



BRGM

BUREAU DE RECHERCHES
GEOLOGIQUES ET MINIERES

SERVICE GEOLOGIQUE NATIONAL
B.P. 6009 - 45018 Orléans Cedex
Tél. : (38) 63.80.01

Département du Finistère
DIRECTION DEPARTEMENTALE DE L'AGRICULTURE

Agence de Bassin Loire-Bretagne

ETUDE HYDROGEOLOGIQUE
du secteur de COSQUERIC
Commune d'ELLIANT (Finistère)

par
H. TALBO

78 SGN 103 BPL

Service géologique régional BRETAGNE-PAYS DE LA LOIRE
10, rue Henri Picherit, 44000 NANTES
Tél. : (40) 74.49.00, 74.56.75, 74.94.49

R E S U M E

L'étude hydrogéologique du secteur de Cosquéric (commune d'Elliant - Finistère), réalisée à la demande du Conseil Général du Finistère sur l'instigation de la Direction départementale de l'Agriculture et de l'Agence de Bassin Loire-Bretagne avait un double but : appliqué (recherche d'eau pour fournir un appoint à la commune) et méthodologique (mise en place d'un réseau piézométrique et suivi des fluctuations de niveaux).

Les résultats obtenus ne sont pas satisfaisants : les débits sont modestes, dans la meilleure des hypothèses à peine suffisants pour les besoins d'Elliant, et l'eau présente des signes de contamination animale, due à l'existence de fissures verticales débouchant au sol.

L'observation des variations piézométriques montre que les aquifères granitiques et schisteux sont rechargés par les précipitations hivernales, avec des amplitudes plus importantes dans les granités.

L'expérience acquise à Elliant sur le site de Cosquéric permet de dégager un certain nombre de faits susceptibles d'orienter plus efficacement d'autres travaux du même ordre.

S O M M A I R E

	<u>Page</u>
RESUME	I
SOMMAIRE	II
INTRODUCTION	1
- IMPLANTATION DES FORAGES	5
- RESULTATS BRUTS	7
- ANALYSE ET SIGNIFICATION DES RESULTATS	8
- DEBITS A L'AVANCEMENT	9
- POMPAGES D'ESSAI	23
- QUALITE DE L'EAU	30
- FLUCTUATIONS DES NIVEAUX	35
- CONCLUSIONS	37

I N T R O D U C T I O N

L'utilisation des méthodes de forage par battage rapide à l'air comprimé ("marteaux fond-de-trou" et "hors-trou") a permis, dans le Massif armoricain, la réalisation d'ouvrages qui auraient été impossibles par les méthodes classiques beaucoup plus onéreuses.

La multiplication parfois inconsidérée des forages provoquée pour l'essentiel par la sécheresse de 1976 n'est pas sans inconvénients, mais elle montre que les formations indurées qui constituent le sous-sol de la Bretagne ne sont pas dépourvues d'eau souterraine. Si les résultats sont souvent médiocres, des conditions favorables, localement développées, peuvent permettre des débits intéressants pour satisfaire ou aider à satisfaire certains types de besoins.

La connaissance que l'on a, pour le moment, de l'hydrogéologie armoricaine est embryonnaire, très insuffisante pour que, dans la plupart des cas où un problème se pose, l'eau souterraine puisse être considérée autrement que comme une éventualité au demeurant incertaine. On doit s'interroger sur les services que peut effectivement rendre cette eau, l'extension des réservoirs et les limites d'exploitation des nappes compte tenu des préjudices à ne pas faire subir à l'environnement, la pérennité et le mode de renouvellement des ressources.

Pour aider la progression des connaissances, le Conseil général du Finistère à l'instigation de la Direction départementale de l'Agriculture et l'Agence de Bassin Loire-Bretagne ont assuré le financement de l'étude hydrogéologique du secteur de Cosquéric (commune d'Elliant). Une première phase de travaux devait permettre la recherche d'eau utilisable par la commune d'Elliant dont les besoins d'appoint en période estivale sont de l'ordre de 300 m³/jour. Une deuxième phase devait consister à équiper le site en piézomètres complémentaires de façon à disposer d'un réseau de surveillance convenable. Le programme des travaux a été élaboré en 1975

Le bourg d'Elliant est bâti en limite sud d'une bande de granite à deux micas ("traînée de Locronan") large d'environ 2,5 km (cf. extrait de carte - fig.1). Plus au sud, sur environ 500 m de largeur, on trouve des schistes micacés. La transition entre les schistes et le granite à deux micas se fait par l'intermédiaire d'une étroite zone mylonitique. Une autre bande mylonitique, large seulement de 20 à 30 m existe à peu près au milieu des schistes.

Au sud des schistes et au contact direct avec eux, on trouve sur environ 300 m de largeur, une nouvelle bande de granite qui a été le siège d'une très intense fracturation, bien visible dans les deux anciennes carrières situées au nord-ouest de Cosquéric et, plus à l'est, dans la tranchée de la route de Rosporden récemment redressée.

Au sud des granites de Cosquéric se trouvent les granites à deux micas de la "traînée de Rosporden", bien visibles dans la carrière de Kerhoantec.

L'ensemble est affecté d'accidents transversaux selon deux directions principales, SW-NE et SE-NW.

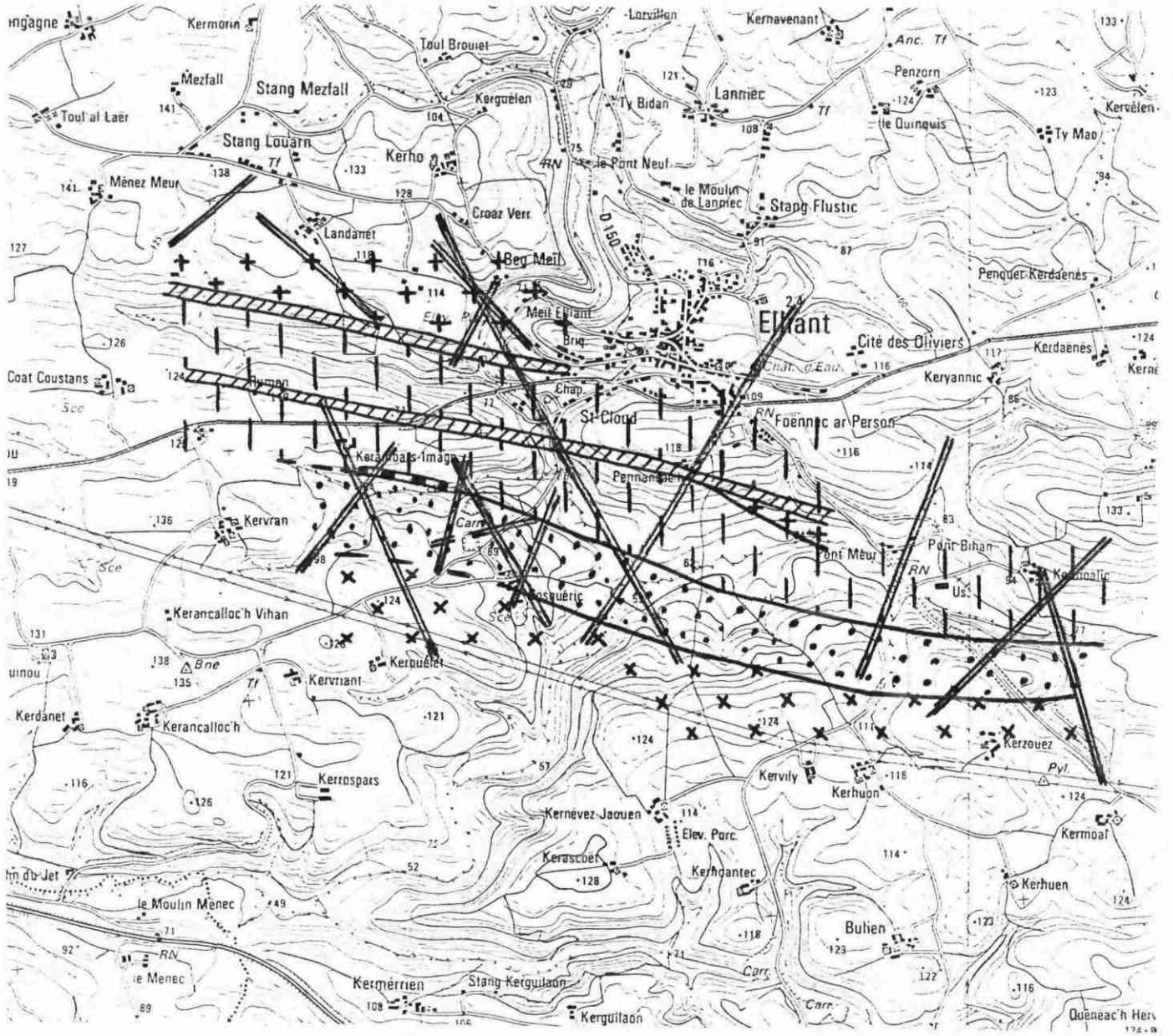
Au sud de "Kerambars" se trouve un filon de quartz, longeant le contact granites - schistes.

C'est ce secteur de Cosquéric, paraissant à priori favorable, qui a fait en 1975 l'objet d'un programme de recherches, appliqué de Octobre 1976 à Juin 1977.

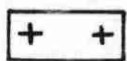
Les granites de Cosquéric se sont révélés peu productifs, faiblement fissurés et seulement jusqu'à des profondeurs limitées. Les recherches ont alors été dirigées surtout vers la zone de contact et des piézomètres d'observation mis en place dans l'encaissant.

Extrait Carte Géologique de Elliant

Echelle 1/25 000



Légende



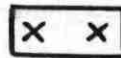
Granite de Locronan



Granite de Cosqueric



Mylonites



Granite de Rosporden



Schiste



Filon de quartz



Directions structurales principales (interprétation photo-aérienne)

Région d'ELLIANT

ECHELLE : 1 / 25 000



— Lignes structurales
o Sondages réalisés

IMPLANTATION DES SONDAGES

Les différents sondages ont été implantés d'après des critères photogéologiques appuyés par une reconnaissance géophysique (trainés électriques).

Examen photogéologique

L'étude des photographies aériennes au stéréoscope (restituant le relief) permet de faire des hypothèses quant à la nature et aux limites des différentes formations et, pour ce qui nous préoccupe, quant aux directions de fissures.

Les alignements ou linéaments distingués sur les photographies peuvent, ou non, correspondre effectivement à des fractures. Les hypothèses ainsi obtenues seront d'autant plus vraisemblables que les directions repérées coïncident avec ce qui est connu du style structural de la région étudiée.

