

SOCIÉTÉ SOLVAY & C^e

39500 TAVAUX

Téléphone (84) 72.07.49

**CREATION DE DEUX NOUVEAUX BASSINS DE STOCKAGE A L'USINE
DE LA SOCIÉTÉ SOLVAY A TAVAUX (39)**

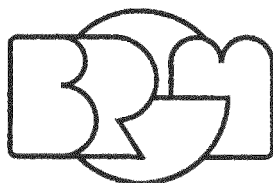
**ETUDE DE FAISABILITÉ POUR UN DISPOSITIF DE RÉCUPÉRATION
ET FIXATION DES CHLORURES AUTOUR DES BASSINS**

par

Y. BARTHELEMY

D. ROUSSELOT

J. TOUBIN



BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL

B. P. 6009 — 45018 ORLEANS CEDEX — Téléphone (38) 63.80.01 — TELEX : BRGM 780258 F.

SERVICE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL FRANCHE-COMTÉ

1, Square Castan — 25000 BESANÇON
Téléphone (81) 83.20.98

SERVICE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL RHONE-ALPES

B. P. 6083 — 69604 VILLEURBANNE CEDEX
Tél. (78) 89.72.02 - TELEX : BRGM 380966 F.

79 SGN 091 FRC

MARS 1979

SOCIÉTÉ SOLVAY ET CIE
CRÉATION DE DEUX NOUVEAUX BASSINS DE STOCKAGE A L'USINE DE
LA SOCIÉTÉ SOLVAY A TAVAux (39)
ETUDE DE FAISABILITÉ POUR UN DISPOSITIF DE RECUPERATION ET
FIXATION DES CHLORURES AUTOUR DES BASSINS.

Par Y. BARTHELEMY

Avec la collaboration de J. CORNET et D. ROUSSELOT

79 SGN 091 FRC

RÉSUMÉ

Modalités administratives :

Cette étude a été réalisée par le B.R.G.M. (Services Géologiques Régionaux Franche-Comté et Rhône-Alpes), à la demande de la Société SOLVAY et Cie, selon les termes du programme proposé le 29/09/78 et accepté d'un commun accord le 28/11/78 (réf : RGA 531871 A).

But :

A la suite d'une étude précédente réalisée par le B.R.G.M. (réf : 75 SGN 003 JAL), un dispositif de pompage, sous la forme de huit forages, a été mis en place dans l'emprise de l'usine SOLVAY de TAVAux (39), en vue d'éviter la migration de chlorures dans les formations aquifères superficielles à partir des quatre bassins de stockage existants. Une importante campagne de mesures entreprise par la suite a permis de montrer que le système réalisé est tout à fait satisfaisant (réf : 77 SGN 387 JAL).

La présente étude est destinée à établir dans quelle mesure la réalisation de deux bassins de stockage supplémentaires va perturber le dispositif déjà en place et quelles sont les modifications qu'il faut y apporter pour lui redonner son efficacité.

Objet :

Le présent travail, phase préliminaire d'une étude plus complète, a consisté en diverses simulations sur modèle mathématique des réactions de la nappe à différents aménagements hydrauliques.

Cinq sondages complémentaires effectués à proximité de l'emplacement prévu pour les nouveaux bassins ont permis d'obtenir des renseignements, d'ordre hydrogéologique, utiles pour améliorer localement le modèle mathématique de gestion mis en place lors de la première étude réalisée. Compte tenu de l'emplacement prévu pour les nouveaux bassins, il s'est avéré nécessaire d'accroître l'extension du modèle mathématique, ce qui a donné lieu à quelques simulations supplémentaires destinées à en affiner le calage.

Ceci fait, on est ensuite passé à la simulation de l'effet des nouveaux bassins sur les niveaux de la nappe et à la recherche de différents dispositifs hydrauliques susceptibles d'éviter la migration des chlorures.

Résultats :

La solution proposée consiste en une série de puits (4 à 6 en diamètre 800 mm environ) implantés à l'extérieur des digues nord, ouest et sud des futurs bassins, selon un schéma précisé dans le texte, et sur laquelle est réparti un débit de l'ordre de 120 m³/h.

Ce schéma, testé pour deux niveaux de nappe (hautes et basses eaux moyennes), deux débits d'infiltration (70 et 100m³/h) ainsi que deux configurations d'exploitation sur les puits de l'usine SOLVAY et Cie, permet de maintenir une zone déprimée autour des bassins de stockage et d'éviter ainsi la migration des chlorures.

A l'issue de cette phase de faisabilité, on peut donc avancer avec assurance qu'une solution hydrodynamique du type de celle qui est décrite dans ce rapport serait à même de protéger efficacement la nappe contre une migration des chlorures en provenance des deux bassins de stockage projetés, évitant par la même de recourir à leur imperméabilisation totale (qui ne pourrait d'ailleurs pas être une garantie absolue), tout en garantissant la pérennité du dispositif de fixation déjà en place pour les 4 premiers bassins. Dans une phase ultérieure il conviendrait toutefois d'étudier plus précisément les fuites potentielles en provenance du canal et de les prendre en compte dans le dispositif de fixation envisagé.

Interlocuteur de SOLVAY et Cie M. MAILLARD
Ingénieur responsable de l'étude ... J. CORNET
Auteur du rapport Y. BARTHELEMY
avec la collaboration de D. ROUSSELOT

Techniciens ayant participé à l'étude J. TOUBIN
G. FONCET
 Dessinateur M. RODET
 Secrétaire G. BARROUE

TABLe DES MATIERES

	<u>Pages</u>
1 - <u>INTRODUCTION</u>	4
2 - <u>ACQUISITION DE RENSEIGNEMENTS HYDROGEOLOGIQUES COMPLEMENTAIRES</u>	6
21 - IMPLANTATION DE NOUVEAUX OUVRAGES DE RECONNAISSANCE	6
22 - ACQUISITION DE NOUVELLES DONNEES	7
221 - <u>Données topographiques</u>	7
222 - <u>Données hydrogéologiques</u>	7
2221 - <u>Stations de pompage d'essai</u>	7
2222 - <u>Sondages pour prélèvements d'échantillons</u>	8
3 - <u>ACTUALISATION DU MODELE MATHEMATIQUE DE SIMULATION</u>	9
31 - GEOMETRIE DU SYSTEME AQUIFERE	10
32 - CARACTERISTIQUES HYDROGEOLOGIQUES	10
33 - DONNEES PIEZOMETRIQUES	10
34 - DEBITS IMPOSES	14
4 - <u>SIMULATIONS DIVERSES</u>	14
41 - REDECOUPAGE ET CALAGE DU MODELE	14
42 - SIMULATION DE L'EFFET DE DEUX NOUVEAUX BASSINS	14
43 - AGRANDISSEMENT DU MODELE DE SIMULATION	23
44 - SIMULATION DE DIVERS DISPOSITIFS DE FIXATION	27
441 - <u>Puits de fixation à "potentiels imposés"</u>	27
442 - <u>Puits de fixation à "débits imposés"</u>	30
4421 - <u>Nappe haute - débit d'infiltration : 70 m³/h</u>	30
4422 - <u>Nappe basse - débit d'infiltration : 100 m³/h</u>	36
4423 - <u>Nappe haute - débit d'infiltration : 70 m³/h</u>	36

5 - <u>DISPOSITIF DE FIXATION PROPOSE</u>	39
6 - <u>CONCLUSIONS</u>	41

TABLE DES FIGURES

N° des figures

1 - Plan de situation	5
31 a - Carte du toit des alluvions	11
31 b - Carte du substratum des alluvions	12
32 - Carte de distribution des perméabilités	13
34 - Débits prélevés ou injectés dans la nappe phréatique au 4ème trimestre 1976	15
41 a - Maillage original (1340 mailles)	16
41 b - Maillage intermédiaire (1481 mailles)	17
41 c - Simulation N° 7 - piézométrie simulée (B.E.M.* ,C.E.76*,D.N.B.* 0m3/h)	18
42 a - Répartition du débit d'infiltration des deux bassins de stockage projetés (70 m3/h)	19
42 b - Simulation N° 11 - piézométrie simulée (B.E.M.,C.E.76,D.N.B:70m3/h)	20
43 a - Maillage final (1556 mailles)	24
43 b - Simulation N° 12 - piézométrie simulée (B.E.M.,C.E.76,D.N.B:0m3/h)	25
43 c - Simulation N° 13 - piézométrie simulée (B.E.M.,C.E.76,D.N.B:70m3/h)	26
441a - Distribution des puits fictifs à potentiels imposés	28
441b - Simulation N° 15 - piézométrie simulée (B.E.M.,C.E.76,D.N.B:70m3/h)	29
4421 a - Distribution des puits fictifs à débits imposés	31
4421 b - Débits au 4ème trimestre 78	32
4421 c - Débits de prélèvement de l'usine Solvay au 4ème trimestre 78	33
4421 d - Simulation N° 18 - Piézométrie simulée (B.E.M.,C.E.78,D.N.B:70m3/h)	34
4422 - Simulation N° 19 - piézométrie simulée (B.E.M.,C.E.78,D.N.B:100m3/h)	37
4423 - Simulation N° 21 - Piézométrie simulée (B.E.M.,C.E.78,D.N.B:70m3/h)	38

* N.B. : Abréviations utilisées :

B.E.M. = Basses eaux moyennes

H.E.M. = Hautes eaux moyennes

D.N.B : 70 m3/h = débit d'infiltration des bassins de stockage projetés : 70 m3/h

D.N.B : 100 m3/h = débit d'infiltration des bassins de stockage projetés : 100 m3/h

C.E. 76 = Conditions d'exploitation de l'usine trimestre 1976

C.E. 78 = Conditions d'exploitation de l'usine trimestre 1978

TABLE DES ANNEXES

	<u>Pages</u>
Annexe 1 - Liste des points d'observation	43 à 44
Annexe 2 - Coupes géologiques	45 à 50
Annexe 3 - Dépouillement des pompages d'essai	51 à 72

1 - INTRODUCTION

Cette étude a été réalisée par le B.R.G.M. (Services Géologiques Régionaux Franche-Comté et Rhône-Alpes), à la demande de la Sté SOLVAY et Cie, selon les termes du programme proposé le 29/09/78 et accepté d'un commun accord le 28/11/78 (réf. RGe 531871 A).




A la suite d'une étude précédente réalisée par le B.R.G.M. (1), la Société SOLVAY et Cie a mis en place, dans l'emprise de son usine de TAVANX (39), un dispositif de pompage, sous la forme de huit forages, destiné à éviter la migration de chlorures dans les formations aquifères superficielles à partir des quatre bassins de stockage existants. Une importante campagne de mesures entreprise par la suite a permis de montrer que le système réalisé est tout à fait satisfaisant (2).

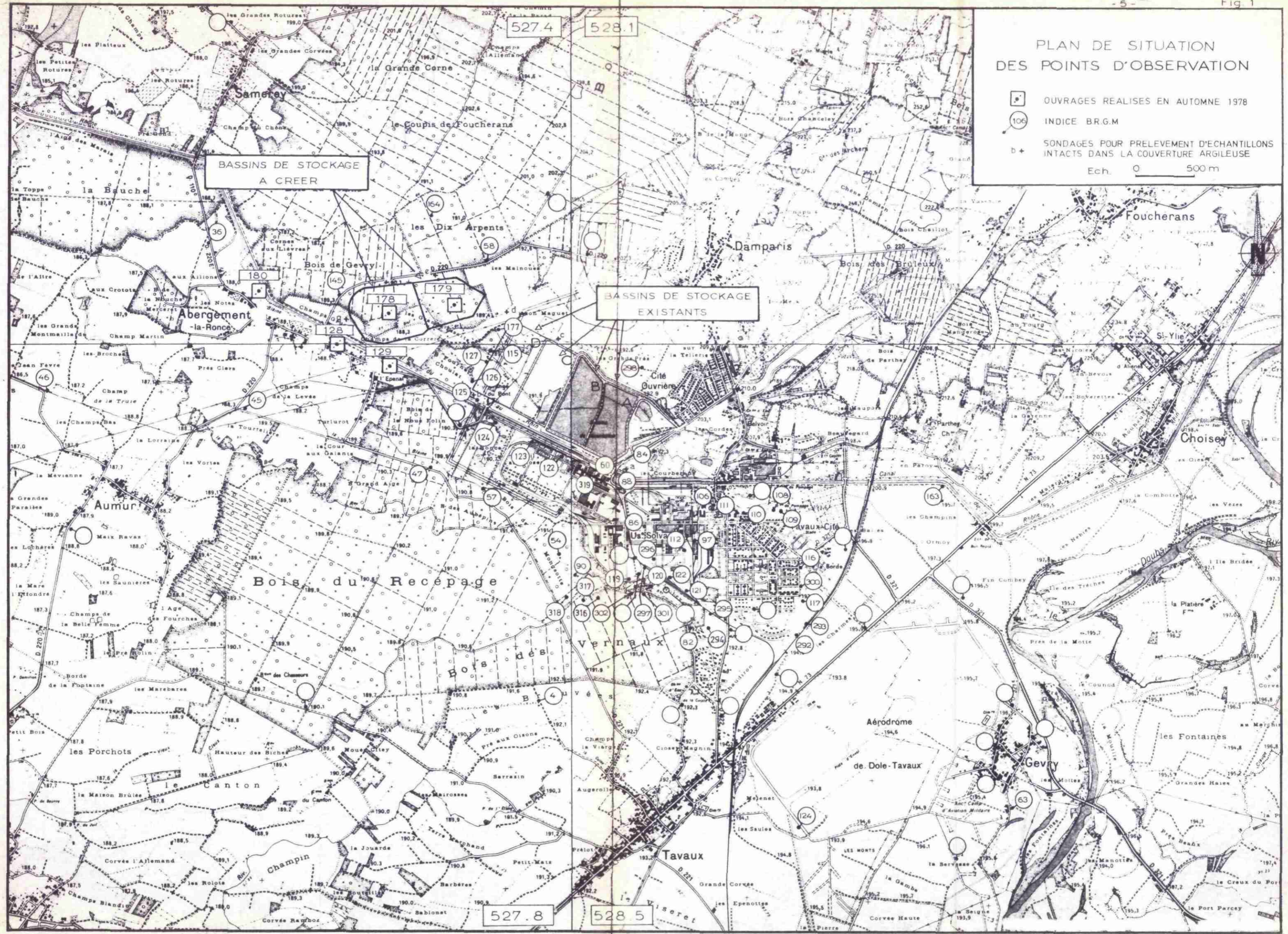
La Société SOLVAY désirant réaliser deux nouveaux bassins de stockage à quelque distance au Nord-Ouest des quatre bassins déjà existants (voir plan de situation fig. 1), la question s'est posée de savoir dans quelle mesure ce nouvel aménagement viendrait perturber l'efficacité du dispositif de récupération déjà en place et, si c'était le cas, comment y remédier ou le compléter.

Compte tenu de l'existence d'un modèle mathématique de simulation et des bons résultats fournis jusqu'à présent par celui-ci, il a paru raisonnable dans une première phase, d'y avoir recours pour tenter de résoudre le problème posé. C'est l'objet de ce rapport qui décrit et commente les diverses simulations qui ont été effectuées et les résultats auxquels elles ont permis d'aboutir.

-
- (1) - Etude hydrogéologique du site de l'usine de la Société SOLVAY à TAVANX (39).
Captages d'eau - Migration de solutions de chlorures - par J.J. COILLÉ et
T. POINTEY - Rapport B.R.G.M. N° 75 SGR 003 JAL.
- (2) - Vérification de l'efficacité du dispositif de fixation des chlorures -
Voie de SOLVAY à TAVANX (39) - par D. ROUSSELOT - Rapport B.R.G.M.
N° 77 SGR 387 JAL.

PLAN DE SITUATION DES POINTS D'OBSERVATION

-  OUVRAGES REALISES EN AUTOMNE 1978
 -  INDICE BR.G.M
 -  SONDAGES POUR PRELEVEMENT D'ECHANTILLONS INTACTS DANS LA COUVERTURE ARGILEUSE
- Ech. 0 500 m



2 - ACQUISITION DE RENSEIGNEMENTS HYDROGÉOLOGIQUES COMPLÉMENTAIRES

21 - IMPLANTATION DE NOUVEAUX OUVRAGES DE RECONNAISSANCE

Afin de compléter les connaissances hydrogéologiques acquises au cours d'études précédentes, notamment au voisinage de l'emplacement prévu pour la réalisation des deux bassins de stockage projetés, plusieurs ouvrages complémentaires ont été réalisés (voir localisation géographique sur la fig. 1). Il s'agit de :

- 5 stations de pompage d'essai comprenant chacune un forage ϕ 200 mm, équipé ϕ 125 mm, accompagné de deux piézomètres ϕ 40-49 mm distants d'une dizaine de mètres du forage et disposés de façon telle que l'angle formé par le forage et les deux piézomètres soit approximativement de 90°.

Les forages, réalisés par l'entreprise Cinquin, ont été poussés jusqu'au substratum des alluvions perméables, et les piézomètres ont une dizaine de mètres de profondeur.

Chacun des forages, indépendamment de sa désignation SOLVAY et Cie a reçu un indice de classement dans la Banque des Données du Sous-Sol (BSS). Le petit tableau ci-dessous indique la correspondance entre les différents indices :

DESIGNATION SOLVAY ET Cie	INDICE BSS
58-9-10	0527-4X-0178
50-8-80	0527-4X-0179
74-2-20	0527-4X-0180
66-3-90	0527-8X-0128
59-4-90	0527-8X-0129

D'une manière plus générale, le tableau de la figure 21, annexe 1, donne la liste des points d'observation et fournit, pour chacun d'eux, la correspondance entre les indices SOLVAY et BSS.

- 10 sondages pour prélèvements d'échantillons intacts dans la couverture argileuse. Ce sont les points repérés a, b, c, d, e, f, g sur la figure 1 et les forages 0527-4X-0178, 0527-4X-0179, 0527-8X-0128, déjà cités.

22 - ACQUISITION DE NOUVELLES DONNEES

L'ensemble des nouveaux ouvrages réalisés, 10 au total, a permis d'acquérir un certain nombre de données complémentaires, utiles pour mener à bien l'étude entreprise. Ce sont: d'une part des éléments d'ordre topographique concernant le toit et le plancher des alluvions, et, d'autre part, des renseignements hydrogéologiques sur la perméabilité de l'aquifère.

221 - Données topographiques

Les cinq sondages effectués, après avoir recoupé la couverture argileuse épaisse de quelques mètres, ont traversé de part en part la formation alluviale aquifère, donnant ainsi, pour chaque point, des indications précises quant aux profondeurs caractéristiques de l'aquifère. Ces cinq points ne sont pas nivelés*, mais, à l'aide de cotes altimétriques proches fournies par les cartes de l'Institut Géographique National (IGN), on a pu obtenir avec une précision satisfaisante les cotes altimétriques du toit et du plancher des alluvions.

Les sept sondages supplémentaires ne sont pas sortis de la couverture argileuse et donnent, par excès, une cote altimétrique maximum du toit des alluvions.

222 - Données hydrogéologiques

2221 - Stations de pompage d'essai

Chacune des cinq stations a fait l'objet d'un pompage d'essai visant à déterminer la transmissivité moyenne de l'aquifère à son emplacement. L'objet de ce rapport n'étant pas le dépouillement de ces essais, on se reportera à l'annexe 3 pour le détail des opérations et leur interprétation, et

* Il est souhaitable que les nouveaux sondages soient nivelés, de façon à pouvoir être utilisés, à l'avenir, en tant que points d'observation.

L'on se contentera de rappeler dans le tableau ci-dessous les principaux résultats obtenus :

Indice BSS de l'ouvrage.	Épaisseur aquifère b (m)	Transmissivité T (m ² /s)	Perméabilité $K=T/b$ (m/s)
0527-4X-0178	9,1	$2,3 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^{-3}$
0527-4X-0179	4,4	$2,8 \cdot 10^{-3}$	$6,3 \cdot 10^{-4}$
0527-4X-0180	9,3	$7,6 \cdot 10^{-3}$	$8,1 \cdot 10^{-4}$
0527-8X-0128	6,0	$3,5 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-5}$
0527-8X-0129	7,2	$3,7 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-4}$

Par ailleurs, les pompages d'essais réalisés sur les forages 74-2-20, 66-3-90 et 59-4-90 montrent une réalimentation de la nappe par le canal d'évacuation des chlorures, même si celui-ci présente un colmatage important. De ce fait, il est plus que probable qu'une migration de chlorures dans la nappe, faible mais permanente, soit à prendre en compte à l'avenir.

2222 - Sondages pour prélèvements d'échantillons

Les 7 sondages pour prélèvements d'échantillons dans la couverture argileuse, réalisés en complément de trois des stations de pompage d'essai, ont été exécutés sous la maîtrise d'oeuvre du CETE (Centre d'Etudes Techniques de l'Équipement) d'ARTON qui a bien voulu nous en communiquer les principaux résultats susceptibles d'intéresser dans la présente étude hydrogéologique. Ces données, dont nous n'avons retenu que les caractéristiques relatives aux perméabilités de la couverture argileuse, sont les suivantes :

Ouvrage (indice SOLVAY)	Profondeur/sol du toit de l'échantillon (m)	Profondeur/sol du plancher de l'échan- tillon (m)	Percéabilité verticale (m/s)
d	1,20	1,65	6.10^{-11}
e	1,00	1,70	2.10^{-10}
50-8-80	1,10	1,30	3.10^{-9}
58-9-10	1,00	1,75	6.10^{-10}
	2,00	2,70	1.10^{-9}

3 - ACTUALISATION DU MODELE MATHEMATIQUE DE SIMULATION

Depuis la réalisation en 1974, du modèle mathématique de simulation lors de la première étude hydrogéologique effectuée sur le site (voir rapport BRGM 75 SG 003 JAL déjà cité), le nombre des données disponibles s'est accru notablement, permettant de ce fait une remise à jour importante de l'ensemble des paramètres caractéristiques.

Rappelons que les données nécessaires à l'élaboration d'un modèle mathématique de simulation des écoulements bidimensionnels en milieu poreux sont de quatre types : les premières intéressent la géométrie du système aquifère (substratum, toit des formations, topographie), les secondes sont relatives aux caractéristiques hydrodynamiques (permeabilités et coefficients d'emmagasinement), les troisièmes concernent la piézométrie et les dernières renseignent sur les contraintes de niveaux et de débits.

L'ensemble de ces données a pu être complété, voire quelque peu modifié, avant de procéder à une vérification du calage du modèle.

31 - GEOMETRIE DU SYSTEME AQUIFERE

A la suite de la première étude, la Société SOLVAY et Cie a réalisé huit forages autour des bassins de stockage existants. Ajoutés aux cinq stations de pompages d'essai mentionnées au paragraphe 2, on possède ainsi treize ouvrages donnant des renseignements intéressants sur la topographie du système aquifère.

En tenant compte des données possédées précédemment, on a pu modifier quelque peu le tracé des cartes du toit et du substratum des alluvions (voir figures 31 a et 31 b).

32 - CARACTERISTIQUES HYDROGEOLOGIQUES

Les perméabilités fournies par les pompages d'essai sur les nouveaux ouvrages de captage étant pratiquement identiques à celles qui avaient été présentées à l'issue de la phase de calage du modèle mathématique lors de la mise au point du modèle, on trouvera à la figure 32 une carte de distribution des perméabilités similaire en tout point, à l'exception de sa partie nord-ouest, à celle de la figure 613 d du rapport 75 SGN 003 JAL.

