MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE
Direction départementale
de la Haute-Garonne

AGENCE FINANCIÈRE DE BASSIN
"ADOUR-GARONNE"

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE
ET DE LA RECHERCHE
Arrondissement Minéralogique
de Toulouse

NAPPE ALLUVIALE DE LA BASSE PLAINE DE LA GARONNE DANS LA RÉGION TOULOUSAINE

INFLUENCE GRAVIÈRES - CAPTAGES

1ère Partie

Étude hydrodynamique expérimentale du colmatage des berges de gravières

par

M. VANDENBEUSCH

avec la collaboration de J. ROCHE

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL

Service géologique régional
MIDI – PYRÉNÉES
avenue Pierre-Georges-Latécoère, 31400 Toulouse
Tél.: (61) 52.12.14

Département géologie de l'aménagement
Hydrogéologie
B.P. 6009 – 45018 Orléans Cédex
Tél.: (38) 63.00.12

75 SGN 132 MPY

Mai 1975

R E S U M E

L'ouverture de gravières dans un milieu alluvial peu épais, puis le vieillissement de ces excavations laissées en eau, est à même de modifier notablement les conditions d'écoulement de la nappe située dans ce milieu.

La réalisation à proximité immédiate de gravières d'âges différents, - 1,5 an à 7 ans - ouvertes dans les alluvions de la basse plaine de la Garonne, de 4 dispositifs expérimentaux sur lesquels il fut procédé à des séries de pompages d'essai, a permis de mettre en évidence que le colmatage des berges aval des gravières est effectif dès les premières années. Les berges étudiées n'ayant fait l'objet d'aucune protection particulière après l'exploitation, le colmatage mis en évidence peut être attribué aux dépôts de particules argileuses et au développement d'algues. L'effet qui en résulte crée pour des gravières d'environ 200 m d'extension ouvertes dans une nappe de gradient hydraulique égal à 3 ‰ une différence de niveau de l'ordre de 0,50 mètre, de part et d'autre de la berge colmatée (plan d'eau dans la gravière - nappe à l'aval de la berge).

Le remblaiement de telles gravières avec les terres superficielles surmontant le matériau aquifère exploité provoque un effet identique de barrage sur l'écoulement de la nappe : ce type de remblai a en effet une perméabilité dont l'ordre de grandeur est environ 100 fois moindre que celle du matériau exploité.

TABLE DES MATIERES

	Page
INTRODUCTION	1
1 - IMPLANTATION DES DISPOSITIFS EXPERIMENTAUX	3
1.1 - Choix des emplacements expérimentaux	3
1 2 - Implantation et réalisation des sondages	4
1.2.1 - Implantation des sondages	4
1.2.2 - Réalisation et coupes géologiques des sondages	5
1.3 - Préparation des sondages	6
2 - EXPERIMENTATION SUR LES DIVERS SITES RETENUS	6
2.1 - Expérimentations sur le site de Bourtholomeri	7
2 1.1 - Premier essai	7
2.1.2 - Second essai	8
2.1.3 - Troisième essai	9
2.1.4 - Conclusions relatives aux essais sur ce site	10
2.1.4.1 - Première hypothèse	12
2.1.4.2 - Seconde hypothèse	13
2 2 - Expérimentations sur le site de Verday	14
2.2.1 - Premier essai	14
2.2.2 - Second essai	15
2.2.3 - Conclusions relatives aux essais sur ce site	16
2.3 - Expérimentation sur le site de Bramefan	17
2.3.1 - Essai et interprétations	17
2.3.2 - Conclusions relatives à l'essai sur ce site	18
2.4 - Expérimentation sur le site de Prade	19
2.4.1 - Essai et interprétations	19
2.4.2 - Conclusions relatives à l'essai sur ce site	21
3 - CONCLUSIONS	22

TABLE DES PLANCHES (dans le texte)

		Page
Pl. 1 -	Plan de situation des forages à proximité des gravières expérimentales	4
Pl. 2 -	Coupes géologiques des forages à proximité des gravières expérimentales	6
Pl. 3 -	Plan de situation des puits de pompages (P.P.) et des piézomètres (P.) à proximité des gravières expérimentales	6

LISTE DES FIGURES ET ANNEXES (à la fin du texte)

Figure

1 - BOURTHOLOMERI - Fiche technique 1er essai

2 - Descente dans le piézomètre P 1 (interprétation par la méthode de Jacob)

3 - Descente dans le piézomètre P 1 (interprétation par la méthode de Theis)

4 - Remontée dans le piézomètre P 1 (interprétation par la méthode de Theis)

5 - BOURTHOLOMERI - Fiche technique 2ème essai

6 - Descente dans le piézomètre P 1 (interprétation par la méthode de Theis)

7 - Descentes dans le piézomètre P 1 et le puits PP 1 (interprétation par la méthode de Jacob)

8 - Remontées dans le piézomètre P 1 et le puits PP 1 (interprétation par la méthode de Jacob)

9 - BOURTHOLOMERI - Fiche technique 3ème essai

10 - Descente dans le piézomètre P 1 (interprétation par la méthode de Theis)

11 - Descentes dans le puits PP 1 et le piézomètre P 1 (interprétation par la méthode de Jacob)

12 - Remontée dans le piézomètre P 1 (interprétation par la méthode de Jacob)

13 - VERDAY - Fiche technique 1er essai

14 - Descente dans le piézomètre P 2 et le puits PP 2 (interprétation par la méthode de Jacob)

15 - Descente dans le piézomètre P 2 (interprétation par la méthode de Theis)

16 - VERDAY - Fiche technique 2ème essai

17 - Descente dans le piézomètre P 2 (interprétation par la méthode de Jacob)

18 - Descente dans le piézomètre P 2 (interprétation par la méthode de Theis)

19 - Descente dans le puits PP 2 (interprétation par la méthode de Jacob)

20 - Remontées dans le puits PP 2 et le piézomètre P 2 (interprétation par la méthode de Jacob)

21 - BRAMEFAN - Fiche technique de l'essai

22 - Descente dans le piézomètre P 3 (interprétation par la méthode de Theis)

23 - Descente dans le piézomètre P 3 (interprétation par la méthode de Jacob)

24 - Remontée dans le piézomètre P 3 (interprétation par la méthode de Jacob)

25 - PRADE - Fiche technique de l'essai

26 - Descente dans le puits PP 4 (interprétation par la méthode de Jacob)

27 - Descente dans le piézomètre P 4 (interprétation par la méthode de Theis)

28 - Descente dans le piézomètre P 4 (interprétation par la méthode de Jacob)

29 - Remontée dans le piézomètre P 4 (interprétation par la méthode de Jacob)

Annexe 1 - Coupes géologiques des forages à proximité des gravières expérimentales

INTRODUCTION

L'étude ayant comme objectif principal de définir des recommandations concernant l'implantation de gravières à proximité de captages d'alimentation en eau exploitant la nappe alluviale de la basse plaine de la Garonne, la première partie de l'étude a été basée sur des expérimentations réalisées sur des gravières représentatives du type d'exploitation pratiquée.

L'étude s'intéressant principalement aux zones de captages situées à proximité de l'agglomération toulousaine, les résultats qui ont été recherchés devaient pouvoir servir d'informations dans des régions où aussi bien le milieu aquifère - (nappe alluviale peu épaisse - 5 m environ - reposant sur un substratum imperméable) que le mode d'exploitation de sables et graviers - (extraction de toute l'épaisseur du matériau alluvial par dragage) - seraient semblables.

Au cours de cette première partie, les tests entrepris sur des gravières réelles laissées en eau après exploitation, ont représenté une tentative de quantification du colmatage des berges.

Cette quantification ne pouvait être effectuée qu'en considérant globalement le colmatage provoqué sur les berges par le développement d'algues et par le dépôt de fines particules, généralement argileuses, mises en suspension dans l'eau lors de l'exploitation, ou ultérieurement par le brassage naturel de l'eau des gravières.

Cette étude du colmatage possible, nécessitait que soient examinées plusieurs berges de gravières d'âges différents, afin d'intégrer éventuellement le facteur temps . Alors que le développement d'algues se produit sur toutes les berges, il était justifié d'admettre que le colmatage dû aux fines particules argileuses serait prépondérant sur les berges aval des gravières, compte tenu du sens d'écoulement de la nappe alluviale.

Du point de vue technique, 2 méthodes d'estimation du colmatage pouvaient être mises en oeuvre.

- l'établissement d'une carte précise de la surface piézométrique de la nappe alluviale dans la zone aval des berges "colmatées", ce qui aurait nécessité la réalisation d'un nombre extrêmement important de sondages piézométriques.

./...

Cette carte aurait permis d'évaluer le débit transitant dans l'aquifère à l'aval des berges et de le comparer au débit moyen de la nappe dans une zone non perturbée par les gravières, afin d'évaluer l'effet de barrage lié aux berges colmatées ;

- la réalisation d'un ensemble puits de pompage-piézomètre permettant de préciser, par interprétation des variations de niveau lors d'un pompage, l'effet perturbateur des berges colmatées. Cette seconde méthode fut choisie car elle devait permettre de mettre en évidence le comportement des berges en cas d'une sollicitation importante de l'aquifère à leur aval comme le provoquerait l'exploitation d'un captage réel.

I - IMPLANTATION DES DISPOSITIFS EXPERIMENTAUX

Elaborée afin de préciser les effets hydrodynamiques d'une gravière laissée en eau sur l'écoulement de la nappe alluviale de la basse plaine de la Garonne, cette phase a consisté en la réalisation, à proximité de 4 gravières d'âges différents, de forages dans lesquels il fut procédé à des pompages d'essai.

Les variations de niveau dans les puits de pompages et dans les piézomètres enregistrées lors des pompages et interprétées en tenant compte des schémas hydrauliques possibles dans le site alluvial considéré devaient permettre de préciser sur ces 4 emplacements l'importance des perturbations attribuables aux gravières.

1.1 - Choix des emplacements expérimentaux

Afin que les modifications provoquées par diverses gravières puissent être analysées, il importait que les 4 sites expérimentaux soient situés dans une zone où les caractéristiques hydrodynamiques du milieu alluvial non remanié soient très semblables.

La zone requise devait donc présenter a priori une relative homogénéité des caractéristiques hydrodynamiques et comporter un échantillonnage de gravières d'âges différents.

Le choix a porté sur la zone alluviale de la basse plaine de la Garonne située au Sud de Toulouse, à l'Ouest du confluent Garonne-Ariège.

Dans cette zone où l'exploitation des sables et graviers a débuté depuis de nombreuses années, les contacts pris avec les principaux exploitants (Entreprises Malet et Fantini) ont permis de choisir 4 gravières d'âges différents, dont les berges, d'après les exploitants, n'avaient pas été remaniées et étaient constituées du matériau alluvial en place.

site 1 : Bourtholomeri	- gravière Malet	âge 5 ans
site 2 : Verday	- gravière Malet	âge 7 ans
site 3 : Bramefau	- gravière Fantini	âge 8 à 10 ans
site 4 : Prade	- gravière Malet	âge 1,5 an

1.2 - Implantation et réalisation des sondages

1.2.1 - Implantation des sondages

Plusieurs conditions tant hydrogéologiques que géométriques furent prises en compte pour l'implantation des sondages.

En premier lieu il était nécessaire que les sondages soient implantés dans des terrains non remaniés à proximité de berges des gravières n'ayant pas fait l'objet de remblaiement. Ces conditions étaient remplies sur la base des données fournies par les entreprises exploitant ces zones.

Compte tenu de la direction, sur chaque site, de l'écoulement de la nappe alluviale, les sondages devaient être réalisés à l'aval des gravières de telle sorte que les effets possibles liés au colmatage de la berge aval puissent être mis en évidence.

Cette berge devait être rectiligne sur une distance beaucoup plus importante que celle la séparant du sondage. Cette dernière, en considérant une transmissivité moyenne des alluvions de 10^{-2} m^2/s et un coefficient d'emmagasinement S égal à 10 %, fut fixée dans les 4 cas à 12 mètres afin que les durées de pompage prévues permettent une mise en évidence de phénomènes étudiés.

D'autre part, il importait qu'à l'aval des sites retenus, aucune excavation ne puisse provoquer des phénomènes hydrodynamiques interférant avec ceux qui devaient être mis en évidence lors des pompages.

Les 4 sites ainsi choisis sont indiqués sur la planche n°1.

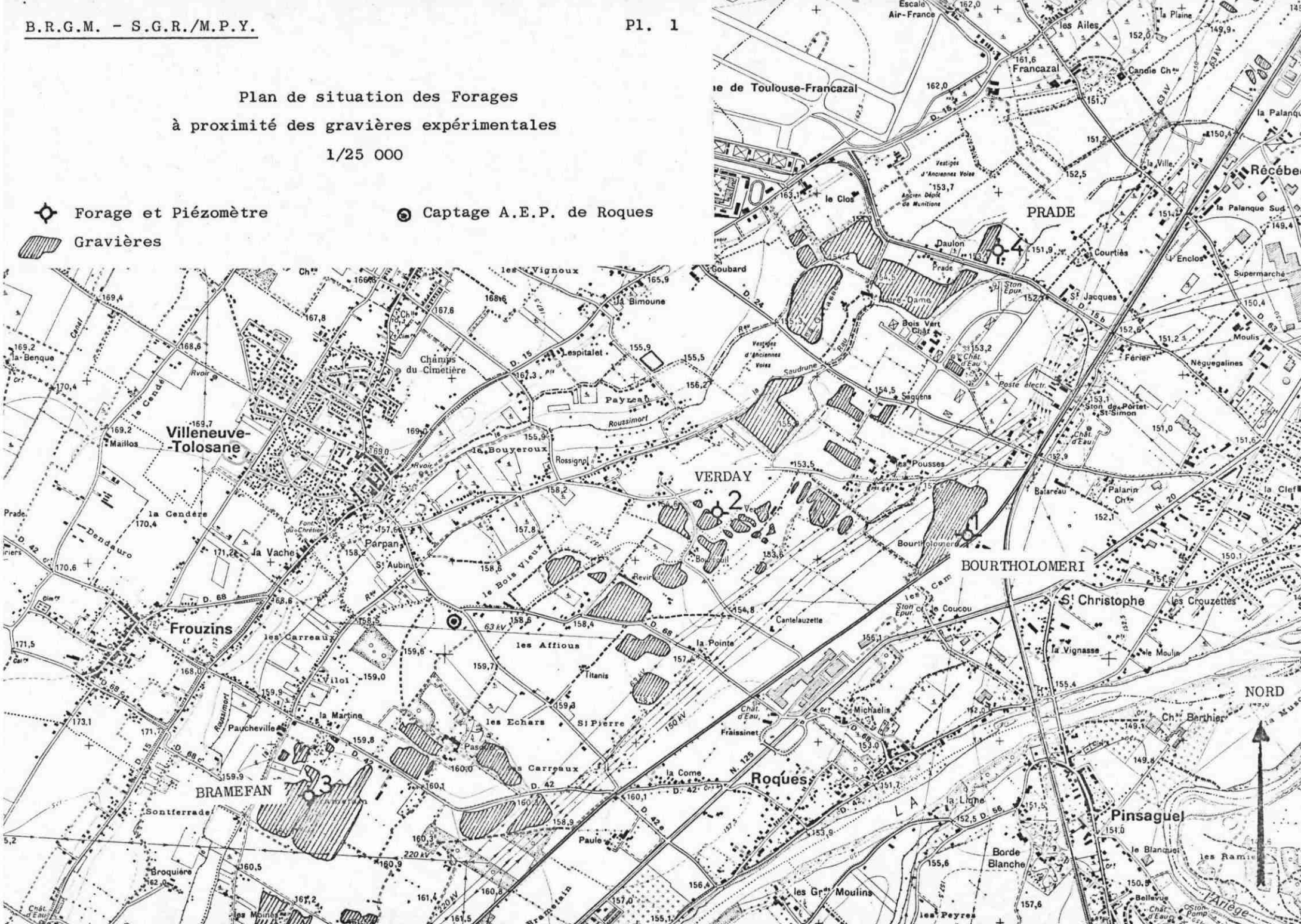
Sur chaque site il a été réalisé 2 forages dont la disposition indiquée sur le schéma ci-après, par rapport aux berges des gravières, fut identique dans les 4 cas.

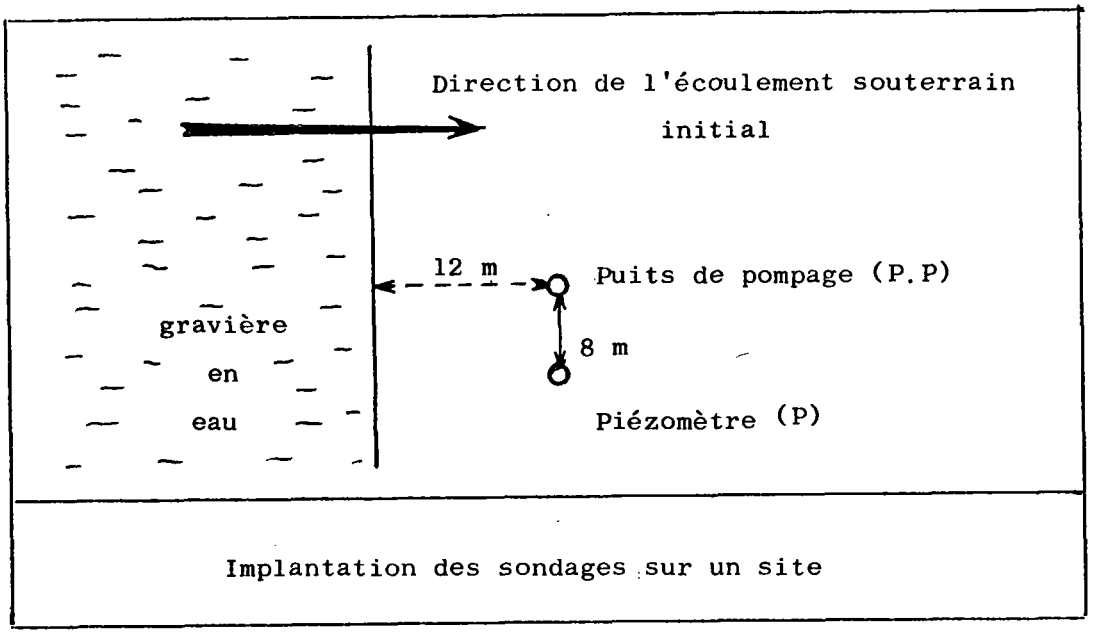
Plan de situation des Forages
à proximité des gravières expérimentales
1/25 000

Forage et Piézomètre

Captage A.E.P. de Roques

Gravières





Implantation des sondages sur un site

1.2.2 - Réalisation et coupes géologiques des sondages

Réalisés au battage, en diamètre 400 mm, tous les sondages ont été forés jusqu'au substratum marneux.

La description des différentes formations rencontrées est indiquée dans l'annexe 1 et représentée sur la planche 2.

En dépit des assurances prises, il s'est avéré, en premier lieu lors du fonçage, puis plus particulièrement lors des pompages d'essai que le site 3., lieu dit "Bramefan", concernait une zone remblayée, sans doute une ancienne partie de gravière ayant été comblée avec la "découverte" (mélange terre argileuse, graviers) recouvrant le matériau exploitable. Ce site a néanmoins fait l'objet des mêmes tests que les 3 autres, afin que des caractéristiques locales du matériau de remblaiement puissent, à cette occasion, être déterminées.

Dans les autres sites, on remarque que sous une couverture de terre végétale d'épaisseur comprise entre 0,60 et 1,20 m, surmontant une couche de transition (terre végétale et graviers), le matériau alluvial et

aquifère se retrouve sur une hauteur variant de 3,90 m à 5,90 m. L'ensemble des formations repose sur un substratum marneux.

Les divers ouvrages furent équipés, en ce qui concerne les puits, de colonnes d'acier de diamètre 260 mm, crépinées à la base sur une hauteur supérieure à celle de l'aquifère mouillé et pour les piézomètres de tubes PVC de diamètre 150 mm crépinés. Les espaces annulaires entourant ces équipements ont été comblés à l'aide de graviers calibrés.

1.3 - Préparation des sondages

Tous les sondages ont fait l'objet de mesures de nivellement sur chacun de leur site afin que puissent être corrélés les divers niveaux gravière - puits - piézomètre, lors des pompages.

Toutes les mesures de nivellement et de topographie locales sont reportées sur la planche 3.

D'autre part, il fut procédé dans chaque ouvrage à un pompage de décolmatage entrepris par paliers croissants de débit afin d'éliminer les particules argileuses susceptibles de colmater l'ouvrage.

2 - EXPERIMENTATION SUR LES DIVERS SITES

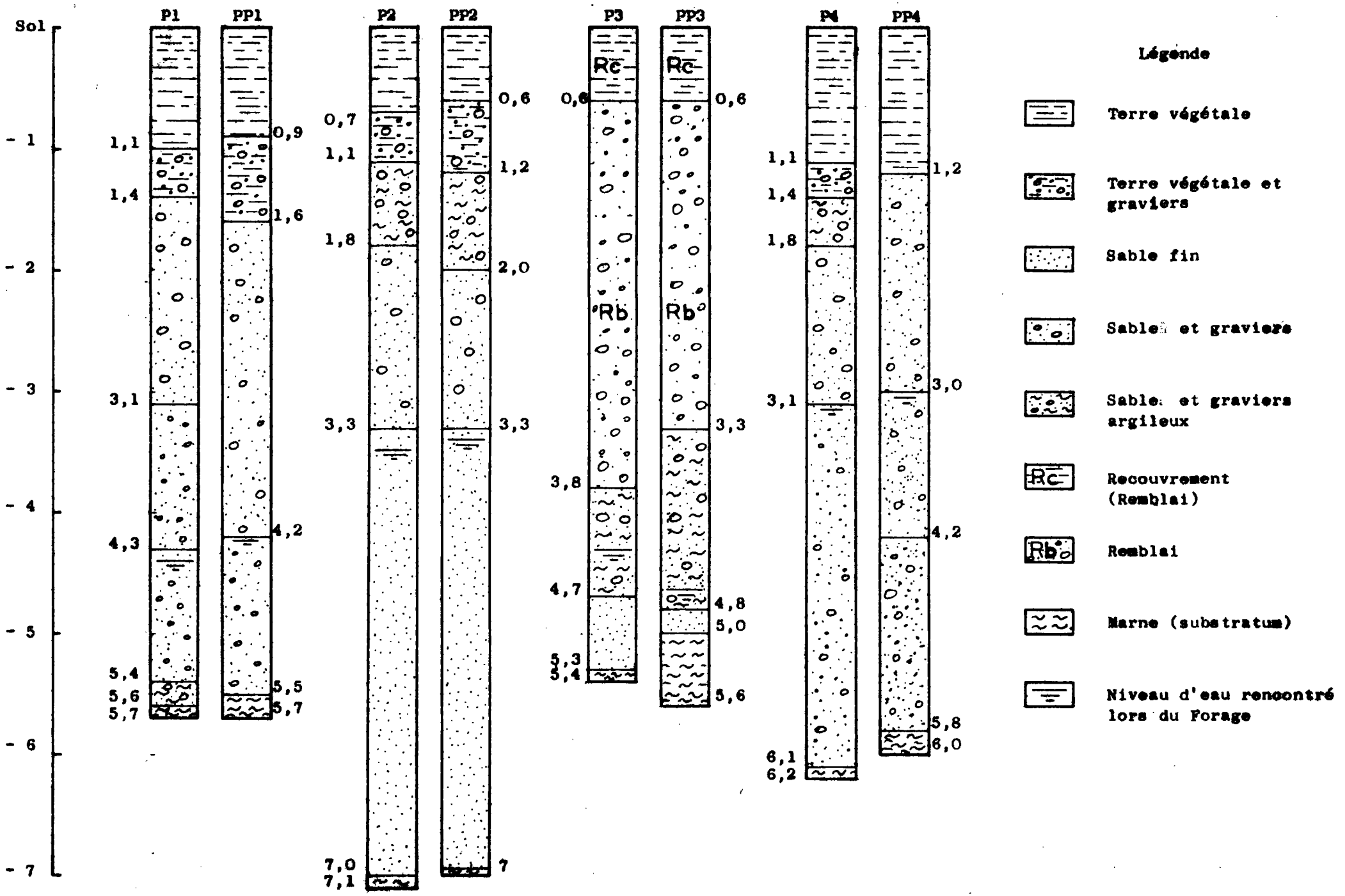
Les 4 sites ont fait chacun l'objet d'un ou de plusieurs pompages d'essai afin que certains comportements hydrodynamiques soient confirmés. Les descriptions de chacun des essais sont regroupées pour chaque site bien que les expérimentations n'aient pas eu lieu dans le même ordre chronologique.

Lors d'un pompage d'essai, la méthodologie appliquée permet de déterminer en premier lieu la valeur des 2 paramètres hydrodynamiques qui sont :

- la transmissivité, produit de la perméabilité K du milieu aquifère par l'épaisseur mouillée de cet aquifère. La perméabilité exprimée comme une vitesse, représente la résistance qu'oppose le milieu aquifère à l'écoulement de l'eau.

./...

COUPES GEOLOGIQUES des forages à proximité des gravières expérimentales



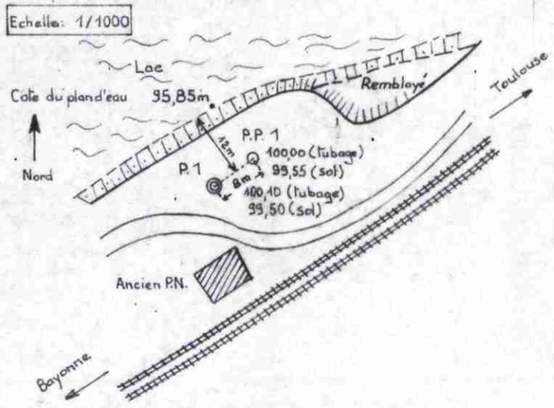
INFLUENCE DES GRAVIERES SUR LES CAPTAGES

PLAN DE SITUATION DES PUITS DE POMPAGES (P.P.) ET DES PIEZOMETRES (P.) A PROXIMITE DES GRAVIERES EXPERIMENTALES

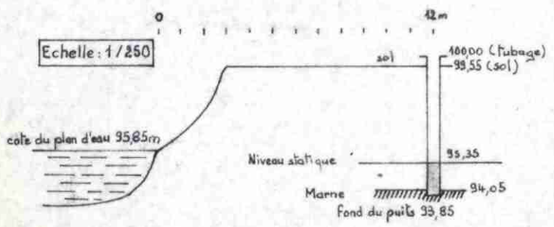
I _ BOURTHOLOMERI

Gravière : MALET

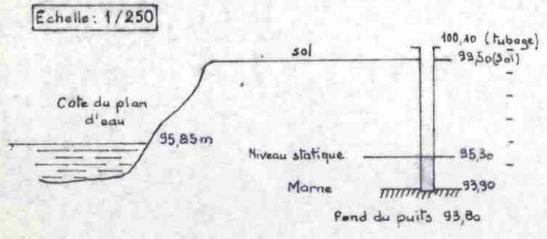
Age : 5 ans



Coupe topographique "PUITS" (P.P. 1)



Coupe topographique "Piézomètre" (P. 1)

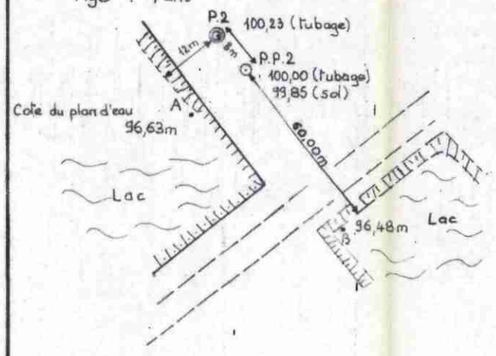


Nota: La cote fictive d'origine (100,00m) pour les altitudes est celle du haut du tubage du puits de pompage.

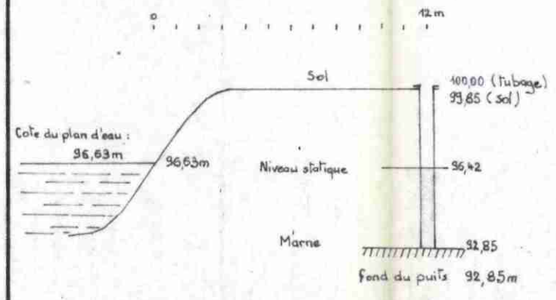
II _ VERDAY

Gravière : MALET

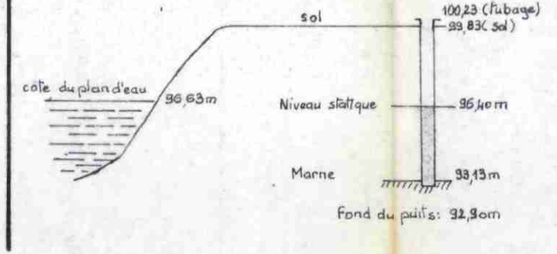
Age : 7 ans



Coupe topographique "PUITS" (P.P. 2)



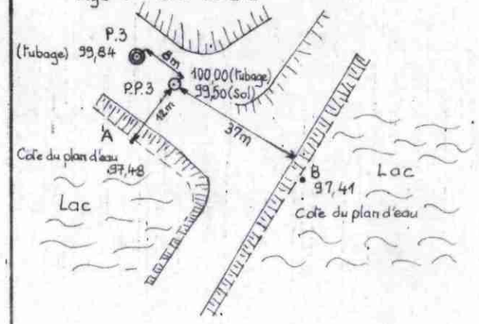
Coupe topographique "Piézomètre" (P. 2)



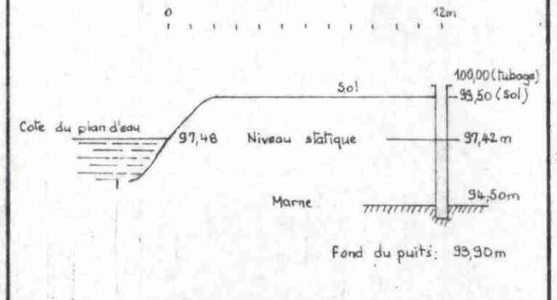
III _ BRAMEFAN

Gravière : FANTINI

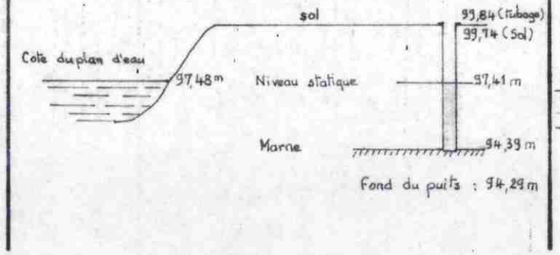
Age : 8 à 10 ans



Coupe topographique "PUITS" (P.P. 3)



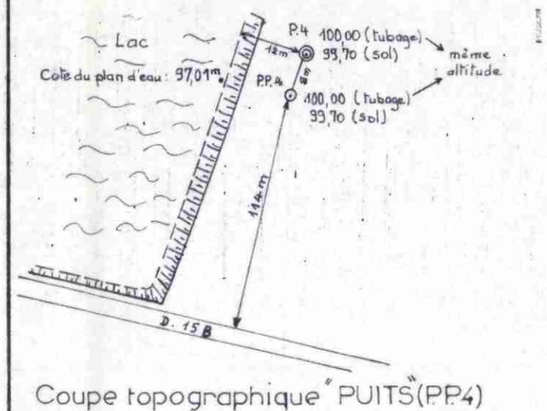
Coupe topographique "Piézomètre (P. 3)



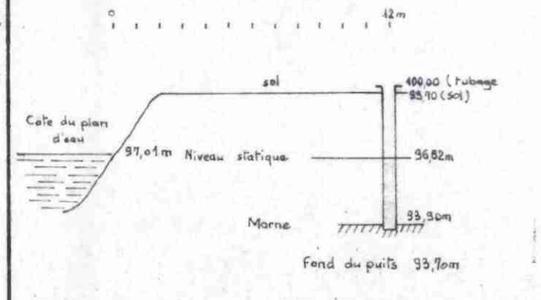
IV _ PRADE

Gravière : MALET

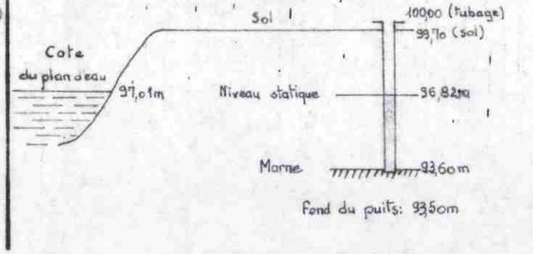
Age : 1 an 1/2



Coupe topographique "PUITS" (P.P. 4)



Coupe topographique "Piezometre" (P.4)



- le coefficient d'emmagasinement du milieu aquifère S exprimé en pourcentage, représente sa teneur volumique en eau mobilisable.

En second lieu, l'existence à proximité des ouvrages de mesure, de singularités hydrodynamiques initiales inconnues - telle une zone de terrain colmatée donc plus ou moins étanche - se traduit par des modifications des courbes de descente ou de remontée des niveaux lors du pompage. C'est par la détermination des dates d'apparition de ces modifications et de leur importance relative vis à vis du comportement théorique que l'on peut préciser l'existence de ces singularités.

Sur chaque site, les divers niveaux hydrauliques ont été relevés avant chaque essai : durant le pompage, entrepris à débit constant, les variations de niveau dans le puits et le piézomètre ont été enregistrées à l'aide de limnigraphes. De même les variations de niveau consécutives aux arrêts de pompage ont été relevées afin de permettre également d'interpréter les remontées de niveaux.

Dans tous les cas, les niveaux dans les gravières sont restés constants lors de chaque essai.

2.1 - Expérimentations sur le site de Bourtholomeri

Trois pompages d'essais furent entrepris sur ce site les 12, 27 et 28 juin 1974. Les interprétations ont été conduites sur les vitesses de descente et de remontée des niveaux.

2.1.1 - Premier essai

Cet essai décrit sur la figure 1 a permis d'entreprendre la recherche des paramètres hydrodynamiques du milieu aquifère par l'étude des variations des niveaux dans les 2 ouvrages. Les interprétations ont été conduites :

-sur la descente du niveau dans le piézomètre dénommé P 1, lors du pompage d'après la méthode de Jacob. Les niveaux reportés en fonction du temps sur le graphique semi-logarithmique de la figure 2 conduisent aux valeurs caractéristiques :

transmissivité $T = 1,1.10^{-2}\ m^2/s$

perméabilité $K = 0,78.10^{-2}\ m/s$

coefficient d'emmagasinement S = 19,4 %

- sur cette même descente du niveau dans le piézomètre P 1 d'après la méthode de Theis. Le graphique est porté sur la figure 3.

L'interprétation conduit à $T = 0,84.10^{-2}\ m^2/s$

et $K = 0,60.10^{-2}\ m/s$

- sur la remontée du niveau dans le piézomètre P 1 après le pompage : la méthode semi-logarithmique fournit une valeur de transmissivité : $T = 1,2.10^{-2}\ m^2/s$ (figure 4)

et une perméabilité : $K = 0,85.10^{-2}\ m/s$

2.1.2 - Second essai

Cet essai dont les conditions sont portées sur la figure 5 a permis d'entreprendre 5 interprétations concernant les variations de niveau dans le piézomètre P 1 et dans le puits de pompage PP 1.

Ces interprétations sont relatives aux variations de niveau suivantes :

- Descente du niveau dans le piézomètre P 1 interprétée d'après le schéma de Theis : les caractéristiques hydrodynamiques du milieu aquifère sont alors

$T = 1,5.10^{-2}\ m^2/s$

$K = 1,15.10^{-2}\ m/s$

S = 11 %

Représentés sur la figure 6 , les points mesurés s'alignent de manière excellente sur la courbe théorique de Theis .

- Descentes des niveaux dans le piézomètre P 1 et dans le puits de pompage PP 1 interprétées par la méthode semi-logarithmique de Jacob.

En ce qui concerne les variations au droit de PP 1, les baisses de niveaux (rabattements) ont été corrigées d'après l'expression

$s_c = s_m - \frac{sm^2}{2\,b}$ dans laquelle

s_c = rabattement corrigé

s_m = rabattement mesuré

b = épaisseur mouillée initiale de l'aquifère au droit de l'ouvrage.

Sur la figure 7 sont portés les 3 graphiques relatifs à PP 1 et P 1, seul le graphique relatif aux niveaux PP 1 corrigés ayant été interprété avec celui relatif au piézomètre.

Les valeurs déduites sont les suivantes :

sur le puits de pompage PP 1 : $T = 1{,}1.10^{-2}\ m^2/s$

sur le piézomètre P 1 : $T = 1{,}46.10^{-2}\ m^2/s$

et : $S = 13\ \%$

Dans chacun des cas, les points s'alignent très régulièrement sur des droites rectilignes.

Sur le graphique des remontées de niveau dans le piézomètre et le puits de pompage (cf. figure 8), on constate une identité de comportement des 2 ouvrages qui indique une valeur de transmissivité du milieu aquifère égale à : $T = 1{,}50.10^{-2}\ m^2/s$
et une perméabilité $K = 1{,}20.10^{-2}\ m/s$

2.1.3 - Troisième essai

3 interprétations ont été conduites après cet essai dont les principales caractéristiques sont portées sur la figure 9.

Les interprétations ont été relatives :
- à la descente du niveau lors du pompage sur le piézomètre P 1. Utilisant la méthode de Theis, on constate sur la figure 10 une excellente correspondance entre les points mesurés et la courbe théorique conduisant à une valeur de $T = 1{,}25.10^{-2}\ m^2/s$. Le coefficient d'emmagasinement peut être estimé à une valeur de l'ordre de 14 % et la perméabilité égale à $K = 1{,}0.10^{-2}\ m/s$.

- à la descente du niveau, au droit du piézomètre P 1 lors du pompage. L'utilisation de la méthode de Jacob conduit, comme indiqué sur la figure 11 à une valeur de transmissivité $T = 1,17.10^{-2}$ m^2/s

avec $K = 0,91.10^{-2}$ m /s.

Sur cette même figure les variations mesurées et corrigées de niveau au droit du puits de pompage PP 1 ont été portées sans qu'il soit possible, pour ces dernières, d'utiliser une telle méthode semi-logarithmique pour en effectuer l'interprétation.

- à la remontée du niveau au droit du piézomètre P 1. L'utilisation de la méthode semi-logarithmique de Jacob permet comme indiqué sur la figure 12 de déduire une valeur de transmissivité $T = 1,37.10^{-2}$ m^2/s

avec $K = 1,05.10^{-2}$ m/ s.

2.1.4 - Conclusions relatives aux essais sur ce site

L'implantation des ouvrages d'essai fut déterminée en se basant sur une valeur moyenne de transmissivité des terrains aquifères égale à 10^{-2} m^2/s pour une épaisseur mouillée de l'aquifère de l'ordre de 1,30 m durant la période d'étude.

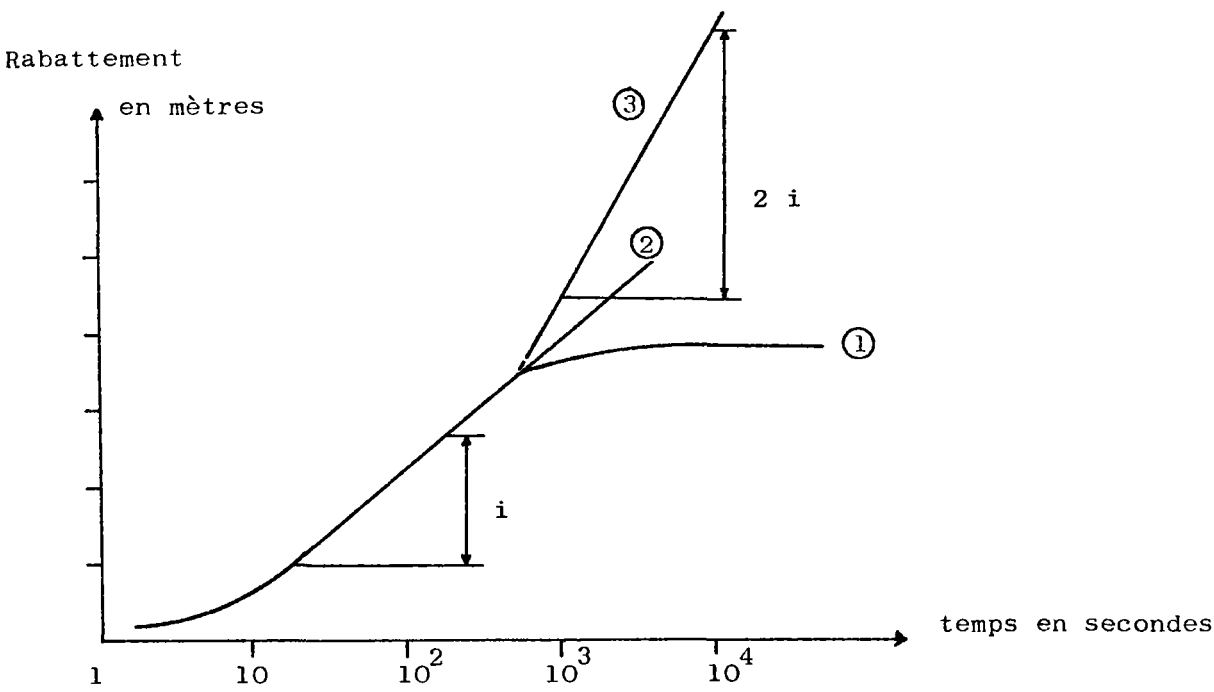
Une observation relative aux niveaux initiaux avant chaque essai permet d'établir 2 hypothèses concernant les interprétations des variations de niveau qui ont été établies.

Aussi bien lors du fonçage des ouvrages, où les niveaux d'eau se sont révélés être aux profondeurs respectives de 4,20 m et 4,30 m sous le sol dans le puits d'essai et dans le piézomètre, qu'au début de chacun des pompages d'essai, il a été constaté que les niveaux mesurés dans les ouvrages étaient nettement plus bas que ceux relevés dans la gravière ; le tableau ci-après regroupe ces valeurs.

Décalage des niveaux "ouvrages"/niveau gravière	fonçage	début 1er essai	début 2ème essai	début 3ème essai
Piézomètre P 1	- 0,65 m	- 0,55m	- 0,59 m	- 0,54 m
Puits de pompage PP 1	- 0,50 m	- 0,50m	- 0,55 m	- 0,50 m

Cette différence qui en moyenne s'établit à - 0,55 m pour une distance gravière-ouvrage de 12 mètres ne peut naturellement être attribuée au seul gradient hydraulique de la nappe : elle prouve déjà à elle seule l'existence de pertes de charge importantes entre la gravière et la nappe.

On doit, à ce stade, indiquer que l'évolution des rabattements au piézomètre pouvait présenter trois types de comportement suivant la nature des limites hydrauliques constituées par les berges de la gravière.



Représentés sur le schéma ci-dessus, les 3 comportements possibles pouvaient être :

courbe 1 - berges non colmatées - une stabilisation de niveau apparait.

courbe 2 - berges semi-colmatées - l'évolution du niveau est semblable à celle relative à un milieu aquifère illimité.

courbe 3 - berges colmatées - celles-ci agissent comme une limite étanche du milieu aquifère et la vitesse de descente des niveaux accuse un doublement à partir d'une date.

Les 2 hypothèses alors établies sont indiquées ci-après

2.1.4.1 - Première hypothèse

L'évolution des rabattements au cours des 3 pompages d'essai de durée allant de 5 h 40 à 7 h 30, ainsi que pendant les remontées consécutives aux arrêts de pompage, est conforme au schéma de Theis et Jacob, c'est-à-dire à une évolution dans un milieu aquifère homogène et illimité latéralement.

Tout se passe donc comme si l'existence de la gravière à 12 mètres n'introduisait aucune perturbation dans le comportement de la nappe lors des pompages.

Dans cette hypothèse, il convient de remarquer immédiateme que si les berges de la gravière n'étaient nullement colmatées, et compte tenu de la bonne transmissivité calculée du milieu aquifère, une stabilisation ou du moins une tendance à la stabilisation des niveaux aurait du être mise en évidence vers la fin des périodes de pompages.

Ce comportement n'a pas du tout été relevé sur les divers enregistrements de niveaux, aussi l'éventualité de berges non colmatées semble devoir être rejetée.

En considérant dans cette hypothèse les valeurs des paramètres évaluées sur l'évolution des rabattements au piézomètre on obtient les valeurs moyennes suivantes :

$T = 1,27.10^{-2}$ m^2/s

$K = 0,96.10^{-2}$ m/s

S = 14 %

2.1.4.2. - Seconde hypothèse

Celle-ci est relative au colmatage complet de la berge de cette gravière qui atteint le substratum marneux. Cette berge peut alors être considérée comme une limite étanche et son influence aurait alors du se traduire, comme indiqué sur la courbe 3 du paragraphe précédent, par un doublement de la pente initiale pour un temps supérieur à la valeur.

$$t_i = 1,78 \frac{d^2 S}{T}$$

avec S = coefficient d'emmagasinement du milieu aquifère

T = transmissivité

d = distance à la limite soit 12 mètres.

Cependant, étant donné les distances puits-piézomètre et puits-limite il est possible que l'évolution des rabattements dans le piézomètre ait été influencée très rapidement par la limite.

Dans cette hypothèse la transmissivité réelle du milieu aquifère serait le double de celle calculée prédédemment. Celle-ci ayant été évaluée sur la branche de pente 2 i de la courbe 3 (cf. paragraphe précédent) alors que la transmissivité réelle doit tenir compte de la pente initiale i de la première branche.

La transmissivité réelle du milieu aquifère serait donc égale à $T \simeq 2,50.10^{-2}$ m^2/s.

Dans ce cas, les valeurs obtenues pour le coefficient d'emmagasinement qui sont élevées (19 % - 12 %), ne seraient plus correctes.

En considérant des valeurs de ce coefficient de 5 et 10 %, valeurs plus probables dans ce type d'alluvions, on constate que les temps t_s à partir desquels l'effet de la limite devrait s'être fait ressentir s'élèvent respectivement à 510 et 1 025 secondes.

Ces durées reportées sur les divers graphiques semi-logarithmiques de descente des niveaux dans le piézomètre P 1 correspondent à des temps où l'influence du début du pompage se fait encore ressentir et où de ce fait, la détermination d'une direction asympotique de pente égale à la moitié de celle évaluée pour des temps supérieurs, ne peut être effectuée.

Sur la base des remarques concernant les différences initiales de niveaux dans les ouvrages et dans la gravière, cette seconde hypothèse semble plus conforme au comportement réel de la berge étudié sur ce site.

2.2 - Expérimentations sur le site de Verday

Deux essais furent réalisés sur ce site les 17 juin et 1er juillet 1974.

2.2.1 Premier essai

Les caractéristiques de cet essai sont indiquées sur la figure 13. Afin de ne pas créer de perturbations préjudiciables à l'interprétation des descentes de niveaux lors de l'essai, le débit fut maintenu rigoureusement constant durant le pompage ; les faibles baisses de niveau constatées dans les ouvrages ne permirent pas d'interpréter les remontées de niveaux.

Les interprétations ont été réalisées successivement :

- sur la descente du niveau dans le puits de pompage PP 2. Reporté en coordonnées semi-logarithmique sur la figure 14, les points mesurés s'alignent

sur une droite de pente i = 0,044 m correspondant à une transmissivité $T = 3,7.10^{-2}$ m^2/s.

- sur la descente du niveau dans le piézomètre P 2.

L'interprétation conduite également selon la méthode semi-logarithmique et dont les points sont reportés sur la même figure 14 fournit comme valeurs : $T = 3,4.10^{-2}$ m^2/s.

et $S = 19\ \%$

- sur cette même descente, en utilisant la méthode bi-logarithmique de Theis. Les divers points mesurés se superposent bien à la courbe théorique indiquant une transmissivité $T = 3,6.10^{-2}$ m^2/s et un coefficient d'emmagasinement $S = 20\ \%$ (cf. figure 15).

2.2.2 - Second essai

Entrepris le 1er juillet 1974, suivant les conditions indiquées sur la figure 16 :

- la descente de niveau sur le piézomètre P 2 a été interprétée selon les méthodes de Jacob et de Theis. La descente dans le puits de pompage a été interprétée selon la méthode semi-logarithmique de Jacob ainsi que les 2 remontées dans les ouvrages.

La descente sur le piézomètre P 2 fournit par la méthode de Jacob, comme indiqué sur la figure 17, une valeur $T = 4,27.10^{-2}$ m^2/s. Il est à remarquer que malgré la longueur du pompage, les points successifs restent rigoureusement alignés.

Cette même descente interprétée suivant la méthode de Theis indique une bonne coïncidence avec la courbe théorique (cf. figure 18)

les valeurs déduites sont $T = 4,56.10^{-2}$ m^2/s

et $S = 14\ \%$

- la descente du niveau dans le puits de pompage PP 2 a fait apparaître, comme indiquée sur la figure 19 pour une interprétation semi-logarithmique une partie asymptotique rectiligne correspondant à une transmissivité $T = 4,12.10^{-2}$ m^2/s.

Dans cet essai, les rabattements résiduels mesurés sur les deux ouvrages ont été reportés sur la figure 20 en fonction du logarithme de $(1 + \frac{tp}{tr})$, où t_p et t_r représentent les temps de pompage et de remontée.

Un doublement de pente apparait, i_1 et i_2 correspondant aux 2 valeurs de transmissivité T = 7,4 puis 3,5. 10^{-2} m^2/s. Cette dernière valeur étant proche des valeurs calculés lors de la descente.

2.2.3 - Conclusions relatives aux essais sur ce site

En ce qui concerne les niveaux initiaux, la même remarque que pour le site de Bourtholomeri peut être faite : les décalages atteignent respectivement 0,23 et 0,24 m sur le piézomètre, 0,21 et 0,23 sur le puits de pompage., ceci pour la même distance (12 mètres) que précédemment, des ouvrages à la berge de la gravière.

Un raisonnement identique à celui fait pour le site précédent (2ème hypothèse) donne une transmissivité probable du milieu aquifère T = $7,5.10^{-2}$ m^2/s, les valeurs moyennes déduites des essais s'établissant à

- puits de pompage : $T \simeq 3,9.10^{-2}$ m^2/s
- piézomètre : $T \simeq 3,95.10^{-2} m^2/s$ $S \simeq 16$ %
- remontées de niveaux : $T \simeq 3,50$ et $7,40.10^{-2}$ m^2/s

L'évaluation du temps d'influence t_r de la limite sur la base de T = $7,5.10^{-2}$ m^2/s et pour des valeurs de S égale à 5 et 10 % donnent des valeurs t_i égales respectivement à 170 et 340 secondes. La phase initiale serait donc encore masquée par les effets transitoires liés au début du pompage. Les distances de 12 m évaluées sur la base d'une transmissivité de 1.10^{-2} m^2/s étant nettement trop faibles pour que dans ce cas, où la transmissivité est 7,5 fois plus élevée, on ait pu mettre en évidence la première branche asympotique des courbes de descente en représentation semi-logarithmique.

Néanmoins les 2 pentes mises en évidence dans la remontée des niveaux dont la première (i_1 correspondant à $T=7,4.10^{-2}$ m^2/s) n'est pas influencée par l'effet de la limite, nous confirment dans l'hypothèse du comportement de la berge de la gravière comme une limite étanche.

2.3 - Expérimentation sur le site de Bramefan

2.3.1 - Essai et interprétations

Lors de la réalisation des sondages et malgré le lavage des alluvions dû au procédé de forage par battage, les qualités du milieu aquifère paraissaient différentes de celles relevées sur les autres sites. Ce fut au cours des pompages de décolmatage des ouvrages et lors du pompage d'essai que les faibles productivités des ouvrages confirmèrent la présence de matériaux de remblaiement sur le site étudié.

Afin d'obtenir un abaissement significatif du niveau dans le piézomètre, un faible débit de pompage a été utilisé (0,64 m^3/h) comme indiqué sur la figure 21. Il provoqua néanmoins un dénoyage presque total du puits de pompage.

Les interprétations ont été conduites, en ce qui concerne la descente du niveau dans le piézomètre, selon la méthode de Theis (bi-logarithmique) et la méthode de Jacob (semi-logarithmique).

Dans la méthode de Theis, la courbe de descente (figure 22) se superpose parfaitement à la courbe théorique de Theis. A la fin de la période de pompage apparaît le palier de stabilisation des niveaux. Les valeurs caractéristiques du milieu aquifère sont :

$$T = 1,6.10^{-4}\ m^2/s$$

et $S = 0,24\ \%$

La méthode de Jacob permet de calculer T, S, ainsi que la distance théorique "d" à la limite de réalimentation provoquant la stabilisation des niveaux.

Les valeurs caractéristiques sont portées sur la figure 23 à partir desquelles on obtient :

$$T = \frac{0,183.Q}{i} = 1,77.10^{-4}\ m^2/s$$

$$S = \frac{2,25.T.to}{r^2} = 1,9.10^{-3}$$

$$\text{et } d = \frac{r}{2}\sqrt{\frac{ti}{to} - 1} = 11\ m.$$

La remontée de niveau dans le piézomètre a été également interprétée et la courbe de remontée indiquée sur la figure 24 permet d'en déduire

$$T = 1,30.10^{-4}\ m^2/s$$

2.3.2 - Conclusions relatives à l'essai sur ce site

Les valeurs de T et S calculées selon les deux types de méthode sont comparables. Les paliers de stabilisation obtenus en fin de pompage indiquent que la gravière agit comme une limite d'alimentation à niveau constant.

Dans ce site, on constate qu'initialement les différences d niveaux entre les ouvrages et la gravière sont seulement de 0,06 m, c'est à dire correspondent à une pente moyenne locale de la surface piézomètrique de 0,5 %

Les valeurs moyennes de T et S pour ce matériau de remblaiement sont ainsi de l'ordre de

$$T = 1,55.10^{-4}\ m^2/s$$

$$S = 0,2\ \%$$

contrastant nettement avec les qualités du matériau alluvial en place.

De plus, la distance théorique entre les ouvrages d'essai et la limite étanche est évaluée à 11 mètres alors que la distance réelle est de 12 m.

Bien qu'en parfaite liaison hydraulique avec la gravière, le matériau de remblai par sa transmissivité, environ 100 fois inférieure à celle du milieu alluvial, agit de ce fait comme une barrière étanche s'opposant à l'écoulement naturel de la nappe alluviale.

2.4 - Expérimentation sur le site de Prade

2.4.1 - Essai et interprétations

Les conditions de l'essai étant indiquées sur la figure 25, le pompage d'essai a mis en évidence des terrains assez perméables nécessitant un débit de pompage relativement élevé.

La descente du niveau dans le puits de pompage a nécessité une interprétation selon la méthode semi-logarithmique de Jacob en considérant les rabattements corrigés s_c en fonction du temps avec $s_c = s_m - \frac{s_m^2}{2\,b}$

s_c rabattement corrigé

s_m rabattement mesuré

et b épaisseur mouillée initiale de l'aquifère.

Du report des différents points sur la figure 26, on en déduit $T = 1{,}26.10^{-2}\ m^2/s$.

Au droit du piézomètre P 4, les méthodes de Theis et de Jacob ont été utilisées.

Avec la méthode de Theis la courbe rabattement - temps reportée sur la figure 27 ne se superpose pas à une seule courbe théorique.

La partie finale (à partir de 1 700 sec) superposée sur une courbe de Theis donne avec les paramètres :

$s = 0{,}058$ m pour $F(u') = 1$

et $t = 100$ sec pour $u' = 1$

une valeur de $T = 1{,}24.10^{-2}\ m^2/s$.

et $S = 8\ \%$

Il serait possible que la partie initiale de la courbe expérimentale soit influencée par la fin de l'égouttement et dans ce cas les paramètres évalués ci-dessus seraient exacts.

Une autre éventualité serait que l'effet de limite étanche par le colmatage de la berge ne se soit pas encore manifesté pour cette durée de pompage. La courbe théorique de Theis se superposant dans cette partie initiale fournit les paramètres :

$$s = 0{,}033 \text{ m} \quad \text{pour } F(u'') = 1$$

$$\text{et } t = 20 \text{ sec} \quad \text{pour } u' = 1$$

conduisant aux valeurs $T = 2{,}2.10^{-2}$ m^2/s

$S = 2{,}7.10^{-2}$ soit 3 %

La valeur ainsi obtenue pour la transmissivité serait pratiquement double de celle obtenue pour la partie finale de la courbe, confirmant ainsi l'hypothèse d'un effet de limite étanche qui théoriquement doit faire apparaître une réduction dans le temps de la valeur de la transmissivité calculée.

Appliquant alors à cette descente de niveau dans le piézomètre la méthode d'interprétation semi-logarithmique de Jacob, la courbe obtenue représentée sur la figure 28, montre un changement de pente vers un temps (t_i) de l'ordre de 1 000 sec.

La partie correspondant aux paramètres $i_1 = 0{,}076$ m et $t_o^1 = 41$ sec

indique des valeurs $T = 2{,}45.10^{-2}$ m^2/s

et $S = 3{,}5$ %

alors que la partie finale pour les paramètres $i_2 = 0{,}125$ m et $t_o^2 = 140$ sec

indique des valeurs $T = 1{,}3.10^{-2}$ m^2/s

et $S = 6{,}5$ %

La distance théorique séparant le puits de pompage de la limite étanche mise en évidence lors des pompages est alors égale à

$$d = \frac{r}{2}\sqrt{\frac{ti}{t_o} - 1} = 19 \text{ mètres}$$

L'interprétation de la remontée du niveau dans le piézomètre P 4 a été conduite suivant une méthode semi-logarithmique.

Comme indiqué sur la figure 29, la courbe de remontée ne présente qu'une seule branche dont la pente i = 0,131 m conduit à une valeur de transmissivité $T = 1{,}25.10^{-2}\ m^2/s$.

2.4.2 - Conclusions relatives à l'essai sur ce site

Les différences de niveau dans les ouvrages et la gravière atteignaient initialement sur ce site des valeurs de 0,19 m confirmant encore sur celui-ci l'existence de terrains moins perméables entre la gravière et les ouvrages.

La mise en évidence, aussi bien par la méthode de Theis que celle de Jacob, de 2 types de comportement hydraulique lors de l'essai, conduit à une valeur de transmissivité réelle du milieu aquifère de $T = 2{,}30.10^{-2}\ m^2/s$, pour un coefficient d'emmagasinement de S = 3 % et à une évaluation de la distance théorique de 19 m (du puits à la limite étanche) alors que la distance réelle n'est que de 12 mètres. Ceci semble indiquer que, sur ce site, la berge de la gravière n'est pas totalement colmatée à l'échelle du pompage entrepris.

CONCLUSIONS

Les essais sur le site de Bramefan ont permis de tester occasionnellement les caractéristiques hydrodynamiques d'un matériau propre de remblaiement de gravière. Celui-ci aurait une transmissivité environ 100 fois moindre que celle du milieu alluvial en place et provoquerait ainsi un effet très important de barrage pour l'écoulement de la nappe alluviale.

Les trois autres sites expérimentaux ont permis de mettre en évidence que, même pour des gravières récentes, les berges réagissaient sous l'effet d'un pompage d'essai comme des zones à très faible perméabilité.

Il est vraisemblable que le colmatage des berges n'est que partiel, bien qu'il produise néanmoins un décalage des niveaux d'eau, entre la gravière et un point situé à 12 mètres en aval, pouvant atteindre une cinquantaine de centimètres ; ce qui correspond à un gradient local de 4 % alors que le gradient moyen de la nappe en zone non perturbée n'est que de 0,3 %.

