

Les effets liés à l'exploration et l'exploitation des ressources naturelles sur les nappes phréatiques aux Îles-de-la-Madeleine, notamment ceux liés à l'exploration et l'exploitation gazière

6210-10-001



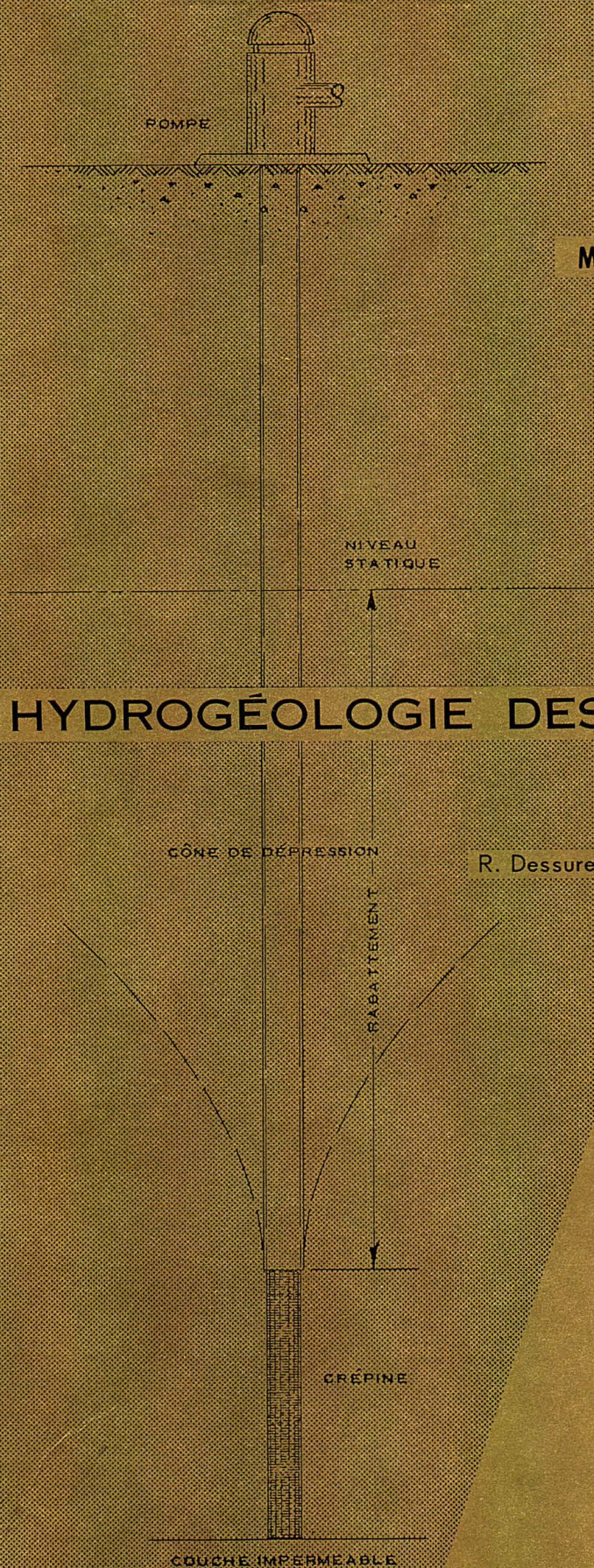
GOUVERNEMENT DU QUÉBEC

MINISTÈRE DES RICHESSES NATURELLES

HYDROGÉOLOGIE DES ÎLES DE LA MADELEINE

par

R. Dessureault et G. Simard



DIRECTION GÉNÉRALE DES MINES

SERVICE DE L'HYDROGÉOLOGIE



GOUVERNEMENT DU QUÉBEC

MINISTÈRE DES RICHESSES NATURELLES

DIRECTION GÉNÉRALE DES MINES

HYDROGÉOLOGIE DES ÎLES DE LA MADELEINE

par

R. Dessureault et G. Simard

SERVICE DE L'HYDROGÉOLOGIE

Ministère des Richesses naturelles du Québec
SERVICE DOCUMENTATION TECHNIQUE

QUÉBEC 1970

H.G.-1

TABLE DES MATIÈRES

PARTIE I — INVENTAIRE DES EAUX SOUTERRAINES

	PAGE
INTRODUCTION.....	1
Généralités.....	1
Situation, étendue et moyens d'accès.....	1
Travaux antérieurs.....	3
Méthode de travail.....	3
Remerciements.....	3
PHYSIOGRAPHIE.....	5
Topographie et drainage.....	5
Climat.....	5
GÉOLOGIE.....	7
HYDROGÉOLOGIE.....	7
Termes et concepts hydrogéologiques.....	7
Origine de l'eau souterraine.....	9
Potentialités aquifères des formations.....	11
Hydraulique des puits.....	15
Formule de Theis.....	15
Formule de Jacob.....	26
GÉOCHIMIE.....	30
Nitrates.....	30
Chlorures.....	30
Sulfates.....	30
Dureté.....	30
Résidus secs.....	33
Fer et manganèse.....	33
Concentration en ions hydrogène (pH).....	33
CONTACT EAU DOUCE — EAU SALÉE.....	33
Relation de Ghyben-Herzberg.....	33
Critères pour reconnaître l'invasion de l'eau de mer.....	34
HYDROGÉOLOGIE APPLIQUÉE.....	34
Havre-Aubert.....	34
Havre-aux-Maisons.....	36
Etang-du-Nord.....	39
Grande-Entrée.....	42
Ile-de-l'Entrée.....	42
CONCLUSION.....	42
BIBLIOGRAPHIE.....	45
APPENDICE A.....	47
Carottage des puits de pompage.....	47
Puits de Grande-Entrée No 1.....	47
Puits de Havre-Aubert No 2.....	47
Puits de Vigneau No 8.....	47
Puits Etang-du-Nord No 20.....	47
Puits Boisville No 25.....	47
Puits Havre-aux-Maisons "A".....	47
Puits Havre-aux-Maisons "B".....	47
APPENDICE B.....	48
Epreuve de pompage du puits Etang-du-Nord No 20.....	48
Rabattement.....	48
Remontée.....	49
APPENDICE C.....	84
Qualité chimique de l'eau.....	84
Normes chimiques et physiques pour déterminer la potabilité de l'eau.....	84

PARTIE II — LEVÉ SÉISMIQUE

INTRODUCTION.....	87
Procédé.....	87
Géologie.....	87
COMPARAISON DES SONDAGES.....	88
Analyse des résultats.....	89
Recommandations et conclusions.....	89

ILLUSTRATIONS

CARTES	PAGE
637-A Carte de localisation des îles de la Madeleine.....	2
637-B Géologie de l'archipel.....	6
637-C Île d'Amherst.....	35
637-D Île du Havre-aux-Maisons.....	37
637-E Île du Cap-aux-Meules.....	40
637-F Île Coffin.....	41
637-G Île de l'Entrée.....	43
637-H Havre-Aubert.....	86

FIGURES

1 — Variation mensuelle de la température.....	4
2 — Variation mensuelle des précipitations.....	4
3 — Courbe rabattement — temps (Theis), puits d'observation No 1 Etang-du-Nord.....	12
4 — Courbe rabattement — temps (Theis), puits d'observation No 2 Etang-du-Nord.....	13
5 — Courbe rabattement — temps (Theis), puits d'observation No 3 Etang-du-Nord.....	14
6 — Courbe remontée — temps (Theis), puits d'observation No 1 Etang-du-Nord.....	16
7 — Courbe remontée — temps (Theis), puits d'observation No 2 Etang-du-Nord.....	17
8 — Courbe remontée — temps (Theis), puits d'observation No 3 Etang-du-Nord.....	18
9 — Courbe rabattement — temps (Theis), puits d'observation No 1 Etang-du-Nord.....	19
10 — Courbe rabattement — temps (Jacob), puits d'observation No 2 Etang-du-Nord.....	20
11 — Courbe rabattement — temps (Jacob), puits d'observation No 3 Etang-du-Nord.....	21
12 — Courbe remontée — temps (Jacob), puits d'observation No 1 Etang-du-Nord.....	22
13 — Courbe remontée — temps (Jacob), puits d'observation No 2 Etang-du-Nord.....	23
14 — Courbe remontée — temps (Jacob), puits d'observation No 3 Etang-du-Nord.....	24
15 — Courbe rabattement — distance, puits d'observation No 1, 2, 3 Etang-du-Nord.....	25
16 — Croquis illustrant la relation de Ghyben-Herzberg.....	28
17 — Contact eau douce — eau salée dans une île dans l'océan sans pompage.....	29
18 — Contact eau douce — eau salée dans une île dans l'océan avec pompage.....	29
19 — Indices de salinité d'échantillons d'eau provenant d'une ligne de puits, du centre d'un aquifère à la côte californienne. Rapports chlorures — bicarbonates.....	31
20 — Indices de salinité des eaux de puits dans différentes municipalités des îles-de-la-Madeleine. Rapports chlorures — bicarbonates.....	32
21 — Courbe rabattement — temps (Theis), puits d'observation No 1 Havre-Aubert.....	50
22 — Courbe rabattement — temps (Jacob), puits d'observation No 1 Havre-Aubert.....	51
23 — Courbe rabattement — temps (Theis), puits d'observation No 2 Havre-Aubert.....	52
24 — Courbe rabattement — temps (Jacob), puits d'observation No 2 Havre-Aubert.....	53
25 — Courbe remontée — temps (Theis), puits d'observation No 1 Havre-Aubert.....	54
26 — Courbe remontée — temps (Jacob), puits d'observation No 1 Havre-Aubert.....	55
27 — Courbe remontée — temps (Theis), puits d'observation No 2 Havre-Aubert.....	56
28 — Courbe remontée — temps (Jacob), puits d'observation No 2 Havre-Aubert.....	57
29 — Courbe rabattement — temps (Theis), puits d'observation No 1 Vigneau.....	58
30 — Courbe rabattement — temps (Jacob), puits d'observation No 1 Vigneau.....	59
31 — Courbe rabattement — temps (Theis), puits d'observation No 2 Vigneau.....	60
32 — Courbe rabattement — temps (Jacob), puits d'observation No 2 Vigneau.....	61
33 — Courbe rabattement — temps (Theis), puits d'observation No 3 Vigneau.....	62
34 — Courbe rabattement — temps (Jacob), puits d'observation No 3 Vigneau.....	63
35 — Courbe remontée — temps (Theis), puits d'observation No 1 Vigneau.....	64
36 — Courbe remontée — temps (Jacob), puits d'observation No 1 Vigneau.....	65
37 — Courbe remontée — temps (Theis), puits d'observation No 2 Vigneau.....	66
38 — Courbe remontée — temps (Jacob), puits d'observation No 2 Vigneau.....	67
39 — Courbe remontée — temps (Theis), puits d'observation No 3 Vigneau.....	68
40 — Courbe remontée — temps (Jacob), puits d'observation No 3 Vigneau.....	69
41 — Courbe rabattement — temps (Theis), puits d'observation No 1 Havre-aux-Maisons (A).....	70
42 — Courbe rabattement — temps (Jacob), puits d'observation No 1 Havre-aux-Maisons (A).....	71
43 — Courbe rabattement — temps (Theis), puits d'observation No 2 Havre-aux-Maisons (A).....	72
44 — Courbe rabattement — temps (Jacob), puits d'observation No 2 Havre-aux-Maisons (A).....	73
45 — Courbe rabattement — temps (Theis), puits d'observation No 1 Havre-aux-Maisons (B).....	74
46 — Courbe rabattement — temps (Jacob), puits d'observation No 1 Havre-aux-Maisons (B).....	75
47 — Courbe remontée — temps (Theis), puits d'observation No 1 Havre-aux-Maisons (B).....	76
48 — Courbe remontée — temps (Jacob), puits d'observation No 1 Havre-aux-Maisons (B).....	77
49 — Courbe rabattement — temps (Theis), puits d'observation No 2 Grande-Entrée.....	78
50 — Courbe rabattement — temps (Jacob), puits d'observation No 2 Grande-Entrée.....	79
51 — Courbe remontée — temps (Theis), puits d'observation No 1 Grande-Entrée.....	80
52 — Courbe remontée — temps (Jacob), puits d'observation No 1 Grande-Entrée.....	81
53 — Courbe remontée — temps (Theis), puits d'observation No 2 Grande-Entrée.....	82
54 — Courbe remontée — temps (Jacob), puits d'observation No 2 Grande-Entrée.....	83

PLANCHES

PAGE

I	— a) Forage d'un puits dans le grès.....	8
	b) Descente d'un tubage de 8 pouces de diamètre.....	8
II	— a) Développement d'un puits par air comprimé.....	10
	b) Pompage d'un puits à un taux de 270 g.p.m.....	10
III	— a) Mesure du débit à l'aide d'un canal "Parshall".....	38
	b) Mesure du niveau de l'eau au moyen d'un limnimètre à plongeur.....	38

TABLEAUX

1	— Formations géologiques et leurs potentialités aquifères.....	11
2	— Rabattement en pieds dans les puits d'observation.....	27
3	— Qualités chimiques des eaux souterraines.....	85
4	— Classification des matériaux géologiques selon leurs vitesses sismiques.....	90

DIAGRAMMES

A	— Diagramme sismique — (Havre-Aubert).....	91
B	— Diagramme sismique — (Havre-Aubert).....	92
D	— Diagramme sismique — (Havre-Aubert).....	93
F	— Diagramme sismique — (Havre-Aubert).....	94
G	— Diagramme sismique — (Havre-Aubert).....	95

Avant-propos

Le service de l'Hydrogéologie, connu sous le nom de service des Eaux, Gaz et Pétrole jusqu'en 1967, fait partie des services géologiques du ministère des Richesses naturelles. Il a pour fonctions principales de faire l'inventaire des ressources en eaux souterraines du territoire et d'aider les municipalités, à faibles moyens financiers, à résoudre leurs problèmes d'approvisionnement en eau potable souterraine. Or on sait que la recherche efficace d'eau souterraine, comme le prouve d'ailleurs la présente étude, ne doit pas se limiter à des forages. Elle doit surtout s'appuyer sur les connaissances géologiques dont l'acquisition pour un endroit donné est grandement facilitée par des levés géophysiques de divers types.

Pour que les données obtenues au cours de ses travaux puissent servir à l'entreprise privée, intéressée à la recherche de l'eau souterraine ou à tout autre travail de génie civil, le service de l'Hydrogéologie lance une nouvelle série de publications avec ce premier rapport hydrogéologique.

La série ne s'adresse pas uniquement à des scientifiques mais aussi à des puisatiers, très compétents dans les techniques de forage; les auteurs se sont donc efforcés de simplifier leur texte et d'y inclure même des explications qui pourront paraître superflues aux spécialistes en ce domaine.

*Paul-E. Grenier,
directeur des Services géologiques*

PARTIE I

INVENTAIRE DES EAUX SOUTERRAINES

par

Raynald Dessureault

INTRODUCTION

GÉNÉRALITÉS

Une étude de la région des îles de la Madeleine nous révèle les faits suivants: les lacs et les rivières à fort débit sont inexistantes; les ruisseaux sont intermittents et pollués; les formations de grès de la région constituent de bons aquifères; les eaux souterraines sont les seules ressources exploitables en eau potable économiquement puisque le dessalement de l'eau de mer est impensable en raison de son coût prohibitif.

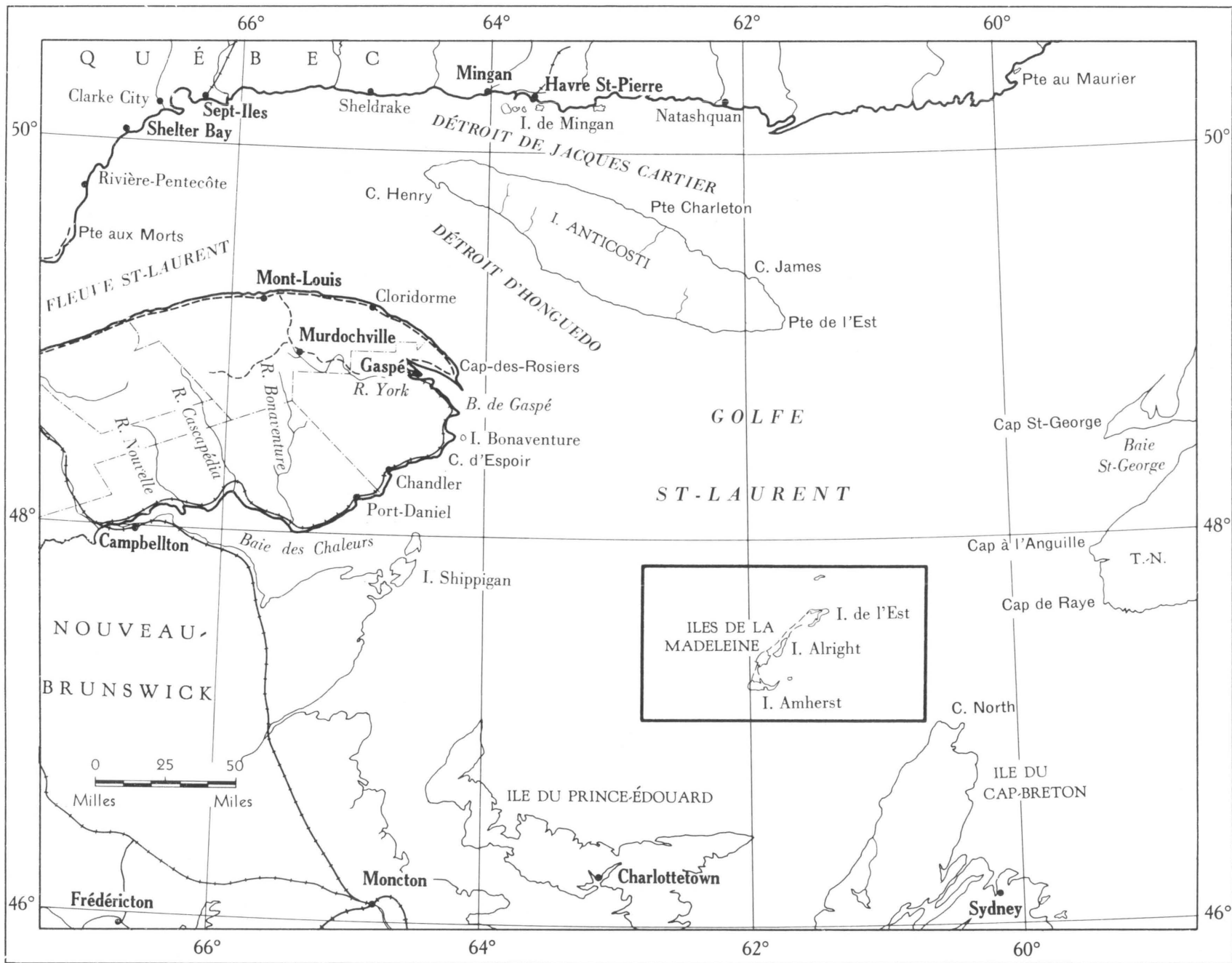
Il résulte de ces faits que le problème d'alimentation en eau est majeur aux îles-de-la-Madeleine. Une seule municipalité possède un service d'eau et d'égoût, les gens des autres centres étant desservis individuellement par des puits-citernes ou tubulaires dont plusieurs sont contaminés ou ne suffisent pas aux besoins d'une famille. La capacité des industries est aussi limitée à la quantité d'eau potable disponible.