33 - DONNEES PIEZOMETRIQUES

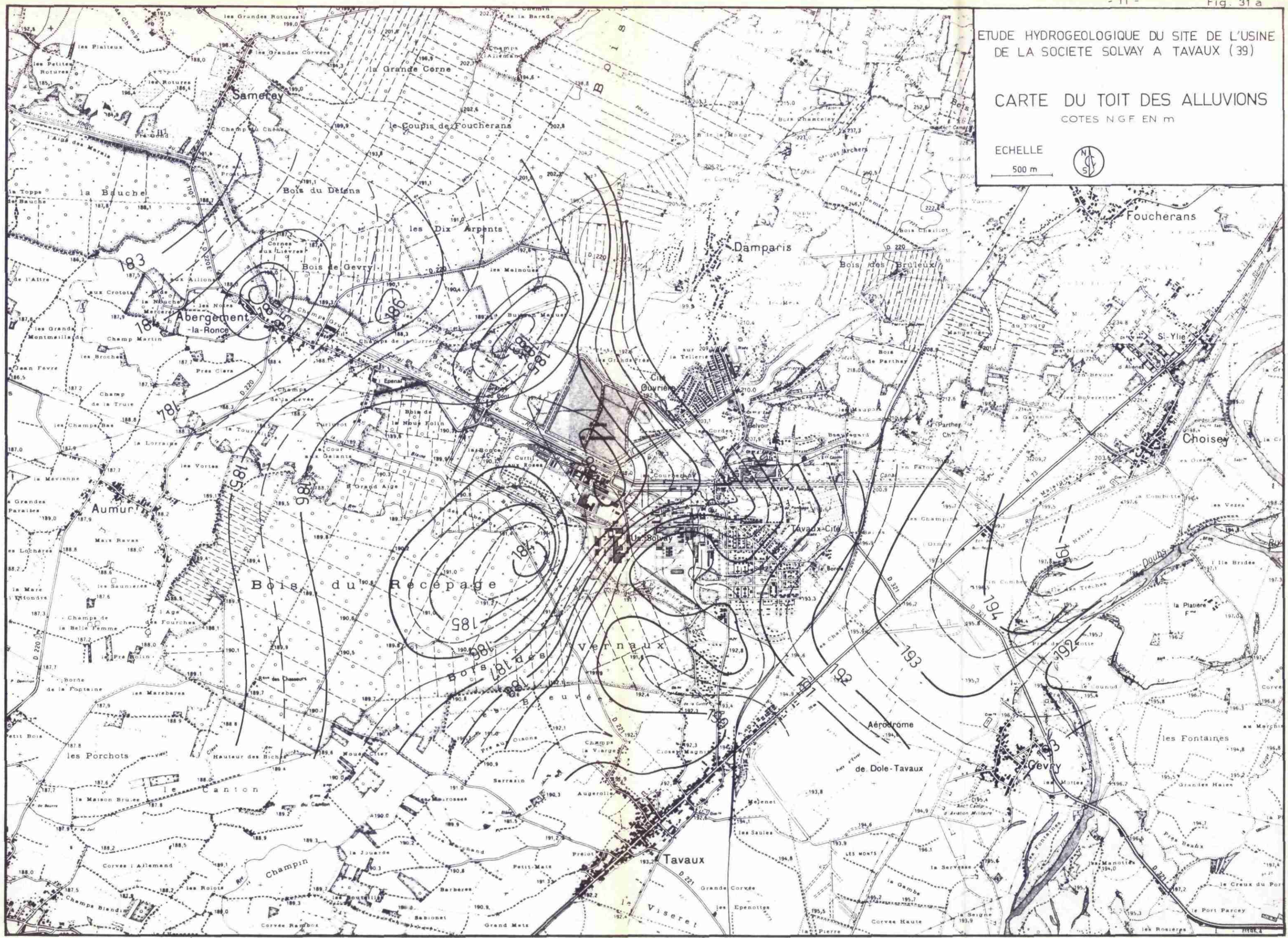
Jusqu'à présent, la piézométrie utilisée comme référence pour les basses eaux moyennes est celle de septembre 1973. Les mesures piézométriques manuelles réalisées en 1974, 1975 et 1976 étant en bonne concordance avec les niveaux qu'elle indique, il n'a pas paru utile de la modifier en quoi que ce soit.

Pour les hautes eaux moyennes nous avons également conservé les valeurs retenues jusqu'à présent qui correspondent aux niveaux les plus hauts relevés entre 1972 et 1974.

ETUDE HYDROGEOLOGIQUE DU SITE DE L'USINE DE LA SOCIETE SOLVAY A TAVAUX (39)

CARTE DU TOIT DES ALLUVIONS
COTES N.G.F. EN m

ECHELLE
500 m



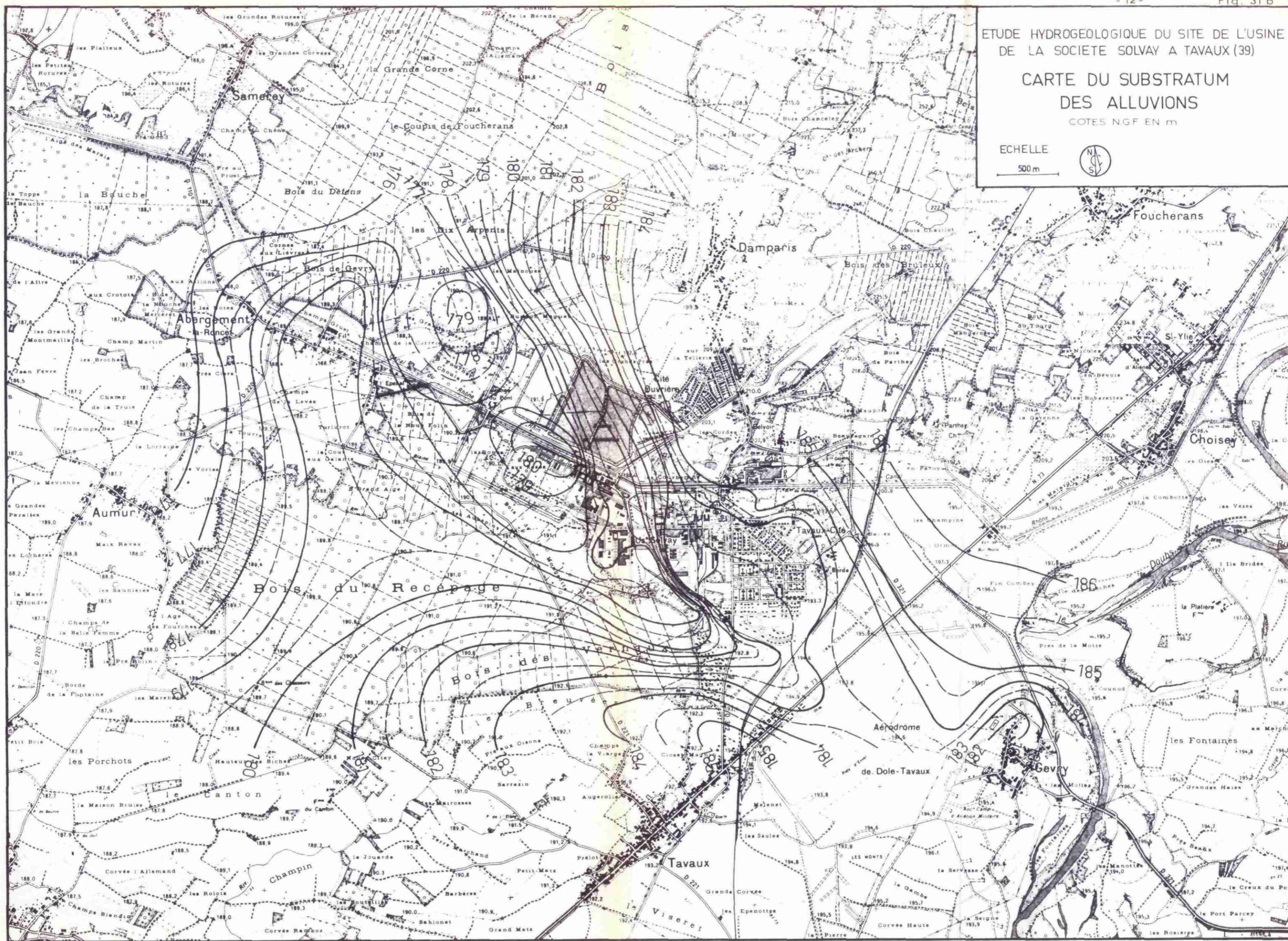
ETUDE HYDROGEOLOGIQUE DU SITE DE L'USINE DE LA SOCIETE SOLVAY A TAVAUX (39)

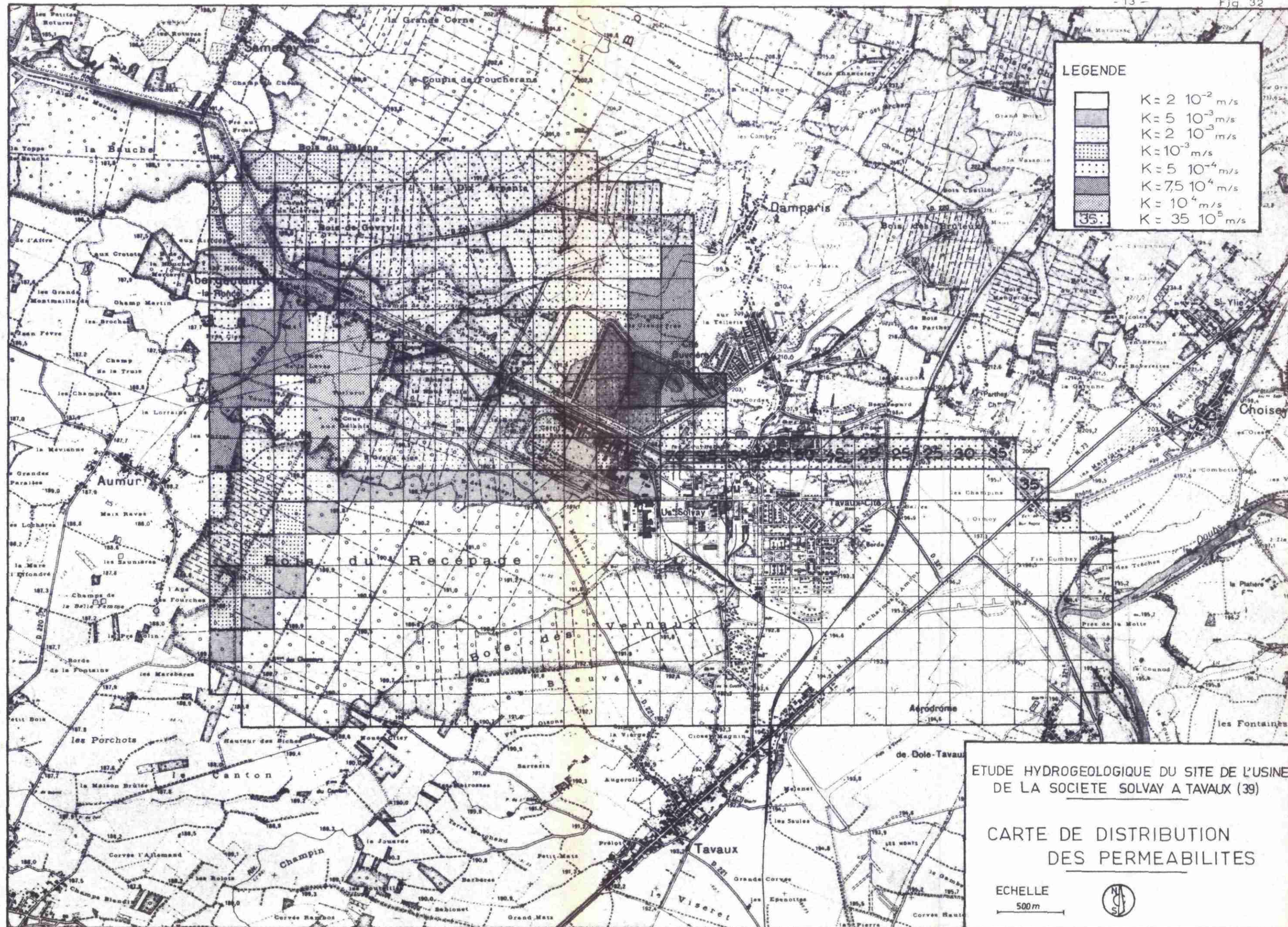
CARTE DU SUBSTRATUM DES ALLUVIONS

COTES NGF EN m

ECHELLE

500 m





LEGENDE

[White box]	$K = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$
[Horizontal lines]	$K = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$
[Vertical lines]	$K = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$
[Dotted pattern]	$K = 10^{-3} \text{ m/s}$
[Cross-hatch pattern]	$K = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$
[Diagonal lines (top-left to bottom-right)]	$K = 7,5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$
[Diagonal lines (top-right to bottom-left)]	$K = 10^{-4} \text{ m/s}$
[Box with '35']	$K = 35 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$

ETUDE HYDROGEOLOGIQUE DU SITE DE L'USINE DE LA SOCIETE SOLVAY A TAVAU (39)

CARTE DE DISTRIBUTION DES PERMEABILITES

ECHELLE
500m



34 - DEBITS IMPOSES

On trouvera figure 34, une carte des débits prélevés ou injectés dans la nappe phréatique au 4ème trimestre 1976. Ces valeurs, regroupées dans des mailles carrées de 250 m de côté pour la clarté du dessin, mais réparties plus finement (mailles de 83 m de côté) dans le maillage utilisé pour le calcul, sont une synthèse des valeurs obtenues à l'issue du calage du modèle (pour les débits d'infiltration du canal et des bassins) et des mesures fournies par la Société SOLVAY et Cie (pour les débits prélevés dans les différents puits).

4 - SIMULATIONS DIVERSES

41 - REDECOUPAGE ET CALAGE DU MODELE

Pour affiner les résultats au voisinage de l'emplacement prévu pour les nouveaux bassins, un découpage supplémentaire des mailles a été réalisé dans la zone concernée, ainsi que l'ajout d'une rangée de mailles pour éviter les "effets de bord", le maillage évoluant ainsi de la configuration de la figure 41a à celle de la figure 41b.

Le modèle ayant déjà été calé lors de sa mise en service, il n'était pas utile de reprendre cette phase préliminaire; cependant il était nécessaire de vérifier que les modifications apportées aux données géométriques et hydrogéologiques du système aquifère, ainsi qu'au maillage du modèle, n'avaient pas modifié trop sensiblement les résultats fournis par les calculs.

Dans ce but, deux simulations ont été entreprises, avec les mêmes paramètres quant aux contraintes de débit, mais avec les deux séries de données géométriques et hydrogéologiques, avant et après actualisation de modèle. Les résultats obtenus (voir figure 41c) sont suffisamment similaires pour que l'on puisse éviter de revenir sur le calage du modèle et qu'il soit légitime de procéder dès lors aux simulations souhaitées.

42 - SIMULATION DE L'EFFET DE DEUX NOUVEAUX BASSINS

La création de deux nouveaux bassins de stockage n'aurait en principe aucune influence sur la nappe phréatique si les bassins en question étaient rigoureusement imperméables. Or malgré l'épaisseur de la couverture argileuse, on peut être assuré qu'il n'en sera rien, aucune couverture superficielle naturelle n'étant parfaitement étanche.

Il est possible cependant d'être en mesure pour tenter d'évaluer le débit de fuite qui perçerait des bassins vers la nappe :

MAILLAGE ORIGINAL (1340 mailles)

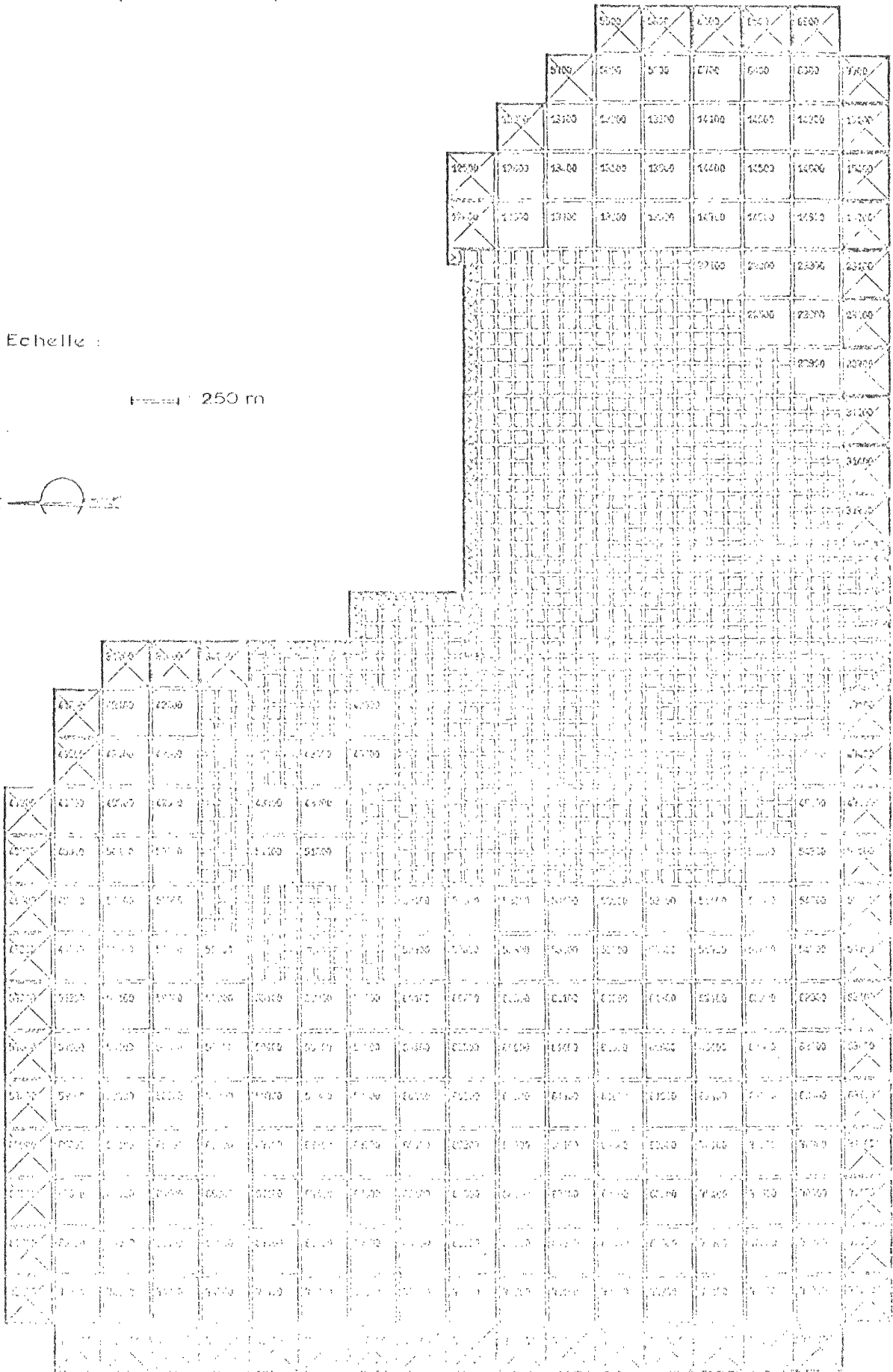


Fig. 41 b -

MAILLAGE INTERMEDIARE (1481 mailles)

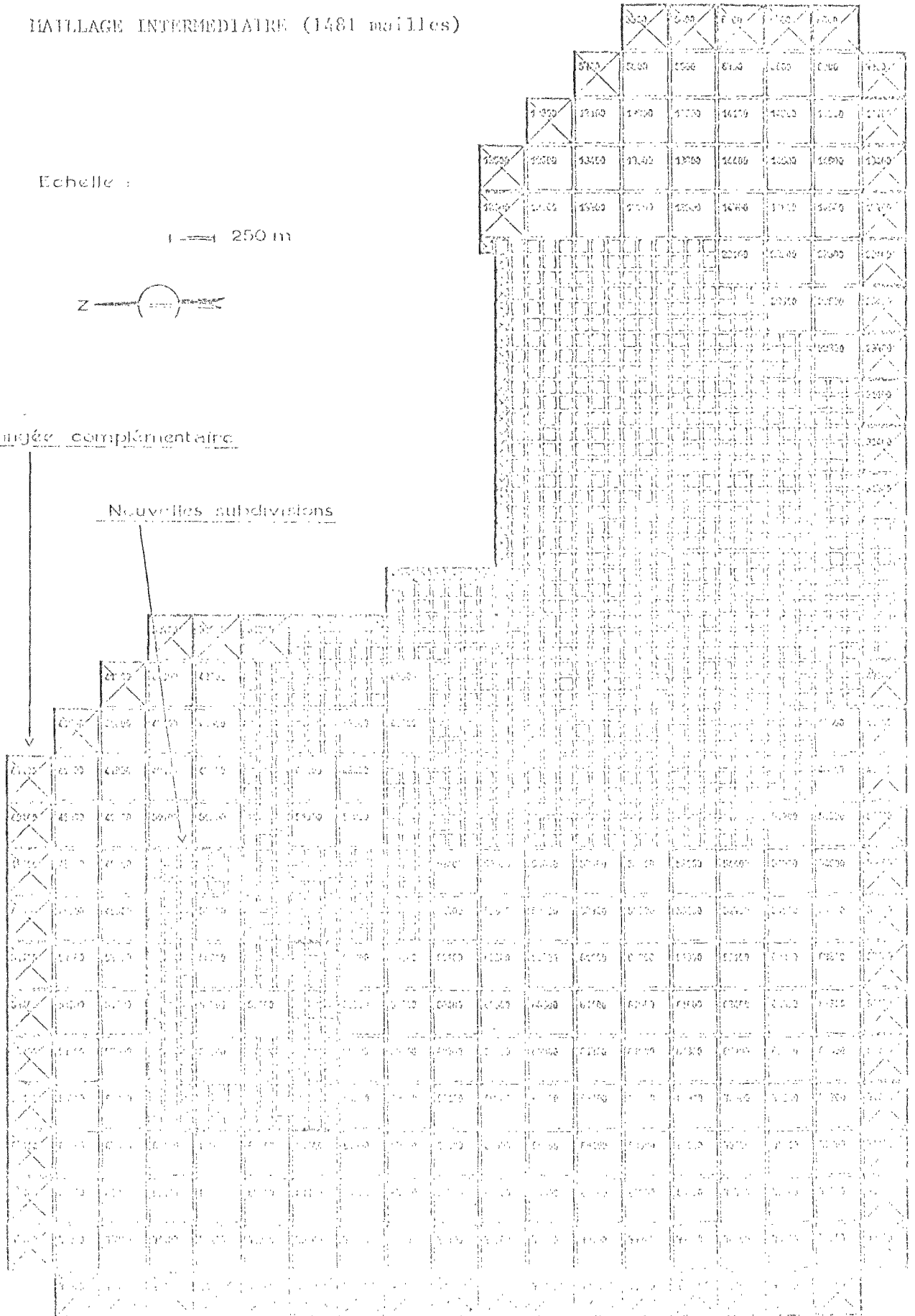
Echelle :

1 \equiv 250 m



Rangée complémentaire

Neuvelles subdivisions



ETUDE HYDROGEOLOGIQUE DU SITE DE L'USINE DE LA SOCIETE SOLVAY A TAVAUX (39)

SIMULATION N°7
PIEZOMETRIE SIMULEE
Basses eaux moyennes et conditions d'exploitation du 4^e trimestre 1976

