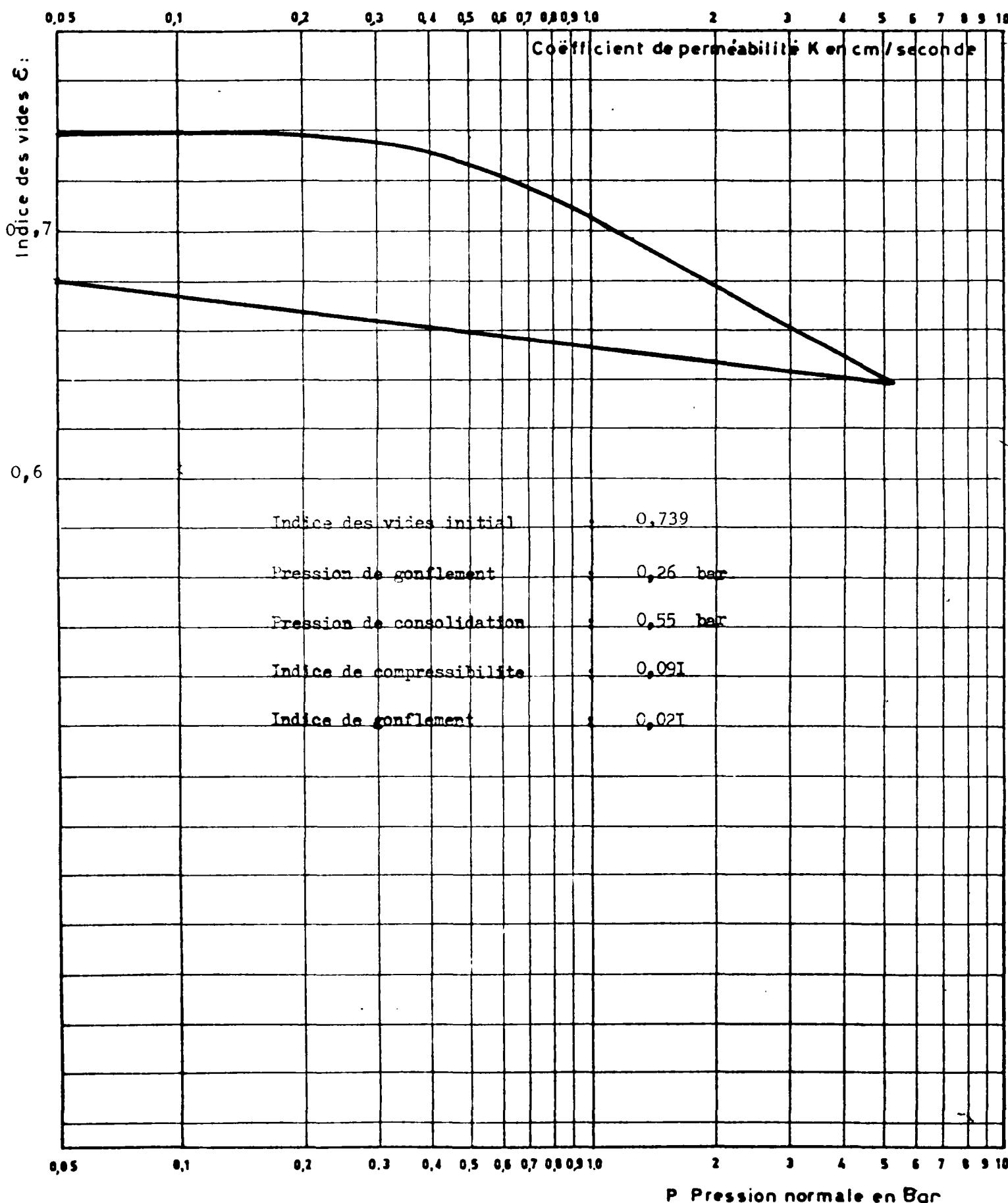


P Pression normale en Bar

ESSAI DE COMPRESSIBILITE
PERMEABILITE

Etude : RENNES - CESSON - SEVIGNE

Sondage : Tranchée Centre face Sud
Echantillon : Argile jaune graveleuse
Profondeur : 0,80/1,00 m