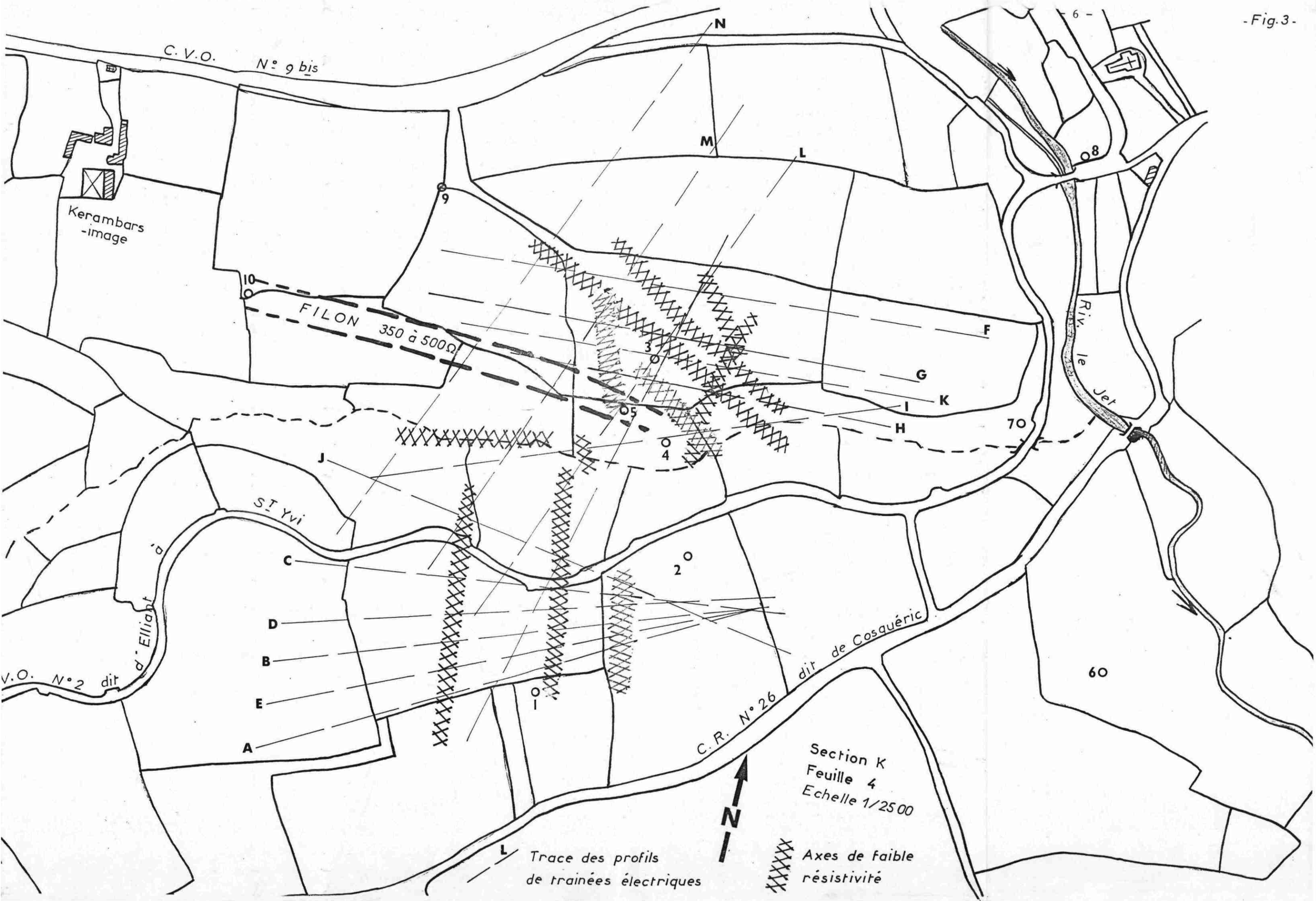
Il faut noter que si certains linéaments photographiques ne correspondent à rien de réel en profondeur, à l'inverse, des fractures réelles peuvent ne pas être décelées par cette méthode.

Sur l'extrait de carte - fig.2 - ont été reportés les linéaments (autres que les directions principales notées sur la figure 1) déterminés par une analyse détaillée. On retrouve des directions plus ou moins obliques mais transversales aux formations géologiques. Un certain nombre de directions Est-Ouest, parallèles aux couches existent également; elles correspondent plus vraisemblablement à des différenciations lithologiques au sein des différentes formations.

Géophysique

On a adopté la méthode du trainé électrique, très souple d'emploi, qui permet de balayer assez rapidement une surface importante : un dispositif quadripole à écartements fixes est déplacé sur le terrain selon un pas de mesure suivant les directions étudiées. L'écartement des électrodes étant fixes, on mesure les caractéristiques du sous-sol (résistance au passage du courant électrique) à profondeur constante (cf. profils de résistivité en annexe).

Le granite de Cosquéric présente une résistivité assez forte, le plus souvent voisine de 1000 Ω avec des creux, pouvant correspondre aux zones fissurées plus perméables, descendant rarement en-dessous de 600 Ω . Les schistes sont moins résistants, le plus souvent aux environs de 500 Ω , avec des contrastes brusques abaissant la résistivité vers 100 Ω , quelquefois à des valeurs très inférieures (moins de 10 Ω au profil H) pouvant correspondre à des terrains essentiellement argileux.



Les mesures sont gênées et, pour certaines, déformées par les pentes très abruptes. De ce fait, une interprétation sous forme de carte des isorésistivités risquerait d'être sans signification. On a plutôt tenu compte des alignements de contrastes électriques. Les axes de faibles résistivités (cf. figure 3) dessinent un réseau assez comparable à celui des linéaments photographiques, compte tenu qu'à un linéament (échelle 1/25.000) peut correspondre un groupe d'axes géophysiques (échelle 1/2.500).

Les sondages ont été implantés dans la mesure du possible (certains emplacements étant impraticables du fait des pentes ou des sols marécageux) sur ou à proximité immédiate (qq m à 20 m) des axes de faibles résistivités coïncidant avec des linéaments photographiques (sondages 1 - 3 - 4 - 5) ou encore dans le prolongement d'axes géophysiques lorsque le linéament correspondant se prolongeait lui-même (sondages 2 - 9). Enfin, certains ont été implantés uniquement sur des données photos (sondages 6 - 7 et 10). Le choix de l'emplacement 8 est dû à l'existence d'un terrain communal.

Remarque : Comme l'interprétation photo-aérienne, la géophysique légère fournit surtout des hypothèses, qu'il convient de vérifier par forages mécaniques. La mise en oeuvre d'un arsenal plus complet, la superposition de différentes méthodes (trainés et sondages électriques, sismique, magnétisme, V.L.F....) permettrait d'obtenir des données plus élaborées et plus sûres. Cependant, la dépense serait beaucoup plus importante (à la limite, disproportionnée avec le coût de l'eau) sans pour cela dispenser des sondages de vérification.

RESULTATS BRUTS

Les tableaux ci-après résument les principales données concernant les forages. Les débits annoncés sont ceux obtenus par l'action de l'air comprimé en cours de travaux.

1^{ère} série de forages - Entreprise BRUNEL - Octobre-Novembre 1976

N°	Profondeur atteinte	formation	Débit maxi. mesuré
1	70 m	granite	1,2 m ³ /h
2	70 m	granite	0,7 m ³ /h
3	70 m	schistes métamorphiques et mylonites	5 m ³ /h
4	70 m	schistes métamorphiques	2,9 m ³ /h
5	70 m	schistes métamorphiques + quartz	25 m ³ /h

2ème série de forages (piézomètres) entreprise PERFORA - Janvier-Février 1977

N°	Profondeur atteinte	formation	Débit maxi. mesuré
6	61 m	granite	0,7 m ³ /h
7	70 m	schistes	4,9 m ³ /h
8	70 m	schistes	5,2 m ³ /h
9	70 m	schistes	0,18 m ³ /h
10	70 m	schistes + quartz	9 m ³ /h

ANALYSE ET SIGNIFICATION DES RESULTATS

Sur les graphiques ci-après sont schématisées les différentes observations faites au cours des travaux : log géologique, vitesse d'avancement et débits exhaurés aux différentes profondeurs.

Vitesse d'avancement :

On a mesuré le temps mis pour enfoncer chaque barre de forage (longueur 3 m). En fait, en certains cas, il peut arriver qu'on mesure ainsi moins la dureté de la roche que les autres difficultés de forage (mauvaise tenue des terrains retardant la foration, usure de l'outil, efficacité du matériel, etc..). On obtient cependant des données qui peuvent être très intéressantes.

- Les granites de Cosquéric sont des roches très dures où l'avancement est souvent inférieur à 3 m par heure alors que dans les schistes de la zone de contact, l'avancement peut dépasser 20 m à l'heure.

- les différences de vitesse au cours d'un même forage peuvent être significatives et permettre de localiser les horizons producteurs. Il n'existe pas de règle absolue : les zones productives peuvent correspondre aux avancements (relativement) rapides - ex. forage 1 ou, en d'autres cas, aux avancements les plus lents - par ex. forage 4.

La mesure automatique des vitesses d'avancement à l'aide d'appareils existants, simples d'emploi et paraissant très fiables (type Diagrafor) fournirait des précisions souhaitables sur la localisation et la distribution des fissurations. De telles techniques, assez peu coûteuses, mériteraient d'être généralisées pour toutes recherches de quelques importance.

DEBITS A L'AVANCEMENT

Il s'agit des débits sortis en cours de forage par l'action de l'air comprimé (pompage par émulsion)

Ces débits sont des données relatives qui n'ont de valeur que par leur ordre de grandeur et dans la mesure où les ouvrages comparés ont été réalisés dans des conditions comparables. Ils dépendent en effet, toutes choses égales par ailleurs,

- de paramètres propres au compresseur utilisé : débit de l'air et pression sous laquelle il est injecté.

- des diamètres utilisés (importance du vide entre la paroi du forage et les tiges de foration),

- des caractéristiques de la roche explorée (perméabilité locale) et de l'épaisseur de la tranche aquifère.

En particulier, pour des conditions données (compresseur, diamètre, perméabilité locale et épaisseur d'aquifère), le débit obtenu par émulsion dépend (jusqu'à une valeur maximale au-delà de laquelle il n'y a plus d'amélioration sensible) de la "submergence" du tube d'air (ici, tiges de foration) : rapport de la longueur de la partie immergée du tube d'air à la hauteur totale d'élévation (rabattement compris). Ainsi, quand la foration s'approfondit dans une formation productive, le débit obtenu par émulsion est exagéré par l'effet de submergence (qui, le matériel étant de capacité finie sera en partie compensé, pour les débits et profondeurs importants, par la plus grande pression d'air qui serait nécessaire à une hauteur d'élévation allant en s'accroissant).

Lorsque la zone perméable est dépassée et que le forage se poursuit dans de la roche stérile, l'effet de submergence n'intervient plus sauf pendant les quelques secondes ou minutes qui suivent la reprise de foration après un arrêt (manoeuvre de tige par exemple, une tige devant être ajoutée tous les 3 m) ayant nécessité de couper l'injection d'air : pendant l'arrêt, la partie du forage qui se trouve dans la roche stérile se remplit d'eau par déversement depuis les horizons supérieurs perméables; la réserve ainsi constituée est rapidement vidée (avec un débit pouvant être momentanément important) lorsque le circuit d'air est ouvert à nouveau.

Pour éviter des erreurs grossières, on prend la précaution de ne mesurer les débits épuisés qu'à chaque fin de tige, alors que la foration se poursuit de façon ininterrompue depuis au moins 10 minutes, quelquefois plus d'une heure (cf. vitesses d'avancement).

Les débits ainsi mesurés et observés permettent de comparer la productivité des différentes zones ou emplacements testés, au moins de façon qualitative, et, dans de nombreux cas, de connaître avec une précision satisfaisante la localisation et l'épaisseur de la fissuration active, de savoir si celle-ci est relativement homogène (progression continue du débit avec l'approfondissement) ou discontinue (sauts de débit).

Les différentes observations faites au cours des travaux (terrains traversés, vitesses d'avancement, progression des débits) doivent bien entendu être corrélés entre eux.

Il arrive que la mesure des débits obtenus en cours de forage aboutisse à des indéterminations quant à la localisation des horizons producteurs : lorsque la fissuration est très ouverte - ce dont on se rend compte par les chutes d'outil, la nature des cuttings - l'eau, en partie ou en totalité, peut être refoulée dans le terrain au lieu de ressortir par le trou de forage. En même temps que l'eau, les déblais fins peuvent être injectés dans les fissures précédemment découvertes et les colmater. On connaît alors l'existence de fissures, mais on ignore si elles sont colmatées à l'origine ou si elles le deviennent par l'effet de la foration.

La reconnaissance et la localisation des zones fissurées actives - essentielles à la prévision des exploitations - nécessiterait alors des instrumentations à posteriori dans les forages. Des mesures au micromoulinet de forage, matériel facile à mettre en oeuvre, donneraient de bons résultats, dans la mesure où l'ouvrage aura préalablement été développé et nettoyé (pompage jusqu'à l'eau claire). Dans la plupart des cas, le développement le plus efficace consistera à alterner les actions chimiques (application de polyphosphates, défloculant des argiles) et mécaniques (notamment pistonnage et nettoyage par émulsion). Il faut remarquer que si le pistonnage peut être très efficace, il nécessite que le forage soit cimenté en tête et équipé d'un tubage métallique (un tubage PVC, trop fragile, risquerait de s'écraser).