Ech 500 m

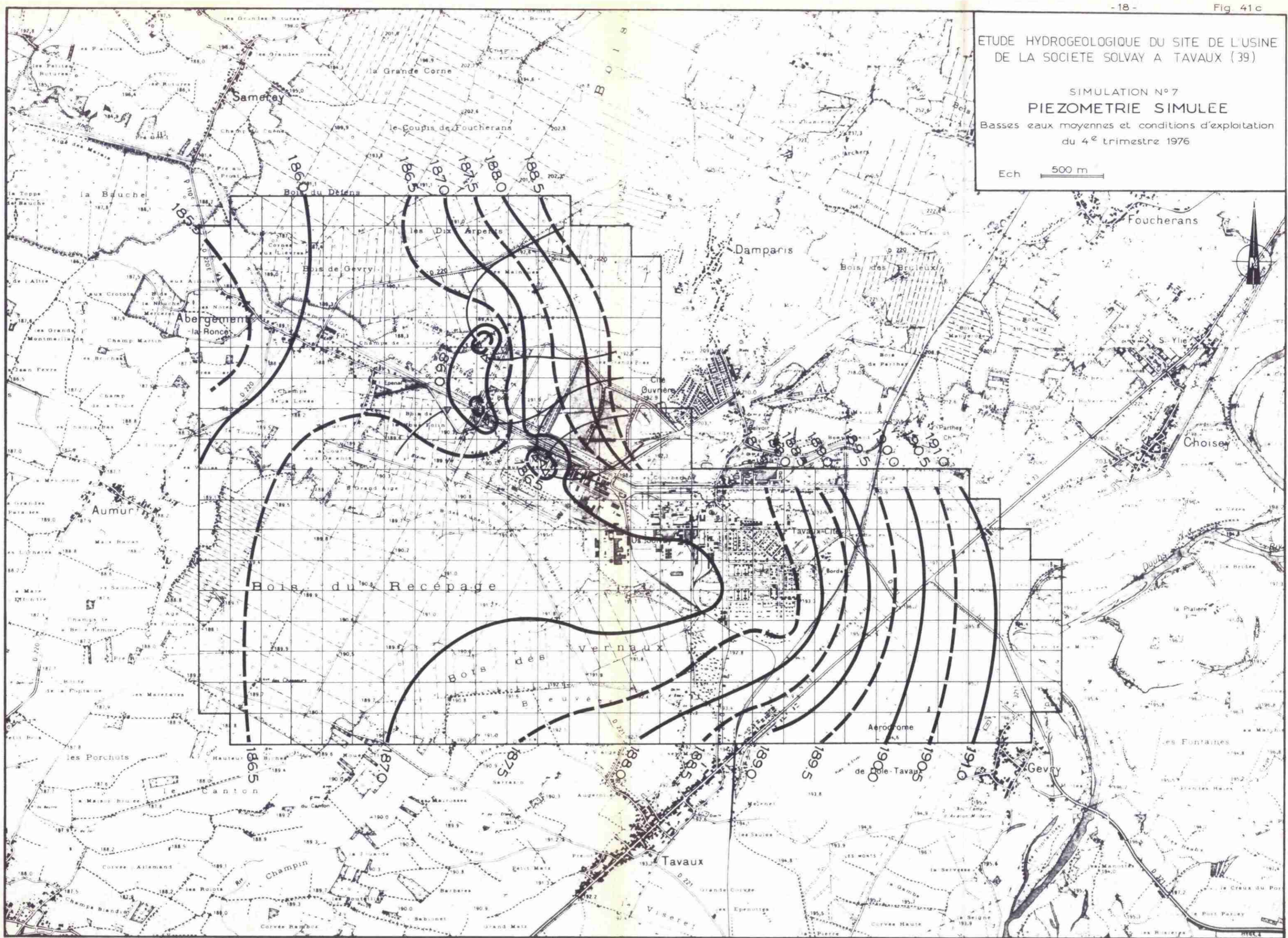


Fig. 42 a -

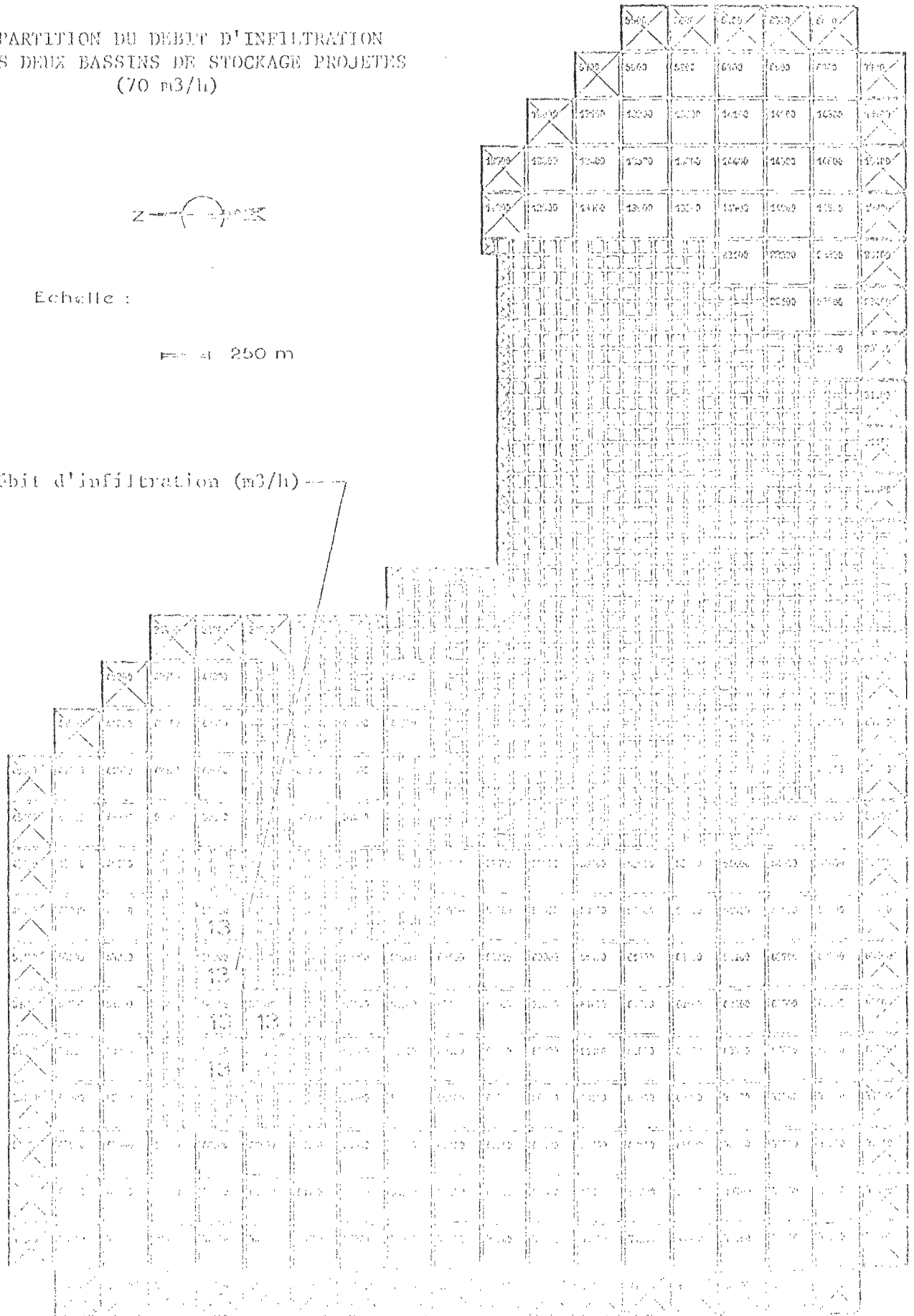
REPARTITION DU DEBIT D'INFILTRATION
DES DEUX BASSINS DE STOCKAGE PROJETES
(70 m³/h)



Echelle :

1 cm = 250 m

--- Débit d'infiltration (m³/h) ---



- ou bien l'on suppose a priori que l'infiltration par unité de surface est la même pour les nouveaux et les anciens bassins, ce qui, compte tenu du rapport des surfaces et de débit d'infiltration évalué pour les quatre premiers bassins (environ 120 m³/h), porte à 70 m³/h le débit de fuite des nouveaux bassins,
- ou bien l'on utilise les valeurs de perméabilité verticale mesurées sur les échantillons prélevés dans la couverture argileuse : en prenant sur la valeur $K = 10^{-9}$ m/s, qui est la plus forte des valeurs que nous possédions, on obtient, par application de la formule de DARCY :

$$Q = K \frac{\Delta H}{\Delta l} S \quad \text{où } Q : \text{débit d'infiltration (m}^3/\text{s)}$$

$$K : \text{perméabilité verticale (m/s)}$$

$$S : \text{surface d'infiltration (m}^2\text{)}$$

$$\frac{\Delta H}{\Delta l} : \text{pente piézométrique (ici } \frac{\Delta H}{\Delta l} = 1)$$

d'où, pour une surface de 1 m², $Q = 10^{-9}$ m/s \times 3,6.10⁶ m² pour un bassin de 1 ha (soit $Q = 3,6.10^{-3}$ m³/s), ce qui correspond, les deux bassins pris ensemble de 41,6 ha, au coefficient que le débit d'infiltration correspondrait environ 1,4 m³/ha.

Il va de soi que cette valeur est purement théorique et doit être soumise à la validation en procédant d'emblée de la manière que nous avons indiquée dans le paragraphe de la méthode de terrain, avec un essai qui par ailleurs permet de l'appliquer (essais et plans des sols), soit en creusant des puits (inclinaison), soit en creusant des canaux, soit en creusant des fossés (inclinaison) ou en creusant des canaux, etc.

Pour rendre l'effet d'un mètre de chute nous avons réévalué q en prenant pour la valeur qui nous servait la plus exacte, c'est à dire celle de 20 m³/ha, soit $q = 2.27.10^{-4}$ m/s. Pour des raisons de sécurité nous avons pris 10 fois le résultat de q en considérant néanmoins que ce serait d'infiltration.

Compte tenu des débits imposés par ailleurs (cf. figure 34), une simulation de ces conditions de fonctionnement fournit les résultats illustrés par la carte de la figure 42b. D'une comparaison avec la carte 41c, on retiendra les éléments suivants :

. les niveaux piézométriques ne sont influencés que très localement par le débit d'infiltration des nouveaux bassins. En particulier, l'influence est nulle pour les puits de l'usine SOIVAY et Cie : ceux-ci ne tireront ni bénéfice, ni préjudice de ces nouveaux aménagements, en ce qui concerne les hauteurs d'eau, donc les débits potentiels.

. à l'aplomb des bassins, la nappe déjà captive sans infiltration, voit sa hauteur piézométrique monter de près de 1,50 mètre, puis s'étaler vers l'aval hydraulique, engendrant une surélévation piézométrique sur près de 800 mètres à l'ouest des bassins.

. les lignes de courant issues des quatre bassins de stockage existants sont toutes captées par les puits de fixation créés en 1975 : les nouveaux bassins ne remettent donc pas en cause le dispositif existant. Ce phénomène s'explique par le fait que le débit d'infiltration simulé se situe entre 300 m et 2500 m à l'aval hydraulique des puits de fixation, distance suffisante pour atténuer presque totalement les perturbations, somme toute négligeables et l'extension restreinte, pouvant survenir à l'aval.

. par contre, la quasi-totalité des lignes de courant issues des nouveaux bassins de stockage s'échappent vers l'ouest, sans barrière hydraulique, ce qui, à moyen terme, ne peut qu'entraîner une contamination de la nappe par les effluents existants dans les bassins.

. compte tenu de la topographie piézométrique, les puits de l'usine SOIVAY et Cie sont à l'abri de contamination potentielle originaires des aménagements prévus.

L'analyse de ces divers résultats montre que, hormis une zone relativement limitée, située à l'aplomb et à l'aval hydraulique des nouveaux bassins, la nappe phréatique ne subirait que peu de contrecoups, hydrodynamiquement parlant, d'un débit d'infiltration de l'ordre de 70 m³/h.

Sur le plan de la qualité chimique des eaux, il en est tout autrement ; cependant plusieurs solutions peuvent être envisagées pour éviter une contamination de la nappe à partir des nouveaux bassins : ou bien supprimer le débit d'infiltration, ce qui suppose une imperméabilisation totale des bassins, qui pour être coûteuse n'en sera pas moins sans garantie absolue, ou bien, ainsi que cela s'est déjà fait pour les bassins existants, mettre en place un dispositif hydraulique capable de stopper la migration des chlorures. Là encore deux solutions au moins peuvent être imaginées : ou bien, à l'aide d'injections dans la nappe, créer une crête piézométrique qui s'opposera à l'avancement de la nappe, ou bien au contraire réaliser une dépression dans la nappe à l'aide d'un ou de plusieurs puits de pompage, lesquels seront à même de bloquer, par élimination, la progression des chlorures. Cette dernière ligne directrice conduisant au dispositif le plus simple, nous l'avons privilégiée dès l'abord.

Toutefois, avant d'effectuer de nouvelles simulations à l'aide du modèle mathématique, il paraissait prudent d'agrandir celui-ci, de façon à limiter au maximum les "effets de bords" dus à la faible distance séparant la zone étudiée de la frontière ouest du modèle.

43 AGRANDISSEMENT DU MODÈLE DE SIMULATION

Le modèle a été allongé vers l'Ouest par l'ajout de quatre rangées de mailles (voir figure 43b), portant ainsi le nombre de cellules à 1566.

Il était bien sûr nécessaire, pour chaque nouvelle maille créée, de préciser les cotés de saturation et du toit des alluvions ainsi que le coefficient de porosité bilinéaire moyen. Ces différents paramètres, inconnus faute de données

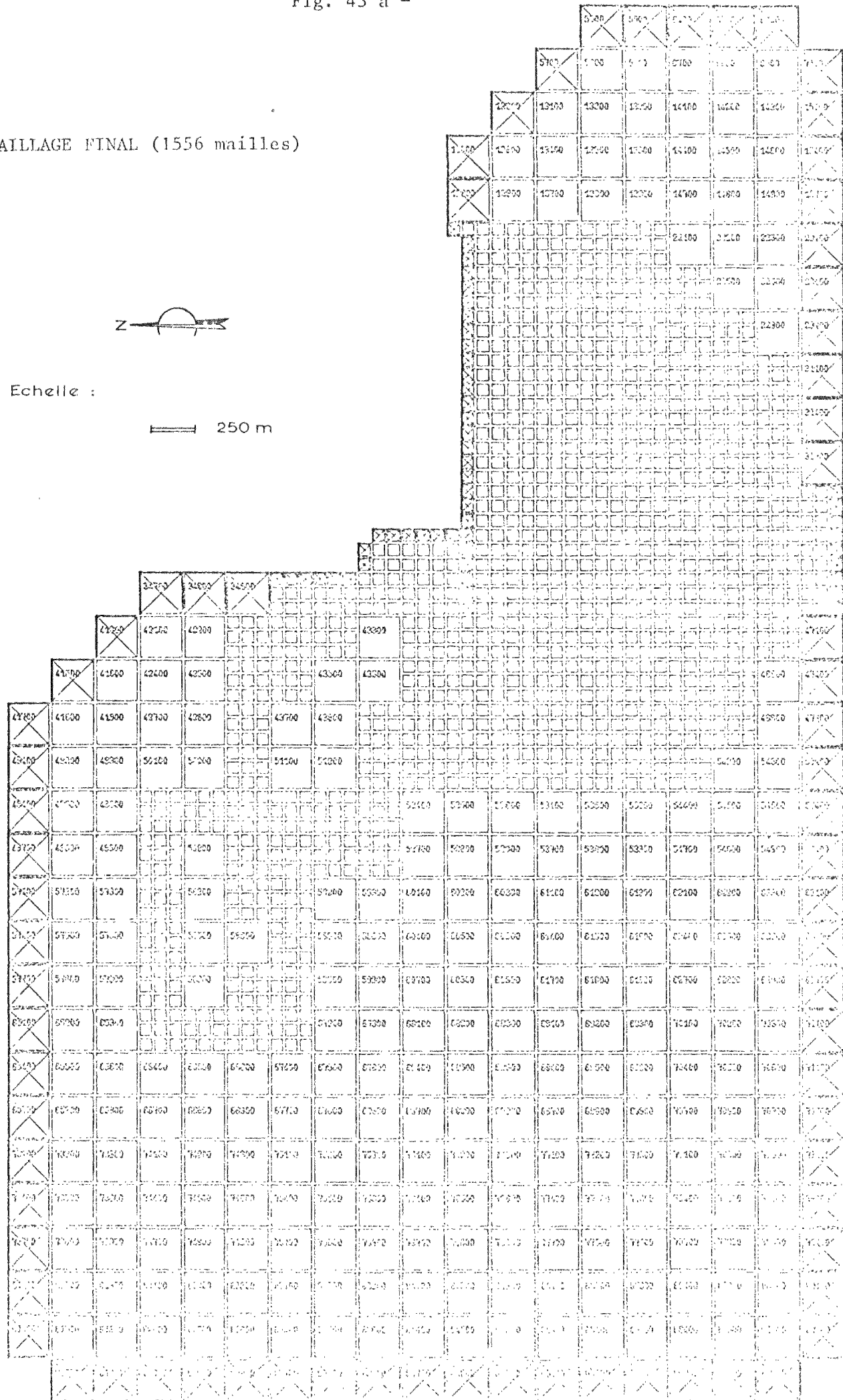
Fig. 43 a -

MAILLAGE FINAL (1556 mailles)



Echelle :

250 m



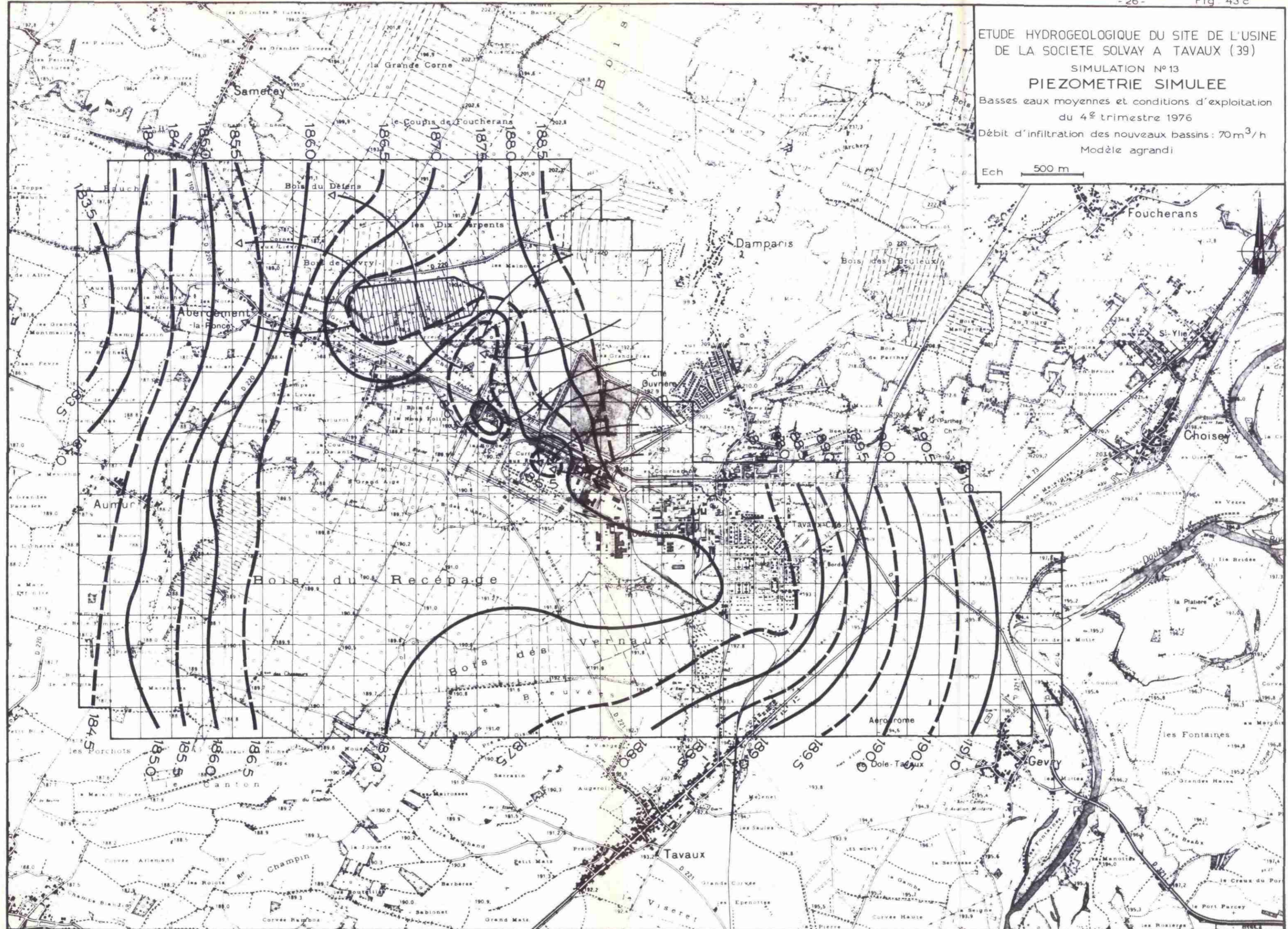
4 nouvelles rangées

ETUDE HYDROGEOLOGIQUE DU SITE DE L'USINE DE LA SOCIETE SOLVAY A TAVAUX (39)

SIMULATION N° 13
PIEZOMETRIE SIMULEE

Basses eaux moyennes et conditions d'exploitation du 4^e trimestre 1976
Débit d'infiltration des nouveaux bassins: 70 m³/h
Modèle agrandi

Ech 500 m



géologiques précises dans cette zone, ont été extrapolés à partir des valeurs connues par ailleurs. Quant aux valeurs des potentiels imposés sur les mailles périphériques, elles ont été déduites des mesures piézométriques réalisées en 1975 et 1976.

Ceci fait, il s'avèrait indispensable de procéder à une nouvelle phase de calage afin de vérifier la validité des hypothèses faites. C'est pourquoi deux nouvelles simulations ont été réalisées, avec et sans débit d'infiltration (70 m³/h) à l'emplacement prévu pour les nouveaux bassins. Les cartes piézométriques qui en résultent (figures 43b et 43c) sont suffisamment similaires à celles qui avaient été obtenues avec le maillage précédent pour que l'on puisse considérer le calage comme satisfaisant et les résultats fournis comme dignes de foi.

44 - SIMULATION DE DIVERS DISPOSITIFS DE FIXATION

441 - Puits de fixation à "potentiels imposés"

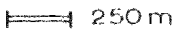
En examinant la carte piézométrique de la figure 43c, on constate que pour être en mesure de stopper la migration des chlorures issus des nouveaux bassins de stockage, il faut parvenir à créer à leur périphérie une importante dépression piézométrique semi-circulaire à l'aide de "puits de fixation". Ne sachant pas, a priori, le débit de pompage qui sera nécessaire pour réaliser la dépression voulue, on peut, à l'aide du modèle, procéder de manière inverse et, à partir d'un niveau imposé en un certain nombre de points, calculer la piézométrie générale et les débits qu'il sera nécessaire de pomper sur les points choisis pour obtenir le résultat désiré. C'est ce que l'on appelle la méthode des "potentiels imposés".

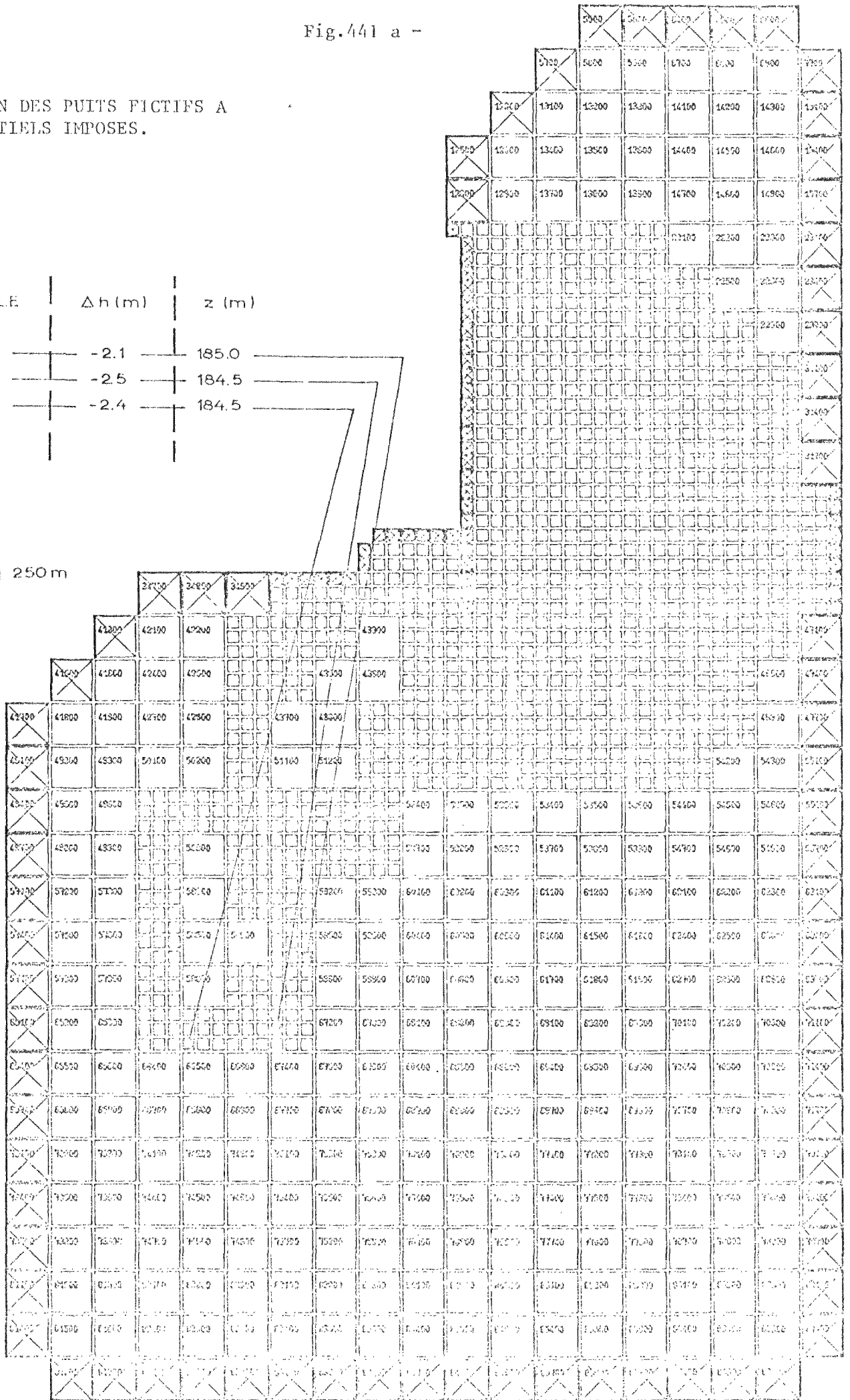
Dans un premier temps nous avons imposé, sur trois "puits de fixation" fictifs, un niveau piézométrique inférieur d'environ 2,3 mètres à celui de la figure 43c. On trouvera sur la figure 441a la localisation précise des points choisis ainsi que les niveaux qui leur ont été imposés.