Afin de trouver une solution à ce problème majeur, nous avons entrepris un inventaire des eaux souterraines afin de déterminer les potentialités aquifères des formations géologiques. Avant d'aborder une étude détaillée, nous avons commencé par des recherches locales. Celles-ci avaient pour but de trouver des solutions rapides aux besoins urgents qui se posaient pour Havre-Aubert, Havre-aux-Maisons, Grande-Entrée et Aurigny. Par la suite et dans le cadre de ces recherches, nous nous sommes acheminés vers une étude plus systématique afin d'établir un inventaire des eaux souterraines dans l'ensemble des îles. Nous donnons ici les résultats de cette étude faite en 1966 et 1967.

Les autorités de l'ARDA (Aménagement rural et développement agricole) étaient conscientes de la situation qui prévalait aux îles et c'est pour cette raison que notre étude a été faite dans les cadres du projet ARDA 765. Le coût des travaux fut donc entièrement défrayé par cet organisme.

SITUATION, ÉTENDUE ET MOYENS D'ACCÈS

L'archipel des îles de la Madeleine est situé dans le golfe Saint-Laurent à environ 600 milles au nord-est de Montréal. Il est compris entre les longitudes 61°08' et 62°13' et les latitudes nord 47°17' et 47°51'. Bien qu'il se trouve au centre des provinces maritimes, il se rattache au point de vue technique et politique à la province de Québec (carte 637-A).



Carte 637-A CARTE DE LOCALISATION DES ILES DE LA MADELEINE

Cet archipel s'étend sur environ 40 milles de longueur par quelques milles de largeur et couvre une superficie d'environ 150 milles carrés. Les principales îles habitées sont au nombre de sept et groupent une population d'environ 13,000 personnes. Les flèches de sable qui relient ces îles entre elles facilitent les moyens de communication terrestre.

On peut accéder aux îles soit par mer à partir de Charlottetown, Pictou et Souris, soit par air à partir de Gaspé, Moncton et Charlottetown.

TRAVAUX ANTÉRIEURS

R. Roy (1960) effectua un levé hydrogéologique à Cap-aux-Meules dans le but de trouver une source d'alimentation pour le service d'eau de Cap-aux-Meules. Au point de vue géologique, le rapport de R. Sanschagrin (1964) est le plus récent et le plus complet de sorte qu'il nous sert de base dans notre travail. G.-O. Villeneuve (1968) a publié un "Aperçu climatique des îles-de-la-Madeleine" qui, tel que mentionné par l'auteur, "présente aux chercheurs de toutes les disciplines qui étudient les îles de la Madeleine, un sommaire des données climatiques recueillies depuis plus de 65 ans, c'est-à-dire depuis 1901".

Pour les nombreuses autres publications de moindre importance pour l'hydrogéologue, nous référons le lecteur à Hamelin (1959) qui donne une liste bibliographique complète des travaux effectués aux îles.

MÉTHODE DE TRAVAIL

L'étude de la région nécessita 6 mois de travail sur le terrain au cours des étés de 1966 et de 1967. Pour déterminer l'emplacement des ouvrages, nous disposions de cartes topographiques 1:50,000; de la carte géologique 1482 du ministère des Richesses naturelles; d'une carte de cadastre à 1,000 pieds au pouce et de photographies aériennes à 1,320 pieds au pouce. La première étape des travaux comportait principalement une étude hydrogéologique de reconnaissance. Elle a consisté en un levé sismique, une campagne de forages, des analyses d'eau, une diagraphie électrique des trous de forage, un inventaire des puits existants, des creusages de puits d'essai et d'observation, ainsi que des épreuves de pompage sommaires. Les renseignements recueillis au cours de ces travaux nous ont permis de déterminer d'une façon qualitative les potentialités aquifères des différentes formations géologiques de la région. Au cours de la deuxième étape, nous avons déterminé les caractéristiques aquifères de ces formations en forant 7 puits de pompage d'essai de 8 pouces de diamètre et 21 puits d'observation de 4 pouces de diamètre. En incluant les sondages de la première étape, nous avons complété un total de 6,058 pieds de forage. Dans chacun des puits d'essai on a fait une épreuve de pompage d'une durée variant entre 60 et 105 heures. Au cours de ces essais, nous avons mesuré suivant un intervalle logarithmique les rabattements dans les puits d'observation.

Pour réaliser ces forages, nous disposions d'une sondeuse rotative Gardner-Denver Mayhew 1000 munie d'un compresseur de 567 pieds cubes par minute pour le développement des puits et d'un carottier électrique pouvant mesurer la résistivité, la polarisation spontanée et la radio-activité du matériau meuble et du roc. L'équipement de pompage comprenait une pompe électrique de 30 g.p.m. (gallons à la minute), deux pompes à turbine de 85 et 400 g.p.m. et un moteur stationnaire de 50 H.P. Pour mesurer les débits nous disposions d'un compteur Trident, de contenants calibrés et d'un canal Parshall, tandis que pour mesurer les niveaux d'eau nous utilisions, dépendant de la profondeur, soit un galon et de la craie, soit un limnimètre à plongeur ou à flotteur. Le levé sismique fut effectué avec un séismographe FS — 3 et les analyses chimiques de l'eau furent faites sur le terrain à l'aide d'une trousse d'analyse.

REMERCIEMENTS

Toute notre gratitude va à tout le personnel du service de l'Hydrogéologie pour son aide et ses nombreuses suggestions constructives.

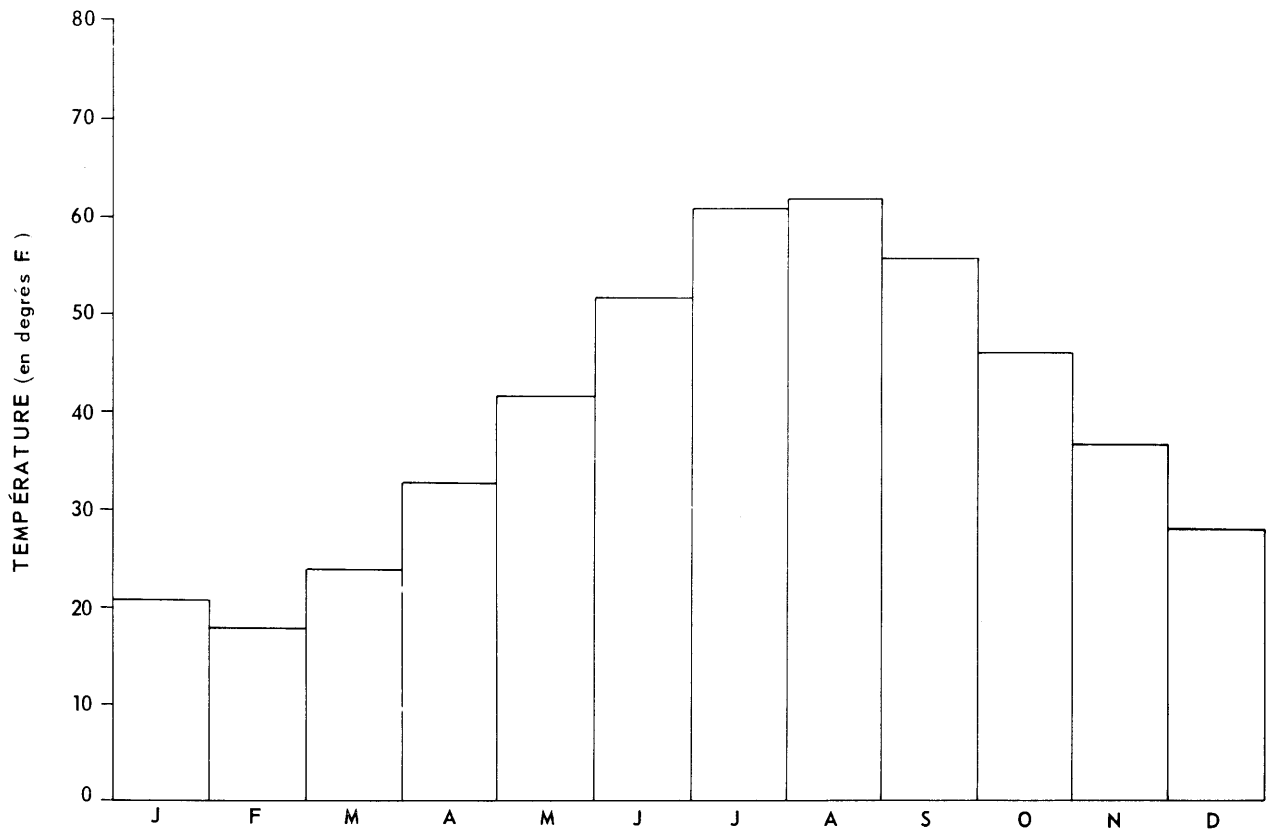


Figure 1 VARIATION MENSUELLE DE LA TEMPERATURE

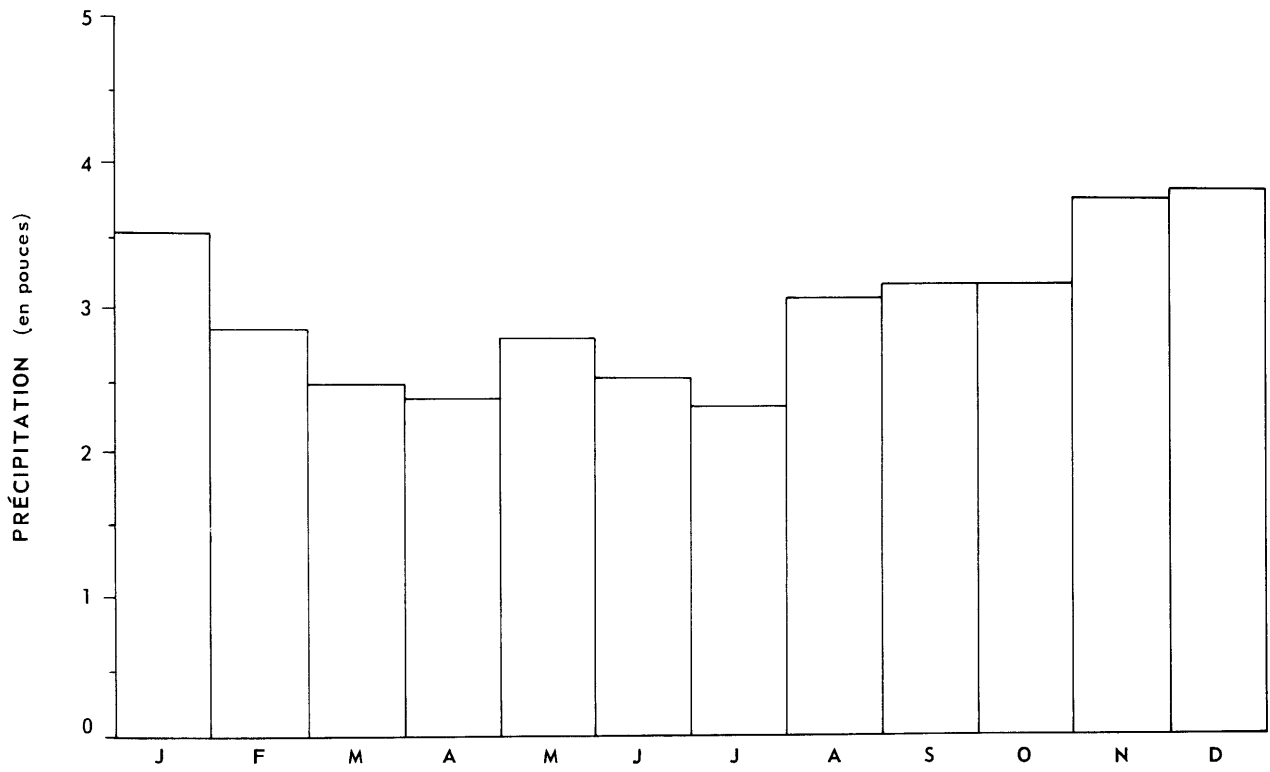


Figure 2 VARIATION MENSUELLE DES PRECIPITATIONS

Au cours de nos travaux, nous avons reçu une aide efficace de Frédérick Scallen, responsable des forages et des pompages. Il fut assisté en 1966, de John Wilkinson, P.-E. Jobin, Alexandre Tremblay, Robert Renaud, Gérard Verdier et, en 1967, de Marius Moore, Armand Bouchard, Samuel Boudreau, Laurent Hébert, Louis Cormier et Gilbert Cormier.

Soulignons aussi la coopération de Georges Simard, ingénieur du ministère, qui a conduit un levé sismique sur l'île du Havre-Aubert, en plus de faire l'interprétation des résultats, (dans ce même ouvrage, 2ème partie).

Nous sommes également reconnaissants à John Jones, chef du Ground Water Section du ministère des Mines de la Nouvelle-Ecosse, pour avoir mis à notre disposition, en 1966, deux de ses foreurs expérimentés, M. Fisher et J.-B. MacNeil, de nous avoir dépannés à l'occasion en nous envoyant rapidement des pièces d'équipement de forage.

Nous adressons de plus nos remerciements à R. M. Brown de l'Energie atomique du Canada pour la détermination de l'âge des eaux souterraines à l'aide de leur contenu en tritium et deutérium.

PHYSIOGRAPHIE

TOPOGRAPHIE ET DRAINAGE

Au point de vue topographique, on note sur les principales îles la présence d'un noyau central formé de multiples collines arrondies dont l'élévation maximale atteint 559 pieds au-dessus du niveau de la mer. Autour de ce noyau central les basses terres s'élèvent entre 10 et 150 pieds au-dessus du niveau de la mer. La topographie des basses terres est marquée de plusieurs ravins creusés par les ruisseaux dans le grès friable et de dépressions coniques (sinkholes) formées par la dissolution du gypse. Plusieurs de ces dépressions sont remplies d'eau et forment de petits lacs. Au point de vue hydrogéologique, cette topographie en forme d'entonnoir reflète l'imperméabilité du sous-sol et aux endroits où on remarque cette topographie existent des problèmes très aigus d'alimentation en eau.