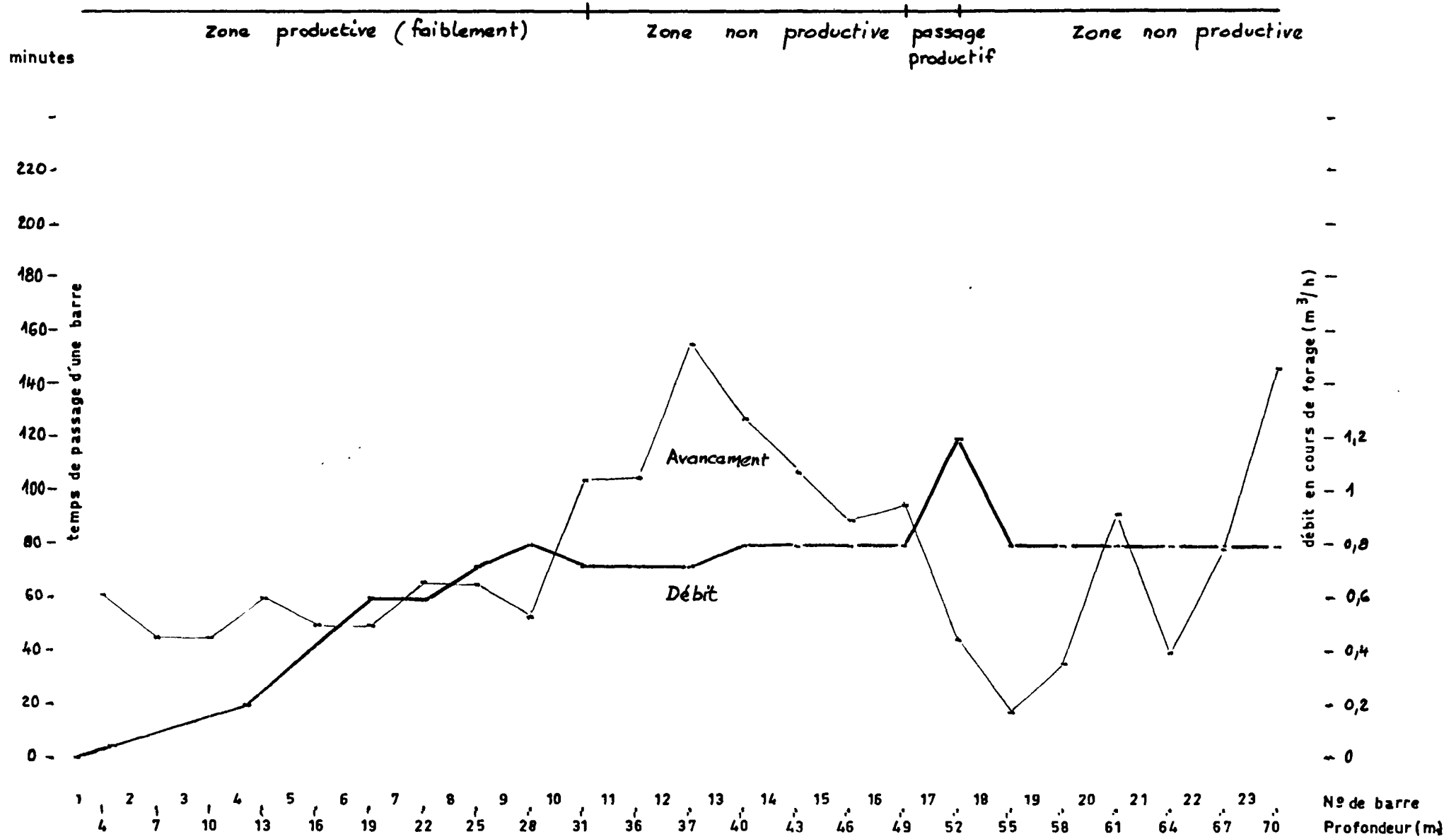
Le micromoulinet de forage ne pourra donc, en toute rigueur, être utilisé avec efficacité et représentativité que dans des ouvrages relativement élaborés et travaillés, ce qui d'un point de vue économique ne sera possible que dans la mesure où on disposera déjà de certaines assurances : secteur productif fournissant des débits instantanés notables et assez vaste pour qu'on puisse raisonnablement espérer une alimentation suffisante par l'encaissant moins perméable.

Examen des forages

- Forage 1 - Le granite de Cosquéric est très dur. Il n'est altéré, faiblement, que jusqu'à une trentaine de mètres de profondeur. Le débit, faible, augmente jusqu'à cette profondeur, puis se stabilise. De 49 à 52 m, on retrouve des témoins de fissuration (déblais grossiers) auxquels correspond une augmentation de débit. De 52 à 64 m, quelques témoins de fissuration apparaissent, le granite est assez tendre, mais non productif. A 64 m, on retrouve de la roche massive. La fissuration active est limitée et on peut considérer qu'elle ne dépasse pas une trentaine de m de profondeur.

Granite altéré jeune	Granite bleuté - rares traces d'altération - Cuttings fins	Granite gris clair. feldspaths abondants - roche massive	bleuté débris grossiers	Granite gris quelques cuttings grossiers	Gris - Débris fins
6		31	49 52		64

forage tubé
lanterne de
54 à 70m.



Granite bleuté Nbr éléments oxydés vide à 7m	Granite gris bleuté éléments oxydés jaunes peu Nbr	Granite gris bleuté . Cuttings fins	Granite gris bleuté . Cuttings fins
--	--	-------------------------------------	-------------------------------------

9

18

49 51

feldspaths
très
abondants

2

Zone productive (faiblement)

Zone non productive

minutes

120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0

temps de passage d'une barre

Avancement

Débit

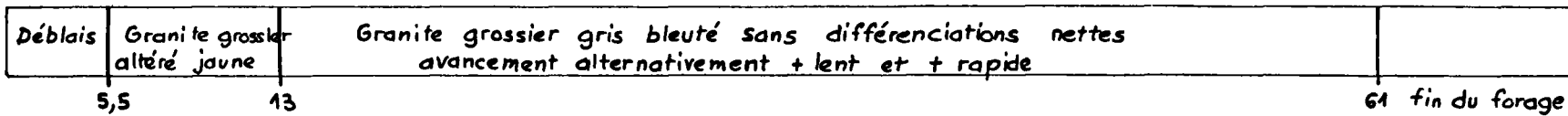
givrage →

débit en cours de forage (m³/h)

0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0

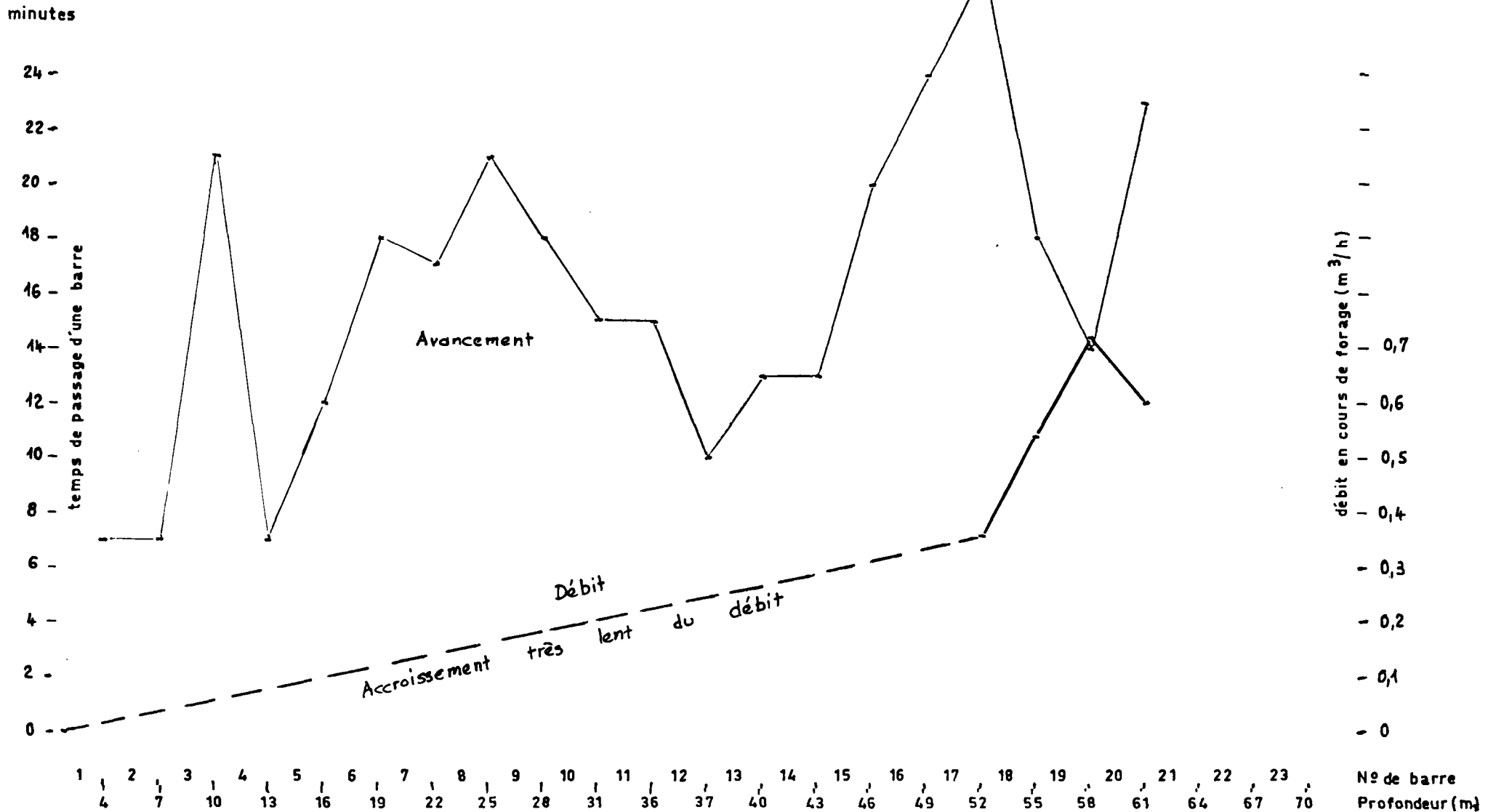
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23
4 7 10 13 16 19 22 25 28 31 36 37 40 43 46 49 52 55 58 61 64 67 70

N° de barre
Profondeur (m)



6
forage tubé
crépiné sur les
28 m. inférieurs

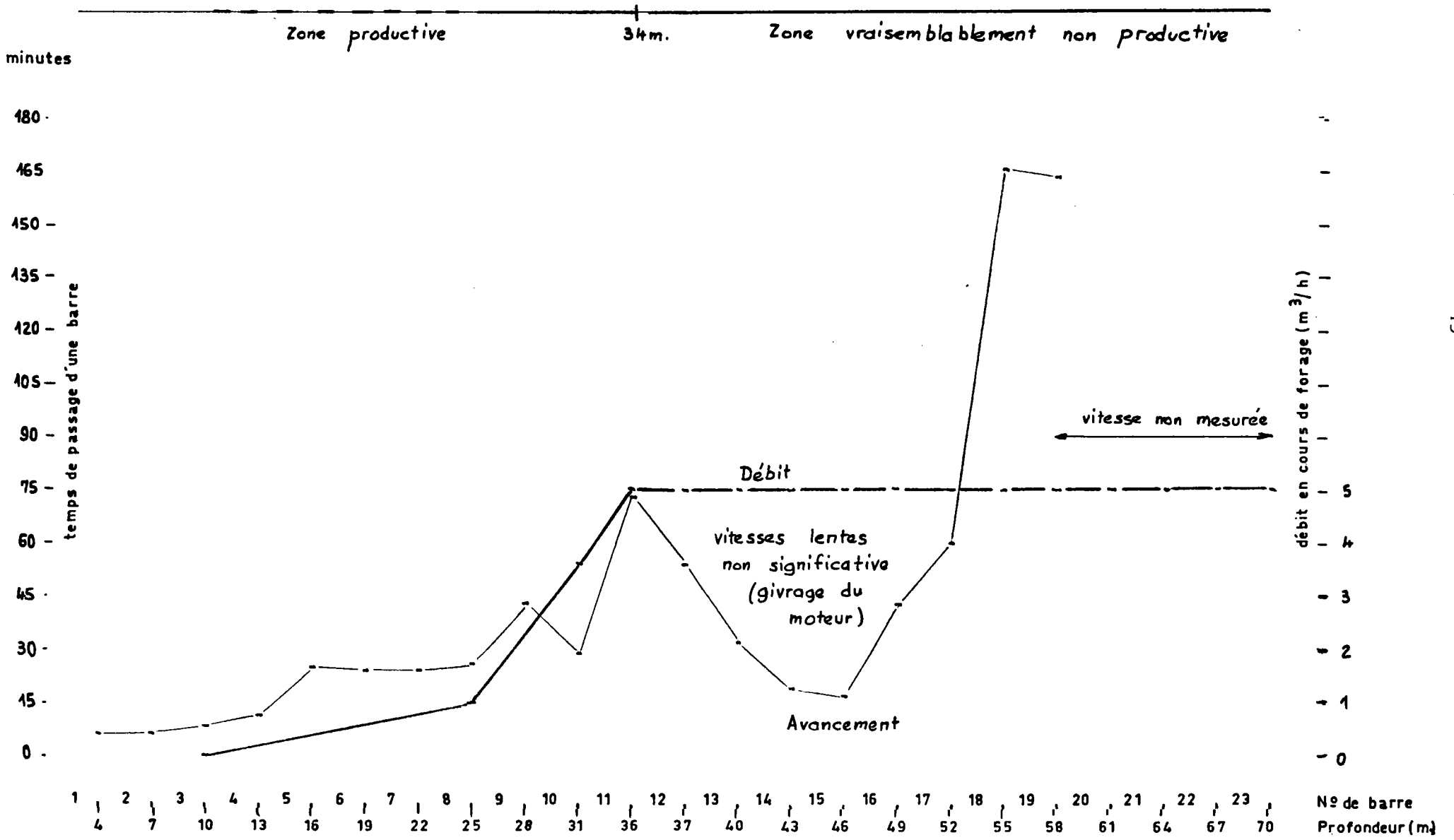
Productivité faible mais assez homogène



Sch. altérés ocres	Schistes gris bleutés - grain fin	Schistes feldspathiques gris verts alternant avec quartzites gris nombreuses inclusions de quartz
5	31	70