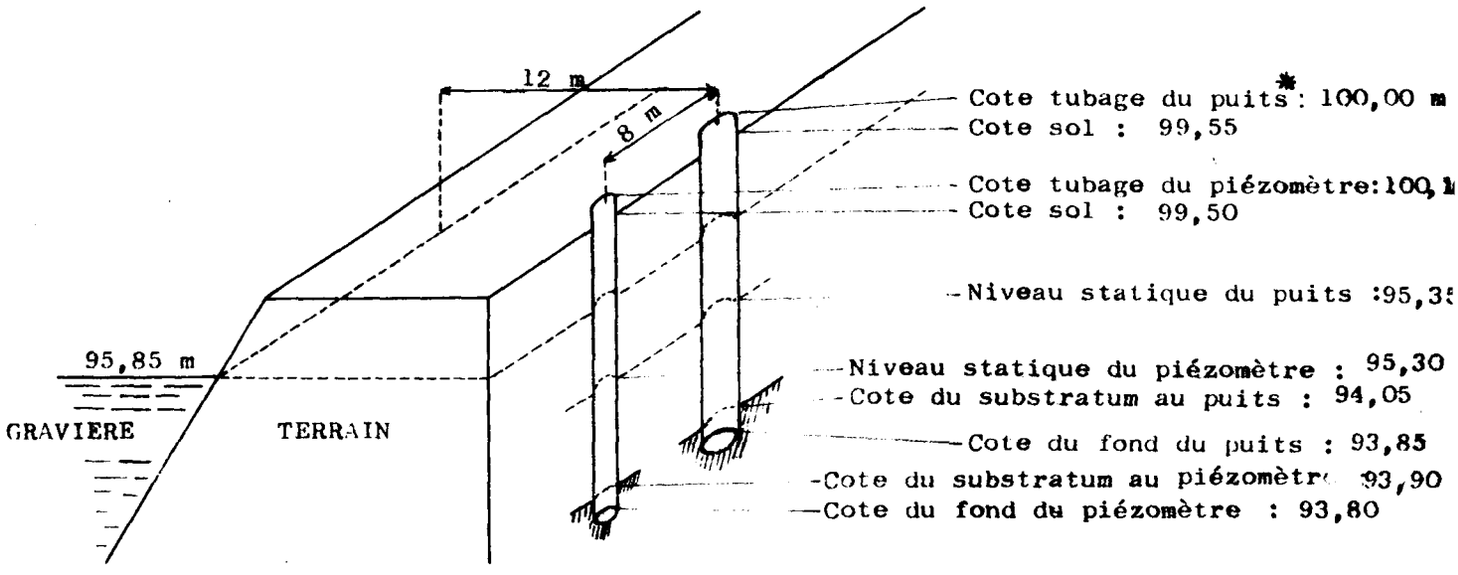
En absence de pompage à l'aval des berges colmatées, celles-ci sont le siège d'un écoulement extrêmement faible mais non nul : dans l'éventualité d'un pompage important réalisé à proximité de ces berges, celles-ci doivent être considérées comme des limites étanches s'opposant à l'écoulement de l'eau de la gravière vers le milieu aquifère.

- FIGURES et ANNEXES -

FIGURE 1

SITE n° 1	Lieu dit "Bourtholoméri"
Essai n° 1	Date 12.06.1974

NIVELLEMENT ET NIVEAUX INITIAUX AVANT L'ESSAI



CARACTERISTIQUES DU POMPAGE D'ESSAI

. Débit de pompage Q = 15,5 m^3/h

. Durée du pompage t 5 h 40 mn

. Enregistrement de la remontée après le pompage durant : 17 h

NIVEAUX RELATIFS MESURES

	avant le pompage	en fin de pompage	en fin de remontée
. puits par rapport à la gravière	- 0,50 m	- 1,63 m	- 0,53 m
. piézomètrie par rapport à la gravière	- 0,55 m	- 0,67 m	- 0,57 m
. puits par rapport au piézomètre	+ 0,05 m	- 0,96 m	+ 0,04 m

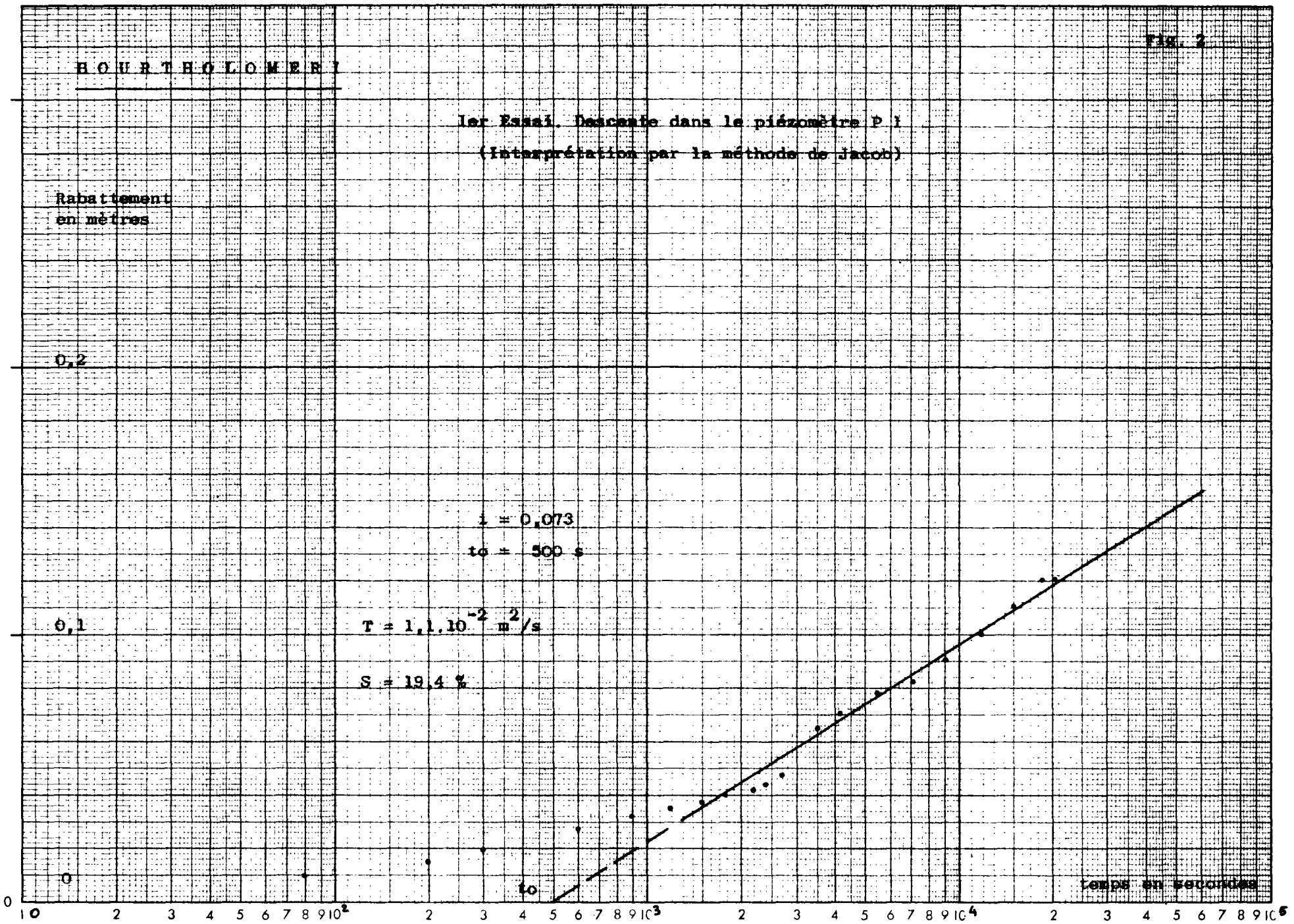
* La cote 100,00 m est prise comme référence en haut du tubage du puits d'essai

Fig. 2

BOURTHOLOMEEI

1er Essai. Descente dans le piézomètre P 1

(Interprétation par la méthode de Jacob)



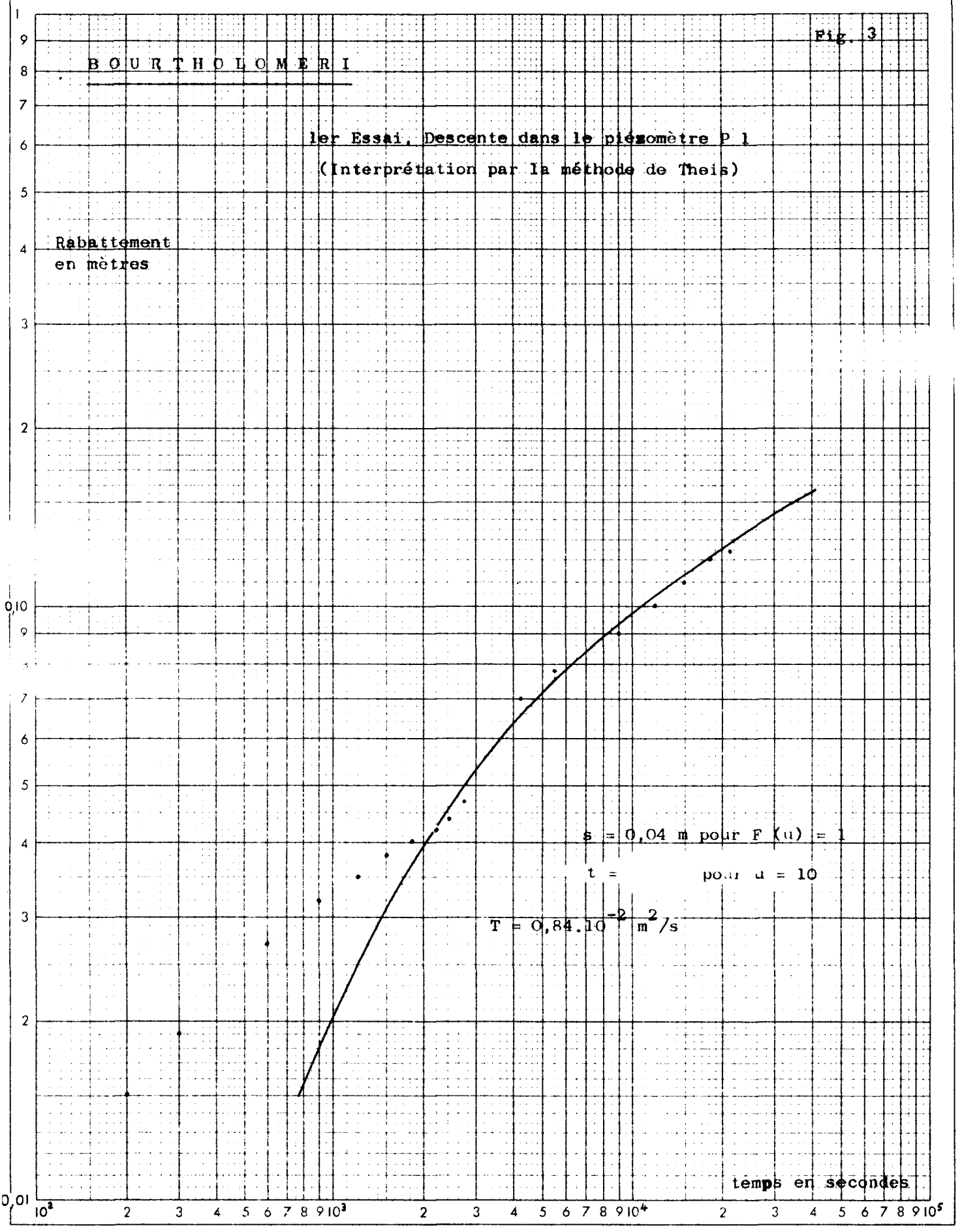
N° 146

Fig. 3

B O U R T H O L O M E R I

1er Essai. Descente dans le piézomètre P 1

(Interprétation par la méthode de Theis)



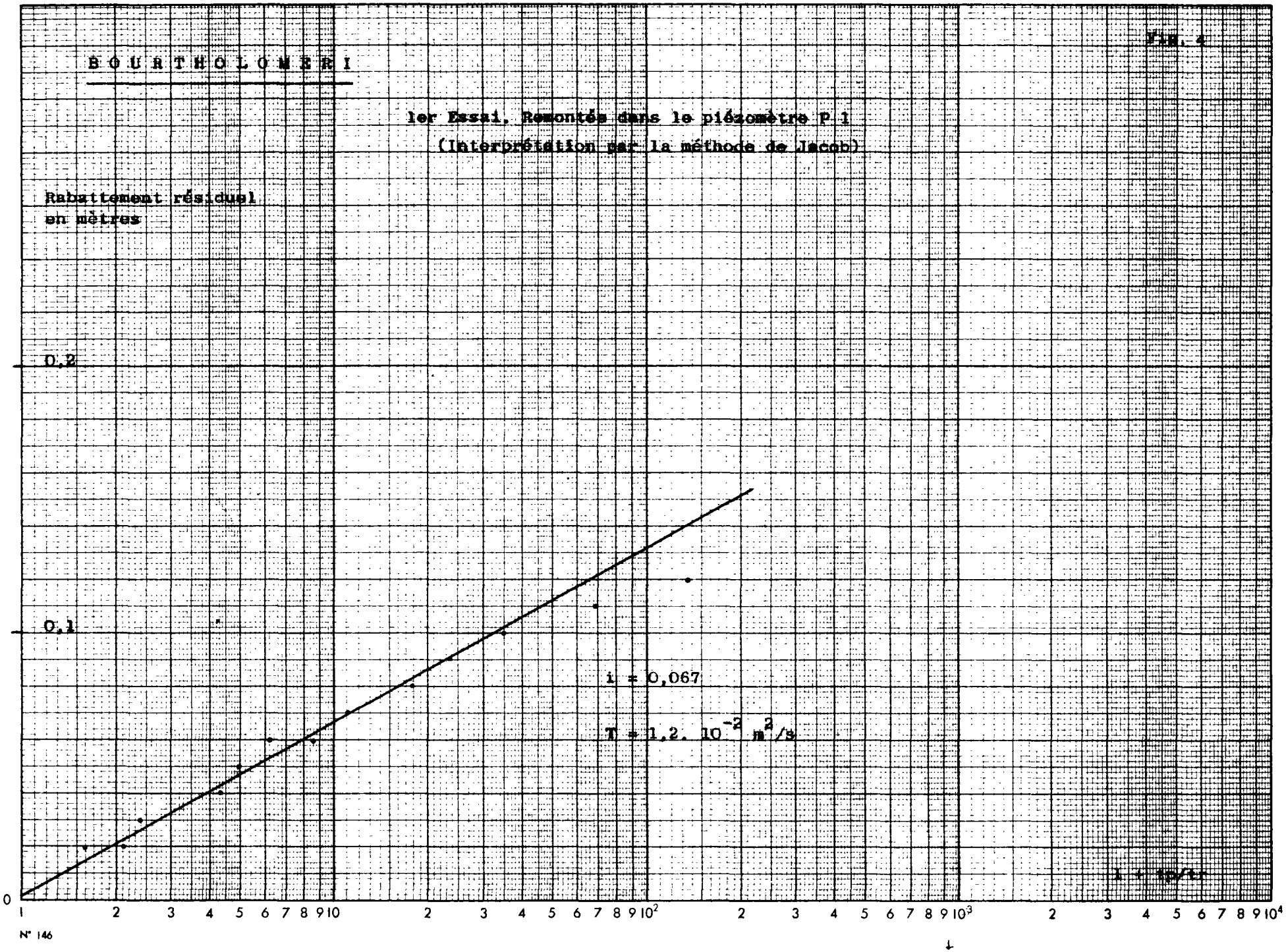
N° 2001

FIG. 4

BOURTHOLOMERI

1er Essai. Remontée dans le piézomètre P 1

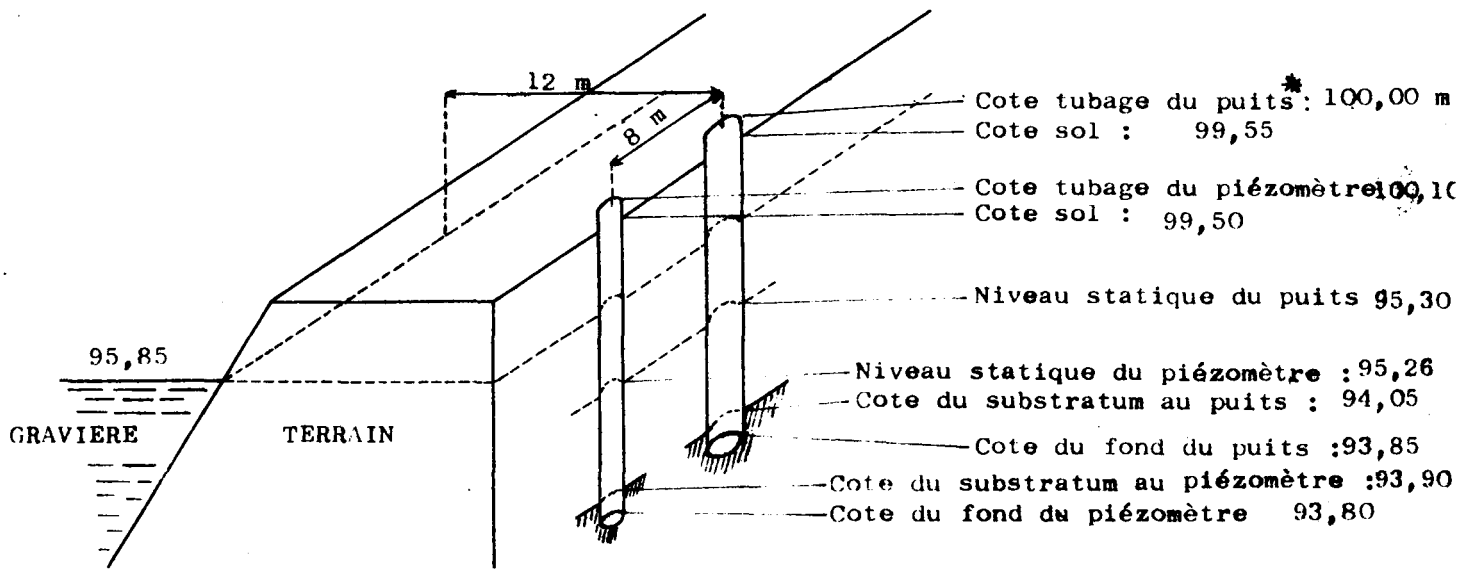
(Interprétation par la méthode de Jacob)



N° 146

SITE n° 1	Lieu dit "Bourthelomeri"
Essai n° 2	Date 27.06.1974

NIVELLEMENT ET NIVEAUX INITIAUX AVANT L'ESSAI



CARACTERISTIQUES DU POMPAGE D'ESSAI

. Débit de pompage Q = 13,7 m^3/h

. Durée du pompage t 7h 15 mn

. Enregistrement de la remontée après le pompage durant :

NIVEAUX RELATIFS MESURES

	avant le pompage	en fin de pompage	en fin de remontée
. puits par rapport à la gravière	- 0,55 m	- 1,02 m	- 0,55 m
. piézomètrie par rapport à la gravière	- 0,59 m	- 0,68 m	- 0,59 m
. puits par rapport au piézomètre	+ 0,04 m	- 0,34 m	+ 0,04 m

* La cote 100,00 m est prise comme référence en haut du tubage du puits d'essai

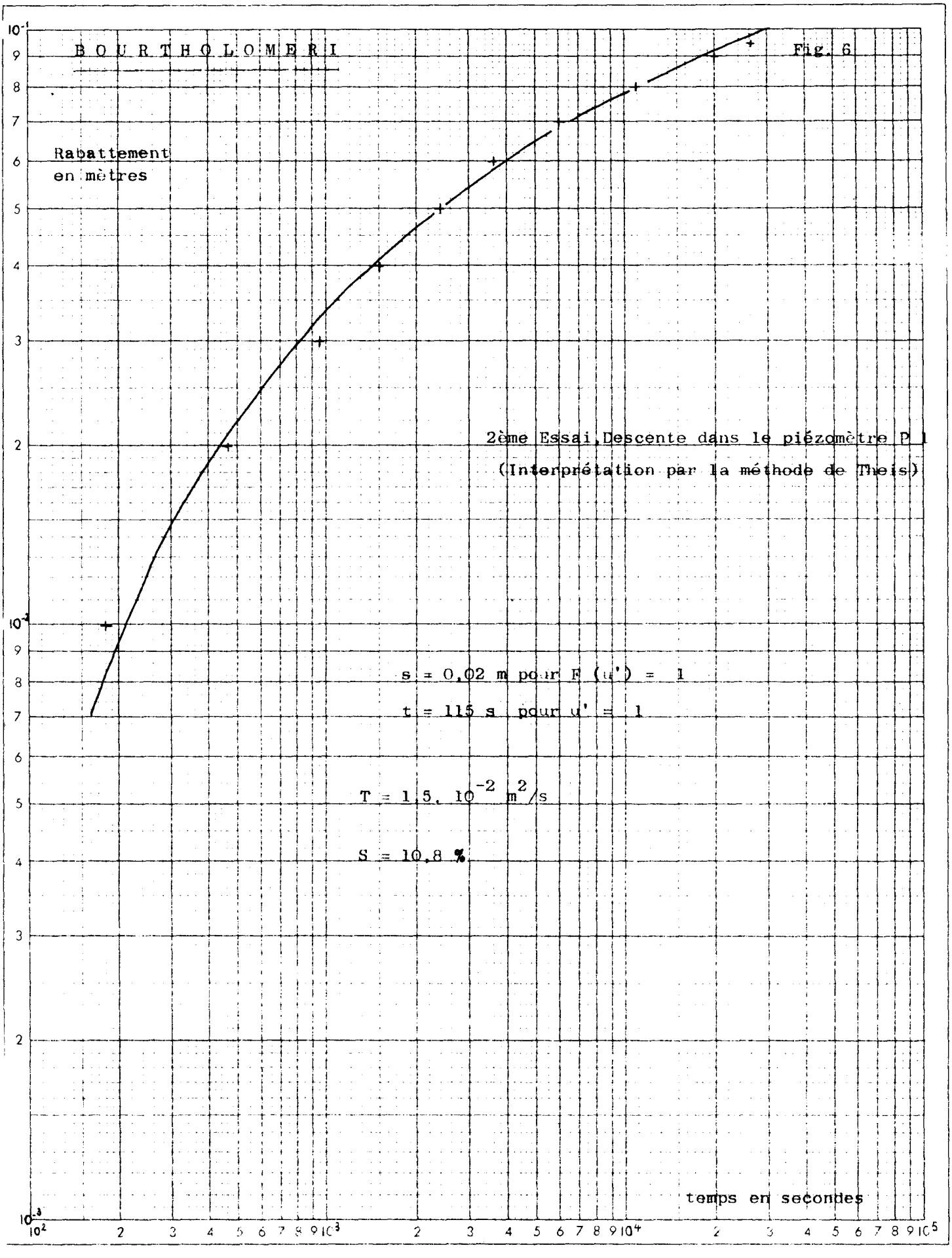

B O U R T H O L O M E R I
Fig. 6
Rabattement
en mètres
2ème Essai, Descente dans le piézomètre P 1
(Interprétation par la méthode de Theis)
s = 0,02 m pour F (u') = 1
t = 115 s pour u' = 1
T = 1,5. 10^-2 m^2/s
S = 10,8 %
temps en secondes

Fig. 7

B O U R T H O L O M E R I

2ème Essai, Descentes dans le puits de pompage P P 1
et le piézomètre 1
(Interprétation par la méthode de Jacob)

Rabattement
en mètres
dans le piézomètre P 1

Rabattement
en mètres
dans le puits PP 2

0,5

0,4

0,3

0,2

0,1

0

• PP 1 (s m)

▲ P 1

○ PP 1 (s c)

i = 0,065
$T = 1,1.10^{-2}$ m^2/s

i = 0,048 to = 250 s
$T = 1,46.10^{-2}$ m^2/s
S = 13 %

to

temps en secondes

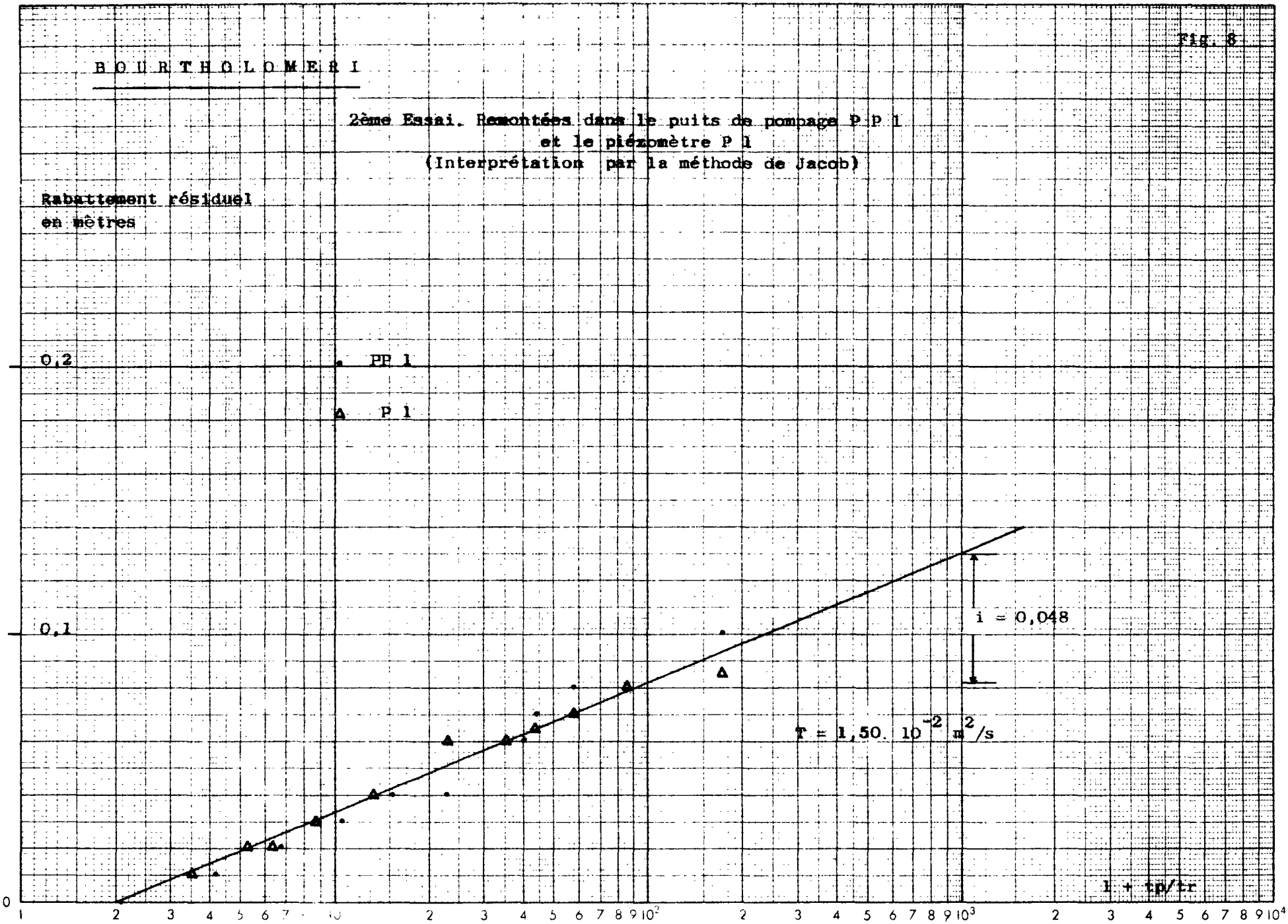
10 2 3 4 5 6 7 8 9 10^2 2 3 4 5 6 7 8 9 10^3 2 3 4 5 6 7 8 9 10^4 2 3 4 5 6 7 8 9 10^5

N° 146

Fig. 8

B O U R T H O L O M E R I

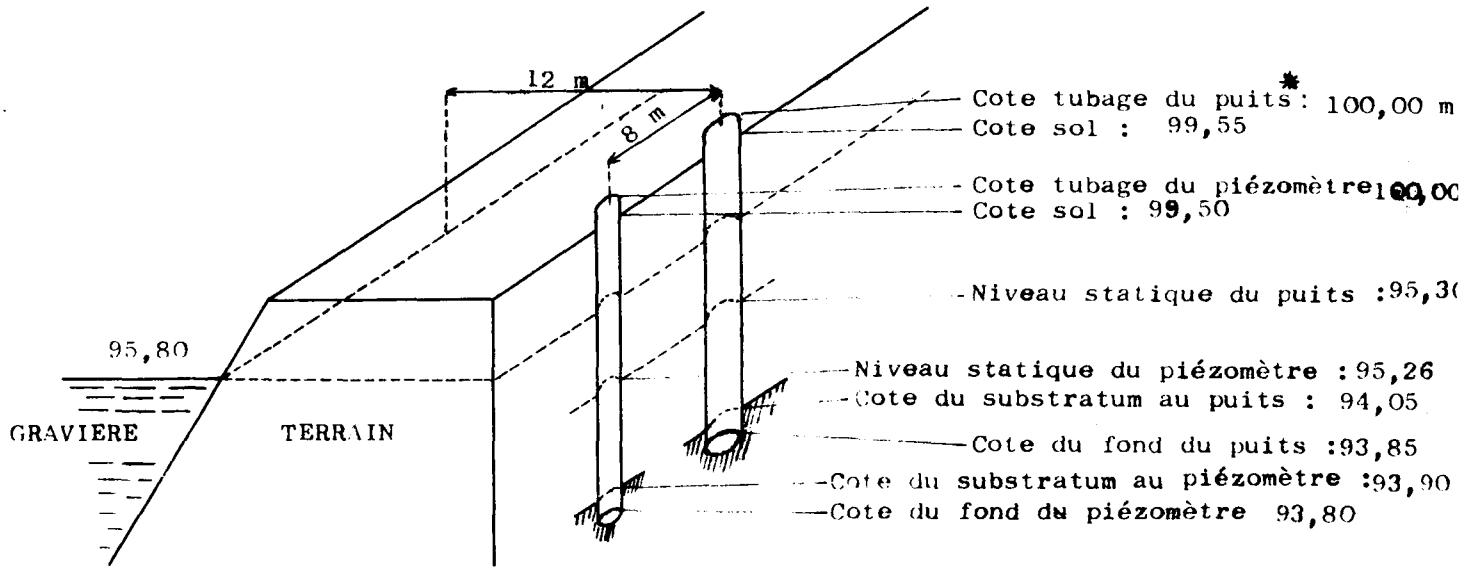
2ème Essai. Remontées dans le puits de pompage P P 1
et le piézomètre P 1
(Interprétation par la méthode de Jacob)



N° 146

SITE n° 1	Lieu dit "Bourtholomeri"
Essai n° 3	Date 28.06.74

NIVELLEMENT ET NIVEAUX INITIAUX AVANT L'ESSAI



CARACTERISTIQUES DU POMPAGE D'ESSAI

. Débit de pompage Q = 14,0 m^3/h

. Durée du pompage t 7 h 30 mn

. Enregistrement de la remontée après le pompage durant : 17 h

NIVEAUX RELATIFS MESURES

	avant le pompage	en fin de pompage	en fin de remontée
. puits par rapport à la gravière	- 0,50 m	-0,97 m	- 0,51 m
. piézomètrie par rapport à la gravière	- 0,54 m	- 0,66 m	- 0,56 m
. puits par rapport au piézomètre	+ 0,01 m	- 0,31 m	+ 0,05 m

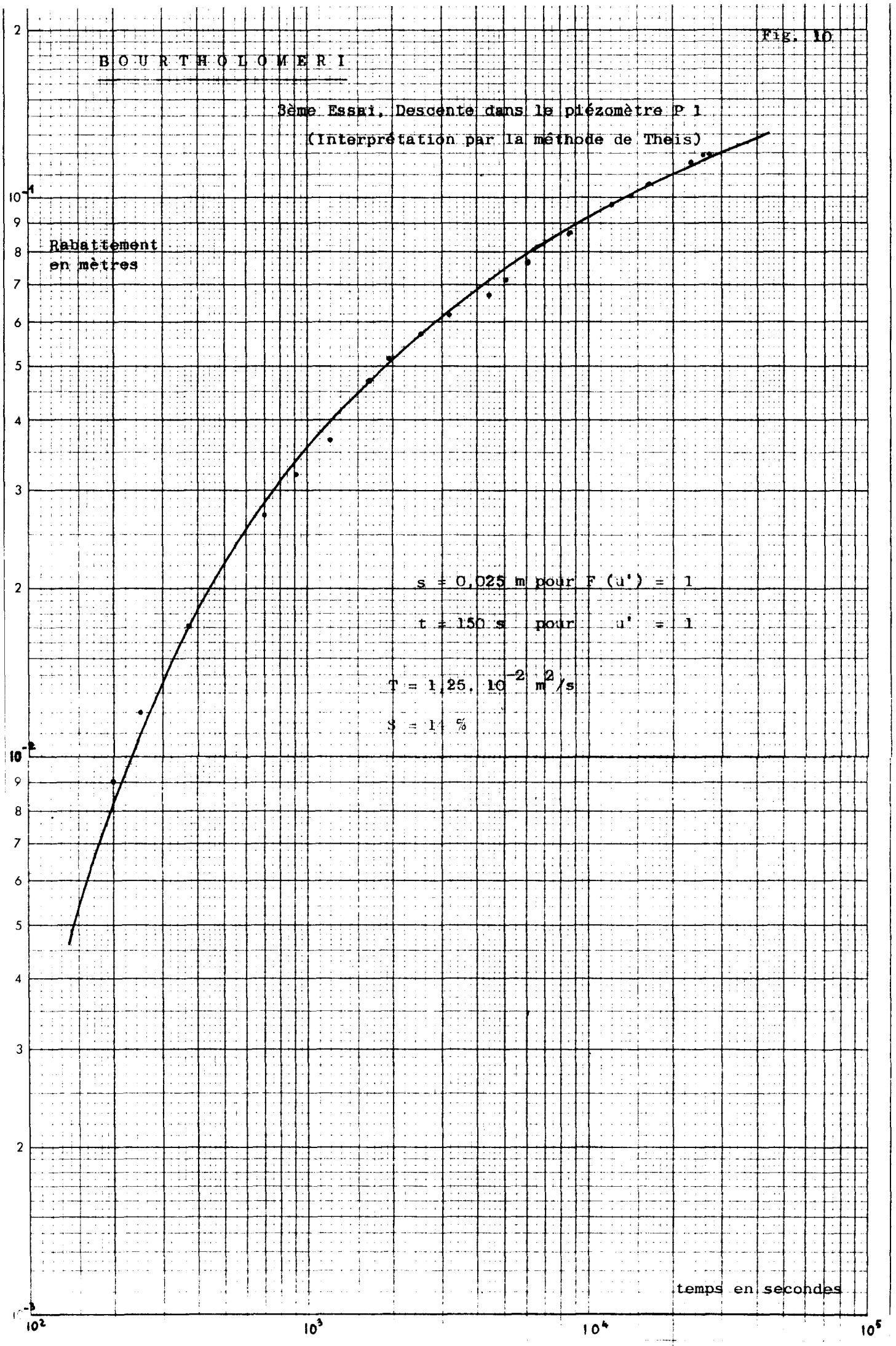
* La cote 100,00 m est prise comme référence en haut du tubage du puits d'essai

Fig. 10

B O U R T H O L O M E R I

3ème Essai. Descente dans le piézomètre P 1

(Interprétation par la méthode de Theis)



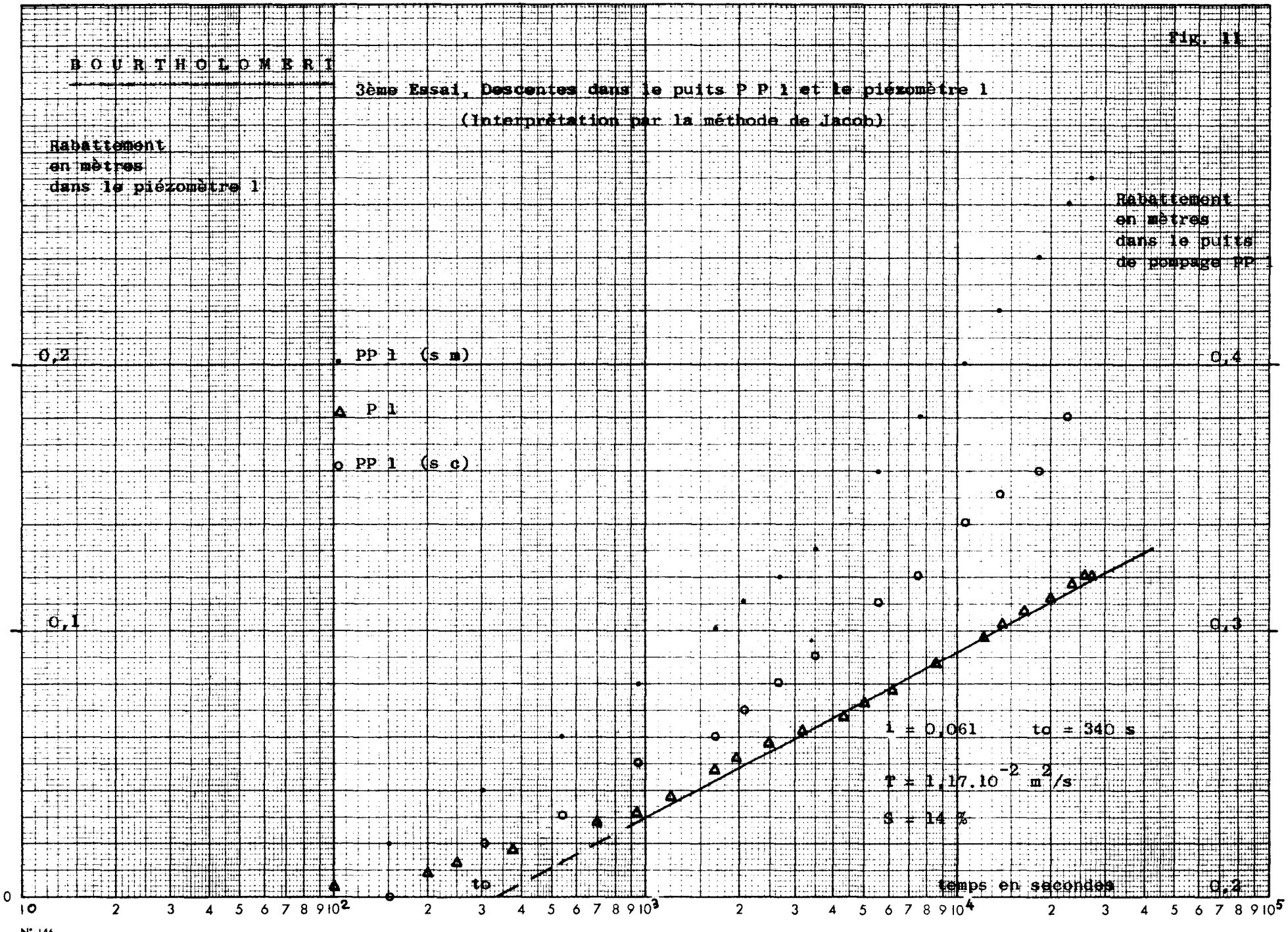
T

Fig. 11

B O U R T H O L O M E R I

3ème Essai, Descentes dans le puits P P 1 et le piézomètre 1

(Interprétation par la méthode de Jacob)

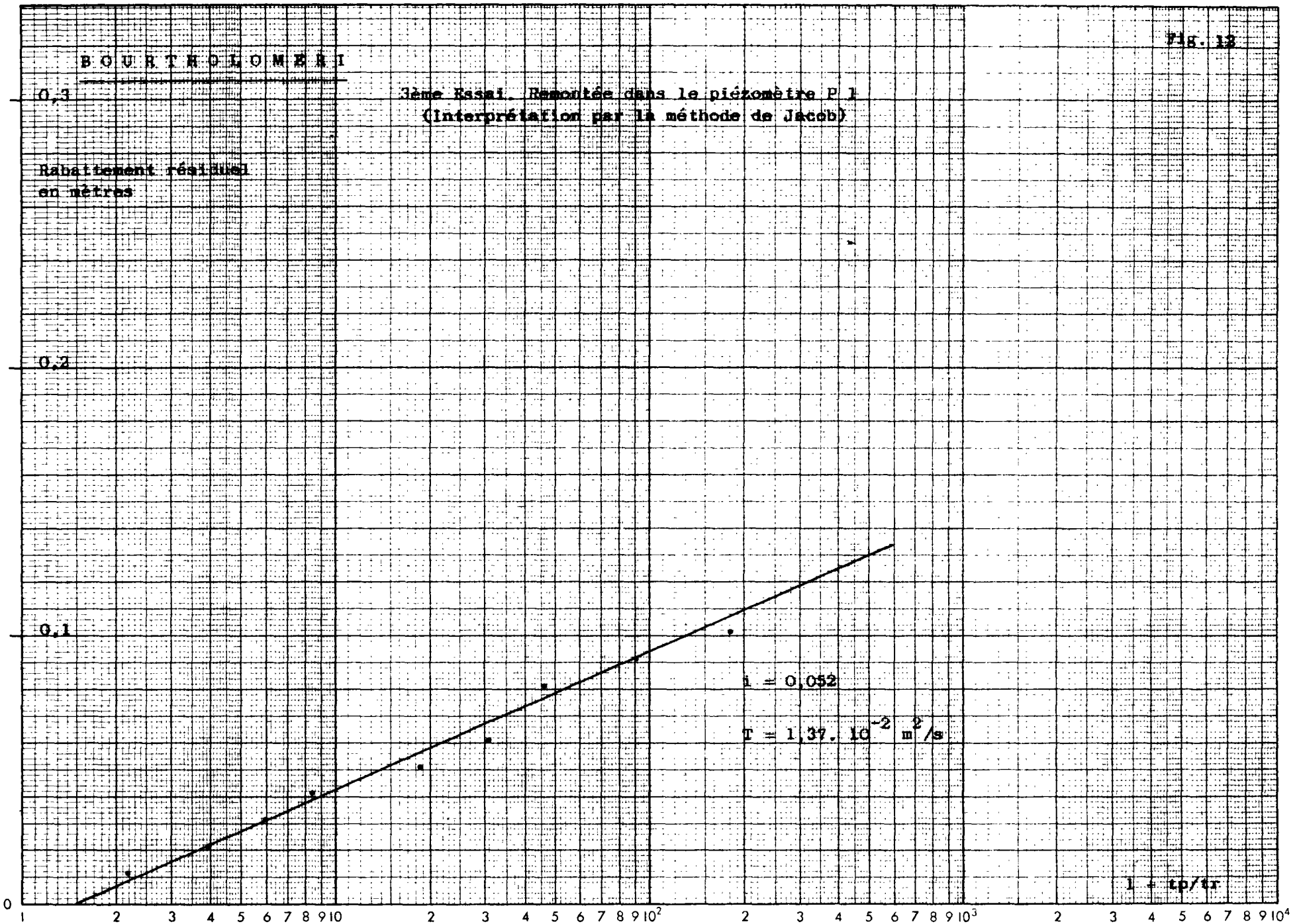


N° 146

Fig. 13

B O U R T H O L O M E R I

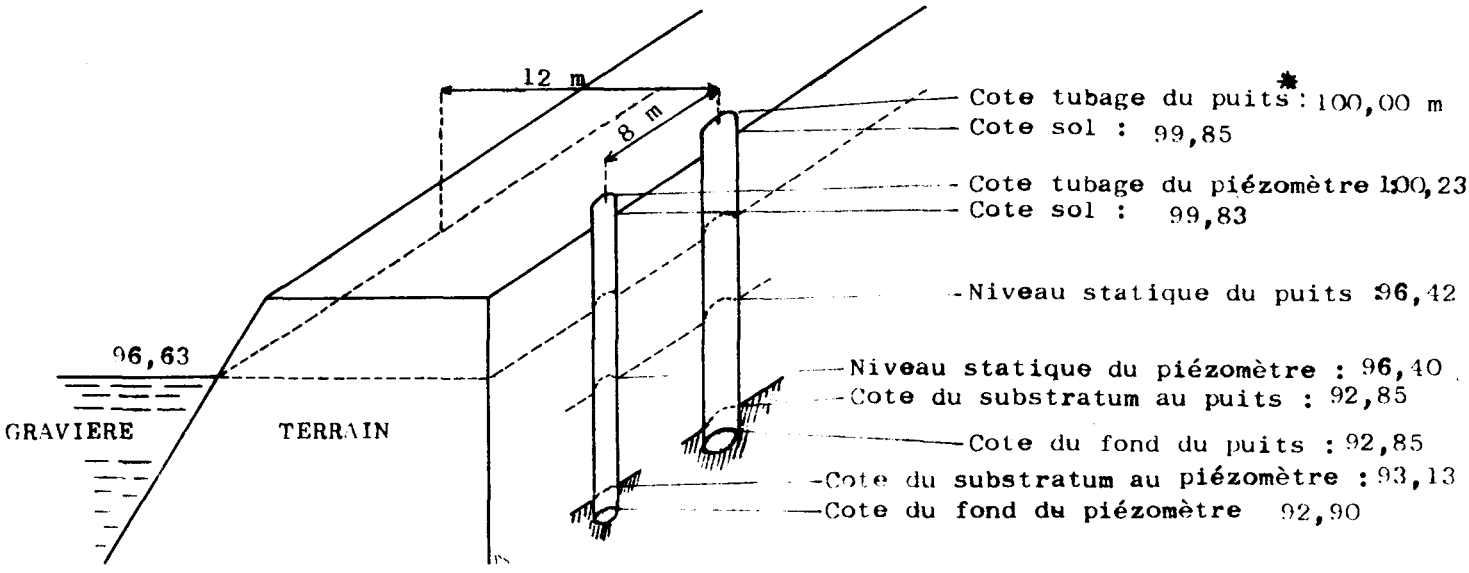
3ème Essai. Remontée dans le piézomètre P 1
(Interprétation par la méthode de Jacob)



N° 146

SITE n° 2	Lieu dit "Verday"
Essai n° 1	Date 17.6.74

NIVELLEMENT ET NIVEAUX INITIAUX AVANT L'ESSAI



CARACTERISTIQUES DU POMPAGE D'ESSAI

. Débit de pompage Q = 32,2 m^3/h

. Durée du pompage t 6 h 02 mn

. Enregistrement de la remontée après le pompage durant : 17 heures

NIVEAUX RELATIFS MESURES

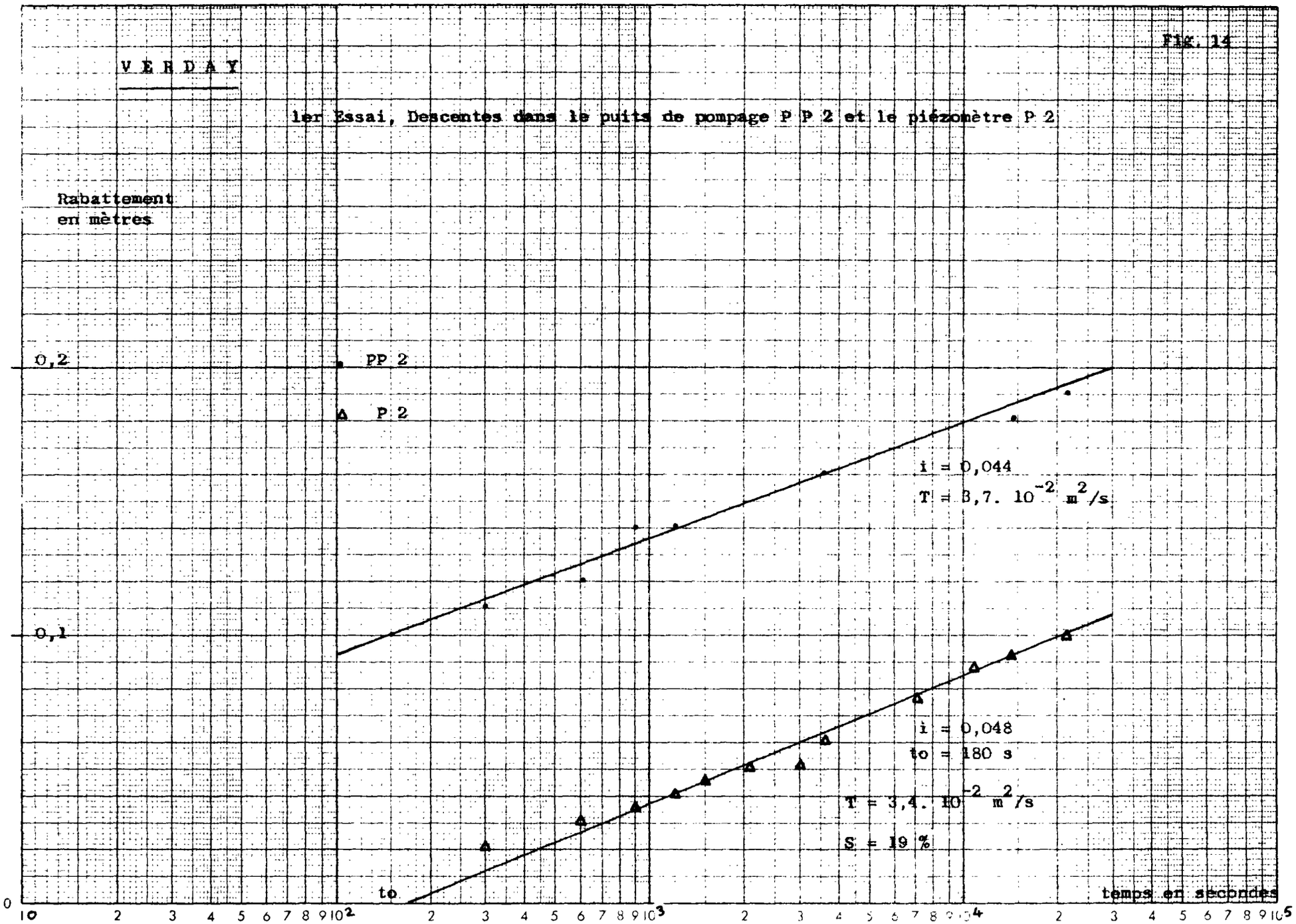
	avant le pompage	en fin de pompage	en fin de remontée
. puits par rapport à la gravière	- 0,21 m	-0,40 m	- 0,235 m
. piézomètrie par rapport à la gravière	- 0,23 m	- 0,32 m	- 0,22 m
. puits par rapport au piézomètre	+ 0,02 m	- 0,08 m	- 0,005 m

* La cote 100,00 m est prise comme référence en haut du tubage du puits d'essai

Fig. 14

VERDAY

1er Essai, Descentes dans le puits de pompage P P 2 et le piézomètre P 2



N° 146

Fig. 15

VERDAY

1er Essai, Descente dans le piézomètre P 2

(Interprétation par la méthode de Theis)

Rabattement en mètres

s = 0,02 m pour F (u') = 1

t = 90 s pour u' = 10

$T = 3{,}6 \cdot 10^{-2}\ m^2/s$

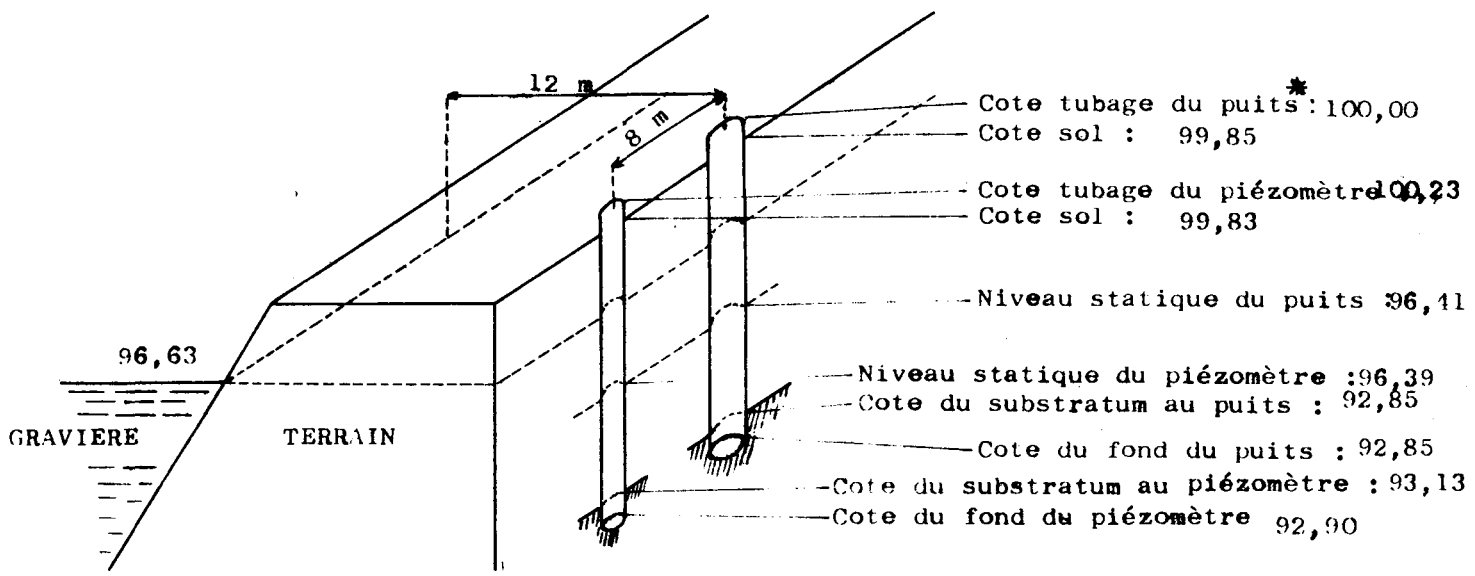
S = 20 %

temps en secondes

N° 2001

SITE n° 2	Lieu dit "Verday"
Essai n° 2	Date 1.7.74

NIVELLEMENT ET NIVEAUX INITIAUX AVANT L'ESSAI



CARACTERISTIQUES DU POMPAGE D'ESSAI

. Débit de pompage Q = 35 m^3/h

. Durée du pompage t 8 h 30 mn

. Enregistrement de la remontée après le pompage durant : 15 h 30 mn

NIVEAUX RELATIFS MESURES

	avant le pompage	en fin de pompage	en fin de remontée
. puits par rapport à la gravière	- 0,22 m	- 0,40 m	- 0,22 m
. piézomètrie par rapport à la gravière	- 0,24 m	- 0,33 m	- 0,24 m
. puits par rapport au piézomètre	+ 0,02 m	- 0,07 m	+ 0,02 m

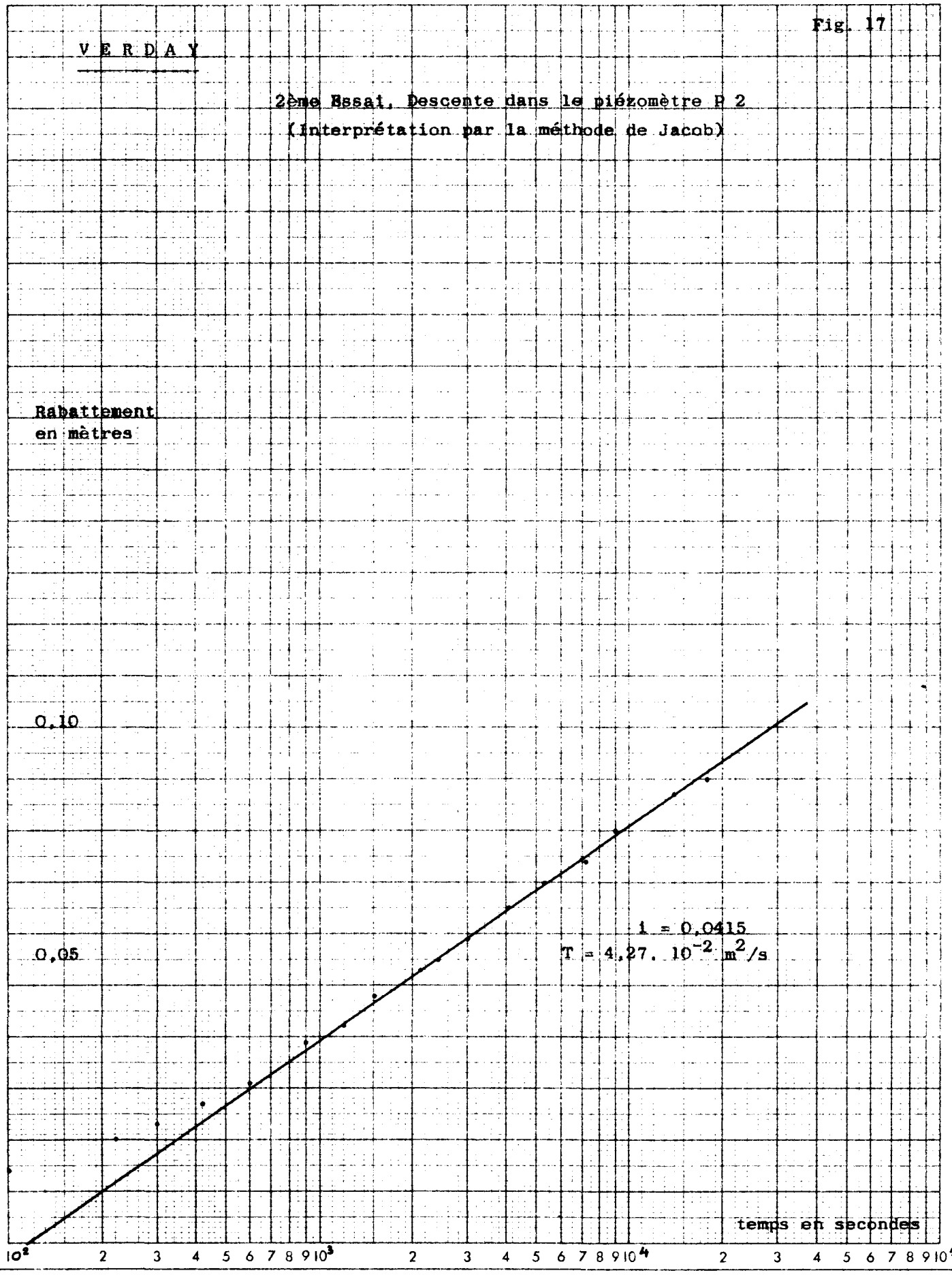
* La cote 100,00 m est prise comme référence en haut du tubage du puits d'essai

Fig. 17

VERDAY

2ème Essai. Descente dans le piézomètre P 2

(Interprétation par la méthode de Jacob)



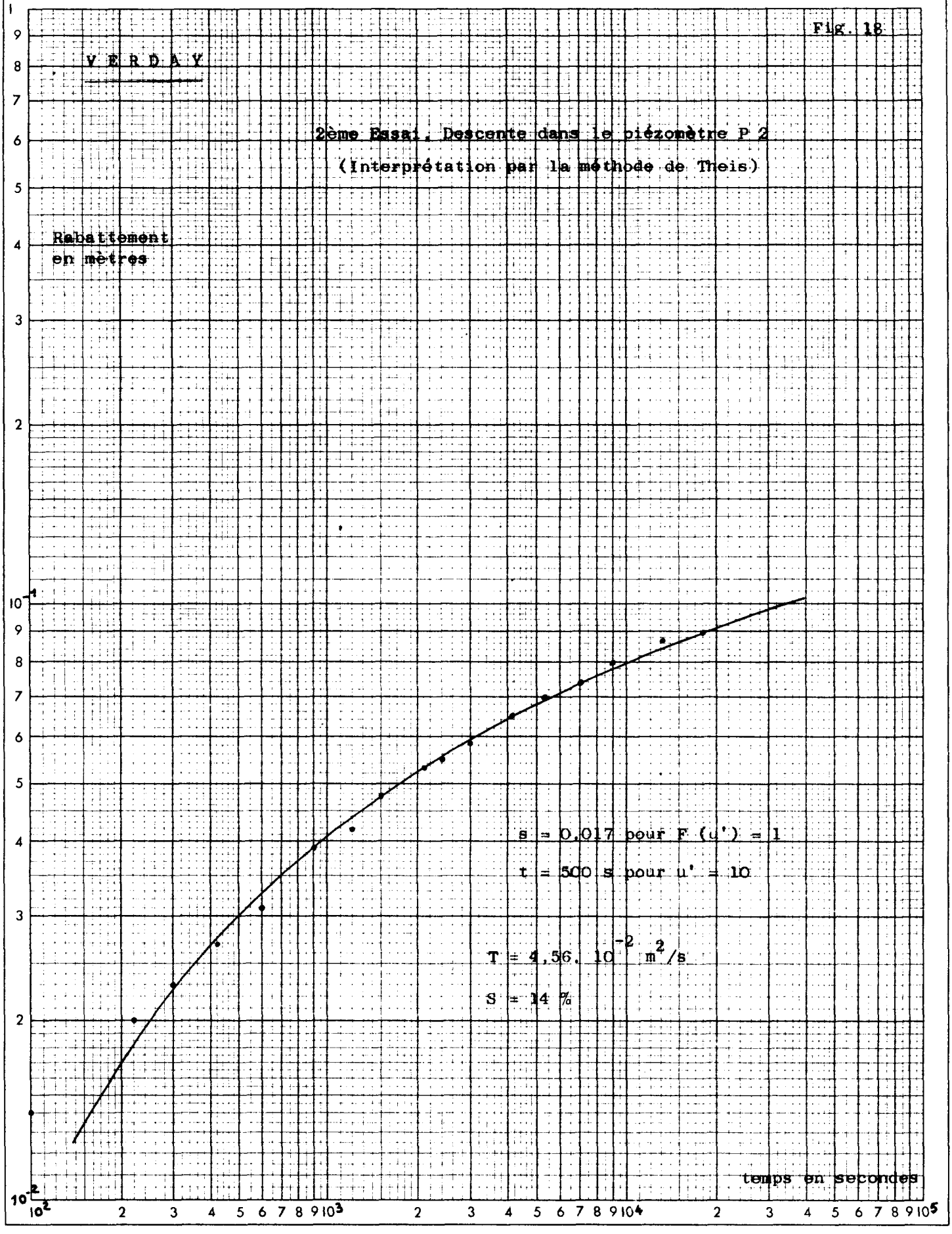
N 20

Fig. 18

VERDAY

2ème Essai. Descente dans le piézomètre P 2

(Interprétation par la méthode de Theis)