Fig. 441 a -

DISTRIBUTION DES PUIXS FICTIFS A POTENTIELS IMPOSES.

N° MAILLE	Δh (m)	z (m)
59 490	-2.1	185.0
67 140	-2.5	184.5
66 270	-2.4	184.5

Echelle :  250 m

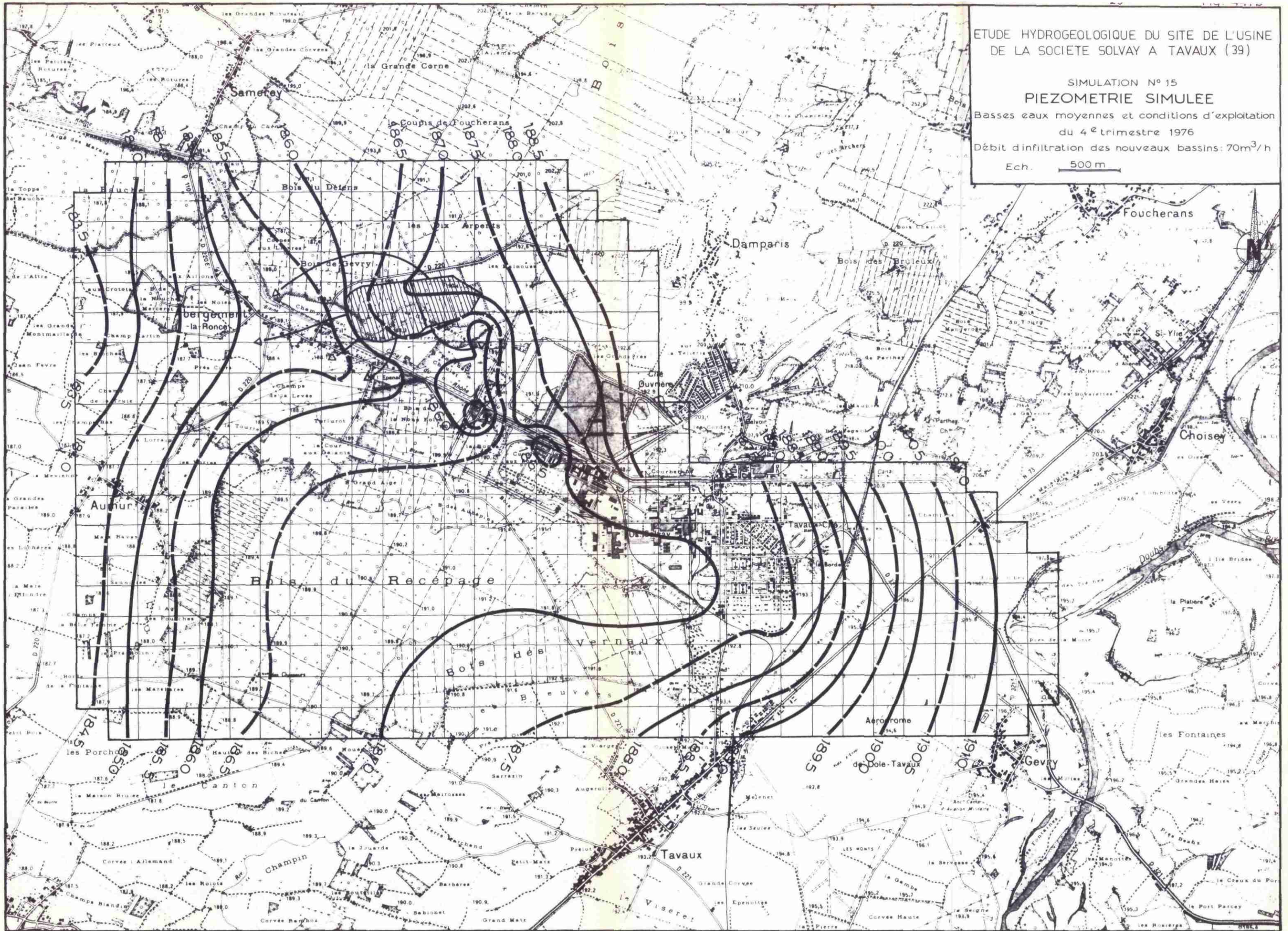


ETUDE HYDROGEOLOGIQUE DU SITE DE L'USINE
DE LA SOCIETE SOLVAY A TAVAUX (39)

SIMULATION N° 15
PIEZOMETRIE SIMULEE

Basses eaux moyennes et conditions d'exploitation
du 4^e trimestre 1976
Débit d'infiltration des nouveaux bassins: 70m³/h

Ech. 500 m



La carte de la figure 441b représente les courbes isopièzes, sur l'ensemble de l'étendue du modèle, obtenues par simulation des conditions suivantes :

- hydrologie : basses eaux moyennes
- débits pompés par l'usine : exploitation du 4ème trimestre 1976
- débit d'infiltration des nouveaux bassins : 70 m³/h
- 3 puits de fixation à potentiels imposés (cf. figure 441 a)

On constate que la majeure partie des lignes de courant issues des nouveaux bassins est effectivement captée par le dispositif simulé, mais que celui-ci est insuffisant, particulièrement au Nord des bassins.

Les débits des trois puits de fixation, calculés par le modèle, sont respectivement de 31, 21 et 33 m³/h.

Les trois simulations suivantes ont consisté à ajuster les potentiels imposés, ainsi qu'à ajouter un quatrième puits fictif, jusqu'à ce qu'un dispositif de fixation totalement efficace soit obtenu. Ce résultat acquis, il était dès lors possible de revenir au processus "normal" et de simuler, dans différentes configurations, l'efficacité du système envisagé.

442 - Puits de fixation à "débits imposés"

4421 - Nappe basse - débit d'infiltration 70 m³/h

Le schéma retenu est celui de la figure 4421a. Cette fois, seuls les débits sont imposés, le potentiel est calculé. La nappe est toujours en position basse (état de septembre 1973).

Deux simulations successives ont été réalisées : la première avec les débits d'exploitation de l'usine identiques à ceux du 4ème trimestre 1976 (voir figure 34), et la deuxième avec les débits d'exploitation du 4ème trimestre 1978 (voir figures 4421b et 4421c).

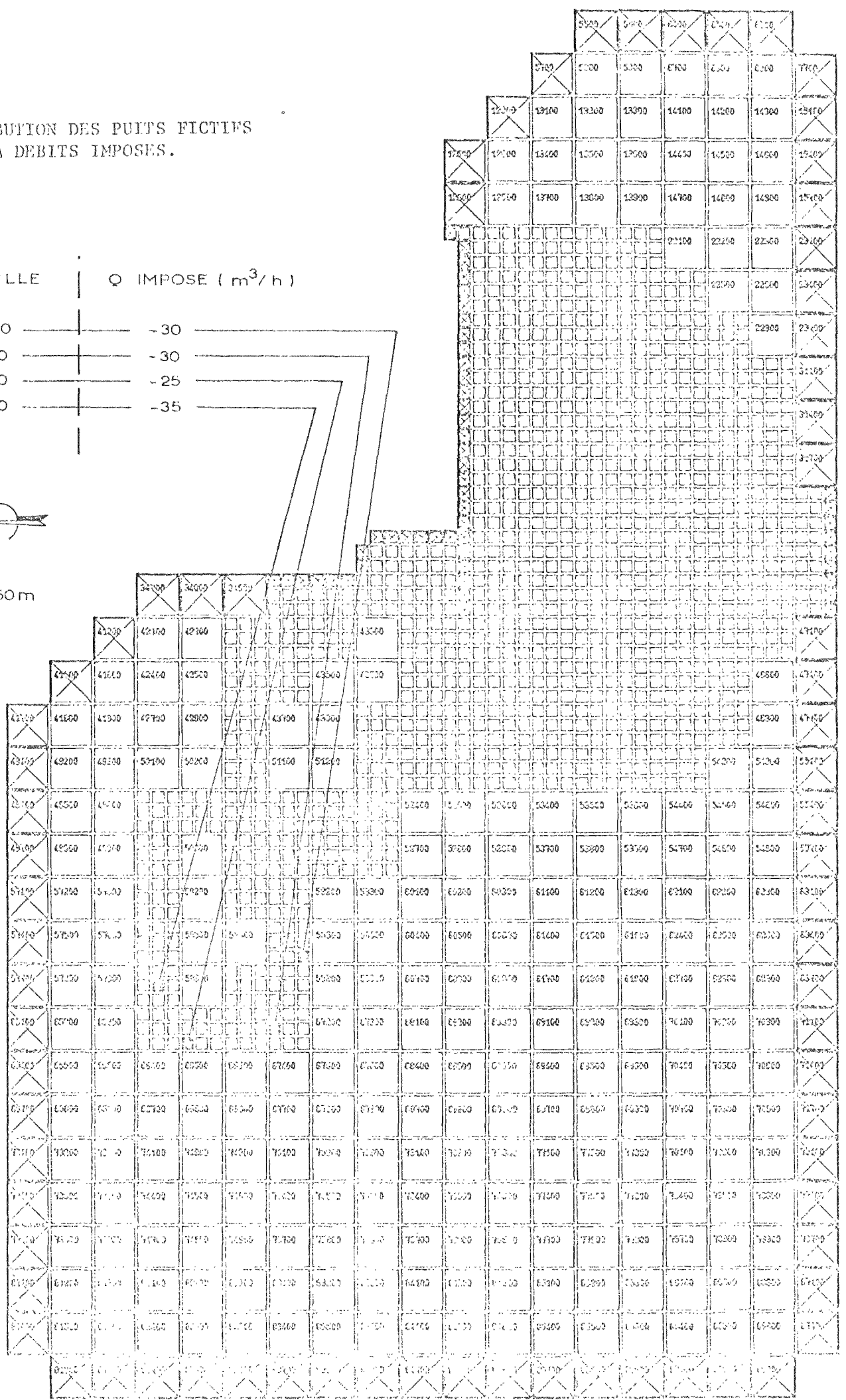
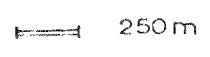
Fig. 4421 a -

DISTRIBUTION DES PUIXS FICTIFS
A DEBITS IMPOSES.

N° MAILLE	Q IMPOSE (m ³ /h)
59 490	-30
67 140	-30
66 270	-25
58 750	-35



Echelle



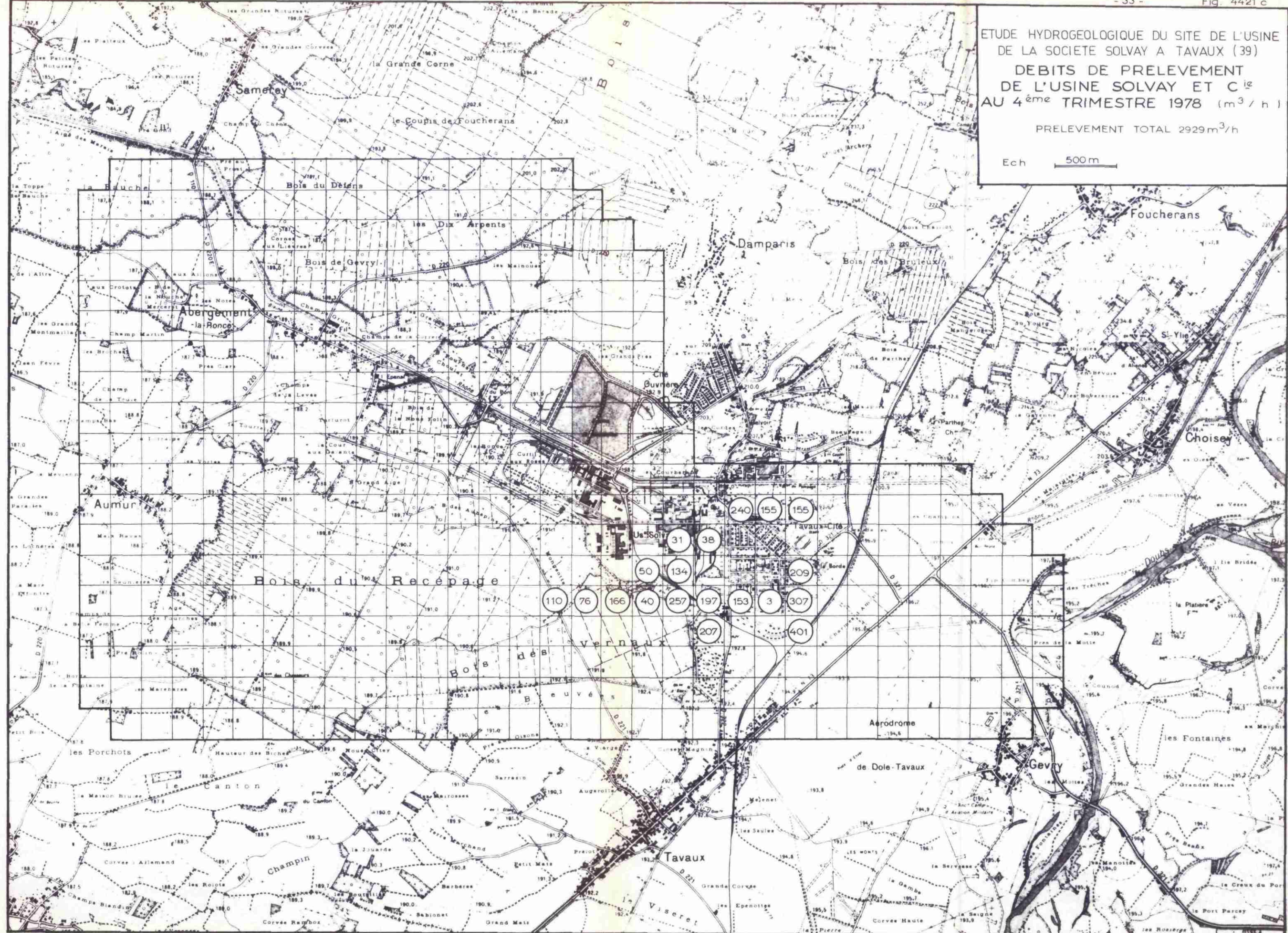
DÉBITS AU 4^{ème} TRIMESTRE 78

Fig. 4421 b -

DESIGNATION SOLVAY	Indice BSS	Débit moyen du puits trimestre 1978 (m ³ /h)
Puits N° 3 (537-1-80)	528-5X-0097	38
12 (528-9-80)	528-5X-0106	54
14 (528-6-20)	528-5X-0108	155
15 (528-3-80)	528-5X-0109	155
16 (528-9-30)	528-5X-0110	165
17 (528-9-60)	528-5X-0111	21
18 (537-4-30)	528-5X-0112	31
28 (529-2-20)	528-5X-0116	209
29 (529-3-30)	528-5X-0117	92
30 (29-6-60)	528-5X-0118	3
31 (37-8-90)	528-5X-0119	50
32 (537-9-40)	528-5X-0120	40
33 (537-6-10)	528-5X-0121	102
34 (537-5-60)	528-5X-0122	134
40 (530-1-10)	528-5X-0293	207
41 (530-1-60)	528-5X-0292	194
42 (537-3-30)	528-5X-0295	197
43 (538-1-40)	528-5X-0294	207
46 (529-3-10)	528-5X-0300	215
47 (537-9-80)	528-5X-0301	153
48 (545-3-20)	528-5X-0302	73
49 (545-3-80)	528-5X-0316	93
50 (545-6-50)	528-5X-0317	76
51 (545-9-20)	528-5X-0318	110
52 (37-6-80)	528-5X-0320	155
60 (44-5-60)	528-5X-0319	35
61 (44-7-20)	527-8X-0122	60
62 (52-1-10)	527-8X-0123	14
63 (51-6-60)	527-8X-0124	55
64 (51-8-30)	527-8X-0125	24
65 (51-8-10)	527-8X-0126	50
66 (51-4-80)	527-8X-0127	60
67 (50-6-50)	527-8X-0127	27

ETUDE HYDROGEOLOGIQUE DU SITE DE L'USINE
 DE LA SOCIETE SOLVAY A TAVAUX (39)
 DEBITS DE PRELEVEMENT
 DE L'USINE SOLVAY ET C^{ie}
 AU 4^{ème} TRIMESTRE 1978 (m³/h)
 PRELEVEMENT TOTAL 2929m³/h

Ech 500m



Malgré l'écart important entre ces deux configurations (environ 1000 m³/h sur les débits pompés par l'usine), les conséquences sur la piézométrie sont faibles à l'emplacement prévu pour les nouveaux bassins, ceci étant dû à la distance importante (> 2000 m) séparant les deux zones et au fait qu'elles ne soient pas situées directement l'une à l'aval hydraulique de l'autre.

Ce résultat est important car il démontre que l'efficacité du système de récupération des chlorures sera relativement indépendant des débits exploités par l'usine de TAVAUX.

Pour la suite de l'étude, nous avons réalisé la totalité des simulations avec les débits d'exploitation du 4^{ème} trimestre 1978.

Le résultat (figure 4421 d) est une carte des potentiels qui présente une dépression à l'aval des bassins, indiquant que les lignes de courant qui en sont issues convergent vers les pompages. Ces pompages assureraient donc la récupération de la quasi-totalité des infiltrations de saumure.

Pour cette simulation le débit nécessaire (dont on trouvera la répartition sur la figure 4421 a) est de l'ordre de 120 m³/h. A titre indicatif, le débit recommandé pour fixer les chlorures infiltrés à partir des quatre premiers bassins de stockage est de 270 m³/h pour un débit d'infiltration estimé à 120m³/h(1)

(1) - On pourrait définir le "rendement" du dispositif de fixation comme le rapport entre le débit que l'on souhaite récupérer, c'est-à-dire le débit d'infiltration, et le débit qu'il est nécessaire de pomper pour atteindre cet objectif.

On aurait alors :

	4 bassins stockage existants	2 bassins de stockage à créer
Débit d'infiltration	≈ 120 m ³ /h	≈ 70 m ³ /h
Débit de fixation	270 m ³ /h	120 m ³ /h
"Rendement"	0,44	0,58

D'où un meilleur "rendement" pour les nouveaux bassins, dû aux conditions géologiques et topographiques.

Aucune répercussion notable ne se fait sentir sur l'alimentation des captages de l'usine de TAVAUX.

4422 - Nappe basse - Débit d'infiltration : 100 m³/h

Compte tenu des valeurs approximatives retenues pour le débit d'infiltration des nouveaux bassins, il était intéressant de vérifier quelle serait la plage de validité du dispositif de fixation envisagé. A cet effet, une simulation a été faite en répartissant uniformément un débit de fuite de 100 m³/h à l'emplacement des nouveaux bassins.

La carte piézométrique qui en résulte (voir figure 4422) montre que le dispositif de récupération des chlorures fonctionne encore de façon très satisfaisante dans ces conditions.

4423 - Nappe haute - Débit d'infiltration : 70 m³/h

L'état de départ de la nappe correspond au niveau le plus haut relevé entre 1972 et 1974.

Si l'on raisonne en appliquant le principe de superposition en régime permanent, selon lequel l'effet de deux gradients superposés (par exemple un écoulement global sur un site et une série de pompages sur le même site) est l'addition des effets qu'aurait chaque gradient seul, il est prévisible que la dépression de la surface piézométrique qui est provoquée par un pompage réparti de 70 m³/h en nappe basse, soit sensiblement la même en nappe haute puisqu'elle est la conséquence d'une stimulation indépendante de l'écoulement général de la nappe.

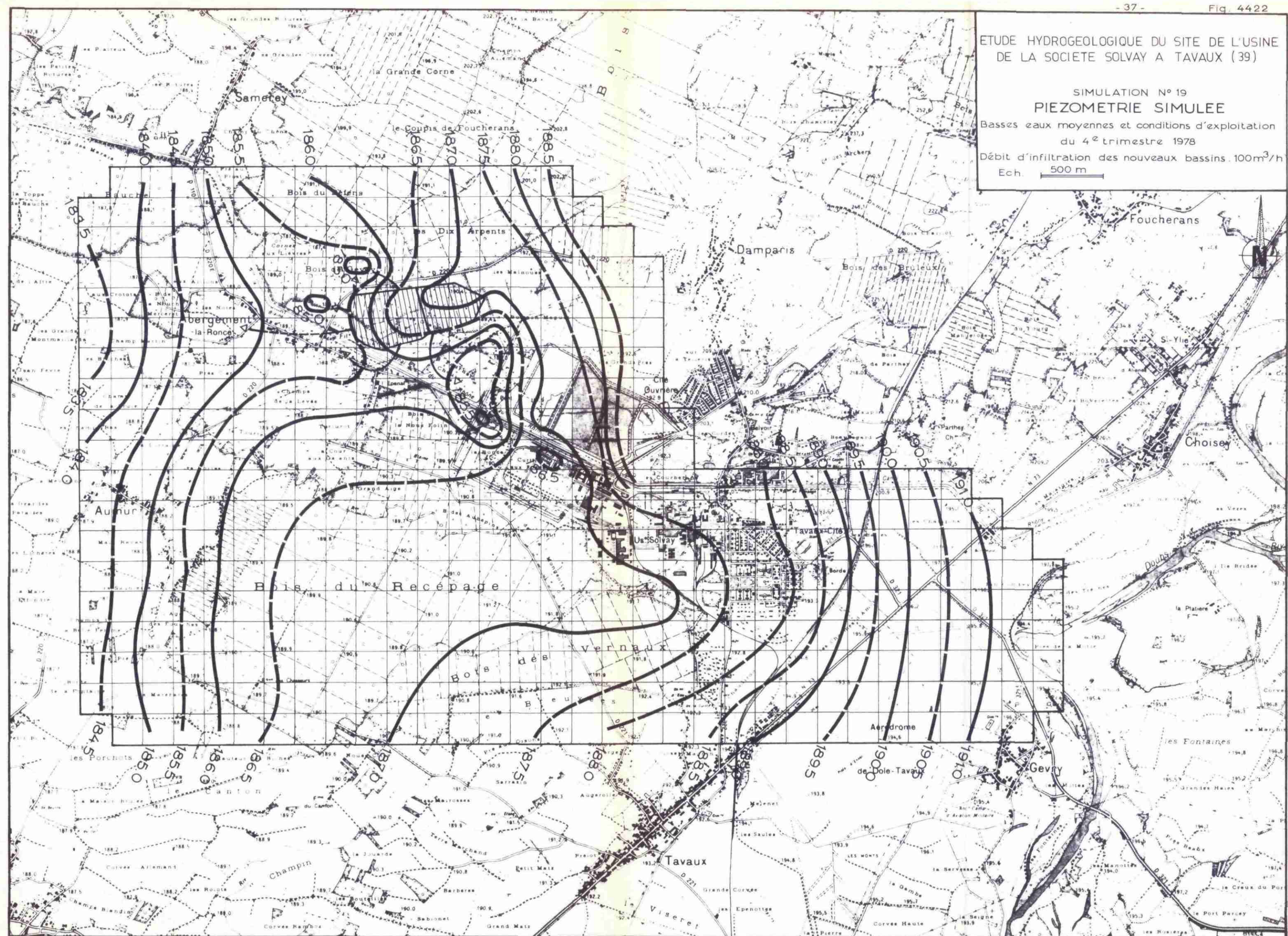
La seule modification apparaissant entre les deux états est l'augmentation de la transmissivité, dans le rapport des hauteurs d'eau, lorsque la nappe est libre; elle n'a qu'une influence minime sur la piézométrie.