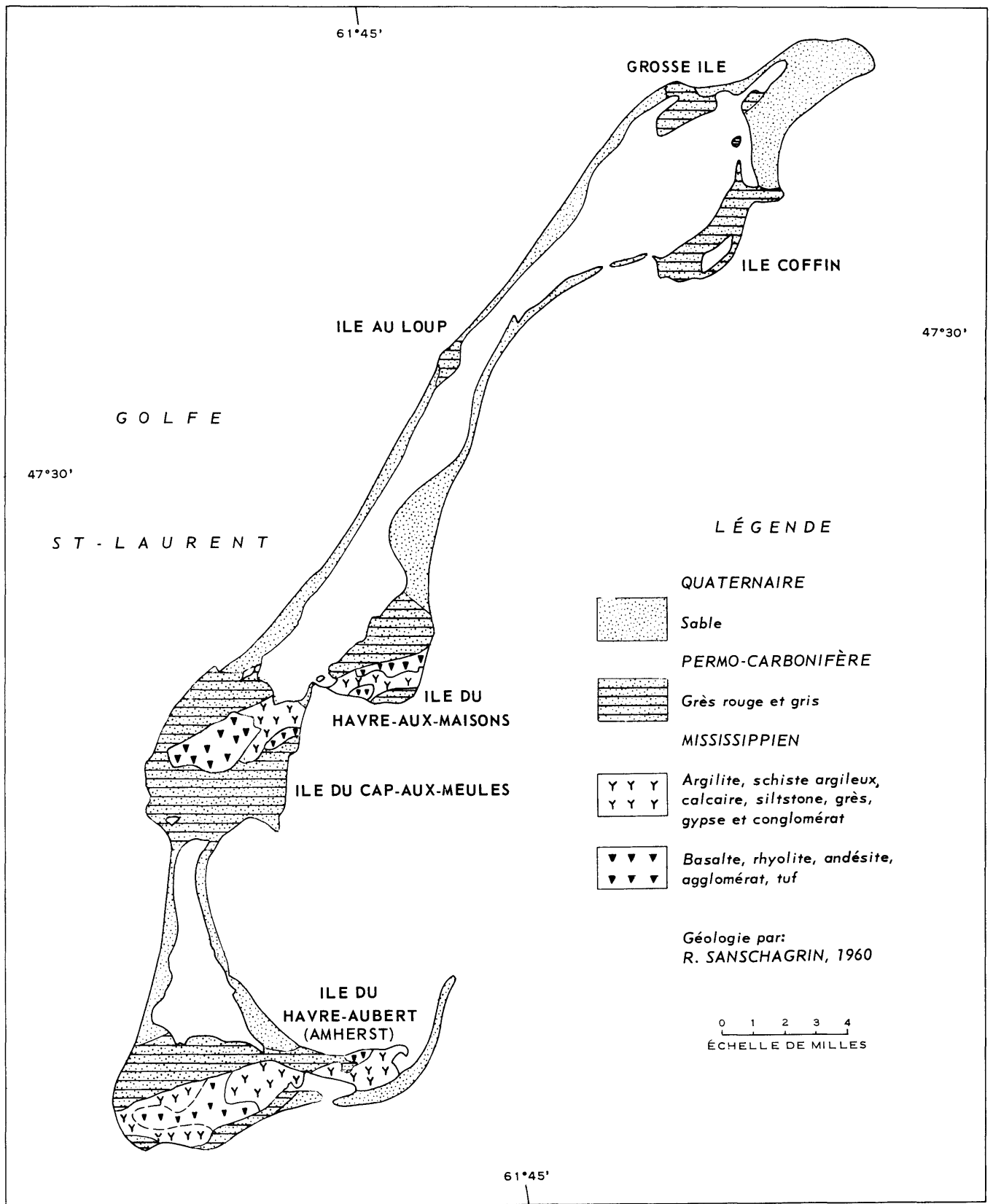
Les dunes formées sur les flèches de sable ont une altitude maximale de 125 pieds et s'élèvent en moyenne à environ 30 pieds.

Le drainage dans chacune des îles est de forme radiale et est constitué de petits ruisseaux qui prennent naissance sur les flancs du noyau central pour se déverser dans la mer. La plupart de ces ruisseaux sont intermittents. Dans la partie des basses terres leur gradient hydraulique est d'environ 50 pieds par mille.

CLIMAT

Le climat des îles de la Madeleine est qualifié de maritime en raison de ses températures plus élevées en hiver et plus basses en été que celles enregistrées sur un territoire continental de même latitude*. La température (Fig. 1) varie en moyenne entre 18° F., en février et 62° F. en août, ce qui donne une amplitude moyenne annuelle de 44° F.; l'amplitude absolue de température est de 101° F. et la période continue sans gel est de 163 jours. La précipitation (Fig. 2) moyenne annuelle atteint 35.58 pouces, dont le quart provient des chutes de neige. Le vent souffle régulièrement à des vitesses allant de 18 à 25 milles à l'heure, mais il atteint parfois 90 milles à l'heure, au cours de la saison froide. L'évaporation mesurée à l'aide du bac d'évaporation Wright pendant les saisons d'été 1962, 1963, 1964 et 1965 varie mensuellement de 523 U.L. à 976 U.L. (unités Livingston). L'évaporation potentielle calculée par la méthode de Thorntwate est de 20 pouces par année.

* Les données sur le climat ont été tirées de "l'Aperçu climatique des îles-de-la-Madeleine", par G.-O. Villeneuve, bulletin M-21, ministère des Richesses naturelles, Québec 1967.



M.R.N.Q. H-637 1969

Carte 637-B GÉOLOGIE DE L'ARCHIPEL DES ILES DE LA MADELEINE

GÉOLOGIE

Comme les conditions géologiques sont des facteurs déterminants dans une étude des ressources en eau souterraine, la connaissance de la nature et de l'étendue des matériaux meubles et consolidés de la région devient essentiel.

Le sable des dunes, principale formation non consolidée des îles, est presque entièrement constitué de quartz. Il est propre et uniforme, mais sa proximité avec la mer exclut la possibilité d'y forer des puits pouvant fournir de l'eau douce en quantité. Les forages et le levé sismique effectués sur une partie des basses terres des îles ont révélé une épaisseur de quelques pieds de sable rouge, de silt et de roc trituré sus-jacents au socle rocheux. (Carte 637-B).

En ce qui concerne les formations consolidées, les îles de la Madeleine se rattachent aux Appalaches qui s'étendent jusqu'au Nouveau-Brunswick et à l'Île-du-Prince-Édouard*. On y trouve des roches sédimentaires et volcaniques affleurant au centre des îles et formant les collines les plus élevées de la région. Elles sont constituées principalement de basalte, de tuf et d'agglomérat en stratification qui alterne avec des lits de conglomérat, de grès à grain fin, de siltstone, de calcaire, d'argilite, de schiste argileux et de gypse. En discordance avec ces roches, on trouve les grès gris et rouge de la formation de Cap-aux-Meules. Le grès rouge, beaucoup plus abondant que le grès gris, est à grain fin, à stratification entrecroisée, peu consolidé et à pénétration rapide lors des forages. Il est généralement nécessaire de tuber les puits forés dans cette formation pour éviter les effondrements. Le grès rouge affleure sur une sorte de plateau ondulé qui s'élève de 10 à 150 pieds au-dessus du niveau de la mer. Le grès gris et gris verdâtre est cimenté de calcaire et par conséquent mieux consolidé et moins altéré que le grès rouge; il se fore aussi plus difficilement.

Au point de vue structural, mentionnons les deux anticlinaux principaux: l'un sur l'île du Havre-Aubert de direction est-ouest et l'autre sur l'île du Cap-aux-Meules et du Havre-aux-Maisons de direction N 80° E.

HYDROGÉOLOGIE

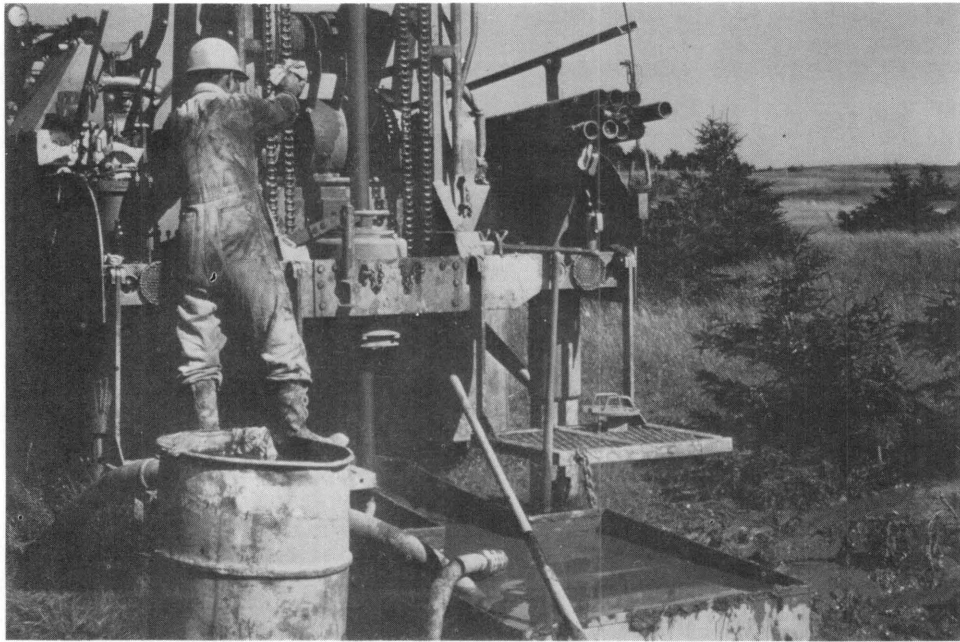
TERMES ET CONCEPTS HYDROGÉOLOGIQUES

Une formation géologique, un groupe de formations ou une partie de formation qui est saturée et suffisamment perméable pour transmettre de l'eau en quantité appréciable est connue sous le nom d'*aquifère* ou de *formation aquifère*. La *perméabilité* d'une formation aquifère est fonction de la grosseur, de l'uniformité et de l'arrangement des grains et du degré de communication entre les pores (perméabilité d'interstices). Les formations de gravier, de sable, de grès ou les mélanges de sable et gravier constituent les formations aquifères les plus répandues.

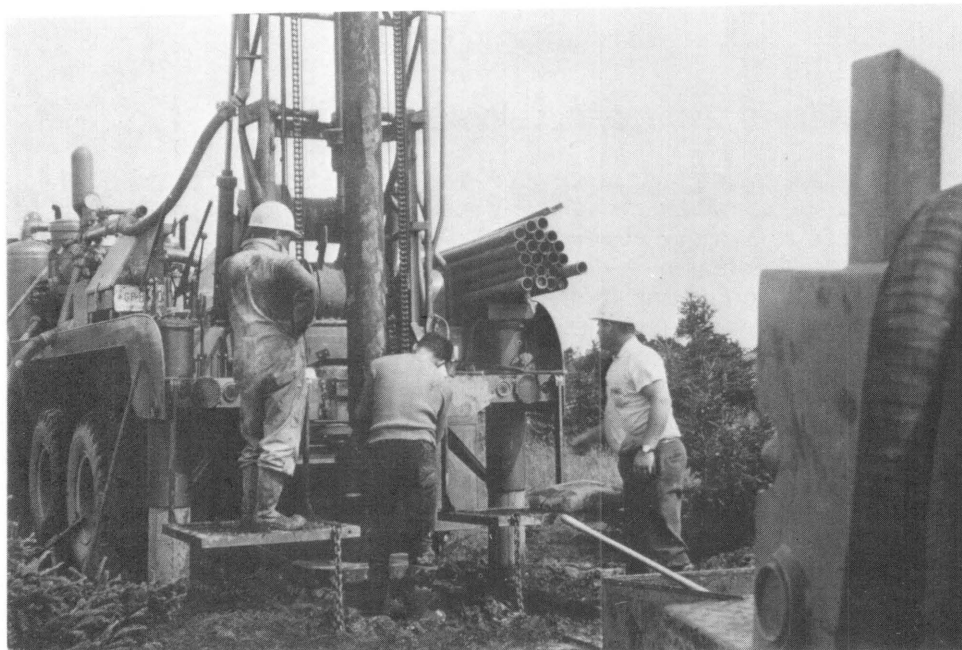
Une formation géologique qui n'est pas assez perméable pour transmettre de l'eau est connue sous le nom d'*aquiclude*. Cette imperméabilité relative est due à l'attraction moléculaire dans les interstices et au manque de communication entre les pores. Les formations d'argile et de schiste argileux sont les aquicludes les plus connus.

* Les îles-de-la-Madeleine. Rapport géologique 106 par Robert Sanschagrin, ministère des Richesses naturelles, Québec, 1964.

PLANCHE I



A—Forage d'un puits dans le grès



B—Descente d'un tubage de 8 pouces de diamètre

L'eau souterraine existe dans des conditions de *nappe libre* lorsque celle-ci n'est pas surmontée d'un toit imperméable. A ce moment la pression à la surface de la nappe est égale à la pression atmosphérique. Une *nappe captive* est celle qui est surmontée d'un toit imperméable. L'eau se trouve alors à une pression supérieure à la pression atmosphérique. Ainsi, si un forage traverse ce toit imperméable jusqu'à la formation aquifère, l'eau remontera dans le forage plus haut que la surface de l'aquifère; on dira alors qu'existent, des *conditions artésiennes*.

Une addition d'eau à un aquifère est appelée réalimentation ou *frontière positive*. Une formation aquifère peut être réalimentée par la pluie, un ruisseau, un lac ou tout autre réservoir de surface.

Une perte d'eau d'un aquifère est appelée décharge ou *frontière négative*. L'eau peut être déchargée d'un aquifère par une source, un lac, un ruisseau ou tout autre réservoir de surface. Des puits pompés ou des puits jaillissants sont aussi des décharges, de même qu'un aquiclude adjacent à une formation aquifère est une frontière négative qui peut donner l'effet d'une décharge.

ORIGINE DE L'EAU SOUTERRAINE

Il est logique de supposer que l'eau contenue dans les formations aquifères au moment de leur submergence, due à la dernière glaciation, était salée. Par suite du soulèvement continental, l'eau de précipitation a lentement remplacé l'eau salée dans les couches supérieures pour former un réservoir d'eau douce au-dessus de l'eau salée. Aux îles de la Madeleine, des forages de 250 pieds de profondeur à moins de 1,000 pieds de la mer n'ont traversé que des zones d'eau douce. Il semble donc que la migration de l'eau fut assez rapide, pour que l'eau douce soit actuellement en équilibre au-dessus de l'eau salée. D'après les analyses chimiques (Appendice C), nous n'avons pas décelé d'eau fossile dans la région et il semble que l'eau soit relativement jeune. Des déterminations d'âge de l'eau, à l'aide du contenu de tritium, nous ont donné plus de certitude à ce sujet. Voici d'ailleurs les résultats d'analyses d'échantillons prélevés dans trois puits à des intervalles de 25 pieds de profondeur.

	HAVRE-AUX-MAISONS					VIGNEAU				FATIMA		
Profondeur en pieds	25	50	75	150	225	50	75	125	225	25	50	75
Concentration en T.U.*	281	245	300	310	287	169.0	140.0	85.6	71.9	148	142	114

* T.U. (unité de tritium) = 1 atome de tritium / 10¹⁸ atomes d'hydrogène.

Ces résultats démontrent de façon positive que l'eau souterraine dans la région des îles est une eau de précipitation qui serait tombée au cours des 15 dernières années puisque la précipitation d'avant 1954 avait une concentration en tritium inférieure à 5 T.U. Les concentrations observées correspondraient aux années de précipitation suivantes;

Havre-aux-Maisons (300 T.U.) = 1958 — 59 ou 1958 — 1962

Fatima (150 T.U.) = 1956 — 58 ou 1959 — 61 ou 1962

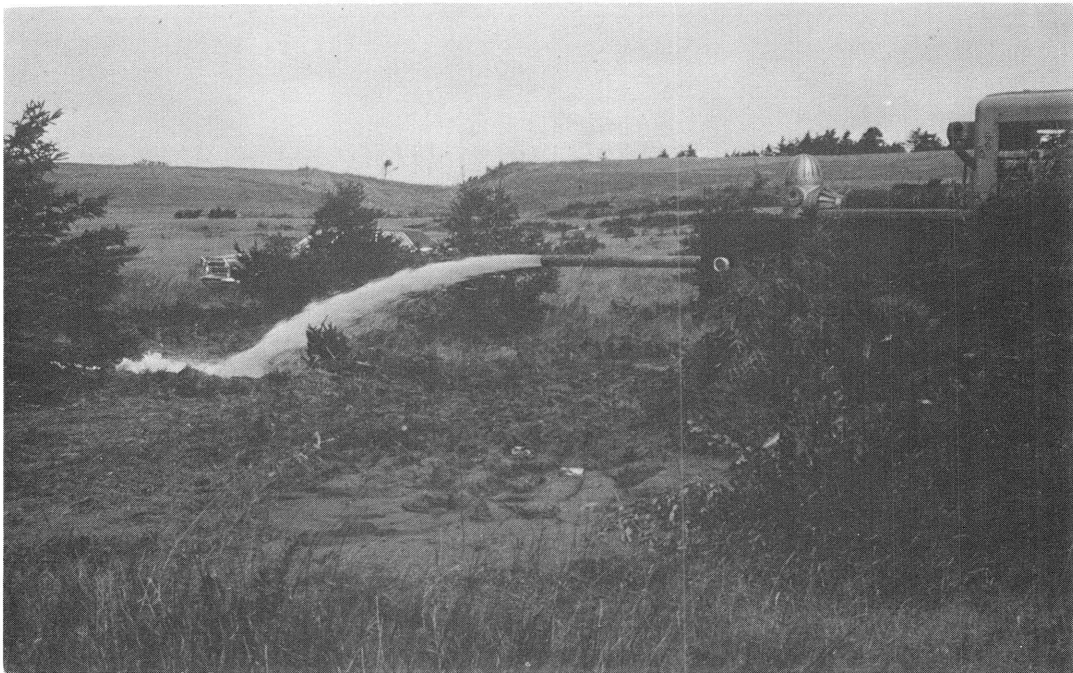
Vigneau (80 T.U.) = 1953 — 58 ou 1960

Nous devons toutefois noter que l'on pourrait également obtenir un plus grand intervalle d'années de précipitation, avec un mélange composé d'une faible quantité d'eau, tombée après 1961 et d'une grande quantité d'eau, beaucoup plus âgée. Un cas extrême

PLANCHE II



A—Développement d'un puits par air comprimé



B—Pompage d'un puits à un taux de 270 g.p.m.

serait un mélange qui contiendrait 10p.100 d'eau de précipitation de 1963 (année où la concentration en tritium est la plus élevée) et 90p.100 d'eau de précipitation d'avant 1954, ce qui donnerait une concentration de l'ordre de 200 T.U.