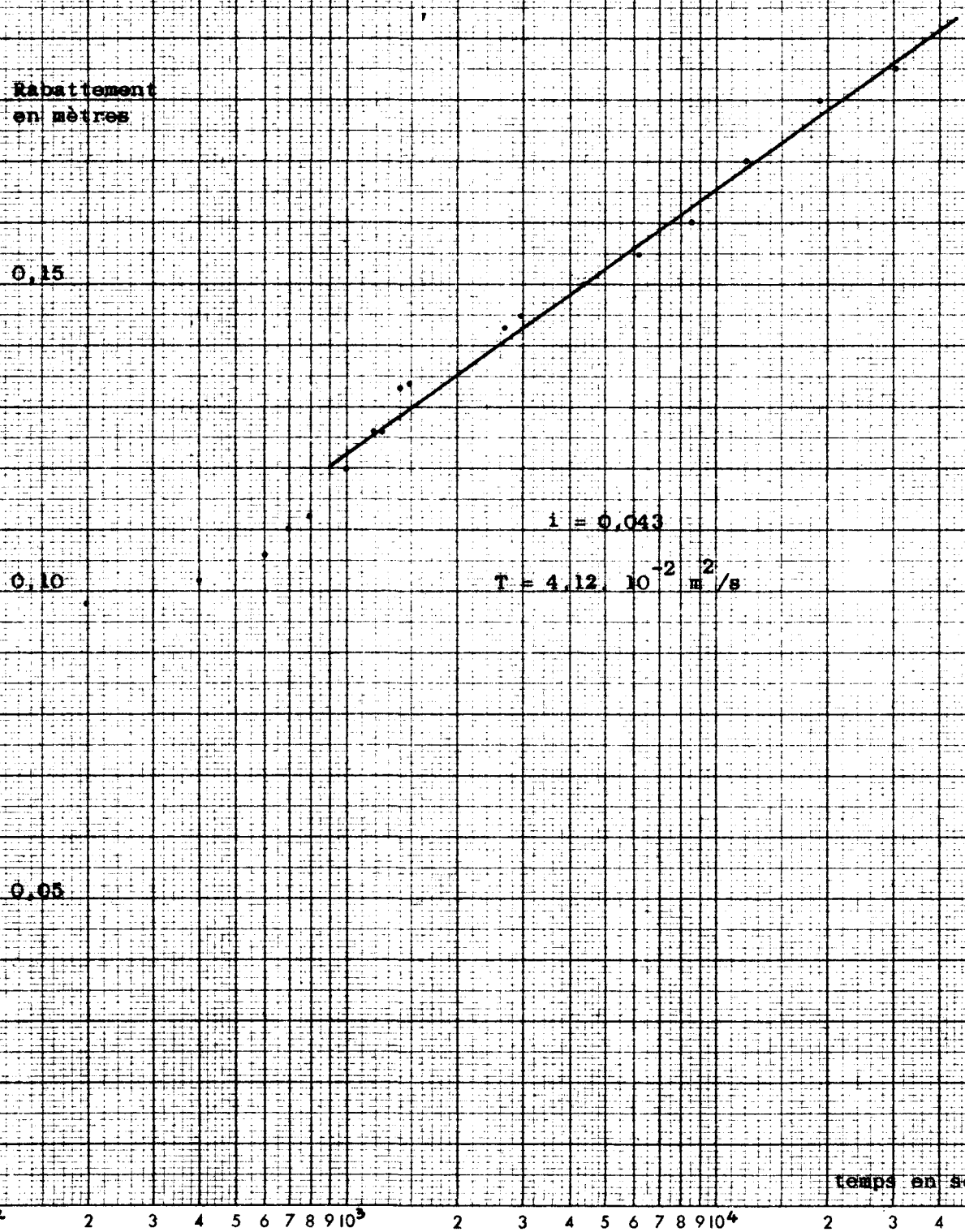
N° 2001

Fig. 19

VERDAY

2ème Essai, Descente dans le puits PP 2

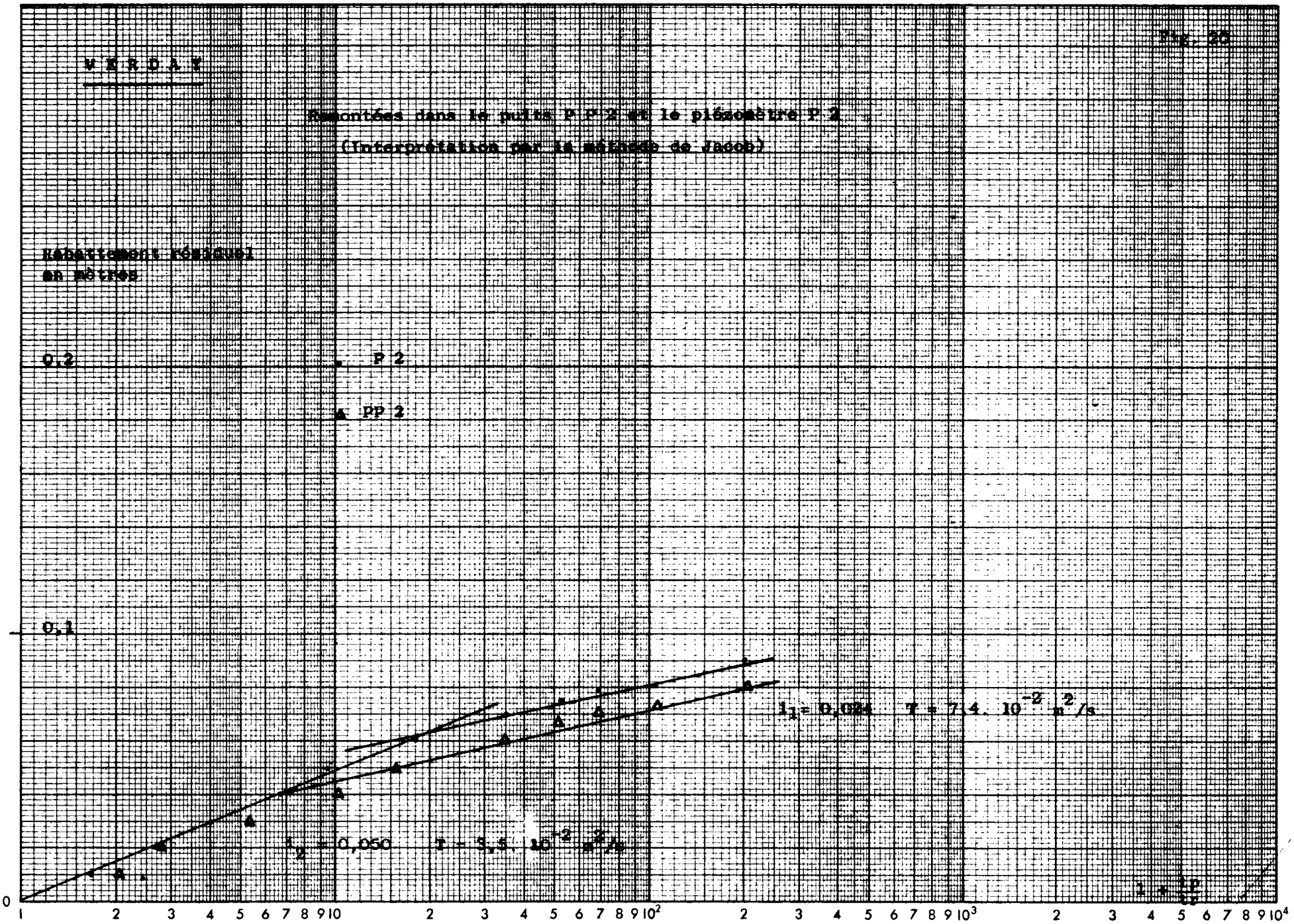
(Interprétation par la méthode de Jacob)



N° 2020

VERDAY

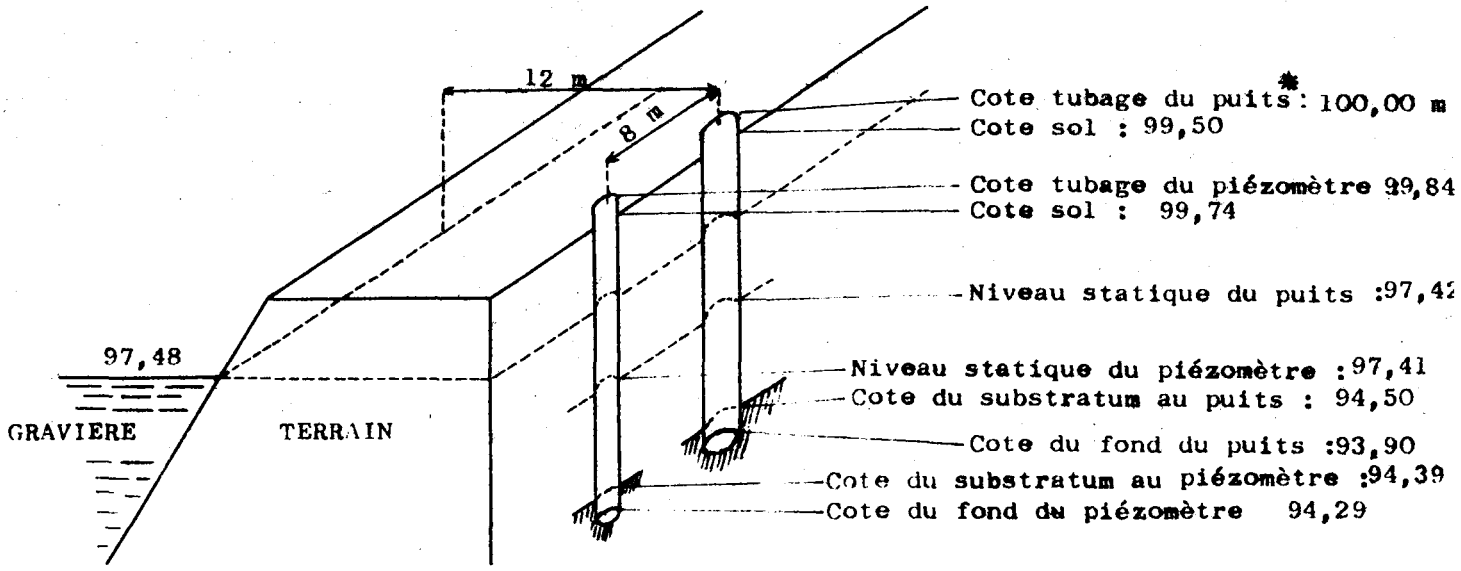
Remontées dans le puits P P 2 et le piézomètre P 2
(Interprétation par la méthode de Jacob)



N° 146

SITE n° 3	Lieu dit "Bramefan"
Essai n° 1	Date 13.06.74

NIVELLEMENT ET NIVEAUX INITIAUX AVANT L'ESSAI



CARACTERISTIQUES DU POMPAGE D'ESSAI

. Débit de pompage Q = 0,64 m^3/h soit 10 l en 56 seconde

. Durée du pompage t 1 h 30 mn

. Enregistrement de la remontée après le pompage durant : 18 h 30 mn

NIVEAUX RELATIFS MESURES

	avant le pompage	en fin de pompage	en fin de remontée
. puits par rapport à la gravière	- 0,06 m	- 3,41 m	-
. piézomètrie par rapport à la gravière	- 0,07 m	- 0,24 m	- 0,07 m
. puits par rapport au piézomètre	+ 0,01 m	- 3,16 m	-

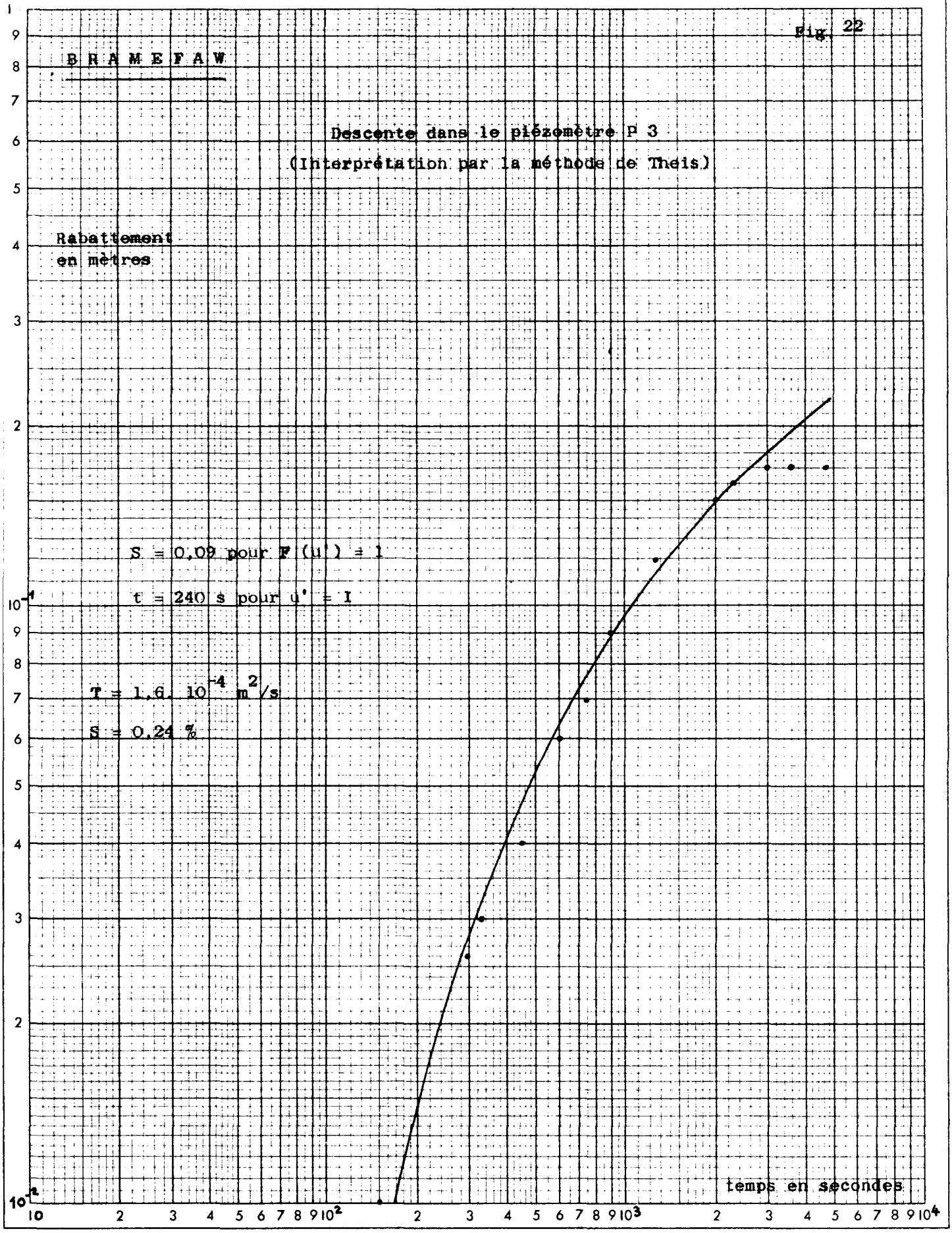
* La cote 100,00 m est prise comme référence en haut du tubage du puits d'essai

Fig. 22

B R A M E F A W

Descente dans le piézomètre P 3

(Interprétation par la méthode de Theis)



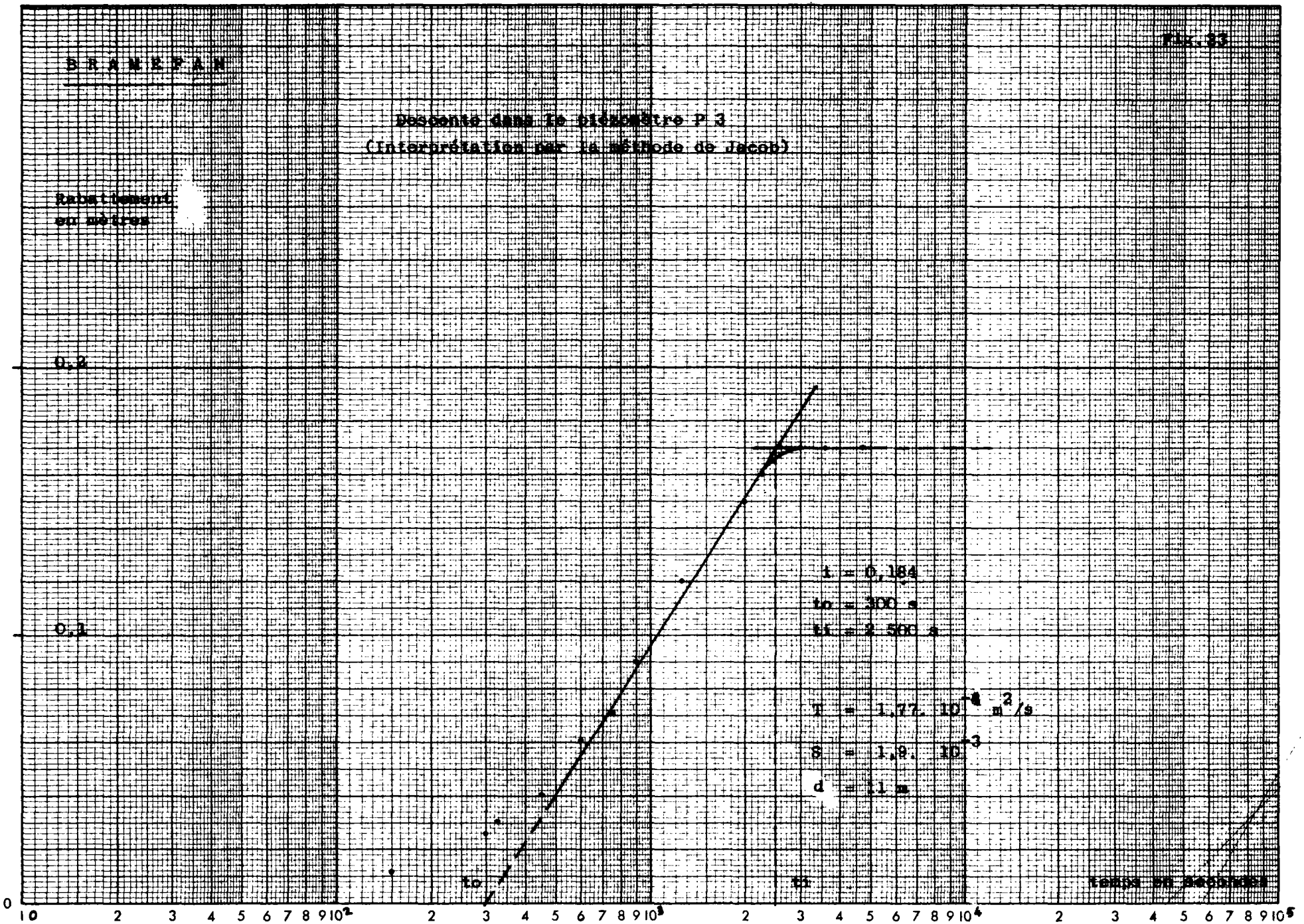
N° 2001

Fig. 33

B R A M E P A N

Descente dans le piézomètre P 3

(Interprétation par la méthode de Jacob)



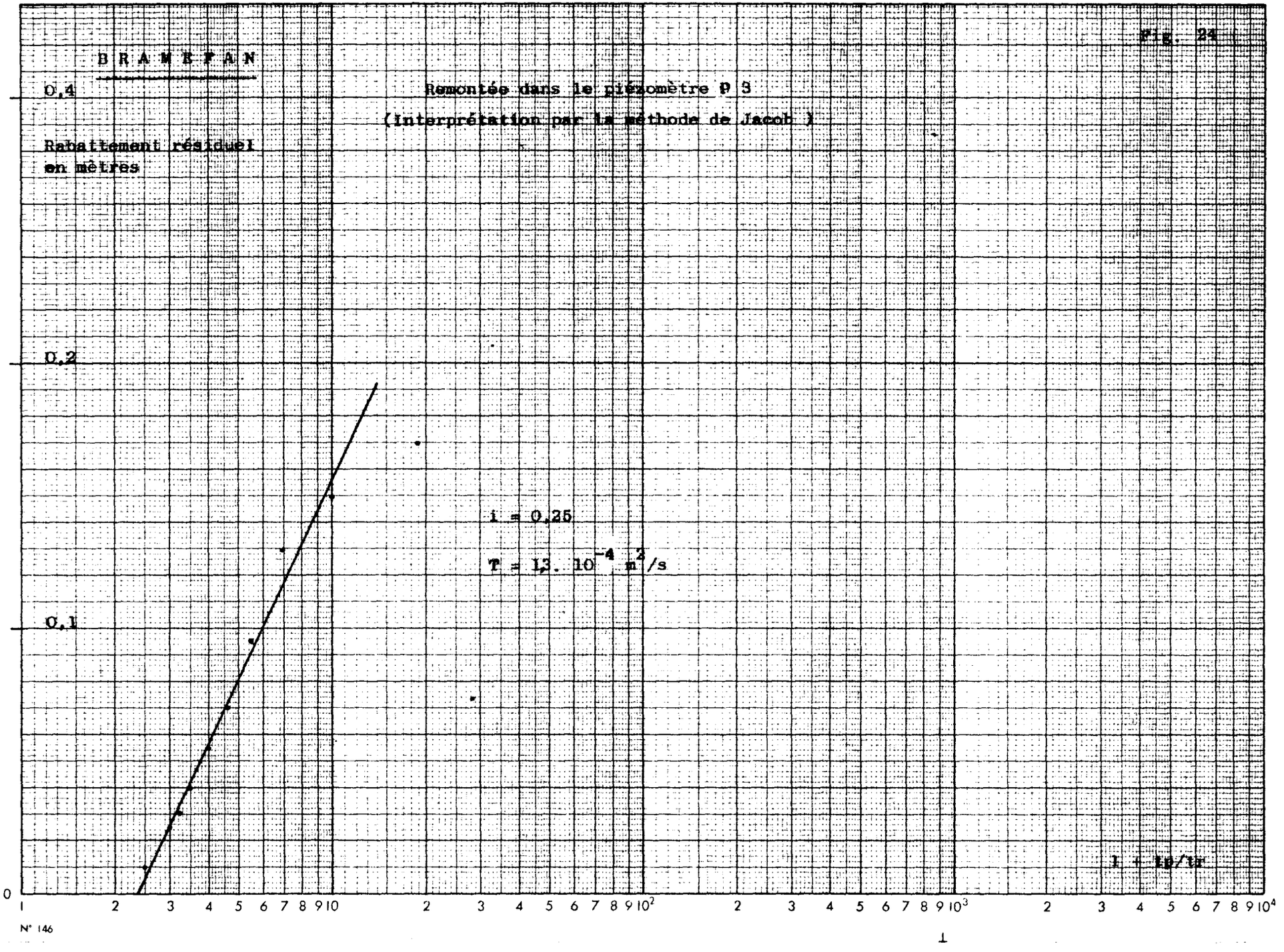
N° 146

Fig. 24

B R A M E F A N

Remontée dans le piézomètre P 3

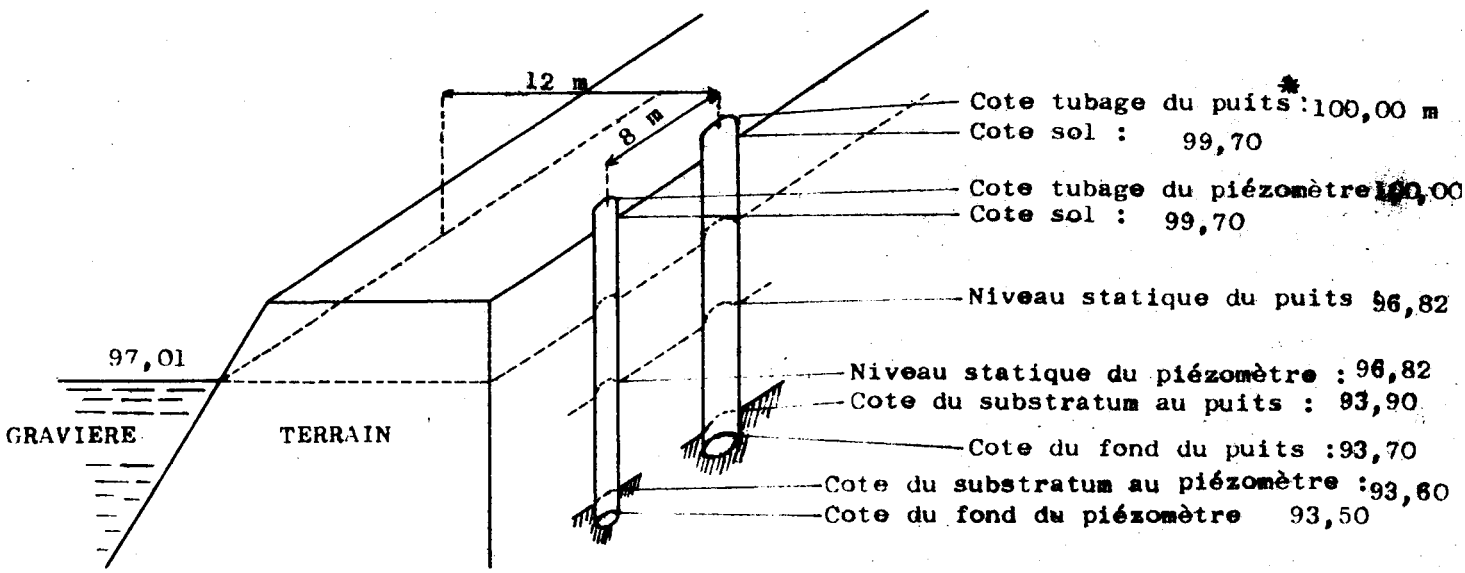
(Interprétation par la méthode de Jacob)



N° 146

SITE n° 4	Lieu dit "Prade"
Essai n° 1	Date 14.06.1974.

NIVELLEMENT ET NIVEAUX INITIAUX AVANT L'ESSAI



CARACTERISTIQUES DU POMPAGE D'ESSAI

. Débit de pompage Q = 32,4 m^3/h

. Durée du pompage t 4 h 43 mn

. Enregistrement de la remontée après le pompage durant : 17 h 50 mn

NIVEAUX RELATIFS MESURES

	avant le pompage	en fin de pompage	en fin de remontée
. puits par rapport à la gravière	- 0,19 m	- 1,50 m	- 0,21 m
. piézomètrie par rapport à la gravière	- 0,19 m	- 0,47 m	- 0,21 m
. puits par rapport au piézomètre	0	- 1,03 m	0

* La cote 100,00 m est prise comme référence en haut du tubage du puits d'essai

P R A D E

Fig. 26

Descente dans le puits PP 4

(Interprétation par la méthode de Jacob)

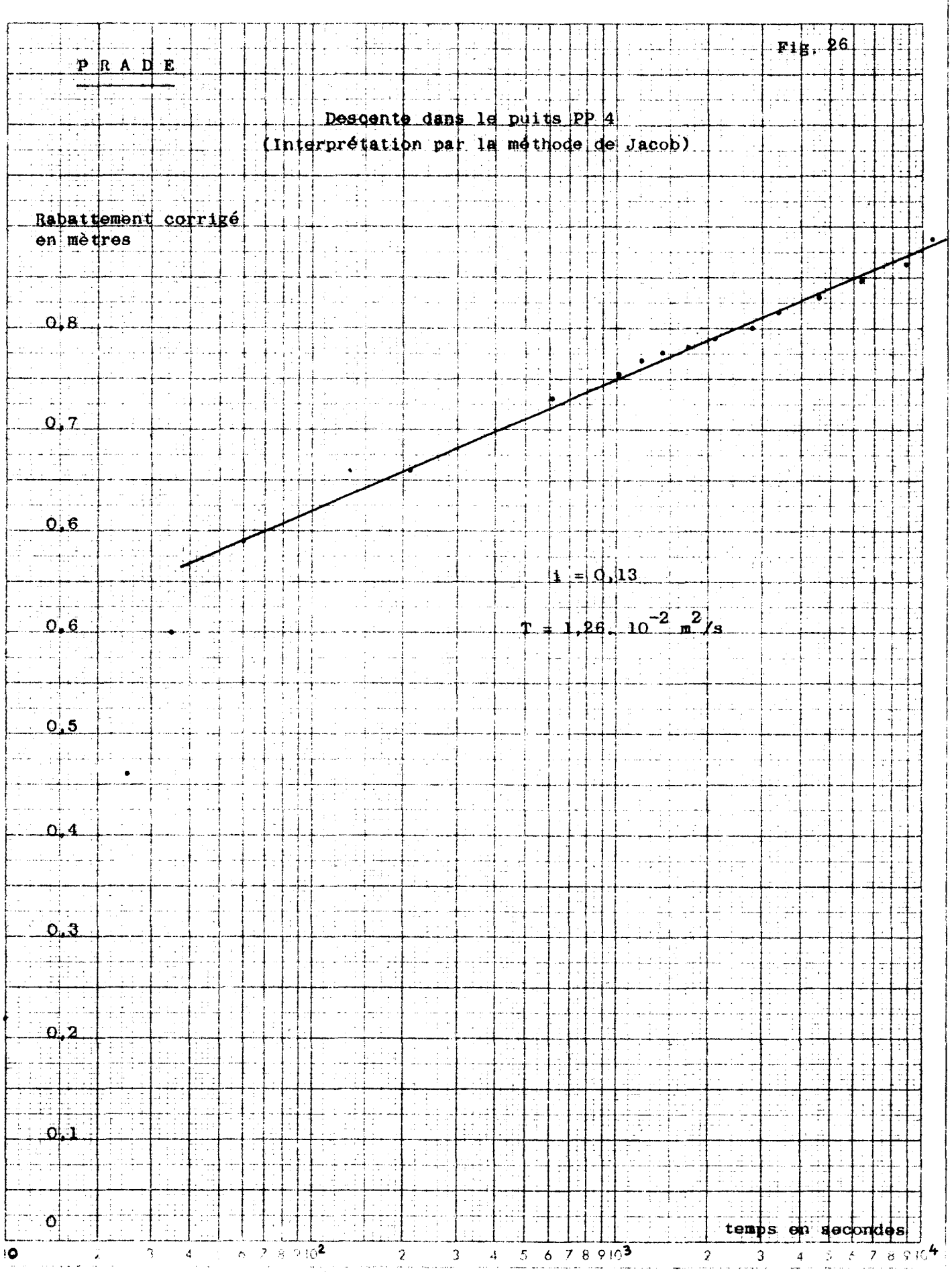
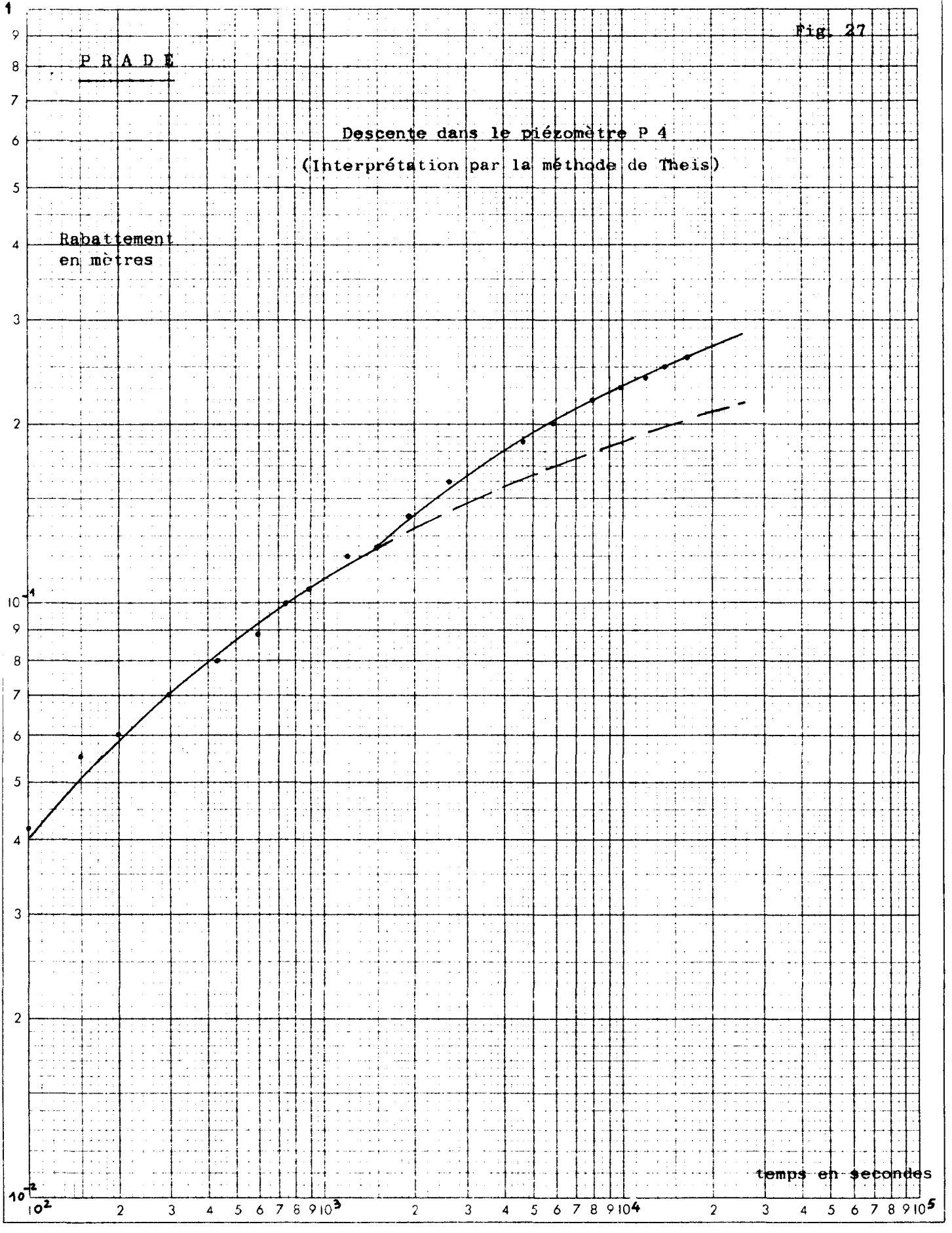


Fig. 27

P R A D E

Descente dans le piézomètre P 4

(Interprétation par la méthode de Theis)

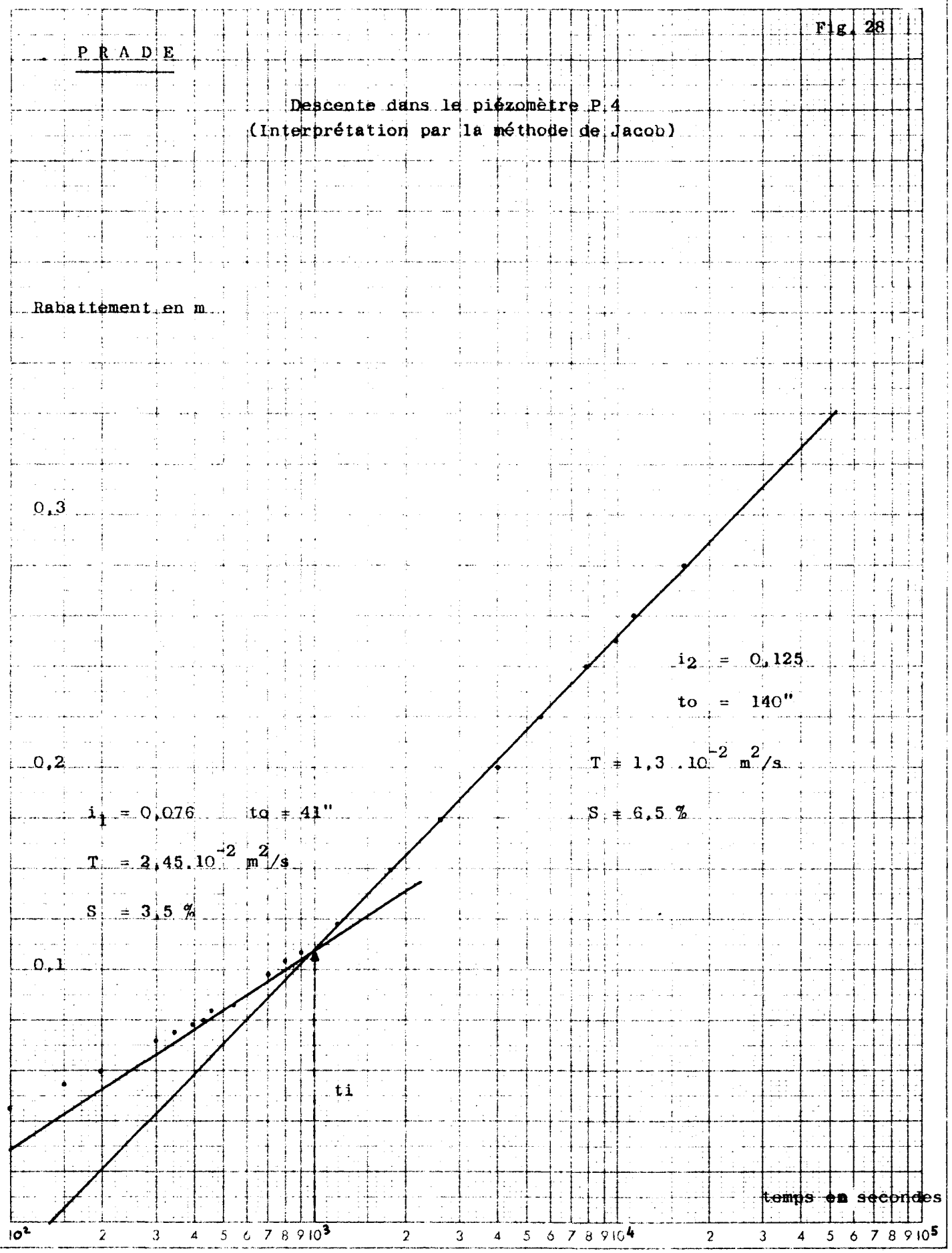


N° 2001

Fig. 28

P R A D E

Descente dans le piézomètre P.4
(Interprétation par la méthode de Jacob)



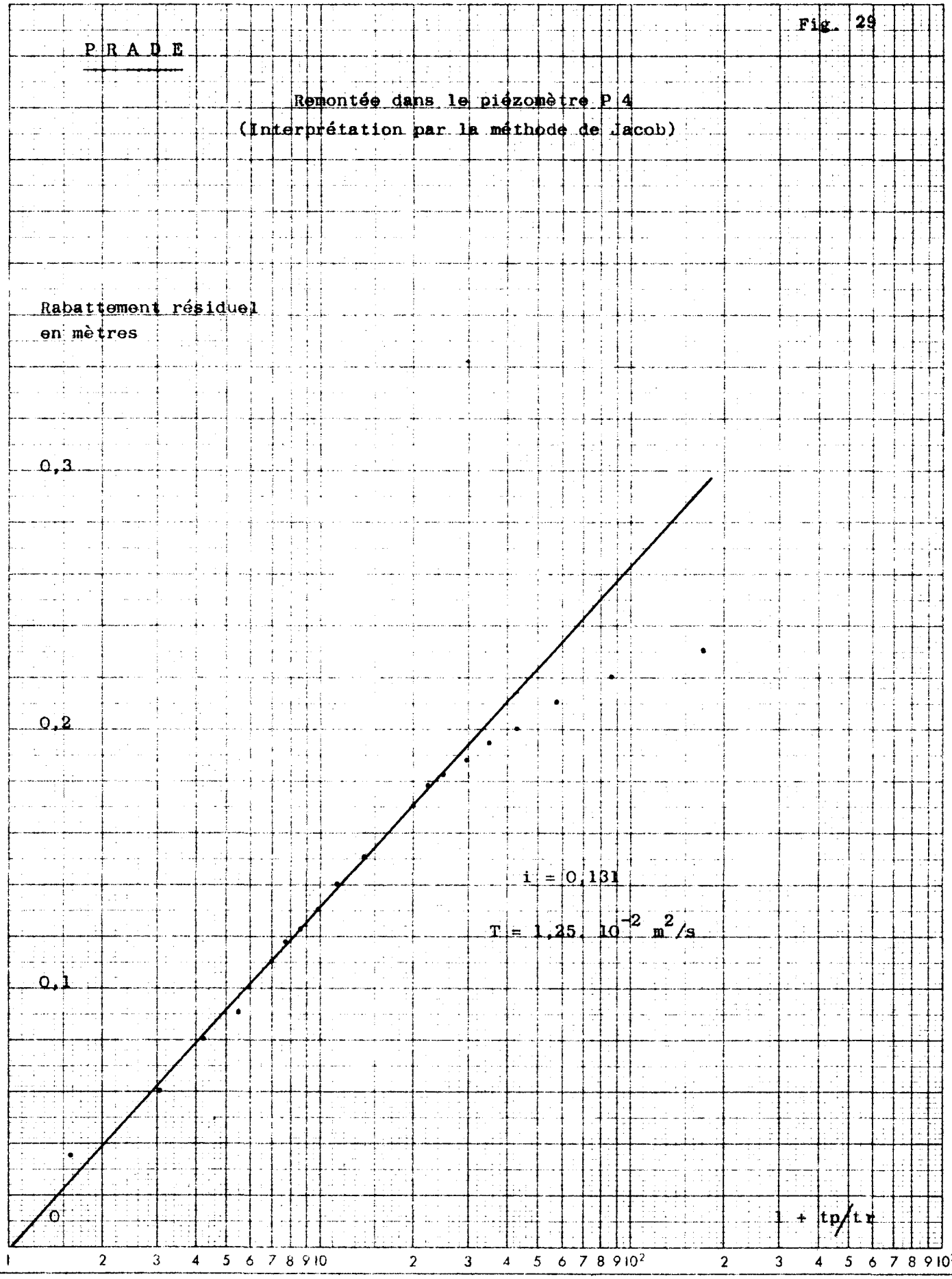
N° 2070

Fig. 29

P R A D E

Remontée dans le piézomètre P 4

(Interprétation par la méthode de Jacob)



N° 2020

Coupes géologiques des forages à proximité des gravières expérimentales

-=-=-=-=-=-=-=-

Gravière de Bourtholoméri

P.1 - piézomètre

0,0 m	à	1,0 m	terre végétale limoneuse
1,0 m	à	1,4 m	terre végétale avec graviers
1,4 m	à	3,1 m	sable fin et graviers grossiers
3,1 m	à	4,3 m	sable fin et graviers plus fins
4,3 m	à	5,4 m	sable et graviers propres venue d'eau à 4,4 m
5,4 m	à	5,6 m	sable et graviers légèrement argileux
5,6 m	à	5,7 m	marne jaune dure

P.P. 1 - puits

0,0 m	à	0,9 m	terre végétale limoneuse
0,9 m	à	1,6 m	terre végétale avec graviers
1,6 m	à	4,2 m	sable et graviers grossiers venue d'eau à 4,2 m
4,2 m	à	5,5 m	sable et graviers propres avec petits éléments
5,5 m	à	5,7 m	marne jaune dure

Gravière du Verday

P. 2 - piézomètre

0,0 m	à	0,7 m	terre végétale limoneuse
0,7 m	à	1,1 m	terre végétale avec graviers
1,1 m	à	1,8 m	sable et graviers légèrement argileux
1,8 m	à	3,3 m	sable et graviers grossiers
3,3 m	à	7,0 m	sable et graviers propres venue d'eau à 3,5 m
7,0 m	à	7,1 m	marne jaune dure

P.P. 2 - puits

0,0 m	à	0,6 m	terre végétale limoneuse
0,6 m	à	1,2 m	terre végétale avec graviers
1,2 m	à	2,0 m	sable et graviers légèrement argileux
2,0 m	à	3,3 m	sable et graviers grossiers
3,3 m	à	7,0 m	sable et graviers propres venue d'eau à 3,4 m
7,0 m			marne jaune dure

-=-=-=-=-=-=-=-

Gravière de Bramefan

P._3_-_piézomètre

0,0 m	à	0,6 m	terre de recouvrement avec graviers
0,6 m	à	3,8 m	terre argileuse avec graviers
3,8 m	à	4,7 m	sable et graviers argileux venue d'eau à 4,3 m
4,7 m	à	5,3 m	sable et graviers propres
5,3 m	à	5,4 m	marne jaune dure

P.P._3_-_puits_

0,0 m	à	0,6 m	terre de recouvrement avec graviers
0,6 m	à	3,3 m	terre argileuse avec graviers
3,3 m	à	4,8 m	sable et graviers argileux venue d'eau à 4,7 m
4,8 m	à	5,0 m	sable et graviers propres
5,0 m	à	5,6 m	marne jaune dure

Gravière de Prade

P._4_-_piézomètre

0,0 m	à	1,1 m	terre végétale limoneuse
1,1 m	à	1,4 m	terre végétale avec graviers
1,4 m	à	1,8 m	sable et graviers légèrement argileux
1,8 m	à	3,1 m	sable et graviers grossiers venue d'eau à 3,1 m
3,1 m	à	6,1 m	sable fin à grossier et graviers propres
6,1 m	à	6,2 m	marne jaune dure

P.P._4_-_puits_

0,0 m	à	1,2 m	limon compact
1,2 m	à	3,0 m	sable et graviers grossiers venue d'eau à 3,0 m
3,0 m	à	4,2 m	sable fin à moyen et graviers propres
4,2 m	à	5,8 m	sable grossier et graviers propres
5,8 m	à	6,0 m	marne jaune dure

-=-=-=-=-=-

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE
Direction départementale
de la Haute-Garonne

AGENCE FINANCIÈRE DE BASSIN
"ADOUR-GARONNE"

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE
ET DE LA RECHERCHE
Arrondissement Minéralogique
de Toulouse

NAPPE ALLUVIALE DE LA BASSE PLAINE DE LA GARONNE DANS LA RÉGION TOULOUSAINE

INFLUENCE GRAVIÈRES - CAPTAGES

2ème Partie

Étude par simulation d'une zone témoin
Recommandations pour l'implantation de gravières

par

M. VANDENBEUSCH

avec la collaboration de J. ROCHE

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL

Service géologique régional
MIDI – PYRÉNÉES
avenue Pierre-Georges-Latécoère, 31400 Toulouse
Tél.: (61) 52.12.14

Département géologie de l'aménagement
Hydrogéologie
B.P. 6009 – 45018 Orléans Cédex
Tél.: (38) 63.00.12

75 SGN 132 MPY

Mai 1975

R E S U M E

Le présent rapport montre comment il a été possible, en exploitant un modèle de simulation, d'apprécier les effets sur les conditions d'exploitation d'un captage, de l'ouverture, à proximité de cet ouvrage de gravières.

Bien que de portée générale, cette étude a été basée sur l'analyse détaillée de ce problème dans le contexte hydrogéologique de la basse plaine de la Garonne à proximité du captage du Fauga. Une étude expérimentale préliminaire avait permis de mettre en évidence un colmatage important des berges aval des gravières implantées dans cette zone : lorsque des représentations de berges colmatées ont été prises en compte, dans cette étude, l'hypothèse d'un colmatage complet de celles-ci a été simulé.

Les principales conclusions qui en résultent sont les suivantes :

- on peut définir autour d'un captage une zone à l'intérieur de laquelle l'ouverture de nombreuses gravières se traduit toujours par une réduction notable de la productivité * de l'ouvrage. Dans le cas étudié, cette zone serait d'une superficie de 0,6 km2.

- à l'opposé on peut également déterminer une distance autour du captage au-delà de laquelle la réalisation de gravières sans règle d'implantation spéciale influence de façon négligeable (moins de 5 %) la productivité de l'ouvrage. Dans le cas de la basse plaine, cette distance serait de l'ordre de 2 km.

- dans la zone intermédiaire, l'effet de la disposition des gravières et de leur superficie est très sensible. La présente étude fournit le moyen de déterminer les relations entre la productivité du captage et les caractéristiques du mode d'extraction (superficies et dispositions relatives des gravières). Par exemple, dans le cas de la basse plaine, l'implantation de gravières de 150 x 200 m espacées de 200 m dans cette zone intermédiaire ne devrait provoquer qu'une réduction d'environ 10 % de la productivité de l'ouvrage.

D'autre part, en complément sont présentés les changements des conditions d'exploitation d'un captage (variation de l'abaissement de niveau dans l'ouvrage) qui permettraient d'annuler les modifications de productivité consécutives à l'ouverture de gravières suivant différents schémas d'implantation à proximité du captage.

* La productivité est caractérisée par un débit de prélèvement et le rabattement correspondant du niveau de la nappe.

TABLE DES MATIERES

Page

1 - INTRODUCTION 1

2 - CHOIX DE LA ZONE D'ETUDE 1

2.1 - Contexte hydrogéologique 2

2.2 - Connaissances actuelles 2

3 - DELIMITATION DE LA ZONE D'ETUDE - MESURES ET TESTS. 3

3.1 - Délimitation de la zone d'étude 3

3.2 - Mesures et tests 3

3.2.1 - Campagne de relevés piézométriques .. 3

3.2.2 - Réalisation des puits d'essai 4

3.2.3 - Résultats des pompages d'essais 5

4 - APPORTS ET PRELEVEMENTS DANS L'AQUIFERE 7

4.1 - Apports à l'aquifère 7

4.2 - Prélèvements dans l'aquifère 7

4.2.1 - Prélèvements agricoles 7

4.2.2 - Prélèvements domestiques 8

4.2.3 - Prélèvements industriels 8

4.2.4 - Prélèvements sur le captage du Fauga. 8

5 - REALISATION DES MODELES DE SIMULATION 9

5.1 - Présentation des modèles 9

5.2 - Modèle de calage 9

5.3 - Résultats du calage 10

5.4 - Modèle de prévision 11

Page

6 - PROCEDURE DE SIMULATION DES GRAVIERES 12

6.1 - Hypothèses de simulations 12

6.1.1 - Conditions de prélèvement sur le captage du Fauga 12

6.1.2 - Représentation des gravières : 13

- conditions géométriques
- conditions hydrodynamiques

6.1.3 - Zones d'implantation des gravières 13

6.2 - Simulations d'implantations de gravières 14

6.2.1 - Schéma n° 1 : 15
3 gravières latérales et aval
Aucun colmatage des berges

6.2.2 - Schéma n° 2 : 16
3 gravières latérales et aval
Colmatage des berges nord et est

6.2.3 - Schéma n° 3 : 17
5 gravières 66 x 130 m à l'amont du périmètre rapproché du captage
Aucun colmatage des berges

6.2.4 - Schéma n° 4 : 18
5 gravières 66 x 130 m à l'amont du périmètre rapproché du captage
Colmatage des berges aval

6.2.5 - Schéma n° 5 : 19
5 gravières 130 x 66 m à l'amont du périmètre rapproché du captage
Aucun colmatage des berges

6.2.6 - Schéma n° 6 : 20
5 gravières 130 x 66 m à l'amont du périmètre rapproché du captage
Colmatage des berges aval

6.2.7 - Schéma n° 7 : 21
4 gravières de 1,7 à 2,6 hectares en bordure amont du périmètre rapproché du captage
Aucun colmatage des berges

6.2.8 - Schéma n° 8 : 22
4 gravières de 1,7 à 2,6 hectares en bordure amont du périmètre rapproché du captage
Colmatage des berges aval

6.2.9 - Schéma n° 9 : 23
4 gravières 130 x 200 m en bordure amont du périmètre rapproché du captage
Colmatage des berges aval

./...

Page

6.2.10 - Schéma n°10 : 24
10 gravières de 130 x 200 m éloignées du captage
Colmatage des berges aval

6.2.11 - Schéma n°11 : 25
10 gravières de 130 x 200 m proches du captage
Colmatage des berges aval

6.2.12 - Schéma n°12 : 26
7 gravières de 130 x 200 m en amont du captage
Colmatage des berges aval

6.2.13 - Schéma n°13 : 27
7 gravières de 130 x 200 m éloignées, en amont du captage
Colmatage des berges aval

6.2.14 - Schéma n°14 : 28
14 gravières 130 x 200 m en amont du captage
Colmatage des berges aval

6.2.15 - Schéma n°15 : 29
14 gravières 130 x 200 m en amont du captage
Colmatage des berges aval

6.2.16 - Schéma n°16 : 30
14 gravières totalement remblayées en amont du captage

6.2.17 - Schéma n°17 : 31
3 gravières remblayées de 200 x 200 m en bordure du périmètre rapproché du captage

6.2.18 - Schéma n°18 : 32
3 gravières remblayées partiellement de 200 x 200 m en bordure du périmètre rapproché du captage

6.3. - Résultats des simulations 33

6.3.1 - Comportement de gravières à l'aval du captage ... 33

6.3.2 - Comportement de gravières à l'amont du captage .. 34

6.3.2.1 - Comportement de gravières de faibles dimensions autour du périmètre rapproché du captage 35

6.3.2.2 - Extension de gravières à proximité du captage 35

6.3.2.3 - Interférences des effets des gravières. 37

6.3.2.4 - Comportement de gravières remblayées... 40

6.3.3 - Variations de productivité du captage 41

6.3.4 - Lignes d'écoulement de l'eau dans le milieu alluvial 42

./...

Page

6.3.4.1 - Trajectoires relatives au schéma d'implantation n° 7 42

6.3.4.2 - Trajectoires relatives au schéma d'implantation n° 8 42

6.3.4.3 - Trajectoires relatives au schéma d'implantation n° 15 43

6.3.4.4 - Trajectoires relatives au schéma d'implantation n° 16 44

7 - CONCLUSIONS 46

COMPLEMENT - Evaluation des modifications des abaissements de niveau dans les captages permettant d'annuler les variations de productivité consécutives à l'implantation de gravières suivant différents schémas 50

LISTE DES FIGURES ET ANNEXES (en fin de texte)

Figure 1 - Zone d'étude du Fauga à 1/20 000

Figure 2 - Interprétation du pompage d'essai sur le site n°1 (méthode semi-logarithmique)

Figure 3 - Interprétation du pompage d'essai sur le site n°1 (méthode bi-logarithmique)

Figure 4 - Interprétation du pompage d'essai sur le site n°1 (méthode semi-logarithmique)

Figure 5 - Interprétation du pompage d'essai sur le site n°2 courbe de descente (méthode semi-logarithmique)

Figure 6 - Interprétation du pompage d'essai sur le site n°2 courbe de remontée (méthode semi-logarithmique)

Figure 7 - Interprétation de la variation de niveau sur un puits, voisin du site 2, utilisé comme piézomètre lors du pompage

Figure 8 - Interprétation du pompage d'essai sur le site n°3 (méthode semi-logarithmique)

Figure 9 - Interprétation du pompage d'essai sur le site n°4 (méthode semi-logarithmique)

Figure 10 - Interprétation de la variation de niveau sur un puits, voisin du site 4,utilisé comme piézomètre lors du pompage

Figure 11 - Interprétation du pompage d'essai sur le site n°5 (méthode semi-logarithmique)

Figure 12 - Interprétation du pompage d'essai sur le site n°6 (méthode bi-logarithmique)

Figure 13 - Interprétation du pompage d'essai sur le site n°6 (méthode semi-logarithmique)

Figure 14 - Carte de répartition des transmissivités - modèle PC 1

Figure 15 - Carte piézométrique simulée - modèle PC 1

Figure 16 - Carte des débits - modèle PC 1

Figure 17 - Tracé du maillage du modèle de prévision à 1/20 000

Figure 18 - Schéma d'implantation des gravières n°7 - carte piézométrique et tracé des lignes de courant

Figure 19 - Schéma d'implantation des gravières n° 8 - carte piézométrique et tracé des lignes de courant

./...

Figure 20 - Schéma d'implantation des gravières n°15 - carte piézométrique et tracé des lignes de courant

Figure 21 - Schéma d'implantation des gravières n°16 - carte piézométrique et tracé des lignes de courant

---

Annexe 1 - Relevé piézométrique de la nappe alluviale dans la zone du Fauga - (4 - 5 juillet 1974)

Annexe 2 - Coupe géologique des forages dans la zone du Fauga

Annexe 3 - Profils piézométriques induits par des gravières

--oOo--

1 - INTRODUCTION

Les études expérimentales du colmatage des berges des gravières laissées en eau, au niveau de la basse plaine de la Garonne au Sud de Toulouse (Zone de Roques-Porte t-Villeneuve-Tolosane), ont permis d'apprécier l'importance des effets de barrières de ces berges sur l'écoulement de la nappe alluviale.

Afin de considérer d'un point de vue plus général les conséquences qui pourraient être craintes pour la productivité de captages aux abords desquels des gravières seraient ouvertes et laissées en eau (éventuellement remblayées), une étude à caractère appliqué et méthodologique a été effectuée : Cette étude a été réalisée en établissant un modèle de simulation d'une partie de l'aquifère de la basse plaine de la Garonne, zone dans laquelle le matériau aquifère est susceptible d'être extrait en temps que substance utile (sables, graviers) et où actuellement un captage communal est exploité. Le modèle devait permettre de simuler l'ouverture de gravières et d'en déduire les conséquences sur la productivité de l'ouvrage de captage. Cette zone, devait, pour être retenue, présenter des caractéristiques hydrodynamiques représentatives de la basse plaine de la Garonne et ne comporter actuellement peu ou aucune gravière afin qu'en premier lieu le modèle mis en oeuvre puisse se référer à un état non perturbé du milieu alluvial et qu'en second lieu, les conclusions qui seraient dégagées de cette étude permettent de proposer des recommandations concernant la cohabitation captage-gravières, transposables sur d'autres sites.

2 - CHOIX DE LA ZONE D'ETUDE

La zone d'étude devait présenter plusieurs critères particuliers afin que les résultats des simulations effectuées puissent apporter des informations transposables sur d'autres sites.

La zone devait être située dans la basse plaine de la Garonne, où la nappe aquifère est alimentée par la pluie et par le déversement de la nappe de la basse terrasse (cette dernière étant perchée par rapport à la nappe de la basse plaine).

Il était nécessaire que le milieu alluvial soit, a priori, relativement homogène et présente des caractéristiques granulométriques

permettant d'envisager à plus ou moins brève échéance une exploitation des sables et graviers.

Le choix devait porter sur une zone n'étant pratiquement pas exploitée par gravières afin que l'état hydrodynamique de référence, c'est-à-dire l'état au moment des mesures de terrain, ne soit pas déjà perturbé par des gravières ouvertes laissées en eau ou remblayées.

Enfin, il convenait que par son implantation le captage d'alimentation en eau actuellement exploité dans cette nappe puisse subir les préjudices éventuels consécutifs à l'ouverture de gravières en amont et en aval de celui-ci.

Dans ces conditions, le choix a porté sur la zone de la plaine alluviale en rive gauche de la Garonne, autour de la commune du Fauga où le captage communal est implanté au lieu dit "Les Vignes".

2.1 - Contexte hydrogéologique

Dans cette zone, la plaine alluviale s'allonge pratiquement dans la direction sud-nord, sa largeur atteignant en moyenne 2 kilomètres.

Bordée à l'Ouest par le talus de la basse terrasse, la basse plaine est limitée à l'Est par l'encaissement du lit de la Garonne dans les formations molassiques qui forment le substratum du milieu alluvial.

En bordure de la Garonne, la nappe de la basse plaine se déverse par des sources dans la Garonne, alors que son alimentation est assurée par les pluies d'une part, et par le déversement, le long du talus, de la nappe de la basse terrasse d'autre part. A l'Ouest du Fauga, ce talus est entaillé par la vallée de la Louge : ce ruisseau s'écoule alors vers le Nord, à l'Ouest de la basse plaine (voir figure 1).

2.2 - Connaissances actuelles

La zone d'étude avait été incluse dans l'inventaire des ressources hydrauliques réalisé en 1969 au Sud de Muret* . Une carte des

* cf. rapport B.R.G.M. 70 SGN 026 MPY. Inventaire des ressources hydrauliques sur la feuille topographique à 1/50 000 - MURET 1009 - Haute-Garonne.

différentes surfaces piézométriques au printemps 1969 avait alors été dressée.

Au droit de la basse plaine, l'écoulement de la nappe s'effectuait dans la direction sud-ouest - nord-est. Les différences de niveaux piézométriques faisant apparaître l'absence de liaisons hydrauliques directes entre la nappe de la basse plaine et la nappe de la basse terrasse d'une part et la Garonne d'autre part.

Aucune mesure des paramètres hydrodynamiques n'était disponible.

3 - DELIMITATION DE LA ZONE D'ETUDE - MESURES ET TESTS

3.1 - Délimitation de la zone d'étude

Aucune limite hydrogéologique n'existant en travers de la basse plaine, il a été nécessaire de considérer aussi bien au Nord qu'au Sud du captage des zones suffisament étendues afin :

- de pouvoir tester l'influence de gravières ouvertes à grande distance du captage.

- d'éviter dans la zone d'implantation des gravières les perturbations provoquées par l'imposition de limites hydrodynamiques théoriques en travers de la basse plaine.