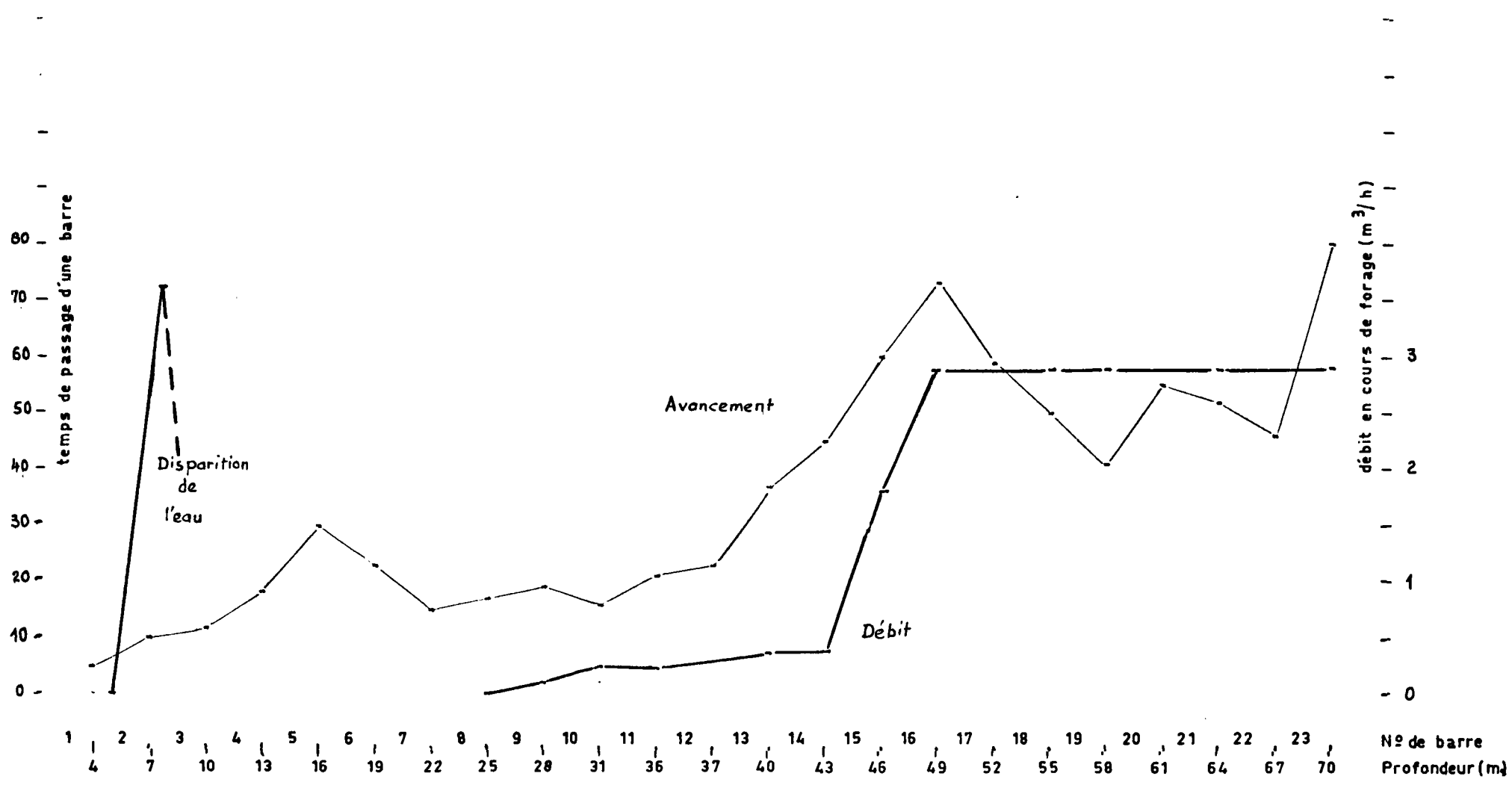
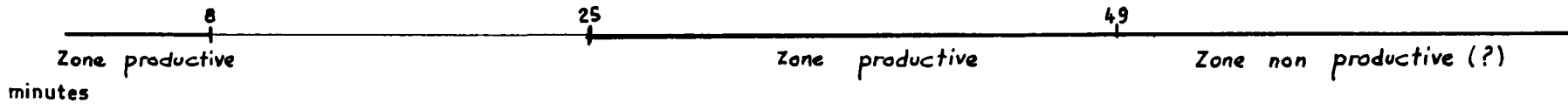
3

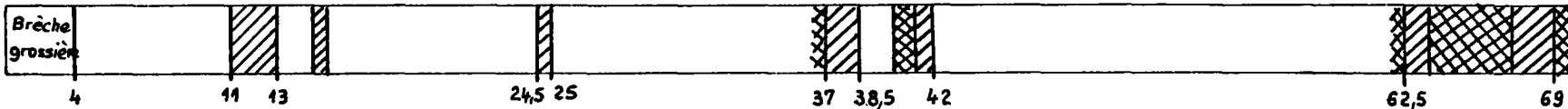
forage tubé
lanterne de 54m.
jusqu'au fond.



Brèche non consolidée	Micaschistes et quartzites gris noirs	Mylonites	id. 8 à 19	Mylonites	id. 8 à 19 m. quartz et feldspaths abondants roche proche d'un gneiss	Alternances micaschistes et quartzites rougeâtres durs. Quartz abondant, - feldspaths traces d'oxydation fréquentes	Mylonites blanches
8	19	22	26	29	40	66	70

4 forage tubé lanterné de 34 à 70m.





5

Schistes sériciteux gris verts - forte proportion de quartz

passages fracturés peu durs
altération rougeâtre

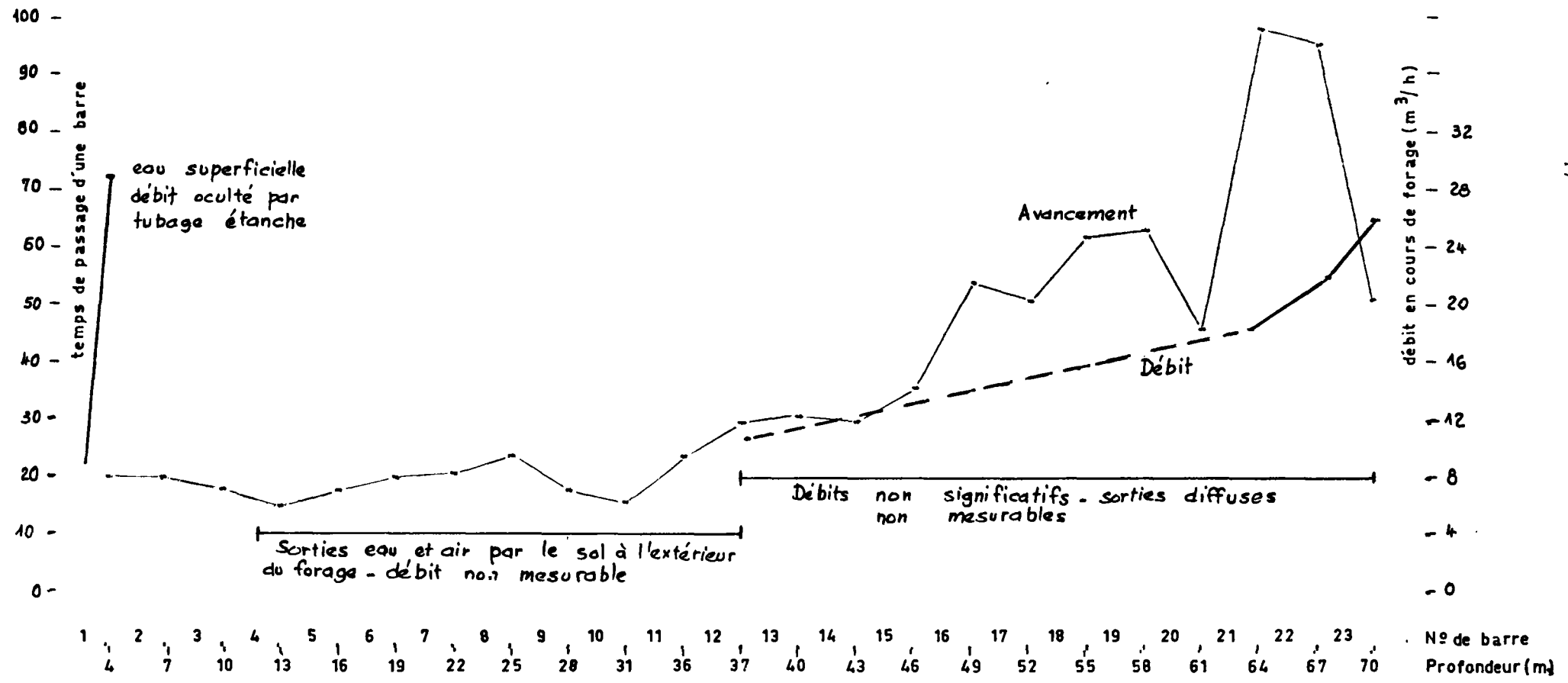
passages fracturés très durs
quartz

tubé sur toute la hauteur
crápiné de 16 à 70m.

minutes

zone productive ?
colmatage vraisemblables des fissures par forations

Zone productive



(26 m³/h à 70 m); il semble que la productivité de ce niveau (64 à 70 m) soit supérieure à la capacité d'accueil des fissures situées plus haut, lesquelles doivent être en partie colmatées par la masse de cuttings qui y ont été injectés.

Les possibilités réelles de débit (instantané) sont de ce fait certainement supérieures à ce qui a été mesuré. Cependant, la fissuration active n'a pu être localisée de façon satisfaisante, des mesures au micromoulinet de forage fournirait des précisions supplémentaires mais le développement de cet ouvrage (débouillage des fissures) nécessiterait un pistonnage énergétique impossible à réaliser (tubage P.V.C.).

On remarquera qu'à 70 m la formation explorée reste productive. Par ailleurs, les remontées d'air et d'eau par le sol jusqu'à une certaine distance du forage montrent que la fissuration est subverticale ce qui peut poser des problèmes quant à la protection de la qualité de l'eau (risques d'infiltrations directes).

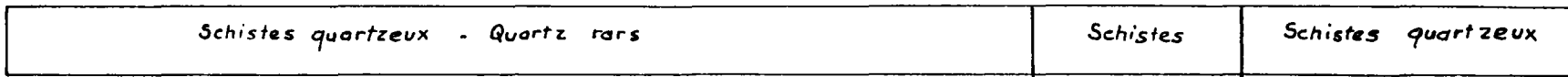
- Forage 7 - Les schistes rencontrés ne sont productifs que dans une zone étroite (25 à 32,5 m) coïncidant avec un niveau où les cuttings sont plus grossiers et l'avancement plus lent. Une certaine augmentation de débit se manifeste également entre 46 et 52 m. Plus bas (en dessous de 32,5 ou de 52 m), la roche est stérile.