On peut également remarquer que l'âge de l'eau augmente avec la profondeur dans les puits de Vigneau et Fatima. Pour ce qui est du puits de Havre-aux-Maisons, il est impossible d'établir une corrélation avec la profondeur puisque les échantillons prélevés ne sont pas représentatifs des profondeurs indiquées. Les concentrations en tritium et deutérium indiquent également une faible contribution possible d'eau de mer. Cette dernière a un contenu en deutérium de 155 mg/1, tandis que l'eau douce de surface contient de 147 à 149 mg/1; tout comme l'eau souterraine des îles qui a une concentration en deutérium de 147 mg/1. D'après Brown (1967) le tritium de l'eau de mer dans la région des îles a graduellement augmenté de 3 à 4 T.U. en 1953 pour atteindre environ 50 T.U. actuellement.

POTENTIALITÉS AQUIFÈRES DES FORMATIONS

La quantité et la qualité des eaux souterraines varient d'une façon assez remarquable avec la nature des formations. C'est pour cette raison que nous avons groupé dans un tableau les variations de débit et de perméabilité en regard de chacune des formations géologiques de la région. Les roches volcaniques fournissent généralement des débits inférieurs à 10 g.p.m. Nous devons cependant ajouter que les puits tubulaires aménagés dans cette formation sont peu nombreux à cause du coût de creusage et du faible pourcentage de la population qui habite ces secteurs. Notons que dans d'autres pays, des formations basaltiques fournissent des débits très élevés.

Les roches sédimentaires de la formation de Havre-aux-Maisons ont également une faible perméabilité; les puits forés dans cette formation fournissent des débits de l'ordre de 2 à 20 g.p.m.

TABLEAU 1
FORMATIONS GÉOLOGIQUES ET LEURS POTENTIALITÉS AQUIFÈRES

CENOZOÏQUE	QUATÉRNAIRE	PLEISTOCÈNE	GROUPE	FORMATION	ÉPAISSEUR EN PIEDS	LITHOLOGIE	PERMEABILITÉ	DEBIT EN G.P.M.
								50+
					0 à 10	sable argileux et roc trituré	faible	jusqu'à 10
PALEOZOÏQUE	PERMO-CARBONIFÈRE		Canso	Cap-aux-Meules	250+	grès rouge et gris-vert	élevée	jusqu'à 300
			MISSISSIPIEN	Windsor	Havre-aux-Maisons	400+	argilite, schiste argileux, siltstone, grès et gypse	faible
								basalte, tuf et agglomérat

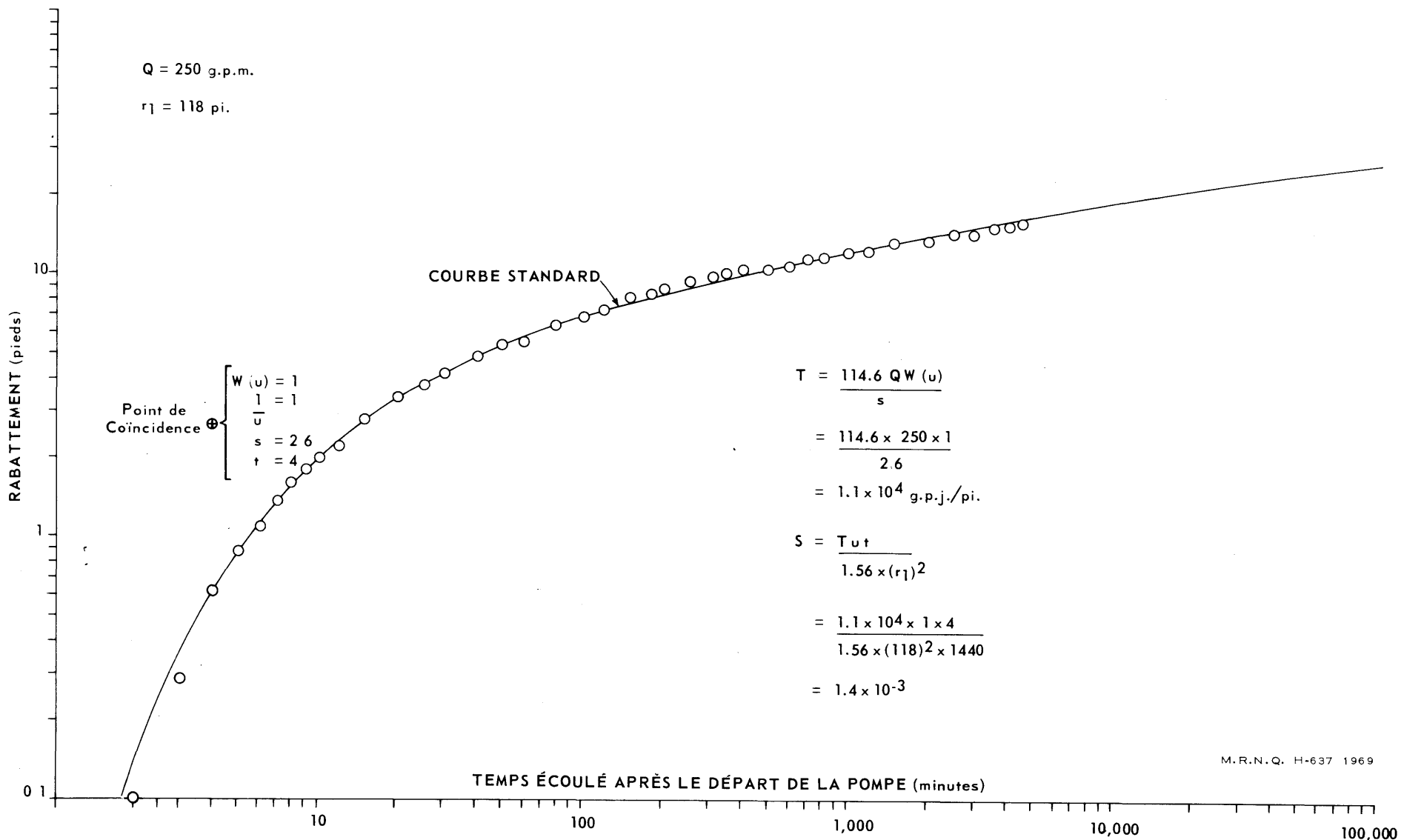


Figure 3 COURBE RABATTEMENT-TEMPS (THEIS), PUIS D'OBSERVATION No 1 ÉTANG-DU-NORD

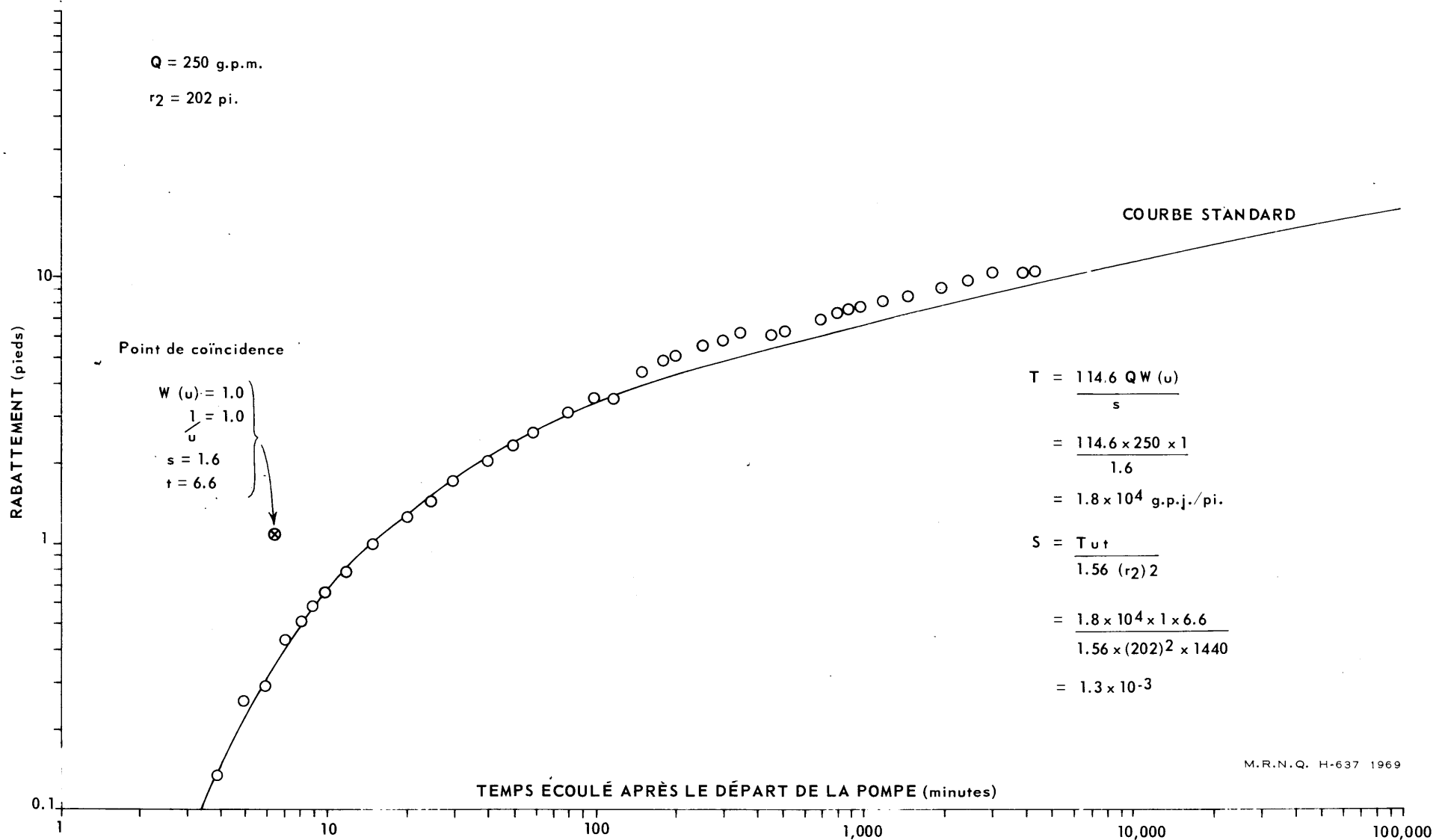


Figure 4 COURBE RABATTEMENT-TEMPS (THEIS), PUIITS D'OBSERVATION No 2 ÉTANG-DU-NORD

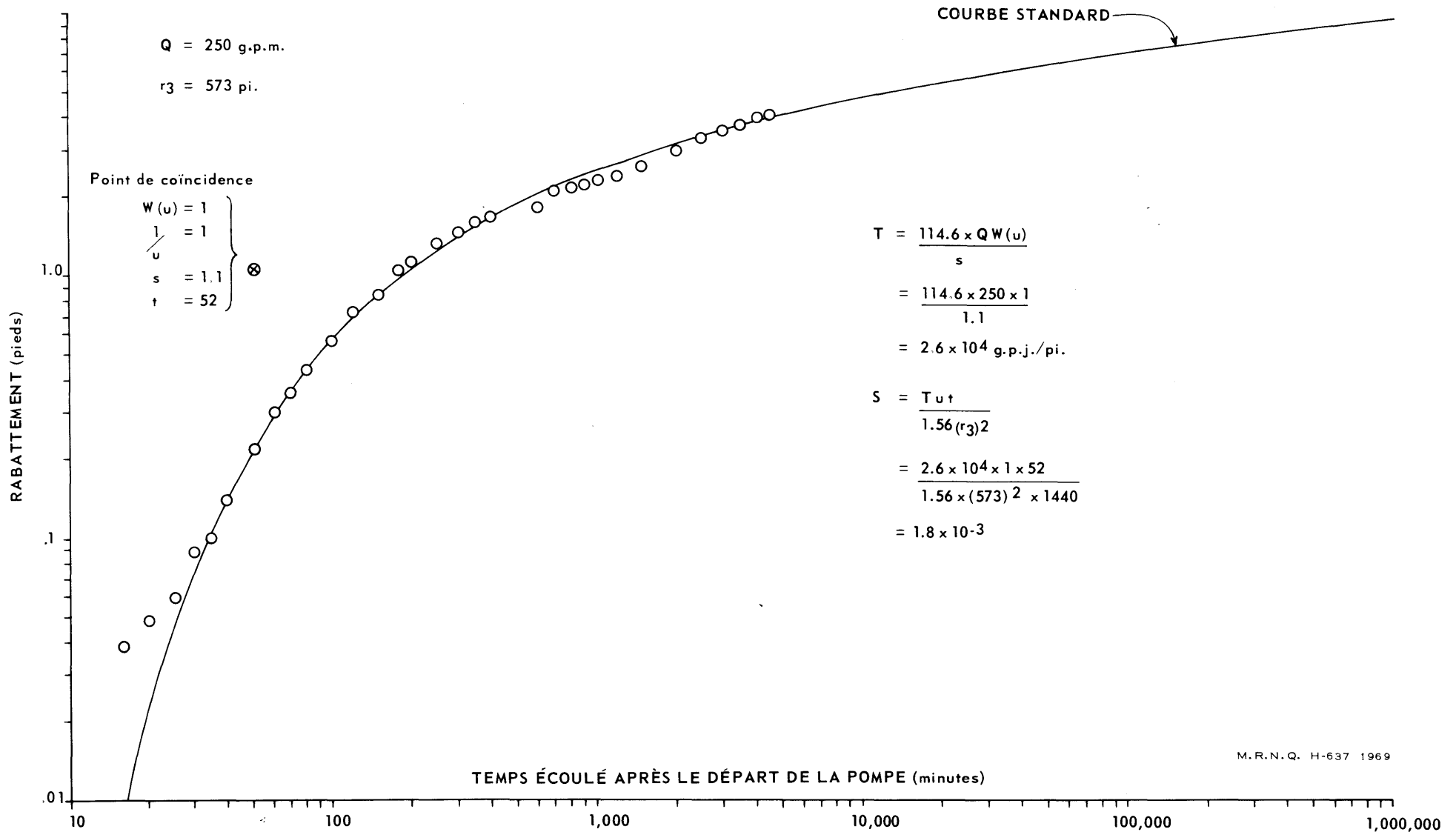


Figure 5 COURBE RABATTEMENT-TEMPS (THEIS), PUIS D'OBSERVATION No 3 ÉTANG-DU-NORD

Par contre, la formation de Cap-aux-Meules, constituée de grès rouge et gris-vert, présente de meilleures possibilités. C'est pour cette raison et aussi parce que cette formation est la plus étendue des îles que nous y avons surtout concentré nos travaux. Des épreuves de pompage ont révélé que cette formation peut fournir des débits de l'ordre de 50 à 300 g.p.m. D'ailleurs le service d'eau municipal de Cap-aux-Meules est alimenté dans cette formation, par deux puits d'une capacité individuelle de 200 g.p.m.

HYDRAULIQUE DES PUIITS

La vitesse d'écoulement de l'eau dans la roche est fonction de la grosseur, de l'uniformité et de l'arrangement des grains et du degré de communication entre les pores. Comme il n'est pas possible d'appliquer les équations de l'hydrodynamique classique à chaque interstices, l'étude de l'écoulement de l'eau ne peut se faire qu'à l'échelle macroscopique. Les perméabilités ainsi obtenues sont la somme des perméabilités de chacun des interstices. Les épreuves de pompage que nous avons effectuées aux endroits qui nous semblaient les plus favorables avaient pour but de déterminer sur place les coefficients d'emmagasinement (porosités efficaces) et les transmissivités (vitesses d'écoulement) des formations étudiées.

Au total, 6 épreuves de pompage de longue durée (60 à 105 heures) furent effectuées, dont 5 dans la formation de Cap-aux-Meules et une dans la formation de Havre-aux-Maisons. Lors de ces épreuves de pompage, le débit est maintenu constant durant toute la durée du pompage. Le débit, d'une épreuve de pompage donnée, est déterminé à l'avance lors d'un pompage préliminaire. Ce débit est également vérifié régulièrement au cours de l'essai à l'aide d'un canal Parshall. Durant le pompage de longue durée, des lectures de rabattement (abaissement du niveau d'eau) sont prises dans des puits d'observation suivant un cycle logarithmique, c'est-à-dire à toutes les minutes pendant les dix premières, puis à intervalles plus longs, allant de 2 à 500 minutes (Appendice B). Ces lectures furent effectuées à l'aide d'un galon et de craie, ou d'un limnimètre à flotteur ou à plongeur. Des observations de la remontée sont aussi faites, après l'arrêt de la pompe, aux mêmes intervalles de temps et pendant une période égale à la durée du pompage. Après un essai de pompage, nous avons donc les données nécessaires pour appliquer la méthode de non-équilibre de Theis et la méthode simplifiée de Jacob afin de déterminer la transmissivité et le coefficient d'emmagasinement des aquifères. Nous donnerons ici un exemple d'application de ces deux méthodes pour l'essai de pompage effectué à l'Étang-du-Nord. Les résultats des autres essais sont donnés à l'appendice B.