Dans ces conditions, la zone qui a été délimitée afin d'en établir une représentation hydrodynamique sur modèle mathématique, s'étendait de 3,4 km au sud du captage du Fauga à 2,6 km au Nord, sa largeur étant celle de la basse plaine (voir figure 1)

3.2. - Mesures et tests

3.2.1 - Campagne de relevés piézomètriques

A l'intérieur du domaine ainsi délimité un relevé complet

des niveaux piézométriques au droit des points d'eau accessibles a été réalisé les 4 et 5 juillet 1974. L'ensemble des mesures est figuré sur l'annexe 1.

Ces mesures ont permis l'établissement de la carte piézométrique (voir figure 1), qui compte tenu de la date des relevés, correspond à un état moyen de la nappe, entre la période des hautes eaux survenant à la fin de l'hiver et celle des basses eaux de la fin de l'été.

3.2.2 - Réalisation de puits d'essai

Afin d'obtenir des valeurs des coefficients de transmissivité du milieu alluvial , 6 puits d'essai ont été réalisés, puits dans lesquels il a été procédé à des pompages d'essai.

L'implantation des puits est reportée sur la figure 1 Ceux-ci ont été réalisés par forage au battage en diamètre 400 mm et équipés de tubage de 260 mm de diamètre. Les tubages comprenant des tubes pleins en tête et des tubes crépinés au niveau du milieu aquifère mouillé, entourés d'un massif de graviers calibrés.

Les coupes géologiques des ouvrages sont indiquées sur l'annexe 2 . En moyenne on retrouve la présence :

- d'un niveau de terre végétale et limons d'environ 0,50 m d'épaisseur sauf sur le site n° 1 (1,70 m)

- d'une couche d'alluvions argileuses de 0,60 m à 1,70 m d'épaisseur

- d'un horizon d'alluvions propres d'épaisseur variant de 1,60 m (sur le site n° 1) à 5,20 m,

Le substratum marneux a été rencontré à une profondeur variant entre 4,30 m et 6,50 m.

3.2.3 - Résultats des pompages d'essai

Sur ces ouvrages, il fut procédé à des pompages de décolmatage par paliers croissants de débit afin d'obtenir une élimination des particules fines succeptibles de colmater les ouvrages lors de pompages d'essai proprement dits. Ceux-ci furent réalisés durant le mois d'octobre 1974 et les interprétations des courbes de descente et de remontée des niveaux dans les ouvrages ont permis de déterminer les valeurs de transmissivité suivantes.

- site n° 1

L'ouvrage était déjà apparu lors des périodes de décolmatage comme très peu productif. Deux pompages d'essai y furent réalisés au débit de 5,04 m^3/h.

- essai 1

L'interprétation par la méthode de Jacob des niveaux corrigés fournit une transmissivité $T = 3,7.10^{-4}$ m^2/s. (voir figure 2)

L'utilisation de la méthode logarithmique de Theis fournit une valeur $T = 2,4.10^{-4}$ m^2/s (voir figure 3)

- essai 2

Interprété selon la méthode de Jacob, on obtient la valeur $T = 2,60.10^{-4}$ m^2/s (voir figure 4).

En moyenne, les essais fournissent une valeur de transmissivité $T = 2,80.10^{-4} m^2/s$
Il convient de remarquer que lors du forage du puits les niveaux argileux rencontrés ont été beaucoup plus importants que sur les autres ouvrages.

- site n° 2

Pour un débit de 30,2 m^3/h, les variations de niveau furent enregistrées sur cet ouvrage et sur un puits distant de 27 m.

Sur le puits d'essai, l'interprétation des courbes de descente et de remontée de niveau par la méthode semi-logarithmique (voir figures 5 et 6) donnent les valeurs respectives de transmissivité $T = 0,6.10^{-2}$ m^2/s et $T = 0,9.10^{-2}$ m^2/s alors que sur le puits voisin, la valeur déduite est $T = 2,5.10^{-2} m^2/s$ (voir figure 7).

- site n° 3

A la suite du pompage au débit de 37,8 m^3/h, la transmissivité calculée d'après la méthode de Jacob est égale à $T = 3,6.10^{-2}$ m^2/s (voir figure 8).

- site n° 4

Dans cette zone, le puis d'essai fut implanté à 16,60 m d'un puits fermier non exploité. Les valeurs de transmissivité déduites à la suite du pompage à 34,9 m^3/h par la méthode de Jacob sont :

- dans le puits de pompage $T = 4,3.10^{-2}$ m^2/s (voir figure 9)
- dans le puits voisin $T = 3,9.10^{-2}$ m^2/s (voir figure 1C

- site n° 5

Le pompage d'essai entrepris au débit Q = 34.9 m^3/h permet de déduire, par une interprétation des variations de niveau selon la méthode de Jacob, une transmissivité $T = 4,2.10^{-2}$ m^2/s (voir figure 11).

- site n° 6

Les interprétations, par les méthodes de Jacob et de Theis, des variations de niveau consécutives au pompage à 35 m^3/h fournissent une valeur identique de transmissivité $T = 2,4.10^{-2}$ m^2/s (voir figures 12 et 13).

Excepté le site n° 1 où la valeur déduite de transmissivité est faible,compte tenu de la présence locale de terrains argileux, les autres sites montrent une homogénéité relative du milieu aquifère, les transmissivités variant de $0,90.10^{-2}$ m^2/s à $4,20.10^{-2}$ m^2/s. La valeur la plus faible a été obtenue sur le site n° 2 situé en bordure est de la basse plaine. D'après le tracé des courbes hydro-isohypses (cf. figure 1) le rapprochement de ces courbes dans cette zone indique des terrains de transmissivité moindre.

4 - APPORTS ET PRELEVEMENTS DANS L'AQUIFERE

4.1 - Apports à l'aquifère

Outre le déversement à l'Ouest de la nappe de la basse terrasse, la recharge de la nappe de la basse plaine est assurée en partie par les excédents pluviométriques. Ceux-ci sont évalués à 140-160 mm/an soit 0,16 $m^3/an/m^2$.

Pour une superficie carrée de 200 m sur 200 m soit 4 hectares, ces excédents correspondent à un débit moyen de 0,2 l/s.

4.2 - Prélèvements dans l'aquifère

L'objectif de l'étude étant de préciser pour des conditions moyennes d'exploitation de l'aquifère, les conséquences liées à l'ouverture de gravières, la mise en oeuvre d'un modèle de simulation nécessitait l'étude du régime permanent d'écoulement des eaux dans l'aquifère. Ce régime supposant des pluies uniformément réparties dans le temps, les prélèvements dans l'aquifère devaient être étalés sur l'année.

4.2.1 - Prélèvements agricoles

Les irrigations intéressent une faible superficie de l'aquifère (vraisemblablement inférieure à 10 % de la superficie totale). Le mode principal d'irrigation par aspersion ne provoque aucun recyclage de l'eau vers la nappe.

Un régime d'irrigation de 0,5 l/s/hectare pendant 1,5 mois en continu sur 10 % de la superficie, correspond à un débit réparti sur toute la superficie de l'aquifère égal à :

$$Q = 0,5 \text{ l/s/ha} \times \frac{15}{12} \times \frac{10}{100} = 0,006 \text{ l/s/ha}$$

Comparativement au débit transitant dans l'aquifère et aux apports pluviométriques, ce débit correspond à une lame d'eau annuelle de 18 mm. L'ouverture des gravières réduisant encore les zones irriguées, ce terme faible n'a pas été pris en compte.

4.2.2 - Prélèvements domestiques

Ceux-ci, très faibles ont été considérés comme négligeables dans la zone d'étude.

4.2.3 - Prélèvements industriels

Au Nord-Est de la zone étudiée, la société des eaux de Montégut exploite un puits (P 2) et 2 griffons situés sur la bordure est de la basse plaine.

Durant l'année 1974, la moyenne du débit pompé sur l'ouvrage P 2 fut de 5,2 m^3/h, la moyenne totale des prélèvements (puits + griffons atteignant 23 m^3/h. Afin de tenir compte de l'implantation des griffons (déversement naturel en absence de pompage), le débit pris en compte dans le modèle fut de 20 m^3/h (5,5 l/s).

4.2.4 - Prélèvements sur le captage du Fauga

Ce captage communal, créé depuis 1971, est équipé de pompes de 30 m^3/h. Il a été exploité en 1974 au débit moyen de 1 700 m^3/mois avec des modulations :

- été, moyenne 4 h30 de pompage, volume 100 m^3/jour
- hiver, moyenne 2 h30 de pompage, volume 50 m^3/jour.

Le débit moyen annuel, 2.4 m^3/h qui est très faible, a été pris en considération lors de la phase de réalisation du modèle. Par contre, lors des simulations des ouvertures des gravières, la possibilité d'augmenter le débit a été prise en compte, afin que les réductions de productivité du captage soient plus nettement mises en évidence.

Un débit de prélèvement de 5,00 l/s fut alors imposé initialement, ce qui permit de déterminer le niveau de la nappe autour du captage : celui-ci fut, par la suite, considéré comme maintenu dans le captage, les préjudices consécutifs à l'ouverture de gravières modulant pour ce niveau d'exploitation le débit productible au droit du captage.

5 - REALISATION DES MODELES DE SIMULATION

5.1 - Présentation des modèles

Les modèles de simulation mis en oeuvre lors de cette étude ont été des modèles mathématiques aux différences finies, supposant un aquifère mono-couche pour un régime d'écoulement permanent.

La superficie de la zone étudiée est découpée en élements carrés juxtaposés (mailles) dans chacun desquels les caractéristiques géométriques (cote du substratum, cote du sol, niveau piézométrique) et hydrodynamique (perméabilité) du milieu aquifère sont admises comme identiques sur toute leur étendue. Entre deux mailles voisines, les équations des écoulements souterrains satisfaisant aux hypothèses de Dupuit. sont résolues par un procédé itératif. Lorsque les bilans hydrauliques de chacune des mailles sont équilibrés, les niveaux piézométriques et les débits transitant dans l'aquifère sont restitués, permettant ainsi d'obtenir les conditions d'écoulement en régime permanent de l'aquifère. Le tracé de cartes piézométriques peut-être effectué.

5.2 - Modèle de calage

Le modèle utilisé fut le modèle PC1 * . La discrétisation du milieu aquifère fut effectuée selon une grille régulière à mailles carrées de côté égal à 200 m. Les limites latérales du modèle mis en oeuvre sont reportées sur la figure 1.

Dans chacune des mailles correspondant aux puits d'essai réalisés, les valeurs de transmissivité calculées ont été imposées. Sur les autres mailles les valeurs de transmissivité ont été interpolées ou estimées.

Sur les limites latérales du modèle, trois types de conditions aux limites ont été nécessaires pour la représentation des écoulements

- des conditions de niveau piézométrique imposées sur la limite ouest, aux endroits où les ruisseaux qui drainent la nappe maintiennent des niveaux constants dans l'aquifère. Des conditions identiques ont été imposées sur les limites nord et sud dont les tracés correspondent à

* modèle de simulation de la bibliothèque de programme du BRGM - rapport B.R.G.M. 72 SGN 401 AME

des courbes hydro-isohypses restant inchangées lors de l'exploitation de l'aquifère

- des conditions de débit nul sur la limite sud-est, cette limite correspondant au tracé d'une ligne de courant déterminée d'après la carte piézométrique.

- des conditions de niveau de débordement sur la limite est du modèle, la nappe se déversant dans la Garonne par des sources apparentes ou cachées sous des alluvions. Ce type de conditions aux limites permet de fixer des niveaux de seuils qui conditionnent l'existence de débits de débordement (ceux des sources) ou la non existence de ces débits (tarissement des sources).

5.3 - Résultats du calage

L'opération de calage a consisté à adapter principalement les valeurs du coefficient de transmissivité dans chacune des mailles afin d'obtenir une restitution de la carte piézométrique comparable à celle déduite des mesures de terrain (voir figure 1).

6 simulations de calage ont permis d'obtenir un état simulé très comparable à l'état piézométrique mesuré.

Les figures 14 et 15 présentent la carte finale des transmissivités et le tracé de la carte piézométrique simulée. L'état de référence (carte dressée d'après les mesures de juillet 1974), correspondant à une "photographie" instantanée de la nappe durant la période habituelle de moyennes eaux, inclut très vraisemblablement des perturbations localisées provoquées par des pompages temporaires. Par suite, l'aspect des courbes simulées présente dans certaines zones un lissage dû au fait que la représentation de ces perturbations localisées et temporaires n'a pas été recherchée.

Les débits échangés dans l'aquifère sont reportés sur la figure 16 . On constate en tenant compte des apports pluviométriques qui

s'élèvent dans la zone d'étude à 60 litres/seconde que les apports par la nappe de la basse terrasse sont faibles (13 l/s) comparativement aux débits drainés par la Garonne et La Louge (78 l/s).

De plus les débits d'exploitation de l'aquifère sont peu importants (6 l/s) vis à vis des débits transitant dans celui-ci.

Enfin on remarquera sur la carte des transmissivités, la relative homégénéité de ces coefficients sauf dans la zone est au Nord du Fauga.

5.4 - Modèle de prévision

Afin de pouvoir représenter des gravières de coté inférieur à 200 m (dimension de base du modèle PC 1), un modèle de simulation à mailles variables * a été mis en oeuvre. Celui-ci autorise un découpage en cascade des mailles permettant de représenter avec précision des singularités incluses (CF. figure 17).

Le maillage adopté pour ce modèle peut être superposé, sur la figure 1 au fond topographique à 1/20 000, les mailles ayant alors un coté compris entre 600 mètres et 22,2 mètres (mailles représentatives au droit du captage du Fauga).

Pour chacune des mailles, la perméabilité a été évaluée en fonction de la transmissivité et de la hauteur mouillée de l'aquifère, cette dernière valeur a été interpolée en fonction d'une ébauche de carte du substratum établie sur la base de profondeurs connues de celui-ci.

Les paramètres relatifs à chaque maille étaient alors :

- la perméabilité du milieu aquifère
- la cote du sol
- la cote du substratum
- le débit permanent d'apport ou de prélèvement, éventuellement les cotes de débordement de la nappe.

Les écoulements ont été étudiés en régime permanent, correspondant à un état moyen dans l'aquifère. Dans le cas de gravières laissées en eau, ce volume d'eau stocké pourrait avoir d'éventuels effets bénéfiques en période sèche, effets qui n'ont pas été recherchés par des simulations en régime transitoire.

Une simulation de la nappe fut entreprise avec les mêmes prélèvements que ceux imposés dans le passage final du modèle PC 1 et fournit les mêmes résultats piézomètriques.

* modèle de simulation de la bibliothèque de programmes du B.R.G.M. - rapport B.R.G.M. 74 SGN 280 AME

6 - PROCEDURE DE SIMULATION DES GRAVIERES

6.1 - Hypothèses des simulations

6.1.1 - Conditions de prélèvements sur le captage du Fauga

Une première simulation a été réalisée en imposant un prélèvement constant de 5,00 l/s sur le captage du Fauga. Au droit de celui-ci, où le substratum est estimé à la cote 177,80 m NGF, le niveau simulé s'établit à la cote 180,23 m NGF, correspondant d'après la formule de Dupuit, en faisant abstraction des pertes de charge, à un niveau hp dans l'ouvrage de 180,08 m NGF.

Dans la formule de Dupuit

$$Q = k \frac{(H_r - S)^2 - (hp - S)^2}{Ln \frac{R}{r_p}}$$

on a adopté les valeurs suivantes :

- cote de la maille, a = 22,2 m
- rayon équivalent, R = 0,2* a = 4,62 m
- rayon réel du captage, r_p = 1,0 m (hypothèse)
- niveau sur le rayon R, H_R = 180,23 m
- cote du substratum, S = 177,80 m
- perméabilité du terrain, k = $0,35.10^{-2}$ m/s
- débit prélevé, Q = 5.10^{-3} m^3/s.

On constate que ce niveau est très proche du niveau moyen dans la maille (écart = 0,15 m) et pourrait être maintenu dans le captage.

Un seconde simulation a alors été entreprise en imposant sur la maille du captage un niveau égal à 180,20 m NGF.

* Ce coefficient 0,2 (en réalité $e^{-\pi/2}$ = 0,2078) a été déterminé en recherchant le rayon d'un ouvrage de captage dans lequel le niveau serait identique à celui obtenu en imposant un prélèvement sur la maille carrée représentative du captage dans un modèle de simulation - Note interne B.R.G.M.

Le résultat de cette simulation fournit le débit qui devrait être prélevé sur le captage Q = 5,052 litres/seconde.

Dans toutes les simulations suivantes, ce même niveau (180,20 m NGF) a toujours été imposé sur la maille représentative du captage, les débits Q obtenus dans chaque cas étant alors comparés à la valeur 5,052 l/s et permettant d'estimer la variation de productivité du captage : cette productivité correspondant au rapport débit/abaissement de niveau dans l'ouvrage.

6.1.2 - Réprésentation des gravières

- conditions géométriques

Dans la zone amont du captage les mailles représentatives de l'aquifère avaient 66,6 m de coté. Toutes les formes de gravières dont les cotes étaient des multiples de cette dimension ont pu être représentées.

En ce qui concerne leurs profondeurs, il a été admis que le procédé d'extraction laissait au-dessus du substratum une épaisseur d'alluvions de 0,30 m ; la gravière étant en eau, le niveau d'équilibre s'y situerait à plus de 2 mètres au-dessus de ces alluvions.

- conditions hydrodynamiques

Au cours des hypothèses de colmatage de certaines berges des gravières, il a été supposé que celles-ci étaient totalement imperméables et que de plus, l'épaisseur d'alluvions (0,30 m) laissées en place à la verticale des berges colmatées ne permettaient aucun échange hydraulique avec le milieu en place. Cette hypothèse de colmatage absolu ne pouvant être atteinte qu'à long terme, pour les conditions actuelles d'exploitation et d'ouverture des gravières.

6.1.3 - Zones d'implantation des gravières

Autour du captage du Fauga, il convenait de respecter les contraintes liées à une définition hydrogéologique du périmètre de protection rapproché.

Ce périmètre rapproché, défini comme la limite de la zone au-delà de laquelle l'eau met de 8 à 10 jours pour atteindre le captage en

exploitation, a été admis égal à 250 m vers l'amont et 150 m vers l'aval. (Ces valeurs sont applicables pour un débit de 5 l/s prélevé dans un terrain présentant un aquifère mouillé de 2,50 m de hauteur et les caractéristiques $T = 2.10^{-2}$ m^2/s et $w = 7\ \%$ - w étant la porosité efficace.)

D'autre part, la principale zone d'implantation a été définie à l'amont du captage, en direction du Sud-Ouest. Il apparaissait en effet que des gravières implantées de part et d'autre du captage ne devaient pas induire des variations importantes de productivité de celui-ci.

6.2 - Simulations d'implantations de gravières

18 schémas d'implantation de gravières ont été retenus. Dans certains cas, les gravières ont été considérées comme présentant ou non des berges colmatées afin que l'effet du colmatage susceptible de se produire à plus ou moins longue échéance, soit mis en évidence.

Les 18 schémas testés sont présentés ci-après avec une représentation graphique en plan de la situation et de l'état des gravières. En même temps sont indiqués la superficie des gravières et le débit d'exploitation du captage du Fauga, les dimensions des gravières simulées étant celles actuellement pratiquées dans la basse plaine de la Garonne.

Le débit théorique de celui-ci, dans l'état actuel de l'aquifère et pour un niveau imposé à la cote 180,20 m NGF, étant de 5,052 l/s, le pourcentage de variation de productivité est également fourni.

6.2.1 - Schéma n° 1

3 GRAVIERES LATERALES ET AVAL

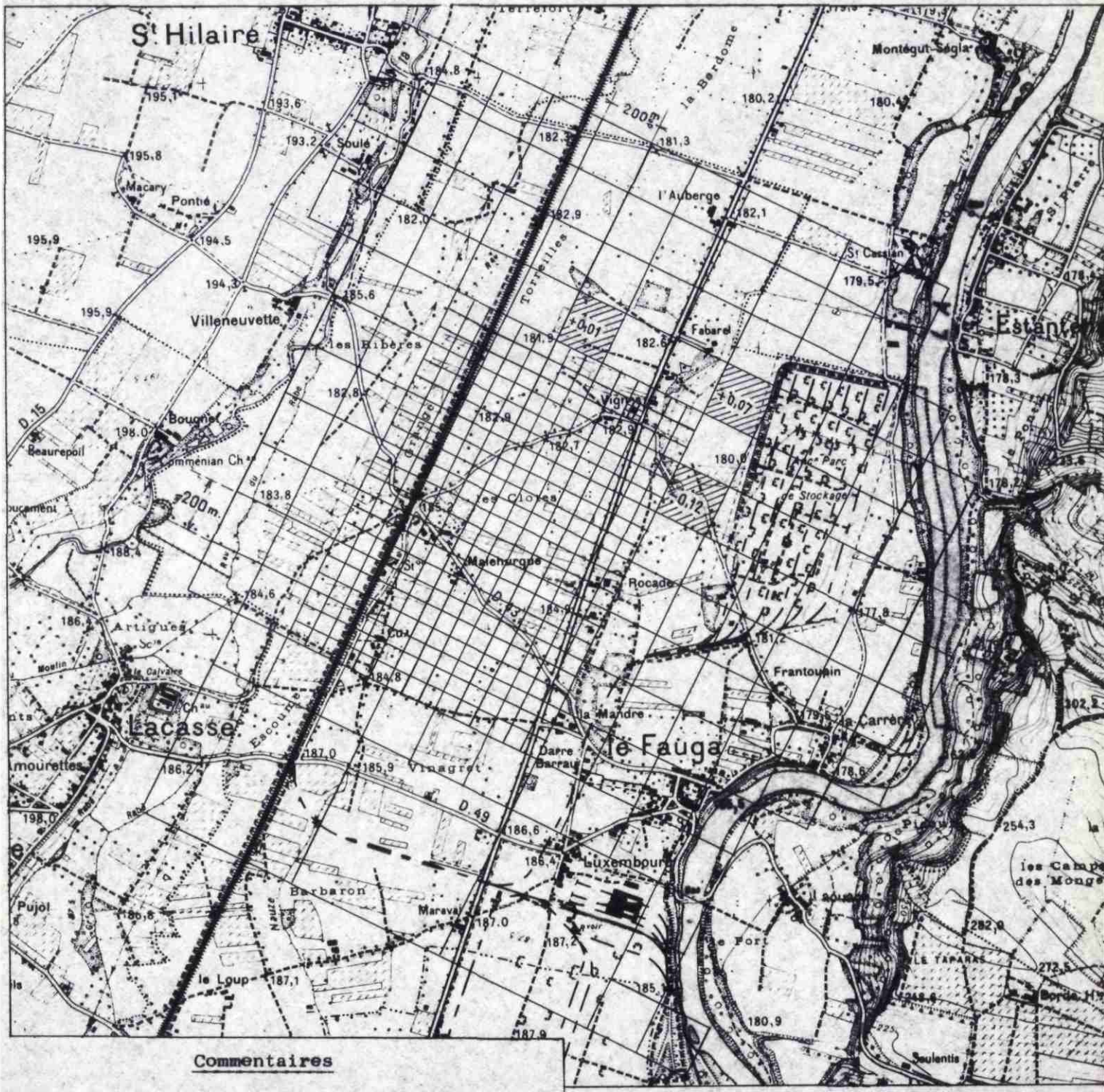
Aucun colmatage des berges

Superficie totale : 12 hectares

Production du captage = 4,45 l/s.

Réduction de productivité = 11,8 %

Echelle : 1/20 000



Commentaires

Légende

- Captage du Fauga
- Gravière en eau, berges non colmatées
- Gravière en eau, berges colmatées
- Gravière remblayée

6.22- Schéma n° 2

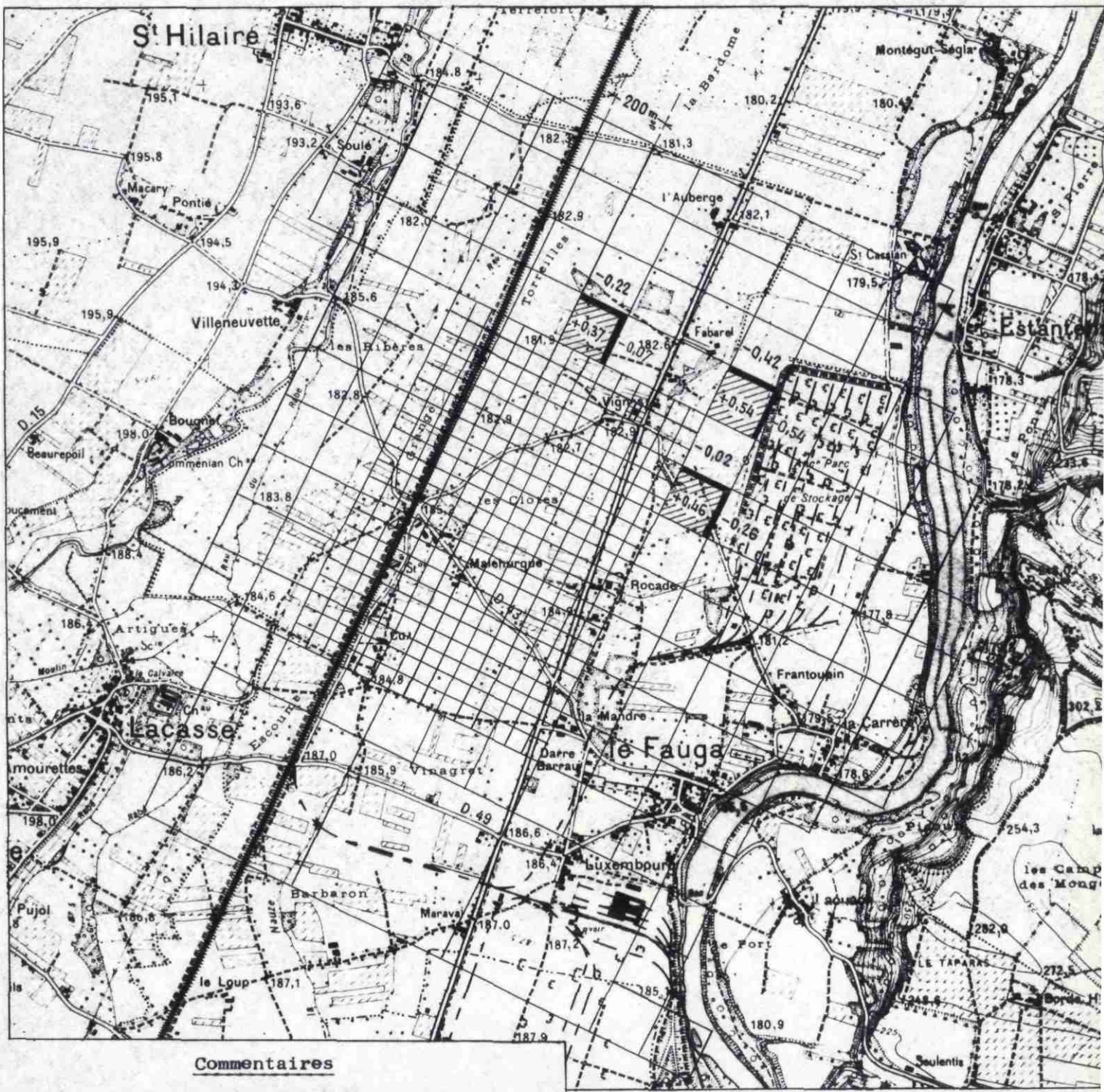
3 GRAVIERES LATERALES ET AVAL

Colmatage des berges nord et est

Superficie totale = 12 hectares

Production du captage = 6,39 l/s
Augmentation de productivité = + 26 %

Echelle : 1/20 000



Commentaires

- Effet de barrage des berges colmatées aval qui permettent un accroissement du débit prélevable.
- Le colmatage provoque d'importantes différences de niveau entre la gravière et le milieu aquifère aval (0,70 à 1,00 m)

Légende

- Captage du Fauga
- Gravière en eau, berges non colmatées
- Gravière en eau, berges colmatées
- Gravière remblayée

6.23 - Schéma n°3

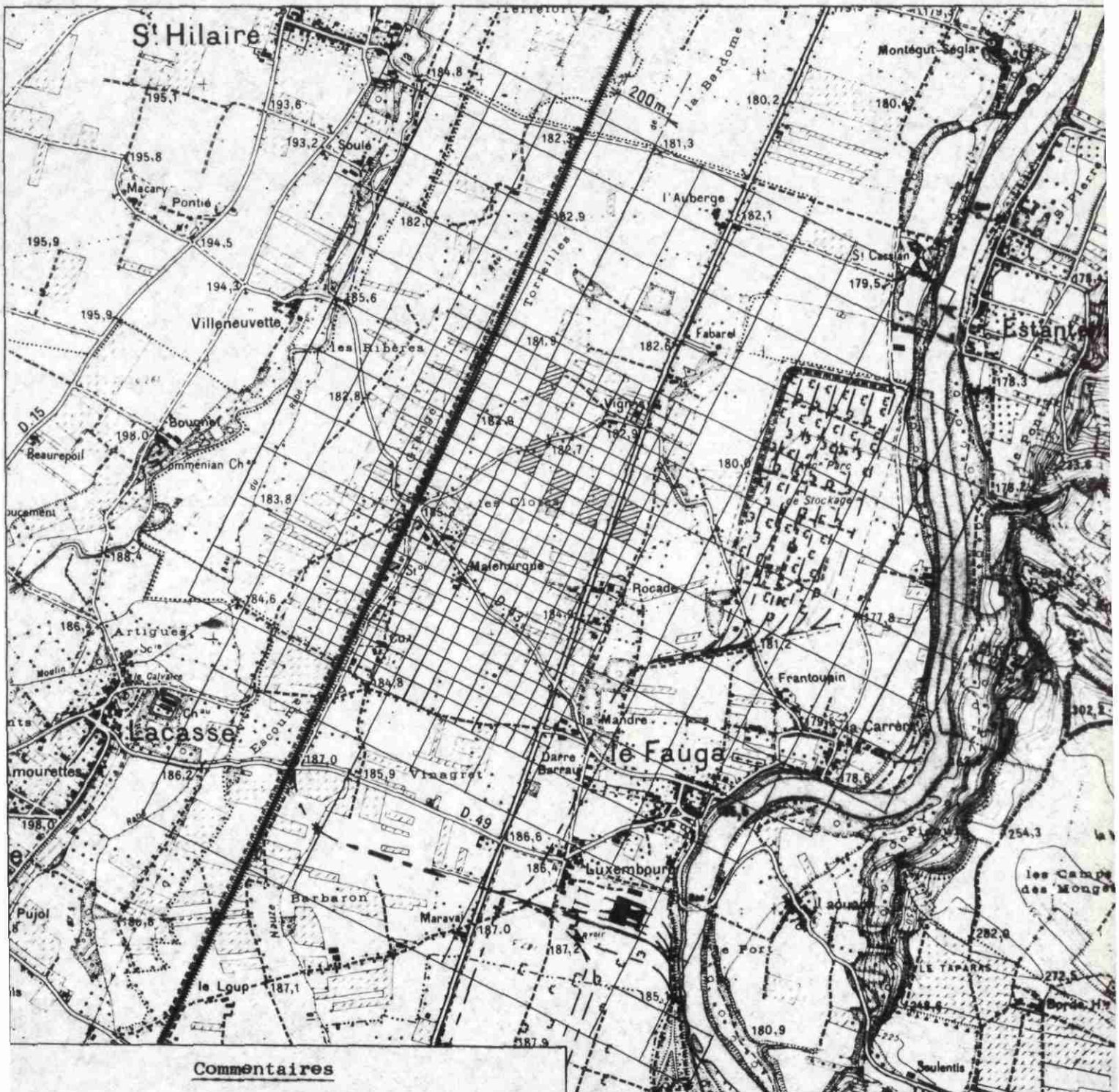
5 GRAVIERES 66 x 130 m A L'AMONT DU PERIMETRE RAPPROCHE DU CAPTAGE

Aucun colmatage des berges

Superficie totale = 4,44 hectares

Production du captage = 5,93 l/s
Augmentation de productivité = 17,3 %

Echelle : 1/20 000



Commentaires

- L'orientation des gravières dans le sens d'écoulement de la nappe provoque un drainage des eaux vers le captage.

Légende

- Captage du Fauga
- Gravière en eau, berges non colmatées
- Gravière en eau, berges colmatées
- Gravière remblayée

6.2.4. Schéma n°4

5 GRAVIERES 66 x 130 m A L'AMONT DU PERIMETRE RAPPROCHE DU CAPTAGE

Colmatage des berges aval

Superficie totale = 4,44 hectares

Production du captage = 4,75 l/s
Réduction de productivité = 6 %

Echelle : 1/20 000

Commentaires

- Le colmatage des berges aval anéanti l'effet de drainage constaté dans le cas précédent.

Légende

- Captage du Fauga
- Gravière en eau, berges non colmatées
- Gravière en eau, berges colmatées
- Gravière remblayée

6.2.5 Schéma n°5

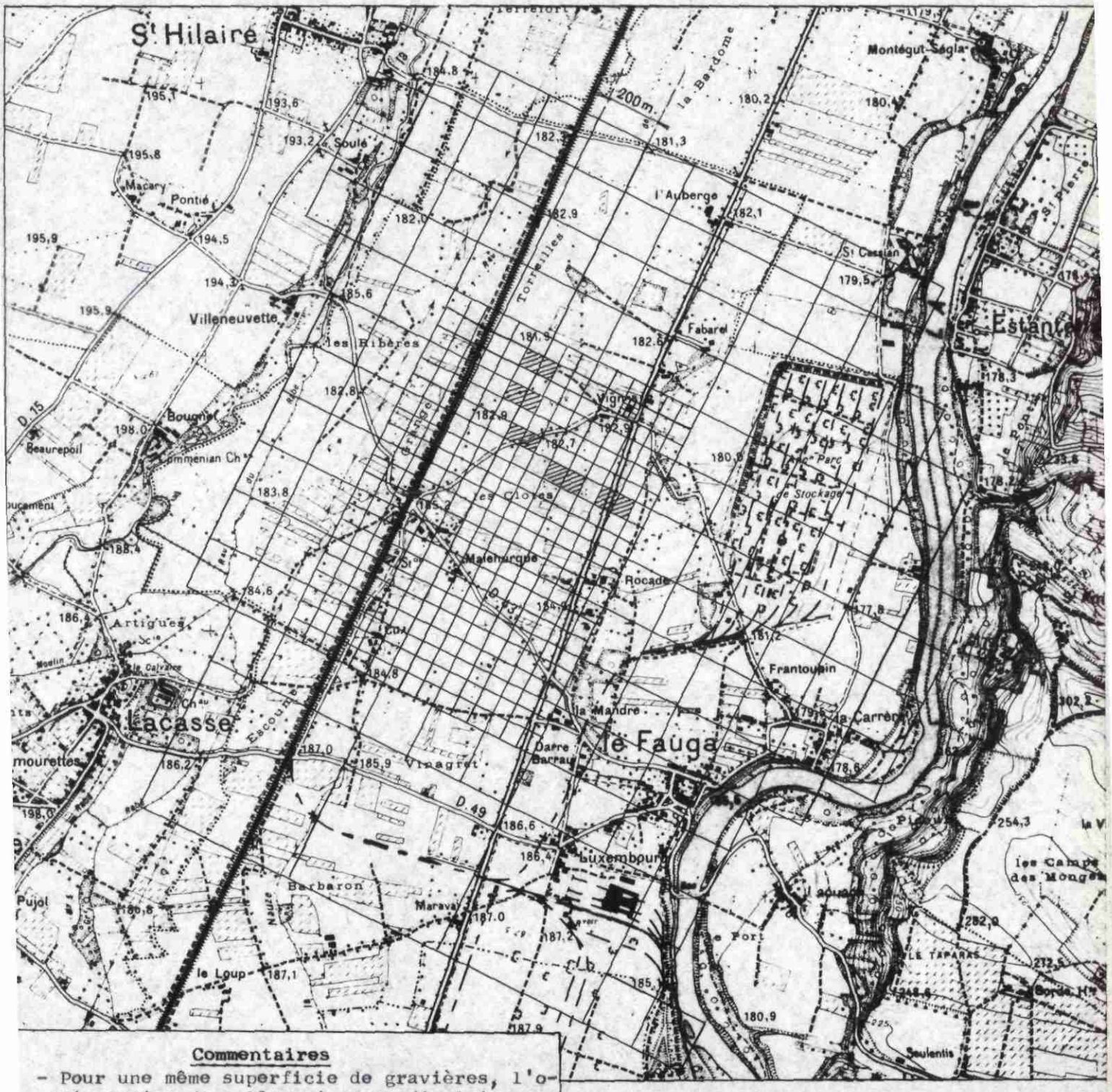
5 GRAVIERES 130 x 66 m A L'AMONT DU PERIMETRE RAPPROCHE DU CAPTAGE

Aucun colmatage des berges

Surface totale = 4,44 hectares

Production du captage = 5,70 l/s
Augmentation de productivité = 13 %

Echelle : 1/20 000



Commentaires

- Pour une même superficie de gravières, l'orientation de celles-ci perpendiculairement au sens d'écoulement de la nappe provoque un drainage des eaux, inférieur à celui constaté avec une orientation perpendiculaire (cas n° 3)

Légende

- Captage du Fauga
- Gravière en eau, berges non colmatées
- Gravière en eau, berges colmatées
- Gravière remblayée

6.2.6- Schéma n°6

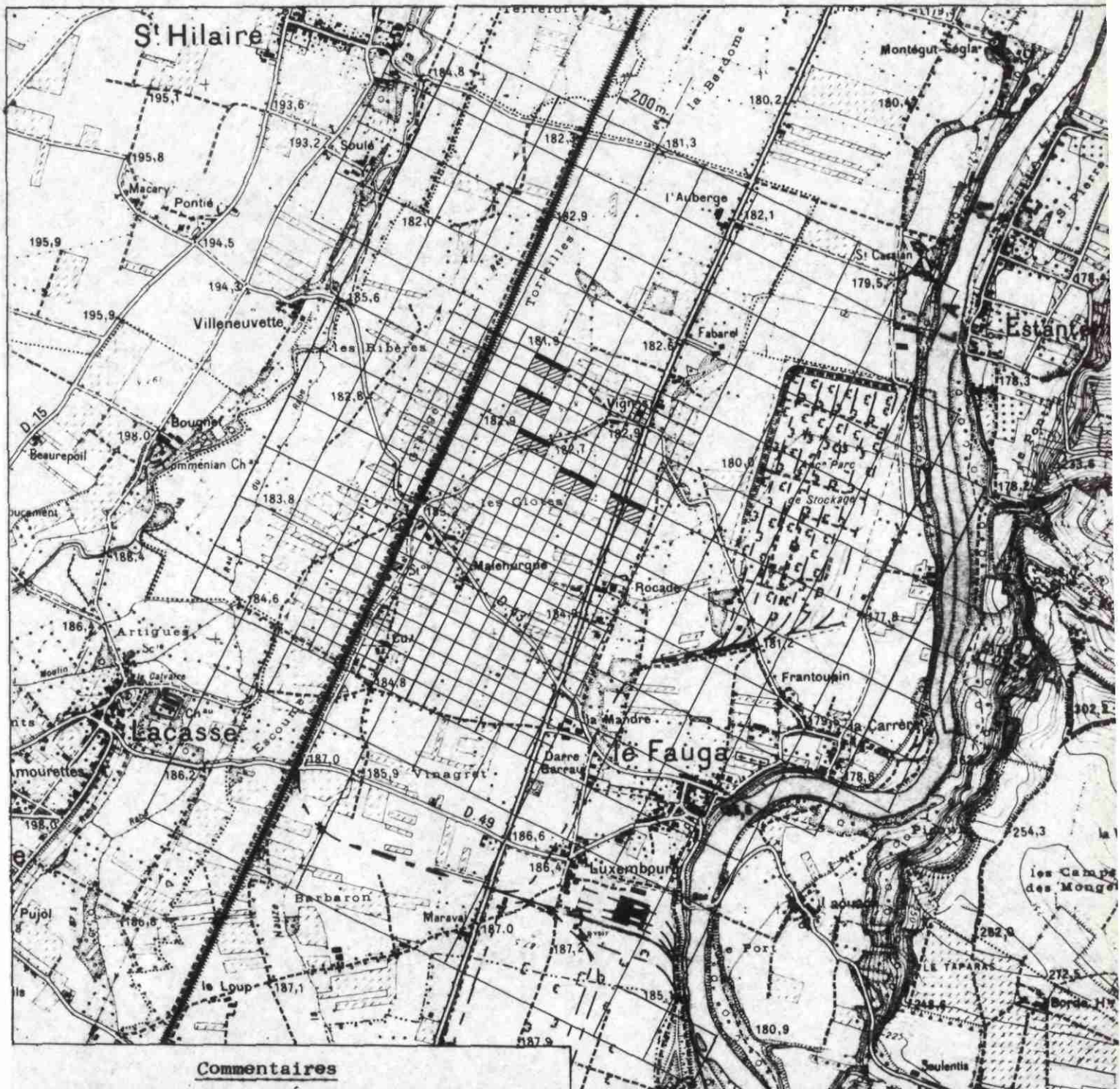
5 GRAVIERES 130 x 66 m A L'AMONT DU PERIMETRE RAPPROCHE DU CAPTAGE

Colmatage des berges aval

Superficie totale = 4,44 hectares

Production du captage = 4,03 l/s
Réduction de productivité = 20 %

Echelle : 1/20 000



Commentaires

- Cette disposition des gravières provoque un effet de barrière très important pour la productivité du captage.

Légende

- Captage du Fauga
- Gravière en eau, berges non colmatées
- Gravière en eau, berges colmatées
- Gravière remblayée

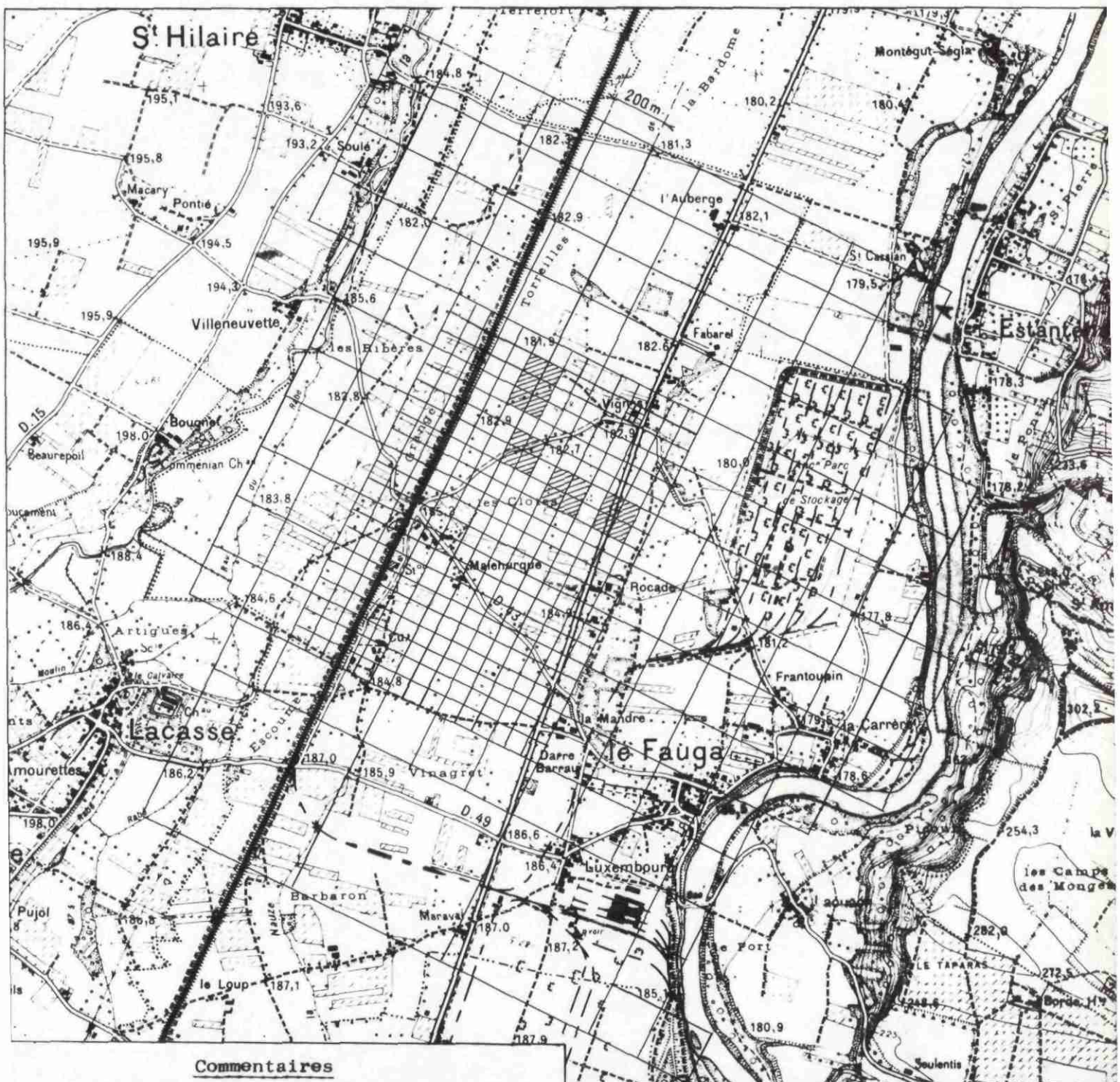
6.2.7 Schéma n° 7

4 GRAVIERES DE 1,7 à 2,6 HECTARES EN BORDURE AMONT DU PERIMETRE RAPPROCHE DU CAPTAGE
Aucun colmatage des berges

Superficie totale = 7,7 hectares

Production du captage = 6,32 l/s
Augmentation de productivité = 25 %

Echelle : 1/20 000



Commentaires

- Ce cas est une extension du cas n° 5, par exploitation vers l'amont des gravières ouvertes.
- L'effet de drainage est nettement ressenti en ce qui concerne l'exploitation du captage.

Légende

- Captage du Fauga
- Gravière en eau, berges non colmatées
- Gravière en eau, berges colmatées
- Gravière remblayée

6.2.8 Schéma n°8

4 GRAVIERES DE 1,7 à 2,6 HECTARES EN BORDURE AMONT DU PERIMETRE RAPPROCHE DU CAPTAGE

Colmatage des berges aval

Superficie totale = 7,7 hectares

Production du captage = 4,23 l/s
Réduction de productivité = 16 %

Echelle : 1/20 000

Commentaires

- Comparativement au cas n° 6, l'extension amont plus importante de ces gravières, et le phénomène de drainage qui en résulte, provoque une réduction de débit du captage légèrement inférieure (16 % au lieu de 20 %)

Légende

- Captage du Fauga
- Gravière en eau, berges non colmatées
- Gravière en eau, berges colmatées
- Gravière remblayée

6.2.9- Schéma n° 9

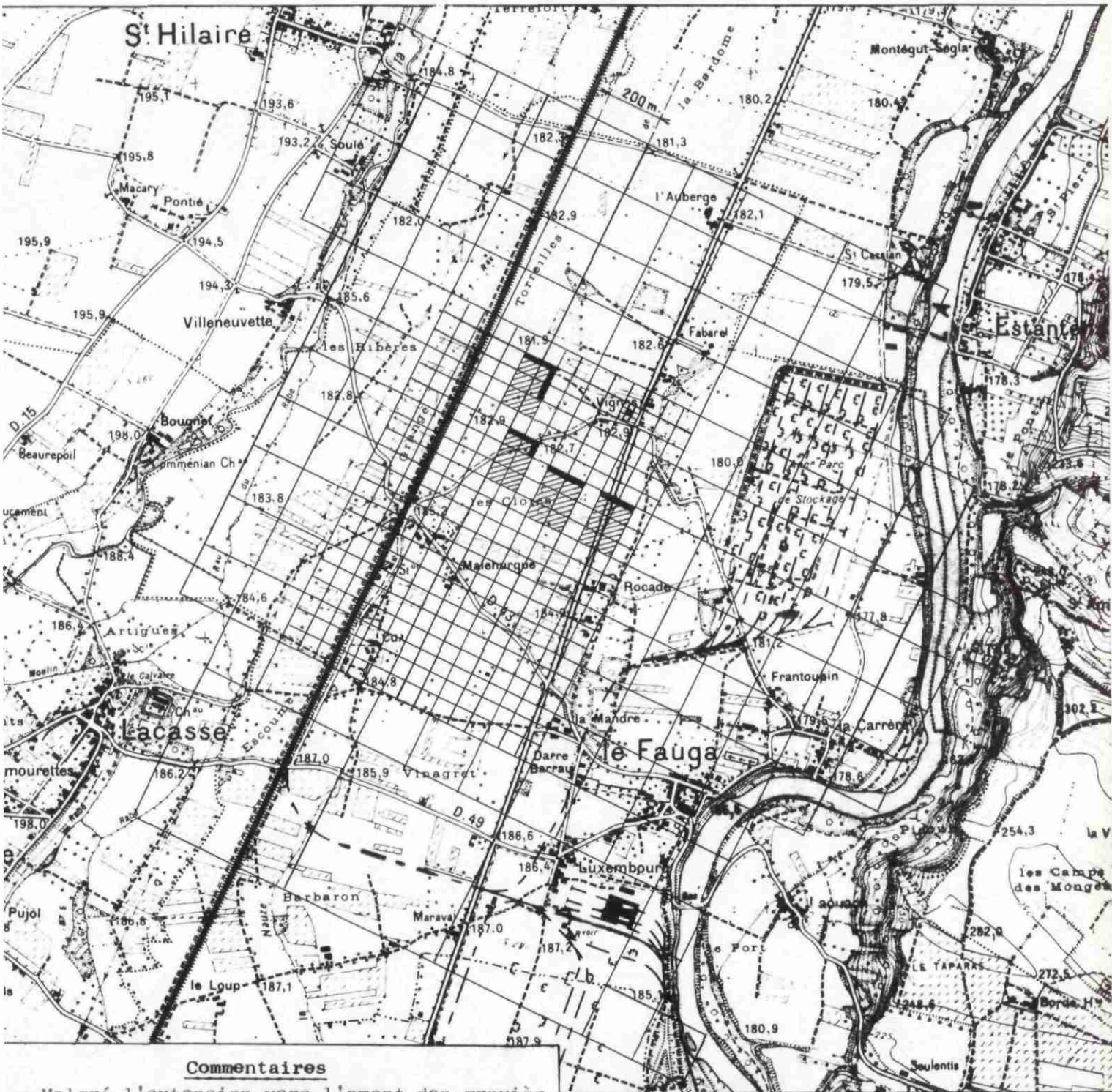
4 GRAVIERES 130 x 200 m EN BORDURE AMONT DU PERIMETRE RAPPROCHE DU CAPTAGE

Colmatage des berges aval

Superficie totale = 10,6 hectares

Production du captage = 3,17 l/s
Réduction de productivité = 27 %

Echelle : 1/20 000



Commentaires

- Malgré l'extension vers l'amont des gravières (drainage) l'accroissement des berges colmatées réduit le débit du captage.
- De part et d'autre des berges colmatées, les différences de niveaux atteignent 0,50 à 0,60 m.

Légende

- Captage du Fauga
- Gravière en eau, berges non colmatées
- Gravière en eau, berges colmatées
- Gravière remblayée

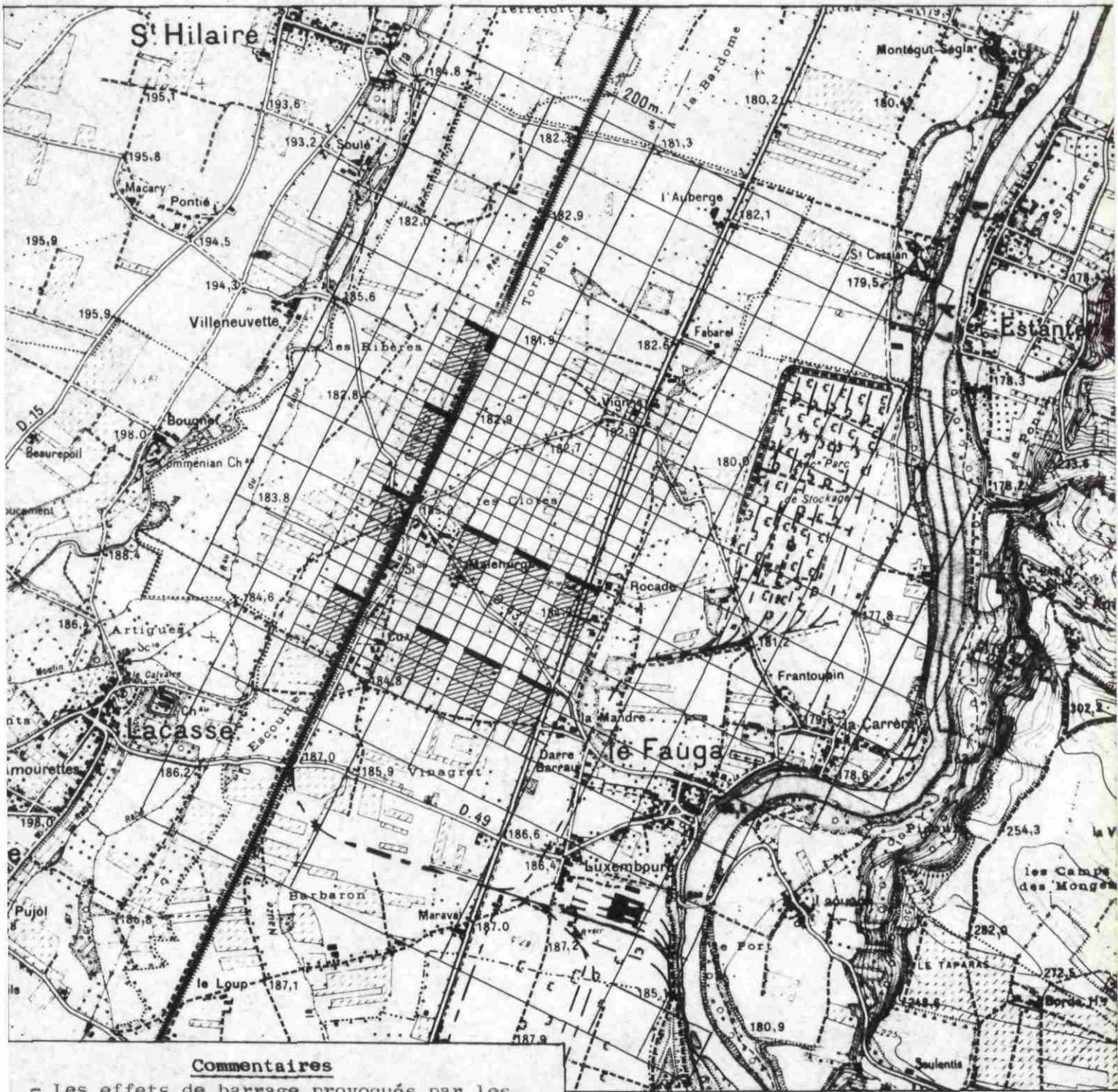
6.2. 10-Schéma n° 10

10 GRAVIERES DE 130 x 200 m ELOIGNEES DU CAPTAGE
Colmatage des berges aval

Superficie totale = 26,6 hectares

Production du captage = 4,64 l/s
Réduction de productivité = 8 %

Echelle : 1/20 000



Commentaires

- Les effets de barrage provoqués par les berges colmatées sur l'écoulement de la nappe sont minimisés par l'éloignement du captage aux gravières (distance supérieure à 600 m)

Légende

- Captage du Fauga
- Gravière en eau, berges non colmatées
- Gravière en eau, berges colmatées
- Gravière remblayée

6.2.11- Schéma n° 11

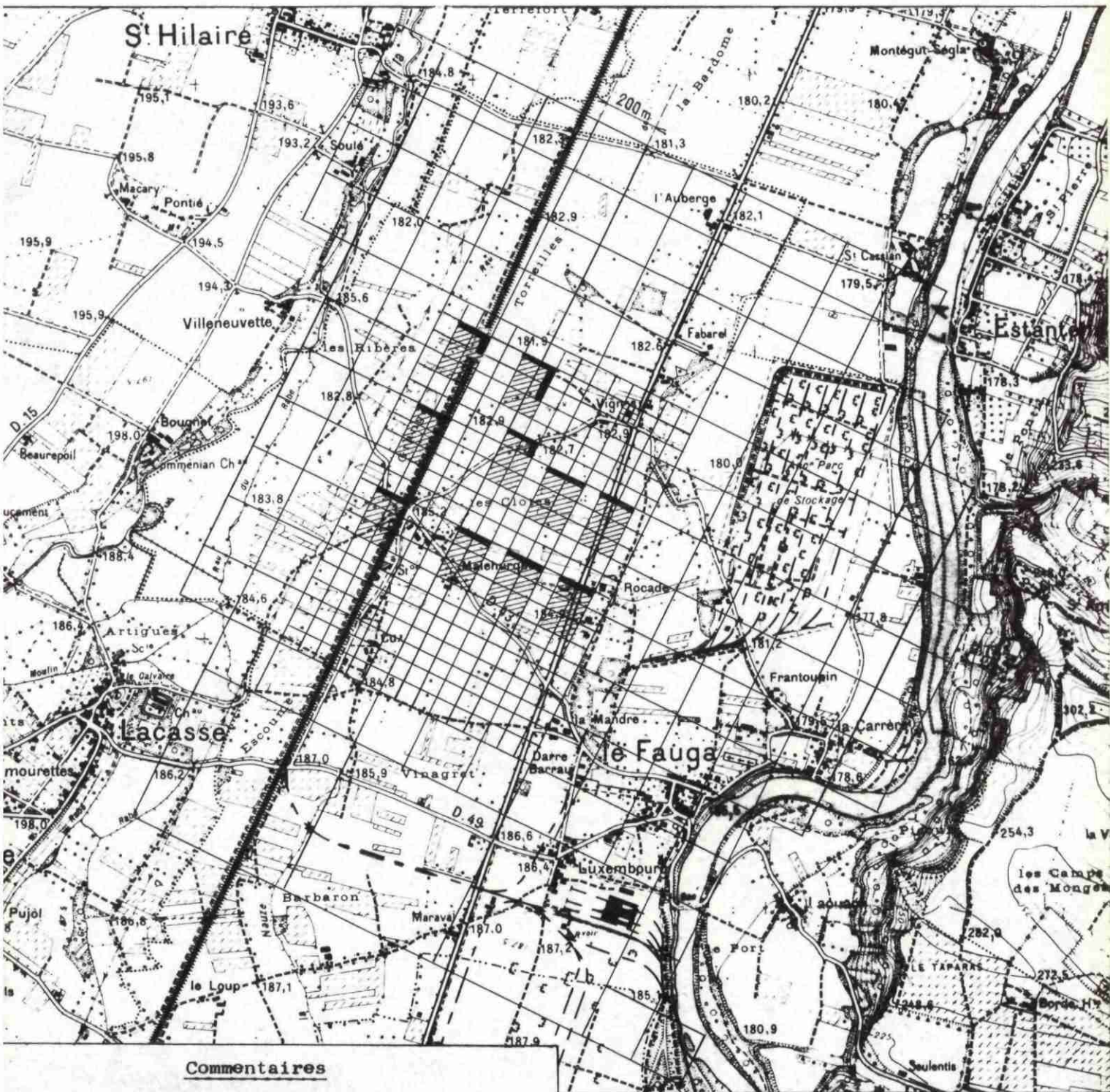
10 GRAVIERES DE 130 x 200 m PROCHES DU CAPTAGE

Colmatage des berges aval

Superficie totale = 26,6 hectares

Production du captage = 2,95 l/s
Réduction de productivité = 41,4 %

Echelle : 1/20 000



Commentaires

- Pour une même superficie de gravières que le cas 10 précédent, les gravières sont ici plus proches du captage. L'effet perturbateur sur la productivité du captage est cependant nettement supérieur.