ETUDE HYDROGEOLOGIQUE DU SITE DE L'USINE DE LA SOCIETE SOLVAY A TAVAUX (39)

SIMULATION N° 19
PIEZOMETRIE SIMULEE

Basses eaux moyennes et conditions d'exploitation du 4^e trimestre 1978

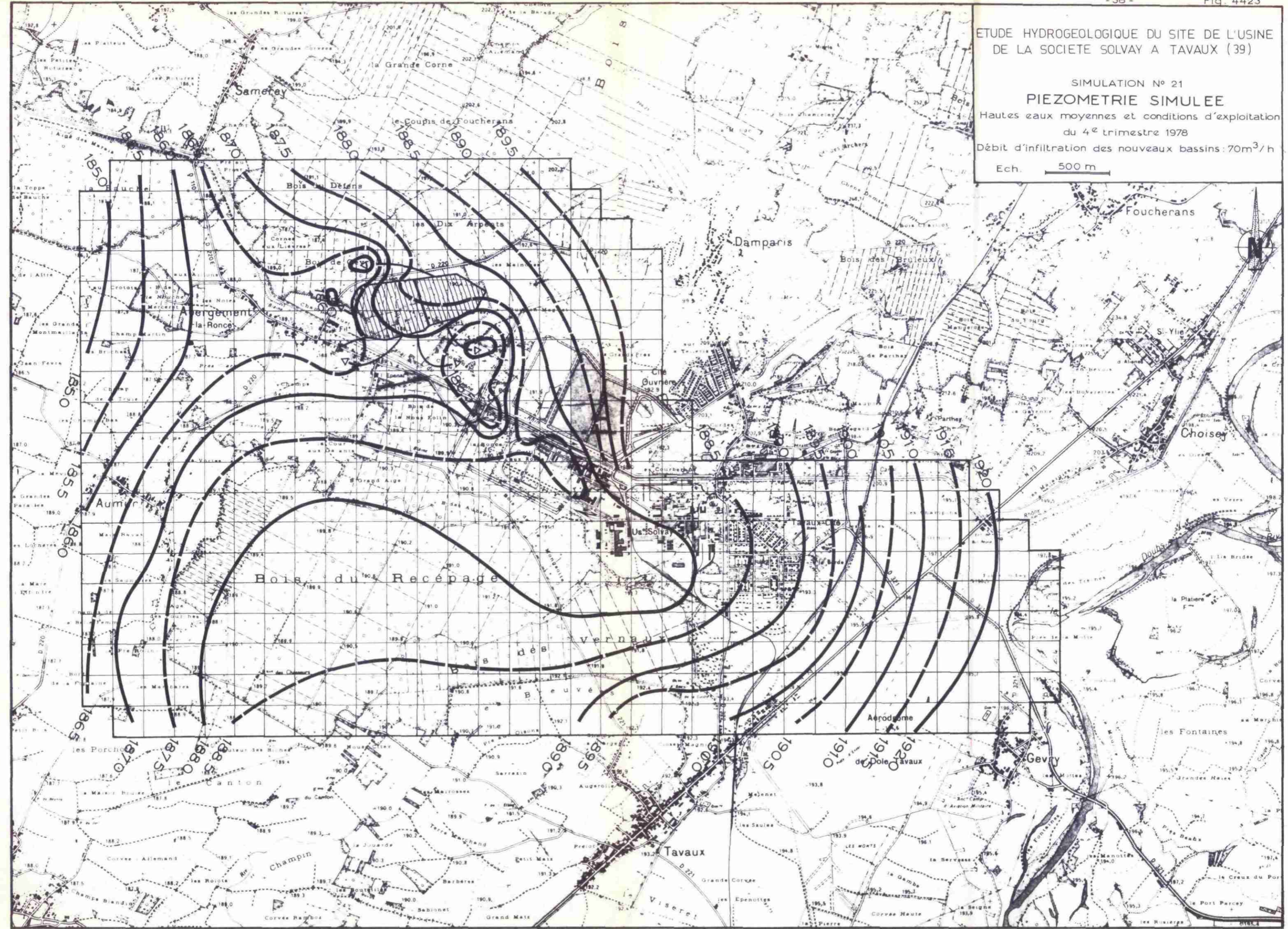
Débit d'infiltration des nouveaux bassins 100m³/h
Ech. 500 m



ETUDE HYDROGEOLOGIQUE DU SITE DE L'USINE DE LA SOCIETE SOLVAY A TAVAUX (39)

SIMULATION N° 21
PIEZOMETRIE SIMULEE
Hautes eaux moyennes et conditions d'exploitation du 4^e trimestre 1978
Débit d'infiltration des nouveaux bassins: 70m³/h

Ech. 500 m



Le schéma de pompage est celui des figures 4421a et 4421b. Le résultat est donné par la carte 4423. Les lignes de courant convergent de la même façon vers les pompages simulés, préservant la nappe en aval ainsi que le champ de captage.

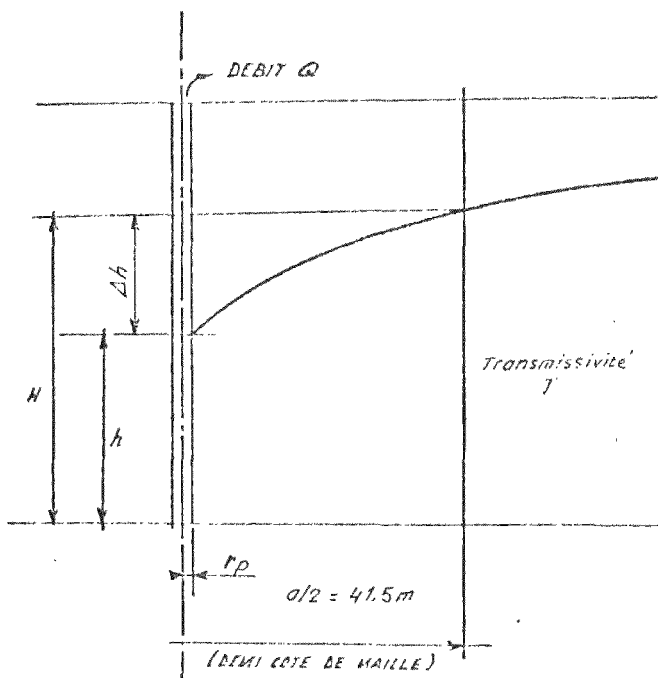
Il est à noter que cette configuration de la nappe en régime permanent suppose un état stable et durable, ce qui n'est pas le cas des périodes de crues. Il est néanmoins intéressant de constater que la solution proposée conserve sa validité pour un état anormalement haut de la nappe, même si celui-ci n'est que transitoire.

5 - DISPOSITIF DE FIXATION PROPOSE

Il semble donc que le dispositif de fixation envisagé (cf. figure 4421a) soit susceptible d'être utilisé avec efficacité pour la majorité des configurations envisageables (différents cas d'exploitation à l'usine SOLVAY et Cie, combinés à plusieurs débits d'infiltration et diverses conditions hydrologiques possibles).

Concernant la mise en pratique, il convient de tenir compte du fait que les rabattements calculés s'appliquent au pourtour des mailles et que les obtenir au moyen d'un pompage par maille implique un rabattement plus important au centre de chacune.

En convenant d'appeler les variables conformément au schéma ci-après, et en partant des valeurs données par puits dans le tableau l'accompagnant, on a donc calculé les rabattements au centre de ces mailles en imaginant la réalisation de puits singuliers de diamètre 800 mm et en négligeant les influences réciproques entre puits (d'ailleurs minimes). Rappelons que le côté de la maille a pour longueur 83 m.



N° MAILLE	Q (m ³ /h)	T (m ² /s)	H (m)
58750	-35	3.10 ⁻³	5,6
59490	-30	4.10 ⁻³	6,2
66270	-25	3.10 ⁻³	4,4
67140	-30	5.10 ⁻⁴	4,8

Le rabattement supplémentaire dans un puits est fourni par la relation :

$$\Delta h = \frac{Q}{2\pi T} \left(\log \frac{a}{r_p} - \frac{\pi}{2} \right)$$

On trouve les résultats suivants ($\Delta h = 0,60 \frac{Q}{T}$ et $h = H - \Delta h$)

N° MAILLE	58750	59490	66270	67140
h (m)	3,7	5,0	3,0	5,2 !

A l'exception de la maille 67140, on constate que les rabattements au centre sont tout à fait comparables avec les hauteurs d'aquifère.

La maille 59490, sur laquelle a d'ailleurs été effectué un pompage d'essai à 29 m³/h pour 3,0 mètres de rabattement, ne pose effectivement pas de problème particulier et on pourrait envisager de réutiliser le forage déjà en place.

Deux forages sont à créer dans les mailles 58750 et 66270 où la perméabilité moyenne de l'aquifère semble à même de fournir respectivement 35 et 25 m³/h.

La maille 67140, voisine de l'ouvrage 66-3-90 sur lequel un pompage d'essai à 7 m³/h a provoqué un rabattement de 7,0 m, n'est pas à même, à l'aide d'un seul forage, de fournir 30 m³/h. Il faut envisager la réalisation de quelques autres ouvrages du même type distants les uns les autres d'une trentaine de mètres. Seuls des essais in situ permettront d'en fixer le nombre et les débits d'exhaure respectifs.

6 - CONCLUSIONS

Une vingtaine de simulations réalisées sur le modèle mathématique bâti en 1975, puis mis à jour et agrandi à l'occasion de la présente étude, permettent d'envisager une solution à la protection de la nappe vis à vis des deux nouveaux bassins de stockage prévus.

La solution proposée consiste en une série de puits (4 à 6 en diamètre 800 mm environ) implantés à l'extérieur des digues nord, ouest et sud des futurs bassins, selon un schéma précisé dans le texte, et sur laquelle est réparti un débit de 120 m³/h.

Ce schéma a été envisagé pour récupérer la quasi totalité de la saumure partant des bassins dans le but de préserver la nappe vers l'aval en premier lieu, et en second lieu, de ne pas perturber l'équilibre établi actuellement pour le système nappe/champ de captage de l'usine/bassins de stockage existants.

L'application de la solution proposée se ferait sans modification sensible des rabattements au droit des puits actuellement en fonction.

Ce schéma, testé pour une nappe en position haute, et pour des débits d'infiltration compris entre 70 m³/h et 100 m³/h, reste rigoureusement applicable, débits y compris, et permet de maintenir la zone déprimée recherchée autour des bassins de stockage.

A l'issue de cette phase de faisabilité, on peut donc avancer avec assurance qu'une solution hydrodynamique du type de celle qui est décrite dans ce rapport, serait à même de protéger efficacement la nappe contre une migration des chlorures en provenance des deux bassins de stockage projetés, évitant par la même de recourir à leur imperméabilisation totale (qui ne pourrait d'ailleurs pas être une garantie absolue).

En revanche, il semble se confirmer que le canal soit une source potentielle de contamination de la nappe. Cette hypothèse est, à notre avis, à examiner rapidement à l'aide des mesures régulières de teneur en chlorures effectuées sur différents points de contrôle.

ANNEXE 1

LISTE DES POINTS D'OBSERVATION

LISTE DES POINTS D'OBSERVATION

Fig. 21 -

Annexe I

DESIGNATION SOLVAY	Indice B.R.G.M.	DESIGNATION SOLVAY	Indice B.R.G.M. Indice SOLVAY
Puits N° 3 (537-1-80)	528-5X-0097		
12 (528-9-80)	528-5X-0106		
14 (528-6-20)	528-5X-0108		
15 (528-3-80)	528-5X-0109	B. Insc. Mûle n. 10	527-8X-0102
16 (528-9-30)	528-5X-0110	Mûle n. 10 n. 10	527-8X-0103
17 (528-9-60)	528-5X-0111	Sect. B. P. 10 n. 10	527-8X-0104
18 (537-4-30)	528-5X-0112	Puits 10 n. 10	527-8X-0105
28 (529-2-20)	528-5X-0116	Absorption. Puits 10	527-8X-0106
29 (529-3-30)	528-5X-0117	Décharge absorption	527-8X-0107
30 (29-6-90)	528-5X-0118	Puits. An. B. P. 10	527-8X-0108
31 (37-8-90)	528-5X-0119	Puits. M.T. B. P. 10	527-8X-0109
32 (537-9-40)	528-5X-0120	B. Insc. M. Ap. 1. 10	527-8X-0110
33 (537-6-10)	528-5X-0121	B. Dan-Ah. Ap. sortie Puits	527-8X-0111
34 (537-5-60)	528-5X-0122	Fond Puits de Gony	527-8X-0112
40 (530-1-10)	528-5X-0290	Traverse. Vill. R. du Loup	527-8X-0113
41 (530-1-60)	528-5X-0292	Op. 10. Tap-Sum-Aber	527-8X-0114
42 (537-3-30)	528-5X-0295	R. du P. 10 n. 10	527-8X-0115
43 (538-1-40)	528-5X-0294	R. Tap-Aber. L. 10 n. 10	527-8X-0116
44 (537-5-80)	528-5X-0296	S. Insc. Op. Réception	527-8X-0117
45 (537-8-50)	528-5X-0297	Op. 10. Ap. 1. 10 n. 10	527-8X-0118
46 (529-3-10)	528-5X-0300	R. Op. du Loup - Aber	527-8X-0119
47 (537-9-80)	528-5X-0301	R. Am. Tap. L. Ind-10	527-8X-0120
48 (545-3-20)	528-5X-0302	R. Tap. An. 10 n. 10	527-8X-0121
49 (545-3-80)	528-5X-0316	R. Tap-Aber. L. 10 n. 10	527-8X-0122
50 (545-6-50)	528-5X-0317	Traverse. Op. 10	527-8X-0123
51 (545-9-20)	528-5X-0318	R. 10. Op. 10	527-8X-0124
52 (37-6-80)	528-5X-0320	R. 10. Op. 10	527-8X-0125
60 (44-5-50)	528-5X-0319	M. Insc. Local 10	527-8X-0126
61 (44-7-20)	527-8X-0122	Op. 10. Op. 10	527-8X-0127
62 (52-1-10)	527-8X-0123	Op. 10. Op. 10	527-8X-0128
63 (51-6-50)	527-8X-0124	Op. 10. Op. 10	527-8X-0129
64 (51-8-30)	527-8X-0125	Op. 10. Op. 10	527-8X-0130
65 (51-8-10)	527-8X-0126	R. Op. 10. Op. 10	527-8X-0131
66 (51-4-80)	527-8X-0127	Op. 10. Op. 10	527-8X-0132
67 (50-6-50)	527-8X-0127	Op. 10. Op. 10	527-8X-0133
(60-3-90)	527-8X-0128	Op. 10. Op. 10	527-8X-0134
(59-4-80)	527-8X-0129		
(58-2-10)	527-8X-0130		
(50-8-80)	527-8X-0131		
(71-2-20)	527-8X-0131		

ANNEXE 2

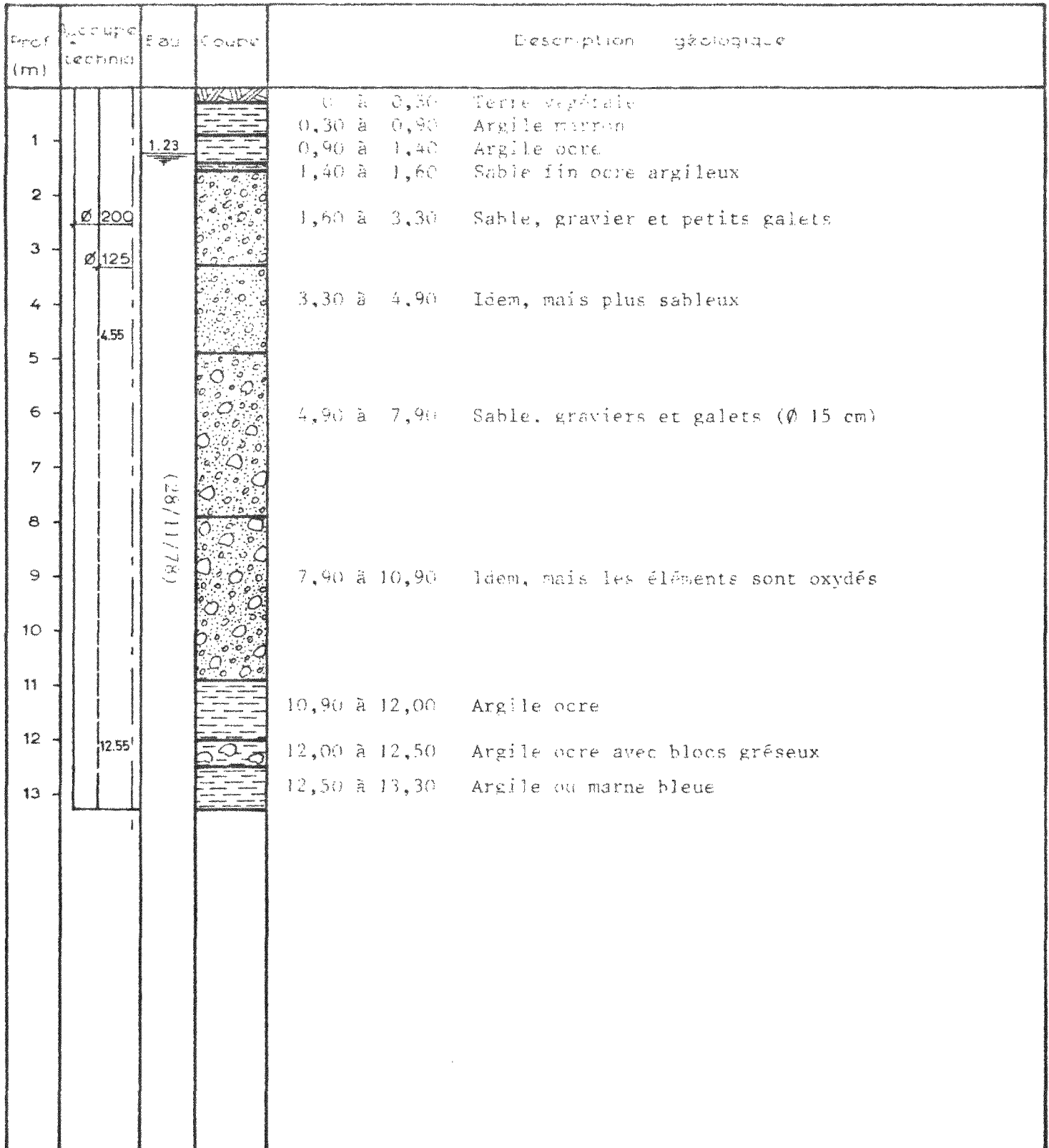
COUPES GEOLOGIQUES

COMMUNE : TAVAUX
 DEPARTEMENT : Jura (39)

DÉSIGNATION FORAGE : 74-2-20
 INDICE DE CLASSEMENT BSS : 527-4x-0180

COORDONNÉES LAMBERT

X = 829 78
 Y = 234.85
 Z = 188 (EPD)



COMMUNE : TAVAux
 DEPARTEMENT : Jura (39)

DESIGNATION FORAGE : 66-3-90
 INDICE DE CLASSEMENT BSS : 527-8x-0128

COORDONNEES LAMBERT

X = 830.50
 Y = 234.48
 Z = 188 (EPD)

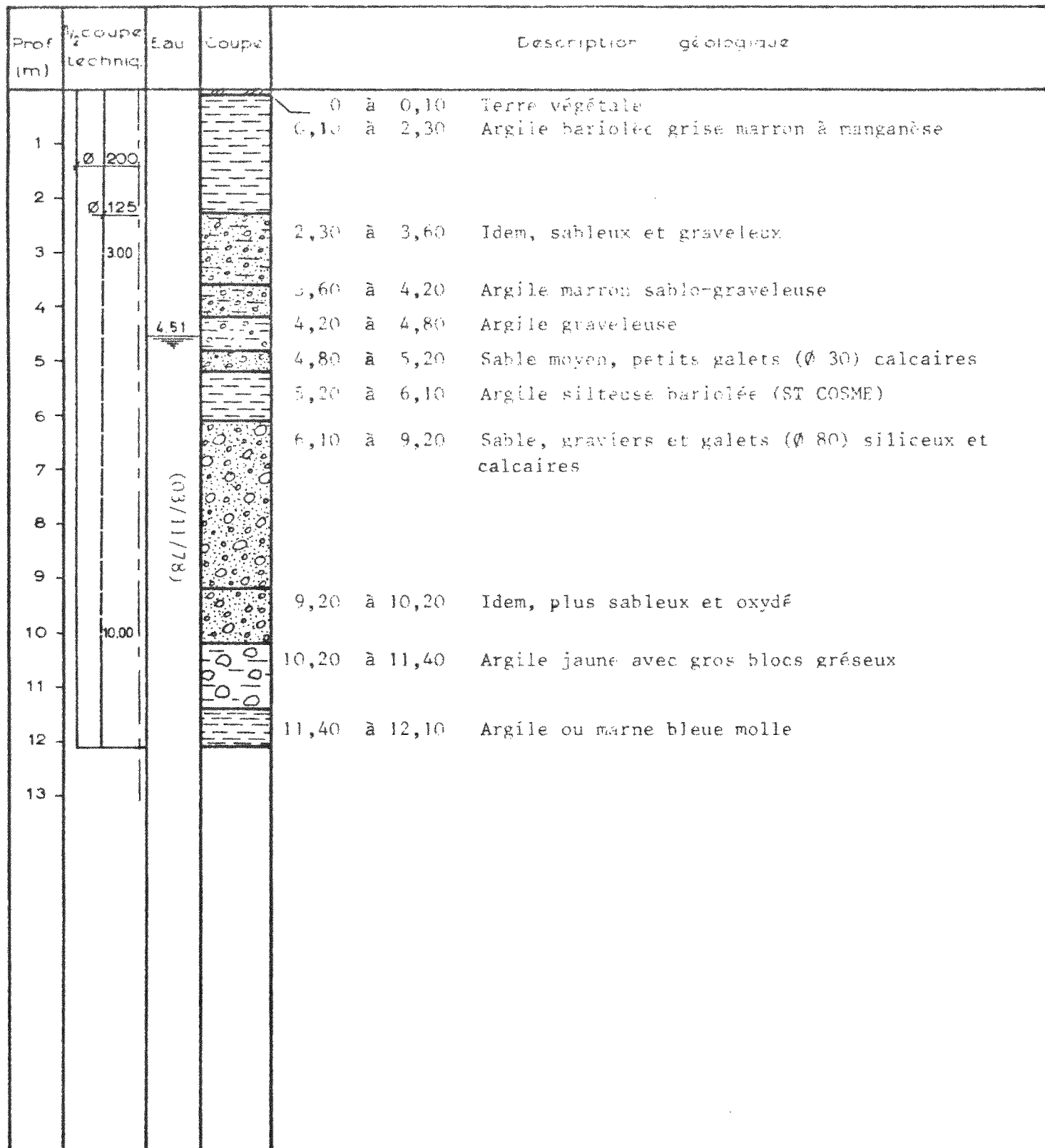
Prof (m)	Technique	Eau	Coupe	Description géologique
1	Ø 200	2.06	0 à 0,10	Terre végétale
			0,10 à 0,30	Argile avec galets calcaires
			0,30 à 1,60	Galets calcaires
2	Ø 125	(29/11/78)	1,60 à 2,50	Argile ocre sableuse avec petits graviers
3			2,50 à 3,30	Sable argileux avec petits galets
4			3,30 à 5,40	Sable (40%), graviers, petits galets (Ø 30)
5				
6			5,40 à 6,60	Sable, graviers, galets (Ø 50)
7			6,60 à 8,10	Sable, graviers, galets
8			8,10 à 8,50	Sable, graviers, gros galets (Ø 15 cm)
9			8,50 à 10,50	Argile plastique beige avec blocs gréseux
10				
11			10,50 à 12,50	Argile ou marne bleue
12			Ø 1200	
13				

COMMUNE : TAVAUX
 DEPARTEMENT : Jura (39)

DESIGNATION FORAGE : 50-8-80
 INDICE DE CLASSEMENT BSS 527-4x-0179

COORDONNEES LAMBERT

X = 831.32
 Y = 234.80
 Z = 190 (EPD)



COMMUNE : TAVAUX
 DEPARTEMENT : Jura (39)

DESIGNATION FORAGE : 58-9-10
 INDICE DE CLASSEMENT BSS : 527-4x-0178

COORDONNEES LAMBERT

X = 830.78
 Y = 234.70
 Z = 189 (EPD)