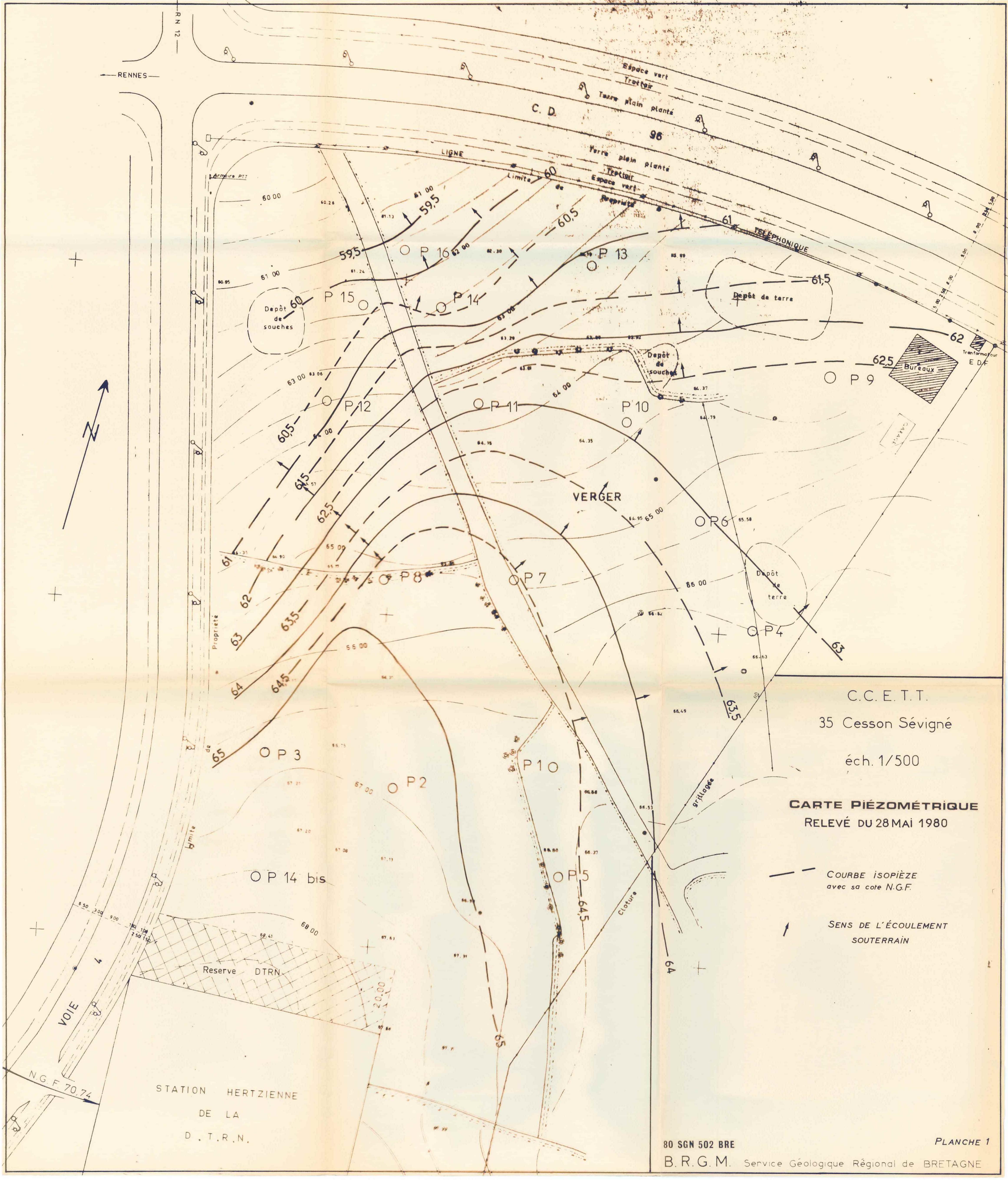
Chantier : RENNES - CESSON - SEVIGNE

ESSAIS EN LABORATOIRE - TABLEAU RÉCAPITULATIF

Juillet 1980

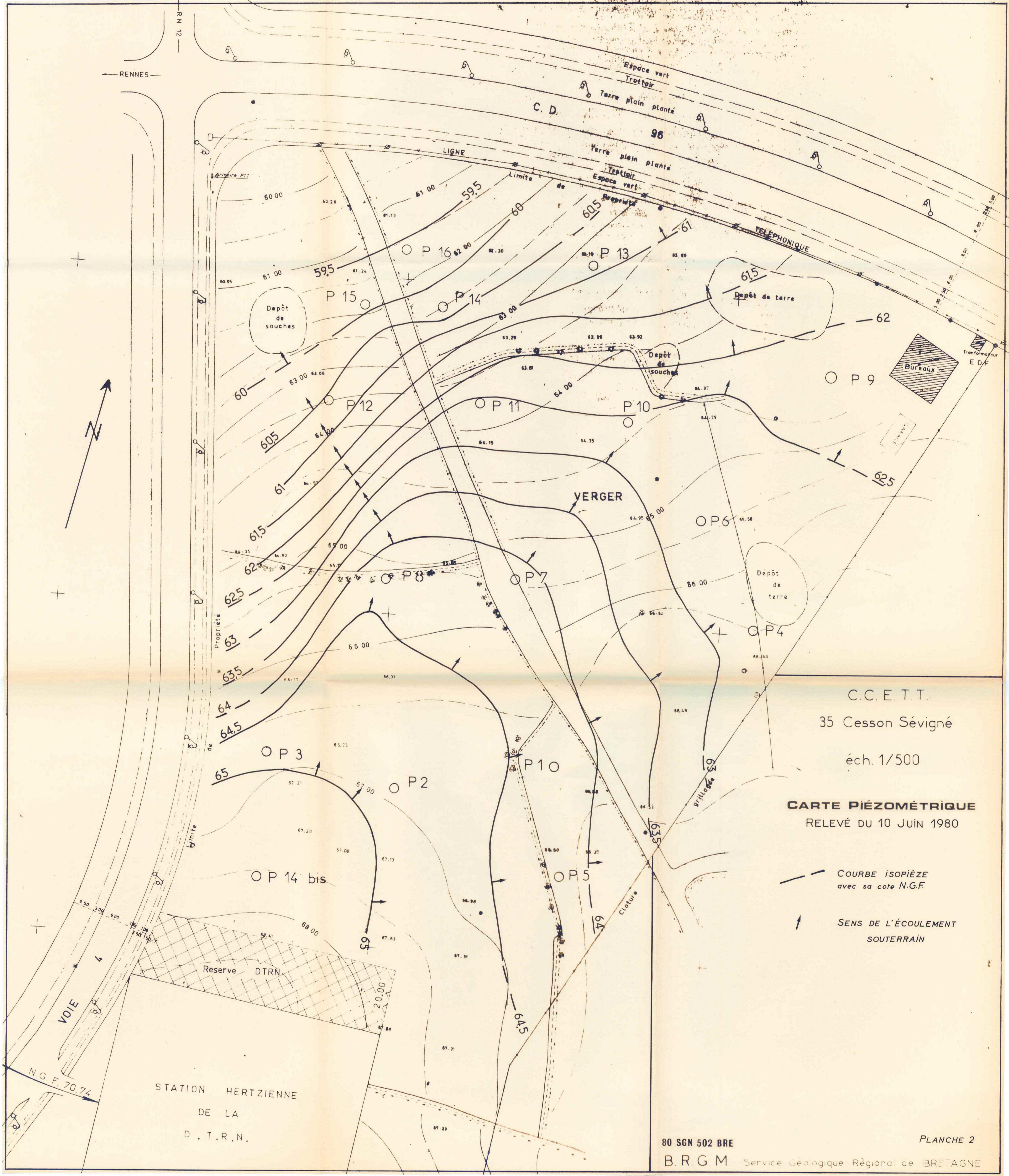
B. R. G. M.