Légende

- Captage du Fauga
- Gravière en eau, berges non colmatées
- Gravière en eau, berges colmatées
- Gravière remblayée

6.2.12- Schéma n° 12

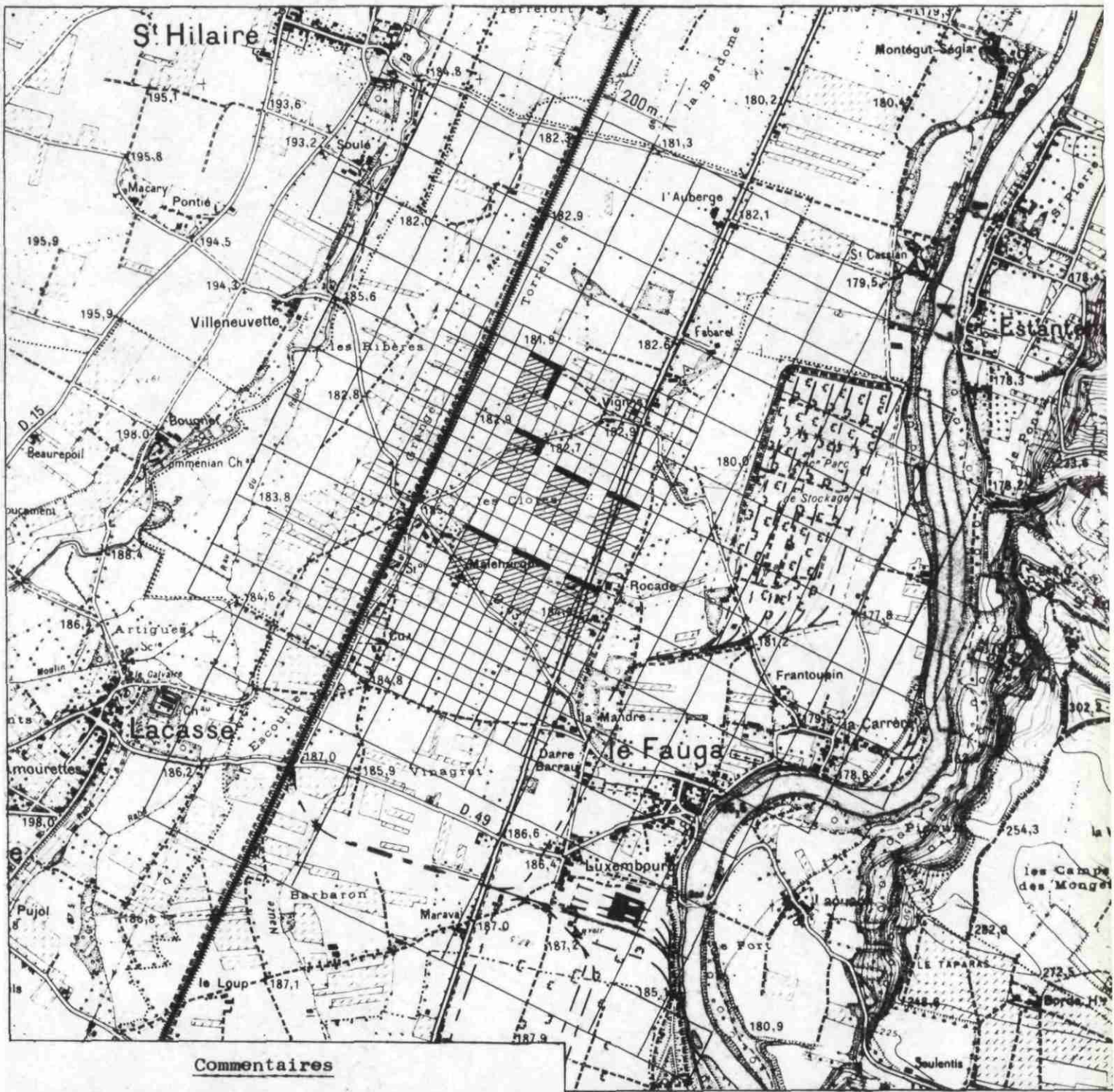
7 GRAVIERES DE 130 x 200 m EN AMONT DU CAPTAGE

Colmatage des berges aval

Superfice totale = 18,66 hectares

Production du captage = 3,15 l/s
Réduction de productivité = 37,5 %

Echelle : 1/20 000



Commentaires

- Malgré la diminution du nombre de gravières latérales par rapport au cas n° 11, l'effet sur le captage reste important.

Légende

- Captage du Fauga
- Gravière en eau, berges non colmatées
- Gravière en eau, berges colmatées
- Gravière remblayée

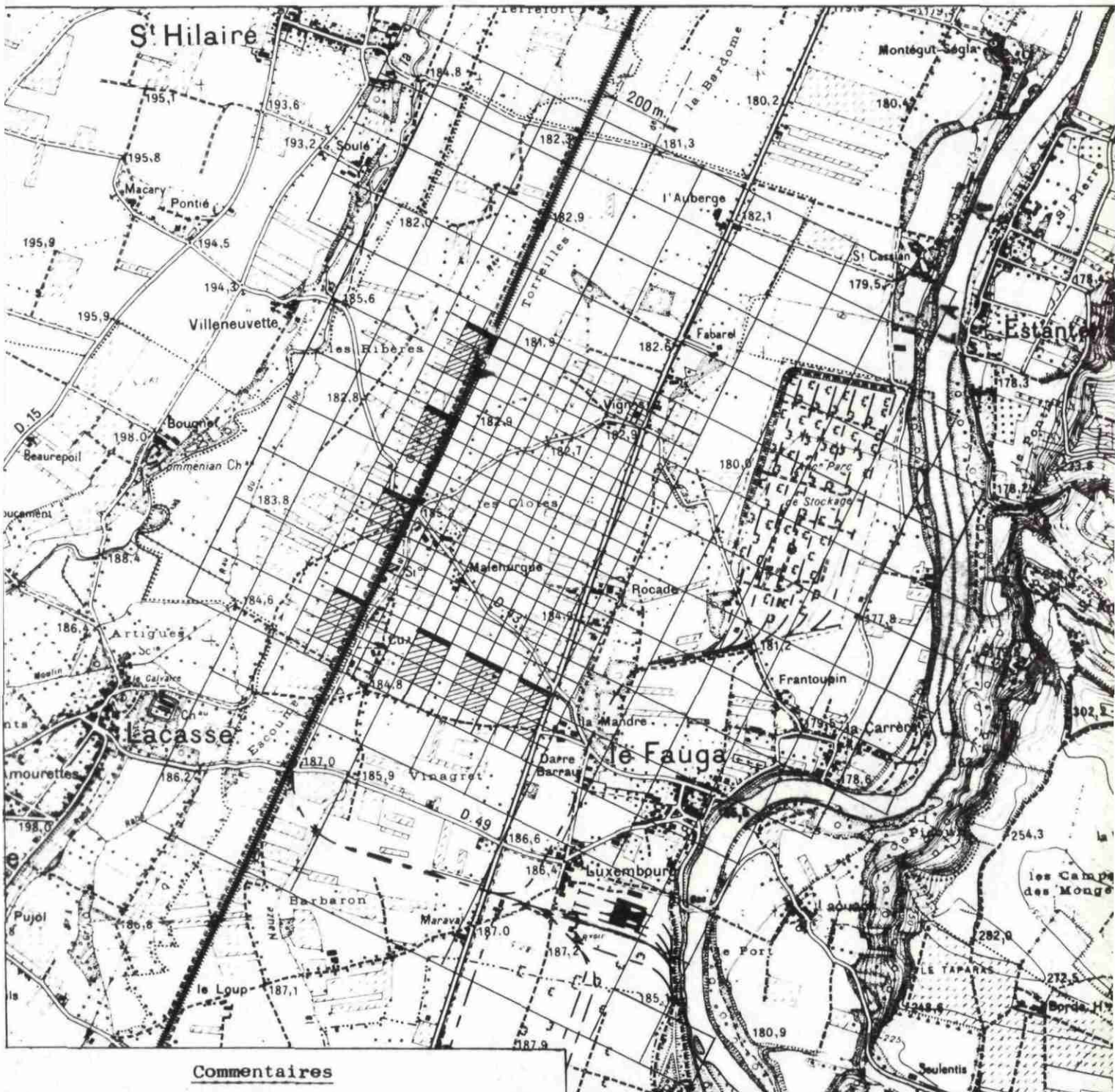
6.2.13- Schéma n° 13

7 GRAVIERES de 130 x 200 m ELOIGNEES EN AMONT DU CAPTAGE
Colmatage des berges aval

Superficie totale = 18,66 hectares

Production du captage = 4,69 l/s
Réduction de productivité = 7 %

Echelle : 1/20 000



Commentaires

- L'éloignement en amont des gravières diminue nettement l'effet perturbateur sur le captage.

Légende

- Captage du Fauga
- Gravière en eau, berges non colmatées
- Gravière en eau, berges colmatées
- Gravière remblayée

6.214 -Schéma n° 14

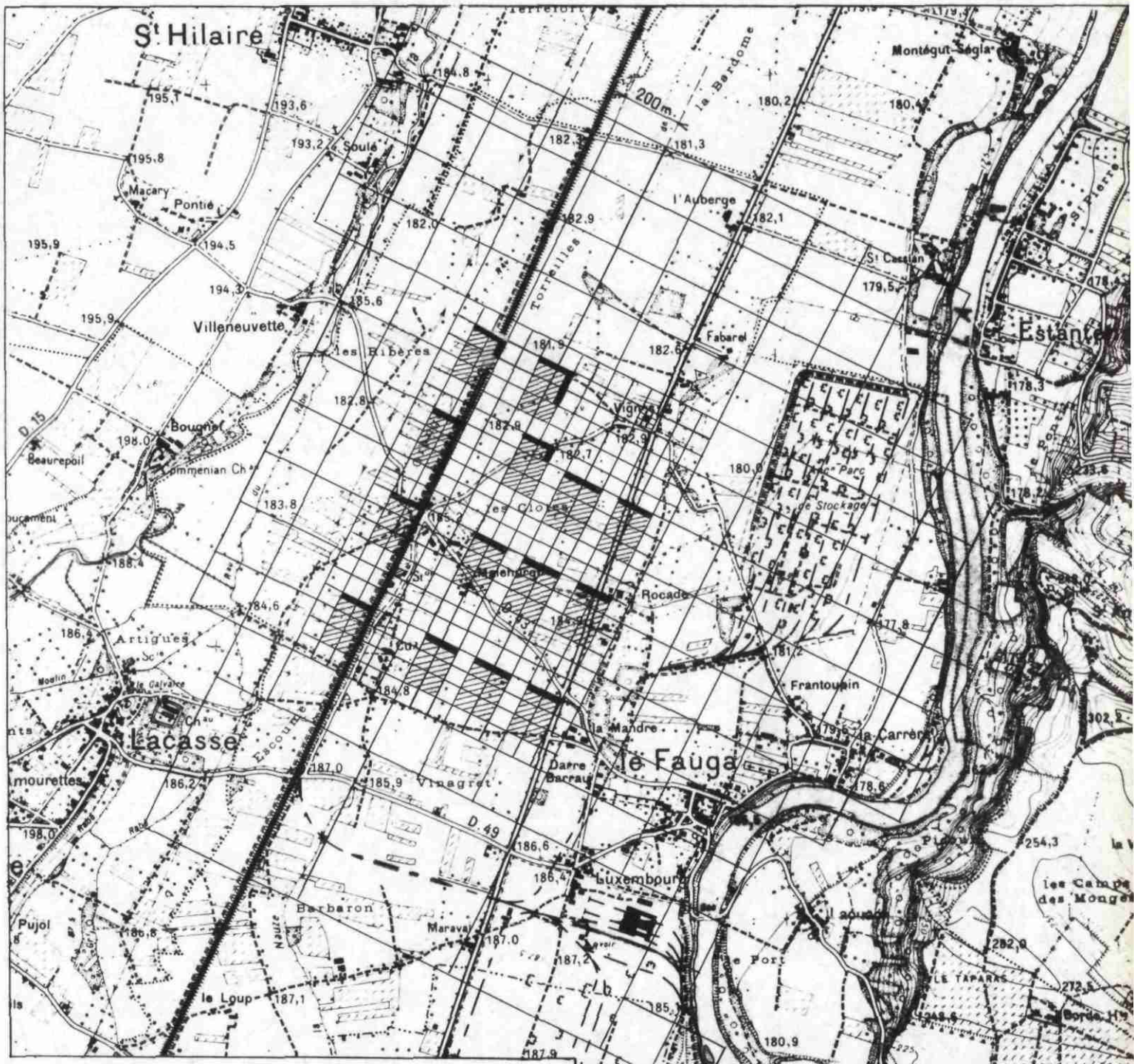
14 GRAVIERES 130 x 200 m EN AMONT DU CAPTAGE

Colmatage des berges aval

Superficie totale = 37,3 hectares

Production du captage = 2,95 l/s
Réduction de productivité = 41,6 %

Echelle : 1/20 000



Commentaires

- Ce cas reprend simultanément les implantations des cas 9 et 10.

Légende

- Captage du Fauga
- Gravière en eau, berges non colmatées
- Gravière en eau, berges colmatées
- Gravière remblayée

6.2.15-Schéma n° 15

14 GRAVIERES 130 x 200 m EN AMONT DU CAPTAGE

Colmatage des berges aval

Superficie totale = 37,3 hectares

Production du captage = 3,26 l/s
Réduction de productivité = 35 %

Echelle : 1/20 000

Commentaires

- Par rapport au cas 11, les 3 gravières situées au Sud du captage ont été éloignées vers l'amont de la nappe de 66 à 130 mètres. La réduction de débit du captage est alors moindre.

Légende

- Captage du Fauga
- Gravière en eau, berges non colmatées
- Gravière en eau, berges colmatées
- Gravière remblayée

6.2.16-Schéma n° 16

14 GRAVIERES TOTALEMENT REMBLAYEES EN AMONT DU CAPTAGE

Superficie totale = 37,3 hectares
Remblai de perméabilité k = $0,5.10^{-4}$ m/s

Production du captage = 2,30 l/s
Réduction de productivité = 40,6 %

Echelle : 1/20 000

Commentaires

- Les gravières implantées de manière identique au cas 12 ont été supposées totalement remblayées de matériau de perméabilité k = $0,5.10^{-4}$ m/s. Il a été supposé qu'avant le remblaiement, aucun colmatage des berges ne s'était produit.

Légende

- Captage du Fauga
- Gravière en eau, berges non colmatées
- Gravière en eau, berges colmatées
- Gravière remblayée

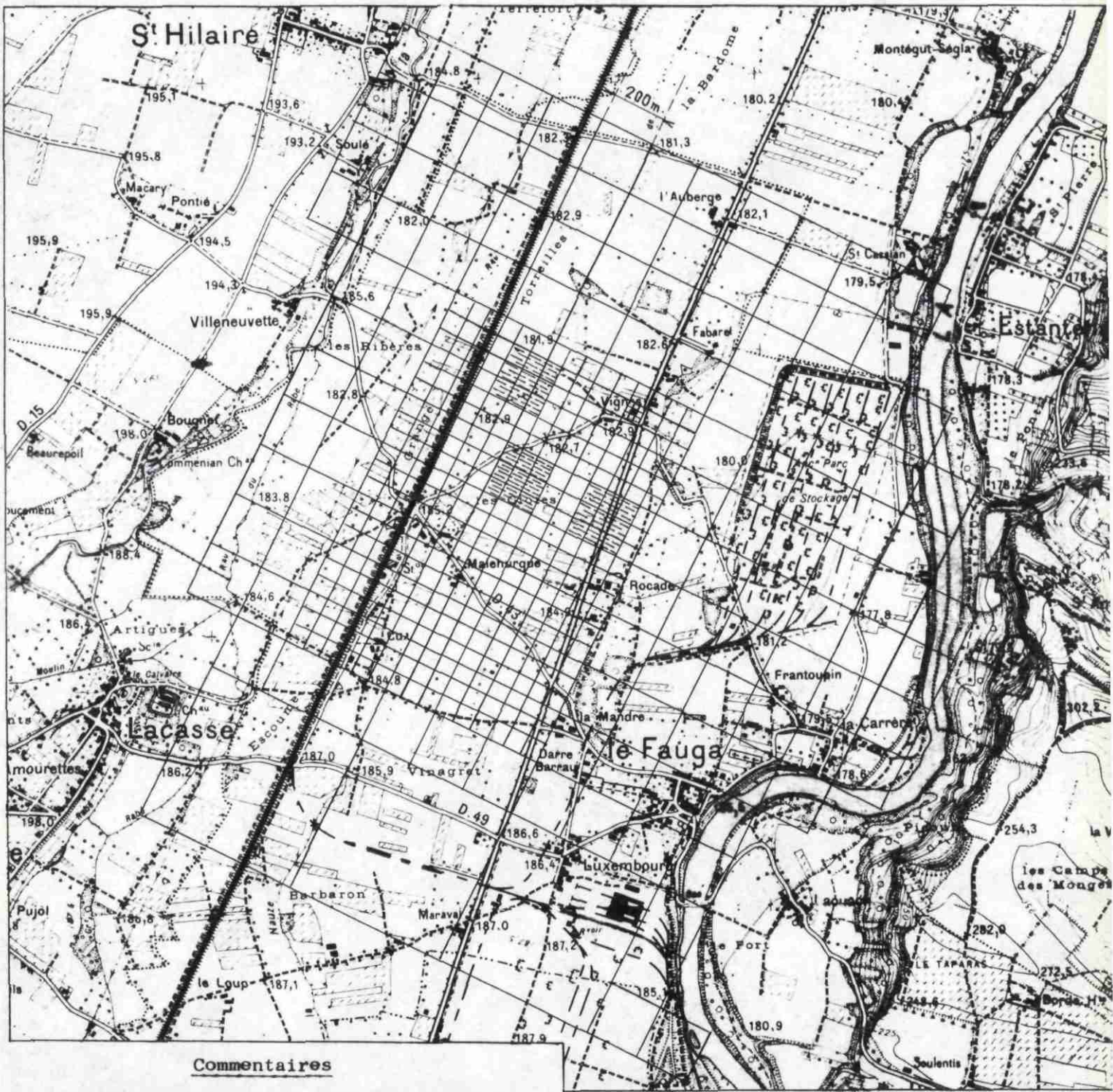
6.2.17 Schéma n° 17

3 GRAVIERES REMBLAYEES DE 200 x 200 m EN BORDURE DU PERIMETRE RAPPROCHE DU CAPTAGE

Superficie totale = 12 hectares
Remblai de perméabilité $k = 0,5.10^{-4}$ m/s

Production du captage = 2,66 l/s
Réduction de productivité = 47 %

Echelle : 1/20 000



Commentaires

- L'effet de barrage hydrauliguqe provoqué par les remblais est excessivement important.

Légende

- Captage du Fauga
- Gravière en eau, berges non colmatées
- Gravière en eau, berges colmatées
- Gravière remblayée

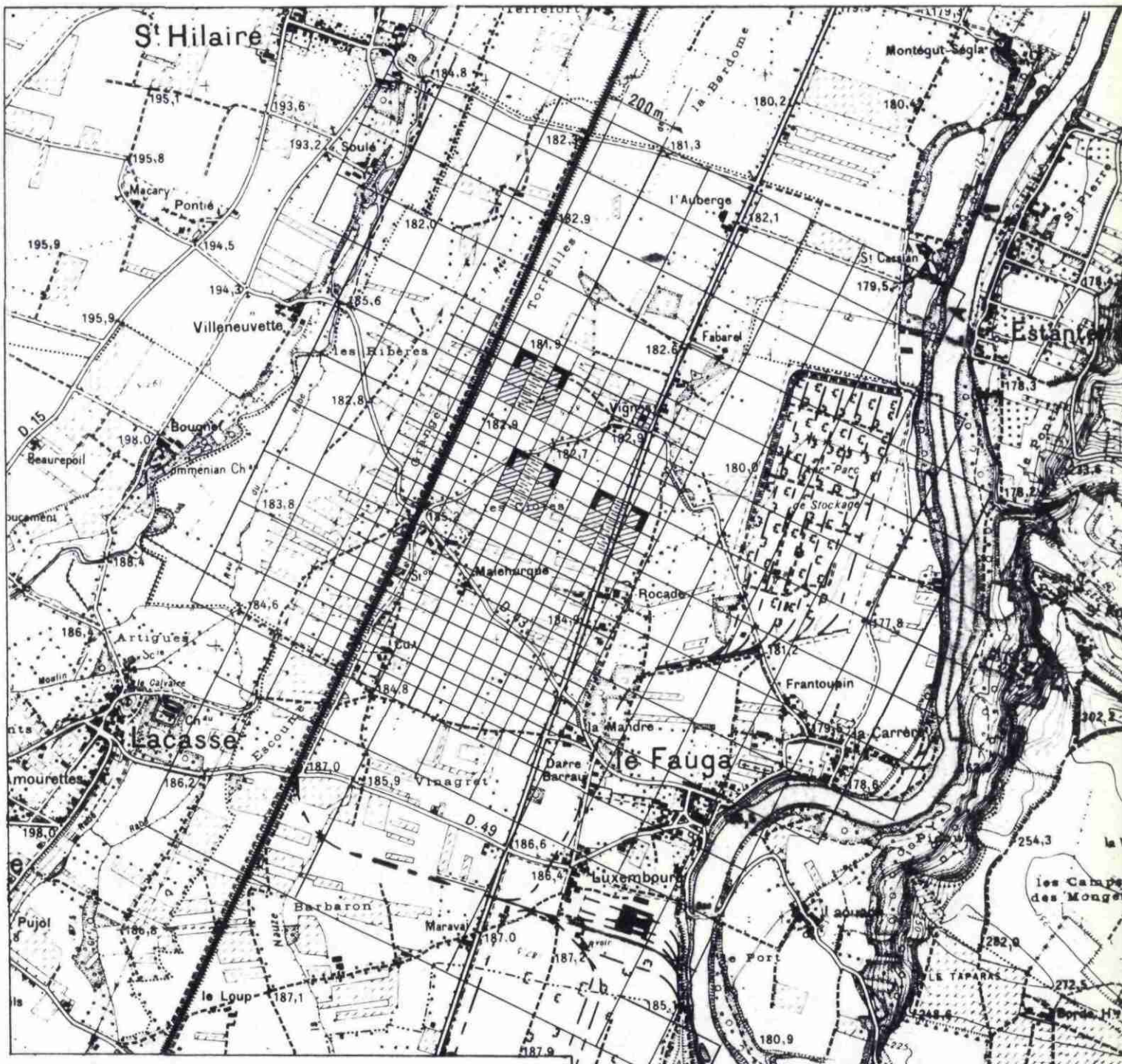
6.2.18- Schéma n° 18

3 GRAVIERES REMBLAYEES PARTIELLEMENT DE 200 x 200 m EN BORDURE DU PERIMETRE RAPPROCHE DU CAPTAGE

Superficie totale = 12 hectares
Remblai de perméabilité $k = 0,5.10^{-4}$ m/s

Production du captage = 2,70 l/s
Réduction de productivité = 46 %

Echelle : 1/20 000



Commentaires

- Le remblaiement du tiers des gravières et le colmatage des berges aval en eau, provoque un effet identique à celui du remblaiement total testé dans le cas précédent.

Légende

- Captage du Fauga
- Gravière en eau, berges non colmatées
- Gravière en eau, berges colmatées
- Gravière remblayée

6.3 - Résultats des simulations

Le tableau suivant reprend les résultats caractéristiques des simulations concernant l'implantation de gravières autour du captage du Fauga.

numéro schéma	position gravières	berges	nbre de gravières	surface (hectares)	d mini (m)	R en %	A en %
1	aval	NC	3	12	200	11,8	-
2	aval	C	3	12	200	-	26
3	amont	NC	5	4,4	300	-	17,3
4	"	C	5	4,4	300	6	-
5	"	NC	5	4,4	300	-	13
6	"	C	5	4,4	300	20	-
7	"	NC	4	7,7	300	-	25
8	"	C	4	7,7	300	16	-
9	"	C	4	10,6	300	27	-
10	"	C	10	26,6	600	8	-
11	"	C	10	26,6	300	41,4	-
12	"	C	7	18,6	300	37,5	-
13	"	C	7	18,6	600	7	-
14	"	C	14	37,3	300	41,6	-
15	"	C	14	37,3	>300	35	-
16	"	Rem	14	37,3	>300	40,6	-
17	"	Rem	3	12	300	47	-
18	"	Rem et C	3	12	300	46	-

NC : non colmatées

C : colmatées Rem : Remblayées

d_{mini} : distance minimale du captage aux plus proches gravières

R : réduction de productivité du captage

A : augmentation de productivité du captage

6.3.1 - Comportement de gravières à l'aval du captage

Les deux simulations réalisées en implantant à l'aval du captage 3 gravières (schémas n° 1 et 2) indiquent qu'en cas de non colmatage des berges, l'effet de drain préférentiel créé par les plans d'eau des gravières est néfaste à la productivité du captage qui est réduite de 12 % par rapport à l'état initial.

./...

L'évolution dans le temps des berges ayant montré précédemment l'apparition d'un colmatage (1ère partie de l'étude), la simulation n°2 imposant un colmatage total des berges aval des gravières considérées, indique que la productivité du captage doit alors s'accroître dans une forte proportion (26 %), ce résultat étant celui vers lequel évoluent les effets des gravières dans le temps.

Il est à remarquer que pour ce schéma d'implantation, l'existence ou non d'un colmatage peut provoquer une variation de productivité du captage de $\frac{100 + 26}{100 - 11,8} = 1,43$, soit 43 %. Dans l'annexe 3, sont indiqués des profils piézométriques théoriques mettant en évidence l'effe des facteurs - longueur de la gravière - et colmatage des berges aval - sur la productivité d'un captage disposé à l'amont.

Les gravières colmatées à l'aval du captage jouent alors le rôle d'un écran de retenue, leur éloignement de 200 m du captage étant admissible et non préjudiciable à la qualité des eaux prélevées sur le captage. Il apparaît même que le remblaiement de telles gravières avec un matériau propre, non polluant et peu perméable pourrait être envisagé dans le cas où les conséquences de ce remblaiement à l'aval des gravières seraient admises.

Les différences de niveau piézométrique de part et d'autre des berges colmatées ont été évaluées à 0,30 à 0,50 m, valeurs correspondant aux mesures faites sur des gravières réelles.

6.3.2 - Comportement de gravières à l'amont du captage

De nombreuses simulations ont été entreprises afin de rechercher les conditions admissibles d'implantations de gravières à l'amont du captage.

Les tests ont été effectués en premier lieu sur des gravières de faibles dimensions implantées autour du périmètre rapproché (cf. paragraphe 6.1.3), puis les dimensions de celles-ci ont été progressivement augmentées, pour atteindre en même temps un schéma d'implantation recouvrant toute la zone amont du captage.

6.3.2.1 - Comportement de gravières de faibles dimensions autour du périmètre rapproché du captage

4 simulations ont été entreprises concernant l'implantation de 5 gravières de 130 x 66 m (schémas n° 3 à 6) autour du périmètre rapproché du captage.

Dans le cas où ces gravières ont leur plus grande dimension dans la direction de l'écoulement initial (schéma n°3) et des berges non colmatées, les gravières agissent comme des drains qui concentrent l'eau vers le captage; l'augmentation de productivité atteint alors 17 %. Par contre, le colmatage des berges aval (schéma n°4) réduit faiblement la productivité du captage (6 %).

Dans la seconde hypothèse où les gravières sont orientées perpendiculairement à la direction de l'écoulement et lorsque les berges sont non colmatées (schéma n°5), le rôle de drain des gravières est moins important vers l'amont et l'accroissement de productivité n'atteint que 13 %. Le colmatage des berges dans ce cas (schéma n°6) se produit sur une longueur plus importante et la réduction de productivité du captage qui en résulte est plus marquée (20 %) que précédemment.

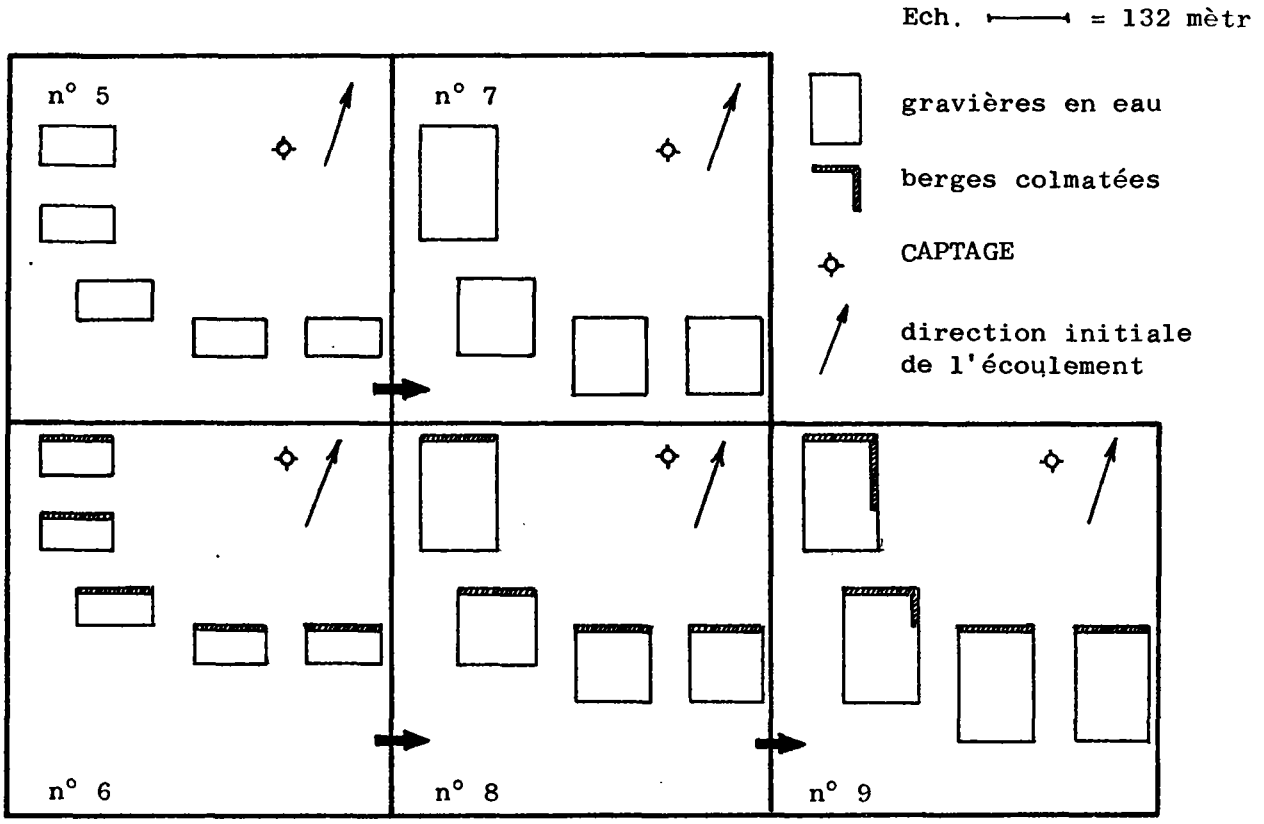
Ainsi, il apparaît que pour une même superficie totale de gravières (4,4 hectares) dont les dimensions sont peu importantes, il serait souhaitable de choisir un schéma d'implantation laissant entre les gravières des bandes de terrain non remanié importantes : dans les cas testés, les avantages de ce type d'implantation étant marqués, que les berges des gravières soient colmatées (-6 % au lieu de -20 %) ou non (+ 17 % au lieu de + 13 %)

6.3.2.2 - Extension de gravières à proximité du captage

Les 3 simulations suivantes ont été entreprises pour représenter l'évolution possible dans le temps de gravières, évolution consécutive à l'exploitation de sables et graviers.

Les schémas testés (schémas n° 7, 8 et 9) peuvent être associés aux schémas précédents n° 5 et 6 afin d'examiner pour des hypothèses de colmatage les variations de productivité du captage. L'enchainement des schémas est figuré ci-après :

./...



Dans le cas où aucun colmatage des berges ne se produit, cette hypothèse est relative à une exploitation très rapide des gravières. Les schémas n° 5 et 7 (voir parag. 6.2.5 et 6.2.7) indiquent que l'augmentation de productivité du captage passerait de 13 à 25 %, ceci étant dû principalement à l'extension vers l'amont des gravières, la surface des gravières s'accroissant de 75 % (4,4 hectares à 7,7 hectares).

Dans l'hypothèse où le colmatage serait effectif, les conséquences seraient très différentes.

Les schémas n° 6, 8 et 9 établis pour des superficies de gravières en eau croissant régulièrement (4,4, 7,7 et 10,6 hectares) indiquent :

- pour le schéma n°6,une réduction de productivité de 20 % du captage,
- pour le schéma n°8,une réduction de productivité n'atteignant plus que 16 %

Ce phénomène est dû au drainage créé par l'extension vers l'amont des gravières, ce qui tend à diminuer l'effet de barrage provoqué par les berges colmatées.

./...

- pour le schéma n°9, une réduction de productivité s'élevant à 27 % provoquée par l'allongement des berges colmatées.

Il est à remarquer pour le schéma n°9 que les effets consécutifs à l'augmentation de longueur des berges colmatées ont été supérieurs à ceux liés au drainage de l'aquifère en amont du captage, drainage par les gravières subissant une extension vers l'amont.

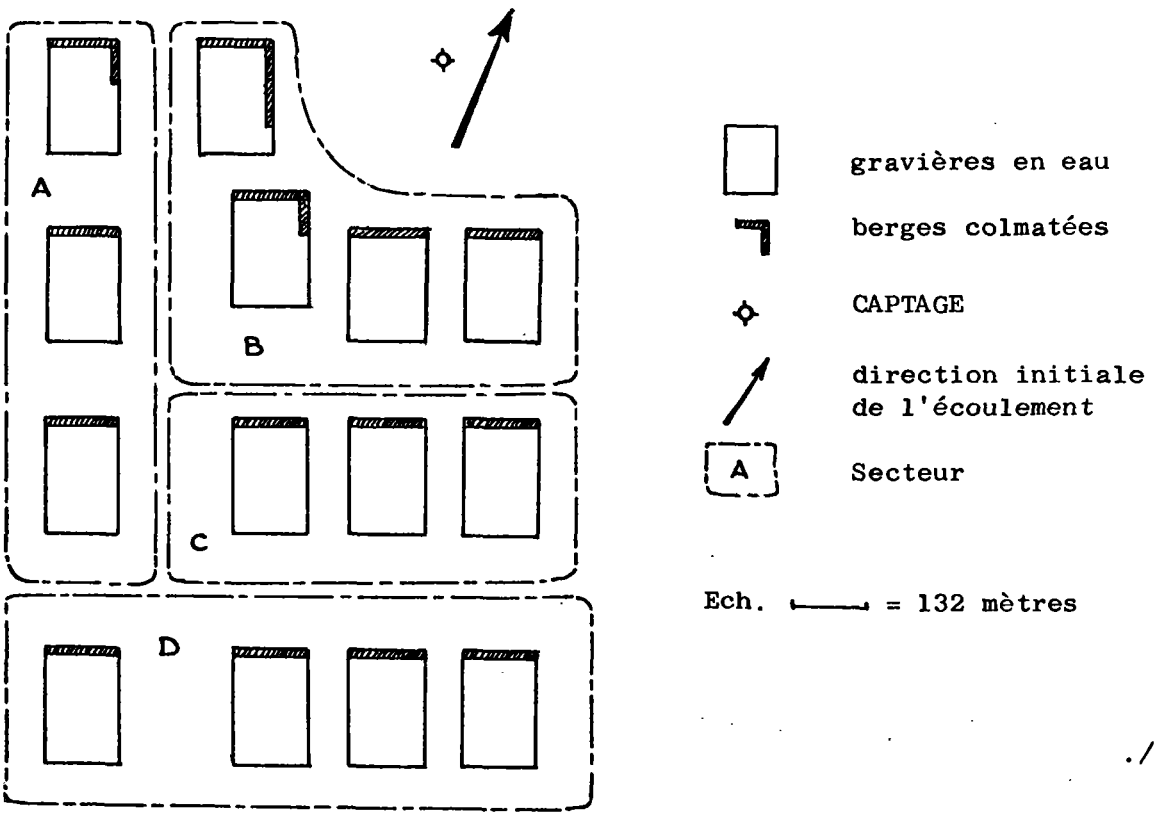
L'hypothèse d'un colmatage plus ou moins important devant dans tous les cas être retenue, il s'avère qu'à proximité immédiate du périmètre de protection rapproché du captage, les réductions de productivité de celui-ci ne peuvent être combattues par des extensions même importantes des gravières vers l'amont, celles-ci devant jouer le rôle de drains.

6.3.2.3 - Interférences des effets des gravières

Afin d'examiner les effets liés à l'ouverture en amont du captage d'un nombre important de gravières, et de préciser les interférences des effets dus à celles-ci, 6 simulations ont été entreprises après la simulation relative au schéma n°9.

Les 6 premiers schémas testés (schémas n° 9 à 14) comprennent l'ensemble ou une partie des secteurs représentés ci-dessous, secteurs dans chacun desquels 3 ou 4 gravières de 132 x 200 m ont été prises en compte.

Secteurs d'implantation des gravières à l'amont du captage



./...

Il a été admis que toutes les gravières présentaient un colmatage de leurs berges "aval".

Le tableau ci-dessous reprend les divers secteurs de gravières pris en compte dans les schémas testés et les conséquences sur la productivité du captage.

schéma d'implantation	voir parag.	secteurs comprenant des gravières				nbre de gravières	R = réduction de productivité du captage
		A	B	C	D		
9	6.2.9		x			4	27
10	6.2.10	x		x	x	10	8
11	6.2.11	x	x	x		10	41,4
12	6.2.12		x	x		7	37,5
13	6.2.13	x			x	7	7
14	6.2.14	x	x	x	x	14	41,6

Plusieurs faits sont particulièrement nets.

Les schémas n° 10 et 13 créent des perturbations faibles (8 et 7 %) consécutifs à l'implantation de gravières à une distance minimale du captage de 600 mètres.

Le schéma n° 9 ne comportant que des gravières proches du captage a un effet important sur celui-ci (réduction R de 27 %). L'ouverture de gravières dans le secteur C augmente cet effet (R = 37,5 %) ; les ouvertures de gravières dans les secteurs A et D (schémas n° 11 et 14) ne modifiant plus que peu l'effet des secteurs B et C (R = 41,4 et 41,6 %).

On constate également que l'ouverture de gravières dans un nouveau secteur, peut avoir, compte tenu des secteurs déjà exploités par gravières, des effets très variables : les 2 résultats suivants déduits des simulations le démontrent :

. résultat 1

schéma étudié	secteurs exploités initialement	secteur exploité en plus	valeur de R (%)	variation de R entre les 2 schémas
9	B		27 %	-
12	B	C	37,5 %	10,5 %
13	A et D		7 %	-
10	A et D	C	8 %	1 %

. résultat 2

schéma	secteurs exploités	valeur de R (%)	variation de R (%)
13	A + D	7 %	-
10	A + D + C	8 %	1 %
14	A + D + C + B	41,6 %	33,6 %

Il en résulte,dans le domaine pratique, que toute décision d'ouverture de gravières dans une nouvelle zone doit tenir compte exactement des gravières existantes et de celles envisagées à plus long terme.

Il en résulte également que comparativement au cas où 14 gravières représentant 37,3 hectares seraient ouvertes (schéma n°14), créant ainsi une réduction de l'ordre de 41 % du débit du captage (59 % du débit initial), l'ouverture de 10 gravières ne représentant que 26,6 hectares, soit une diminution de 30 % en surface, pourrait ne provoquer, selon le schéma n°10, qu'une faible perturbation au droit du captage : le débit de celui-ci atteignant 92 % du débit initial, soit $\frac{92 - 59}{59}$ = 87 % de plus que précédemment.

Les chiffres ci-dessus n'impliquent pas, en réalité, une réduction des surfaces offertes aux gravières, mais simplement un éloignement de la zone des gravières du captage.

La contrainte consistant à ne pas ouvrir de gravières sur une zone de l'ordre de 600 mètres à l'amont du captage permettrait très vraisemblablement d'éviter de perturber de façon notable la productivité de celui-ci.

Un autre schéma d'implantation (schéma n°15, voir parag. 6.2.15) comparable au schéma n°14 mais dans lequel les 3 gravières situées dans le secteur B, directement à l'amont du captage, ont été déplacées de 66 mètres vers l'amont, a été testé. Il en résulte que la réduction de productivité du captage ne serait plus que de 35 %, valeur à comparer à la réduction de 41,6 % du schéma n°14.

Ce fait confirme nettement l'importance considérable de gravières implantées à proximité du captage et les perturbations notables qu'elles entrainent.

./...

6.3.2.4 - Comportement de gravières remblayées

3 simulations furent entreprises en considérant, pour des schémas d'implantations de gravières, un remblayage total ou partiel de celles-ci.

Dans la première phase de l'étude, des ouvrages d'essai réalisés dans des matériaux propres de remblais (terre végétale) avaient permis de déterminer une transmissivité de ce milieu égale à $T = 1,5.10^{-4} m^2/s$ correspondant à une perméabilité $k = 0,5.10^{-4}$ m/s.

Dans les simulations réalisées, le matériau de remblai a été supposé posséder ces mêmes caractéristiques.

Le schéma n°16 testé a repris la même disposition de gravières que celle du schéma n° 15.

On constate que le remblaiement des gravières provoque une réduction de productivité du captage de 40,6 %, comparable à la réduction de 35 % constatée dans le schéma n°15 : il semble évident que les gravières remblayées les plus proches du captage jouent un rôle identique à celui constaté dans le paragraphe précédent et que de ce fait, le remplacement de la surface en eau des gravières, terminée à l'aval par des berges colmatées c'est-à-dire imperméables, par un milieu dans son ensemble très peu perméable ne provoque que peu de modifications supplémentaires pour le captage.

Si donc, l'écartement entre les gravières remblayées reste de l'ordre de leur largeur, comme dans les cas simulés, la solution du remblaiement ne semble pas être pour le captage beaucoup plus néfaste que celle provoquant un colmatage naturel des berges.

Afin de tester l'influence de gravières remblayées proches du captage, deux schémas (n° 17 et 18) ont été simulés.

Dans le schéma n°17, 3 gravières remblayées ont été disposées à la périphérie amont du périmètre de protection rapprochée du captage. Ces gravières faisant 200 x 200 m, la réduction de productivité du captage atteint 47 %.

Dans le schéma suivant, n° 18, nous avons admis pour ces mêmes gravières que le remblai ne représentait que le tiers du volume exploité de sables et graviers, soit approximativement le volume de découverte dans le milieu alluvial considéré.

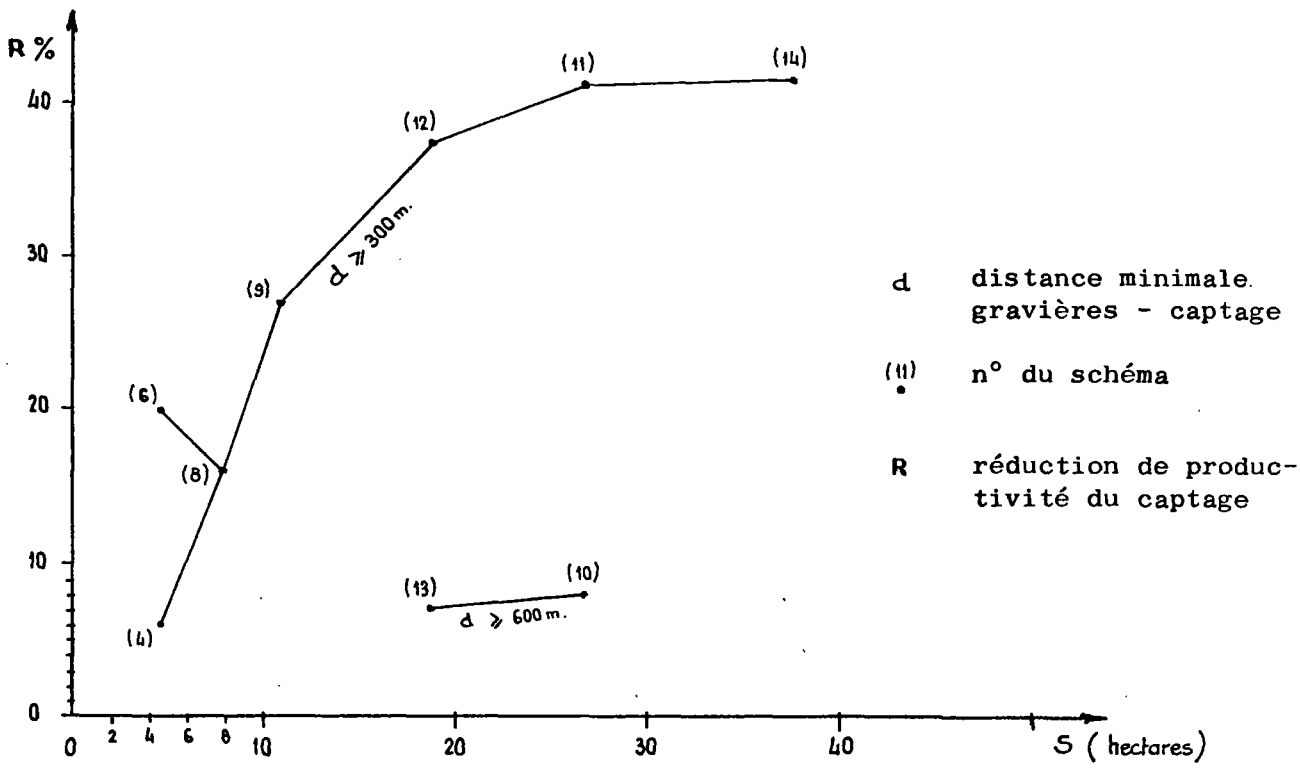
Ce remblai a été disposé dans l'axe des écoulements initiaux de milieu alluvial, au centre de la gravière : il a été nécessaire d'admettre que certaines berges se colmataient naturellement (voir schéma au paragraphe 6.2.18).

Dans ce cas, le débit du captage est réduit de 46 % soit un chiffre très proche du précédent indiquant ainsi que le maintien en eau de certaines parties des gravières ne devait pas, compte tenu du colmatage naturel des berges être la solution la mieux adaptée au problème.

6.3.3 - Variations de productivité du captage

En fonction du très grand nombre de paramètres régissant l'implantation, le nombre, les dimensions, les espacements, etc ... des gravières, nous avons porté ci-dessous la réduction de productivité du captage en fonction de la surface totale de gravières.

Les points ayant permis de tracer ce graphique sont relatifs aux schémas présentés précédemment et dans lesquels les gravières les plus proches étaient situées à la périphérie amont du périmètre rapproché, soit à 300 m du captage. Ces numéros des schémas sont portés entre parenthèses.



Variation de productivité du captage en fonction de la surface totale de gravières pour les schémas testés

./...

Bien que certains paramètres ne soient pas figurés sur ce graphique mais aient une influence notable sur la valeur du terme R, il ressort néanmoins que pour de faibles superficies de gravières, l'orientation de celles-ci et, par conséquent, le colmatage de berges plus ou moins longues qui en résulte, peut provoquer des variations importantes de R - (schéma n° 4 et 6).

Puis l'accroîssement des superficies exploitées indique une variation rapide de la réduction R, qui lorsque les gravières augmentent en nombre et en superficie à grande distance du captage (schémas n° 11, 12, 14) tend vers une valeur peu variable.

Dans le cas où les gravières ne sont implantées qu'à une distance de l'ordre de 600 mètres du captage, la réduction de débit R est nettement inférieure (schémas n° 10 et 13) pour une même superficie de gravières.

6.3.4 - Lignes d'écoulement de l'eau dans le milieu alluvial.

Le modèle mathématique utilisé pour tester les divers schémas d'implantation permettant d'obtenir au centre de chaque maille carrée, le niveau piézométrique d'équilibre, 4 schémas ont fait l'objet du tracé des courbes hydroisohypses et, par interprétation, des trajectoires des particules fluides dans la zone amont du captage.

6.3.4.1 - Trajectoires relatives au schéma d'implantation n° 7 (cf. parag. 6.2.7. et fig. 18)

On constate l'effet de drain provoqué par ces gravières supposées sans colmatage sur leurs berges. Par cet effet, l'eau peut traverser successivement plusieurs gravières et toutes les particules fluides atteignant le captage ont traversé au moins l'une des gravières situées à l'amont de celui-ci.

6.3.4.2 - Trajectoires relatives au schéma d'implantation n° 8 (cf. parag. 6.2.8 et fig. 19)

On constate l'effet d'écran constitué par les berges colmatées qui annule les effets de drain provoqués par les parties amont des gravières.

./...

A l'aval des berges colmatées, la baisse de niveau piézométrique avec le plan d'eau atteint en moyenne 0,50 m dans ce cas.

Comme pour la figure précédente, il convient de noter que les phénomènes de convergence ou de divergence des lignes de courant autour des gravières ne se propagent pas à des distances importantes aussi bien en amont qu'en aval de celles-ci.

6.3.4.3 - Trajectoires relatives au schéma d'implantation n°15 (cf. paragraphe 6.2.15 et fig. 20)

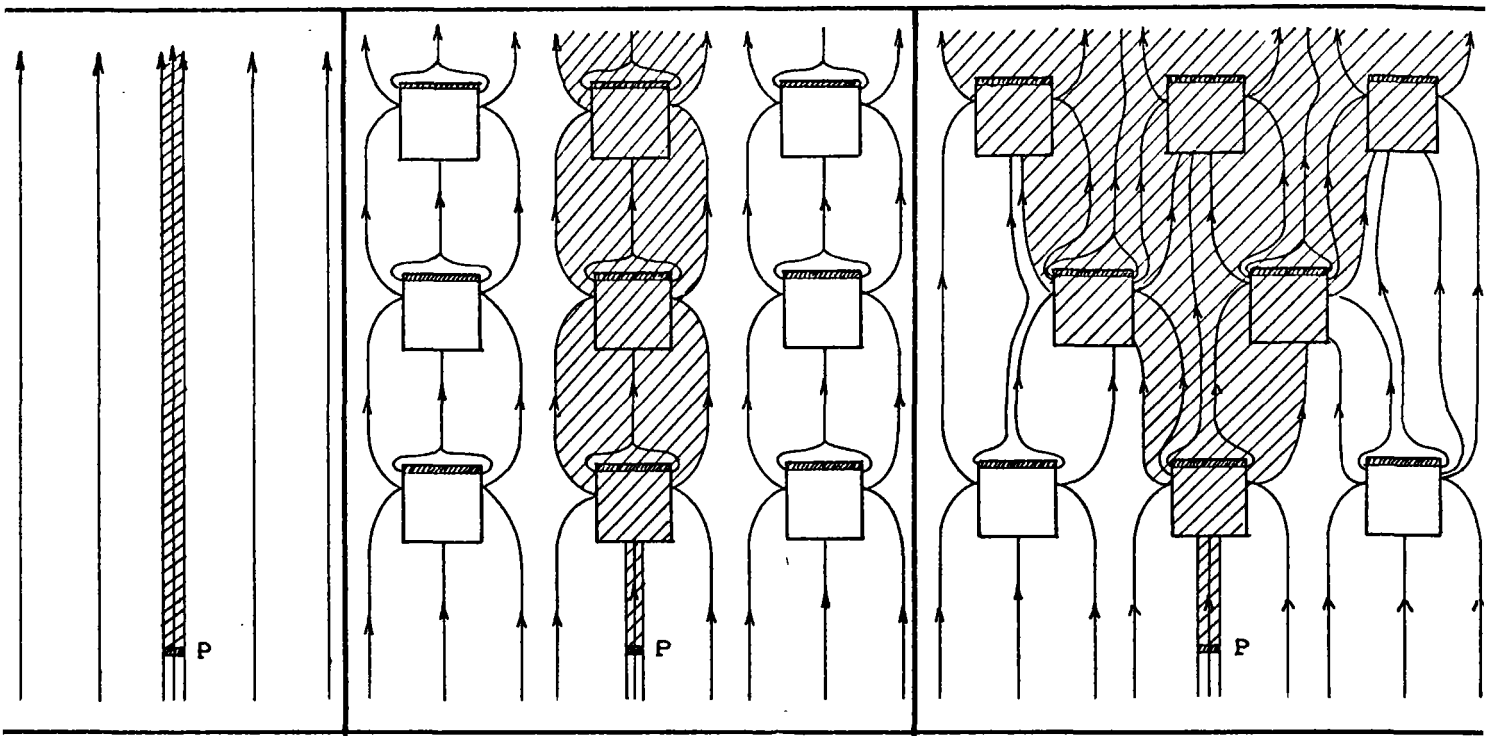
On constate la succession des phénomènes de convergence et de divergence des lignes de courant aux extrémités amont et aval des gravières.

De par leurs effets drainants, les gravières concentrent, à leur amont les trajectoires fluides : il en résulte que toute pollution se produisant dans les gravières situées les plus en amont, risque par ce phénomène et par le brassage naturel des eaux dans la gravière, de se propager non seulement dans le sens d'écoulement de la nappe comme cela se produirait dans le milieu vierge de toute exploitation, mais également latéralement d'une manière beaucoup plus accentuée du fait de la présence des gravières.

Ces trois schémas ci-après reprennent le cas, comparativement au milieu alluvial vierge - cas (a) - de gravières disposées en alignement - cas (b) - ou en quinconce - cas (c) - par rapport à la direction d'écoulement.

On constate que le cas (c) permet une propagation sur un front rapidement croîssant en largeur, alors que le cas théorique (b) limite dans l'espace la largeur de ce front.

Il apparaît ainsi qu'une disposition des gravières suivant des lignes correspondant aux trajectoires moyennes des particules fluides sera, pour le captage, un facteur de sécurité du point de vue pollution.



Propagation d'un produit P, avec dilution, sans dispersion latérale.

a) milieu alluvial vierge
b) disposition de gravières alignées
c) disposition de gravières en quinconce

Ligne de courant

Gravière avec berge aval colmatée

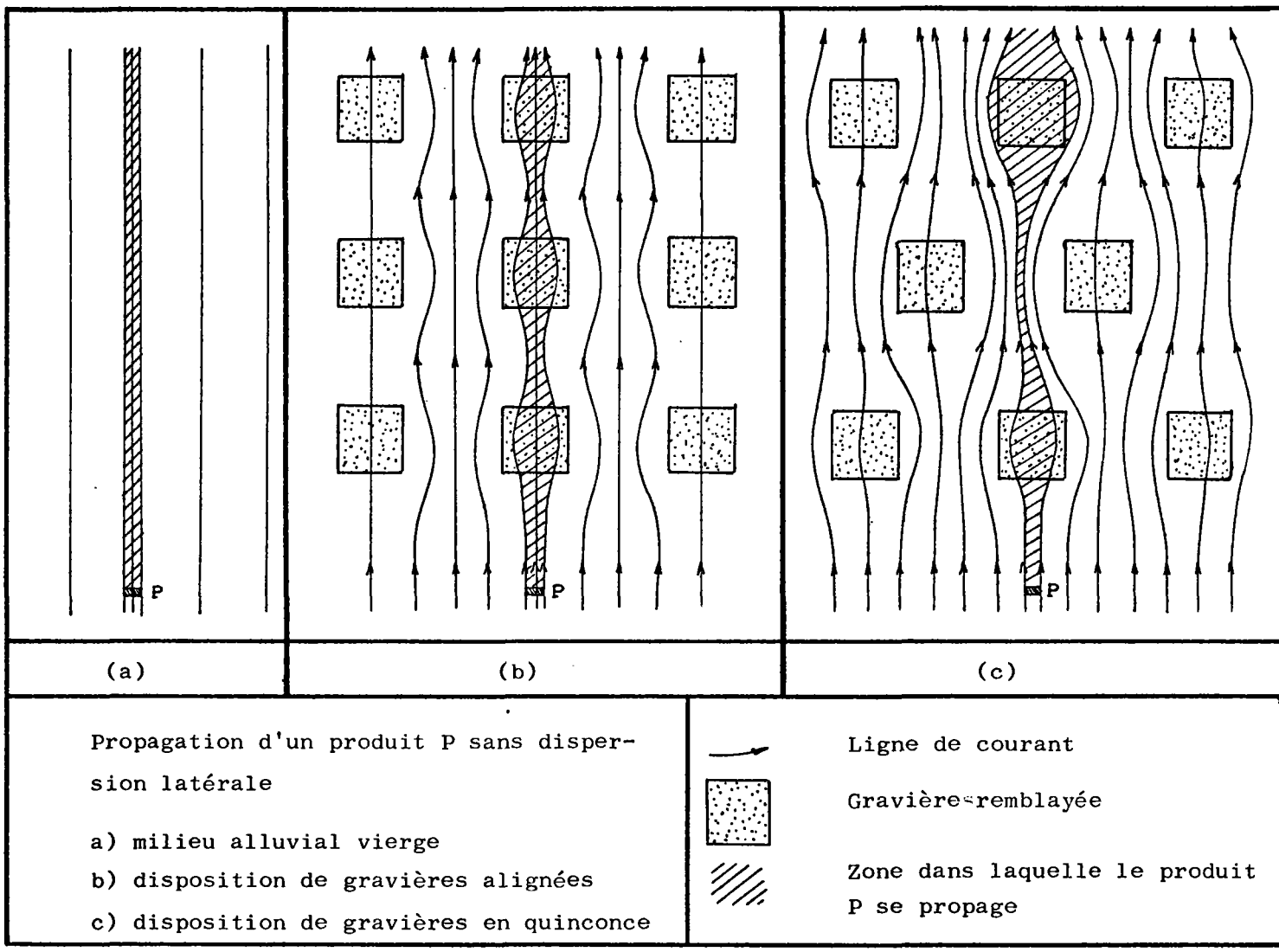
Zone dans laquelle le produit P dilué se propage.

6.3.4.4 - Trajectoires relatives au schéma d'implantation n° 16 (cf. paragraphe 6.2.16 et fig. 21)

Pour la même disposition des gravières que la figure précédente mais avec remblaiement de celles-ci, on constate que les trajectoires des particules fluides sont, autour des gravières, très différentes de celles constatées précédemment. Il y a divergence des trajectoires autour de la partie amont remblayée des gravières, mais convergence vers l'aval : ce phénomène étant dû au niveau piézométrique particulièrement bas que l'on constate sur la berge aval des gravières.

Néanmoins, les conclusions obtenues précédemment sur la disposition des gravières peuvent être appliquées ici : en effet, l'amont des gravières provoque, du fait de la médiocre qualité hydrodynamique du matériau de remblai, une divergence des trajectoires.

La disposition en quinconce des gravières, comme indiqué sur le cas (c) du schéma ci-dessous, montre que ces divergences peuvent étendre la propagation d'un produit à une zone plus large que pour la disposition en alignement des gravières.



./...

7 - CONCLUSIONS

Le contexte hydrogéologique dans lequel est implanté le captage du Fauga peut être considéré comme représentatif du milieu alluvial de la basse plaine de la Garonne dans la région toulousaine. Les divers schémas d'implantation de gravières qui ont été testés ont tenu compte des règles actuellement admises en ce qui concerne la définition de la zone de protection d'un captage.

Dans cette étude appliquée, présentant un caracère méthodologique, les nombreux schémas testés permettent de montrer les effets de divers modes d'implantation des gravières sur les captages.

Dans ces déductions, il a été considéré qu'une réduction de productivité d'un captage de l'ordre de 10 % était faible, ce pourcentage correspondant approximativement à la précision avec laquelle les débits pompés sur un ouvrage sont déterminés.

Les principaux effets à attendre sont ainsi les suivants :

—— A l'aval du captage, dans la direction de l'écoulement initial de la nappe, l'ouverture de gravières se colmatant naturellement ou remblayées serait en mesure, par l'effet de barrage provoqué, d'augmenter la productivité du captage. En respectant la dimension vers l'aval du périmètre rapproché du captage (150 à 250 m suivant le contexte hydrogéologique), les simulations réalisées montrent que tant que la longueur des gravières laissées en eau n'excède pas 200 à 250 m, l'effet de drains se produisant sur leurs berges est largement annulé par l'effet de barrage créé par leurs berges aval colmatées dans un délai plus ou moins bref.

Pour des gravières remblayées en totalité de matériau propre peu perméable, on observe que l'effet de ces gravières tendrait à augmenter la productivité du captage.

Dans le cas du remblaiement partiel des gravières (par exemple avec du matériau de découverte, qui ne représente en moyenne que le tiers du volume extrait), la manière dont ce remblai est disposé est

extrèmement importante : ainsi si ce remblai est déposé en bordure de la berge amont, il aura pour effet d'annuler partiellement ou en totalité l'effet de drainage de la gravière et éventuellement la productivité de l'ouvrage sera maintenue, voire accrue. Il conviendra toujours d'examiner les conséquences d'une telle disposition des remblais sur le comportement de la nappe à l'aval de la gravière.

—— De part et d'autre du captage, relativement à la direction de l'écoulement initial, deux observations principales peuvent être faites.

Dans le cas de gravières remblayées, tant que leurs berges ne se trouvent pas à une distance légèrement supérieure à la largeur initiale du périmètre rapproché, leurs effets sur la productivité du captage est négligeable, du fait qu'elles n'induisent qu'une très faible variation de la concentration des lignes de courant dans l'aire d'influence du captage. Par exemple, dans le contexte étudié, cette distance serait de l'ordre de 300 mètres. Au-delà de cette distance, de part et d'autre du captage, des gravières d'une superficie de l'ordre de 4 hectares espacées latéralement entre elles de 200 m, ne créent pas dans le milieu aquifère des zones de concentration importante des trajectoires, et par conséquence, influencent peu la productivité du captage.

Dans le cas de gravières non remblayées, mais présentant principalement, après un certain laps de temps, un colmatage de leurs berges aval, la distance latérale indiquée ci-dessus peut-être accrue. Ainsi, dans les schémas testés, des implantations de gravières à des distances de l'ordre de 400 m indiquent des variations de productivité du captage de l'ordre de 10 %. Au-delà de cette distance, les mêmes considérations de tailles et d'espacements de gravières que précédemment peuvent être retenues.