- Forage 8 - Les schistes traversés par le forage 8 fournissent un débit limité (5m³/h à 70 m) mais qui augmente assez régulièrement, avec quelques passages stériles : de 14 à 22 m, de 28 à 31 m, de 37 à 40 m, et surtout, de 43 à 58 ou 64 m. La base de la formation susceptible d'être productive n'est certainement pas atteinte.

- Forage 9 - Les schistes rencontrés à ce niveau, assez éloigné du contact avec les granites, ne rencontrent aucun signe de fissuration et le débit obtenu reste tout à fait négligeable (0,18 m³/h à 70 m).

- Forage 10 - Réalisé à l'autre extrémité du filon de quartz, les observations faites sont du même ordre qu'au forage 5 : la roche (schistes et quartz fissurés) est productive jusqu'à 31 m (9 m³/h), elle paraît stérile à partir de 52 ou 55 m (le quartz est alors moins abondant) mais entre 31 et 52 m, il y a indétermination, les pertes de soufflage et de cuttings constatées pouvant correspondre à l'injection de ces déblais dans des fissures.

En résumé le granite de Cosquéric est peu fissuré en profondeur, les fissures qui peuvent exister sont fermées. Le secteur a subi des contraintes de compression ayant pu entraîner des broyages importants mais qui sont très peu perméables (recristallisations). Une zone à fissuration ouverte existe au contact entre les granites et les schistes, marqué par un filon quartzeux qui constitue un drain conducteur. Les débits instantanés qui peuvent en être obtenus



46

55

8

forage tubé
crépiné sur les
40m. inférieurs

Zone productive

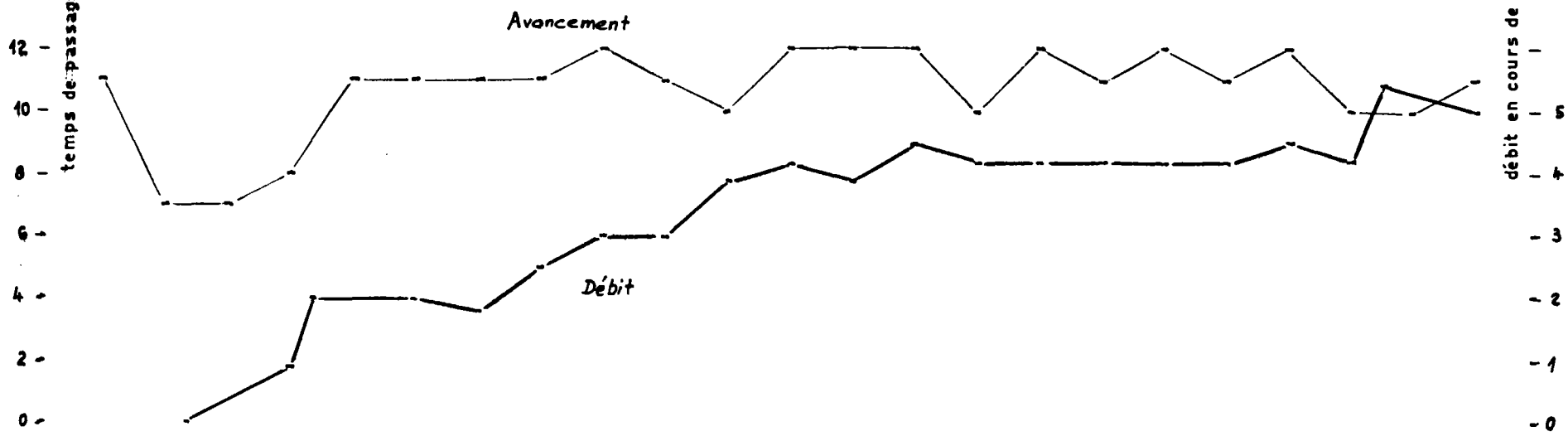
Zone non productive

Passages productifs

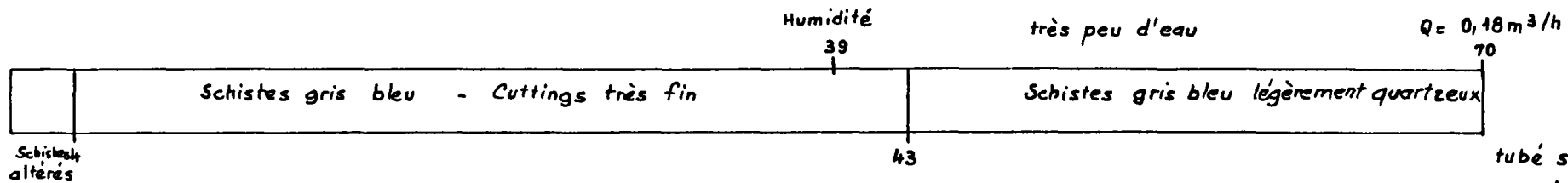
minutes

temps de passage d'une barre

débit en cours de forage (m³/h)



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23
 4 7 10 13 16 19 22 25 28 31 36 37 40 43 46 49 52 55 58 61 64 67 70
 N° de barre Profondeur (m)



9

tubé sur toute la hauteur
crépiné sur les 40m. inférieurs

minutes

24 -

22 -

20 -

18 -

16 -

14 -

12 -

10 -

8 -

6 -

4 -

2 -

0 -

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23

4 7 10 13 16 19 22 25 28 31 36 37 40 43 46 49 52 55 58 61 64 67 70

temps de passage d'une barre

Avancement

débit en cours de forage (m^3/h)

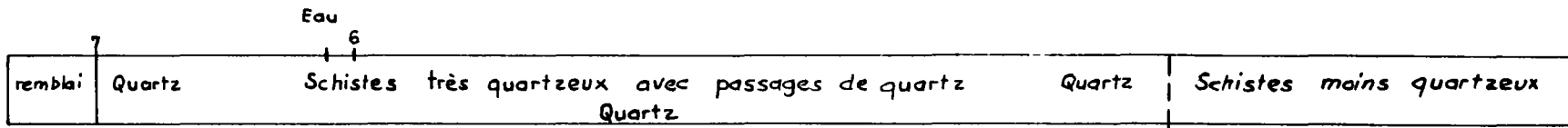
Débit

0,2

0,1

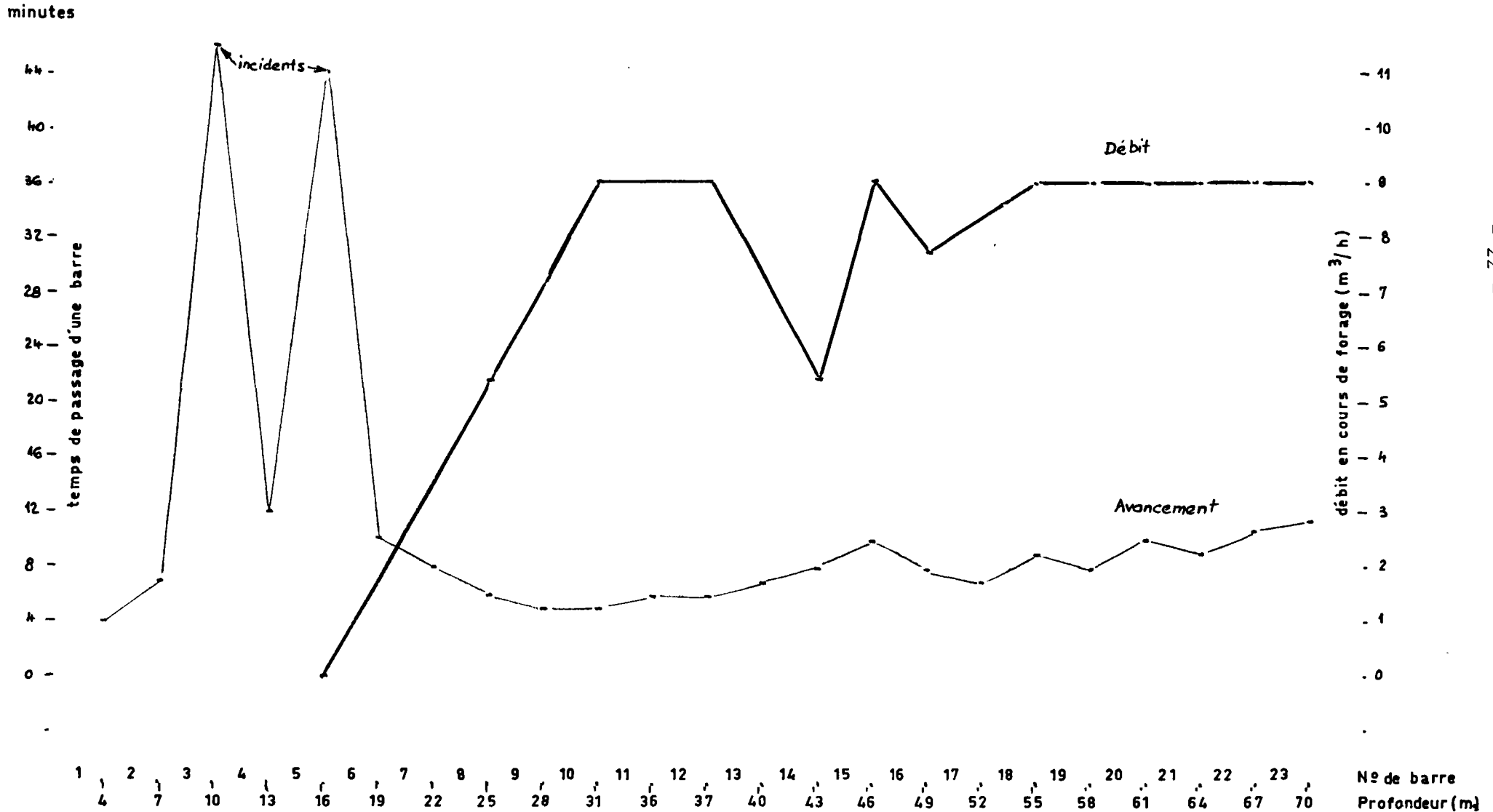
0

No de barre
Profondeur (m)



très nombreux accrochages - pertes de soufflage et de cuttings fréquents (colmatage des fissures ?) notamment à 28m. et entre 34 et 49m.

10
forage éboulé
piézomètre refait
à 5m. au Nord



sont notables : au moins $26 \text{ m}^3/\text{h}$ au sondage 5, au moins $9 \text{ m}^3/\text{h}$ au sondage 10, mais ce conducteur est d'extension limitée (10 à 25 m de large sur environ 300 m de longueur) et son encaissant, susceptible d'en assurer l'alimentation, est constitué soit par le granite, très peu perméable, soit par des schistes et quartzites aux caractéristiques médiocres (débits instantanés de 3 à $5 \text{ m}^3/\text{h}$ dans les meilleurs cas)