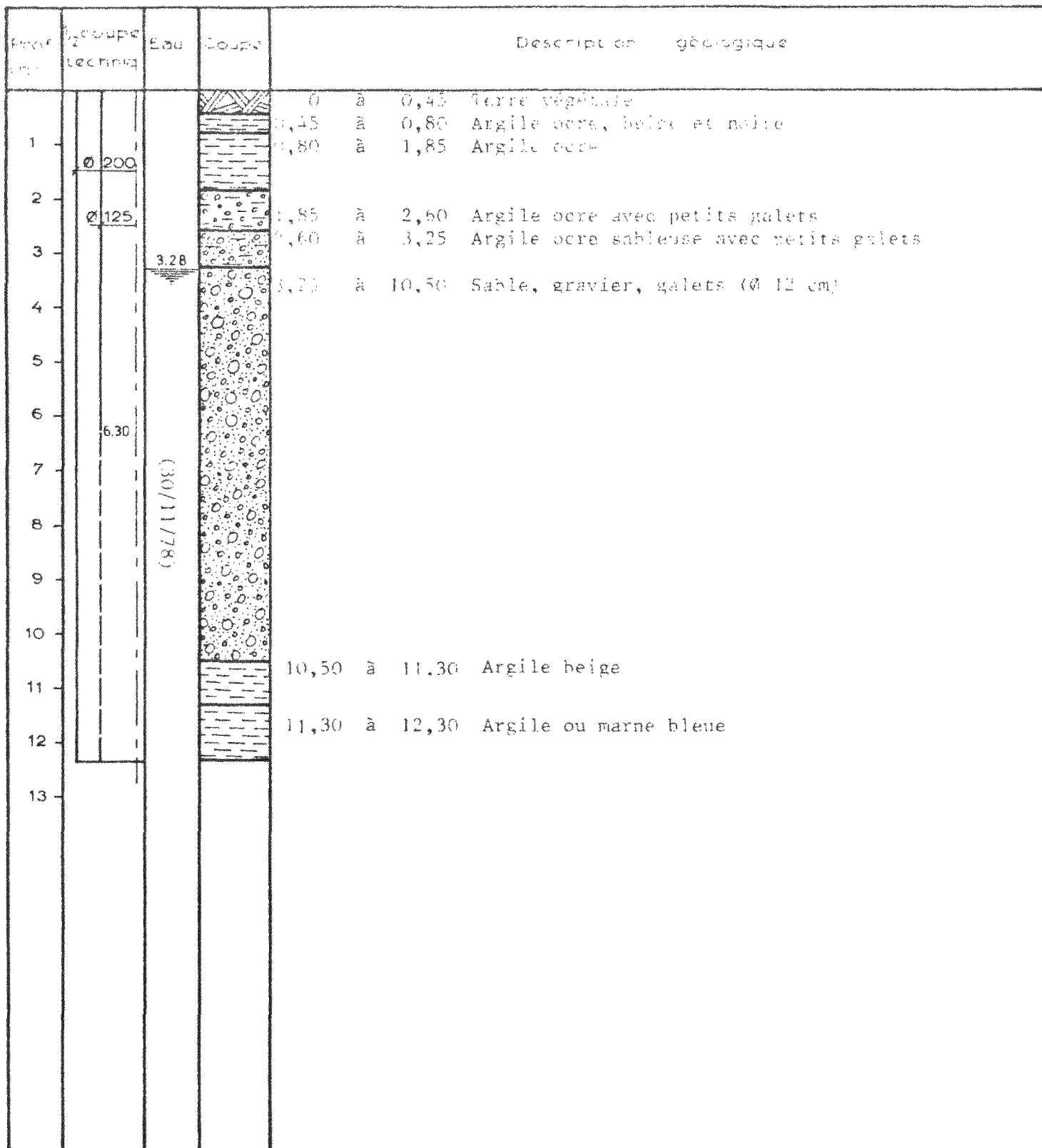
Prof (m)	1/2 coupe techniq.	Eau	Coupe	Description géologique
				0 à 0,40 Terre végétale
1				0,40 à 0,80 Limon finement sableux ocre et gris
				0,80 à 1,20 Argile limoneuse sableuse ocre et grise
				1,20 à 2,10 Argile ocre
2	∅ 200			2,10 à 2,80 Argile jaune graveleuse
3		3.44		2,80 à 4,10 Gravier et sable gris argileux
4	∅ 125			4,10 à 5,00 Sable, gravier, petits galets
5	5.60			5,00 à 8,70 Idem, plus sableux et plus grossier
6				
7				
8				
9		(27/10/78)		8,70 à 10,20 Gros galets, gravier moyen et sable moyen (30 %)
10				
11				10,20 à 12,05 Sable grossier, gravier, gros galets
12				12,05 à 12,50 Sable, gravier et galets argileux
13				12,50 à 13,60 Argile jaune puis verte calcareuse
14				

COMMUNE TAVAUX
 DEPARTEMENT Jura (39)

DESIGNATION FORAGE 59-4-90
 INDICE DE CLASSEMENT BSS 527-8x-0129

COORDONNEES LAMBERT

X = 830.86
 Y = 234.38
 Z = 190 (EPD)



ANNEXE 3

DEPOUILLEMENT DES POMPAGES D'ESSAI

1 - DEROULEMENT DES POMPAGES D'ESSAI

Chacun des 5 forages a fait l'objet d'un pompage d'essai au cours duquel on a relevé régulièrement les niveaux piézométriques dans le forage et les deux piézomètres voisins, ainsi que le débit de pompage.

Les cinq essais ont été conduits de la même façon : après un pompage de quelques heures à débit 0, on a brutalement divisé par 2 le débit de la pompe, le pompage se poursuivant alors à débit réduit pendant quelques heures, puis après arrêt total de la pompe, les remontées ont été mesurées sur les 3 ouvrages constituant la même "station de pompage".

On trouvera dans le tableau ci-dessous le récapitulatif des différents essais de pompage.

Ouvrage	Débit Indice BSS	88-4-10 0527-4X-0178	89-4-11 0527-4X-0179	90-4-12 0527-4X-0180	88-2-32 0527-8X-0128	89-2-33 0527-8X-0129
Date des essais.	Jour	27/10/78	03/11/78	28/11/78	29/11/78	30/11/78
Pompage	Durée (h)	2,5	2,0	3,5	3,0	2,5
	Débit (m ³ /h)	29,5	32,6	34,0	7,0	29,0
Réduction de pompage	Durée (h)	4,0	3,0	2,5	1,5	2,5
	Débit (m ³ /h)	14,0	16,6	16,0	5,0	13,0
Remontée	Durée des mesures	1,5	1,8	1,5	4,0	3,0

2 - EXPLOITATION DES MESURES

21 - PRINCIPE

Pour chaque essai, on a procédé de la même façon, c'est-à-dire que l'on a cherché à exploiter au maximum l'ensemble des mesures.

La nappe étant semi-captive pour l'ensemble des ouvrages, on peut utiliser sans difficulté la relation de JACOB, en vérifiant a posteriori que l'on est bien dans le domaine de validité de son application. Cette relation s'écrit :

$$s = \frac{0,183 Q}{T} \log \frac{2,25 Tt}{r^2 S}$$

où : s = rabattement au point de mesure

Q = débit de pompage

T = transmissivité de la couche aquifère

t = temps écoulé depuis le début du pompage

r = distance séparant le point de mesure de l'axe du puits

S = coefficient d'emmagasinement instantané de la couche aquifère

On constate que si l'on reporte le rabattement mesuré en un point en fonction du logarithme du temps de pompage, on doit obtenir un segment de droite dont la pente i permet de calculer la transmissivité de l'aquifère :

$$i = \frac{0,183 \cdot Q}{T} \Rightarrow T = \frac{0,183 \cdot Q}{i}$$

Si au bout d'un temps donné, on modifie le débit de pompage Q en un débit Q', la loi de superposition des effets permet d'écrire :

$$s = \frac{0,183 \cdot Q}{T} \log \frac{2,25 \cdot Tt}{r^2 S} + \frac{0,183 \cdot (Q' - Q)}{T} \log \frac{2,25 \cdot Tt'}{r^2 S}$$

où : t = temps écoulé depuis le début du pompage au débit Q

t' = temps écoulé depuis la modification du débit de pompage de Q à Q'

$$\text{d'où : } s = \frac{0,183 \cdot Q}{T} \log \left[\left(\frac{2,25 \cdot Tt}{r^2 S} \right) \left(\frac{2,25 \cdot Tt'}{r^2 S} \right)^{(Q' - Q)/Q} \right]$$

$$s = \frac{0,183 \cdot Q}{T} \log \left[\left(\frac{2,25 \cdot T}{r^2 S} \right)^{Q'/Q} t t' \frac{(Q' - Q)/Q}{t t'} \right]$$

Donc si l'on reporte s en fonction de $t/t' \frac{Q - Q'}{Q}$ ou de $t/t' \frac{1 - Q'}{Q}$, on doit obtenir un segment de droite dont la pente i' permet également de calculer la transmissivité de l'aquifère par la même relation que précédemment $T = \frac{0,183 \cdot Q}{i}$

Si on vient alors à annuler totalement le débit de pompage, le rabattement devient :

$$s = \frac{0,183 \cdot Q}{T} \log \left[t t' \frac{Q' - Q}{Q} t'' \frac{Q'}{Q} \right] \text{ (t'' : temps écoulé depuis l'arrêt du pompage).}$$

et, en portant le rabattement en fonction du paramètre $t/t' \frac{1-Q'}{Q}$ $t'' \frac{Q'}{Q}$, la pente i'' du segment obtenu permet de calculer la transmissivité de l'aquifère $T = \frac{0,183 Q}{i''}$.

22 - FORAGE 66-3-90

On trouvera sur les figures 22a, 22b, et 22c, les différentes représentations graphiques décrites ci-dessus.

Trois valeurs de transmissivités peuvent être calculées : $2,4 \cdot 10^{-4}$ m²/s, $5,1 \cdot 10^{-4}$ m²/s et $4,4 \cdot 10^{-4}$ m²/s, soit une valeur intermédiaire de l'ordre de $3,5 \cdot 10^{-4}$ m²/s.

Compte tenu d'une épaisseur aquifère utile de 6,0 m, le calcul de la perméabilité moyenne conduirait à $K = 6 \cdot 10^{-5}$ m/s. En fait, on ne peut pas, compte tenu des rabattements, utiliser la relation de JACOB sans précaution et l'on devrait, en toute rigueur, recourir à la méthode de THEIS. On retiendra cependant la valeur précédente comme ordre de grandeur, probablement sous-évalué.

23 - FORAGE 59-4-90

Sept valeurs de transmissivité peuvent être calculées à l'aide des figures 23a, 23b et 23c : $2,4 \cdot 10^{-3}$ m²/s; $2,1 \cdot 10^{-3}$ m²/s; $4,2 \cdot 10^{-3}$ m²/s; $4,5 \cdot 10^{-3}$ m²/s; $3,2 \cdot 10^{-3}$ m²/s; $3,9 \cdot 10^{-3}$ m²/s et $5,4 \cdot 10^{-3}$ m²/s, soit une valeur moyenne $T = 3,7 \cdot 10^{-3}$ m²/s.

L'épaisseur aquifère étant de l'ordre de 7,2 m, la valeur de la perméabilité moyenne qui en résulte est de $K = 5 \cdot 10^{-4}$ m/s.

24 - FORAGE 58-9-10

Les huit valeurs de transmissivité calculées à l'aide des figures 24a, 24b et 24c sont les suivantes : $5,0 \cdot 10^{-2}$ m²/s; $2,1 \cdot 10^{-2}$ m²/s; $2,5 \cdot 10^{-2}$ m²/s; $1,7 \cdot 10^{-2}$ m²/s; $9,4 \cdot 10^{-3}$ m²/s; $2,1 \cdot 10^{-2}$ m²/s; $1,7 \cdot 10^{-2}$ m²/s; $2,1 \cdot 10^{-2}$ m²/s. Soit une valeur moyenne de $2,3 \cdot 10^{-2}$ m²/s.

Compte tenu de l'épaisseur aquifère, de l'ordre de 9,1 m, la valeur de la perméabilité moyenne est de $2,5 \cdot 10^{-3}$ m/s.

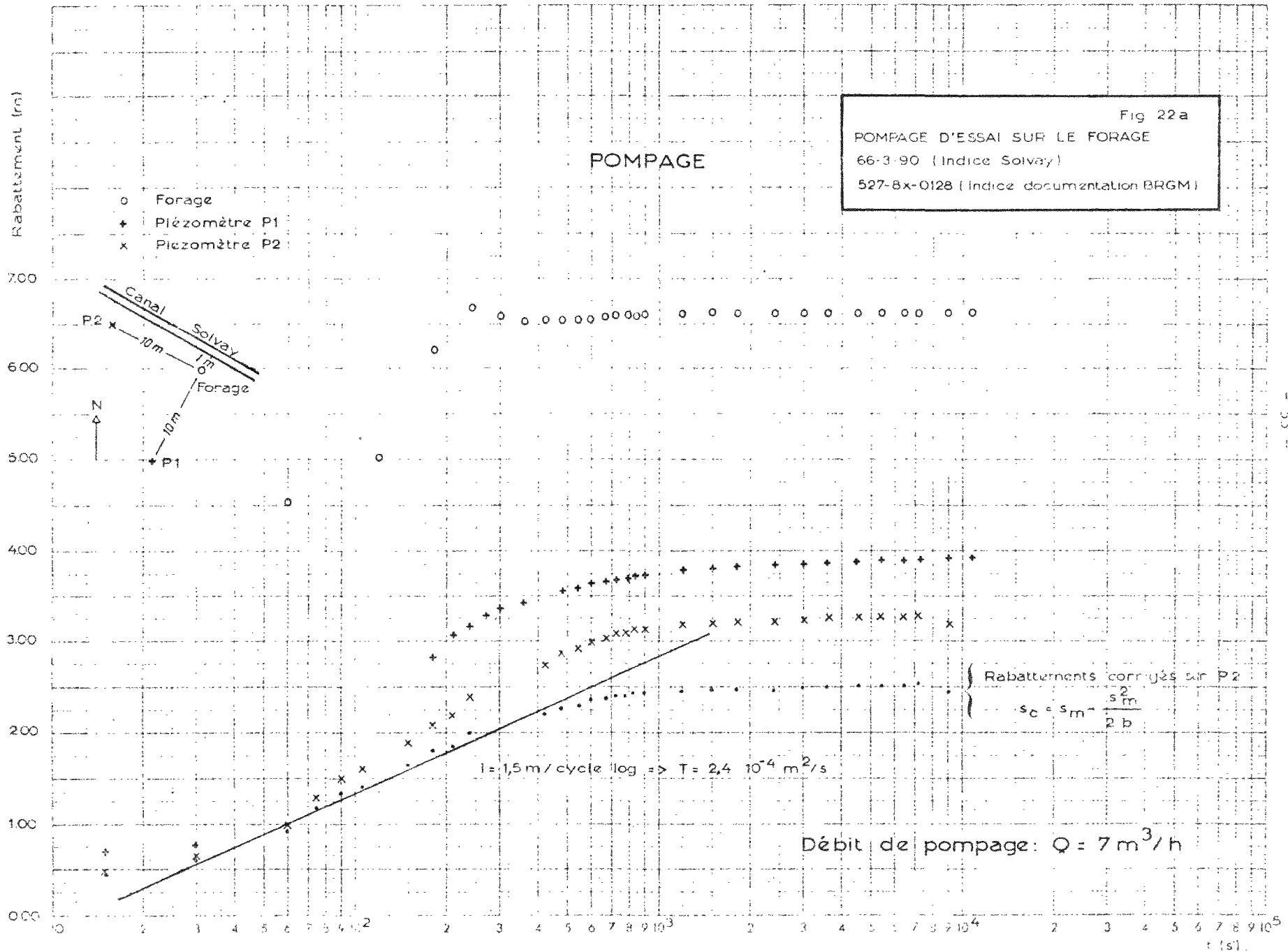


Fig. 22 b

POMPAGE D'ESSAI SUR LE FORAGE
66-3-90 (Indice Solvay)
527-8x-0128 (Indice documentation BRGM)

POMPAGE

Rabatement (m)

700
600
500
400
300
200
100
000

t : temps écoulé depuis le début du pompage à $7 \text{ m}^3/\text{h}$
t' : temps écoulé depuis la réduction du débit d'exhaure
de 7 à $5 \text{ m}^3/\text{h}$

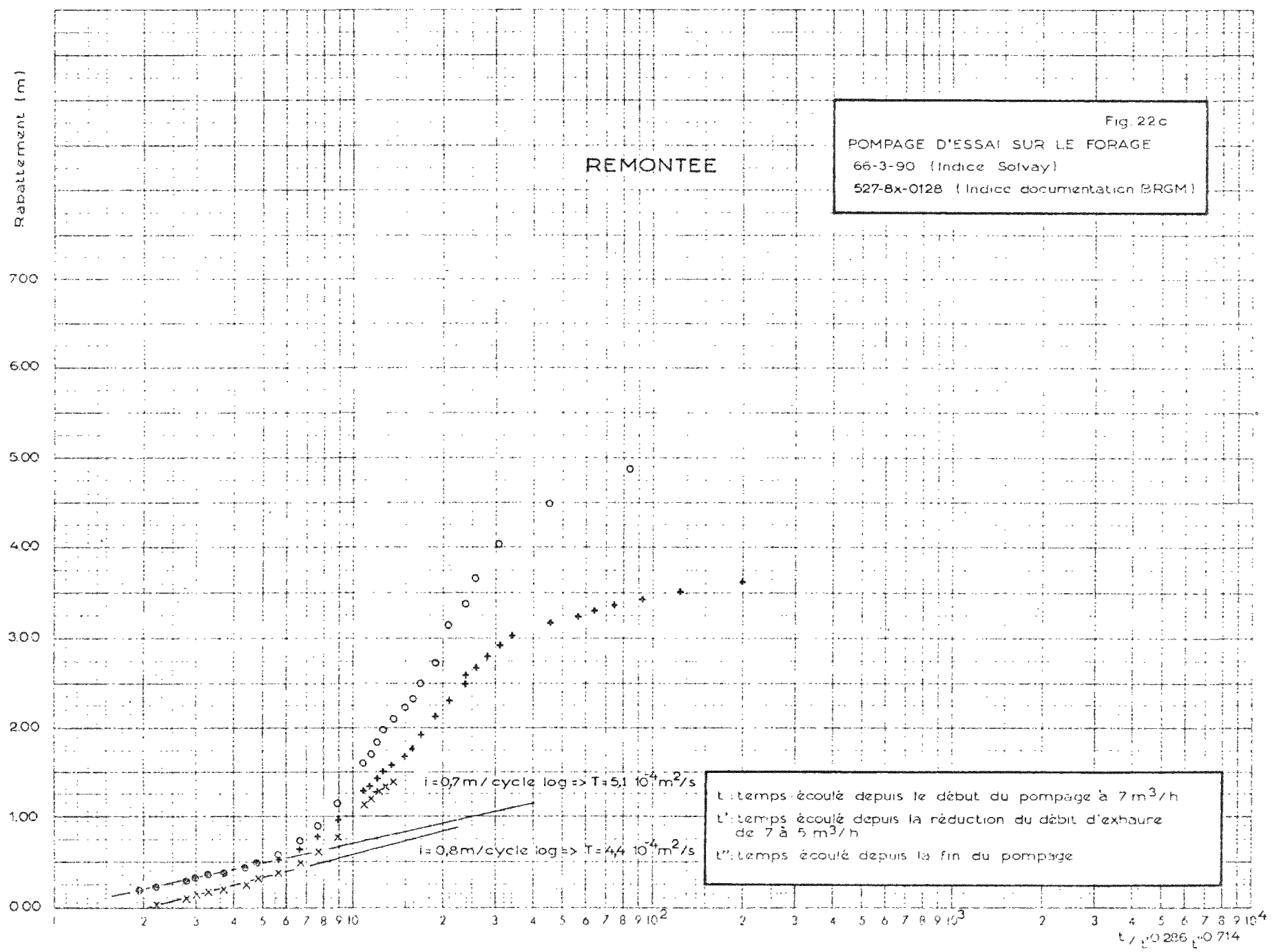
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10² 2 3 4 5 6 7 8 9 10³ 2 3 4 5 6 7 8 9 10⁴

56

Fig. 22c

POMPAGE D'ESSAI SUR LE FORAGE
66-3-90 (Indice Solvay)
527-8x-0128 (Indice documentation BRGM)

REMONTEE



t : temps écoulé depuis le début du pompage à $7 \text{ m}^3/\text{h}$
 t' : temps écoulé depuis la réduction du débit d'exhaure de 7 à $5 \text{ m}^3/\text{h}$
 t'' : temps écoulé depuis la fin du pompage

- 57 -

Fig. 23a

POMPAGE D'ESSAI SUR LE FORAGE

59-4-90 (Index Solvay)

527-8x-0129 (Index documentation BRGM)