FORMULE DE THEIS

La formule de Theis se trouve dans la plupart des volumes d'hydrogéologie. Dans sa forme la plus simple elle peut s'exprimer ainsi:

$$T = \frac{114.6 Q W(u)}{s} \dots \dots \dots (1)$$

ou

- T = coefficient de transmissivité de la formation en gallon par jour par pied. Dans ce rapport on utilise le gallon impérial.
- Q = débit en g.p.m. (gallon à la minute)
- s = rabattement en pieds

W(u) est une fonction de u et exprime l'intégrale exponentielle suivante:

$$W(u) = \int_0^{\infty} \frac{e^{-u}}{1.56 r^2 S} \frac{e^{-u}}{u} du = 0.5772 - \log_e u + u - \frac{u^2}{2 \cdot 2!} + \frac{u^3}{3 \cdot 3!} \dots \dots (2)$$

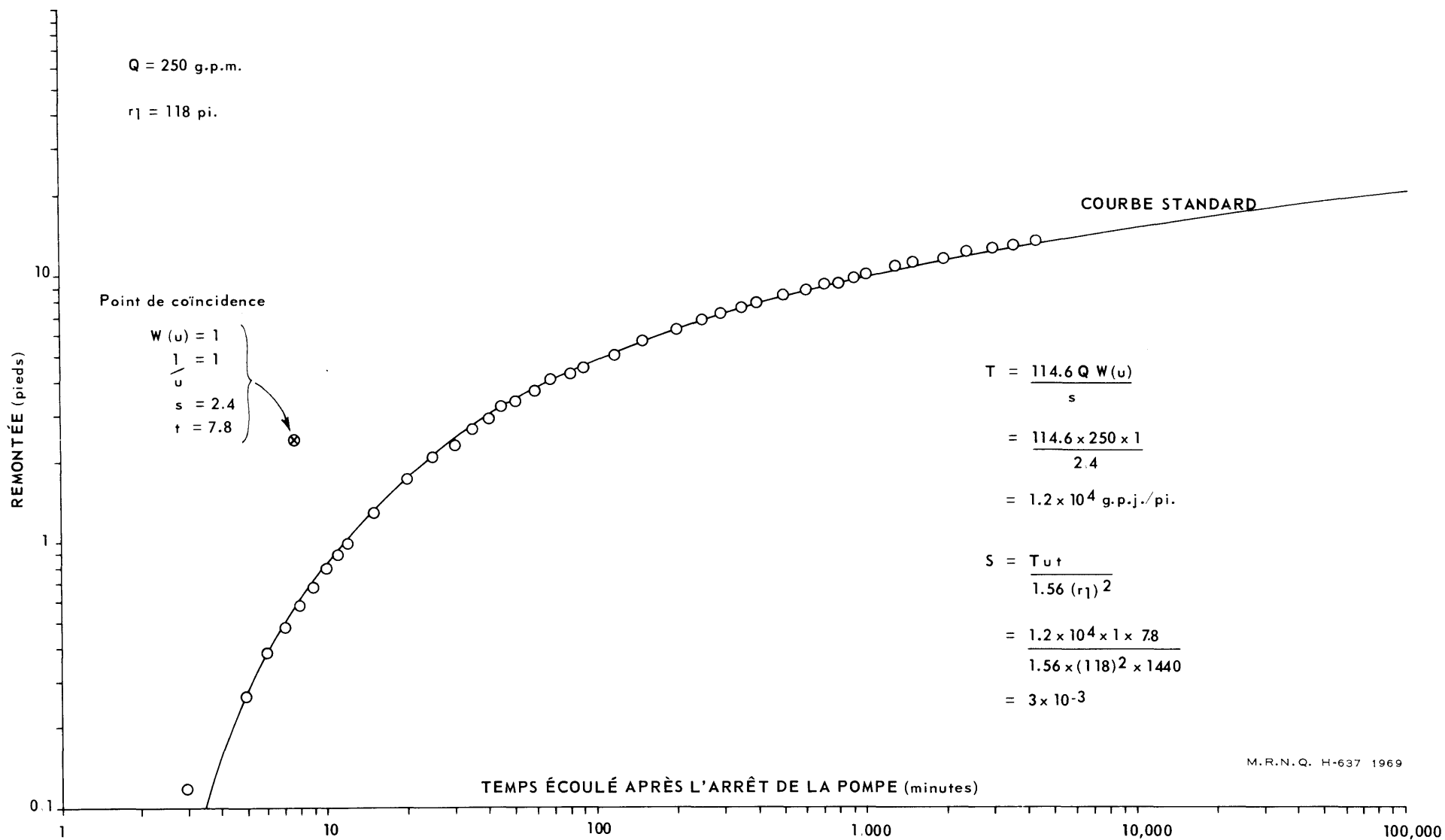
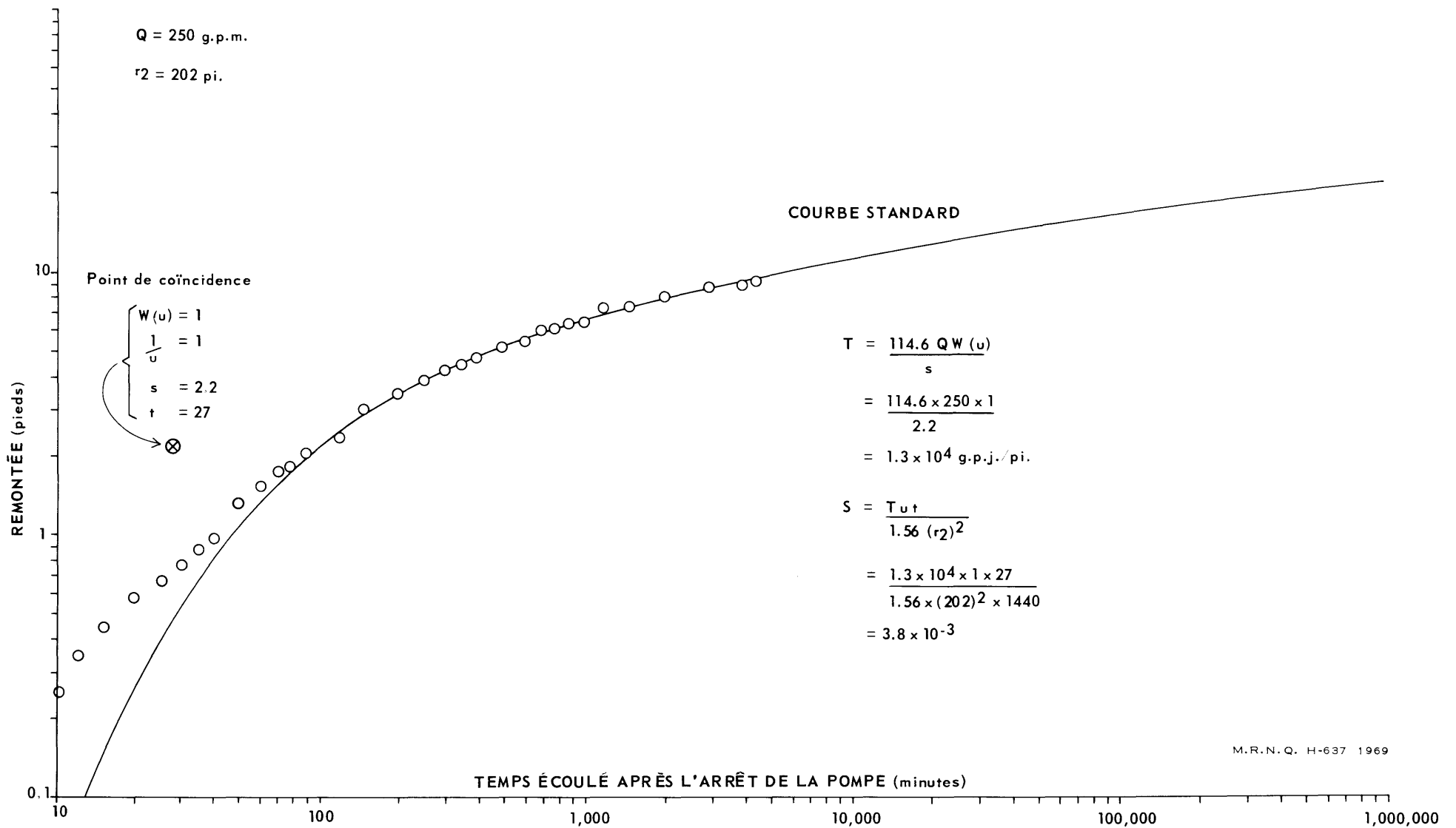