POMPAGES D'ESSAI

Essai sur le Forage 5

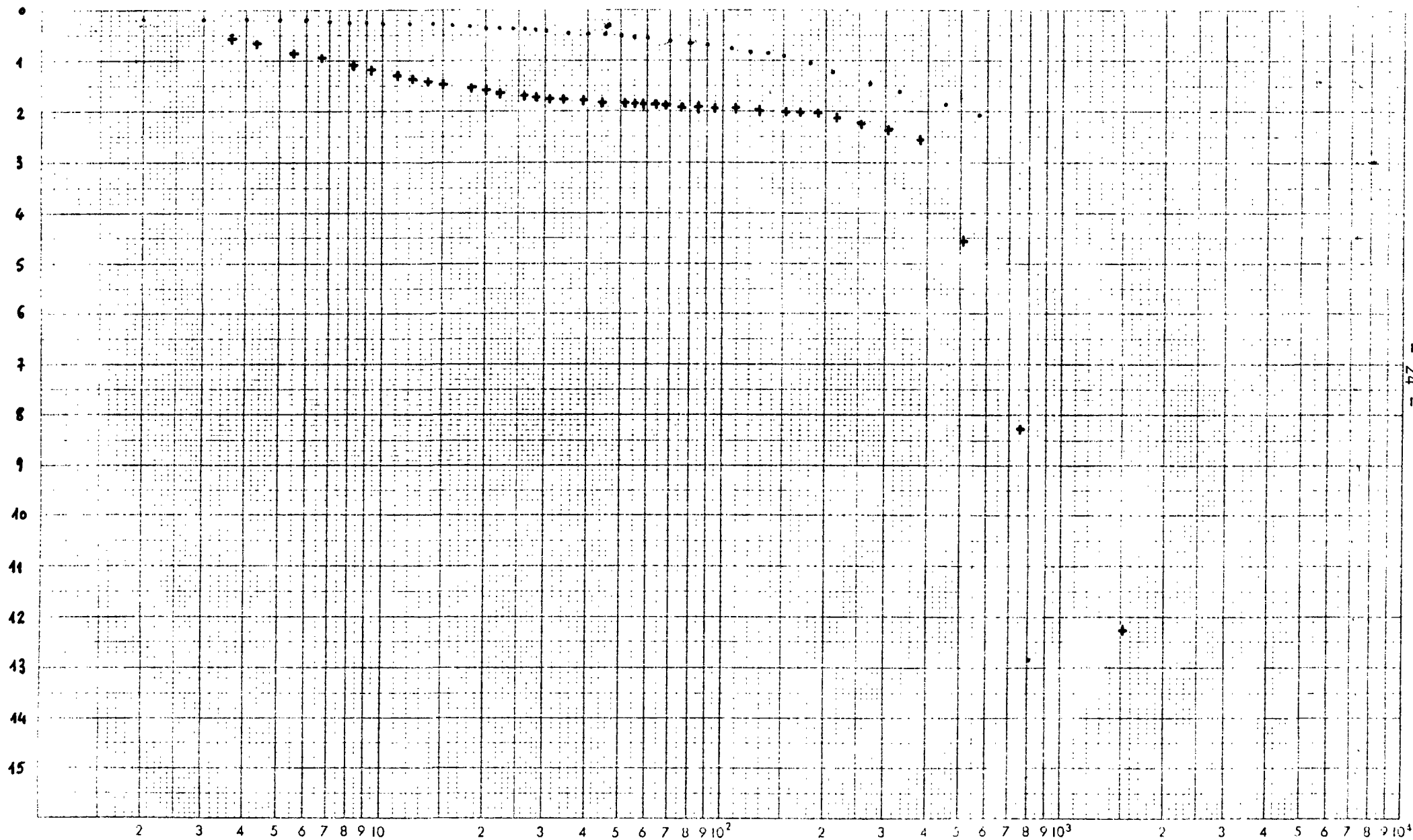
Le forage 5 a fait l'objet d'un pompage d'essai au débit moyen de $5 \text{ m}^3/\text{h}$. (groupe immergé 4" - entreprise BRUNEL) du 14/06/77 à 8h30, au 15/06 à 9h40; la remontée a ensuite été suivie pendant 10h. Des mesures ont été prises au forage d'essai (F5) et, utilisés comme piézomètres, aux forages F1 (x = 235 m), F2 (x = 125 m), F3 (x = 50 m) et F4 (x = 40 m) - cf. tableaux de mesures en annexe. Seuls les piézomètres F3 et F4 ont suivi mais l'évolution qui s'y est manifestée ne semble pas pouvoir être interprétée quantitativement, les valeurs obtenues étant anormalement élevées (F3, transmissivité = $3,2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$, emmagasinement = $2,2 \cdot 10^{-3}$. F4, T = $9,4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$, S = $6 \cdot 10^{-3}$).

Au forage d'essai, la pente de descente est très faible jusqu'à 105 minutes de pompage (transmissivité locale du drain conducteur) puis elle s'accroît jusque vers 600 minutes de pompage, avec un accroissement de rabattement de 2 m par cycle logarithmique du temps (équivalent à une transmissivité de $1,27 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ - $0,46 \text{ m}^2/\text{h}$ -). A partir de 600 minutes, la descente du niveau s'accroît très fortement, le rabattement passant de 2,1 m à 570 minutes à près de 13 m à 800 minutes.

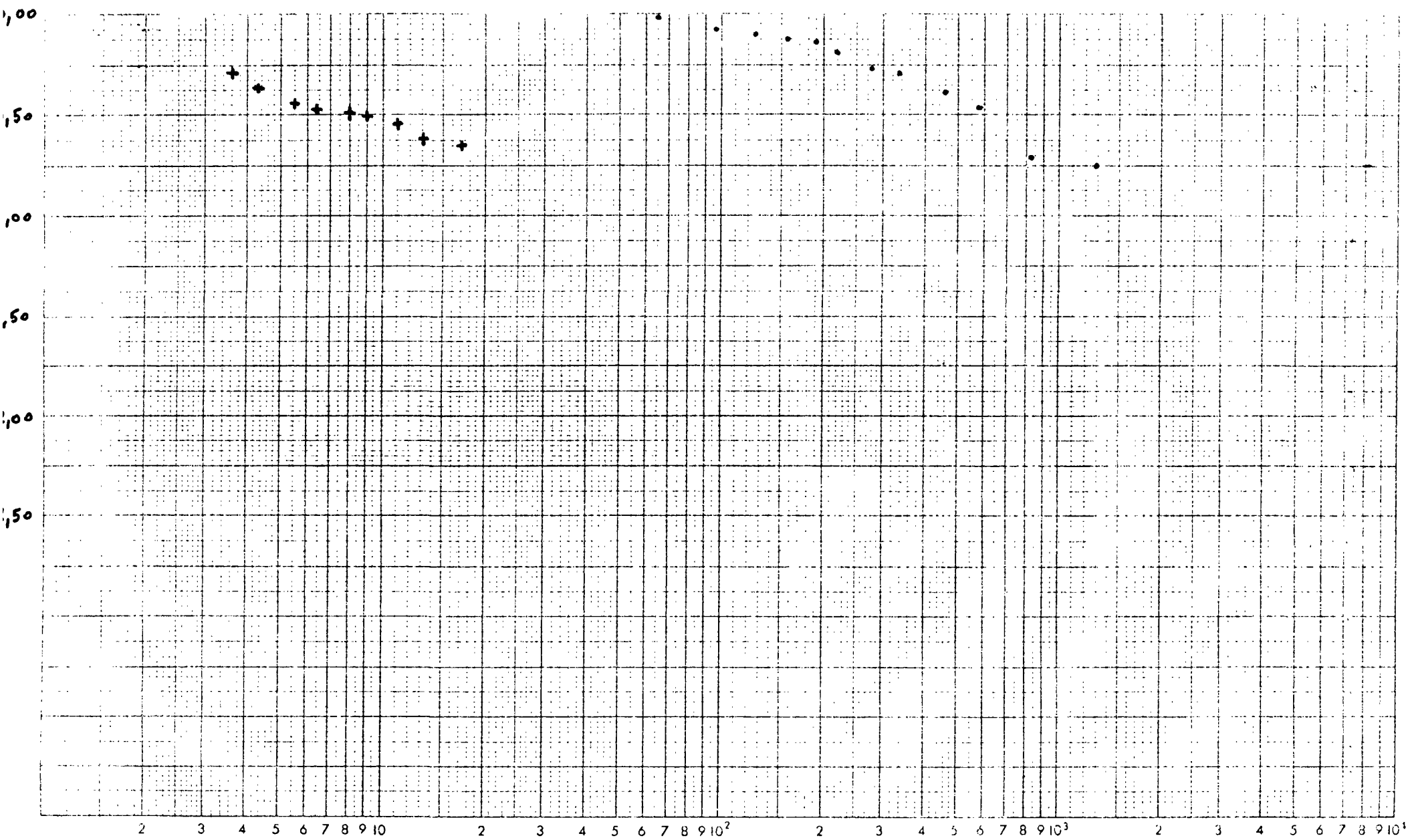
La remontée commence par une pente très accusée (la remontée, fonction de $\log 1 + \frac{\text{temps de pompage}}{\text{temps de remontée}}$ commence à droite du graphique) puis devient symétrique de la descente : pente très faible, relayée par une pente plus accusée (1,5 m par cycle logarithmique) qui correspondrait à une transmissivité de $1,7 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ ($0,61 \text{ m}^2/\text{h}$).

La cause de l'accroissement brutal de rabattement mesuré à la descente n'est pas clairement déterminée. On peut penser à la vidange rapide du drain conducteur (filon quartzifié), dès que des limites sont atteintes par le cône de dépression engendré par le pompage, seul l'encaissant beaucoup moins perméable continue à produire; dans ce cas, après l'arrêt du pompage, la remontée aurait dû être symétrique de la descente et commencer (le début de la remontée est à droite du graphique) par une évolution à pente très faible. L'hypothèse d'un colmatage partiel de la partie crépinée du tubage paraît assez vraisemblable.

ELLIANT - "F.5" - pompage d'essai des 14 et 15 Juin 1977 - Q moyen 5 m³/h -
 ... descente +++ remontée



ELLIANT "F3" - pompage d'essai dans F5 - les 14 et 15 Juin 1977 - Q 5,000 m³/h - distance : environ 50m.
 ... descente +++ remontée



Quoiqu'il en soit, en supposant que l'accélération du rabattement est imputable à un défaut "mécanique" (colmatage) et peut être supprimée par un développement convenable, si en cours de pompage l'évolution dynamique du niveau se poursuivait selon la deuxième partie de la courbe de descente (entre 105 et 600 minutes), pour un coefficient d'emmagasinement de 1.10^{-4} , un rabattement de 35 m serait atteint après 5000 heures de pompage à environ 200 m³/jour seulement. Cette estimation peut être très optimiste dans la mesure où, sans être aussi brutale que celle qui a été constatée, une certaine accélération du rabattement se manifesterait lorsque les limites peu-perméables du conducteur seront atteintes par l'effet du pompage.

Essais de courtes durées (encaissant du drain conducteur).

. Forage 3 - Les piézomètres n'ont pas réagi de façon significative (0,15 de rabattement à F5 situé à 50 m de distance). L'essai a duré 5 heures au débit constant de 2,769 m³/h. En coordonnées semi-logarithmiques, la courbe de descente est une droite régulière, correspondant à une transmissivité de $1,7.10^{-5}$ m²/seconde. On remarque en fin de descente une atténuation de la pente de la droite qui pourrait correspondre à l'amorce d'un palier de stabilisation (phénomène de drainance, alimentation par égouttement des horizons supérieurs).