LABORATOIRE GÉOTECHNIQUE



80 SGN 502 BRE

B.R.G.M. Service Géologique Régional de BRETAGNE



C.C. E.T.T.
Cesson Sévigné

éch. 1/500

CARTE PIÉZOMÉTRIQUE

RELEVÉ DU 10 JUIN 1980

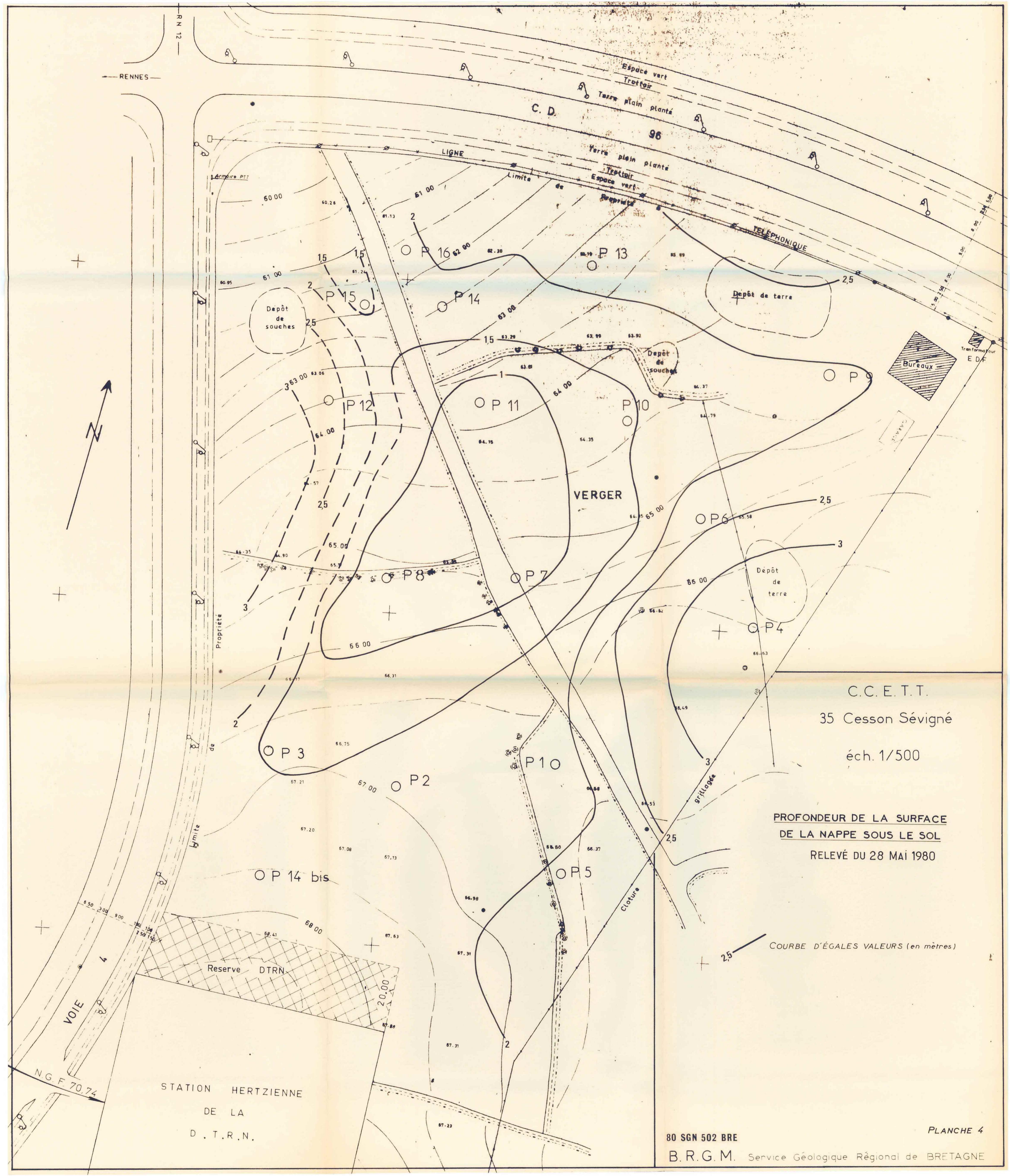
RELEVÉ DU 10 JUIN 1980

COURBE *ISOPIÈZE*
avec sa cote N.G.F.

SENS DE L'ÉCOULEMENT SOUTERRAIN

STATION HERTZIENNE
DE LA
D.T.R.N.

80 SGN 502 BRE



C.C.E.T.T.