Figure 6 COURBE REMONTÉE-TEMPS (THEIS), PUIS D'OBSERVATION No 1 ÉTANG-DU-NORD



M.R.N.Q. H-637 1969

Figure 7 COURBE REMONTÉE-TEMPS (THEIS), PUIS D'OBSERVATION No 2 ÉTANG-DU-NORD

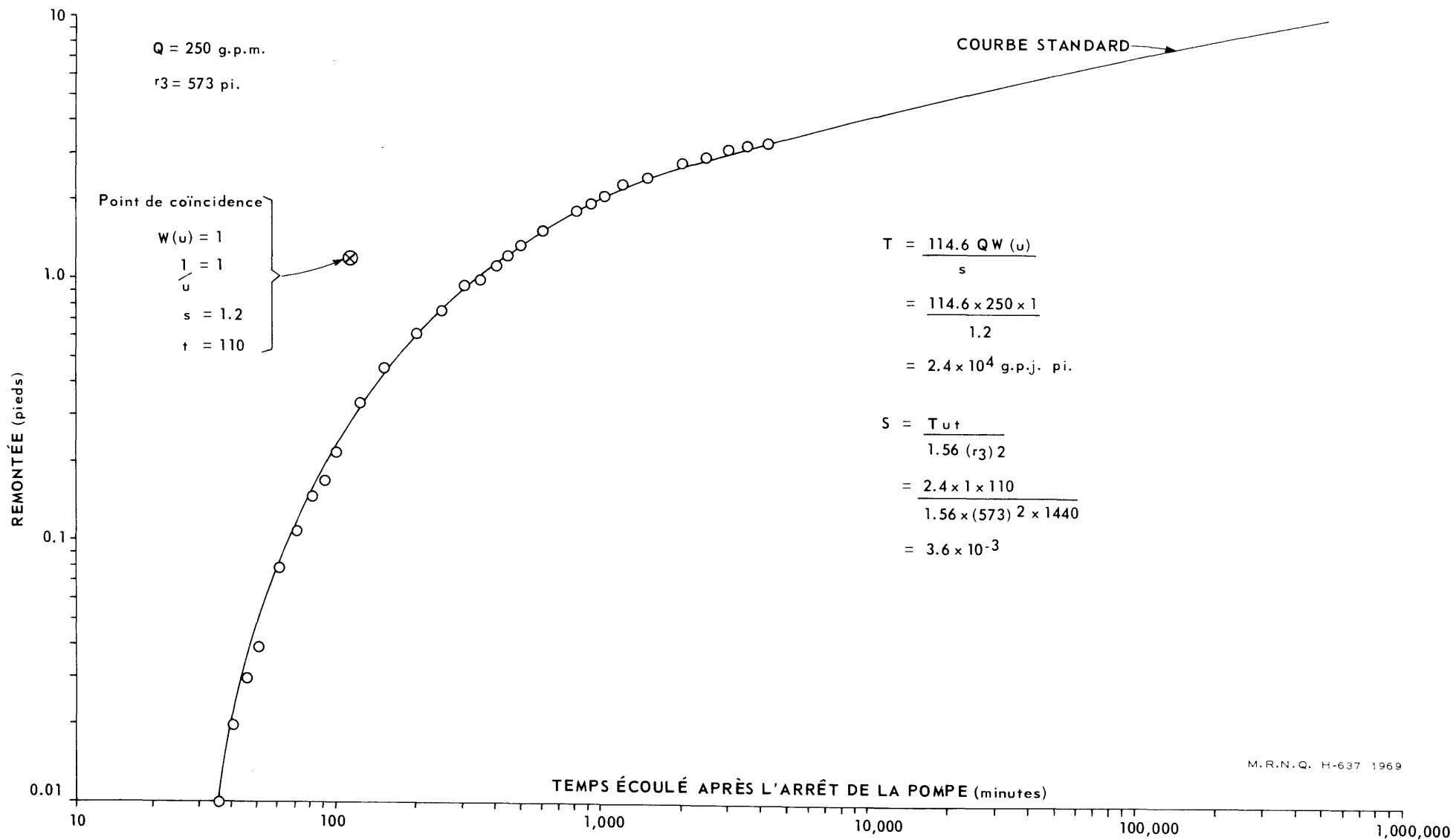


Figure 8 COURBE REMONTÉE-TEMPS (THEIS), PUIS D'OBSERVATION N° 3 ÉTANG-DU-NORD

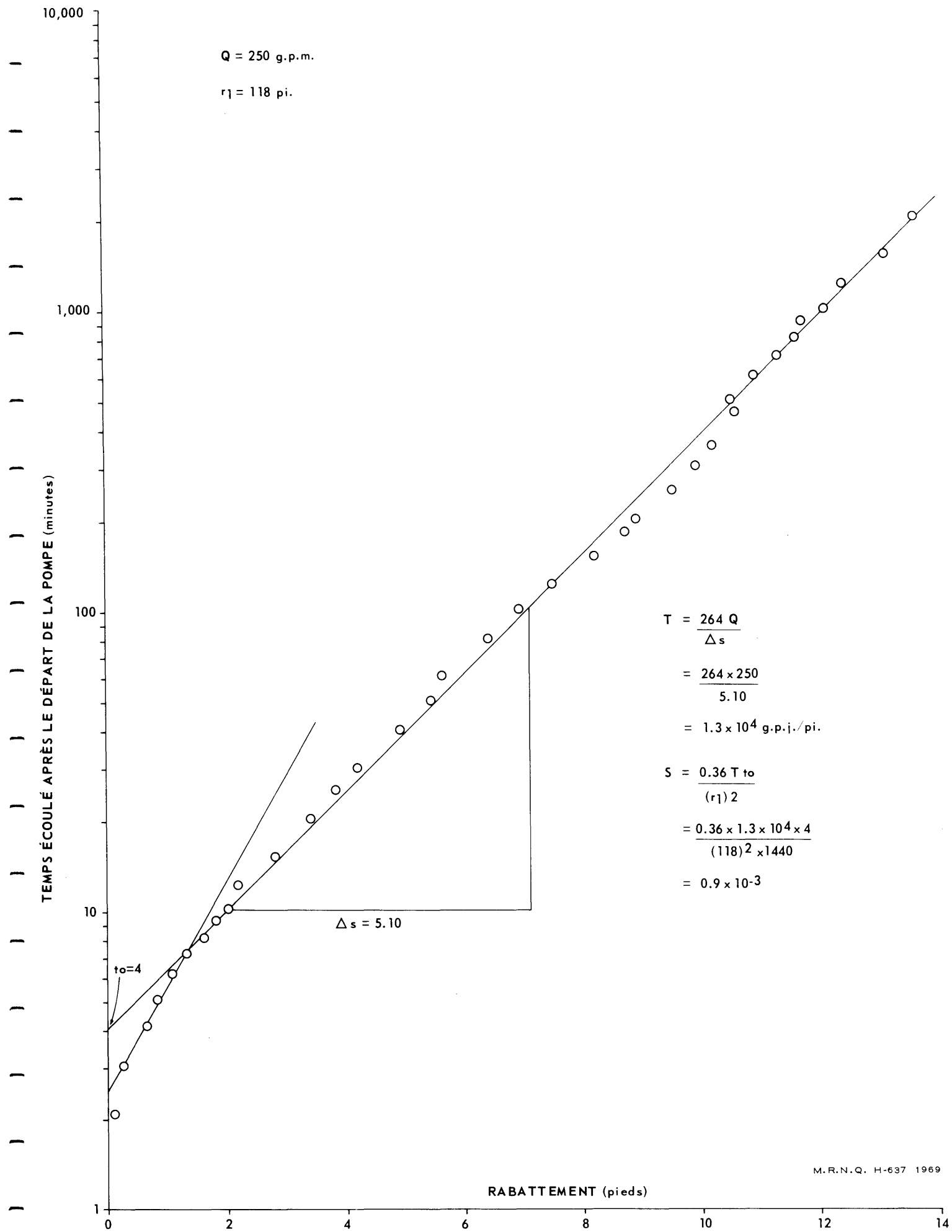
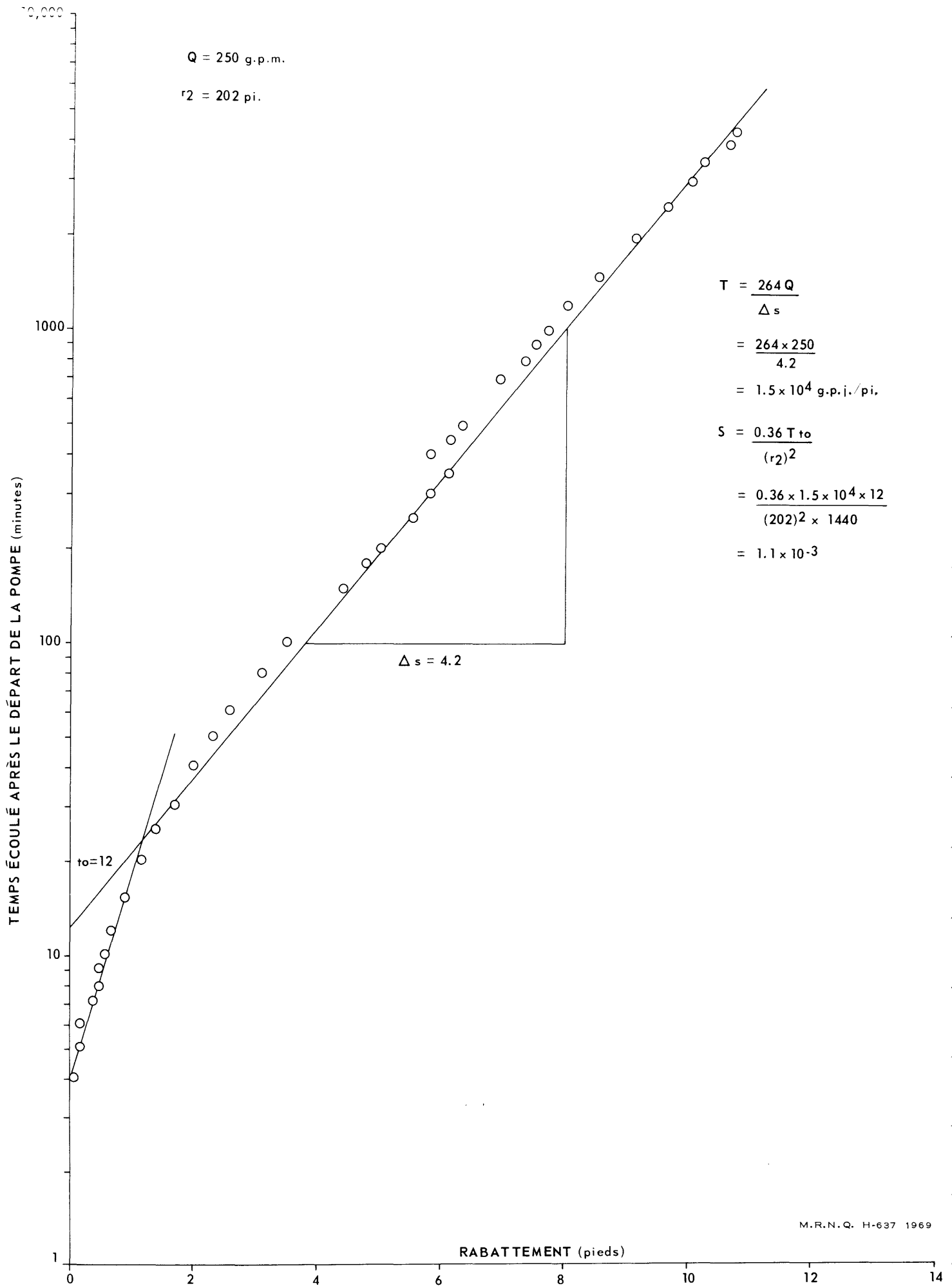
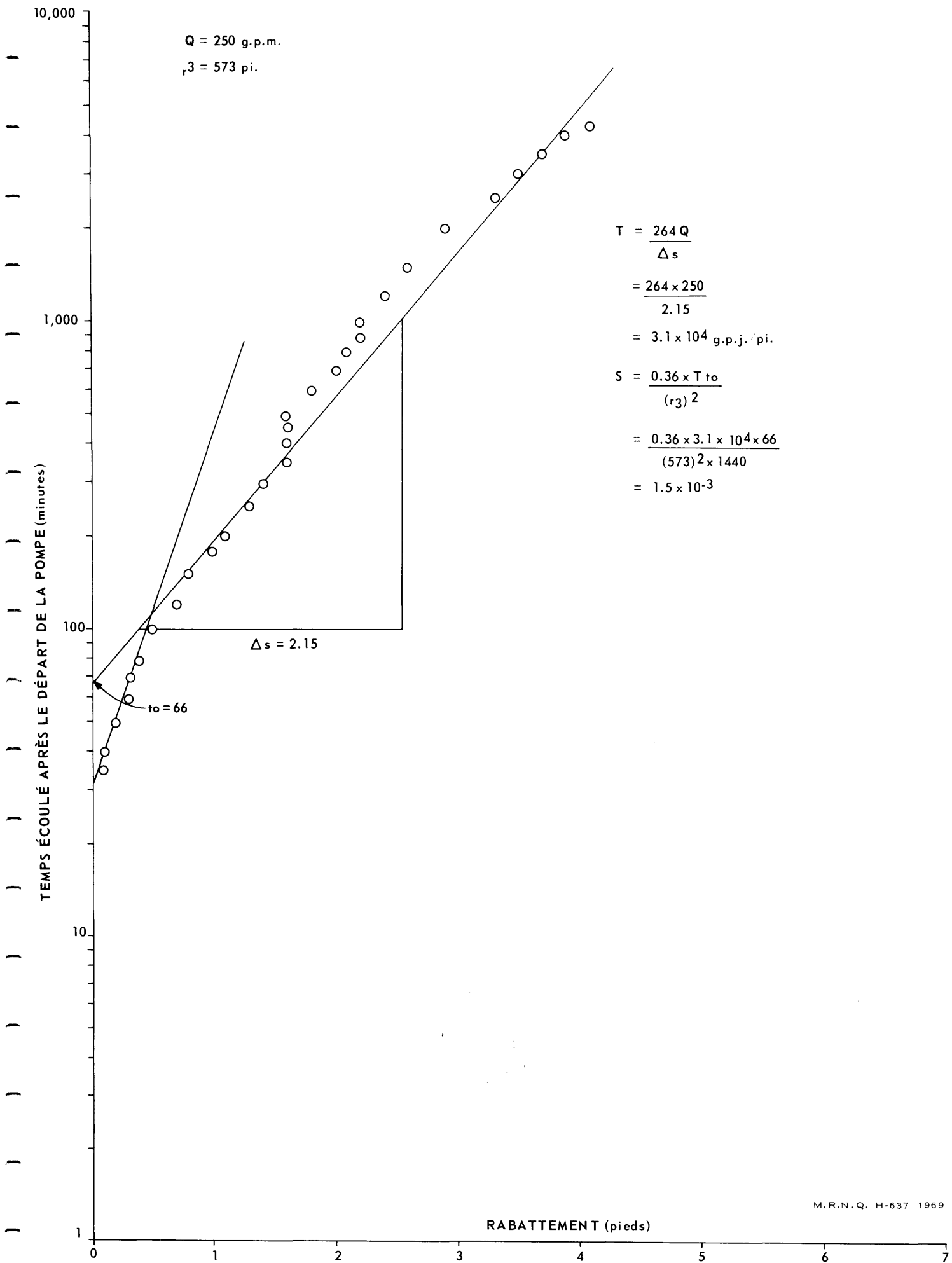


Figure 9 COURBE RABATTEMENT-TEMPS (JACOB), PUIS D'OBSERVATION No 1 ÉTANG-DU-NORD



M.R.N.Q. H-637 1969

Figure 10 COURBE RABATTEMENT-TEMPS (JACOB), PUIES D'OBSERVATION N° 2 ETANG-DU-NORD



M.R.N.Q. H-637 1969

Figure 11 COURBE RABATTEMENT-TEMPS (JACOB), PUIS D'OBSERVATION No 3 ÉTANG-DU-NORD

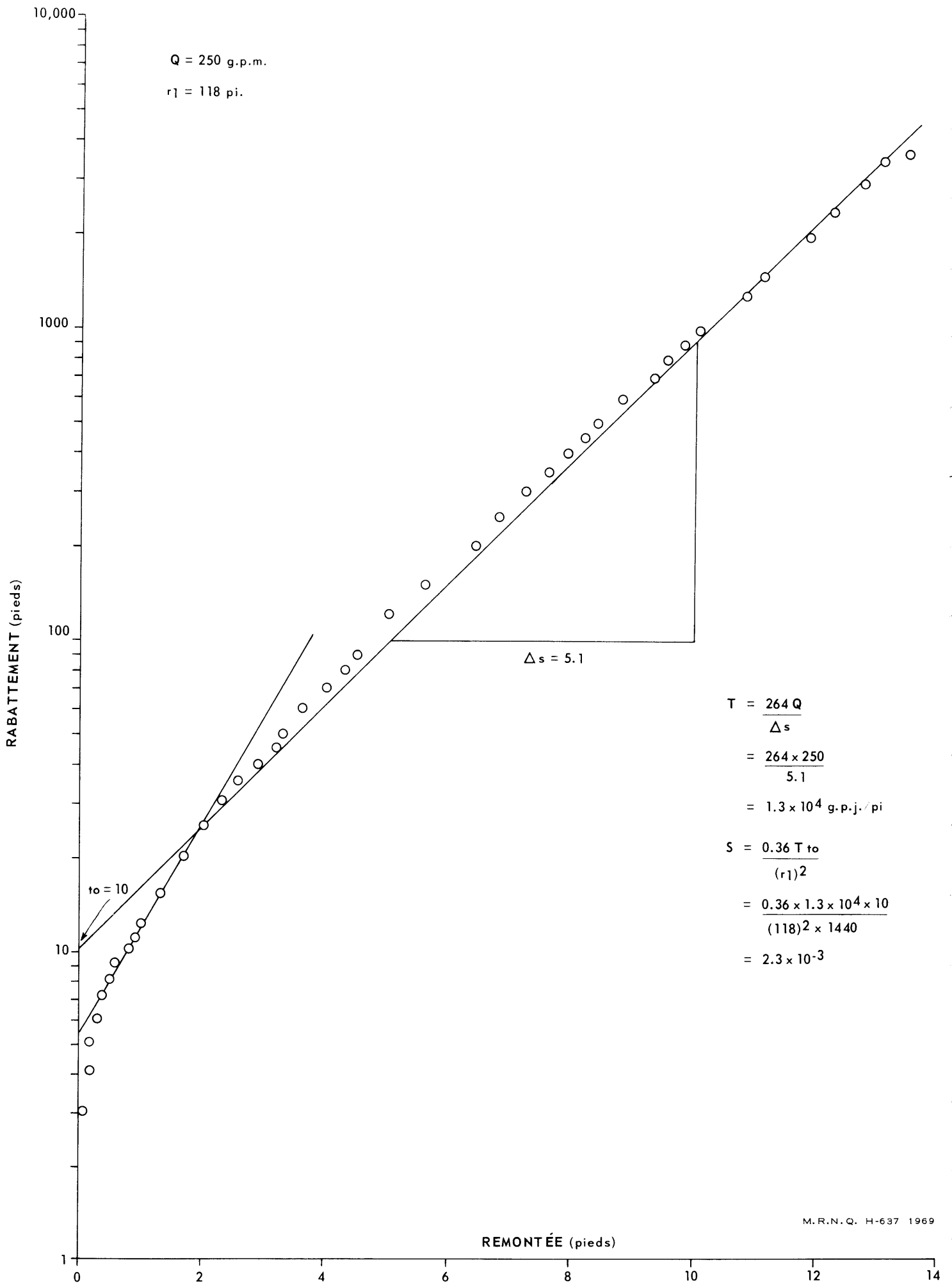


Figure 12 COURBE REMONTÉE-TEMPS (JACOB), PUIS D'OBSERVATION No 1 ÉTANG-DU-NORD

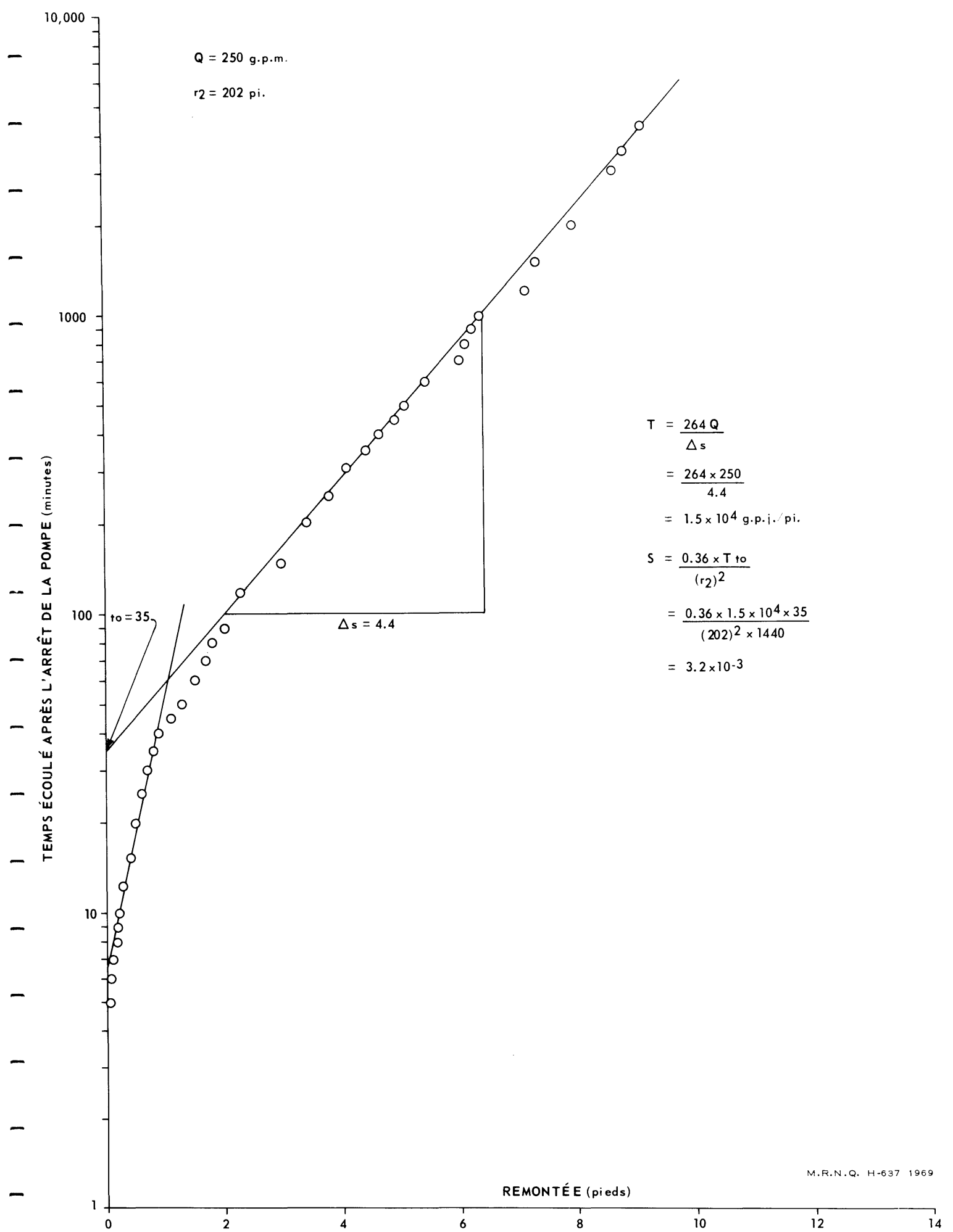
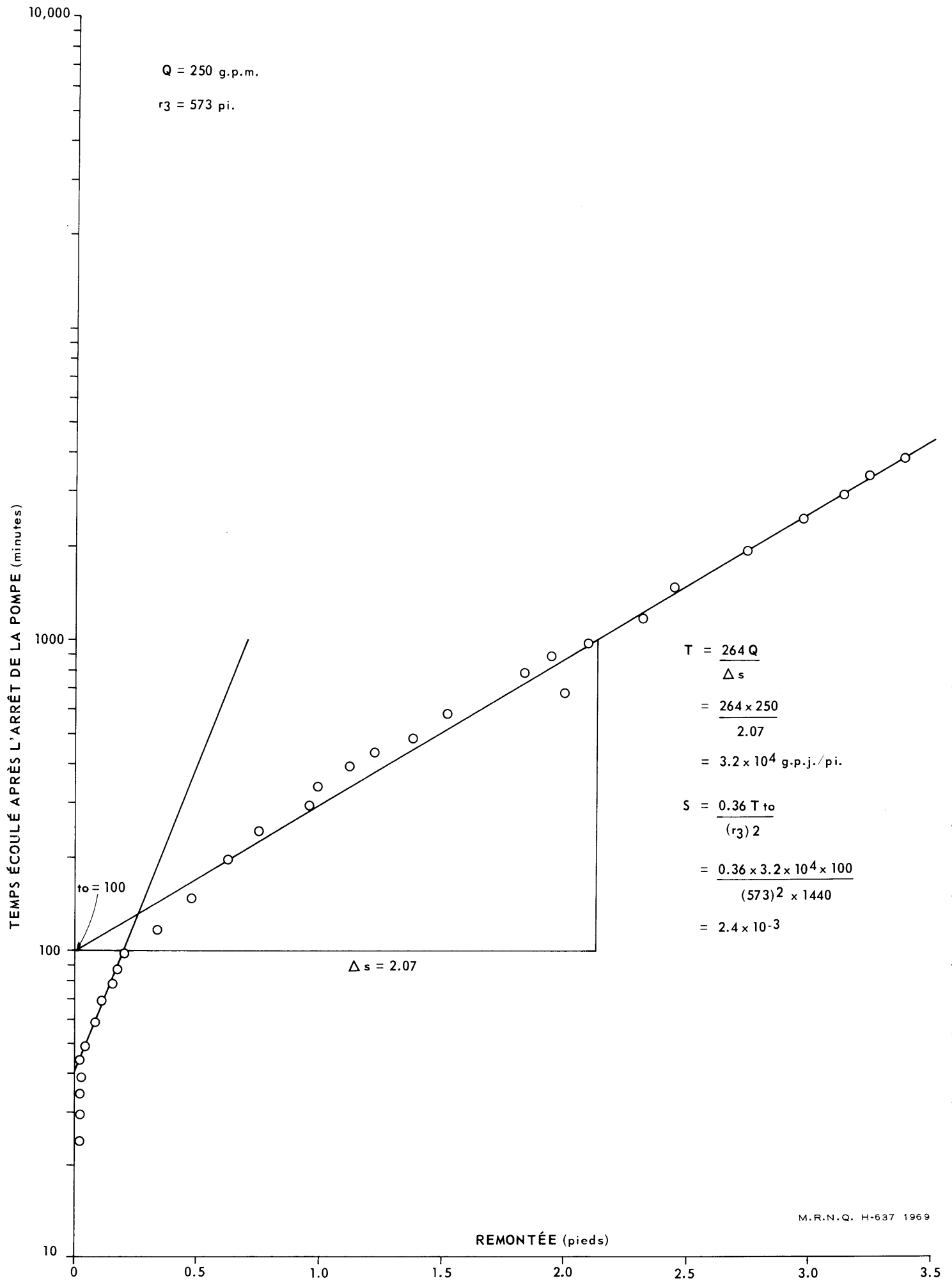