—— A l'amont du captage, région qui constitue la zone d'appel des eaux vers celui-ci, les considérations suivantes sont à prendre en compte.

- A la prériphérie amont du périmètre rapproché du captage, l'orientation de gravières en eau de faibles dimensions (environ 70 x 130 m) a une influence sur la productivité du captage.

De telles gravières, dont les berges aval se colmateraient et dont la plus grande dimension serait axée perpendiculairement à la direction de l'écoulement initial de la nappe, réduiraient de 20 % environ la productivité du captage, alors qu'une orientation dans le sens de l'écoulement ne provoquerait qu'une réduction de l'ordre de 5 % du débit du captage.

- Pour des gravières non remblayées et de dimensions plus adaptées aux contraintes pratiques d'exploitation, les point suivants apparaissent :

• A la périphérie amont du périmètre rapproché du captage (250 à 300 m du captage), l'implantation de gravières de forme carrée de dimensions 150 x 150 m et espacées latéralement de 100 m est celle qui entraine une réduction faible (10 %) de productivité du captage.

Ces dimensions ont été recherchées en examinant les effets de gravières de tailles plus faibles, mais susceptibles d'être implantées en plus grand nombre et le cas de gravières plus étendues où le colmatage se produirait sur des longueurs de berges plus élevées.

• Le remblaiement partiel ou total de telles gravières, avec un matériau propre de perméabilité environ 100 fois moindre à celle du milieu alluvial aurait un effet considérable sur la productivité du captage qui pourrait décroître de près de 50 %.

• En considérant des gravières de 130 x 200 m, à berges aval colmatées, il est apparu que le fait de les implanter au-delà d'une zone s'étendant à 600 mètres à l'amont du captage, n'entraine pas de réduction importante de la productivité du captage. Au-delà de cette zone, l'implantation de telles gravières, ayant leur plus grande dimension dans la direction de l'écoulement initial de la nappe, expacées latéralement de 150 mètres environ et distantes dans la direction de l'écoulement initial de 200 mètres, ne devrait entrainer que des perturbations minimes au droit du captage.

De plus, le respect d'un alignement de ces gravières dans la direction de l'écoulement réduirait la variation attendue de productivité du captage et permettrait d'éviter au maximum l'élargissement du front de propagation d'une pollution déversée très en amont du captage.

Dans le cas du remblaiement de ces mêmes gravières, les mêmes règles d'implantation et de disposition entrainent des conséquences identiques.

En supposant qu'une réduction de la productivité d'un captage, implanté dans le contexte hydrogéologique étudié, ne dépassant pas 10 % puisse être admise, il a été possible, à titre indicatif, de définir un schéma d'implantation des gravières - en eau ou colmatées - respectant ce taux - Ce schéma est repris sur la figure de la page 49.

Il doit être souligné que les implantations recommandées sont celles relatives à des gravières implantées à une distance inférieure à 2 kilomètres du captage. Au-delà de celle-ci, la création de gravières de tailles supérieures avec des espacements moindres, ne devrait avoir que des effets difficilement mesurables dans la mesure ou l'on ne crée pas un barrage important du fait des colmatages et des remblaiements, à l'écoulement naturel de la nappe.

---oOo----

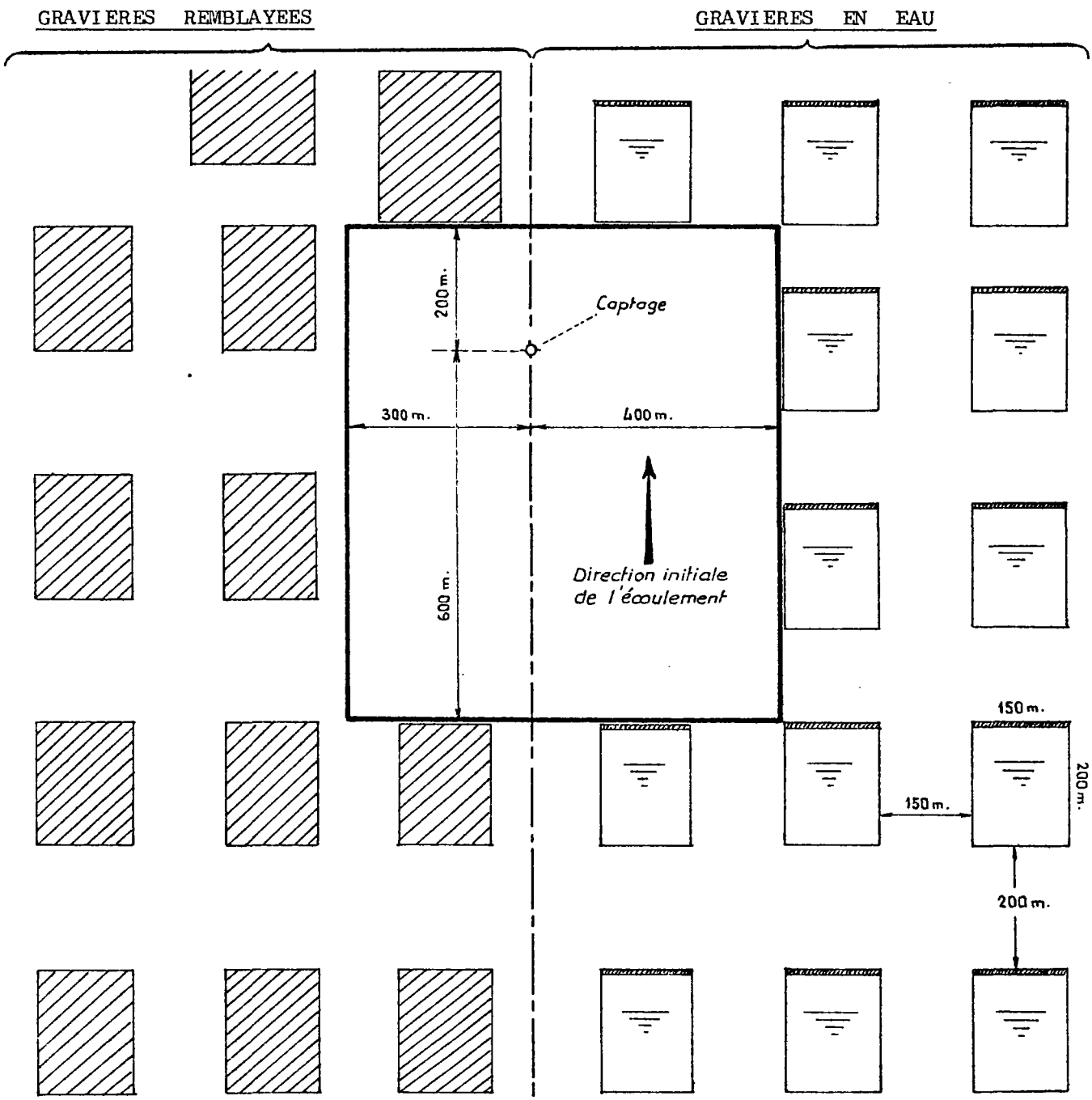
IMPLANTATION DE GRAVIERES - SCHEMA PROPOSE

DANS LE CONTEXTE DE LA PLAINE ALLUVIALE DE LA GARONNE

-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-

VALEURS MOYENNES

- MILIEU ALLUVIAL ... K = 10^{-2} m/s
  épaisseur = 4 m
- REMBLAI ..... K = $0,5 . 10^{-4}$ m/s



- COMPLEMENT - Evaluation des modifications des abaissements de niveau dans les captages permettant d'annuler les variations de productivité consécutives à l'implantation de gravières suivant différents schémas.

L'examen des conséquences, sur la productivité du captage considéré, de l'implantation de gravières colmatées ou remblayées a été établi en utilisant un index de référence. Celui-ci fut choisi de manière à faire abstraction des caractéristiques propres de l'ouvrage de captage (diamètre, crépine) qui peuvent induire, par les pertes de charges provoquées, une baisse de niveau supplémentaire dans l'ouvrage lui-même.

Cet index fut le coefficient de réduction de la productivité du captage correspondant au débit exploitable dans la maille représentative de l'ouvrage (dans le modèle de simulation) pour un même niveau sur cette maille que celui correspondant au cas où aucune gravière n'était implantée dans la zone de référence.

Ce niveau ayant été déterminé pour les conditions moyennes d'exploitation de l'ouvrage (5 l/s), l'intex était alors $r = 1 - \frac{Qi}{Q_o}$

Q_i : débit avec le schéma i de gravières
Q_o : débit sans gravière implantée

Dans le but de préciser les conditions pratiques d'exploitation des ouvrages de captages, de nouvelles simulations ont été réalisées en maintenant le même débit d'exploitation de l'ouvrage et en examinant les abaissements supplémentaires de niveau consécutifs, résultant de divers schémas d'implantation de gravières.

6 des 18 schémas examinés précédemment ont été repris afin d'effectuer une comparaison entre les accroissements de rabattement et les réductions de productivité antérieurement déduites.

Il a été nécessaire de se fixer le diamètre réel du captage étudié afin d'obtenir des valeurs du rabattement dans cet ouvrage. Deux

diamètres furent pris en compte : $\emptyset_1$ = 1,50 m et $\emptyset_2$ = 0,80 m.

1. PROCEDURE DE CALCUL

La procédure a compris trois types de simulations successives.

1.1. Simulation de l'état non perturbé

Une simulation de la zone d'étude fut entreprise en n'imposant aucune gravière et en l'absence de pompage dans l'ouvrage : le niveau statique au droit de celui-ci fut obtenu.

1.2. Simulation de l'état actuel

Au cours de celle-ci le débit imposé (5 l/s) permit de calculer le rabattement au droit de l'ouvrage.

La simulation fournissant dans la maille représentative de l'ouvrage le niveau correspondant à celui d'un ouvrage de rayon $H_m = a\, e^{-/2}$ (a étant la cote de la maille), un calcul annexe permit d'obtenir le niveau dans l'ouvrage de rayon r_p d'après la formule d'écoulement en nappe libre

$$Q = k \frac{H_m^2 - H_P^2}{\ln \frac{R_m}{r_p}}$$

H_m hauteur d'eau au droit du rayon R_m

H_p hauteur d'eau au droit du rayon r_p (c'est-à-dire dans le puits)

k perméabilité du milieu aquifère local (k = 35 10^{-4} m/s

Q débit moyen (5 l/s)

D'où

$$H_p = \sqrt{H_m^2 - \frac{Q \ln \frac{R_m}{r_p}}{k}}$$

1.3. Simulation de divers schémas de gravières

Les schémas 9, 10, 13, 14, 15 et 16 furent repris du fait de leur représentativité des problèmes possibles liés aux gravières.

6 simulations correspondantes furent entreprises suivant la même méthodologie que celle exposée ci-dessus, et permirent de définir les valeurs et les variations du rabattement dans l'ouvrage.

L'ensemble des résultats est repris dans le tableau ci-après, les présentations des schémas testés étant portées sur les six figures jointes.

2. EXAMEN DES RESULTATS

Pour les deux types d'ouvrages considérés, on constate en premier lieu que l'influence du diamètre de ceux-ci modifie peu les accroissements de rabattements liés aux divers schémas testés.

On remarque que pour le schéma 9 (gravières en périphérie du périmètre rapproché du captage) la réduction de productivité du captage (27 %) et l'accroissement de rabattement nécessaire à l'exploitation du débit de référence (0,18 m pour 0,60 m, soit 30 %) sont dans le même rapport.

Pour des gravières éloignées (schémas 10 et 13) les perturbations restent faibles et les accroissements de rabattements ne sont que de quelques pour cent (5 % et 3 %).

Pour la totalité des gravières implantées (schémas 14 et 15), les rabattements devraient s'accroître respectivement de 0,17 et 0,16 m par rapport à la valeur initiale (0,60 m) correspondant à un accroissement moyen de l'ordre de 30 %.

En ce qui concerne les gravières remblayées (schéma 16), les conséquences sur l'ouvrage sont maximales puisque les augmentations de rabattement nécessaires à l'exploitation du même débit atteignent 33 % (0,20 m pour 0,60 m).

3. CONCLUSIONS

Plus que les valeurs brutes de ces résultats, les comportements suivant les divers schémas montrent que les productivités des ouvrages et les accroissements de rabattement nécessaires à l'obtention d'un débit de référence varient dans des proportions comparables mais opposées.

Une réduction de productivité ($r_i = 1 - \frac{Q_1}{Q_o}$) consécutive à un schéma i d'éléments perturbateurs peut ainsi être reliée approximativement au pourcentage d'augmentation du rabattement $P_i = \frac{\Delta i - \Delta o}{\Delta_o}$ par une relation de type :

$$r_i \# P_i$$

lorsque les conditions moyennes de prélèvement sur le captage ne provoquent pas un rabattement dans l'ouvrage dépassant environ 25 % de la hauteur initiale d'eau.

Les résultats énoncés précédemment et relatifs à la productivité d'un captage peuvent donc
- pour des captages d'un diamètre de l'ordre du mètre,
- en faisant abstraction des pertes de charge dans les crépines,

être transposés à des <u>évaluations</u> de l'accroissement du rabattement nécessaire à l'exploitation du même débit par la méthode simple suivante

ouvrage P { production en l'absence de gravière : Q_o ; rabattement moyen : Δ_o

schéma de gravière produisant une réduction de production r (en %)

accroissement probable du rabattement pour le débit Q_o :

$$(\Delta - \Delta_o) \# \Delta_o \times \frac{r}{100}$$

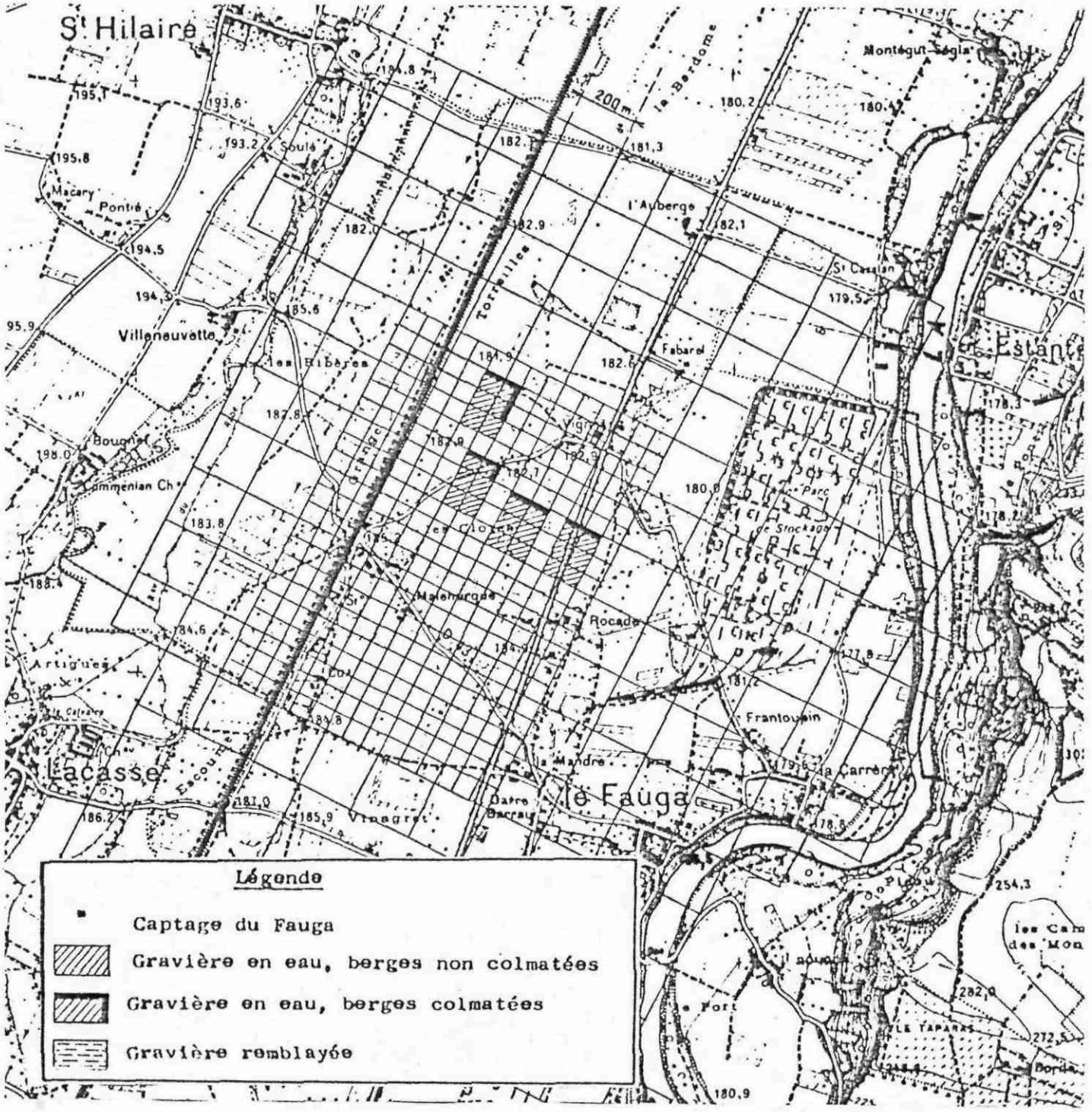
SCHEMA 9

4 gravières de 130 x 200 m en bordure amont du périmètre rapproché du captage. Colmatage des berges avals.

Superficie totale : 10,6 hectares.

- Même condition de rabattement au puits) qu'avant l'implantation des gravières) réduction de productivité : 27 %

- Même condition de productivité au puits : accroissement du rabattement : 30 % (diamètre Ø = 1,50 m)

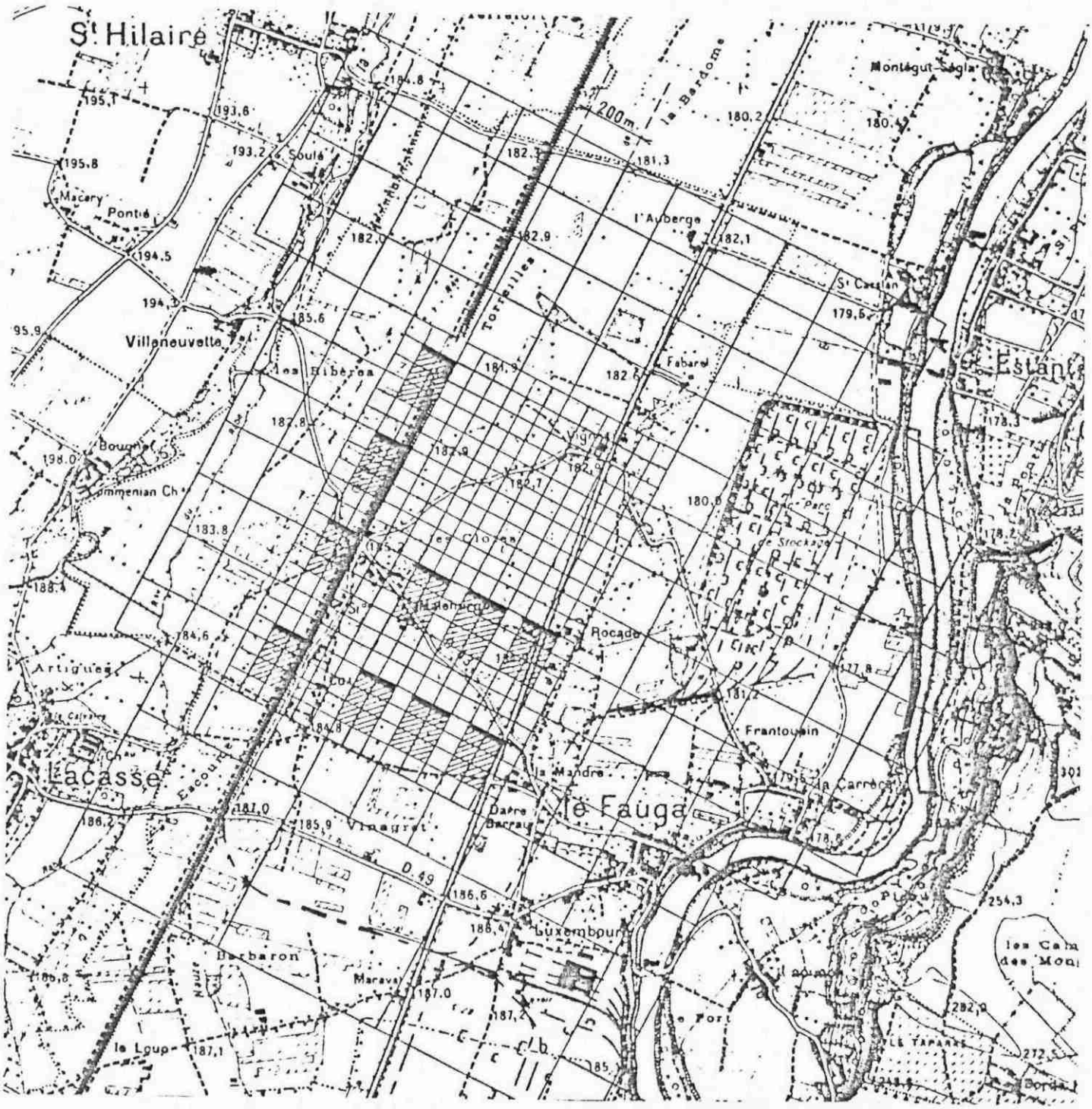


SCHEMA 10

10 gravières de 130 x 200 m éloignées du captage. Colmatage des berges avals.

Superficie totale : 26,6 hectares.

- Même condition de rabattement au puits qu'avant l'implantation des gravières) réduction de productivité : 8 %
- Même condition de productivité au puits (diamètre Ø = 1,50 m) : accroissement du rabattement: 5 %

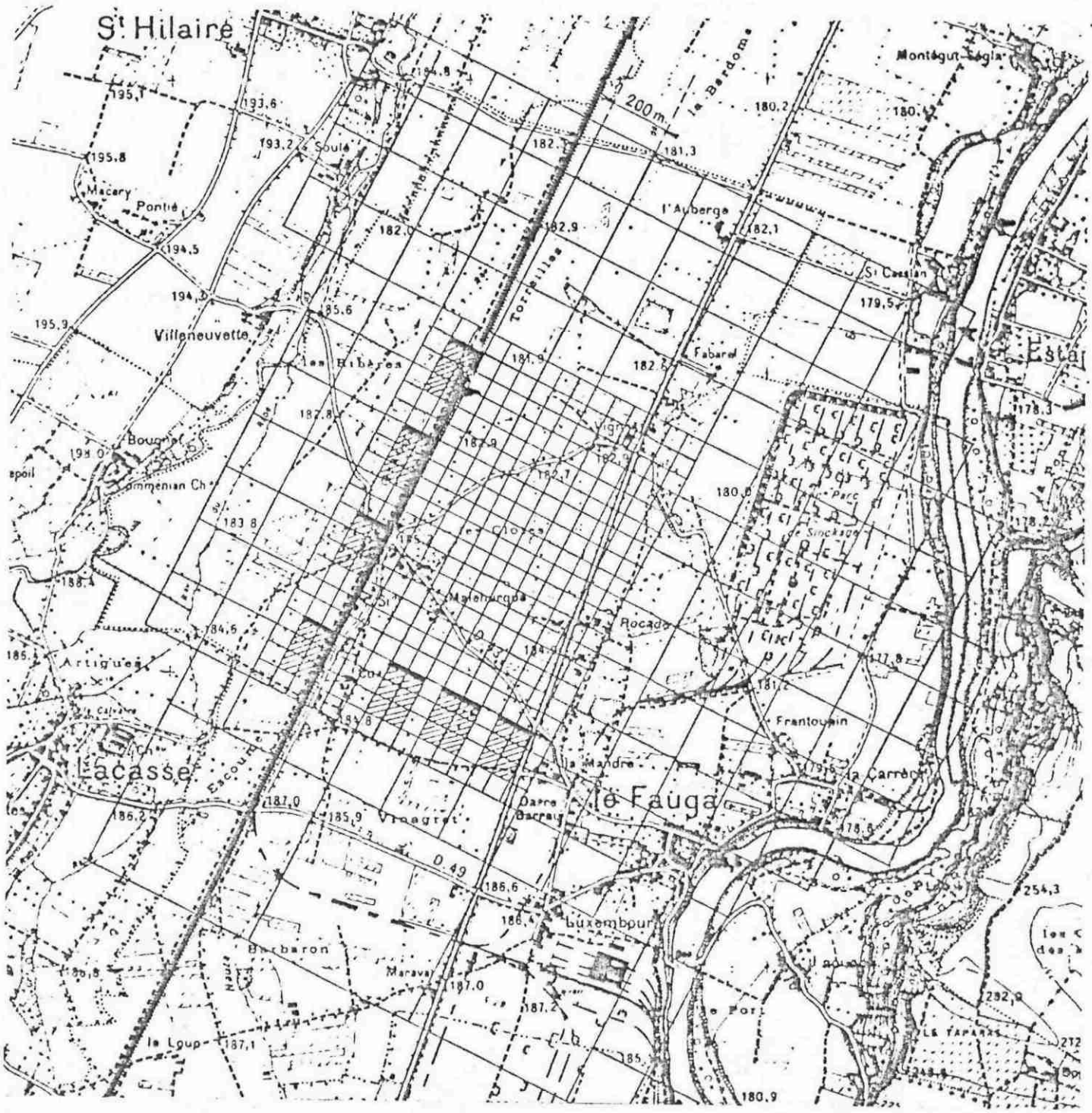


SCHEMA 13

7 gravières de 130 x 200 m éloignées en amont du captage. Colmatage des berges avals.

Superficie totale : 18,7 hectares.

- Même condition de rabattement au puits qu'avant l'implantation des gravières) réduction de productivité : 7 %
- Même condition de productivité au puits (diamètre Ø = 1,50 m) : accroissement du rabattement : 3 %



SCHEMA 14

14 gravières de 130 x 200 m en amont du captage. Colmatage des berges avals.

Superficie totale : 37,3 hectares.

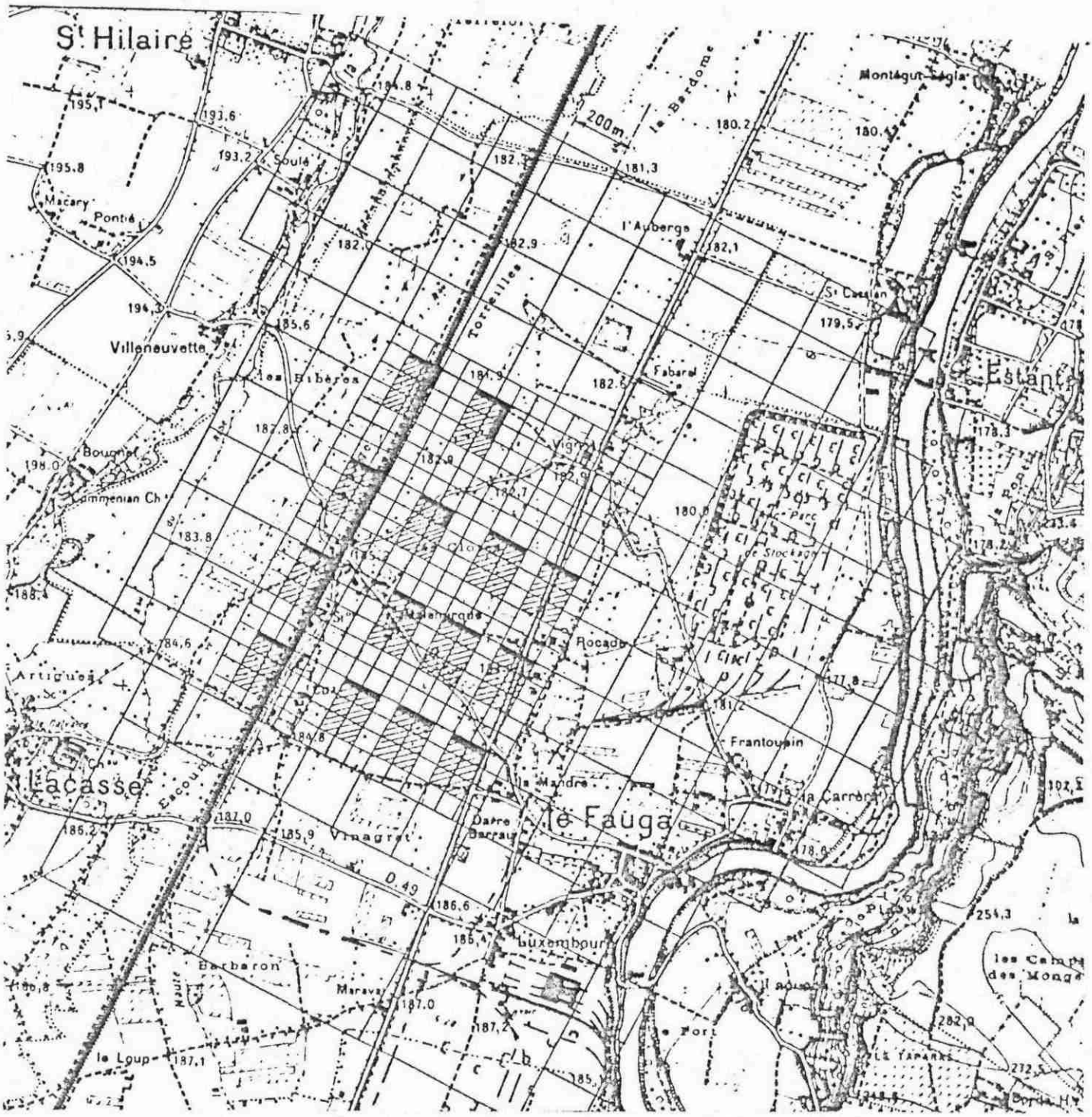
- Même condition de rabattement au puits qu'avant l'implantation des gravières) réduction de productivité : 41,6 %
- Même condition de productivité au puits (diamètre Ø = 1,50 m) : accroissement du rabattement : 28 %

SCHEMA 15

14 gravières de 130 x 200 m en amont du captage. Colmatage des berges avals.

Superficie totale : 37,3 hectares

- Même condition de rabattement au puits qu'avant l'implantation des gravières) réduction de productivité : 35 %
- Même condition de productivité au puits (diamètre Ø = 1,50 m) : accroissement du rabattement : 26 %



SCHEMA 16

14 gravières totalement remblayées en amont du captage.
Perméabilité du remblai $k = 0,5\ 10^{-4}$ m/s

Superficie totale : 37,3 hectares

- Même condition de rabattement au puits qu'avant l'implantation des gravières) réduction de productivité : 40,6 %
- Même condition de productivité au puits (diamètre Ø = 1,50 m) : accroissement du rabattement : 33 %

Cas étudié	cote substratum (m)	niveau maille Hm (m)	hauteur d'eau Hm (m)	hauteur d'eau H_p (m)	rabattement $\Delta = H_o - H_p$ (m)	accroissement rabattement $\Delta - \Delta_1$ (m)	% d'accroissement (m)	hauteur d'eau H_p (m)	rabattement $\Delta = H_o - H_p$ (m)	accroissement rabattement $\Delta - \Delta_1$ (m)	% d'accroissement (m)	réduction de productivité cf. rapport B.R.G.M. 75 132 MPY	débit d'alimentation limite SUD modèle (l/s)	pourcentage de variation du débit Q / Q'_o
Puits non exploité nappe vierge	177,80	180,62	H_o = 2,823										Q'_o = 61,50	
Puits exploité Q = 5 l/s aucune gravière		180,21	2,406	2,227	Δ_1 = 0,60			2,162	Δ_1 = 0,66				61,50	-
Puits Q = 5 l/s gravières schéma 9		180,04	2,238	2,045	0,78	0,18	30 %	1,974	0,85	0,19	29 %	27 %	61,58	0,13 %
Puits Q = 5 l/s gravières schéma 10		180,17	2,373	2,192	0,63	0,03	5 %	2,125	0,70	0,04	6 %	8 %	61,85	0,57 %
Puits Q = 5 l/s gravières schéma 13		180,18	2,386	2,206	0,62	0,02	3 %	2,140	0,68	0,02	3 %	7 %	61,86	0,58 %
Puits Q = 5 l/s gravières schéma 14		180,04	2,244	2,051	0,77	0,17	28 %	1,981	0,84	0,18	27 %	41,6 %	861,86	0,58 %
Puits Q = 5 l/s gravières schéma 15		180,05	2,249	2,057	0,76	0,16	26 %	1,986	0,83	0,17	26 %	35 %	61,88	0,62 %
Puits Q = 5 l/s gravières schéma 16		180,02	2,217	2,022	0,80	0,20	33 %	1,950	0,87	0,21	32 %	40,6 %	59,44	3,3 %

diamètre du puits ø = 1,50 m

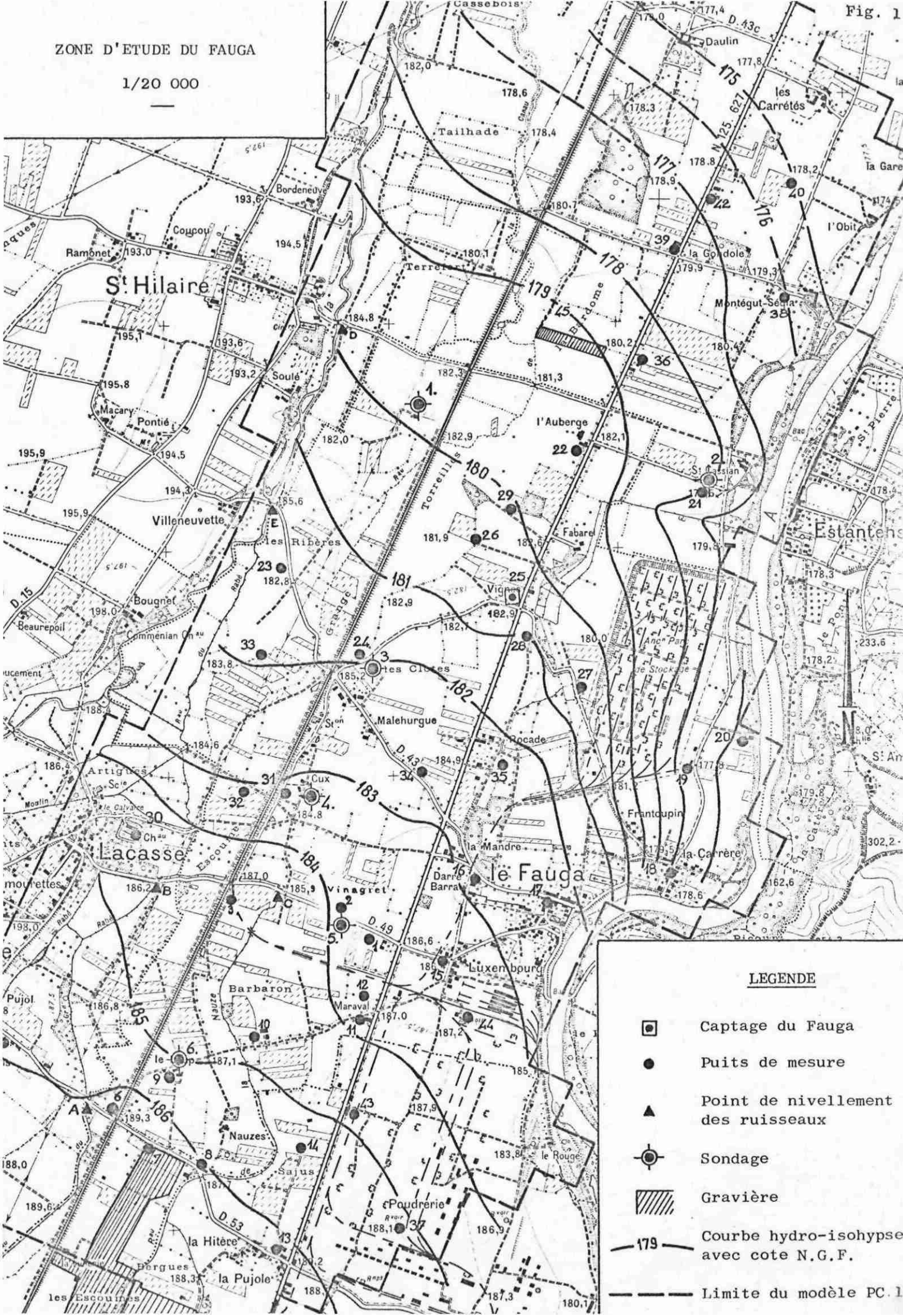
diamètre du puits ø = 0,80 m

- FIGURES ET ANNEXES -

Fig. 1

ZONE D'ETUDE DU FAUGA

1/20 000



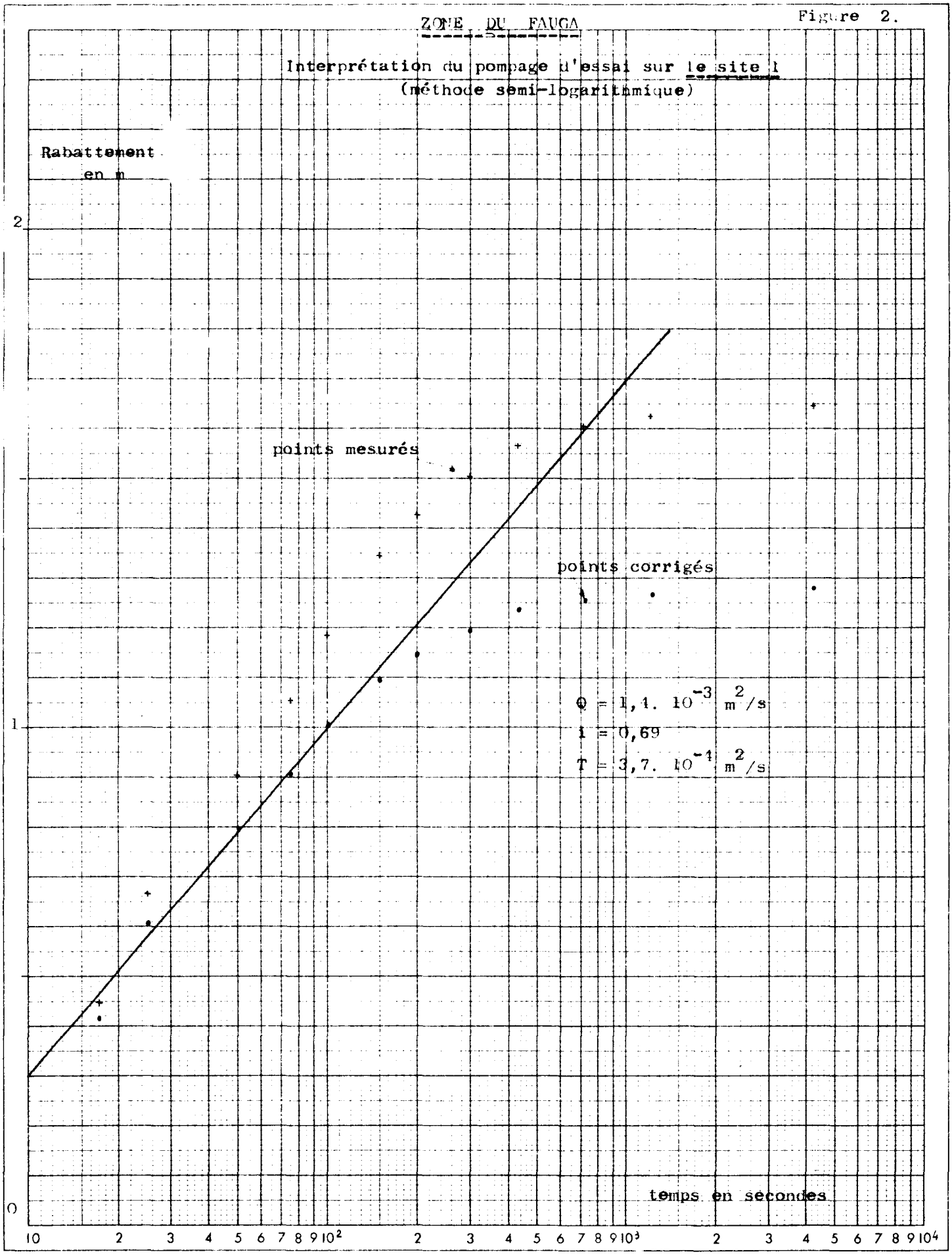
LEGENDE

- Captage du Fauga
- Puits de mesure
- Point de nivellement des ruisseaux
- Sondage
- Gravière
- 179 — Courbe hydro-isohypse avec cote N.G.F.
- — — — Limite du modèle PC.1

ZONE DU FAUGA

Figure 2.

Interprétation du pompage d'essai sur le site 1
(méthode semi-logarithmique)



N° 2020

Figure 3.

ZONE DU FAUGA

Interprétation du pompage d'essai sur le site 1
(méthode bilogarithmique)

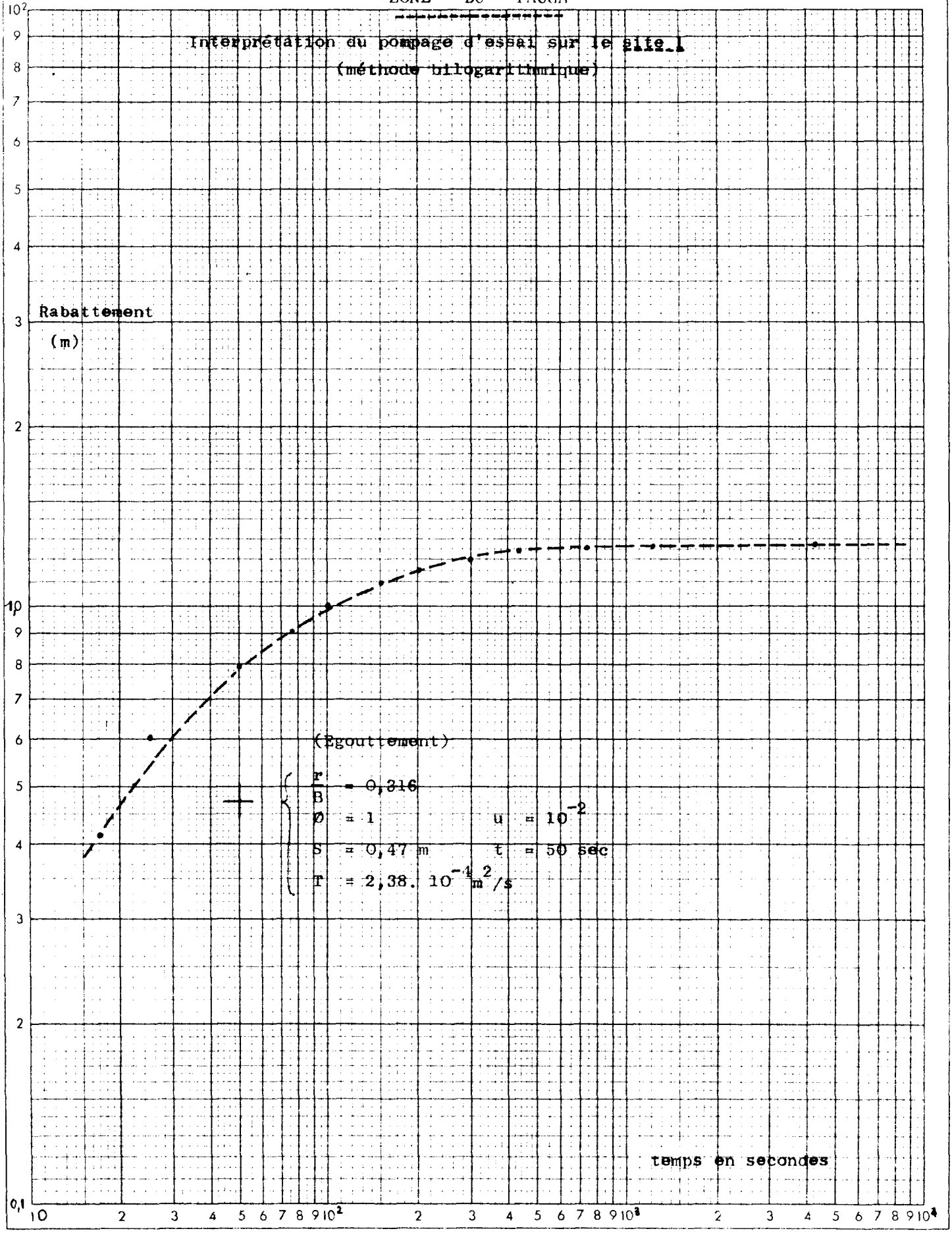
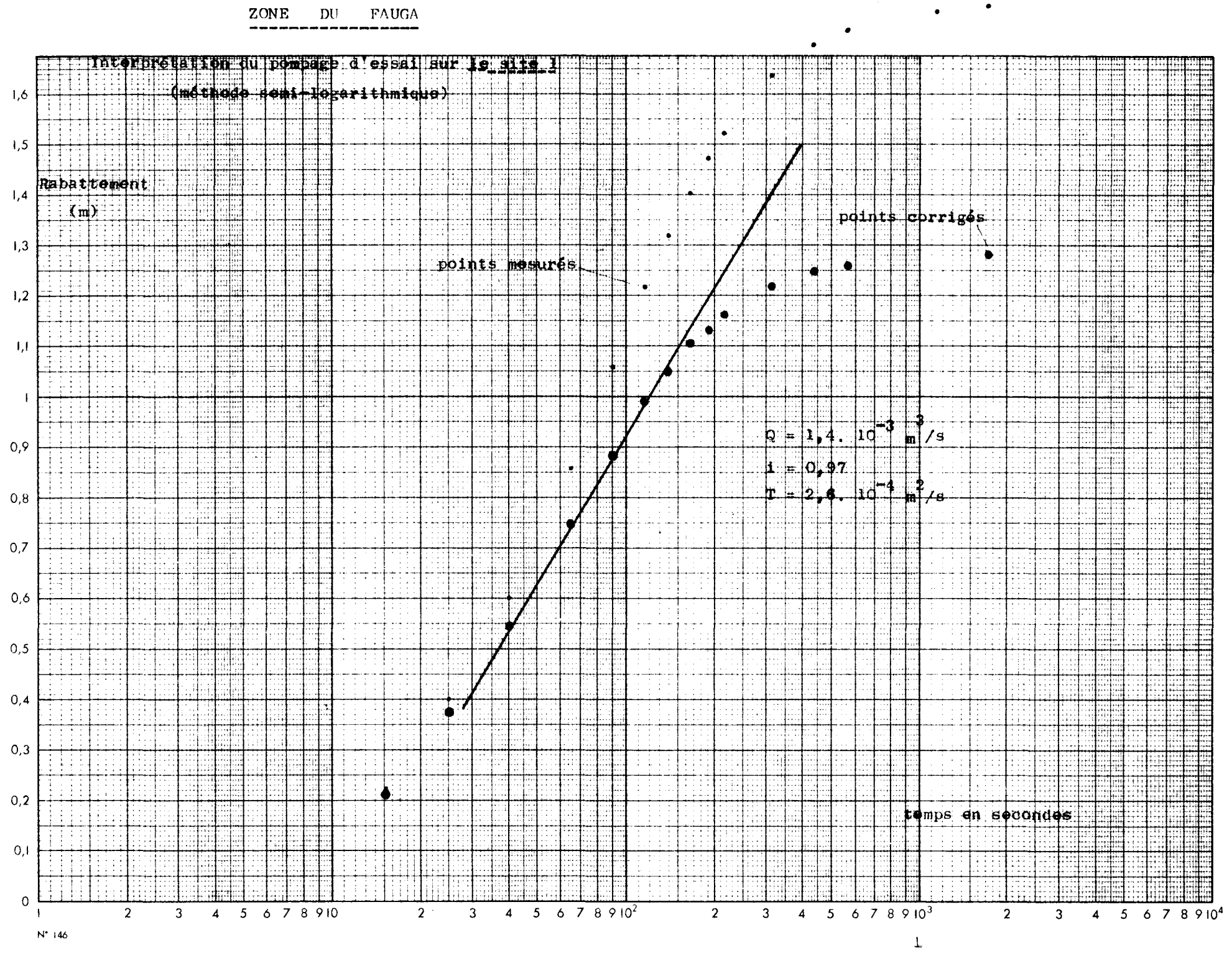


Figure 4.

ZONE DU FAUGA



N° 146

ZONE DU FAUGA

Figure 5.

Interprétation du pompage d'essai sur le site 2

Courbe de descente (Méthode semi-logarithmique)

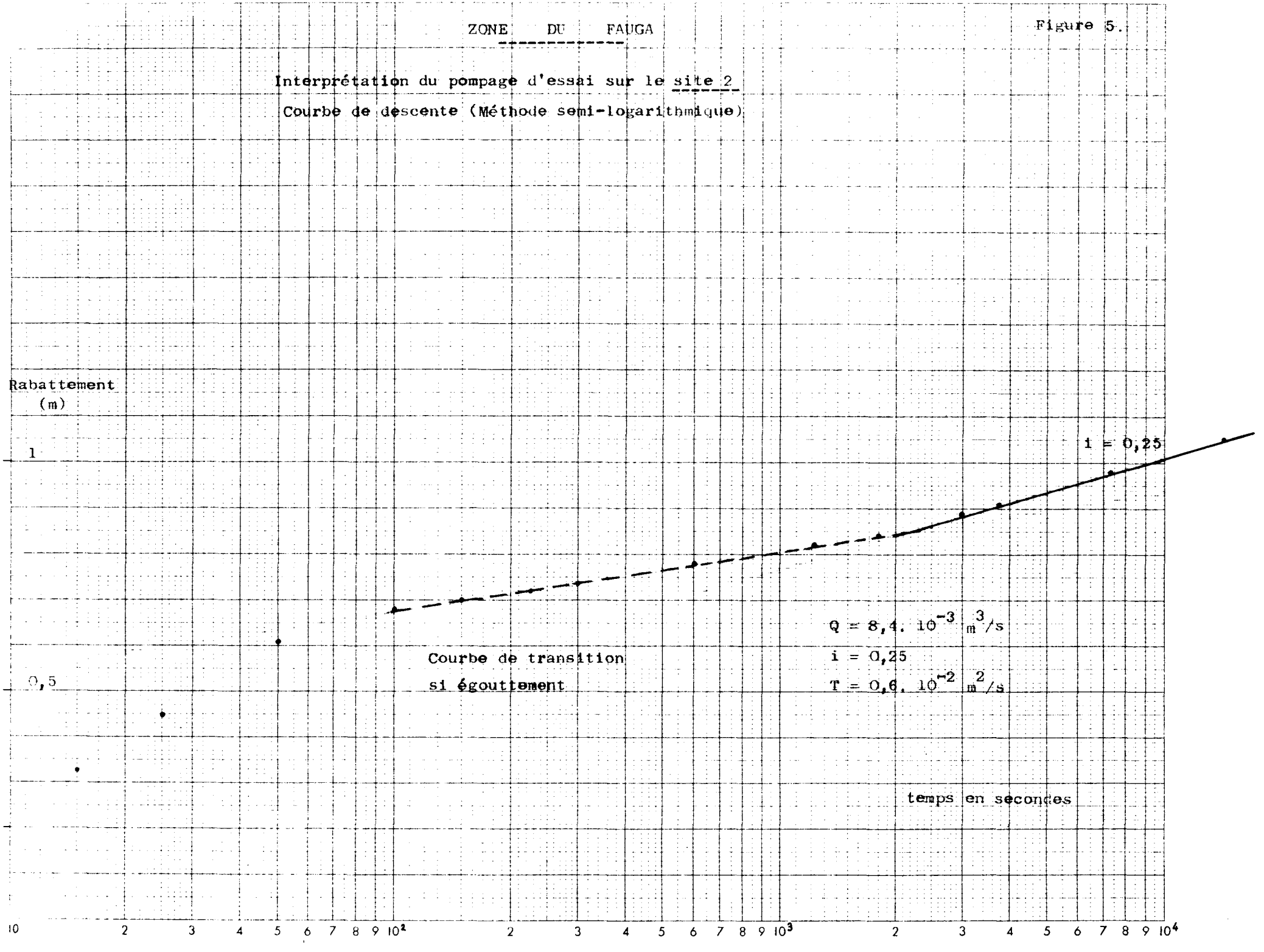


Figure 6.

ZONE DU FAUGA

Interprétation du pompage d'essai sur le site 2

Courbe de remontée (Méthode semi-logarithmique)

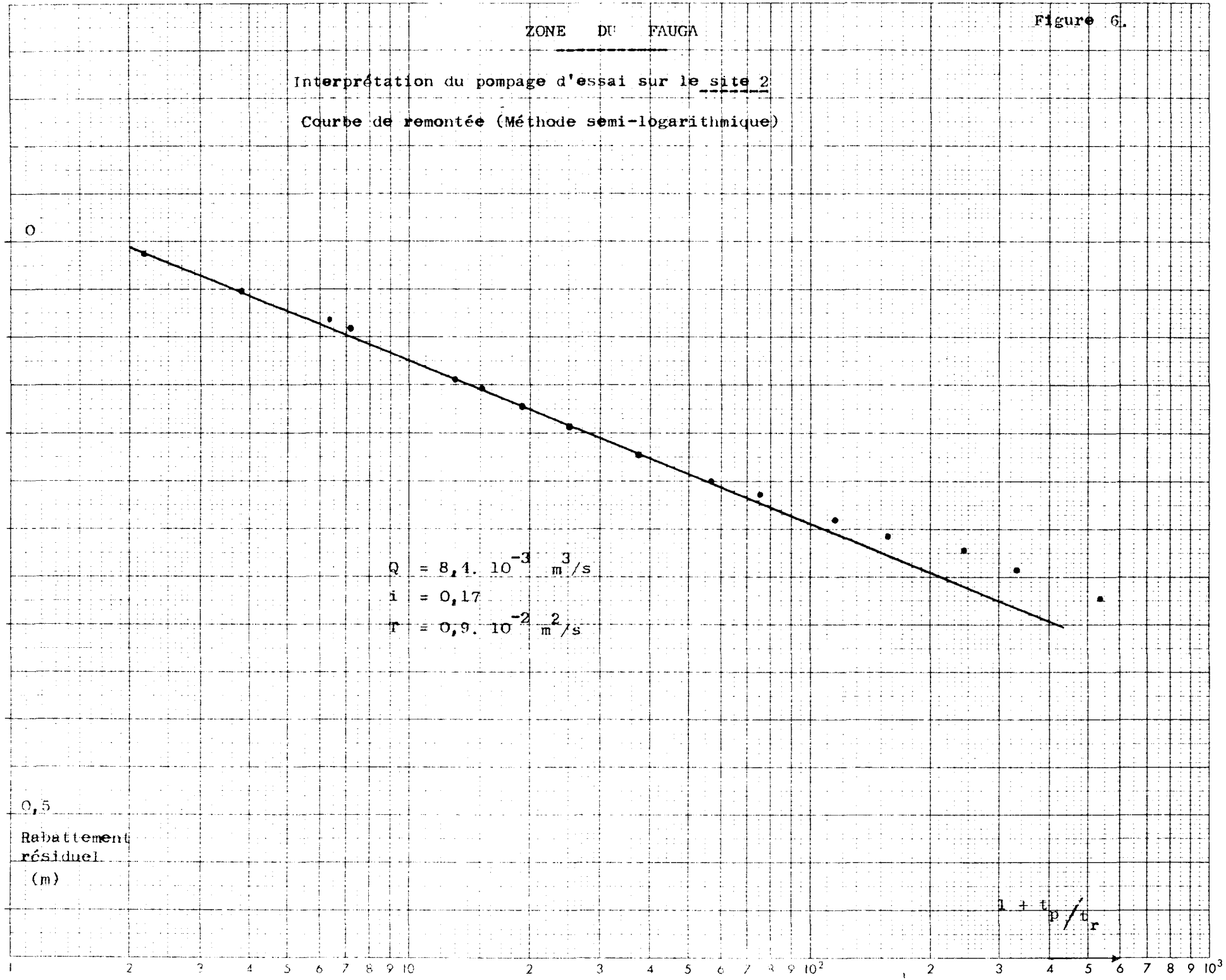


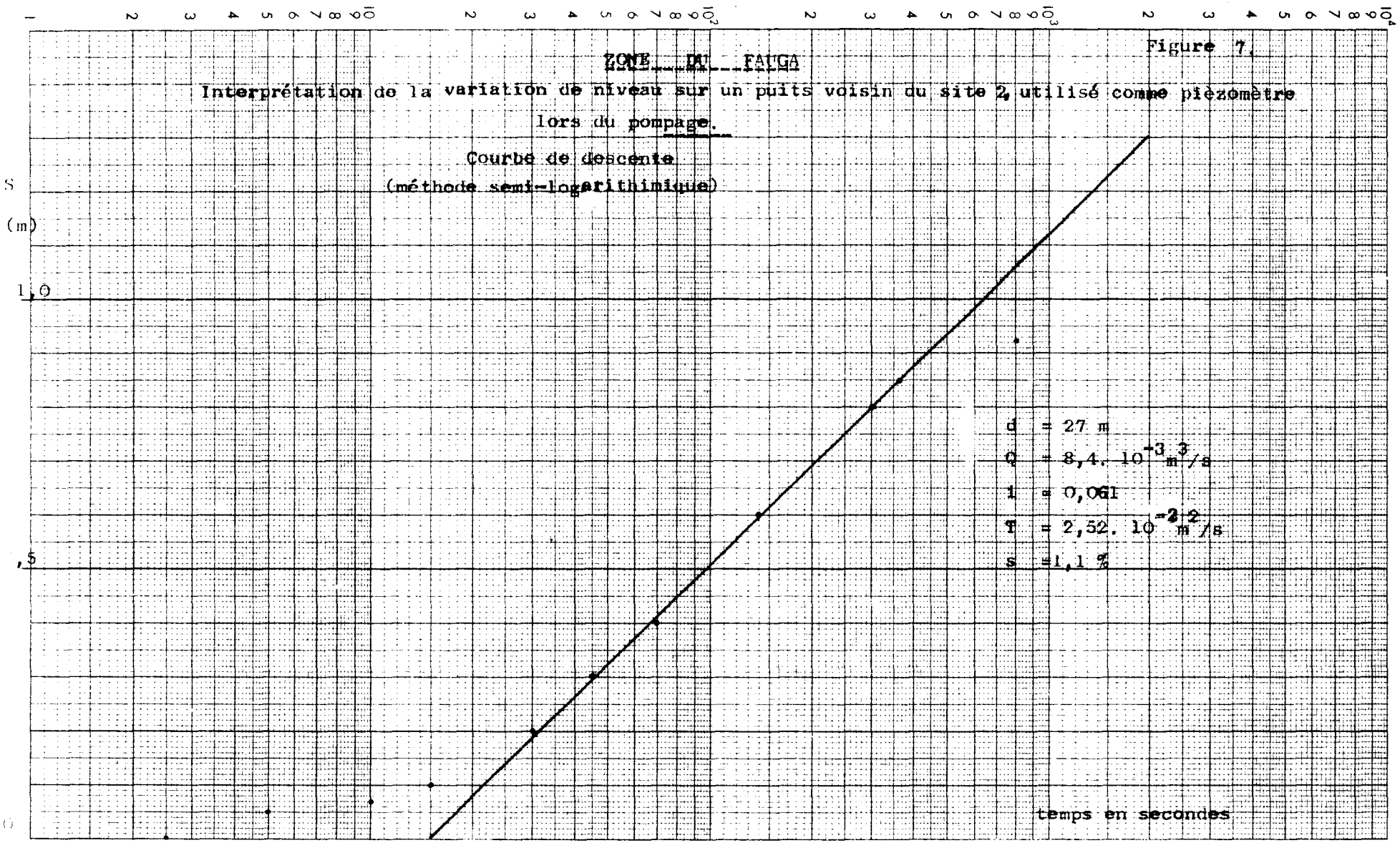
Figure 7.

ZONE DE FAUGA

Interprétation de la variation de niveau sur un puits voisin du site 2, utilisé comme piézomètre lors du pompage.