35 Cesson Sévigné

éch. 1/500

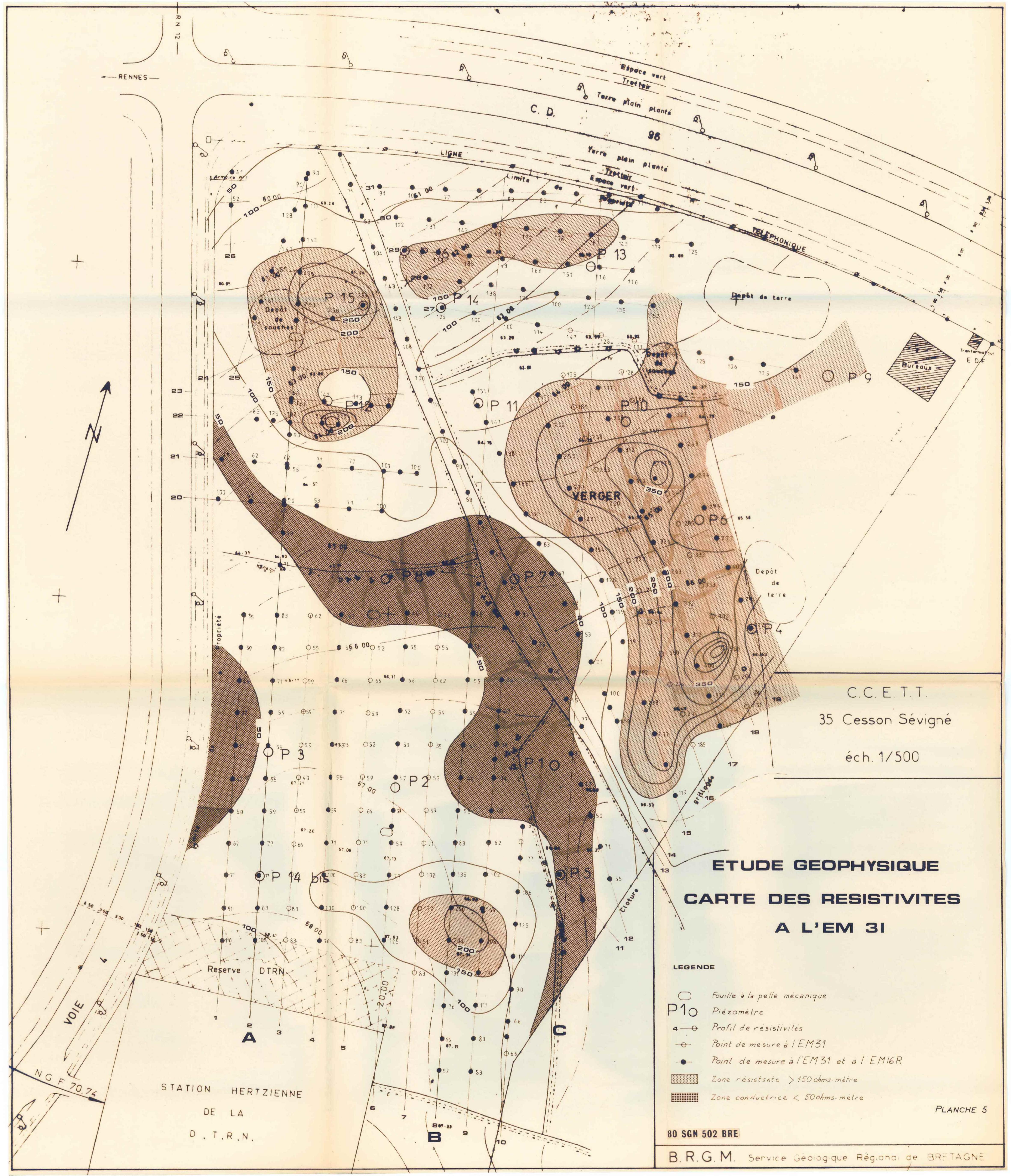
PROFONDEUR DE LA SURFACE DE LA NAPPE SOUS LE SOL

RELEVÉ DU 28 MAI 1980

COURBE D'ÉGALES VALEURS (en mètres)

STATION HERTZIENNE
DE LA
D.T.R.N.