POMPAGE

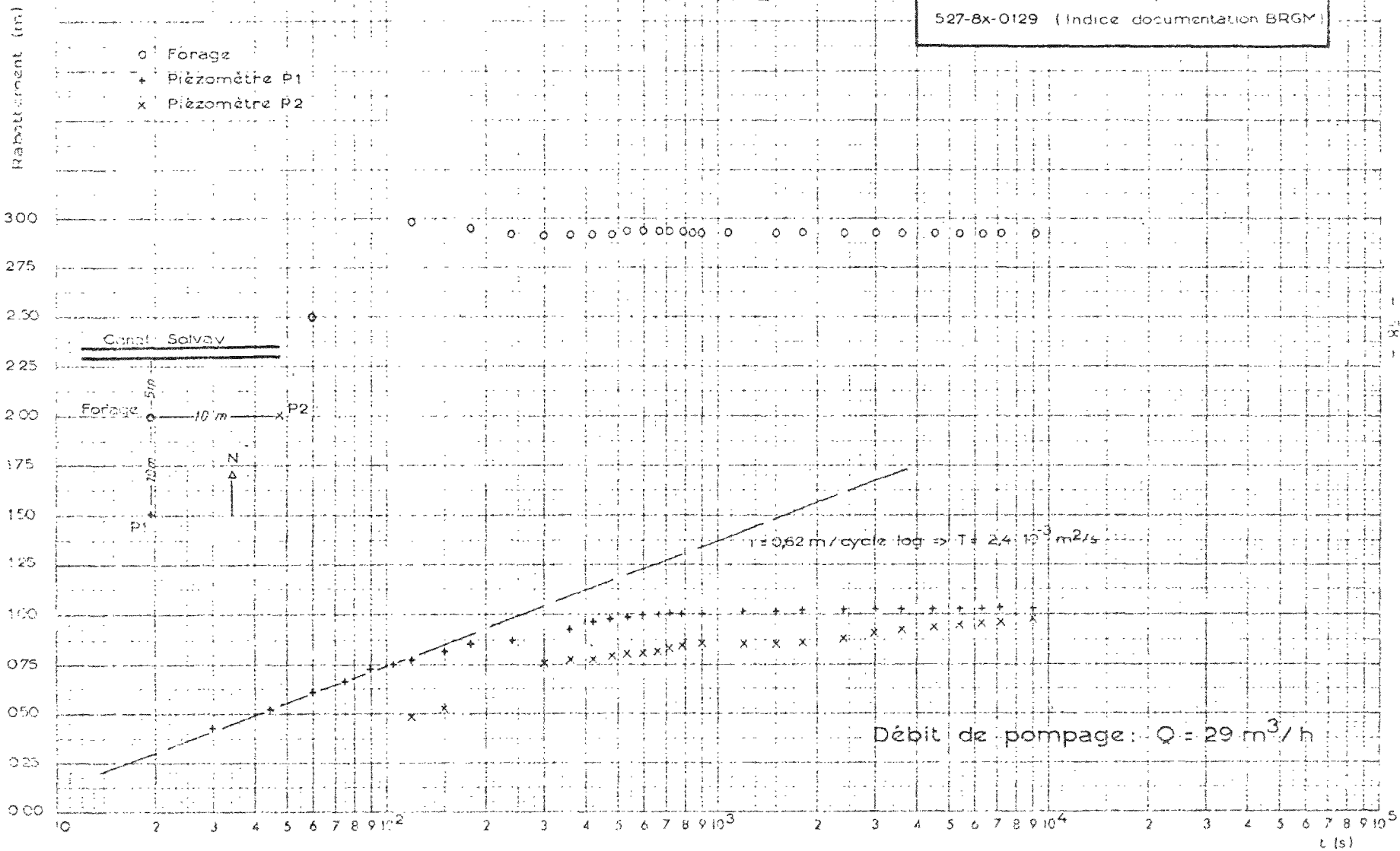
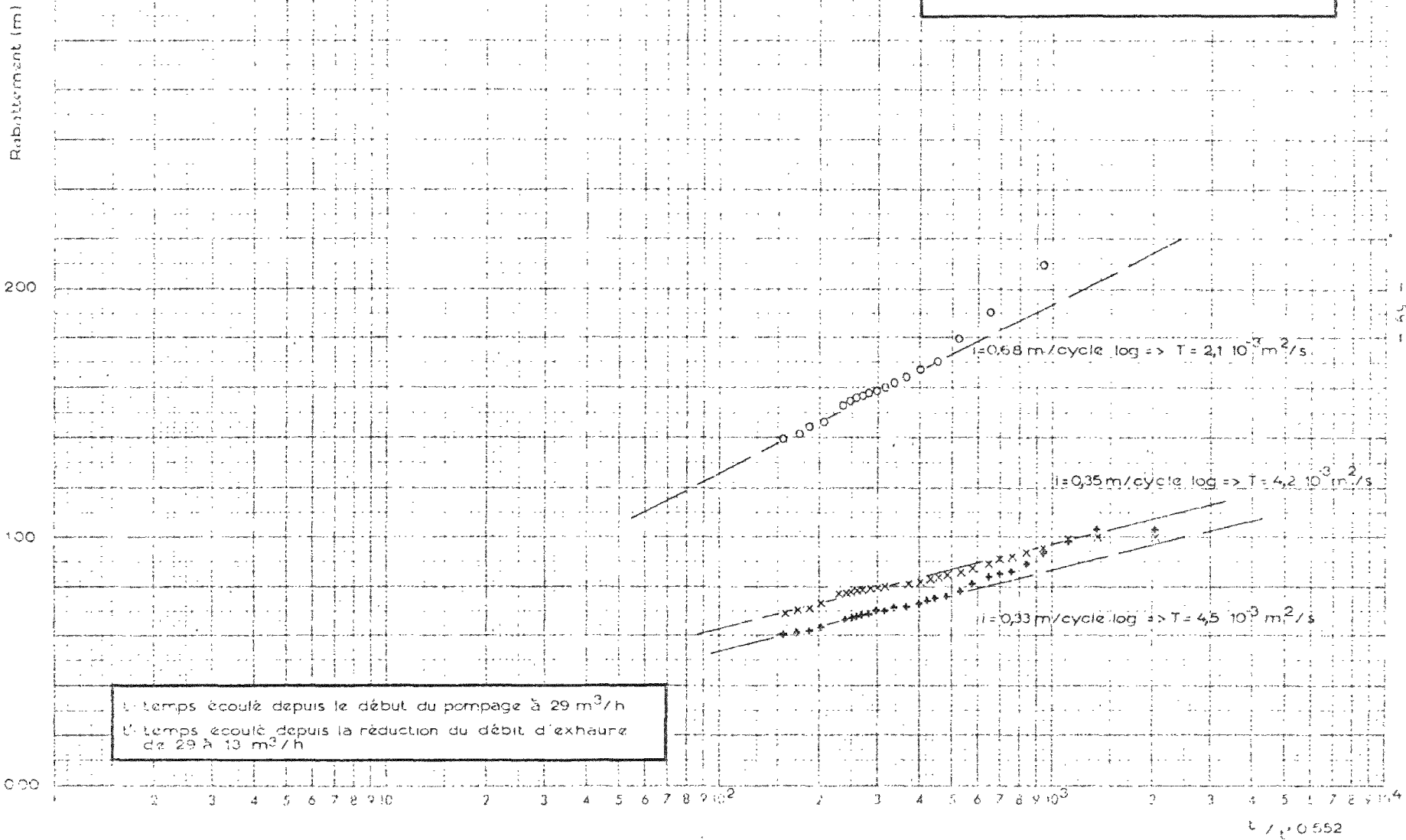
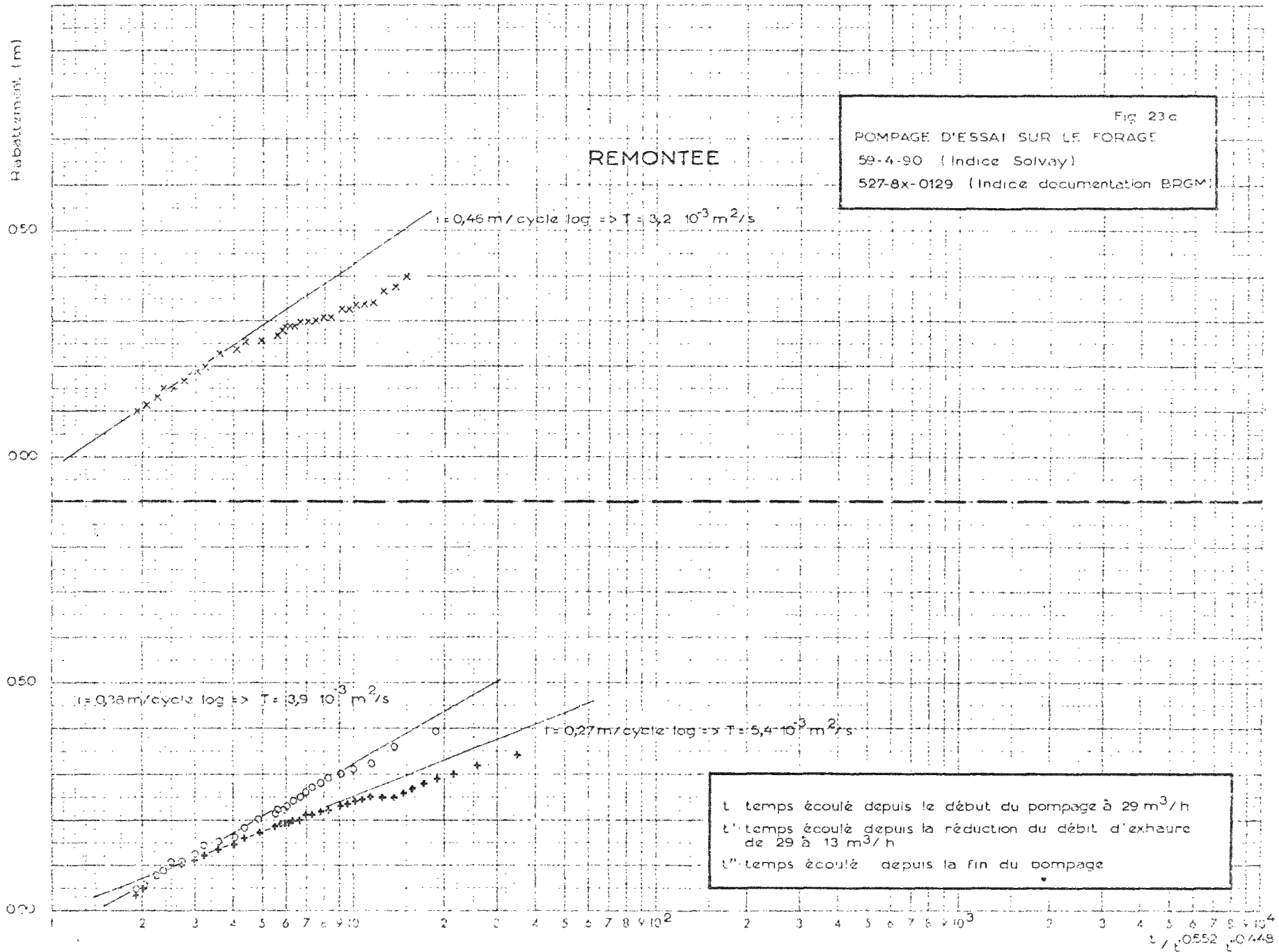


Fig 23 b

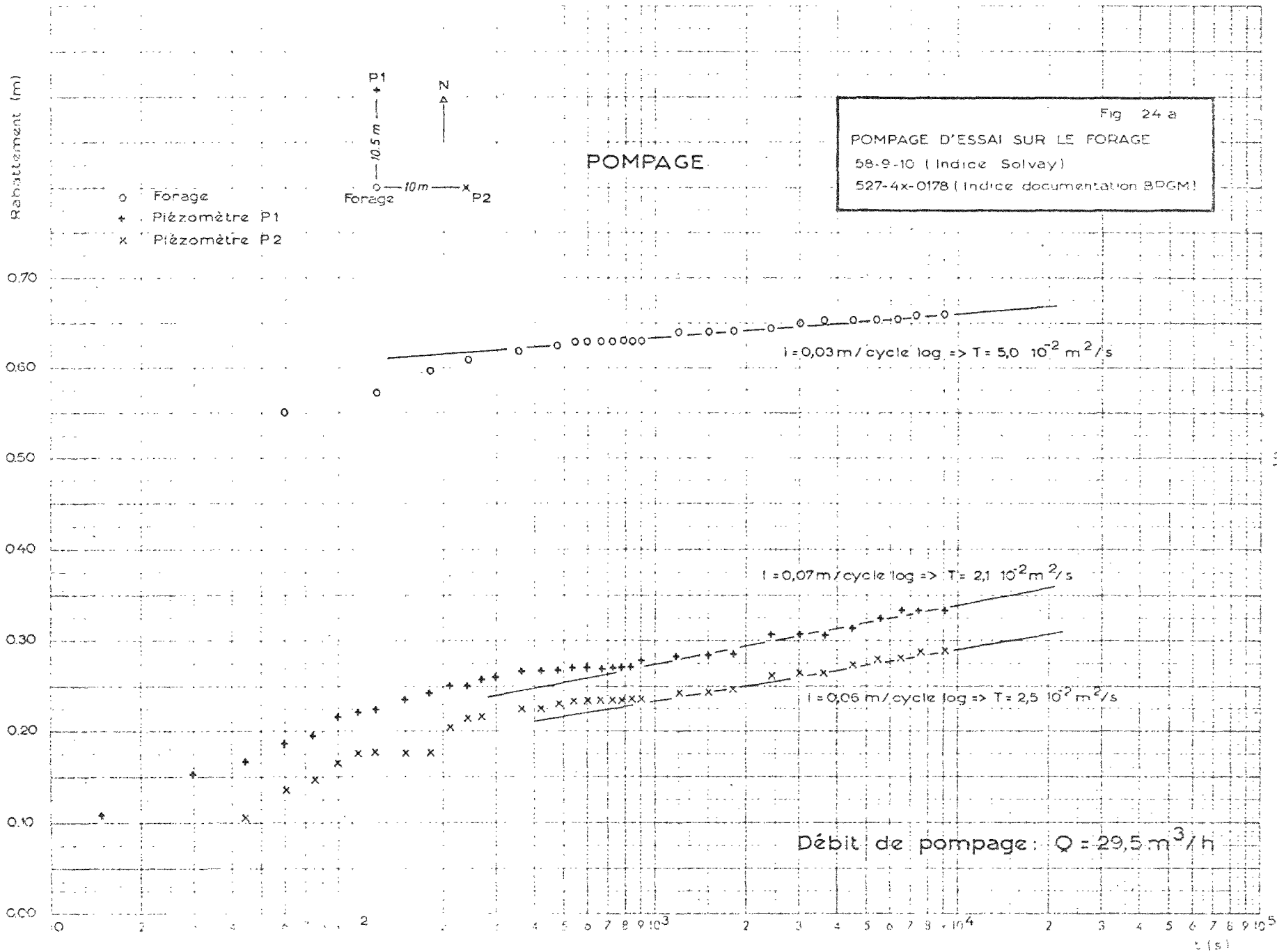
POMPAGE D'ESSAI SUR LE FORAGE
59-4-90 (Indice Solvay)
527-8x-0129 (Indice documentation BRGM)

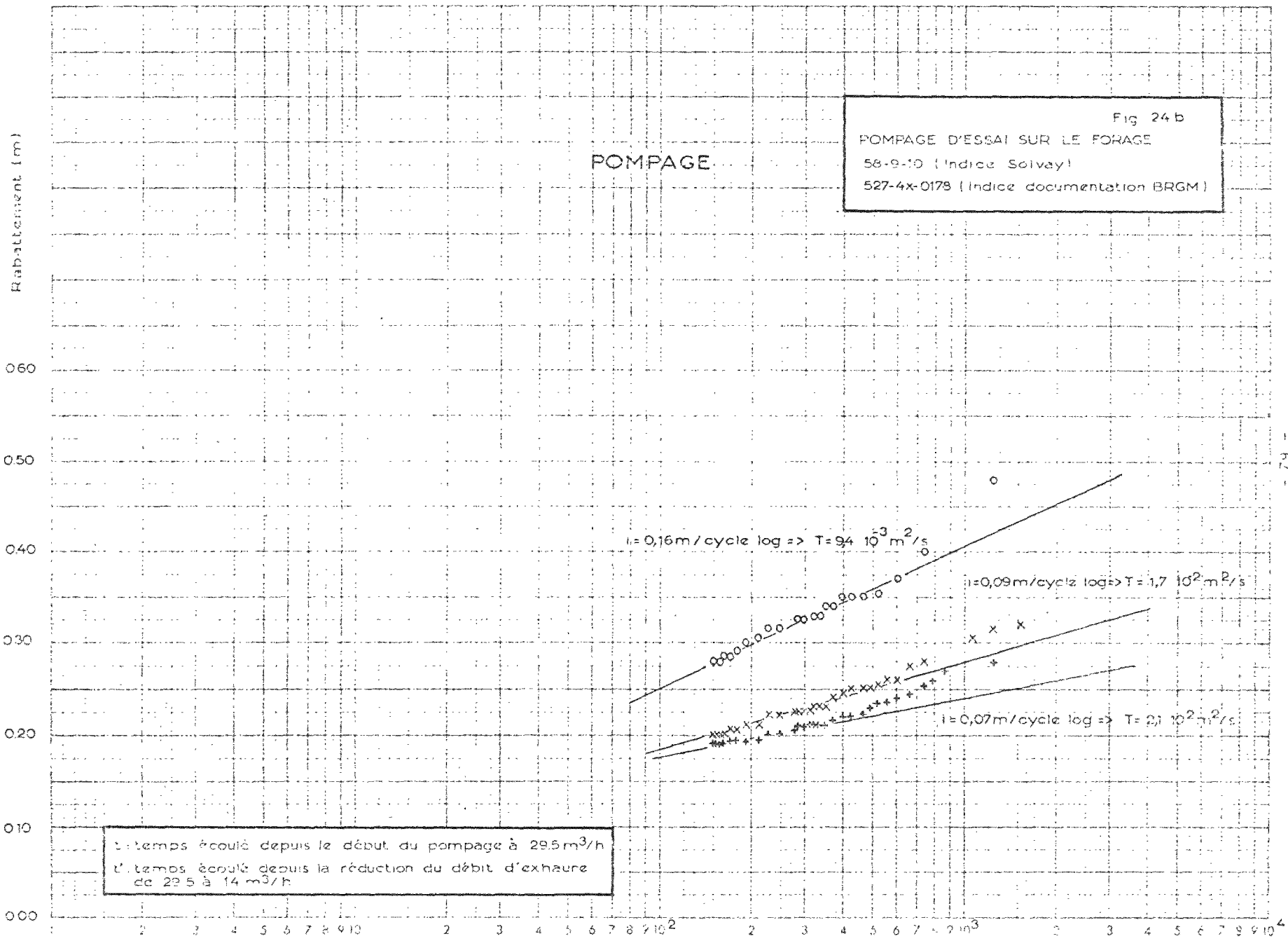
POMPAGE

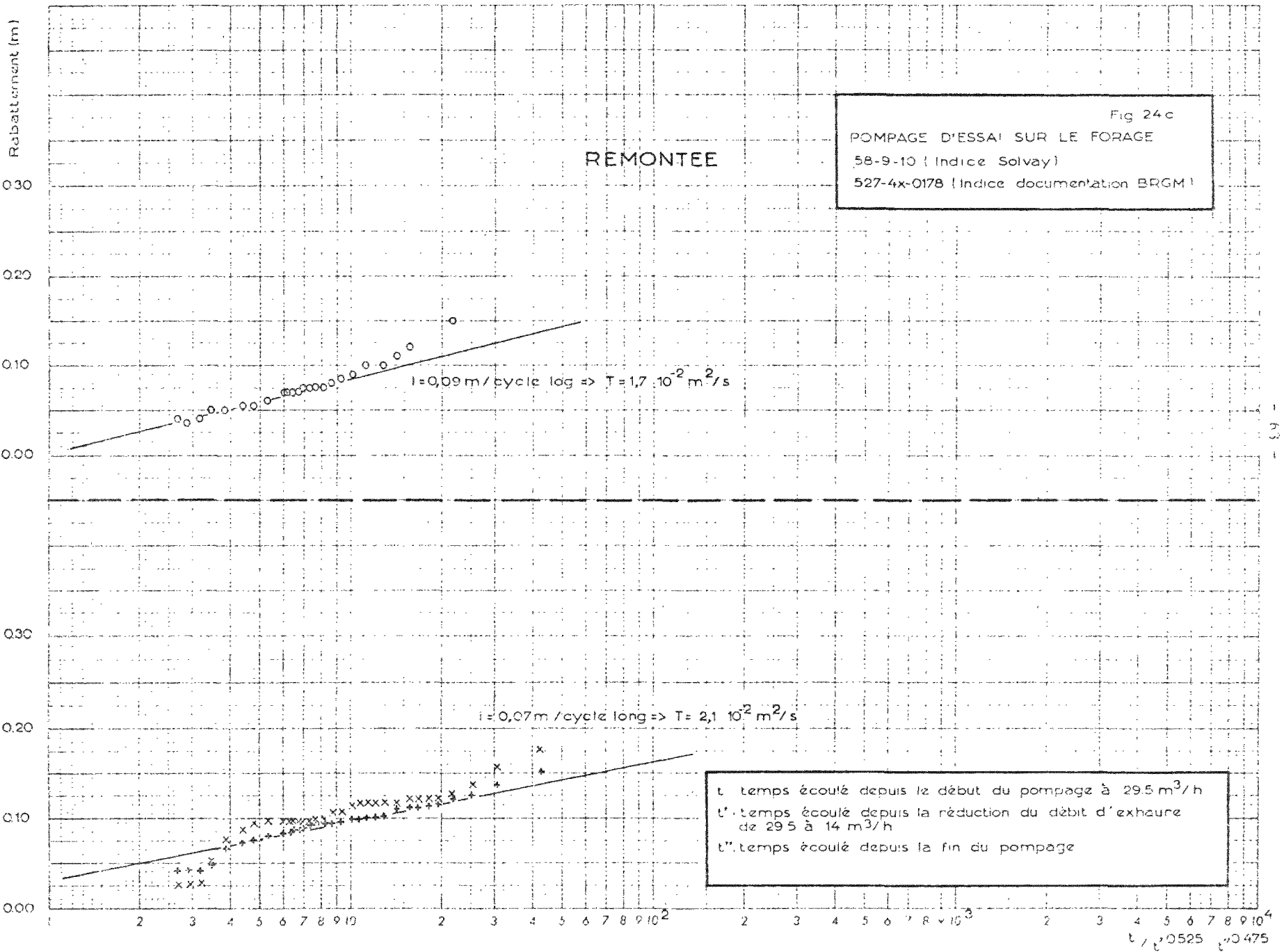




- 03 -







25 - FORAGE 50-8-80

Les quatre valeurs de transmissivité calculées à l'aide des figures 25a, 25b et 25c sont les suivantes : $2,2 \cdot 10^{-3}$ m²/s; $2,6 \cdot 10^{-3}$ m²/s; $2,6 \cdot 10^{-3}$ m²/s; $3,7 \cdot 10^{-3}$ m²/s. D'où une valeur moyenne de $2,8 \cdot 10^{-3}$ m²/s.

L'épaisseur aquifère étant voisine de 4,4 m, on en déduit une valeur de perméabilité moyenne de l'ordre de $6,3 \cdot 10^{-4}$ m/s.

26 - FORAGE 74-2-20

Cinq valeurs de transmissivité peuvent être obtenues à partir des figures 26a, 26b et 26c : $5,4 \cdot 10^{-3}$ m²/s; $6,6 \cdot 10^{-3}$ m²/s; $9,1 \cdot 10^{-3}$ m²/s; $9,6 \cdot 10^{-3}$ m²/s; $9,6 \cdot 10^{-3}$ m²/s.

D'où une transmissivité de $7,6 \cdot 10^{-3}$ m²/s et une perméabilité moyenne de $8 \cdot 10^{-4}$ m/s (épaisseur aquifère : 9,3 m).

3 - CONCLUSIONS

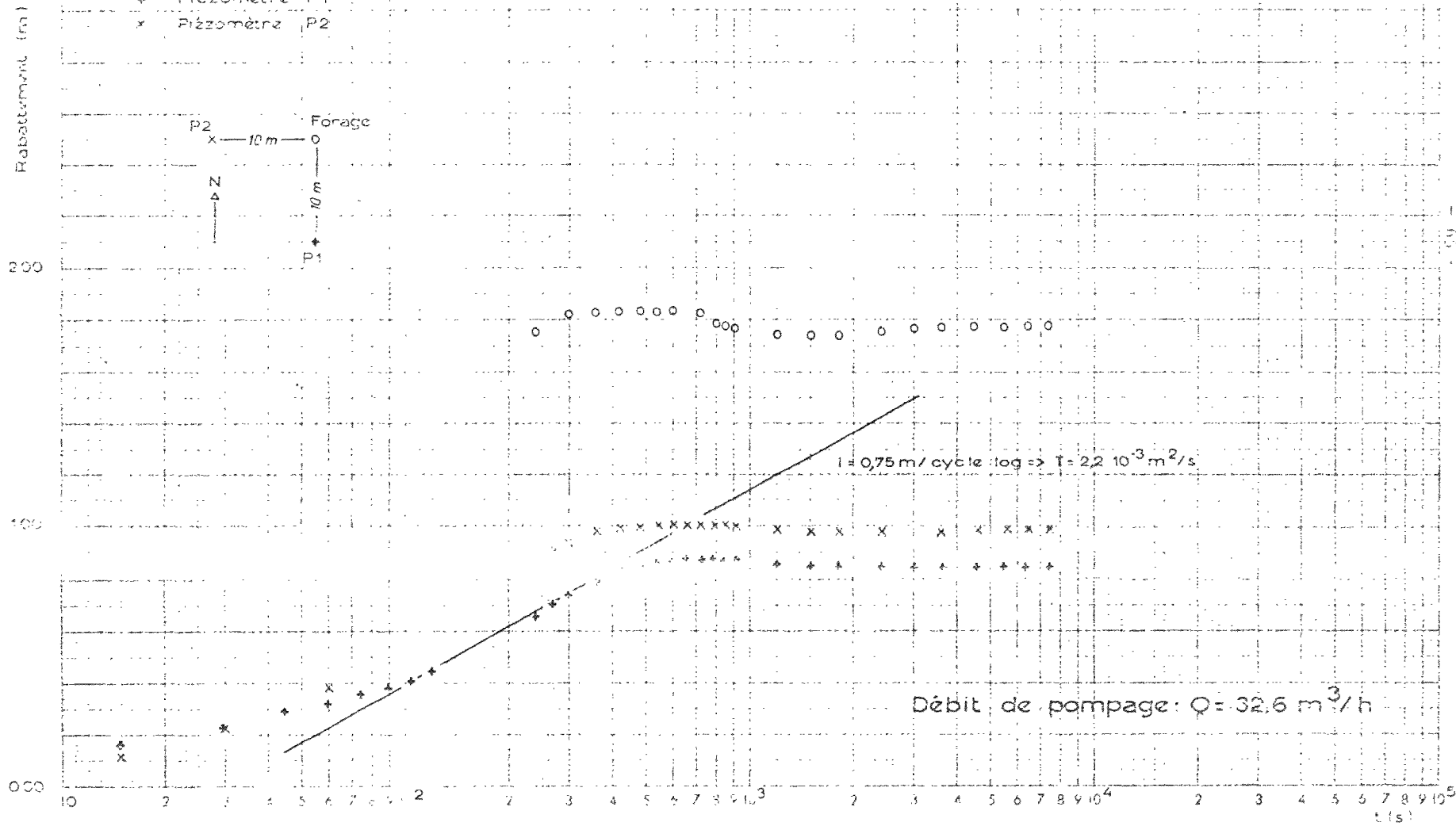
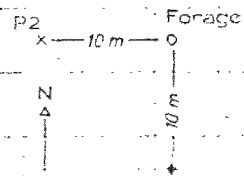
. Les deux forages situés à l'emplacement prévu pour les nouveaux bassins de stockage (forages 58-9-10 et 50-8-80) accusent une valeur de transmissivité de l'aquifère non négligeable (respectivement $2,3 \cdot 10^{-2}$ et $2,8 \cdot 10^{-3}$ m²/s) montrant que toute infiltration se faisant à la faveur d'une étanchéité imparfaite se propagerait sans difficulté vers l'aval hydraulique du système.