Courbe de descente

(méthode semi-logarithmique)



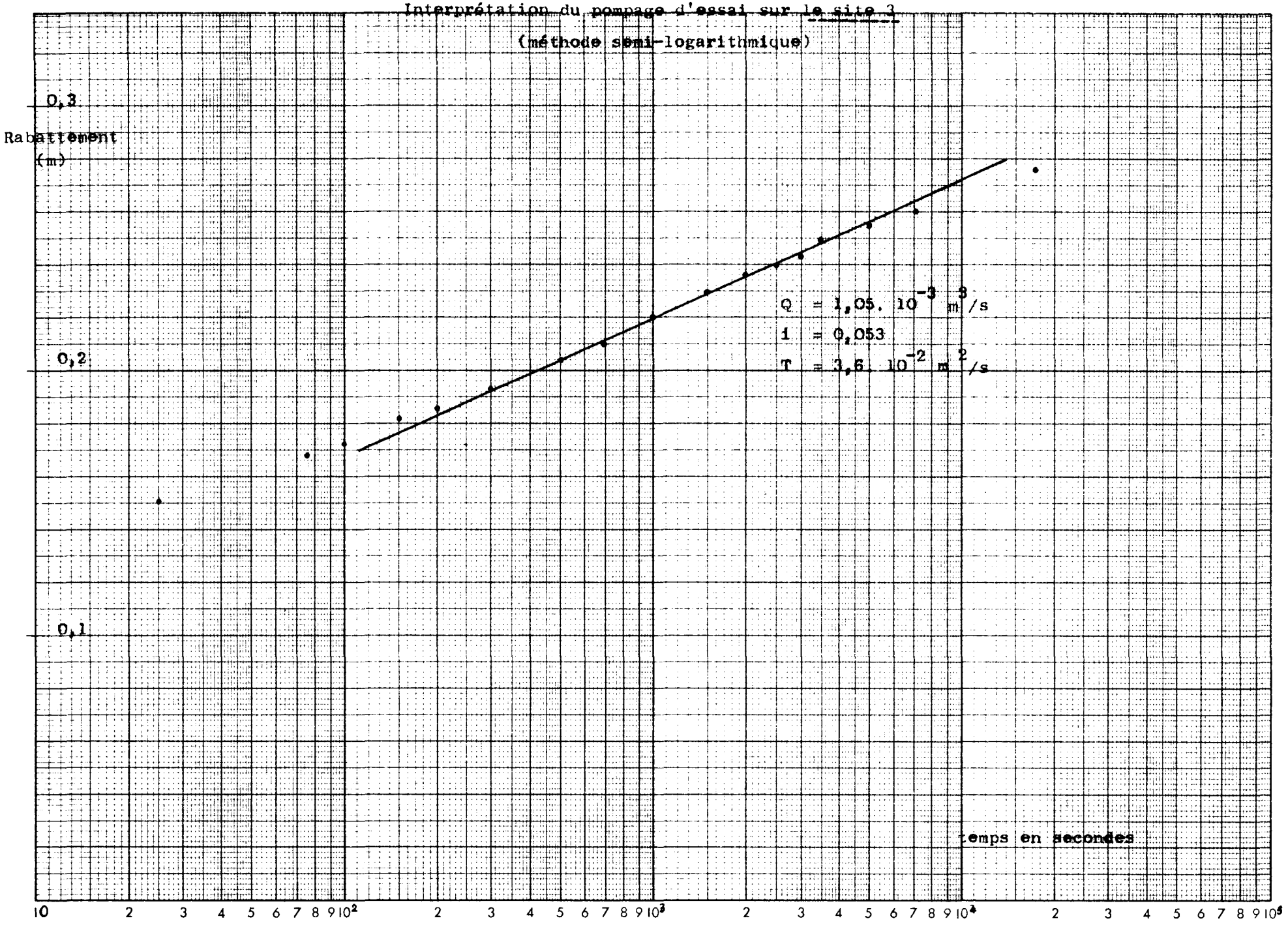
to = 150 s

Figure 8.

ZONE DU FAUGA

Interprétation du pompage d'essai sur le site 3

(méthode semi-logarithmique)



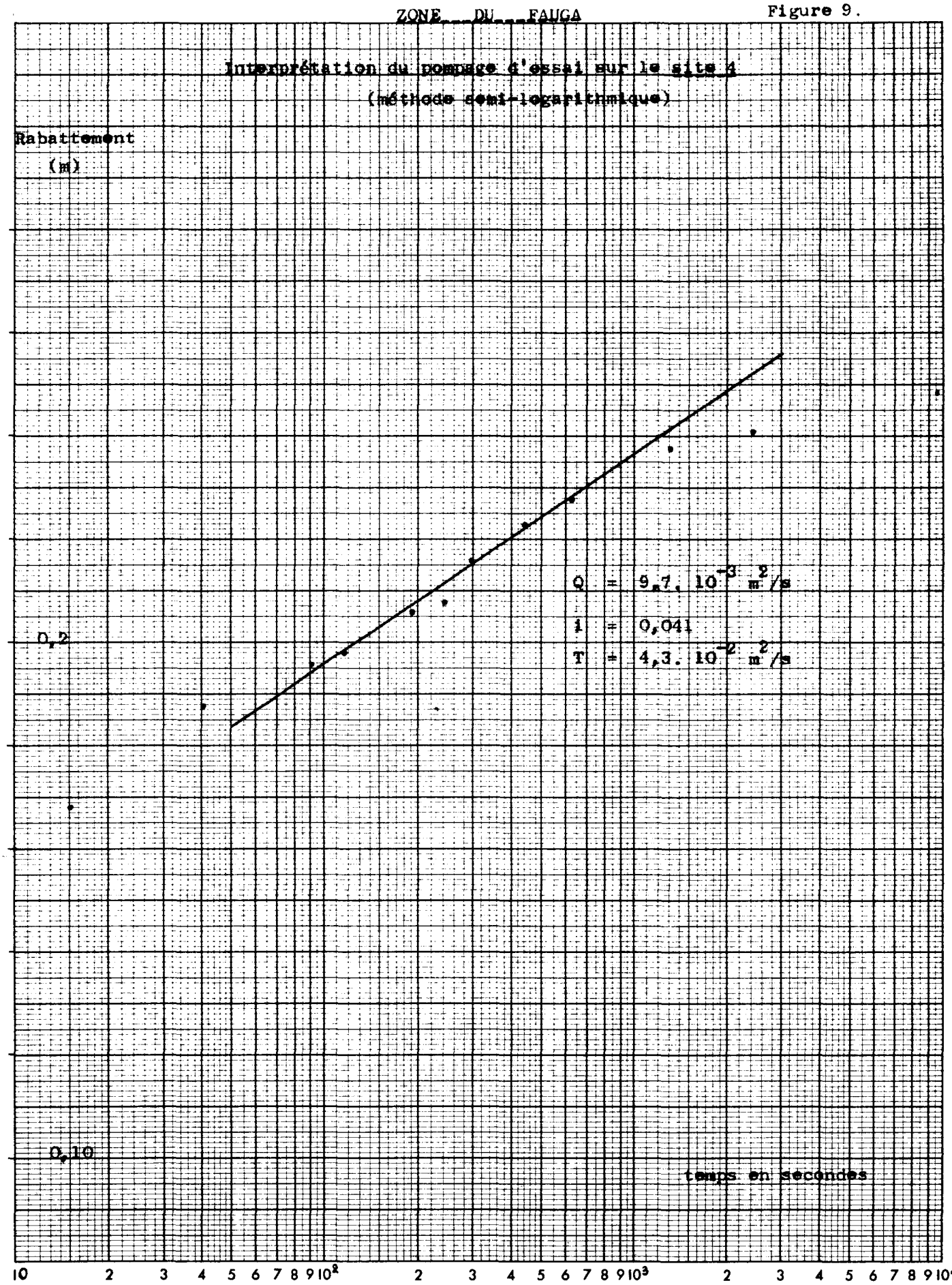
N° 146

ZONE DU FAUGA

Figure 9.

Interprétation du pompage d'essai sur le site 4

(méthode semi-logarithmique)



N° 2020

ZONE DU FAUGA

Figure 10.

Interprétation des variations de niveau sur un puits voisin du site 4, utilisé comme piézomètre lors du pompage.

$Q = 9,7.\ 10^{-3}\ m^3/s$

$i = 0,043$

$T = 3,9.\ 10^{-2}\ m^2/s$

Rabattement (m)

0,05

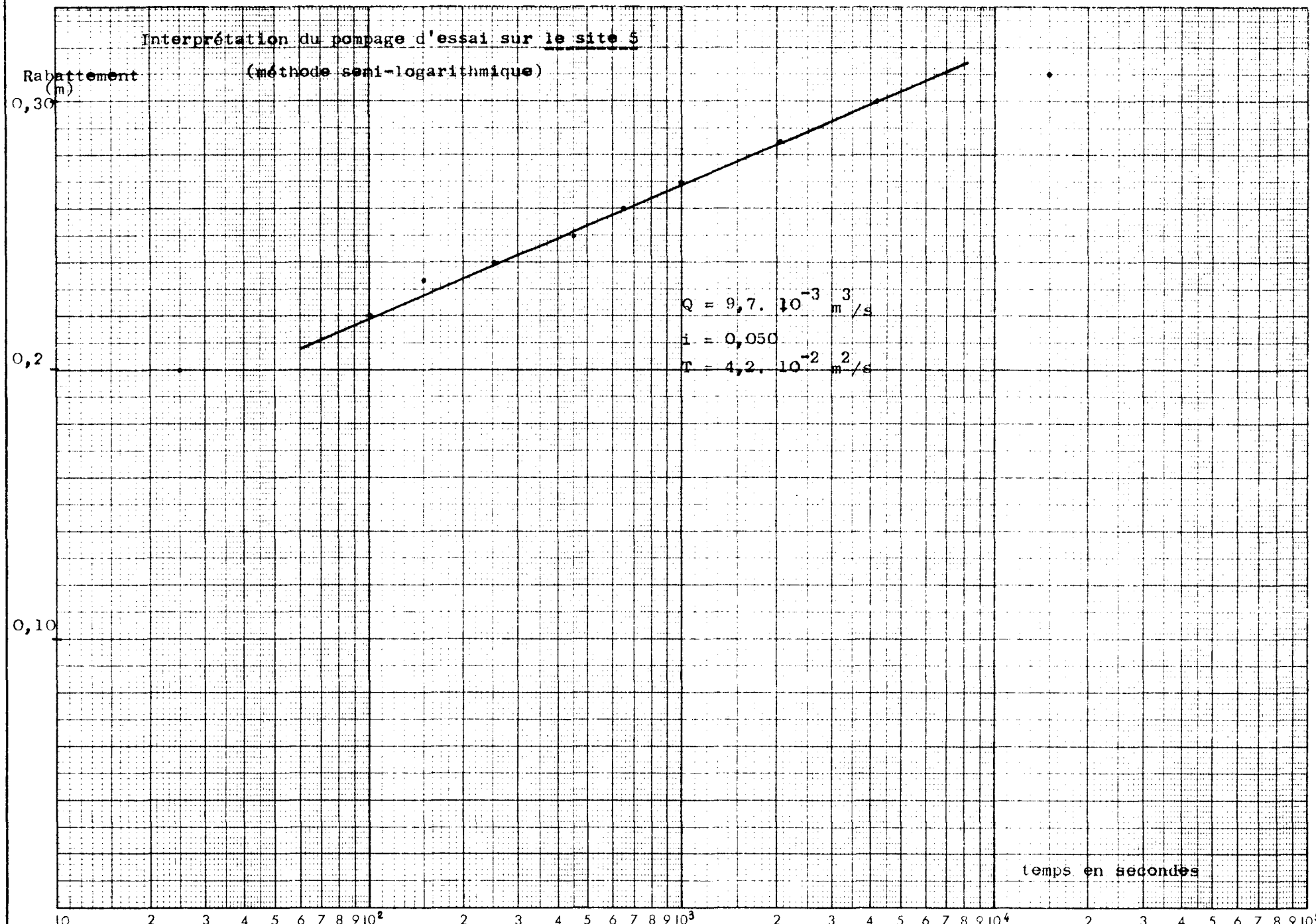
temps en secondes

10 2 3 4 5 6 7 8 9 10^2 2 3 4 5 6 7 8 9 10^3 2 3 4 5 6 7 8 9 10^4

N° 2020

ZONE DU FAUGA

Figure 11.



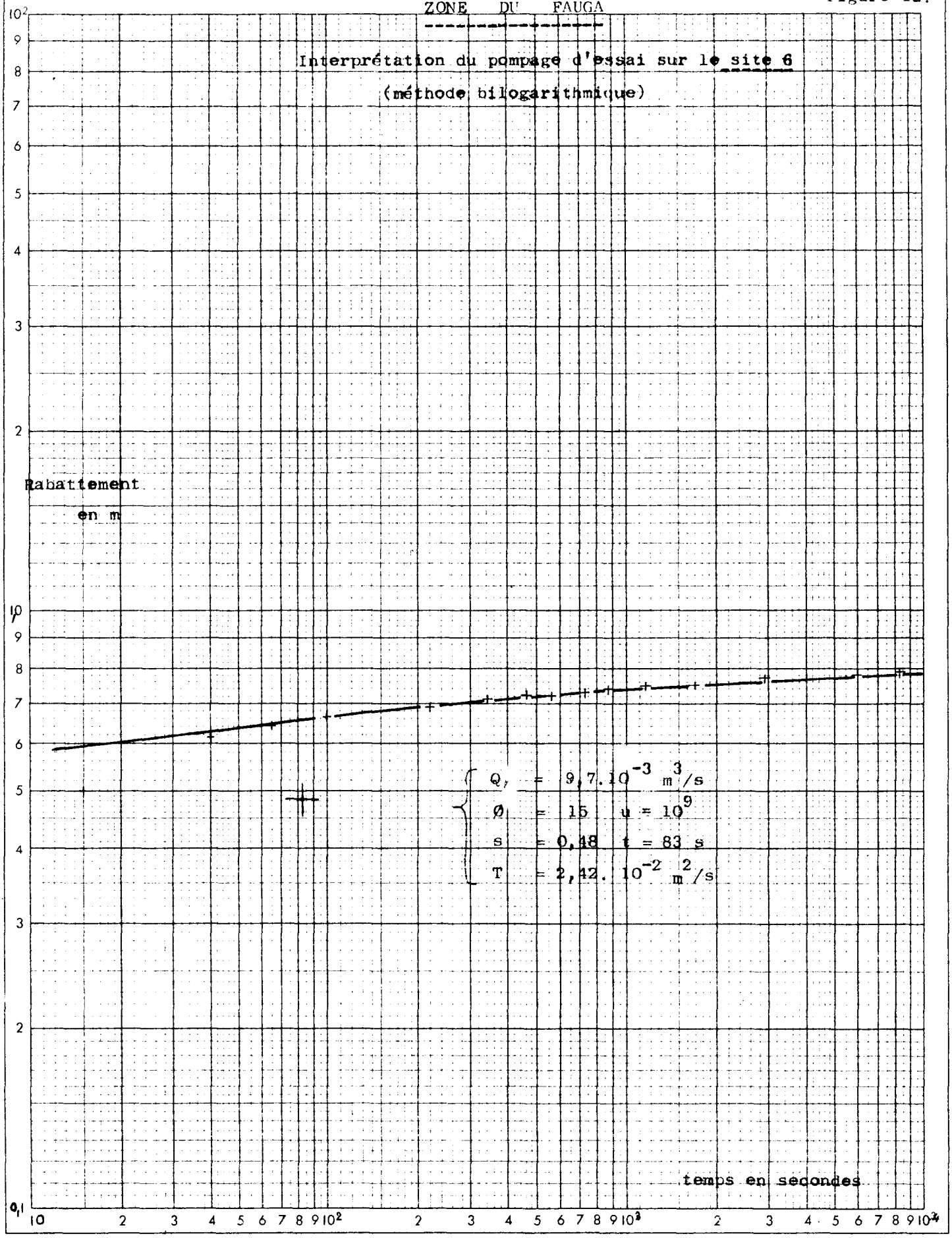
N° 146

Figure 12.

ZONE DU FAUGA

Interprétation du pompage d'essai sur le site 6

(méthode bilogarithmique)



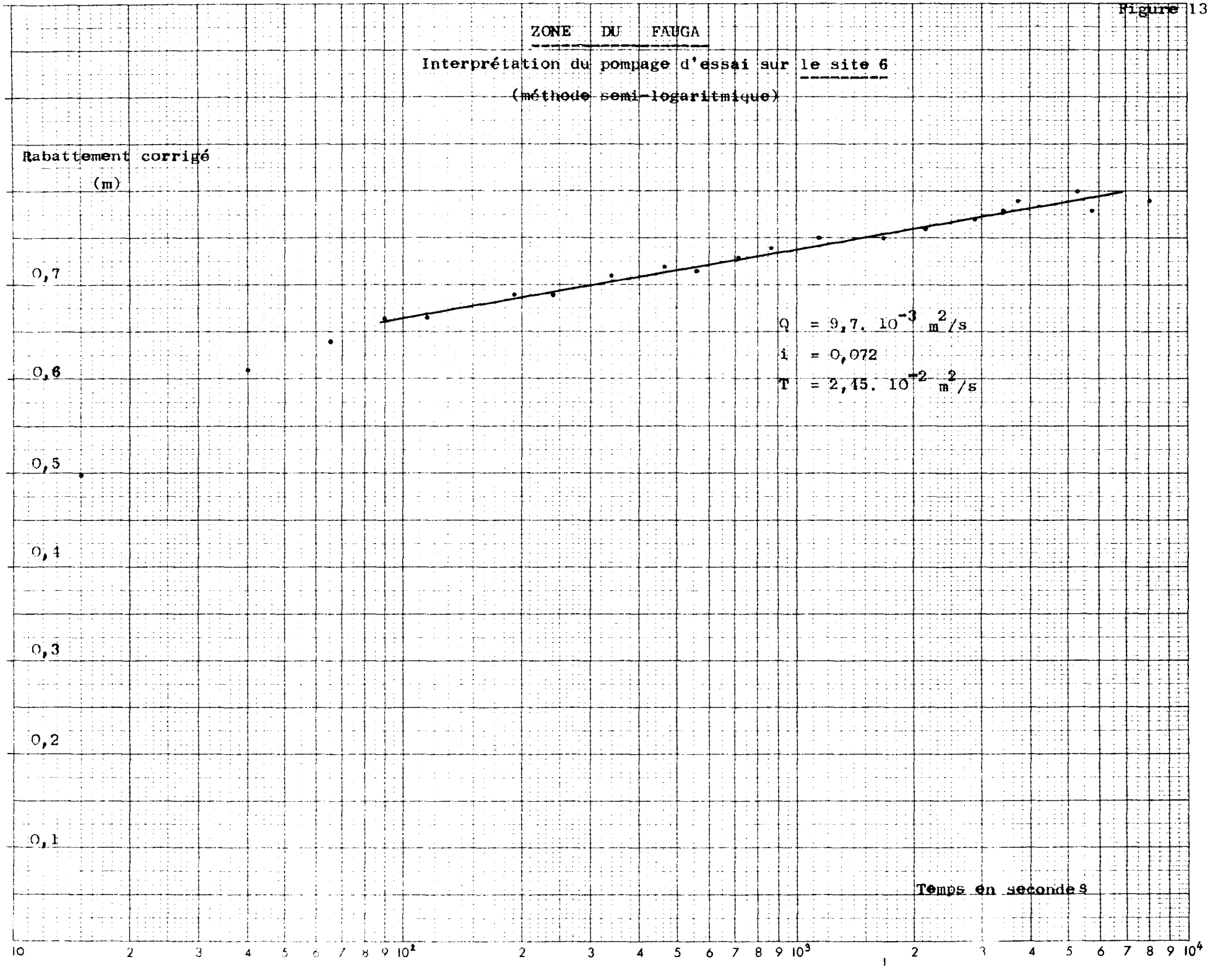
N° 2001

Figure 13.

ZONE DU FAUGA

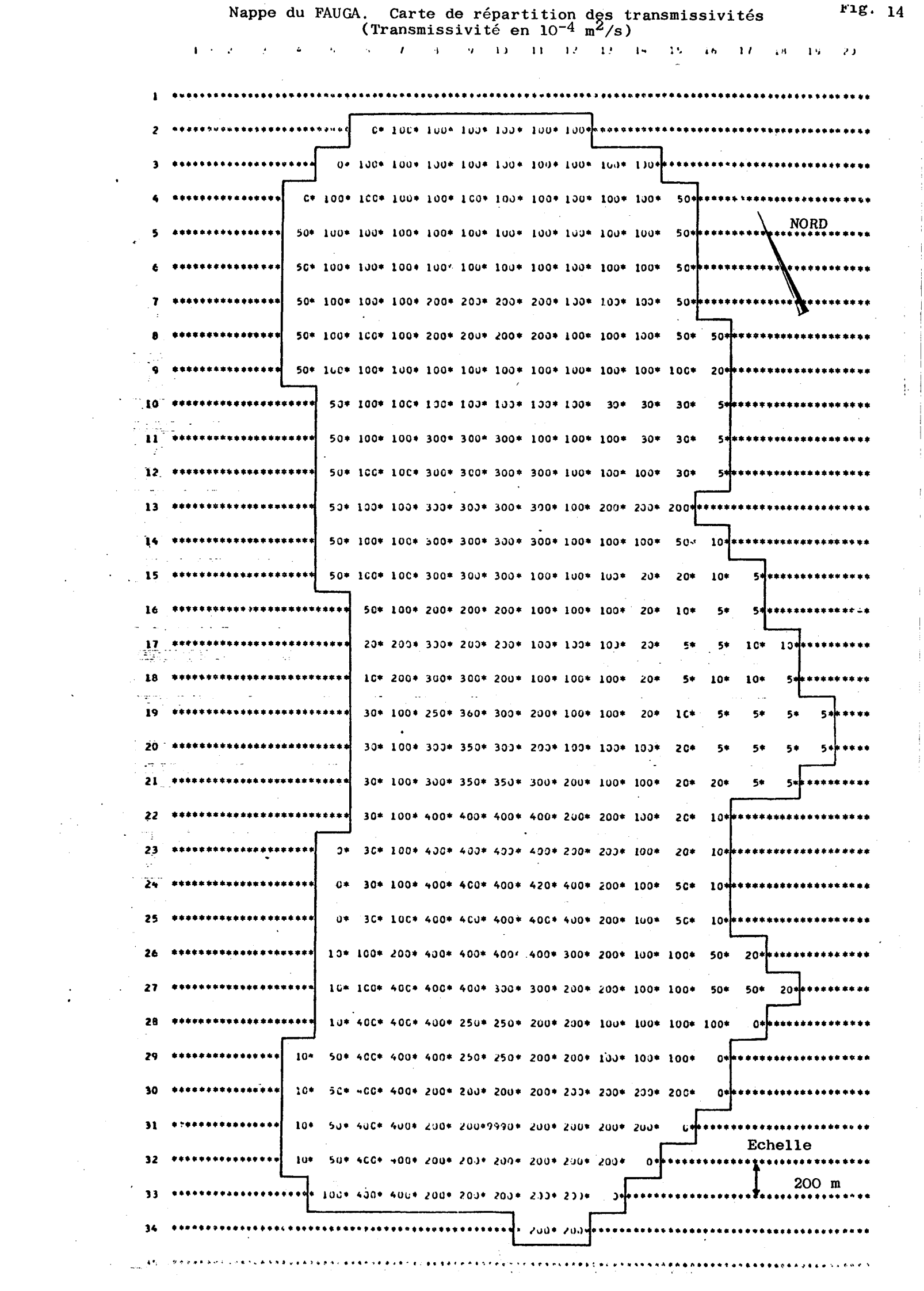
Interprétation du pompage d'essai sur le site 6

(méthode semi-logaritmique)



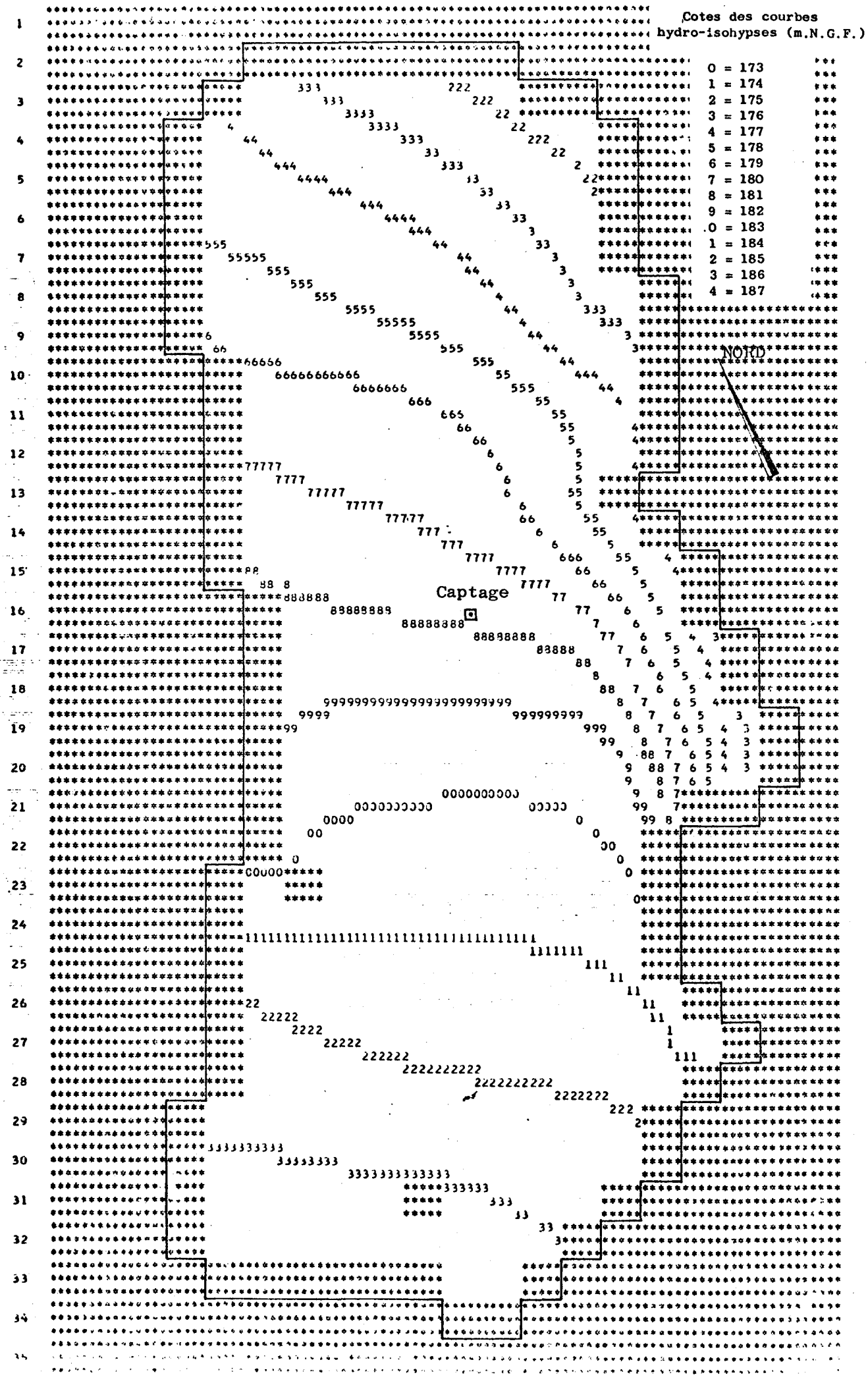
Nappe du FAUGA. Carte de répartition des transmissivités
(Transmissivité en 10^{-4} m^2/s)

Fig. 14



Nappe du FAUGA. Carte piézométrique simulée

Fig. 15



Nappe du FAUGA. Carte des débits
(Débit en l/s)

Fig. 16

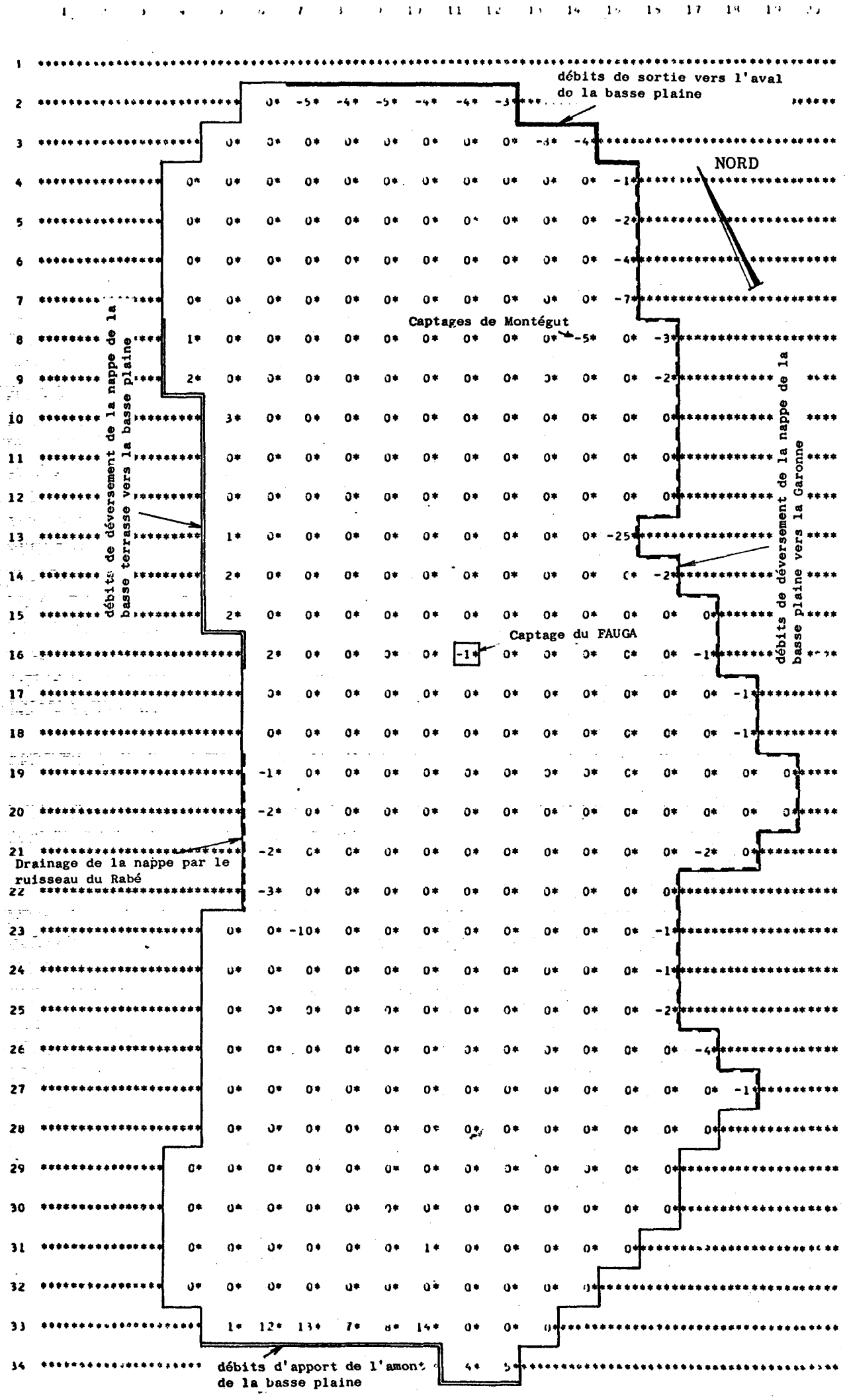
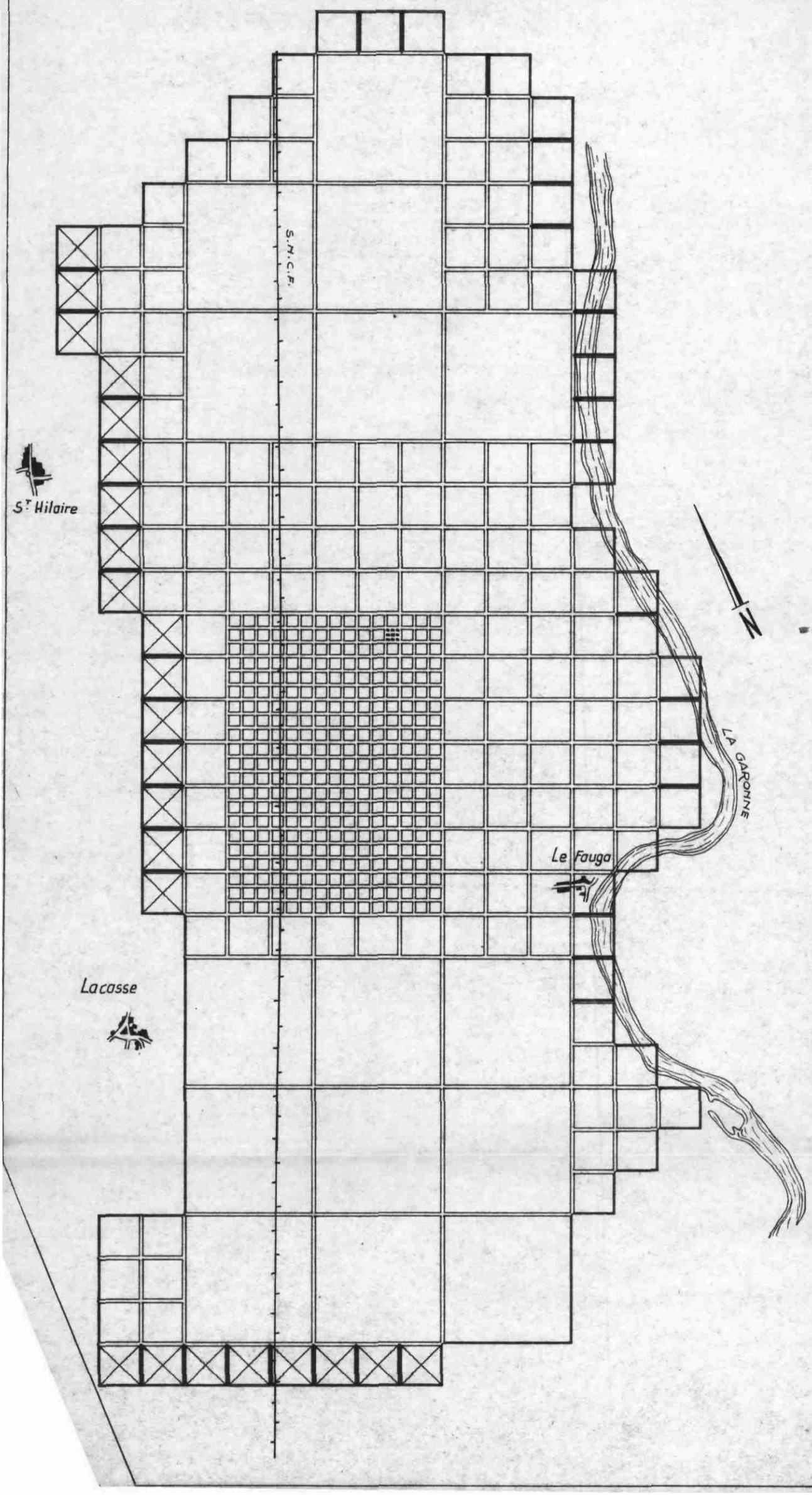


Fig. 17

Zone du FAUGA
Tracé du maillage du modèle de prévision
1/20 000

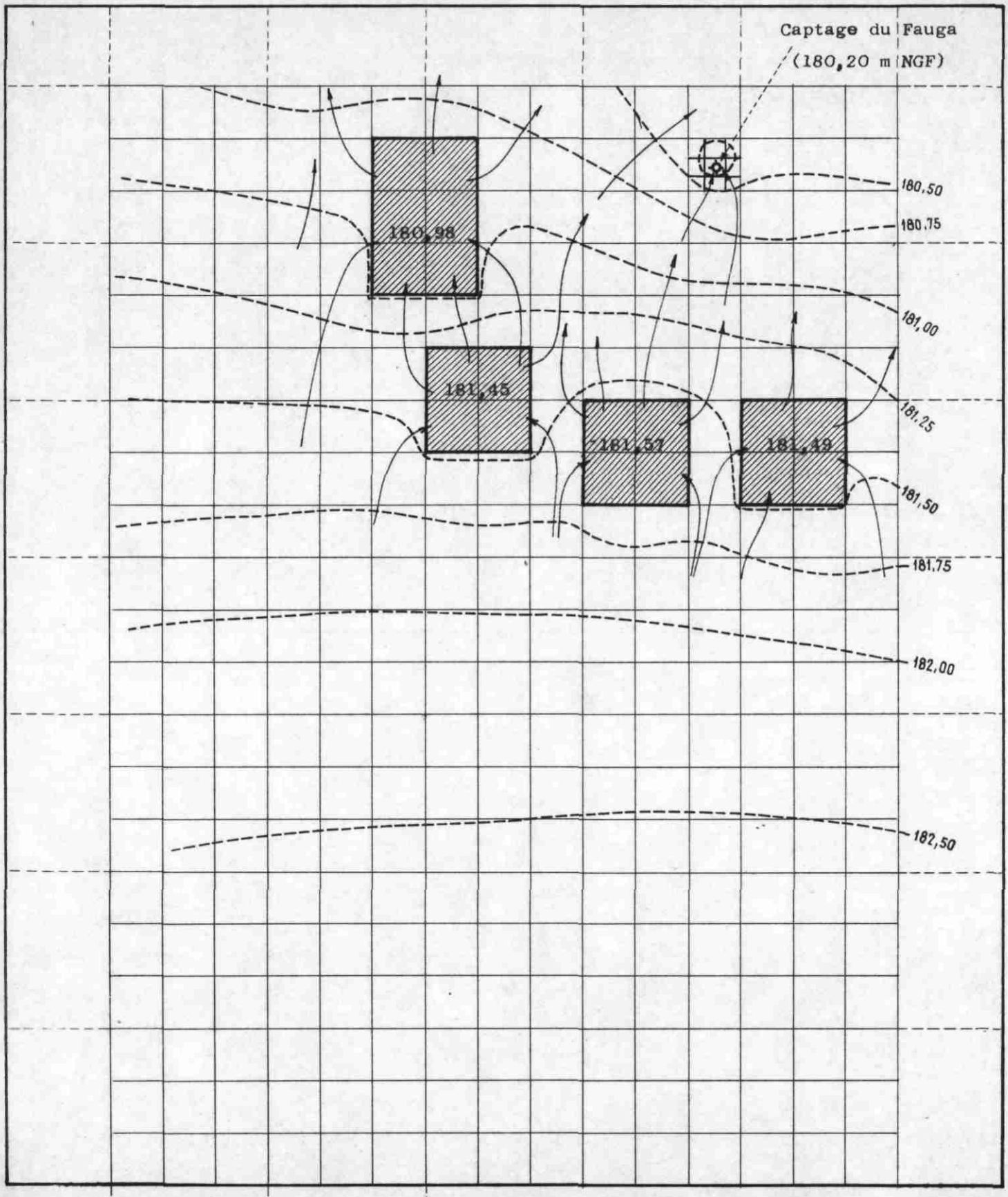


CARTE PIEZOMETRIQUE ET LIGNES DE COURANT

Figure 18

Schéma n° 7 d'implantation des gravières

Echelle : 0 100 200 m.



Légende

181,00 — — — Courbes hydroisohypses (cote N.G.F.)

——→ Lignes de courant

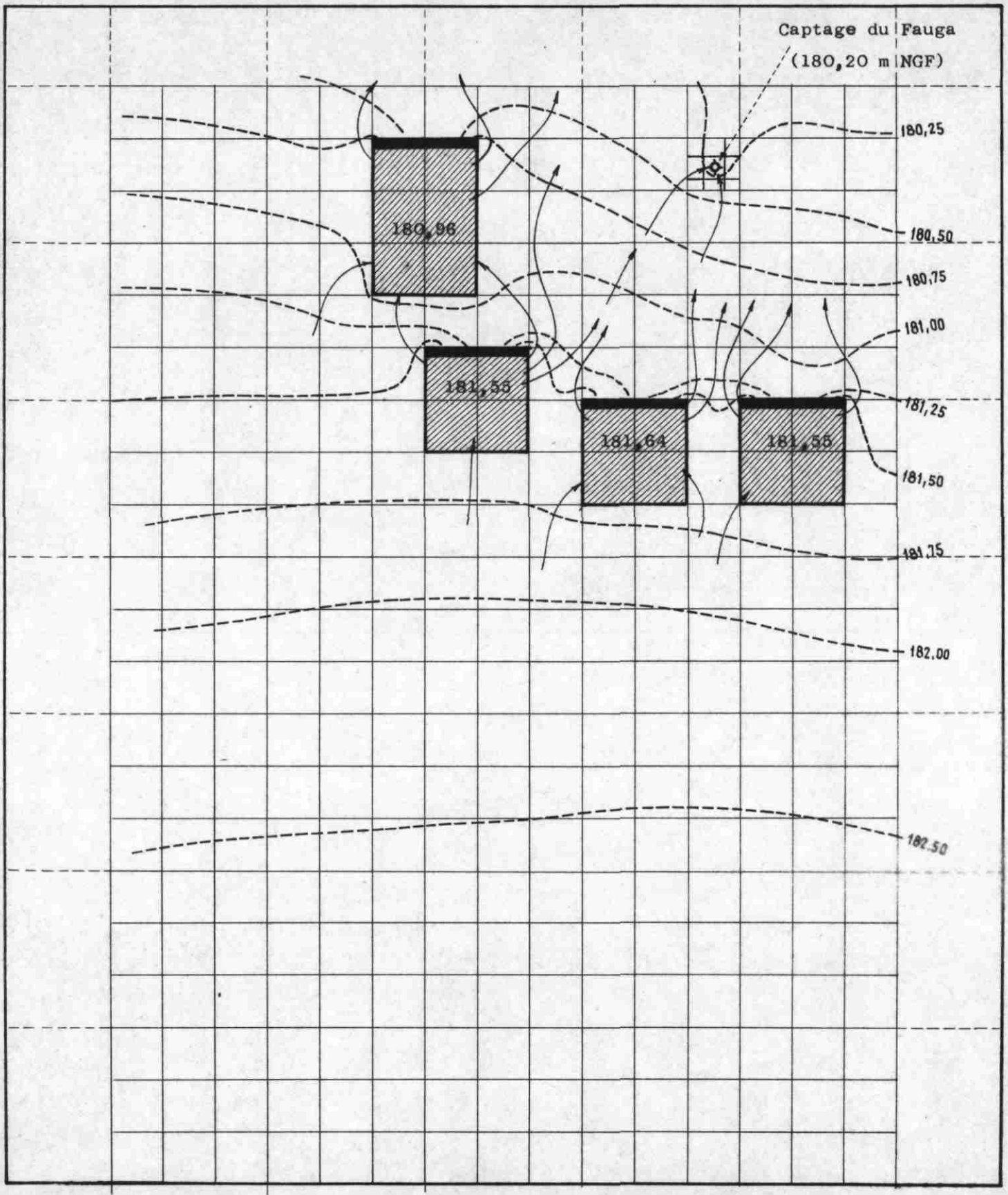
Gravières en eau, berges non colmatées et niveau d'équilibre.

CARTE PIEZOMETRIQUE ET LIGNES DE COURANT

Figure 19

Schéma n° 8 d'implantation des gravières

Echelle : 0 100 200 m.



Légende

181,00 — — — Courbes hydroisohypses (cote N.G.F.)

——→ Lignes de courant

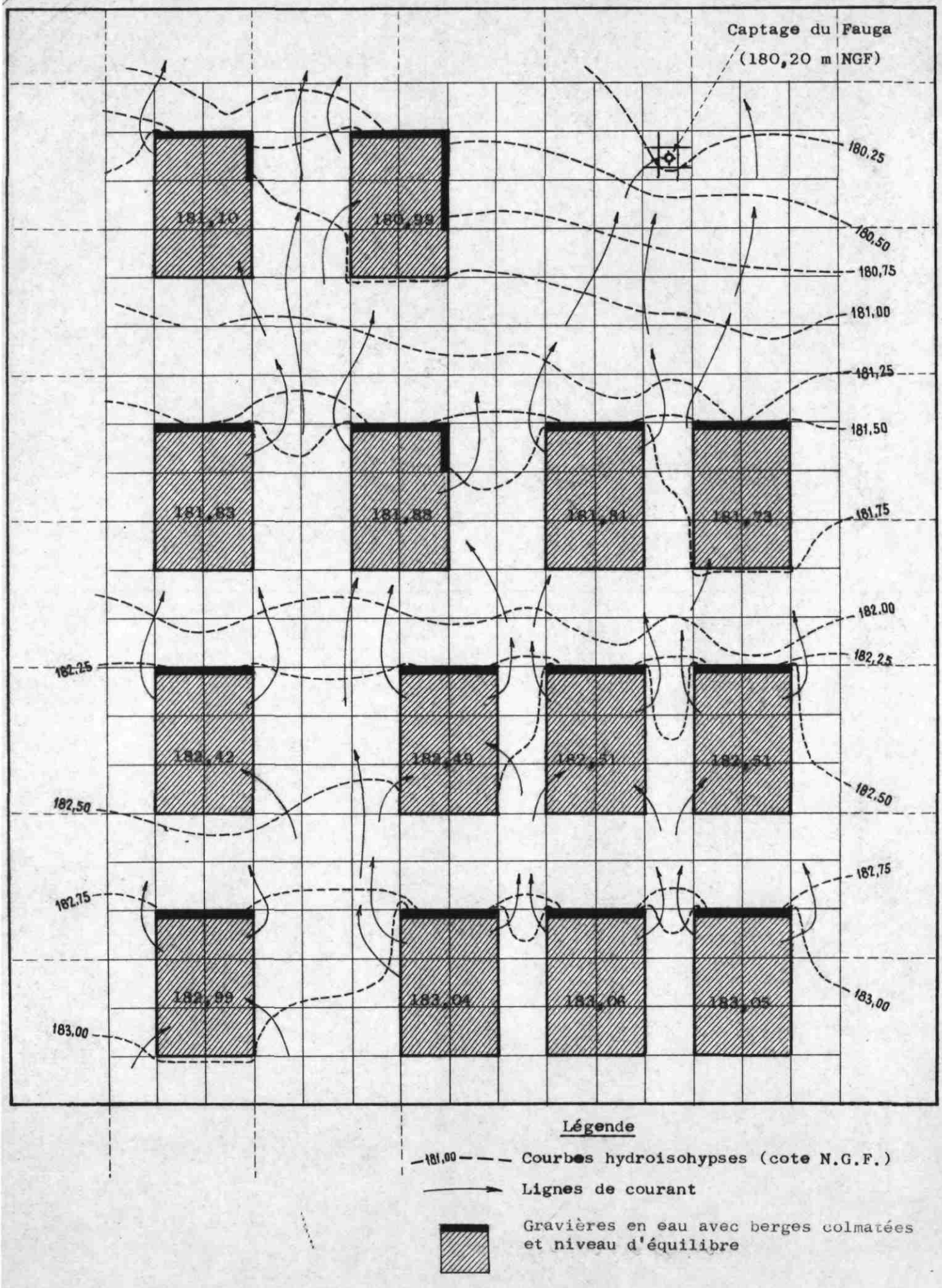
Gravières en eau, avec berges colmatées et niveau d'équilibre.

CARTE PIEZOMETRIQUE ET LIGNES DE COURANT

Figure 20

Schéma n°15 d'implantation des gravières

Echelle : 0 100 200 m.



Légende

181,00 — — — Courbes hydroisohypses (cote N.G.F.)

——→ Lignes de courant

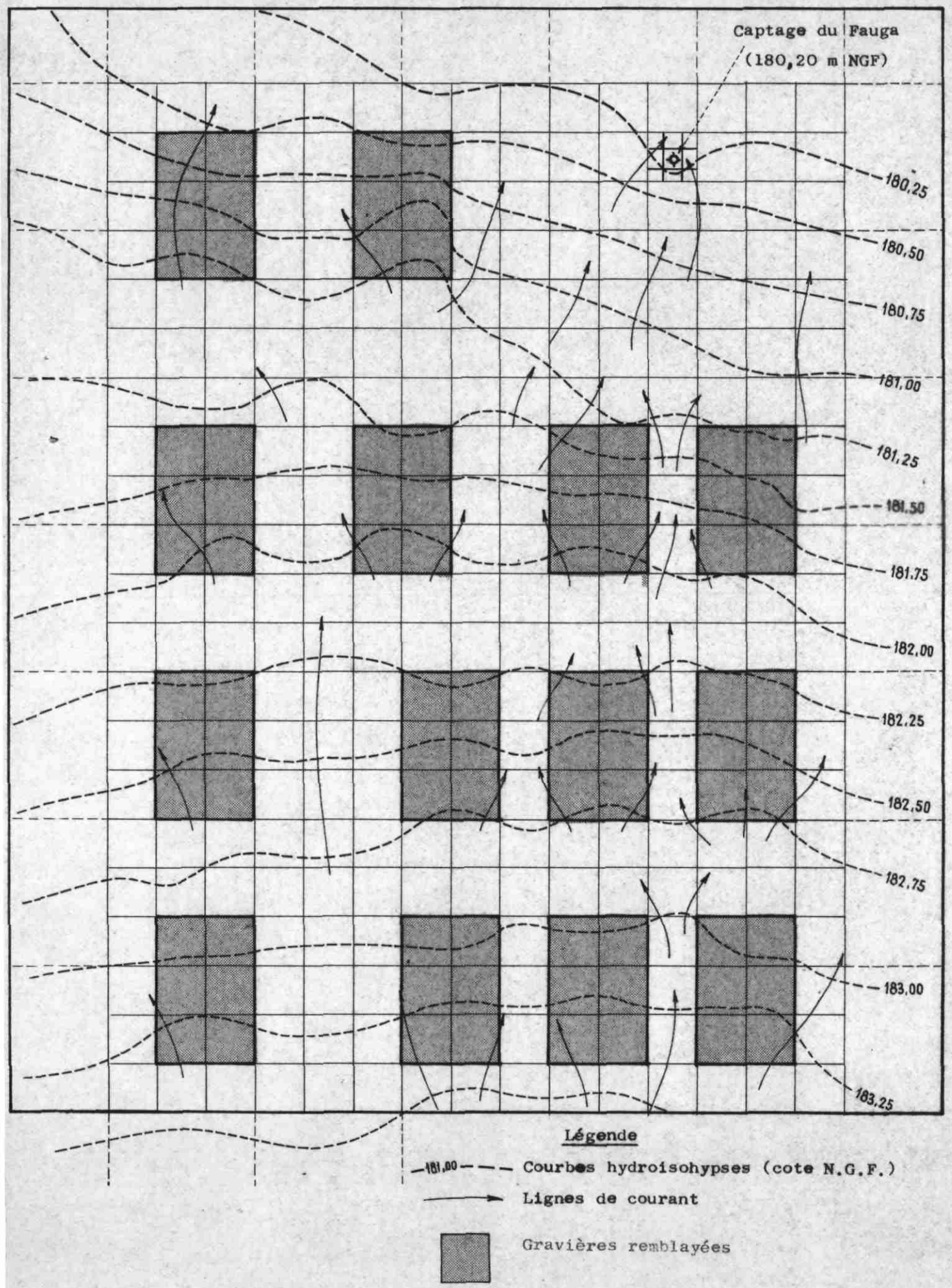
Gravières en eau avec berges colmatées et niveau d'équilibre

CARTE PIEZOMETRIQUE ET LIGNES DE COURANT

Figure 21

Schéma n°16 d'implantation des gravières

Echelle : 0 100 200 m.



Relevé piézométrique de la nappe alluviale
dans la zone du Fauga
(4 et 5 juillet 1974)

N°	Profondeur	Niveau par rapport au repère	Hauteur repère par rapport au sol	Cote du sol	Cote repère	Cote piézométrique	Observations
1	4,05	3,05	+ 0,40	186,50	186,90	183,85	
2	4,80	3,10	0	186,50	186,50	183,40	
3	2,50	2,15	+ 0,80	186,00	186,80	184,65	
4	2,90	2,48	+ 0,15	188,00	188,15	185,67	
6	2,90	1,90	+ 0,80	187,80	188,60	186,70	
7		1,10	0	188,00	188,00	186,90	Gravière
8	3,30	2,70	+ 1,00	187,70	188,70	186,00	
9	2,70	2,25	0	187,30	187,30	185,05	
10	2,60	2,00	0	186,80	186,80	184,80	
11	4,00	3,51	+ 0,20	187,00	187,20	183,69	
12	5,00	3,30	+ 0,15	187,00	187,15	183,85	
13	3,40	3,08	+ 0,30	189,00	189,30	186,22	
14	3,55	2,70	+ 0,40	187,50	187,90	185,20	
15	3,65	2,92	+ 0,10	186,40	186,50	183,58	
16	2,60	1,92	+ 0,20	184,50	184,70	182,78	
17	3,40	2,80	+ 0,10	185,00	185,10	182,30	
18	6,60	4,20	+ 0,20	179,80	180,00	175,80	
19	4,10	2,35	0	178,30	178,30	175,95	
20	4,50	3,35	0	177,00	177,00	173,65	
21	4,60	2,00	0	180,00	180,00	178,00	
22	3,50	2,80	+ 0,30	182,10	182,40	179,60	
23	3,50	2,42	+ 0,50	183,50	184,00	181,60	
24	2,90	2,10	+ 0,60	183,50	184,10	182,00	
25	3,20	2,15	0	182,90	182,90	180,75	
26	3,80	1,25	0	182,00	182,00	180,75	
27	3,30	2,15	+ 0,70	182,00	182,70	180,55	
28	3,90	1,80	0	182,80	182,80	181,00	
29	3,50	2,68	+ 0,60	182,00	182,60	180,00	
30	3,05	1,73	+ 0,10	187,50	187,60	185,87	
31	2,80	2,00	+ 0,60	184,80	185,40	183,40	
32	2,40	1,80	0	184,80	184,80	183,00	
33	3,95	2,10	+ 0,50	183,50	184,00	181,90	
34	4,60	2,40	+ 0,20	184,90	185,10	182,70	
35	2,40	1,37	+ 0,30	183,50	183,80	182,43	
36	4,30	2,75	+ 0,50	180,50	181,00	178,25	
37	4,17	3,17	0	188,10	188,10	184,93	
38	4,70	3,70	+ 0,20	179,50	179,70	176,00	
39	3,70	2,60	+ 0,10	179,90	180,00	177,40	
40	4,50	3,08	+ 0,10	178,00	178,10	175,02	
42	4,60	3,19	+ 0,45	179,00	179,45	176,26	
43	3,55	2,91	0	187,60	187,60	184,69	
44	4,70	4,00	+ 0,15	187,20	187,35	183,35	
45		1,80	0	181,00	181,00	179,20	Gravière en eau.
A	1,80	1,50	0	187,50	187,50	186,00	Ruisseau
B		1,33	+ 0,17	185,96	186,13	184,80	
C		1,10	0	185,90	185,90	184,80	
D		4,38	+ 0,18	183,70	183,88	179,50	
E		4,20	0	185,00	185,00	180,80	

Coupes géologiques des forages
dans la zone du Fauga

S_1	0,0 m	à	1,7 m	limon à graviers
	1,7 m	à	2,7 m	sable, graviers, galets, argileux
	2,7 m	à	4,3 m	alluvions propres (galets)
	4,3 m	à	4,8 m	marne jaune
S_2	0,0 m	à	0,4 m	terre végétale et limon
	0,4 m	à	1,7 m	alluvions argileuses
	1,7 m	à	4,3 m	alluvions propres (sable et graviers)
	4,3 m	à	4,7 m	sable argileux
S_3	0,0 m	à	0,6 m	terre végétale et limon
	0,6 m	à	1,2 m	alluvions argileuses
	1,2 m	à	4,5 m	alluvions propres (galets)
	4,5 m	à	4,8 m	marne jaune
S_4	0,0 m	à	0,5 m	terre végétale et limon
	0,5 m	à	2,2 m	alluvions argileuses
	2,2 m	à	5,1 m	alluvions propres
	5,1 m	à	5,2 m	marne jaune
S_5	0,0 m	à	0,6 m	terre végétale et limon
	0,6 m	à	1,3 m	alluvions argileuses
	1,3 m	à	6,5 m	sable, graviers (peu de galets)
	6,5 m	à	6,6 m	marne jaune
S_6	0,0 m	à	0,6 m	terre végétale et limon
	0,6 m	à	1,2 m	alluvions argileuses
	1,2 m	à	4,8 m	alluvions propres (sable et graviers)
	4,8 m	à	5,0 m	marne jaune

- Profils piézométriques induits par des gravières -

-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-=-

L'implantation à l'aval d'un captage, de gravières aux berges aval colmatées ou non, modifie notablement les profils piézométriques naturels. A titre indicatif, sont fournis ci-après les profils piézométriques induits par l'ouverture d'une gravière à l'aval d'un captage, lorsque cette gravière est implantée suivant la disposition ci-dessous.

Ces profils sont schématiques et permettent d'apprécier l'importance des facteurs dimension et colmatage de la gravière sur la productivité du captage, celle-ci étant définie comme le débit exploitable pour une baisse de niveau fixé dans l'ouvrage.

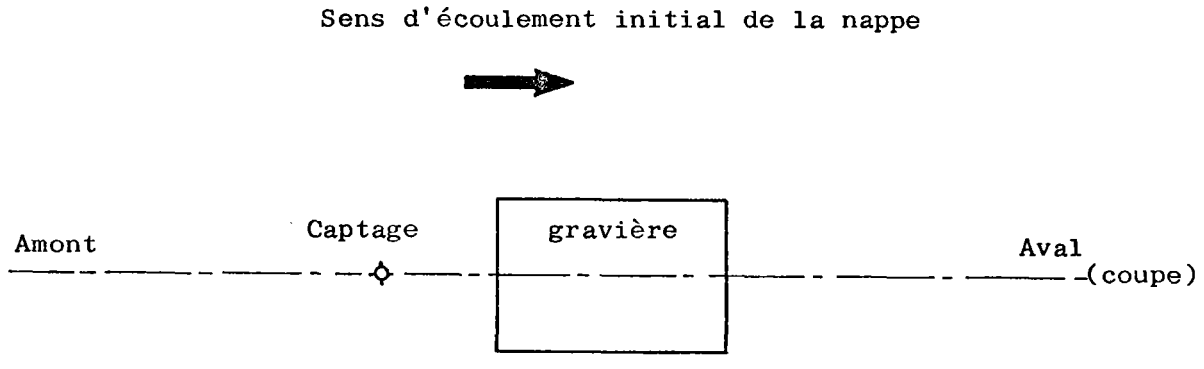
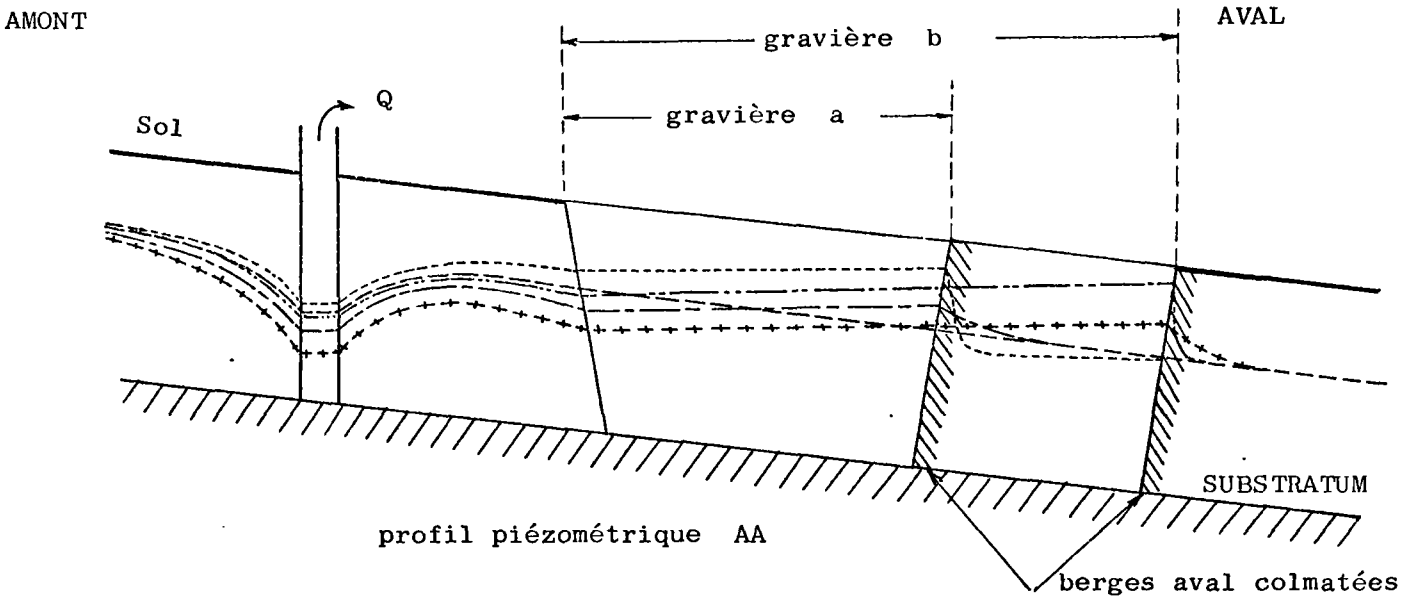


Schéma d'implantation théorique des gravières

Les schémas suivants ont été établis en admettant un prélèvement constant dans le captage. Par rapport à l'état initial (sans gravière), une remontée ou une baisse de niveau dans le captage indique que la solution représentée provoque une augmentation ou une réduction de la productivité de l'ouvrage.

./...