Figure 13 COURBE REMONTÉE-TEMPS (JACOB), PUIES D'OBSERVATION No 2 ÉTANG-DU-NORD



M.R.N.Q. H-637 1969

Figure 14 COURBE REMONTÉE-TEMPS (JACOB), PUIS D'OBSERVATION N° 3 ÉTANG-DU-NORD

Q = 250 g.p.m.
 t = 3,000 minutes

$$T = \frac{528 Q}{\Delta s}$$

$$= \frac{528 \times 250}{11.7}$$

$$= 1.1 \times 10^4 \text{ g.p.j./pi.}$$

$$S = \frac{0.3 \times T \text{ to}}{(r_0)^2}$$

$$= \frac{0.3 \times 1.1 \times 10^4 \times 3000}{(1200)^2 \times 1440}$$

$$= 4.8 \times 10^{-3}$$

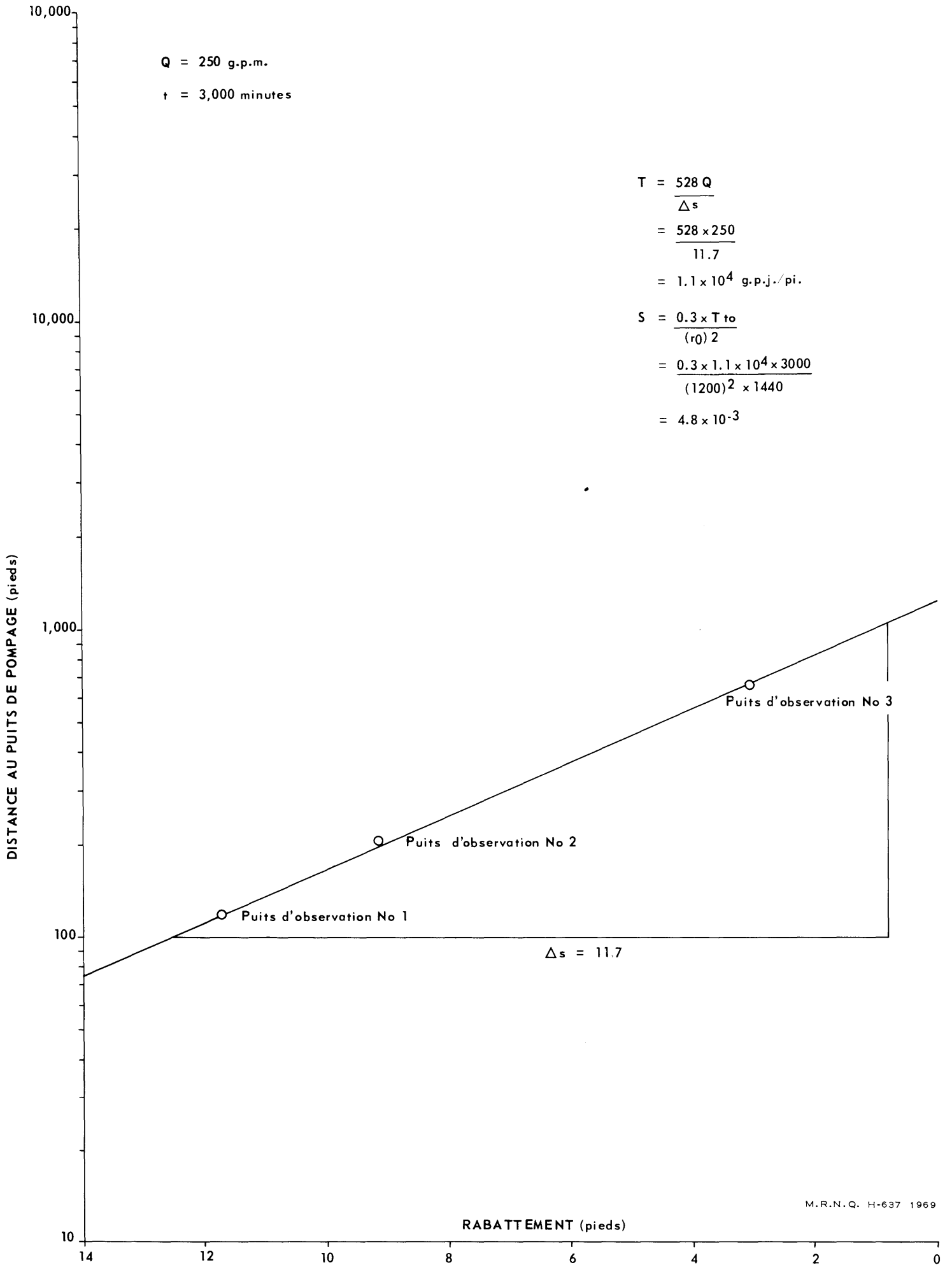


Figure 15 COURBE RABATTEMENT-DISTANCE, PUIS D'OBSERVATION Nos 1, 2, 3 ÉTANG-DU-NORD

Dans cette expression,

$$u = \frac{1.56 r^2 S}{T t} \dots \dots \dots (3)$$

- r = distance, en pieds, du centre du puits de pompage au puits d'observation
- S = coefficient d'emmagasinement, sans dimension
- T = coefficient de transmissivité en g.p.j. par pied
- t = temps écoulé après le départ de la pompe, en jour

D'après l'équation (3) le coefficient d'emmagasinement,

$$S = \frac{T t u}{1.56 r^2} \dots \dots \dots (4)$$

La formule de non-équilibre de Theis pose les conditions d'application suivantes:

- 1) La formation aquifère est homogène et isotrope;
- 2) elle est d'étendue infinie;
- 3) le puits de pompage traverse toute la formation aquifère;
- 4) la transmissivité est constante en tout lieu et à tout moment;
- 5) le rayon du puits est très petit;
- 6) la tranche d'eau prise à même l'emmagasinement est évacuée instantanément et produit un abaissement du plan d'eau.

Comme il est impossible de résoudre directement les équations (1) et (4), Theis suggéra une solution graphique qui permet de calculer les valeurs de T et S. Pour ce faire, il suffit de construire un graphique logarithmique du rabattement (s) en fonction du temps (t); ce graphique est tracé sur un papier transparent. Si la formation aquifère est homogène et s'il y a une relation instantanée entre le débit et la baisse de la surface piézométrique, tous les points ainsi mis en graphique donneront une courbe logarithmique analogue à celle de W(u) en fonction de u; cette dernière courbe s'appelle la courbe standard. On superpose ensuite les deux courbes en parallèle, on choisit un point de coïncidence et on note les valeurs s, t, W(u) et u. En portant ces valeurs dans les équations (1) et (4), on peut déterminer la transmissivité T et le coefficient d'emmagasinement S. Les figures 3-4-5 représentent les graphiques des rabattements (s) en fonction du temps (t) pour les puits d'observation 1, 2 et 3 de l'Etang-du-Nord durant le pompage.

Comme on peut le constater, la courbe tracée à partir des mesures expérimentales coïncide assez bien avec la courbe standard de W(u) en fonction de u. La moyenne des valeurs obtenues à l'aide de ces trois graphiques donne une transmissivité de 1.8×10^4 g.p.j./pi et un coefficient d'emmagasinement de 1.5×10^{-3} .

Ces valeurs représentent la moyenne de la transmissivité et du coefficient d'emmagasinement à l'intérieur du cône de dépression.

Les figures 6, 7, 8 représentent, pour les mêmes puits d'observation, les graphiques de la remontée en fonction du temps. Les résultats obtenus sont du même ordre de grandeur que lors du pompage, soit 1.6×10^4 g.p.j./pi. pour T et 3.4×10^{-3} pour S.

FORMULE DE JACOB

La formule de Jacob est une simplification de celle de Theis. Jacob a reconnu que lorsque u devient très petit, la somme des termes après $\log_e u$ dans l'équation (2) devient négligeable. Ainsi, pour $u \leq 0.01$, l'équation (2) devient:

$$W(u) = -0.5772 - \log_e u \quad (5)$$

En remplaçant $W(u)$ par sa valeur dans l'équation (1) on obtient :

$$s = (114.6 Q/T) (-0.5772 - \log_e u) \quad (6)$$

Cette équation peut être résolue graphiquement en portant sur un graphique semi-logarithmique le rabattement (s) en fonction du temps (t). Les points ainsi mis en graphique doivent donner une ligne droite dans la région où $u \leq 0.01$. Cette ligne droite est ensuite extrapolée jusqu'au rabattement zéro pour obtenir la valeur de t_0 . La pente de la ligne droite Δs et le temps t_0 sont respectivement utilisés pour déterminer la transmissivité et le coefficient d'emmagasinement. Les expressions développées à partir des équations (3) et (6) pour déterminer ces valeurs s'expriment ainsi :

$$T = \frac{264 Q}{\Delta s} \dots\dots\dots (7) \quad S = \frac{0.36 T t_0}{r^2} \dots\dots\dots (8)$$

T = coefficient de transmissivité en g.p.j./pi.

S = coefficient d'emmagasinement, sans dimension

Q = débit en g.p.m.

Δs = différence de rabattement par cycle logarithmique, en pieds

r = distance du puits de pompage au puits d'observation, en pieds

t_0 = intersection de la ligne droite avec l'axe du rabattement zéro, en jour.

Les figures 9, 10, 11 représentent les données du rabattement en fonction du temps sur graphique semi-logarithmique pour les puits d'observation 1, 2 et 3 de l'Etang-du-Nord. Comme on peut le constater, les points forment une ligne droite, sauf lors des premières minutes où $u \leq 0.01$. Les valeurs moyennes de la transmissivité et du coefficient d'emmagasinement sont respectivement de 2.0×10^4 g.p.j./pi et de 1.2×10^3 .

Les figures 12, 13, 14 illustrent la remontée dans les mêmes puits d'observation. Les pentes des droites Δs sont les mêmes que durant le pompage, tandis que t_0 est plus élevé, ce qui explique que le coefficient d'emmagasinement soit plus élevé.

En plus d'être facile d'interprétation et de pouvoir vérifier les résultats obtenus par la formule de Theis, la formule de Jacob permet, en extrapolant la droite, de déterminer des rabattements à des temps supérieurs à la durée du pompage. Ainsi, pour les puits d'observation 1, 2 et 3 de l'Etang-du-Nord, en tenant compte d'un pompage continu et en supposant qu'il n'y ait pas de recharge due à la précipitation, les rabattements s'établiraient comme suit :

TABLEAU 2

RABATTEMENT EN PIEDS DANS LES PUIITS D'OBSERVATION

temps (t)	N° 1	N° 2	N° 3
36 jours	15.7	10.8	4.1
90 jours	23.0	16.8	6.6
5 ans	29.6	22.4	9.4
20 ans	32.6	24.9	10.5

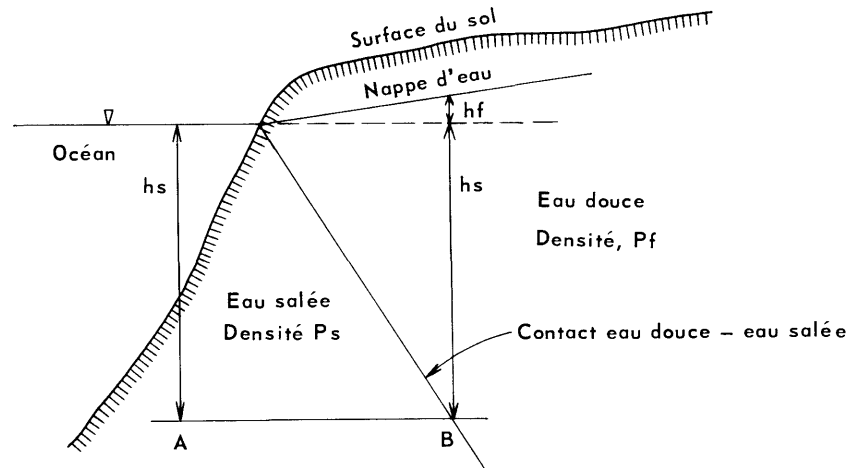


Figure 16 CROQUIS ILLUSTRANT LA RELATION DE GHYBEN - HERZBERG (D.K. Todd, 1960)

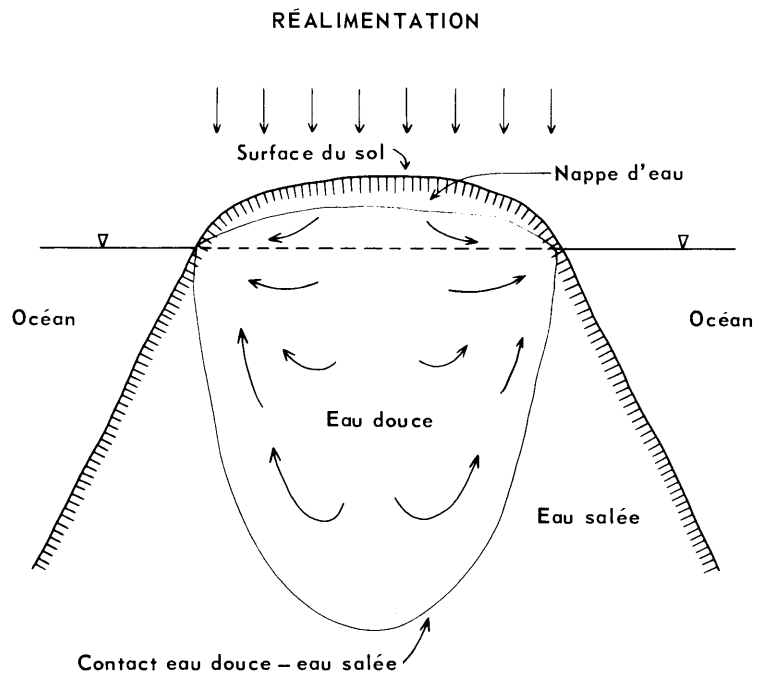


Figure 17 CONTACT EAU DOUCE - EAU SALÉE SUR UNE ÎLE DE L'OcéAN SANS POMPAGE - D.K. Todd, 1960.

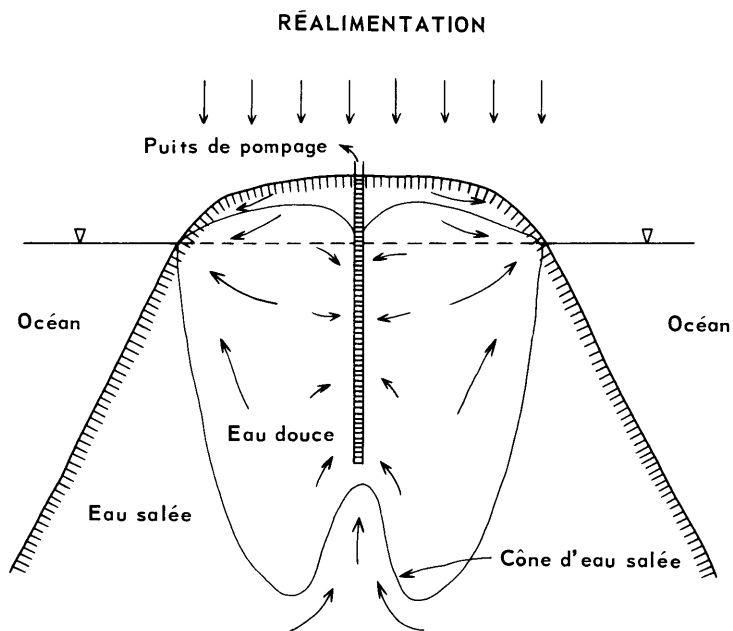


Figure 18 CONTACT EAU DOUCE - EAU SALÉE SUR UNE ÎLE DE L'OcéAN AVEC POMPAGE - D.K. Todd, 1960.

Pour obtenir des valeurs de rabattement en d'autres points que ceux des puits d'observation, il suffit de mettre en graphique sur un papier semi-logarithmique le rabattement en fonction de la distance pour un temps donné. Le graphique de la figure 15 a été tracé pour un temps de 3,000 minutes. Remarquons également qu'on peut déterminer la transmissivité et le coefficient d'emmagasinement à l'aide de ce graphique, de la même manière que précédemment. Dans ce cas, l'équation (7) devient $T = \frac{528Q}{\Delta s}$ et l'équation (8) reste inchangée.

GÉOCHIMIE

L'étude de la qualité chimique de l'eau est un sujet complexe qui porte sur la totalité des substances contenues dans l'eau et qui se caractérise surtout par les:

Nitrates — Chlorures — Sulfates — Dureté — Résidus secs — Fer et manganèse — Concentration en ions hydrogène (pH).

Les échantillons prélevés aux îles ont révélé à l'analyse (Appendice C) que les concentrations de ces différentes substances sont assez faibles et ne dépassent pas les normes établies par l'Organisation mondiale de la Santé.