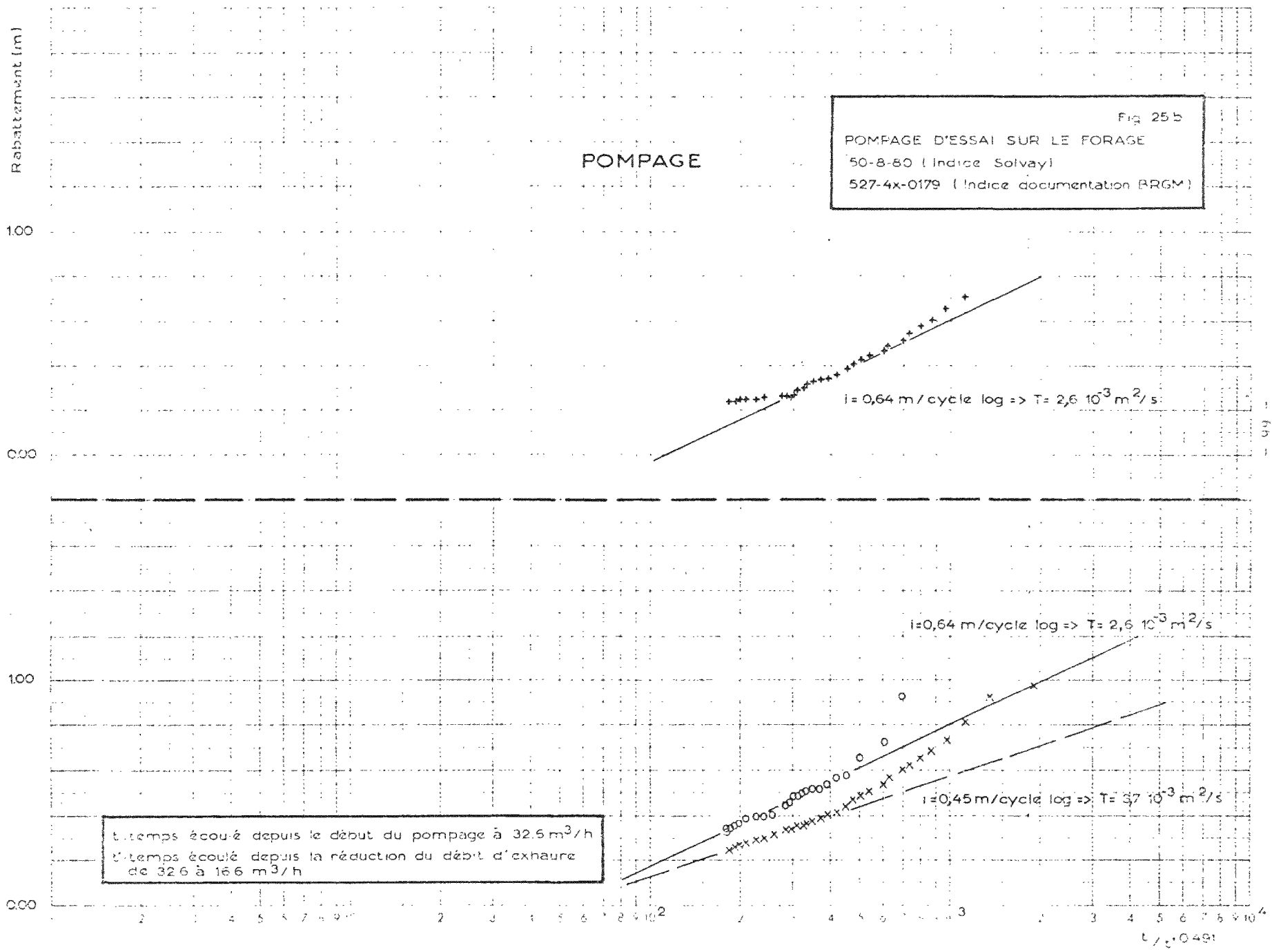
. Les trois forages proches du canal (74-2-20, 66-3-90 et 59-4-90) montrent, par une stabilisation des rabattements après une durée de pompage de quelques heures, que la nappe est, dans ce cas, réalimentée par le canal. Il y a donc tout lieu de craindre que les eaux de ce canal, si elles sont chargées de chlorures, ne viennent contaminer la nappe. Cette alimentation de la nappe par le canal avait d'ailleurs été soupçonnée en 1975 lors du calage du modèle mathématique de simulation.

POMPAGE

Fig 25 a
POMPAGE D'ESSAI SUR LE FORAGE
50-8-80 (Indice Solvay)
527-4x-0179 (indice documentation BRGM)

- o Forage
- + Piézomètre P1
- x Piézomètre P2





REMONTÉE

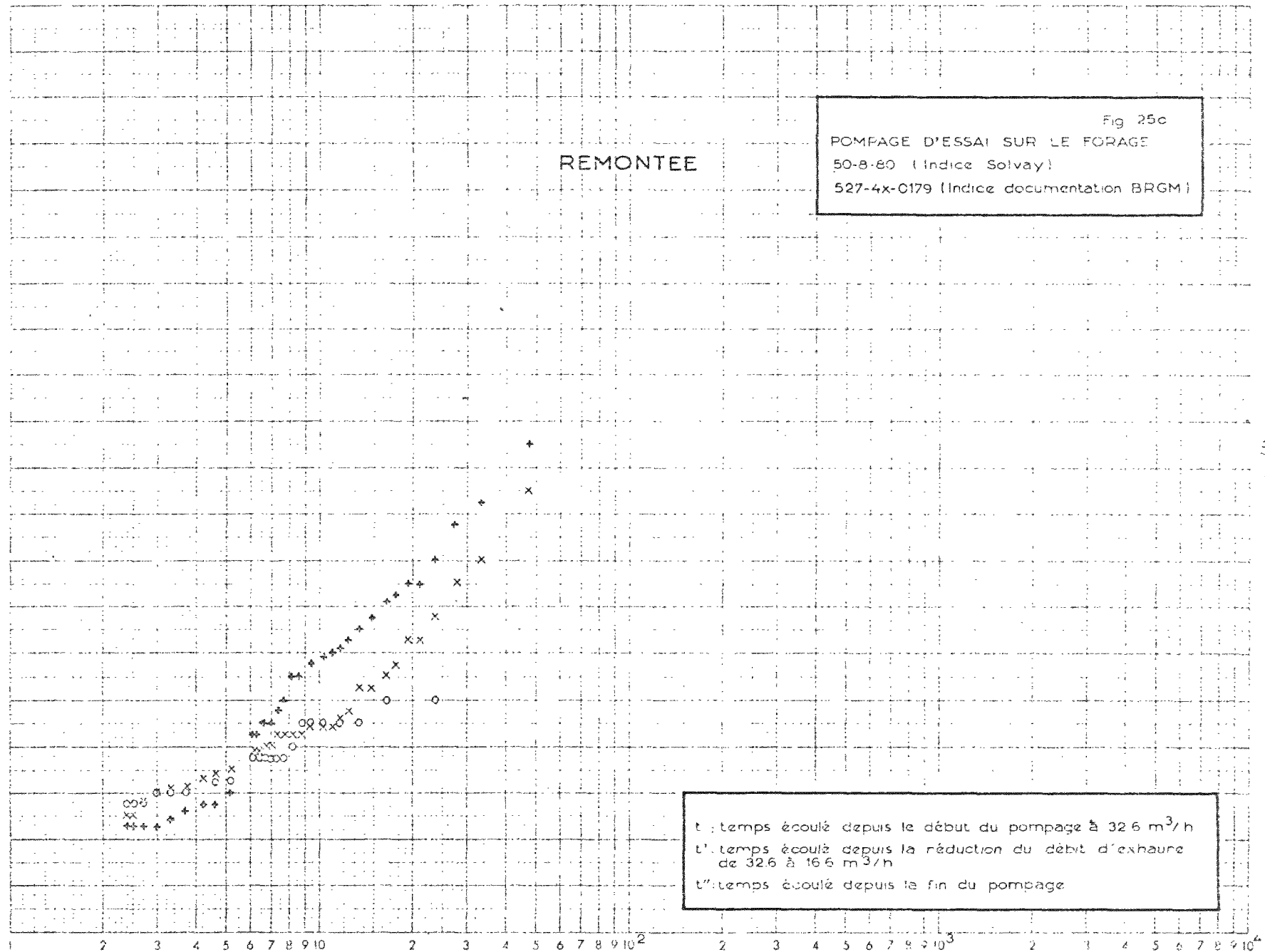
Fig 25c
 POMPAGE D'ESSAI SUR LE FORAGE
 50-8-80 (Indice Solvay)
 527-4x-0179 (Indice documentation BRGM)

Rabattement (m)

0.20

0.10

0.00

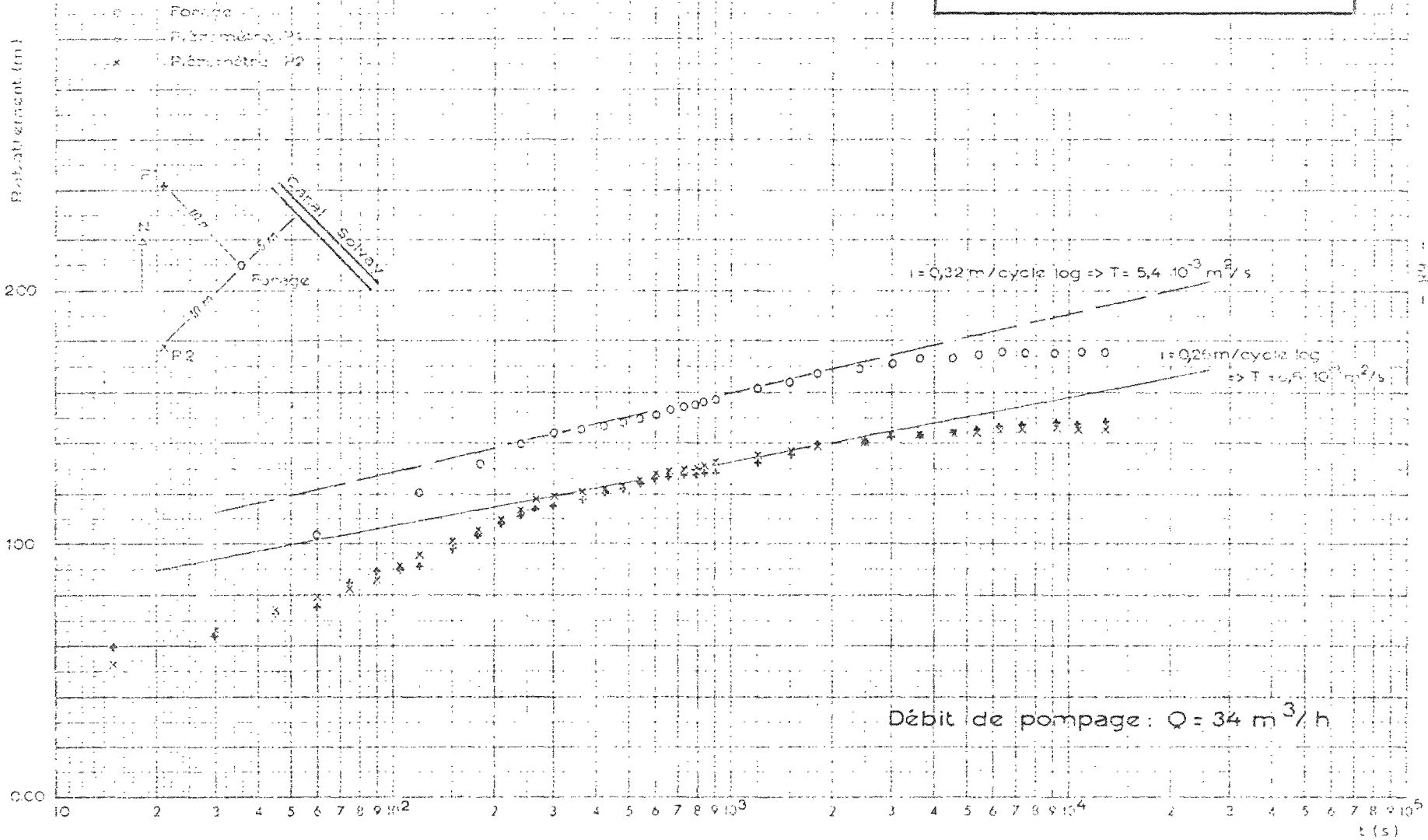


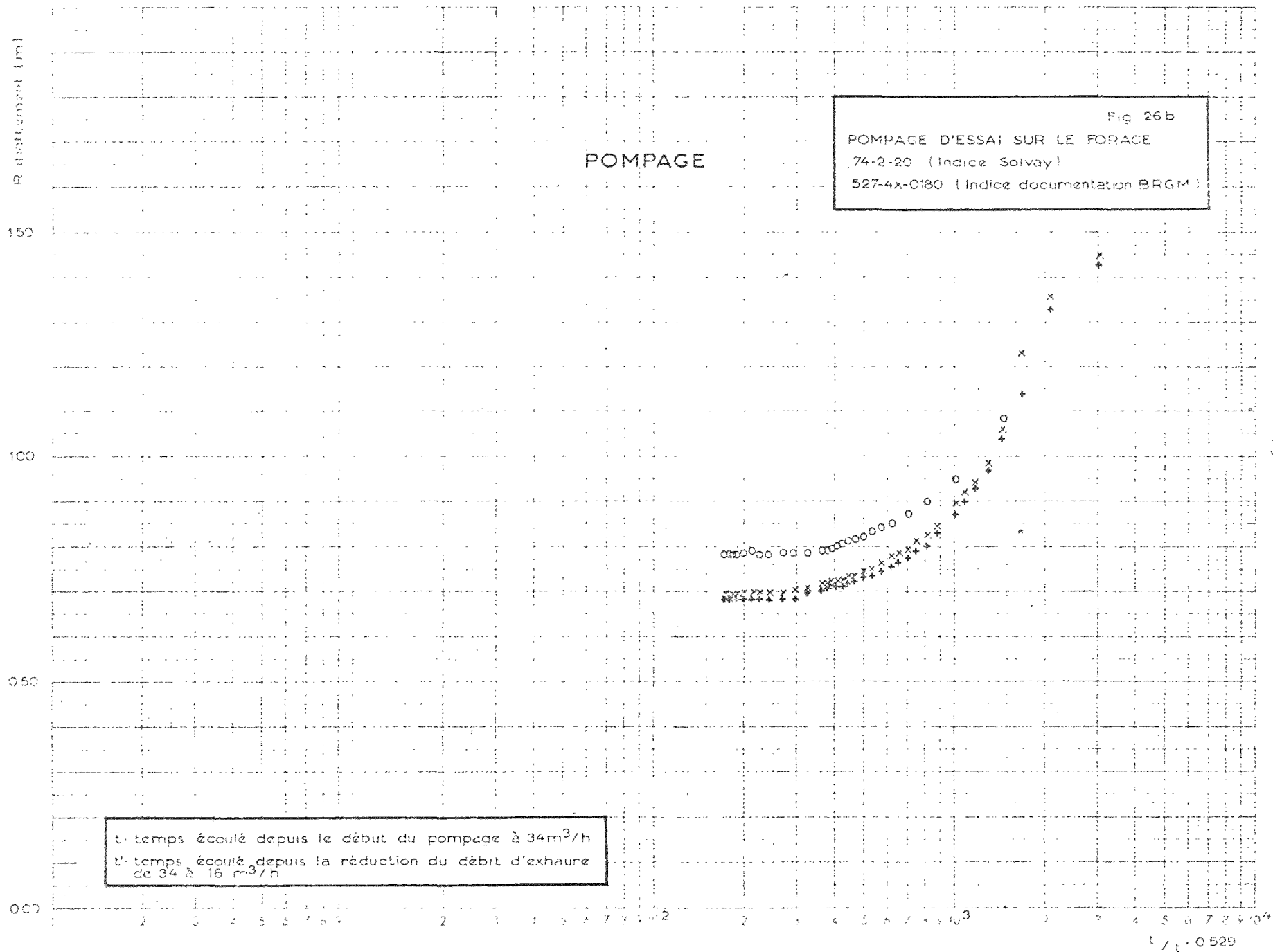
t : temps écoulé depuis le début du pompage à $32.6 \text{ m}^3/\text{h}$
 t' : temps écoulé depuis la réduction du débit d'exhaure
 de 32.6 à $16.6 \text{ m}^3/\text{h}$
 t'' : temps écoulé depuis la fin du pompage

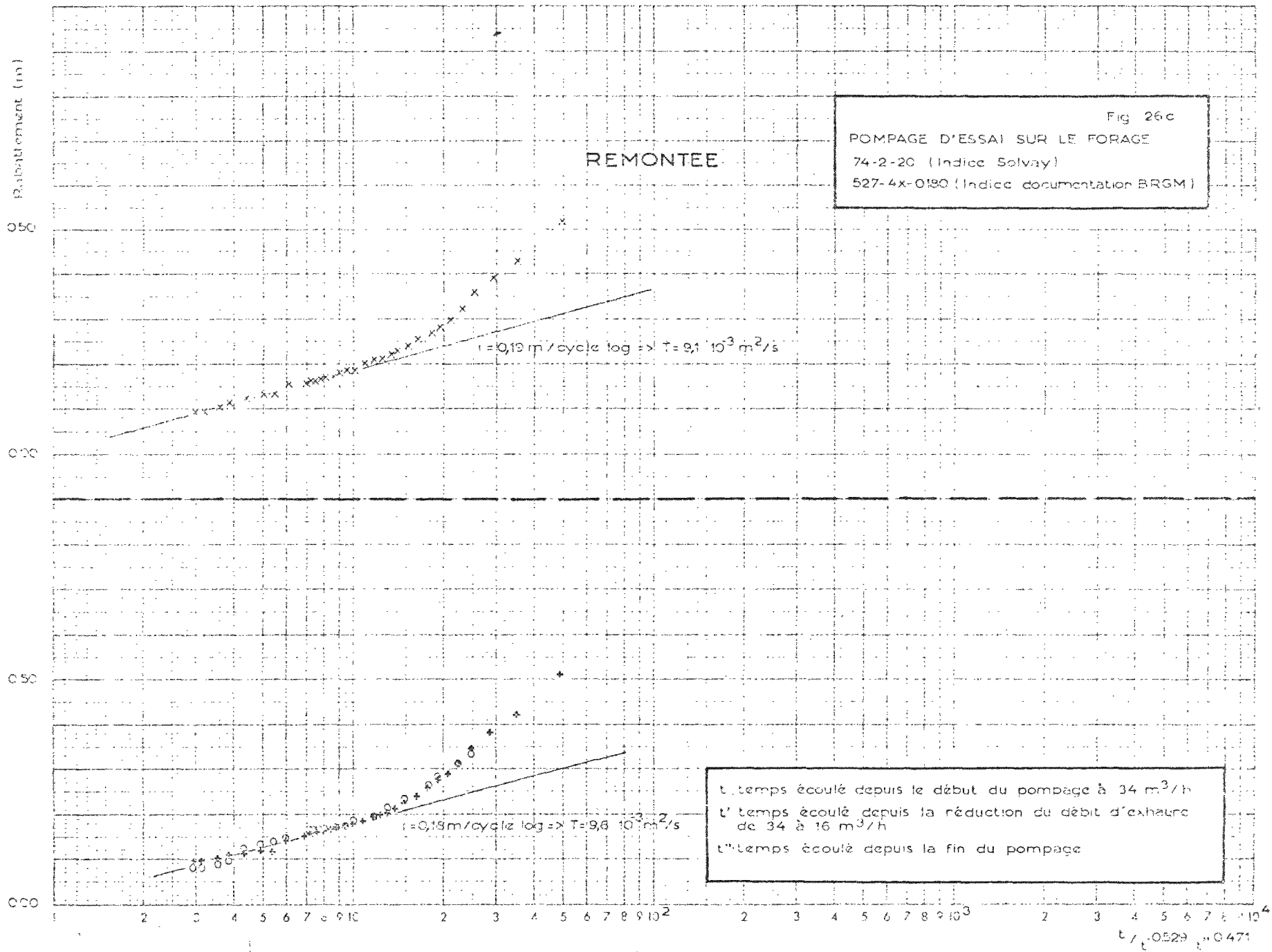
$t / t' = 0.0491$ $t' / t'' = 0.0509$

POMPAGE

Fig 26 a
 POMPAGE D'ESSAI SUR LE FORAGE
 74-2-20 (Indice Solvay)
 527-4x-0180 (indice documentation BRGM)







- 70 -

. Le forage 66-3-90, qui présente un rabattement de l'ordre de 7 m pour un débit de pompage de 7 m³/h, bien que l'aquifère y soit relativement épais (6m) et de composition sablo-graveleuse, est probablement situé dans une lentille sableuse peu étendue, ce qui expliquerait son comportement hydrodynamique des plus médiocres.

. Pour les stations de pompage 66-3-90 et 59-4-90, le calcul à l'aide de l'évolution des rabattements au cours des pompages de la distance à la limite d'alimentation indique un colmatage conséquent des berges du canal.

Rappelons que, dans le cas d'une limite (étanche ou d'alimentation), la théorie des images, illustrée par le schéma ci-dessous, se traduit par la relation

$$r_i = 1,5 \sqrt{\frac{Tt_i}{S}} \text{ où :}$$

T = transmissivité de l'aquifère

S = coefficient d'emmagasinement

t_i = temps correspondant à la rupture de pente sur la courbe des rabattements

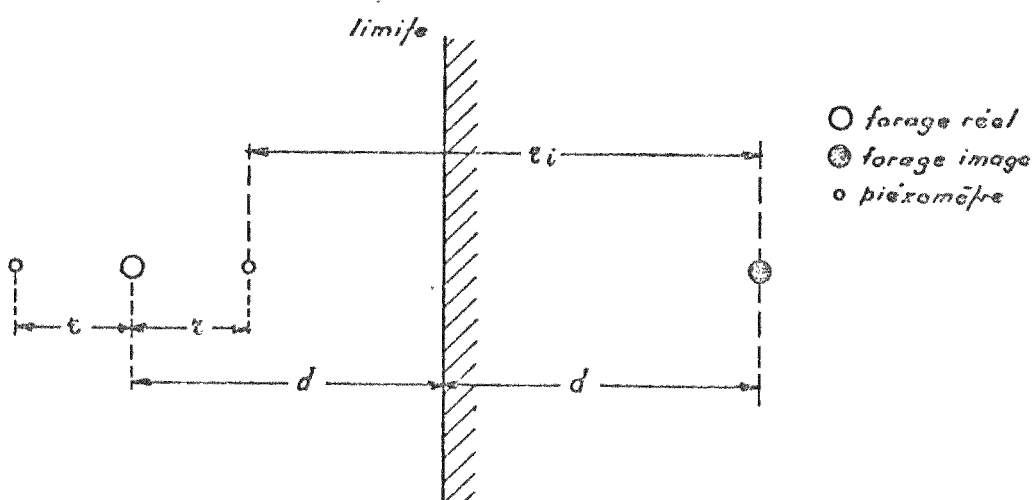


ILLUSTRATION DE LA THEORIE DES IMAGES

Dans certains cas on fait apparaître le paramètre t_0 , intersection de l'axe des temps et de la droite traduisant l'évolution des rabattements avant interférence de la limite, ce qui ramène aux relations suivantes :

$$d = \frac{r}{2} \left(\sqrt{\frac{t_i}{t_0}} - 1 \right) , \text{ pour un piézomètre situé, du côté opposé à la limite, sur l'axe passant par le forage et perpendiculaire à la limite.}$$

$$d = \frac{r}{2} \sqrt{\frac{t_i}{t_0} - 1} , \text{ pour un piézomètre situé sur l'axe passant par le forage et parallèle à la limite.}$$

Le tableau ci-dessous regroupe les valeurs numériques obtenues.

Station de pompage (indice SOLVAY)	66-3-90	59-4-90
Piézomètre	P2	P1
t_0 (s)	13	7
t_i (s)	600	300
d : distance calculée entre le piézomètre et la limite (m)	33,5	41,3
Distance réelle entre le piézomètre et la limite (m)	1	15