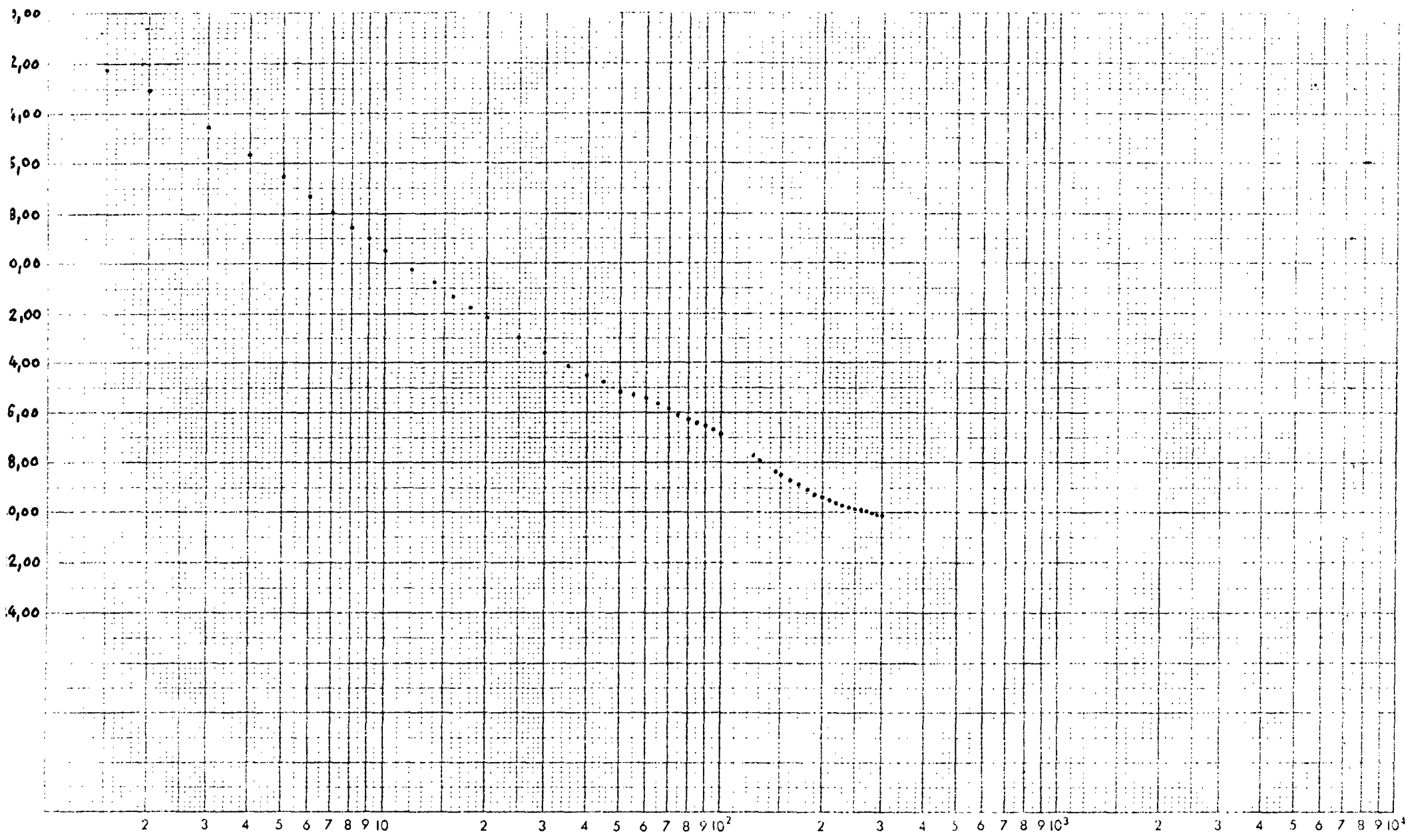
. Forage 4 - L'essai a également duré 5 heures. Le débit de pompage a varié de 2,769 à 1,241 m³/heure ce qui empêche l'interprétation des mesures prises lors de la descente. La remontée, homologue d'un pompage au débit moyen constant de 1,556 m³/h montre une pente (partie médiane de la courbe) correspondant à une transmissivité de $0,7.10^{-5}$ m²/s, relayée par un palier non horizontal en fin de remontée, qui pourrait être dû à une alimentation par drainance.

Les piézomètres n'ayant pas réagi de façon significative, le coefficient d'emmagasinement ne peut être déterminé.

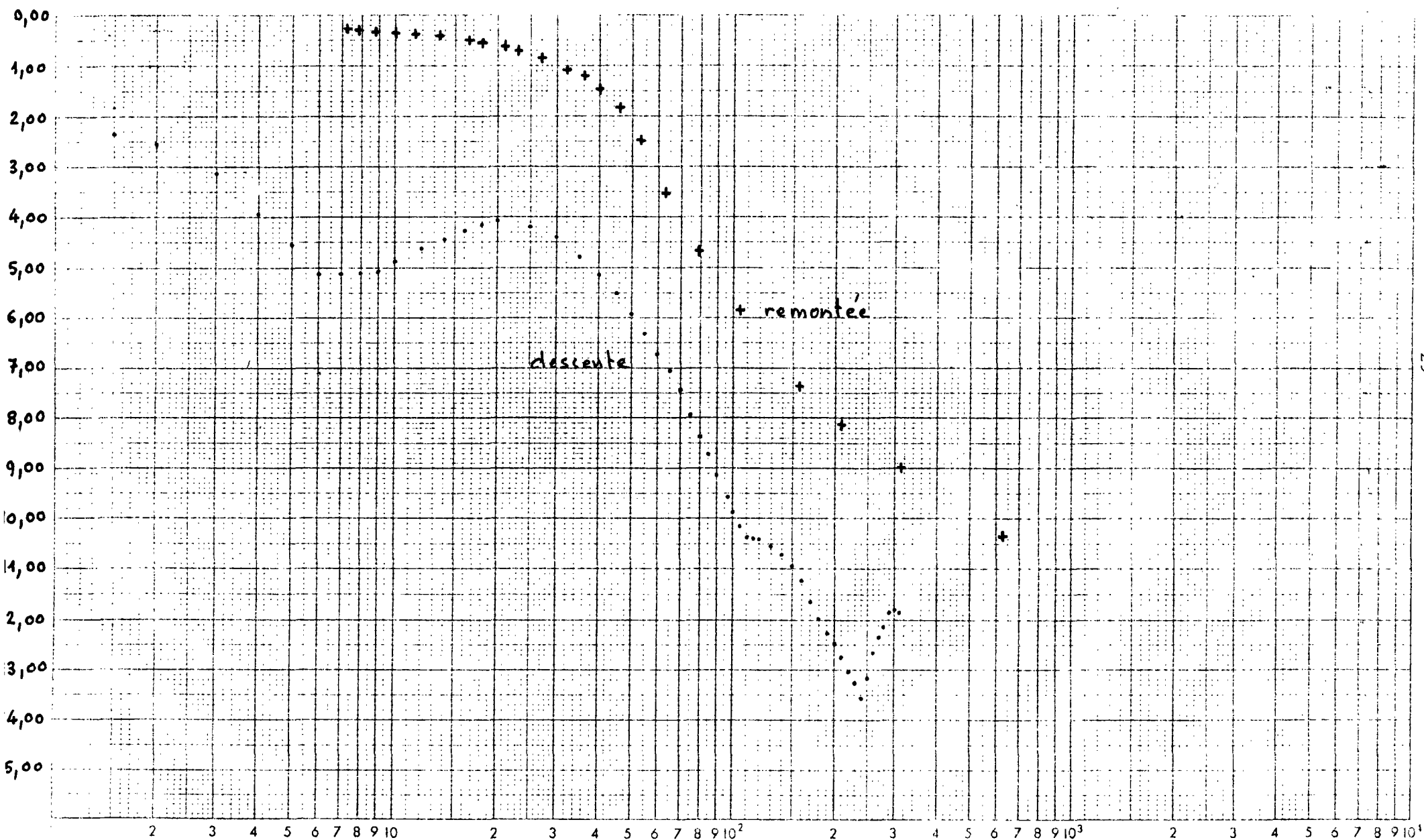
En exploitation continue, les débits qui pourraient être fournis par F3 et F4 sont à peine de l'ordre de 1 m³/h.

En résumé, les pompages d'essai confirment les résultats des forages de reconnaissance définissant un drain conducteur à transmissivité locale notable dans un encaissant faiblement perméable. Les résultats obtenus au forage 5 demanderaient à être précisés après un développement soigné de l'ouvrage mais il n'est pas sûr que les dépenses nécessaires à une telle instrumentation soient justifiées compte tenu de l'éloignement du bourg où un apport d'eau serait nécessaire, de la modestie des possibilités de débit (estimées à partir d'hypothèses optimistes), et de la qualité de l'eau.

ELLIANT " F 3 " - pompage d'essai du 21 Juin 1977 - Q = 2,769 m³/h. descente



ELLIANT "F.4" - pompage d'essai du 20 Juin 1977 - Q moyen = 1,556 m³/h.



QUALITE DE L'EAU

. Analyses sommaires

Des analyses ont été faites sur des échantillons d'eau prélevés au cours de certains forages à l'aide d'un matériel portatif de terrain. Les résultats ne sont qu'indicatifs, l'eau prélevée ayant notamment été fortement oxygénée par l'émulsion.

n° Forage	Résistivité /cm 20°C	pH	Fe mg/l	Mn mg/l	azote amoniacal N mg/l
3	3250	7,35	0,02	0,4	0,05
4	2630	6,95	0,04	0,75	0,1
5	2670	6,55	0,04	0,1	0,23

. Analyses complètes

Deux analyses physico-chimiques complètes ont été effectuées par le laboratoire de l'Ecole nationale de la Santé publique de Rennes (laboratoire régional de référence) sur l'eau provenant du forage 5. Le premier échantillon a été prélevé après 3 heures de pompage, le second en fin d'essai, après 25 heures de pompage.

L'eau est moyennement minéralisée, agressive; sa teneur en fer est acceptable, mais sa teneur en manganèse est excessive (environ 10 fois trop forte). On y décèle la présence d'ammoniaque, de nitrites et de phosphates, à des teneurs inférieures aux normes de potabilité (azote ammoniacal < 0,5 mg/lN - nitrites < 0,1 mg/l - phosphate < 1 mg/l Po_4^{---}), mais la présence simultanée de ces trois éléments est très vraisemblablement l'indice d'une contamination animale.

L'existence d'une fissuration verticale ou sub-verticale (cf. plus haut) rend problématique la protection efficace de l'aquifère, sauf en instituant et respectant des périmètres de protection étendus, que la faiblesse des débits en jeu ne semble pas justifier.

ECOLE NATIONALE
de la SANTE PUBLIQUE

REPUBLIQUE FRANÇAISE

Avenue du Professeur Léon Bernard
35 - RENNES

Tél. : RENNES (99) 59 - 29 - 36
Chimie : poste 283

Echantillon d'eau provenant de ELLIANT (forage n° 5).....
déposé le 15.06.77
par M. LE GORGEU - B.R.G.M.

laboratoire régional de
Normandie - contrôle sanitaire
des eaux

n° C 6062
réf. ech. 1

Examen physique

Température de l'eau (mesure sur le terrain).....
Turbidité 15 gouttes de mastic
Résistivité (en Ω /cm à 20°) 3293
pH 5,3
Couleur 10 mg/l de Pt
Odeur nulle
Saveur

Analyse chimique

Oxygène cédé par $KMnO_4$ en milieu alcalin 1,55 mg/litre
Dureté totale (degrés français) 8 degrés français
Titre alcalimétrique (TA) 0 degrés français
Titre alcalimétrique complet (TAC) 2,5 degrés français
Silice 4,9 mg/litre
Anhydride carbonique libre (CO_2) 66,0 mg/litre
Oxygène dissous (O_2) mg/litre
Chlore libre (Cl_2) mg/litre
Résidu sec à 105-110 ° mg/litre
Résidu sec à 500 ° mg/litre

Etude de l'agressivité (essai sur marbre).

	avant	après
pH		
Titre alcalimétrique complet (TAC)		
Titre hydrotimétrique		

1° CATIONS	mg/l	me/l	2° ANIONS	mg/l	me/l
Calcium, en Ca ⁺⁺	15	0,75	Carbonique, en CO ₂ --	Néant	0
Magnésium, en Mg ⁺⁺	10,1	0,85	Bicarbonique, en HCO ₃ ⁻	30,5	0,5
Ammonium, en NH ₄ ⁺	0,15		Chlore, en Cl ⁻	42,5	1,19
Sodium, en Na ⁺	26,25	1,14	Sulfurique, en SO ₄ --	20	0,41
Potassium, en K ⁺	2,4	0,06	Nitreux, en NO ₂ -	0,04	
Fer, en Fe ⁺⁺	0,20		Nitrique, en NO ₃ -	17,0	0,27
Manganèse, en Mn ⁺⁺	1,8	0,06	Phosphorique, en PO ₄ ⁻ - - -	0,8	
Aluminium, en Al ⁺⁺⁺	0,1				

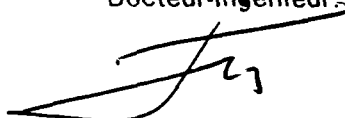
Recherches spéciales : Métaux lourds : néant
 Phénols : néant

CONCLUSION DE L'EXAMEN PHYSICO-CHIMIQUE :

Eau ne répondant pas aux critères des eaux potables
 eau très agressive - teneur très élevée en manganèse
 présence d'ammonium, de nitrites, phosphates.

P/Le Directeur du Laboratoire
 de référence.

Marcel NEVEU.
 Docteur-Ingénieur.