1 ——————— profil relatif au milieu alluvial vierge

2 ——·——·—— profil avec gravière a - berges non colmatées

3 ---------- " " " - berges aval colmatées

4 +++++++++ profil avec gravière b - berges non colmatées

5 ——··——··—— " " " - berges aval colmatées

Comparativement à l'état initial - profil 1 - l'ouverture de gravières à l'aval du captage provoque en cas de non colmatage des berges aval, une réduction de productivité de l'ouvrage d'autant plus importante que la longueur des gravières est élevée - profils 2 et 4 -. Cette réduction est provoquée par l'effet de drainage induit par l'amont de la gravière.

Par contre, en cas de colmatage des berges aval, l'effet d'écran provoqué par celles-ci réduit notablement l'effet de drainage lié à la longueur des gravières.

Dans le cas de gravières peu allongées, l'effet d'écran peut devenir prépondérant et induire une augmentation de la productivité du captage profil 3 - tandis que pour des gravières de plus grande dimension, l'effet de drain peut rester primordial - profil 5 -

Dans tous les cas, le colmatage des berges d'une gravière située à l'aval d'un captage a un effet positif sur la productivité du captage comparativement au cas d'une gravière aux berges non colmatées.

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE
Direction départementale
de la Haute-Garonne

AGENCE FINANCIÈRE DE BASSIN
"ADOUR-GARONNE"

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE
ET DE LA RECHERCHE
Arrondissement Minéralogique
de Toulouse

NAPPE ALLUVIALE DE LA BASSE PLAINE DE LA GARONNE DANS LA RÉGION TOULOUSAINE

INFLUENCE GRAVIÈRES - CAPTAGES

3ème Partie

Recommandations pour la préservation de la productivité des principaux captages

par

M. VANDENBEUSCH

avec la collaboration de J. ROCHE

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL

Service géologique régional
MIDI – PYRÉNÉES
avenue Pierre-Georges-Latécoère, 31400 Toulouse
Tél.: (61) 52.12.14

Département géologie de l'aménagement
Hydrogéologie
B.P. 6009 – 45018 Orléans Cédex
Tél.: (38) 63.00.12

75 SGN 132 MPY

Mai 1975

R E S U M E

L'exploitation d'un modèle mathématique de simulation a permis de dégager les influences sur la productivité d'un captage, de la réalisation de gravières dans la plaine alluviale de la basse plaine de la Garonne.

Le choix d'une variation acceptable de productivité d'un captage amène à déterminer autour de cet ouvrage des zones dans lesquelles certaines limitations, concernant les dimensions et les implantations de gravières permettent de maintenir la productivité de l'ouvrage au taux admis.

Compte tenu du fait qu'en moyenne, les débits des captages sont évalués à environ 10 % près, ce taux moyen a été retenu pour examiner 7 des principaux captages de l'agglomération toulousaine et définir autour de ceux-ci les recommandations d'implantation de gravières qui permettraient de respecter cette valeur de variation de productivité des ouvrages.

Ces mêmes conditions d'implantation devront permettre aux captages de conserver leur débit moyennant un accroissement du rabattement qui serait également de l'ordre de 10 %. Pour ce même taux (de l'ordre de 10 %), un schéma théorique possible d'implantation de gravières avit été défini dans la partie précédente de l'étude : ce schéma a donc été repris pour chacun des contextes hydrogéologiques des captages.

Il est bien clair que toute prise en compte d'un taux différent conduirait à définir d'autres recommandations d'implantation de gravières.

TABLE DES MATIERES

Page

1 - INTRODUCTION 1

2 - CONDITIONS D'APPLICATION DES RECOMMANDATIONS D'IMPLANTATION DE GRAVIERES 1

3 - CAPTAGES DE PORTET-SUR-GARONNE, VILLENEUVE-TOLOSANE, ROQUES ET SEYSSES 2

3.1 - Captage de Portet-sur-Garonne 3

3.1.1 - Conditions de l'exploitation actuelle 3

3.1.2 - Recommandations 4

3.2 - Captage de Villeneuve-Tolosane 5

3.2.1 - Conditions de l'exploitation actuelle 5

3.2.2 - Recommandations 6

3.3 - Captage de Roques 7

3.3.1 - Conditions de l'exploitation actuelle 7

3.3.2 - Recommandations 7

3.4 - Captage de Seysses 8

3.4.1 - Conditions de l'exploitation actuelle 8

3.4.2 - Recommandations 8

3.5 - Recommandations générales 9

4 - CAPTAGE DE CARBONNE 10

4.1 - Conditions de l'exploitation actuelle 10

4.2 - Recommandations 10

5 - CAPTAGES DE BELDOU & ST. CAPRAIS 11

5.1 - Captage de Beldou 12

5.1.1 - Conditions de l'exploitation actuelle 12

5.1.2 - Recommandations 12

5.2 - Captage de St. Caprais 13

5.2.1 - Conditions de l'exploitation actuelle 13

5.2.2 - Recommandations 14

6 - CONCLUSIONS 15

TABLE DES FIGURES ET ANNEXES

		Page
Figure 1 -	Basse plaine de la Garonne - Zone Sud de Toulouse Implantation de gravières et captages	2
Figure 2 -	Basse plaine de la Garonne - Zone Sud de Toulouse Zones où l'implantation de gravières autour des captages est à déconseiller	4
Figure 3 -	Basse plaine de la Garonne - Région de Carbonne Implantations des gravières et captages	10
Figure 4 -	Basse plaine de la Garonne - Région de Carbonne Contexte hydrogéologique	10
Figure 5 -	Basse plaine de la Garonne - Région de Carbonne Zones où l'implantation de gravières autour du captage est à déconseiller	10
Figure 6 -	Basse plaine de la Garonne - Région de Beldou Zones où l'implantation de gravières autour du captage est à déconseiller	12
Figure 7 -	Basse plaine de la Garonne - Région de St. Caprais Zones où l'implantation de gravières autour du captage est à déconseiller	14

Annexe 1 - Relevés piézométriques établis en mars 1975
Basse plaine de la Garonne

Annexe 2 - Méthode simplifiée de surveillance de la productivité d'un captage

---

1 - INTRODUCTION

Dans la seconde partie de cette étude, des recommandations ont été établies afin qu'en respectant des consignes d'implantation et de dimensions des gravières ouvertes à proximité d'un captage, dans la nappe alluviale de la basse plaine de la Garonne, la productivité de celui-ci soit maintenue à une valeur très proche de celle observée avant l'ouverture des gravières.

Parmi les principaux captages de l'agglomération toulousaine, sept d'entre eux devaient être examinés afin que les recommandations définies auparavant leur soient appliquées en se basant sur les cartes piézométriques de la nappe alluviale.

2 - CONDITIONS D'APPLICATION DES RECOMMANDATIONS D'IMPLANTATION DE GRAVIERES

Les sept captages étudiés sont ceux de :

- Carbonne, situé à 45 km au Sud de Toulouse
- Portet-sur-Garonne,
  Roques,
  Villeneuve-Tolosane et
  Seysses, situés à 12 km au Sud de Toulouse
- Beldou et St. Caprais, situés à environ 25 km au Nord de Toulouse.

Tous sont implantés dans la nappe alluviale de la basse plaine de la Garonne, où la coupe géologique des terrains fournit en moyenne les valeurs suivantes :

- 0,5 à 1,0 mètre de terre végétale et limons
- 4,0 à 6,0 mètres d'alluvions (sables et graviers) pouvant être légèrement argileuses dans la tranche supérieure
- substratum marneux imperméable.

Mis à part les captages de Seysses et de Villeneuve-Tolosane implantés dans la basse plaine, en bordure du talus de la basse terrasse, les autres ouvrages sont disposés approximativement au centre de la basse plaine.

De plus, les débits moyens évalués d'après les consommations annuelles de stations de pompages ont été comprises pour l'année 1974 entre les extrêmes suivants :

- station de Seysses 768 000 m^3/an, soit 24 l/s
- station de St.Caprais 111 000 m^3/an, soit 3,5 l/s

L'ensemble de ces conditions font que les règles adoptées d'après les études sur le captage du Fauga peuvent être transposées sur les divers sites étudiés : en effet le prélèvement sur le captage du Fauga avait été fixé à 5,0 l/s, valeur comprise à l'intérieur de la fourchette de débits indiqués ci-dessus.

Afin de connaître le développement actuel des gravières et de prendre en considération les zones déjà interdites à l'ouverture de gravières, les plans d'urbanisme actualisés dans les zones proches des captages ont été utilisés. Les cartes hydrogéologiques établies par le B.R.G.M., dans les dernières années ont été également utilisées afin de tenir compte des directions initiales des écoulements souterrains (alors que le développement de gravières dans certaines zones était peu important) pour orienter la définition de zones vierges de toute gravière autour des captages.

3 - CAPTAGES DE PORTET-SUR-GARONNE, VILLENEUVE-TOLOSANE, ROQUES ET SEYSSES

Ces 4 groupes de captages sont situés, au sud de l'agglomération toulousaine dans une zone où la qualité du matériau alluvial et la proximité du centre urbain ont suscité l'ouverture d'un nombre important de gravières.

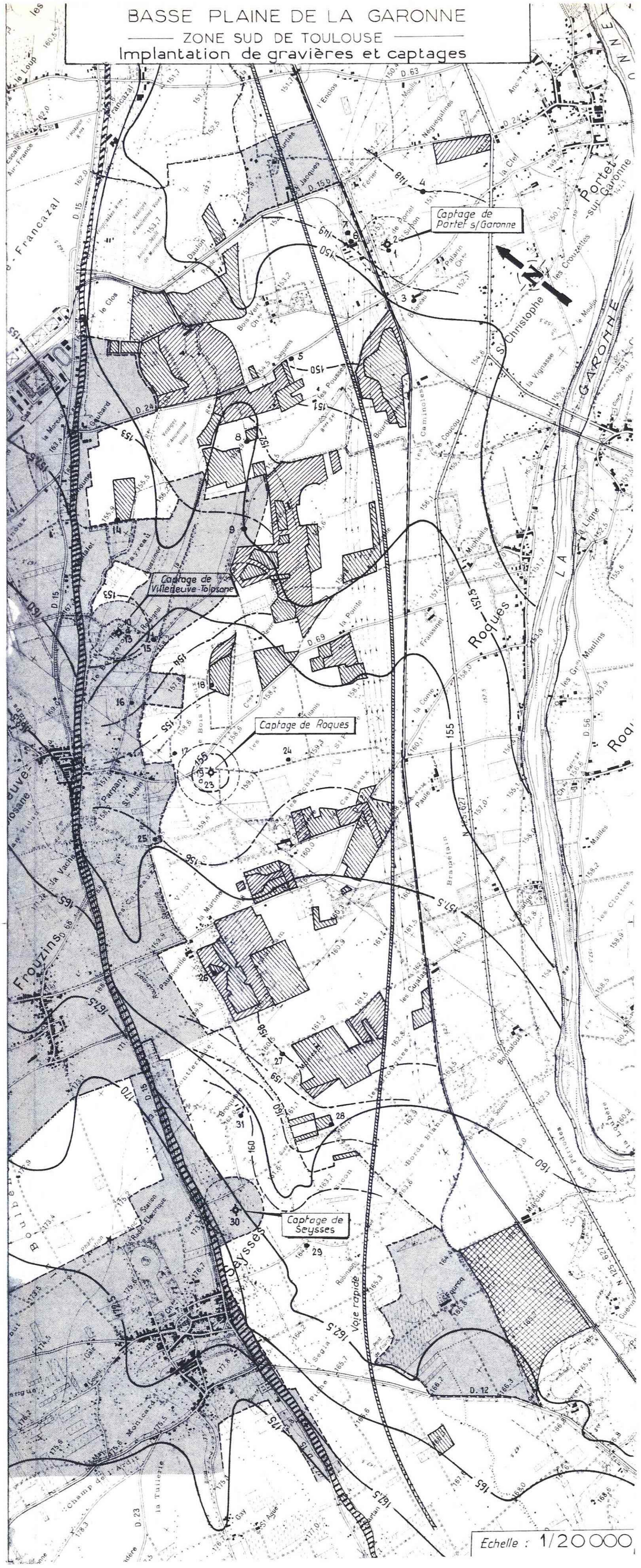
On a reporté sur la figure 1 (page 2) les implantations de ces captages ainsi que les limites des zones préservées, au Nord de la voie SNCF par les plans de développement (P.O.S.).

Il convient de remarquer que le captage de Portet-sur-Garonne se situe à la limite de la zone exploitable par gravières, le captage de Roques étant inclus dans celle-ci.

Fig. 1

LEGENDE

- Captage et périmètre de protection rapproché (r = 200 m) avec numéro d'identification et sens d'écoulement de la nappe
- 1 — Point de mesure piézométrique avec numéro d'identification
- 151 — Courbe hydro isohypses avec cote N.G.F (relevé Printemps 1969)
- 151 — " " " (relevé Mars 1975)
- Affleurement molassique
- Gravière remblayée
- Gravière laissée en eau
- Zone interdite à l'ouverture de gravières (Plan d'urbanisme et P.O.S.)
- Limite de zone autour du captage dans laquelle l'ouverture de gravières est déconseillée
  1) Zone déjà préservée par plan d'urbanisme



Le captage de Villeneuve-Tolosane, au-delà, comme pour les autres ouvrages, du périmètre de protection rapproché circulaire de rayon 200 m, peut voir se développer à son aval immédiat, des gravières dans une zone restreinte. A la périphérie du captage de Seysses, situé en bordure immédiate du talus de la basse plaine, l'exploitation du matériau alluvial peut être entreprise par gravières.

Sur cette même figure 1,on a reporté dans leur état actuel, les gravières ouvertes et en eau et les gravières remblayées proches du captage. Les zones ayant fait l'objet de déclarations de réserves par les exploitants de sables et graviers n'ont pas été reportées.

Autour des captages, des mesures piézomètriques des niveaux d'eau ont permis de tracer les courbes hydroisohypses de la nappe alluviale au mois de mars 1975. Les niveaux relevés sur les divers points de mesure sont reportés dans l'annexe 1.

3.1 - Captage de Portet-sur-Garonne

3.1.1 - Conditions de l'exploitation actuelle

Géré par le syndicat des eaux de Portet-sur-Garonne, ce captage a eu en 1974, une production d'eau de 278 000 m^3, soit un débit moyen de 8,8 l/s. Seul un des 2 puits de la station est équipé de matériel de pompage.

A son amont immédiat, dans le sens d'écoulement de la nappe (cf. fig. 1) (400 m du captage), une gravière de taille importante, située au lieu dit Boutholomeri et dont la partie aval est remblayée sur un front de l'ordre de 300 m, agit vraisemblablement comme une barrière à très faible perméabilité.

D'après les courbes piézométriques établies au printemps 1969 avant l'ouverture de la gravière et celles obtenues en mars 1974, la direction générale d'écoulement serait restée inchangée, direction ouest-est au droit du captage.

3.1.2 - Recommandations

A 1 kilomètre à l'Est du captage, la présence d'une importante zone remblayée freine vraisemblablement l'écoulement de l'eau de la nappe vers le captage sans en modifier la direction.

D'autre part, le tracé de la voie rapide portée sur la figure 1 indique que celle-ci se situera à environ 450 m du captage. On peut craindre que la réalisation de celle-ci implique un tassement des terrains en place et que l'effet de compactage des sols nécessaire à la réalisation d'une telle voie induise sous celle-ci une réduction de la perméabilité du milieu aquifère.

Afin de préserver la productivité actuelle du captage, il est souhaitable d'accroître sensiblement vers l'Ouest,-c'est-à-dire l'amont du captage,- la dimension de la zone à préserver de toute ouverture de gravière. Cette dimension pourrait être portée à 800 m.

Vers le Nord et l'Est, des dimensions de 400 et 200 m peuvent être respectées en accord avec les règles déduites dans la 2ème partie de l'étude.

De plus, vers le Sud-Ouest parallèlement à la voie SNCF, il conviendrait de préserver une zone de 600 m de longueur et 200 m de largeur afin que dans l'hypothèse pessimiste où les tassements induits par la réalisation de la voie rapide provoquerait sous celle-ci la formation d'une zone de terrain peu perméable, l'écoulement de la nappe vers le captage puisse se produire par le Sud-Ouest dans une zone non exploitée par gravières.

Au delà de ces périmètres, les recommandations établies dans la seconde partie de l'étude devraient pouvoir être mises en application.

La disposition schématique du périmètre dans lequel aucune gravière ne devrait être ouverte est représentée ci-après et reportée sur la figure 2.

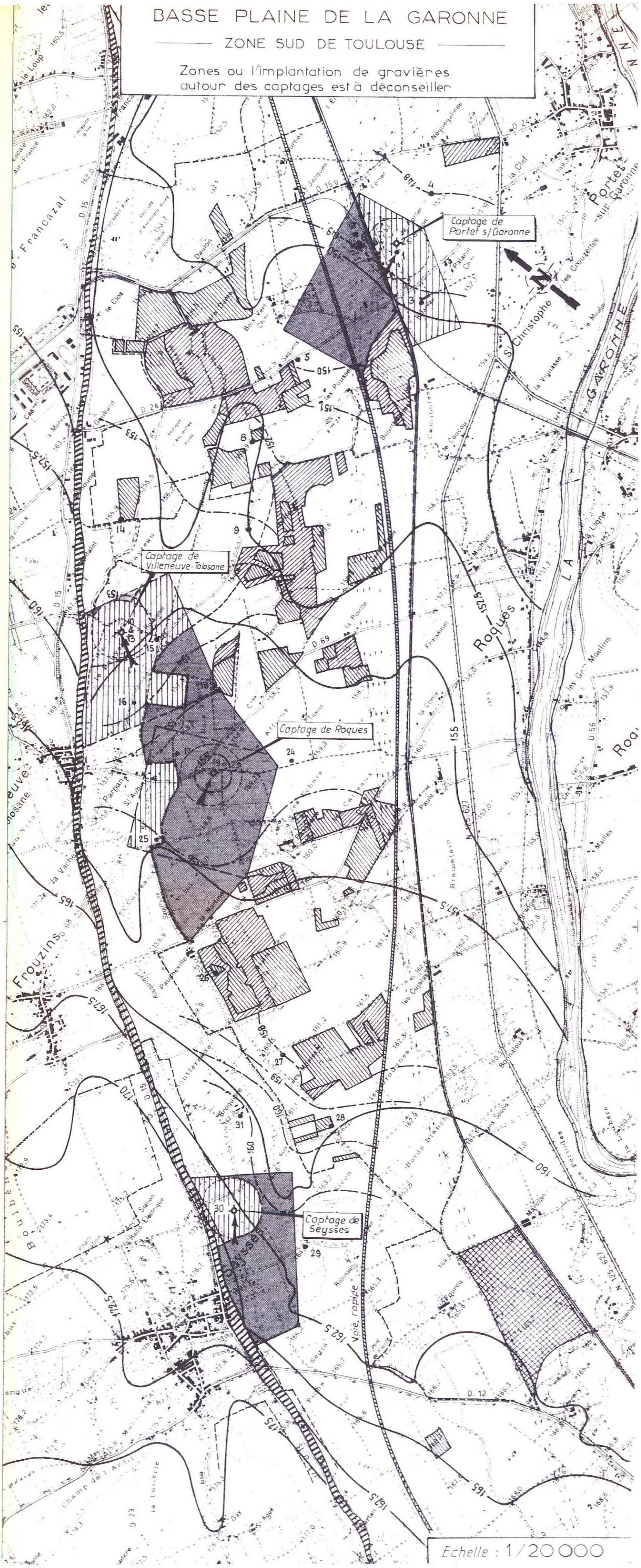
Fig. 2

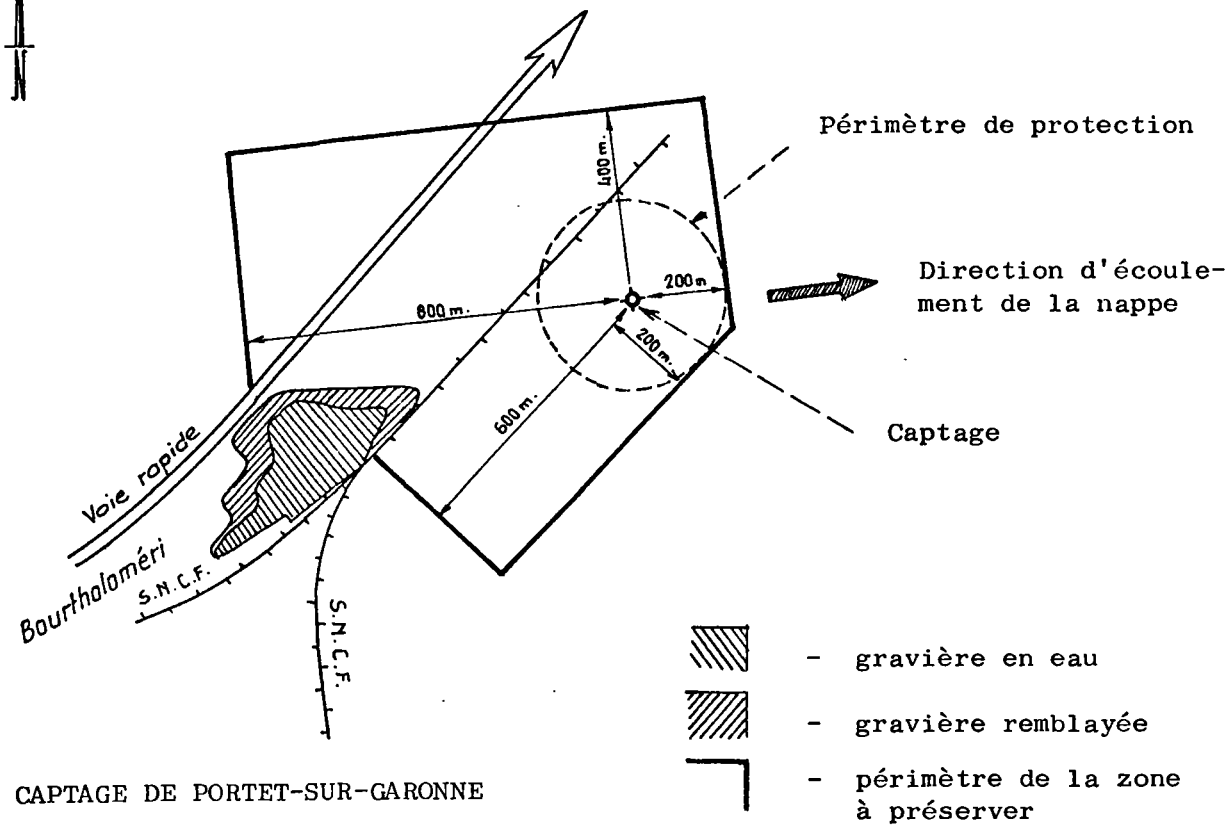
Voir légende Fig. 1

BASSE PLAINE DE LA GARONNE

ZONE SUD DE TOULOUSE

Zones ou l'implantation de gravières autour des captages est à déconseiller





CAPTAGE DE PORTET-SUR-GARONNE

Zone à préserver

3.2 - Captage de Villeneuve-Tolosane

3.2.1 - Conditions de l'exploitation actuelle

Ce captage est exploité par le syndicat des eaux de la banlieue sud-ouest de Toulouse, qui groupe les communes de Cugnaux, Villeneuve-Tolosane, Seysses et Frouzins. Sa production en 1974 a atteint 474 000 m^3, soit 15 l/s en débit moyen. Le puits étant implanté en bordure du talus de la basse terrasse (cf. figure 1, page 2), seule une zone à l'aval immédiat du périmètre rapproché du captage pourrait être exploitée par gravières.

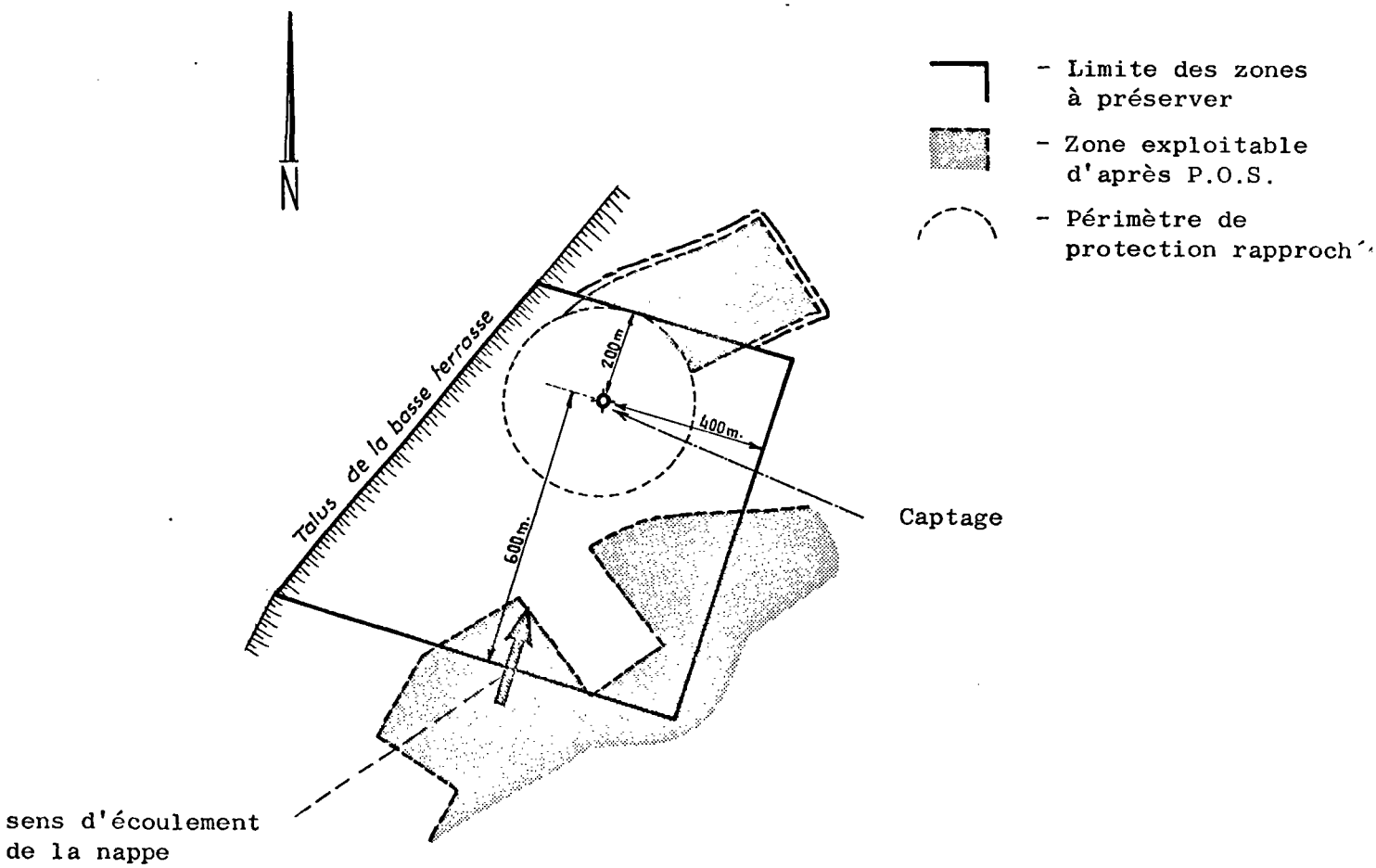
D'après le tracé des courbes hydroisohypses en mars 1975, l'écoulement de la nappe vers le captage a lieu dans la direction sud-ouest - nord-est avec un drainage moins marqué du ruisseau de Roussimort. De plus, vers l'Ouest le déversement de la nappe de la basse terrasse doit être admis comme participant directement à la production du captage.

3.2.2 - Recommandations

Vraisemblablement la présence d'un lit fossile en bordure de la basse terrasse est un facteur positif pour la productivité du captage.

L'écoulement général de la nappe ne se faisant pratiquement qu'au niveau de la basse plaine, les recommandations concernant une zone à préserver de toute ouverture de gravière peuvent être celles de la seconde partie de l'étude. La zone ainsi définie inclut des régions que le P.O.S. admettait comme pouvant être éventuellement exploitées.

Le périmètre ainsi déterminé, indiqué sur le schéma ci-dessous et sur la figure 2, devrait de plus comprendre la zone aval du captage dans laquelle l'ouverture de gravières peut être autorisée.



Captage de Villeneuve-Tolosane

Zone à préserver

Il est très probable en effet que le surcreusement du substratum molassique dans cette zone agisse pour le captage comme un drain naturel collectant les eaux de la nappe vers celui-ci. Il semble important de préserver un tel milieu de toute gravière dont la présence pourrait produire un effet de barrage dans ce drain naturel. Cette hypothèse est d'ailleurs confirmée par le tracé des courbes hydroisohypses qui indiquent au droit de ce drain naturel, à l'aval du captage, une circulation de l'eau de l'aval vers l'amont, c'est-à-dire vers le captage.

3.3 - Captage de Roques

3.3.1 - Conditions de l'exploitation actuelle

Géré par le syndicat des eaux de Portet-Roques, ce captage, qui comprend 5 puits de pompage juxtaposés, a eu en 1974 une production de 381 000 m^3 correspondant à un débit moyen de 12 litres/seconde.

Compte tenu des plans de développement de cette région (voir figure 1), le captage situé vers le centre de la basse plaine, se trouve actuellement inclus dans une zone pouvant être exploitée totalement par gravières : les plus proches d'entre elles se situent à environ 500 mètres du captage.

D'après les relevés piézométriques, l'écoulement initial de la nappe qui s'effectuait, en amont du captage, dans la direction sud ouest-nord est en absence de gravières, a été modifié par la création de gravières remblayées sur un front de 600 m de largeur à 800 mètres du captage. L'écoulement actuel s'effectue dans la direction est sud est - ouest nord ouest.

3.3.2 - Recommandations

Autour du captage, et compte tenu du débit moyen d'exploitation de celui-ci,qui est du même ordre que celui admis sur le site du Fauga (cf. 2ème partie de l'étude), la préservation d'une zone sans gravière doit être recommandée. Les dimensions de cette zone (600 m à l'amont, 400 m latéralement et 200 m à l'aval du captage) et son orientation (cf. figure 2) font qu'on n'y trouve aucune gravière actuellement exploitée.

D'autre part, en fonction des nombreuses gravières remblayées se trouvant en amont de cette zone, il conviendrait d'étendre celle-ci vers l'Est jusqu'à la limite définie par le P.O.S, afin que l'effet de barrière créé par ces gravières remblayées ne puisse être augmenté.

Il apparaît également qu'entre les zones à préserver autour des captages de Roques et Villeneuve-Tolosane, la présence de gravières remblayées ou en eau serait néfaste à l'un ou l'autre des captages. Il convient alors d'étendre la zone à préserver à cette région afin que pour les 2 captages une zone alluviale étendue puisse assurer le maintien de leur productivité.

3.4 - Captage de Seysses

3.4.1 - Conditions de l'exploitation actuelle

Exploité par le syndicat des eaux de la banlieue Sud Ouest de Toulouse, ce captage situé au pied du talus de la basse terrasse a eu en 1974 une production atteignant 768 000 m^3 (24 l/s), la commune de Seysses n'ayant, à elle seule, consommé que 125 000 m^3 la même année (16,5 %).

Ce captage est implanté dans un contexte hydrogéologique semblable à celui du captage de Villeneuve-Tolosane (voir figure 1) : cette zone, en bordure du talus de la basse terrasse,présente généralement un surcreusement du substratum imperméable qui, comblé par un remplissage de matériau alluvial, est alors le siège d'un écoulement préférentiel de l'eau.

Actuellement, le captage de Seysses n'est préservé des conséquences de l'ouverture de gravières que par son périmètre de protection rapproché et par une bande de terrain de faible largeur à son aval. Par contre, toute la zone de la basse terrasse à l'Ouest du captage n'est pas exploitable par gravières.

3.4.2 - Recommandations

Les relevés piézométriques indiquent que l'écoulement des eaux vers le captage a lieu, au niveau de la basse plaine, dans la direction Sud Ouest - nord est. Par contre, sur la basse terrasse, l'écoulement a lieu dans la direction ouest - est.

Il est donc apparent que les eaux de la basse terrasse, principalement à l'amont du captage, lorsqu'elles atteignent la basse plaine, circulent dans la zone d'écoulement préférentiel vers le captage.

Dans ces conditions, la zone préservée de toute ouverture de gravière devrait s'étendre à une distance supérieure à 600 m à l'amont du captage; une extension de l'ordre de 800 m permettrait de préserver la zone favorable en bordure de talus (cf. figure 2).

Latéralement, l'extension de la zone préservée devrait être de 400 m comme dans le schéma-type.

En second lieu, devant l'importance des débits captés sur cet ouvrage, il convient que soient respectées les recommandations d'implantation de gravières formulées dans la 2ème partie, à l'extérieur du périmètre défini ci-dessus. Cette zone secondaire devrait avoir les extensions pratiques suivantes (voir figure 2).

- jusqu'à la route départementale D.12 à l'amont du captage,
- jusqu'à la voie rapide en construction, latéralement,
- jusqu'à une distance de 400 m à l'aval du captage.

3.5 - Recommandations générales

Pour les 4 captages examinés, la présence actuelle de gravières en eau ou remblayées permet, du moins autour de ceux-ci ,de définir des zones à préserver impérativement de toute ouverture de gravières.

A l'extérieur de ces zones, le respect des conditions d'implantation, de dimensions et de disposition de gravières, évoquées dans la seconde partie de l'étude sera plus délicat, la situation actuelle étant déjà perturbée par des gravières.

Il est cependant impératif, pour préserver la productivité des captages de tenter d'imposer des ouvertures de gravières selon des schémas, qui, répondant aux recommandations de la 2ème partie, seront définis en utilisant comme point de départ de leur définition les gravières actuellement ouvertes.

Fig. 4

Basse plaine de la Garonne

Région de Carbonne

Contexte hydrogéologique

à 1/50 000 -

(Extrait de la carte hydrogéologique Cazères : état de la nappe en automne 1970)

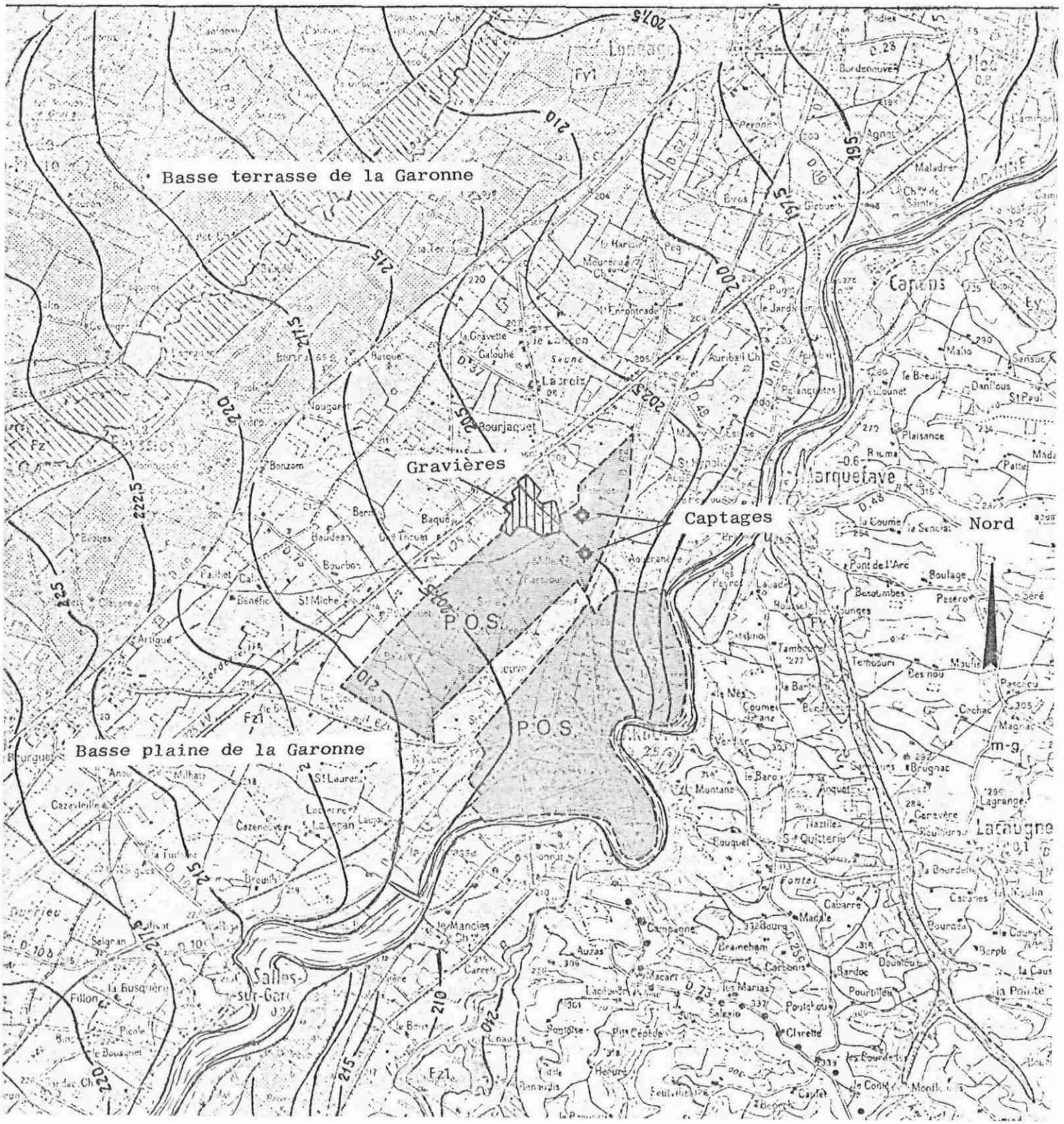


Fig. 3

Basse plaine de la Garonne
Région de CARBONNE

Implantation des gravières et captages
1/20 000
(Légende : cf. fig.1

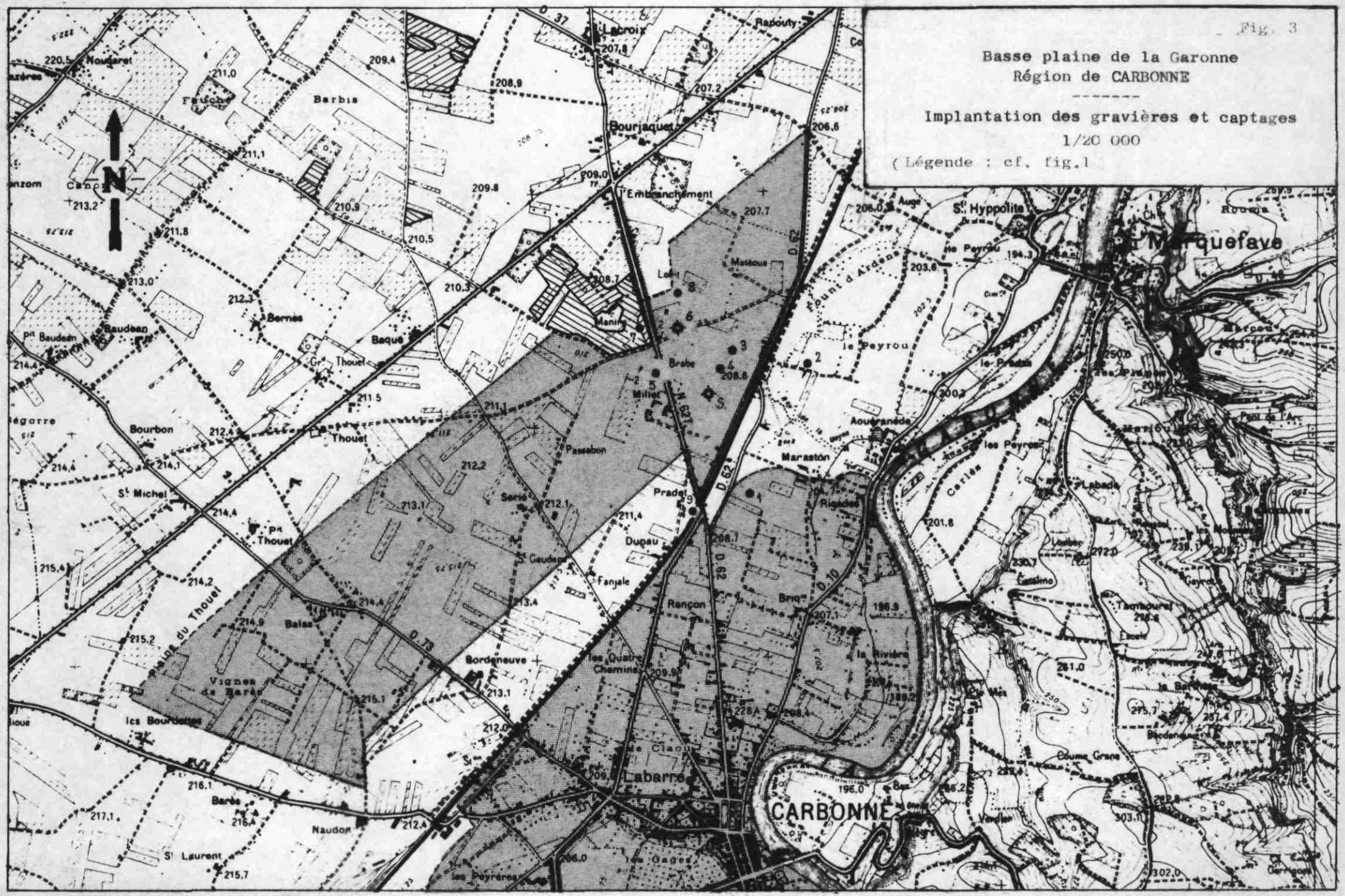
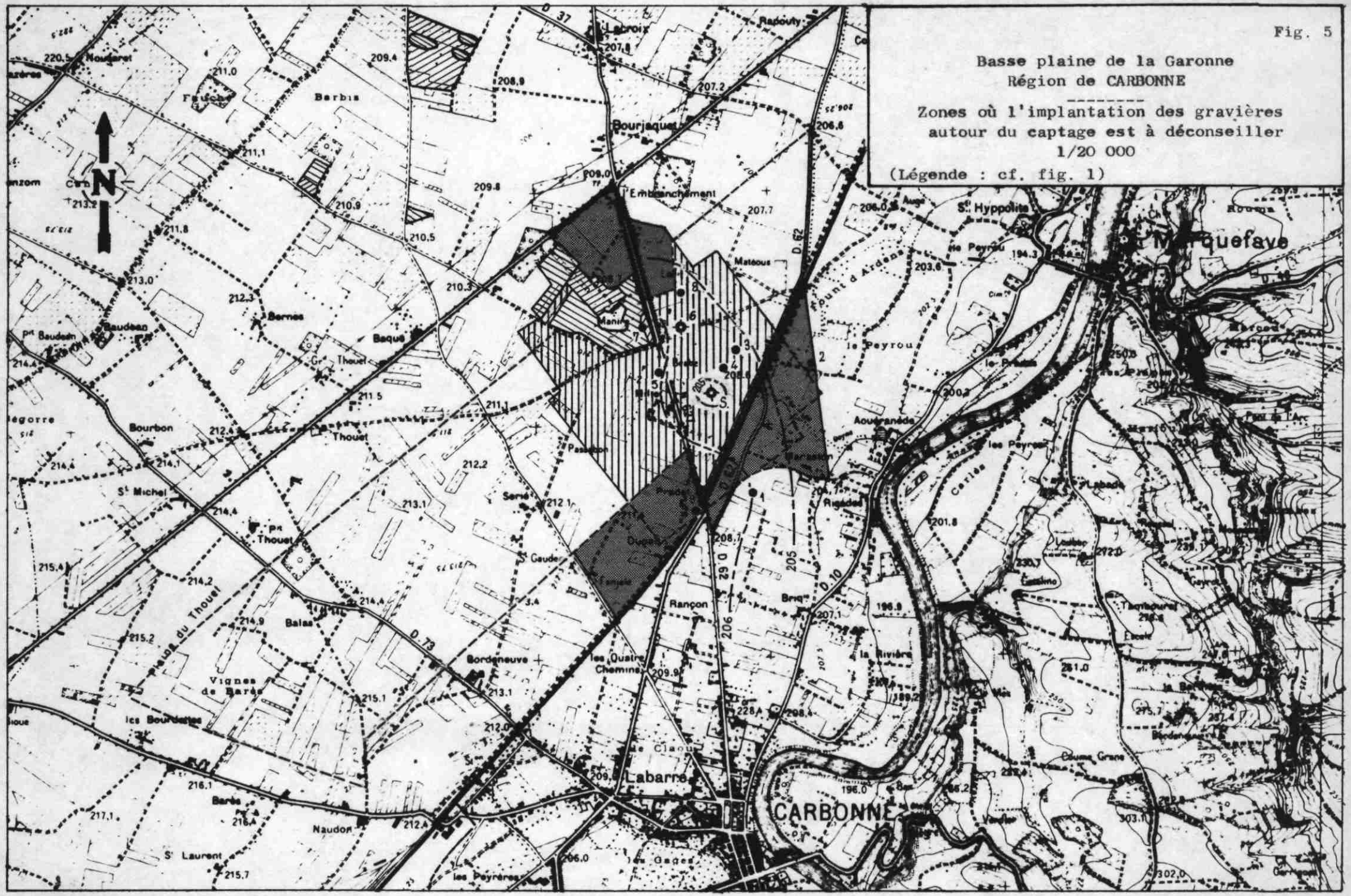


Fig. 5

Basse plaine de la Garonne
Région de CARBONNE

Zones où l'implantation des gravières autour du captage est à déconseiller
1/20 000

(Légende : cf. fig. 1)



4 - CAPTAGE DE CARBONNE

4.1 - Conditions de l'exploitation actuelle

La station de Carbonne comprend 2 puits de pompage distants de 300 m environ (ouvrages S et 6 - figure 3). Cette station est gérée par un syndicat ayant son siège au service départemental des eaux à Toulouse. Sa production était de 333 000 m^3 en 1974 (10,5 l/s en débit moyen).

Implantés au milieu de la basse plaine de la Garonne, au Nord de Carbonne, les 2 ouvrages sont inclus dans une zone interdite à toute exploitation par gravières.

Cependant, au Nord-Ouest des 2 ouvrages, d'importantes gravières en eau et remblayées existent.

4.2 - Recommandations

Autour des puits de captage, l'écoulement initial de la nappe s'effectuait dans la direction sud ouest - nord est (voir figure 4). L'extension des zones protégées est principalement située à l'amont des 2 captages.

Les relevés piézométriques ont permis de confirmer que pour la station principale (ouvrage S), l'écoulement initial avait été très peu perturbé par l'ouverture de gravières au Nord-Ouest.

Cependant pour l'ouvrage 6, exploité à un débit moindre, la présence des gravières est un important préjudice.

D'autre part, la station de Carbonne comprend un troisième ouvrage (ouvrage 3) non utilisé.

L'implantation et le débit moyen de la station de Carbonne - 10,5 l/s au total pour les 2 ouvrages exploités - correspondent exactement aux conditions examinées sur le site du Fauga qui avait permis de définir les recommandations de protection d'un captage contre les effets liés à l'ouverture de gravière.

Dans ces conditions, on peut recommander, autour de chacun des 2 ouvrages exploités (ainsi que pour le 3ème ouvrage dans un but sécuritaire), le respect de zones correspondant aux dimensions indiquées dans la 2ème partie de l'étude et dans lesquelles les ouvertures de gravières seront proscrites.

Les 3 ouvrages de la station de Carbonne étant proches les uns des autres, les périmètres ainsi définis (600 m à l'amont de chaque captage, 200 m à l'aval et 400 m latéralement) se superposent et c'est l'enveloppe extérieure des périmètres qui devrait être retenue.

De plus, pour l'ouvrage nord (ouvrage 6), il serait nécessaire de préserver une zone supplémentaire s'étendant jusqu'à la R.N.125 (voir figure 5) afin de limiter l'extension des gravières situées à son amont immédiat, extension réduisant la productivité.

Au Sud et au Sud-Est de l'ouvrage principal (ouvrage S), les limites du périmètre théorique ont été adoptées sur la figure 5 afin de prendre en compte les extensions des zones déjà préservées par les plans d'aménagement et de se ramener à des limitations topographiques simples. Les zones à préserver de toute ouverture de gravières, en plus des zones déjà protégées par les plans d'aménagement représentent environ 55 hectares.

Il est à remarquer que les plans d'aménagement proscrivent bien en amont des périmètres à préserver, l'ouverture de toute gravière, ce qui est pour les ouvrages de captages un gage de préservation de leur productivité.

A l'extérieur de ces zones, l'ouverture de gravières ne devraient pas influer, de façon notable, sur la productivité des ouvrages, dans la mesure où des espacements des gravières conformes aux recommandations énoncées dans la seconde partie de l'étude pourront être respectés.

5 - CAPTAGES DE BELDOU ET ST. CAPRAIS

Alors que les captages examinés précédemment se situent au Sud de Toulouse sur la basse plaine de la rive gauche de la Garonne, les 2 captages de Beldou et St. Caprais sont situés au niveau de la basse plaine mais en rive droite de la Garonne au Nord de l'agglomération toulousaine.

Fig. 6

Basse plaine de la Garonne

Région de BELDOU

Zone où l'implantation de gravières autour du captage est à déconseiller

1/20 000

Légende : cf. fig. 1 excepté courbes hydro-isohypses (relevé 1965)

5.1 - Captage de Beldou

5.1.1 - Conditions de l'exploitation actuelle

Appartenant au syndicat des eaux de la région St. Jory, la station de pompage de Beldou alimente 8 communes (St. Jory, St. Sauveur, Bruguières, Villeneuve-les-Bouloc, St. Caprais, Cépet, Vacquiers et Gargas). En période d'étiage prononcé, l'eau prélevée dans le captage de St. Caprais (voir paragraphe 5.2) alimente directement la station de pompage de Beldou.

La consommation annuelle de la station de Beldou a été de :

- 616 000 m^3 en 1972
- 590 000 m^3 en 1973

et 635 000 m^3 en 1974,

soit un débit moyen de 20 litres / seconde. Le captage de Beldou est situé sur la basse plaine de la Garonne, entre celle-ci et le canal latéral à la Garonne (voir figure 6).

5.1.2 - Recommandations

Lors des relevés antérieurs de l'état de la surface piézométrique, l'écoulement de la nappe alluviale dans la zone du captage présentait une indentation avec une direction moyenne sud est - nord ouest.

Les relevés de mars 1975 indiquent, avec l'apparition d'une gravière à 550 m au Nord du captage, un écoulement de direction est - ouest au droit du captage, l'axe drainant figurant à l'aval de celui-ci étant semblable à celui observé antérieurement.

Il est très vraisemblable que les caractéristiques hydrogéologiques des terrains soient identiques à celles observées au Sud de Toulouse, le substratum se situant à une profondeur de l'ordre de 6 mètres sous la surface topographique.

A l'amont du captage, aucune gravière n'est ouverte dans les alluvions de la basse plaine.

Compte tenu de l'écoulement de la nappe qui, au Sud du captage s'effectue dans la direction sud est - nord ouest, il convient d'adopter la forme du périmètre à préserver de toute ouverture de gravière à la convergence des écoulements vers l'axe drainant à l'Ouest du captage.

Le périmètre recommandé (voir figure 6) aurait dans ces conditions une extension vers le Sud-Est jusqu'à une distance de 850 m du captage.

La superficie totale de la zone à préserver atteindrait alors environ 95 hectares.

Il est vraisemblable que l'axe drainant,situé à l'Ouest du captage,est constitué par un ancien lit de la Garonne. A l'Ouest de celui-ci, les exploitations de gravières pourraient être entreprises sans contrainte spéciale.

Par contre, à l'Est et au Sud de la zone à préserver, les ouvertures de gravières devraient satisfaire les recommandations de la 2ème partie de l'étude (dimensions - espacement - alignement). Dans cette zone,l'écoulement de la nappe s'effectue suivant une direction moyenne sud est - nord ouest, qui peut être admise comme direction d'alignement des gravières ouvertes éventuellement.

5.2 - Captage de St. Caprais

5.2.1 - Conditions de l'exploitation actuelle

Géré par le syndicat des eaux de la région de St. Jory (comme le captage de Beldou), il alimente en eau 3 communes : Castelnau-d'Estretefonds, St. Rustice et Bouloc. Il est implanté à l'Est de St.Caprais (voir figure 7).

Les prélèvements effectués sur ce captage ont été de 113 000 m^3 en 1972, 121 000 m^3 en 1973 et 111 000 m^3 en 1974, ce qui correspond à un débit moyen de 3,5 l/s. Le matériau alluvial étant identique à celui de la zone du Fauga et le débit moyen du captage inférieur à celui ayant permis de définir les dimensions du périmètre à préserver de toute ouverture de gravières, l'application des conclusions de la 2ème partie de l'étude peuvent donc être appliquées.

Basse plaine de la Garonne

Fig. 7

Région de St-CAPRAIS

Zone où l'implantation de gravières autour du captage est à déconseiller

1/20 000

Légende : cf. fig. 1 excepté courbes hydro-isohypses (relevé printemps 1966)

5.2.2 - Recommandations

Les relevés piézométriques antérieurs indiquaient (voir figure 7) un écoulement de la nappe dans la direction Sud-Nord, à proximité du lieu d'implantation du captage. En mars 1975, l'écoulement autour du captage s'effectue principalement dans la direction Sud Est - Nord Ouest et l'influence de celui-ci se fait sentir par une incurvation des courbes hydroisohypses.

Cette zone ne comprenant actuelle aucune gravière, l'application des recommandations de la 2ème partie paraît pouvoir s'appliquer d'une manière parfaite. Ainsi donc, le périmètre théorique recommandé, adapté aux tracés des limitations parcellaires, est représenté sur la figure 7. Dans ce périmètre, la préservation de la productivité du captage requiert l'interdiction d'ouverture de gravière.

A l'extérieur de ce périmètre, il conviendra d'imposer que les gravières susceptibles d'être ouvertes dans ces zones respectent des dimensions (150 x 200 m), des espacements (150 à 200 m) et des alignements en accord avec les recommandations fournies dans la partie précédente de cette étude.

6 - CONCLUSIONS

Les sept captages examinés sont situés dans des zones de la basse plaine de la Garonne dans lesquelles il est encore possible de préserver autour de chacun d'eux une zone vierge de toutes gravières. Ces zones définies sur les figures 2, 5, 6 et 7, ont, dans tous les cas, été adaptées aux conditions hydrogéologiques existantes.

A l'extérieur de ces zones, les positions des gravières devraient respecter les normes définies dans la seconde partie de l'étude. (dimensions - espacements - alignements).

Seul le captage de Portet-sur-Garonne subit déjà l'influence d'une gravière proche remblayée qui doit porter atteinte à sa productivité.

Dans toutes les recommandations fournies précédemment, il n'a pas été tenu compte de la présence ou non de terrains ayant fait l'objet de la part des exploitants de sables et graviers de déclarations de réserve, ces considérations dépassant le cadre hydraulique de cette étude.

Les divers recommandations indiquées pour les sept captages examinés fournissent les conditions dans lesquelles la productivité de ces ouvrages ne devrait subir que des modifications minimes attribuables à la présence de gravières. Il conviendra dans tous les cas où une réduction de productivité d'un ouvrage serait constatée de s'assurer que celle-ci n'est pas attribuable à un vieillissement de l'ouvrage (colmatage naturel du puits par exemple), dans quel cas les gravières seraient mises hors de cause. Une méthode permettant de s'assurer de l'apparition ou non de ce phénomène de vieillissement est fournie dans l'annexe 2.

Michel Vandenbeusch
Ingénieur E.N.S.E.E.I.H.T.
au Département géologie de l'aménagement

avec la collaboration de
Jean Roche
Ingénieur E.N.S.G.
au Service géologique régional
Midi-Pyrénées

Relevés piézométriques - nappe de la basse plaine de la Garonne
(13 - 14 mars 1975)

---

1 - Banlieue Sud Ouest de Toulouse (implantationssur figure 1)

ouvrage (numéro)		Profond. m.	Niveau/ repère	Repère/ sol	Cote sol m. NGF	Niveau m. NGF	Observations
Station de PORTET-SUR-GARONNE	1	6,50	4,45	0,70	152,5	148,8	pas d'installation de pompe
	2	8,05	4,50	0,80	152,5	148,8	puits de pompage
	3	-	4,50	0,60	153	149,1	en partie comblé
	4	5,00	3,27	0	151,3	148	
	5	4,80	4,65	0,70	154	150	
	6	3,10	1,55	0,40	152.8	151,6	puits citerne ?
	7	4,60	4,00	0	152,7	148,7	
gravière	8		3,10	-	155,4	152,3	
	9	3,90	3,75	0,70	154,7	151,6	
Station de VILLENEUVE-TOLOSANE	10	7,20	3,95	0,70	155	151,7	
	11	8,35	4,35	0,75	155	151,4	
	12	8,90	5,38	1,65	155	151,3	puits en pompage
	13	8,50	4,90	0,95	155	151	
gravière	14		2,35		155,9	153,6	
	15	4,80	3,68	0,05	156,8	153,1	
	16	4,20	3,63	0,20	157,2	153,8	
	17	5,60	2,70	- 0,30	158,6	155,6	
gravière	18		3,00		158	155	
Station de ROQUES	19	7,35	5,31	1,00	159	154,7	puits en pompage
	20	7,45	5,04	0,90	159	154,9	
	21	7,00	4,52	0,50	159	155	
	22	7,00	4,45	0,40	159	154,9	
	23	7,00	4,35	0,30	159	154,9	
	24	6,05	4,15	0,40	159,5	155,7	
	25	3,0	2,72	0,15	158,5	155,9	
gravière	26		1,50		160	158,5	
	27	5,5	3,38	0,50	160,8	158	
gravière	28		2,80		162,5	159,7	
	29	3,90	1,62	0,30	164,2	162,9	
Station de SEYSSES	30	5,50	2,25	- 0,50	163,5	160,7	puits en pompage
	31	3,70	2,35	+ 0,50	162	160,1	

---

2 - Région de Carbonne (implantationssur la figure 3)

Ouvrage		Profond. (m)	Niveau/ repère (m)	Repère/ sol (m)	Cote sol (m NGF)	Niveau (m NGF)	Observations
Station de CARBONNE	S	8,90	5,20	1,15	209	204,9	puits en pompage
	1	4,00	3,35	2,00	207,4	206,0	
	2	2,50	1,25	0,20	204,3	203,3	
	3	5,20	4,85	1,50	209	205,6	
	4	7,10	4,30	0,50	209,4	205,6	
	5	5,80	4,38	0,45	210	206,1	
Station de CARBONNE gravière	6	9,70	5,55	1,65	209,5	205,6	en pompage
	7		2,20		210	207,8	
	8	5,15	3,72	0,35	209	205,6	
	9	5,15	3,86	0,15	210	206,3	

3 - Banlieue Nord de Toulouse

3.1 - Zone du captage de Beldou (implantationssur la figure 6)

Ouvrage		Profond. (m)	Niveau/ repère (m)	Repère/ sol (m)	Cote sol (m NGF)	Niveau (m NGF)	Observations
Station de BELDOU	S	6,80	3,07	1,50	116,5	114,9	
	1	4,00	2,14	0,40	116,2	114,5	
	2	3,95	2,25	0,30	116,5	114,5	
	3	4,30	2,24	0,40	116,7	114,9	
	4	3,60	1,80	0,20	115	113,4	
	5	4,10	1,50	0	115	113,5	
gravière	6		1,30		116	114,7	
	7	3.80	2,40	0,45	117	115,1	

3.2 - Zone du captage de St. Caprais (implantations sur la figure 7)

Station de St. CAPRAIS	S	8,20	3,85	1,10	112,3	109,5	
	1	6,40	3,13	0,50	112,5	109,9	
	2	5,75	3,20	0,60	111,4	108,8	
	3	5,10	3,57	0,60	111,3	108,4	
	4	5,70	2,87	0,20	112,7	110,0	
	5	4,80	2,00	0,40	113,	111,4	
	6		0,75	0,50	113,	112,7	-niveau identique dans fossé proch
	7	4,20	ND 1,85	0,40	112,5	111,2	-pompage agricole en fonctionnemen

---

Méthode d'estimation de vieillissement d'un captage

Afin de s'assurer de l'existence ou non d'un phénomène de vieillissement d'un captage, il serait recommandé de réaliser à environ 100 mètres en amont de chaque captage, un piézomètre, sur lequel des mesures régulières de niveau seraient effectuées, (bi-hebdomadaire par exemple), en même temps que des mesures de production du captage.

Si à une période donnée, on constatait une nette baisse de productivité de l'ouvrage, l'examen des niveaux mesurés antérieurement dans ce piézomètre lors de périodes climatiques semblables, permettrait de pressentir la cause du phénomène :

- Si le niveau, en moyenne, dans le piézomètre a les mêmes fluctuations qu'antérieurement en dépit de l'ouverture, autour de la zone préservée, de gravières : le puits de pompage se colmate vraisemblablement ; l'ouvrage atteint donc sa propre période de vieillissement.

- Si le niveau moyen dans le piézomètre, accuse, comparativement à une période climatique antérieure semblable, une baisse marquée : un effet de barrage provoqué sur l'écoulement de la nappe en amont du captage peut être recherché.