80 SGN 502 BRE



C.C.E.T.T.

35 Cesson Sévigné

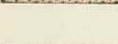
éch. 1/500

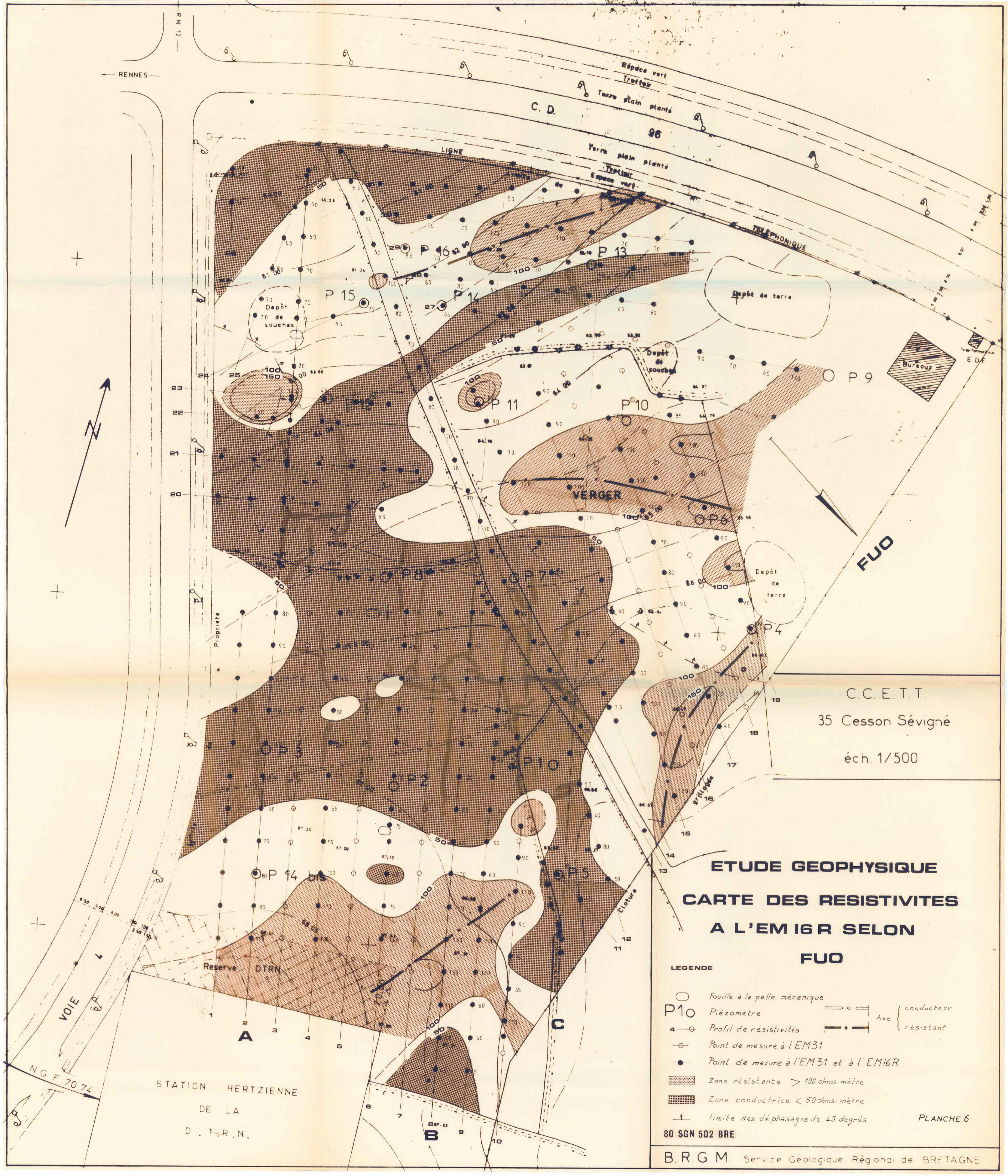
ETUDE GEOPHYSIQUE

CARTE DES RESISTIVITES

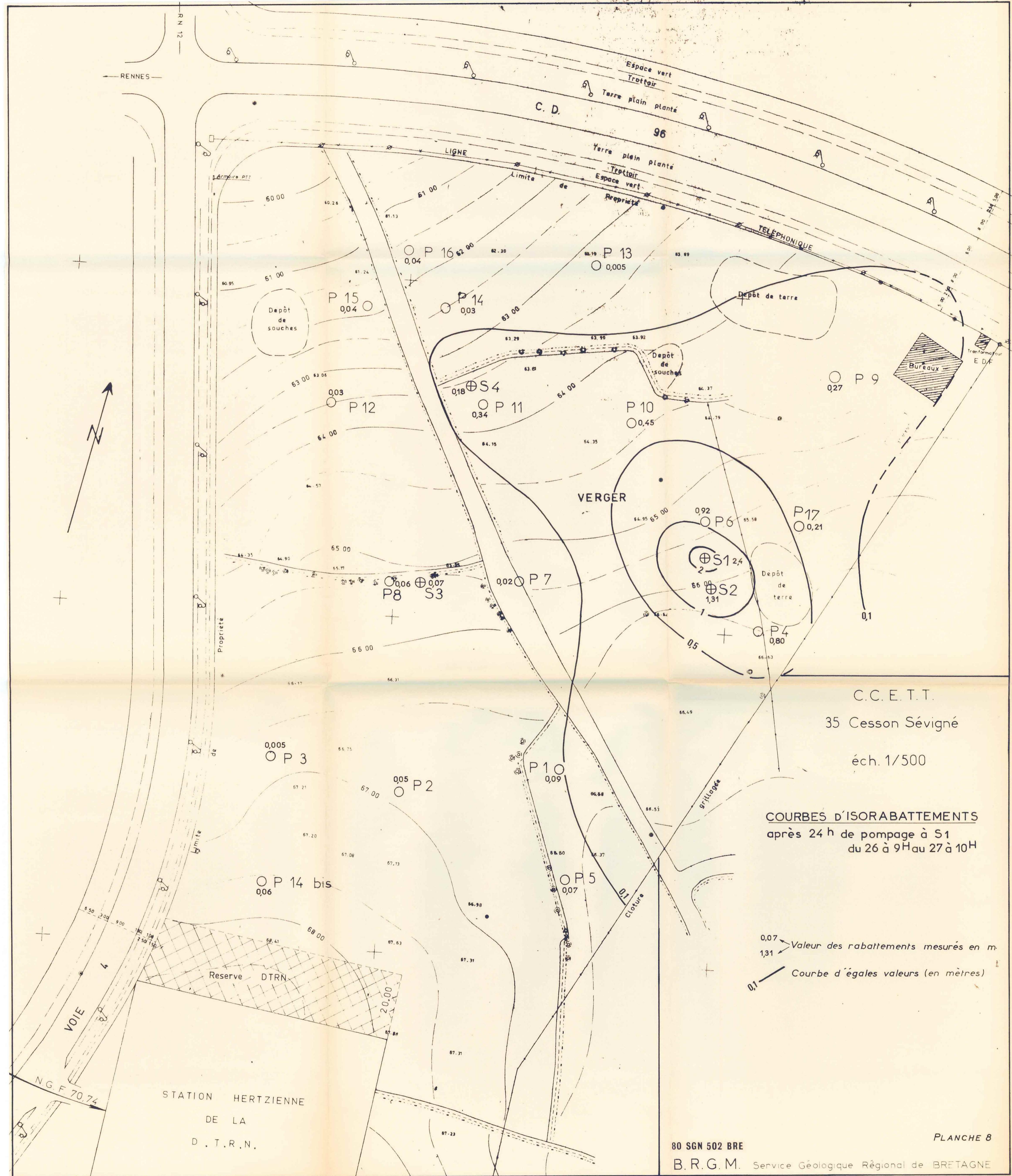
A L'EM 31

LEGENDE

- Fouille à la pelle mécanique
 - P10 Piézomètre
 - 4-○ Profil de résistivités
 - Point de mesure à l'EM31
 - Point de mesure à l'EM31 et à l'EM16R
 -  Zone résistante $> 150 \text{ ohms-mètre}$
 -  Zone conductrice $< 50 \text{ ohms-mètre}$







80 SGN 502 BRE

B. R. G. M. Service Géologique Régional de BRETAGNE