ECOLE NATIONALE
de la SANTE PUBLIQUE

REPUBLIQUE FRANÇAISE

Avenue du Professeur Léon Bernard
35 - RENNES

Tél. : RENNES (99) 59 - 29 - 36

Chimie : poste 283

laboratoire régional de
chimie - contrôle sanitaire
des eaux

Echantillon d'eau provenant de ELLIANT (forage n° 5)
déposé le 15.06.77
par M. LE GORGEU - B.R.G.M.

n°	C 6063
réf.	éch. n° 2

Examen physique

Température de l'eau (mesure sur le terrain)
Turbidité 10 gouttes de mastic
Résistivité (en Ω /cm à 20°) 3476
pH 6,0
Couleur 7 mg/l de platine
Odeur nulle
Saveur

Analyse chimique

Oxygène cédé par $KMnO_4$ en milieu alcalin 1,35 mg/litre
Dureté totale (degrés français) 6,7 degrés français
Titre alcalimétrique (TA) 0 degrés français
Titre alcalimétrique complet (TAC) 6,3 degrés français
Silice 6,6 mg/litre
Anhydride carbonique libre (CO_2) 22 mg/litre
Oxygène dissous (O_2) mg/litre
Chlore libre (Cl_2) mg/litre
Résidu sec à 105-110 ° mg/litre
Résidu sec à 500 ° mg/litre

Etude de l'agressivité (essai sur marbre).

	avant	après
pH		
Titre alcalimétrique complet (TAC)		
Titre hydrotimétrique		

1° CATIONS	mg/l	me/l	2° ANIONS	mg/l	me/l
Calcium, en Ca ⁺⁺	18	0,9	Carbonique, en CO ₂ -- ..	Néant	0
Magnésium, en Mg ⁺⁺	5,28	0,44	Bicarbonique, en HCO ₃ ⁻ ..	76,8	1,26
Ammonium, en NH ₄ ⁺	<u>0,15</u>		Chlore, en Cl ⁻	34	0,95
Sodium, en Na ⁺	59,25	2,57	Sulfurique, en SO ₄ -- ..	37	0,77
Potassium, en K ⁺	2,1	0,05	Nitreux, en NO ₂ -	<u>0,07</u>	
Fer, en Fe ⁺⁺	0,20		Nitrique, en NO ₃ -	10,1	0,16
Manganèse, en Mn ⁺⁺	<u>2</u>	0,07	Phosphorique, en PO ₄ ^{- - -} ..	<u>0,5</u>	
Aluminium, en Al ⁺⁺⁺	0,07				

Recherches spéciales :

Métaux lourds : néant

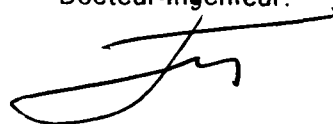
Phénols : néant

CONCLUSION DE L'EXAMEN PHYSICO-CHIMIQUE :

Eau ne correspondant pas aux normes chimiques des eaux potables - très agressive - teneur très élevée en manganèse, présence d'ammoniaque et de nitrites.

P/Le Directeur du Laboratoire de référence.

Marcel NEVEU.
Docteur-Ingénieur.



FLUCTUATIONS DES NIVEAUX

Le niveau de la surface de la nappe a été mesuré dans chacun des dix piézomètres en moyenne 2 fois par mois depuis Mars 1977. Tous les ouvrages enregistrent une réaction aux conditions climatiques : abaissement de la surface piézométrique, vidange de la nappe jusqu'en Octobre avec quelques remontées temporaires, et recharge de fin Octobre à Décembre.

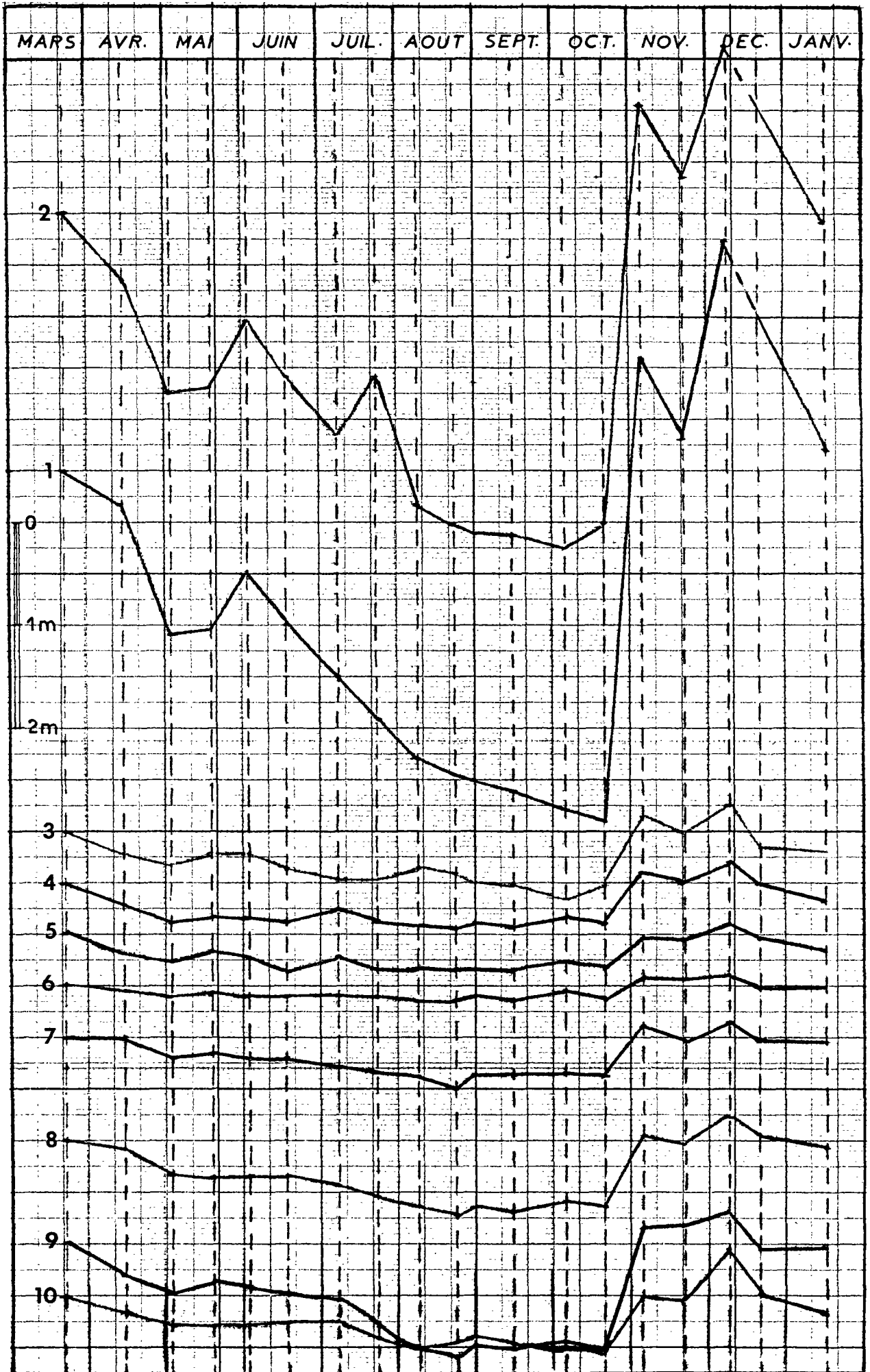
On remarquera que l'amplitude des mouvements est très importante dans les granites (piézomètres 1 et 2), de l'ordre de 5 m, alors que dans les schistes et au niveau de la zone de contact, elle n'est que de l'ordre de 0,5 m à 1 m. Cette différence de comportement peut traduire une différence de coefficient d'emménagement (ou de porosité efficace), beaucoup plus faible dans les granites (ici faiblement arénisés) que dans les schistes.

La courbe de fluctuation semble anormalement plate au piézomètre 6 (dans les granites), il est possible que l'ouvrage soit colmaté.

Dans tous les ouvrages la nappe est artésienne non jaillissante et montre une recharge notable, même dans les secteurs où la roche est très peu perméable (forage 9) et même lorsque les premières venues d'eau n'ont été décelées qu'assez profondément par les forages : 8 m à F8, 10 m à F3, 16 m à F10, 25 m à F4 et F7, 39 m à F9.

Ces historiques doivent être conservés pour pouvoir être comparés à ceux qui pourront être obtenus pour des conditions différentes. En l'absence d'exploitation, le maintien du réseau complet semble superflu mais il serait certainement intéressant de poursuivre les observations dans un piézomètre témoin qui pourrait éventuellement être inclus dans le réseau national de surveillance. Le forage 8 (schistes métamorphiques) pourrait constituer ce piézomètre témoin, en raison notamment de sa facilité d'accès.

ELLIANT - Finistère - Mesures piézométriques



C O N C L U S I O N S

Du point de vue pratique, l'ensemble des travaux réalisés à Elliant dans le secteur de Cosquéric n'ont pas abouti à des résultats positifs. L'hypothèse initiale d'une fissuration active importante s'est trouvée infirmée par l'expérience. Les débits trouvés dans la zone de contact entre les granites et les schistes devraient être vérifiés; les travaux et instrumentations nécessaires à cette vérification semblent difficiles à justifier compte tenu des possibilités limitées de la zone (200 m³/jour est sans doute une surestimation), de l'éloignement du bourg où existent les besoins et de la qualité douteuse de l'eau que les conditions locales (fissuration verticale) rendent difficile à protéger.

De ce fait, l'intérêt du réseau piézométrique constitué est amoindri; il fournit cependant des historiques de fluctuations en régime non influencé (absence de pompages d'exploitation) qui, jusqu'alors n'étaient pas disponibles en terrain de socle.

Le problème d'une alimentation d'appoint pour la commune d'Elliant reste posé. A notre connaissance, hors le secteur de Cosquéric, 12 forages ont été réalisés sur les territoires d'Elliant et de la commune voisine de Tournich; 9 ont fourni des débits instantanés compris entre 0,7 et 3,6 m³/h, les trois autres (schistes cristallins - Tournich) ont trouvé respectivement 15 m³/h à 30 m de profondeur, 12 m³/h à 31 m de profondeur et 36 m³/h à 31 m de profondeur. Il semble donc que d'éventuelles recherches nouvelles devraient être orientées plutôt vers les schistes cristallins qui entourent au nord le granite de Locronan, après avoir analysé les facteurs déterminables (lithologiques, structuraux...) susceptibles d'être la cause des débits ci-dessus.

Des enseignements peuvent être tirés de l'expérience d'Elliant quant aux méthodes de recherches et aux matériels d'investigations utiles : l'existence d'eau souterraine en quantité exploitable suppose en pays de socle l'existence d'un drain conducteur (roche fissurée) lié à un réservoir, peu transmissif mais capacitif, constitué la plupart du temps par l'encaissant du conducteur et/ou les horizons supérieurs altérés. La zone fissurée conductrice doit être assez étendue pour recevoir depuis le réservoir une alimentation capable d'assurer un débit d'exploitation convenable. En conséquence, une implantation trop fine des ouvrages de reconnaissance ne paraît pas souhaitable, risquant d'aboutir à la mise en évidence de conducteurs à dimensions très limitées. Il semble préférable, du point de vue économique aussi bien que technique, de chercher à vérifier par un nombre limité de sondages les différentes hypothèses retenues; un drain qui ne serait pas mis en évidence par 3 sondages espacés de 30 à 50 m serait de toutes façons d'intérêt très limité car de dimensions trop faibles. Ce n'est que lorsqu'une des hypothèses initiales (issue d'une analyse photo aérienne par exemple) est confirmée que l'on devra s'efforcer de préciser par des sondages complémentaires l'extension de la zone fissurée

conductrice et les caractéristiques de son encaissant. Par leur valeur d'index de comparaison, les débits instantanés que permettent de mesurer les techniques de forage utilisant l'air comprimé (marteaux hors-trou ou fond-de-trou) sont alors d'un grand intérêt; ils ne dispensent pas, à un stade ultérieur des recherches, de pompages d'essai classiques qui devront être suffisamment longs pour pouvoir être extrapolés avec une certaine sécurité (la tendance actuelle est à la réalisation d'essais d'une dizaine de jours).

Il serait par ailleurs souhaitable qu'au cours de travaux de reconnaissance la vitesse d'avancement puisse être systématiquement enregistrée (l'incidence économique serait de l'ordre de 10 à 15 francs par mètre foré). La mise en oeuvre d'un micro-moulinet de forage, avec les réserves énoncées dans le texte, permettra en cas d'indétermination, de localiser et préciser la fissuration active dans un forage.

Sans être entièrement négatifs, les résultats obtenus à Elliant ne correspondent pas à ce qui était escompté. Ils ne peuvent remettre en question l'existence d'eau souterraine dans le Massif armoricain mais montrent la grande hétérogénéité des formations qui le constituent et la précarité de certains a priori.