NITRATES

L'eau souterraine peut donc être utilisée presque partout pour la consommation domestique, sauf à quelques endroits où l'on note des concentrations en manganèse allant jusqu'à 1.8 mg/l et des concentrations en nitrates excédant 45 mg/l. Ces concentrations élevées en nitrates dans les régions les plus habitées représentent un indice du degré de pollution de l'eau.

CHLORURES

Si on fait exception des échantillons d'eau salée (échantillons Nos 7 et 10) de type chloruré, la teneur en chlorures est de 20 à 75 mg/l. Nous avons mentionné précédemment qu'une haute teneur en nitrates est un indice du degré de pollution de l'eau. Cet indice devient plus significatif surtout lorsque l'augmentation des nitrates est accompagnée d'une augmentation des chlorures, tel que dans les puits (échantillons Nos 10, 11 et 13) où les teneurs élevées de ces substances sont probablement dues à la pollution de l'eau souterraine par l'infiltration d'eaux usées.

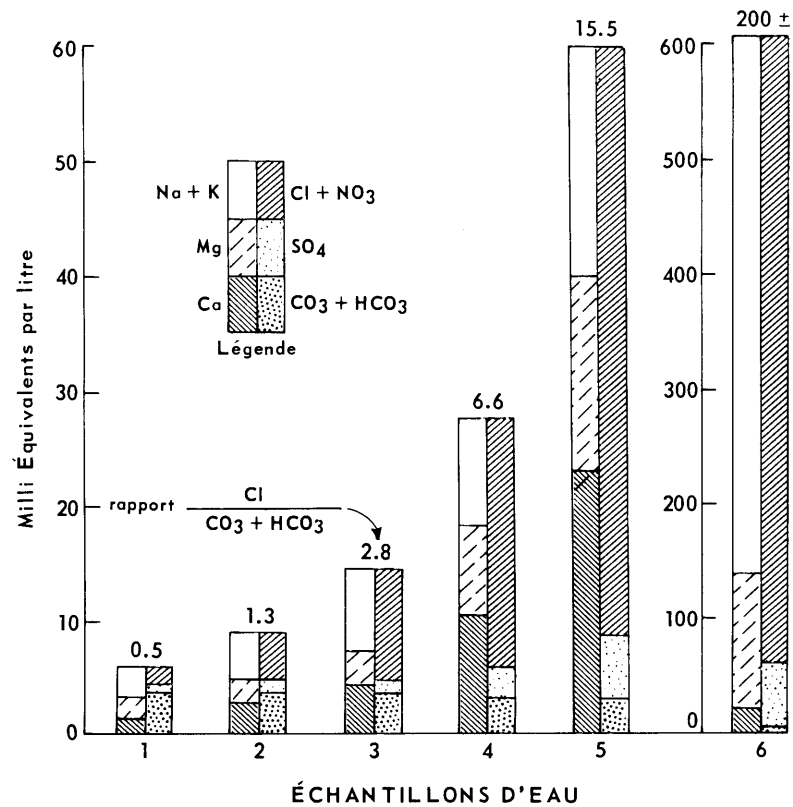
SULFATES

Dans l'eau souterraine les sulfates sont dérivés principalement du gypse ou de l'anhydrite (sulfate de calcium). Dans la région des îles, la teneur en sulfates des eaux souterraines n'atteint pas la limite de 350 mg/l sauf aux endroits où les puits traversent des intersections de gypse comme dans l'échantillon No 12.

DURETÉ

La dureté de l'eau est généralement démontrée par la quantité de savon nécessaire pour faire la lessive. La dureté est principalement due aux bicarbonates et aux sulfates de calcium et de magnésium.

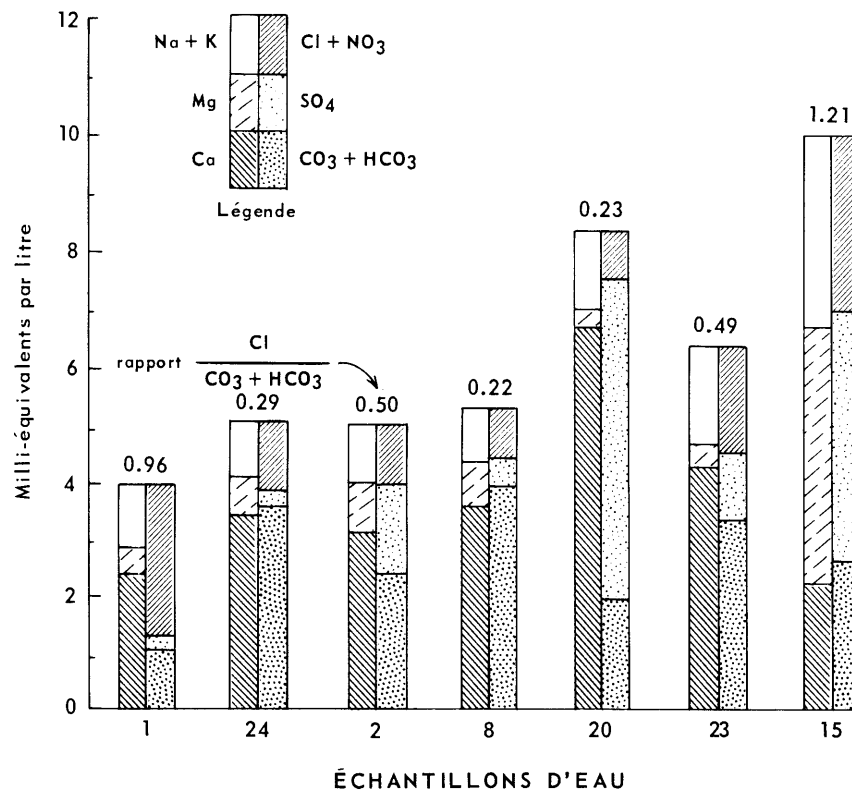
La dureté de l'eau causée par les bicarbonates est dite temporaire, étant donné qu'on peut supprimer cette dureté en faisant bouillir l'eau. A ce moment, le bioxyde de carbone se dissipe sous forme de gaz tandis que les bicarbonates se transforment en carbonates insolubles.



- 1 Eau souterraine de qualité normale
- 2 Eau souterraine légèrement salée
- 3 Eau souterraine modérément salée
- 4 Eau souterraine beaucoup salée
- 5 Eau souterraine très salée
- 6 Eau de mer

Figure 19

INDICES DE SALINITÉ D'ÉCHANTILLONS D'EAU PROVENANT D'UNE LIGNE DE Puits, DU CENTRE D'UN AQUIFÈRE A LA CÔTE CALIFORNIENNE. RAPPORTS CHLORURES - BICARBONATES - D.K. Todd, 1960.



- 1 Grande-Entrée
- 24 Havre-aux-Maisons
- 2 Entrepôt frigorifique
- 8 Vigneau
- 20 Étang-du-Nord
- 23 Havre-aux-Maisons
- 15 Fatima

Figure 20 INDICES DE SALINITÉ DES EAUX DE PUIITS DANS DIFFÉRENTES MUNICIPALITÉS DES ILES-DE-LA-MADELEINE. RAPPORTS CHLORURES - BICARBONATES.

La dureté permanente est cette partie de la dureté totale qui ne peut être supprimée qu'en chauffant l'eau. Elle est due en grande partie, à la quantité de sulfates de calcium et de magnésium dissous dans l'eau. Dans le grès rouge de la formation de Cap-aux-Meules, la dureté totale de l'eau souterraine des puits de plus de 100 pieds de profondeur varie de 150 à 300 mg/l. Par contre, dans la formation de Havre-aux-Maisons et, surtout aux environs d'un gisement de gypse, l'eau est de type sulfaté. Elle a une dureté permanente supérieure à 1,000 mg/l (échantillon No 12).

Notons bien que, lorsqu'il s'agit de fixer des valeurs numériques afin de déterminer si une eau est douce, dure ou très dure, il faut considérer ces notions comme significations relatives, suivant les personnes et les régions mises en cause. Ainsi pour les gens de la ville de Québec, une eau de 150 mg/l de dureté serait considérée comme très dure tandis que pour les résidents des îles elle serait décrite comme douce. Une eau dont la dureté serait de 150 à 250 mg/l ne serait donc pas un obstacle à l'aménagement d'un service d'eau dans la région des îles, puisque la plupart des gens y sont déjà habitués.

RÉSIDUS SECS *

La concentration totale des minéraux dissous dans l'eau est une indication générale de la qualité de l'eau au point de vue chimique. Une eau contenant moins de 500 mg/l de résidu sec est généralement satisfaisante pour la consommation domestique et pour la plupart des besoins industriels. Si la concentration dépasse 1,000 mg/l elle a un goût désagréable et contient généralement des substances chimiques dont la teneur excède les limites acceptables. Dans le grès rouge des îles, les résidus secs sont inférieurs à 500 mg/l.

FER ET MANGANÈSE

La quantité de fer et de manganèse ne doit pas excéder 0.3 mg/l pour qu'une eau soit considérée comme potable. La quasi totalité des puits de la région des îles fournit une eau dont la teneur en fer et manganèse est inférieure à cette limite. Dans les roches volcaniques on est cependant susceptible de trouver de l'eau contenant une quantité beaucoup plus considérable de manganèse.

CONCENTRATION EN IONS HYDROGÈNE (pH)

Pour qu'une eau soit considérée comme acceptable le pH doit être entre 7.0 et 8.5. Aux îles de la Madeleine, la concentration en ions hydrogène pour les puits profonds varie entre ces limites.

CONTACT EAU DOUCE — EAU SALÉE

RELATION DE GHYBEN-HERZBERG

On a constaté depuis longtemps que près de la mer, l'eau douce se trouve à grande profondeur au-dessous du niveau de la mer. Ceci s'explique par le fait qu'il existe un équilibre hydrostatique entre deux liquides de densité différente (Fig.-16).

L'équation qui représente ce phénomène est appelée relation de Ghyben-Herzberg et s'exprime par l'équation suivante:

$$h_s = 40 h_f$$

h_s = hauteur de la colonne d'eau douce à partir du niveau de la mer jusqu'au contact eau douce — eau salée.

h_f = hauteur de la colonne d'eau douce entre la nappe d'eau et le niveau de la mer.

Pour une île dans la mer, comme dans le cas des îles de la Madeleine, la masse d'eau douce en équilibre avec l'eau salée pourrait être représentée tel qu'à la figure 17.

* Il est obtenu habituellement par dessiccation de l'eau à 110°C.

Si on enlève de l'eau douce de cette masse au moyen d'un puits de pompage, on va créer un cône de dépression autour de ce puits, ce qui aura pour effet de déformer la base du contact eau douce — eau salée (Fig. 18). Si on néglige l'épaisseur de la zone de transition, causée par l'influence des marées et par les fluctuations saisonnières de la nappe d'eau, le contact eau douce — eau salée se rapprochera de la surface du sol, d'une distance égale à 40 fois le rabattement causé par le pompage. Dans la région sous étude, où la réalimentation ne peut s'effectuer que par la précipitation, il importe de ne pas rabattre la nappe en bas du niveau de la mer afin d'éviter l'invasion de l'eau salée. Notons également qu'une série de puits d'observation ne permettrait pas nécessairement de surveiller l'invasion de l'eau salée vers le puits de pompage, puisque la contamination se fera le plus souvent par le fond du puits. Pour pomper une grande quantité d'eau souterraine, il est donc préférable de recourir à plusieurs points de captage afin de rabattre la nappe uniformément plutôt que d'avoir une seule prise qui causerait un rabattement excessif en un même point.

CRITÈRES POUR RECONNAÎTRE L'INVASION DE L'EAU DE MER

Dans tout projet d'aménagement de service devant être alimenté par eau souterraine, il sera nécessaire afin d'éviter l'invasion éventuelle de l'eau de mer, de considérer le nouveau point de captage comme permanent et non pas en fonction d'un épuisement total de la réserve d'eau douce. Il faut insister sur le fait qu'aux îles, l'eau souterraine constitue techniquement et économiquement, la seule source d'eau potable qui puisse être exploitée. Par conséquent, une étroite surveillance de l'exploitation s'impose.

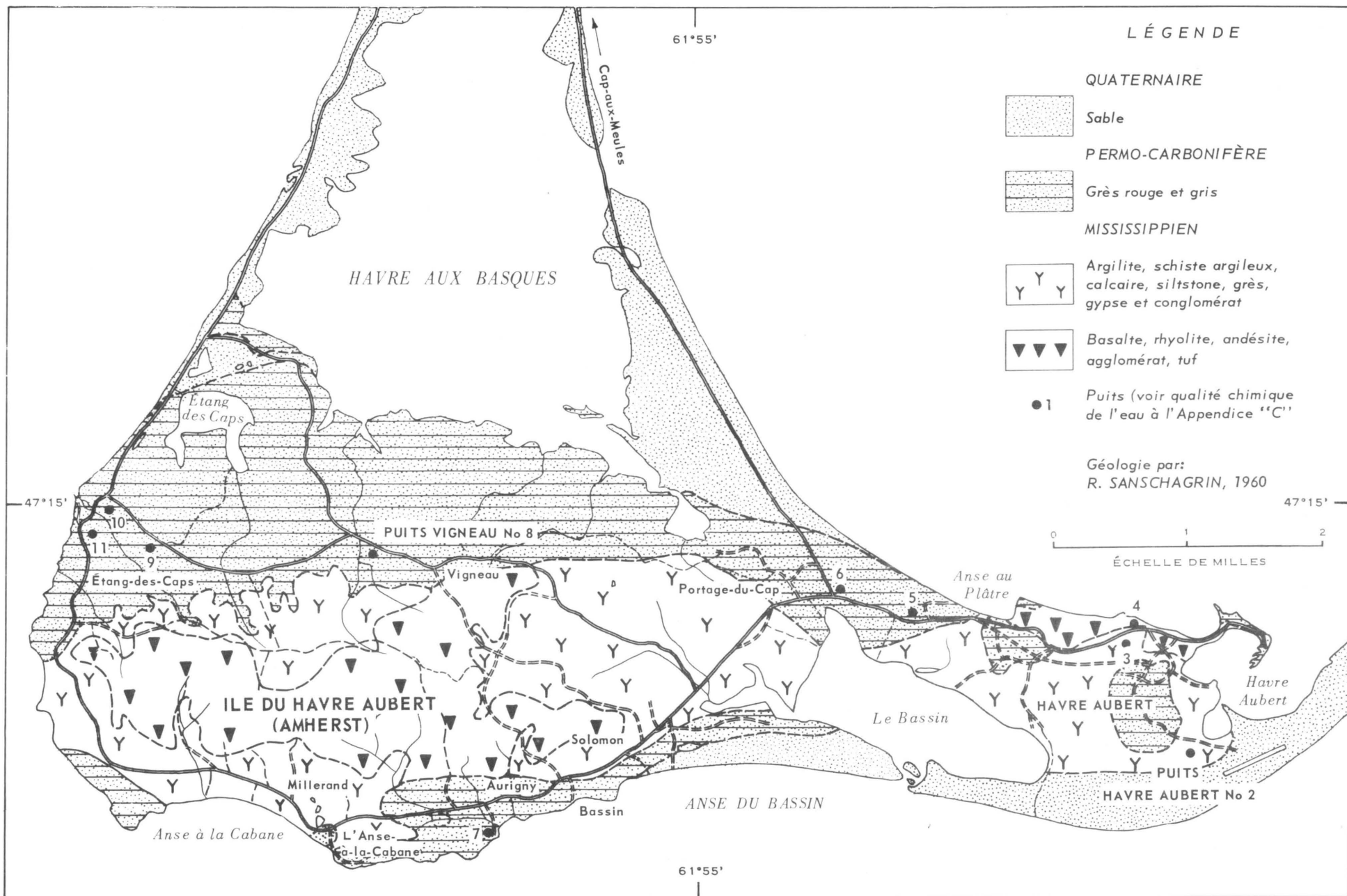
D'après l'équation de Ghyben-Herzberg, il est essentiel de ne pas rabattre la nappe d'eau en dessous du niveau de la mer. Toutefois, étant donné que la relation de Ghyben-Herzberg est basée sur un équilibre statique entre deux liquides immiscibles, que nous savons les deux liquides en mouvement et qu'il existe une zone de dispersion entre l'eau douce et l'eau salée; il est possible, en pratique, que des puits doivent être abandonnés bien avant que la concentration en chlorure de sodium de l'eau pompée n'approche la concentration de l'eau de mer. Le meilleur moyen pour reconnaître une invasion de l'eau de mer vers le puits consiste à effectuer périodiquement une analyse chimique pour obtenir la teneur des chlorures et des bicarbonates de l'eau pompée. Les chlorures sont généralement abondants dans l'eau souterraine, mais constituent l'ion prédominant dans l'eau de mer. Le rapport chlorure - bicarbonate peut donc nous donner l'indice de salinité de l'eau. Un exemple de cette méthode appliquée pour une série de puits situés à partir du centre d'une formation aquifère jusqu'aux côtes de la Californie est illustré à la figure 19.

Nous donnons également à la figure 20 les indices de salinité de l'eau pour les puits que nous avons pompés dans différentes municipalités des îles. Comme on peut le constater, sauf à Fatima, l'indice de salinité de l'eau est très bas.

HYDROGÉOLOGIE APPLIQUÉE

HAVRE-AUBERT

Au printemps de 1966, l'entrepôt frigorifique de Havre-Aubert était dépourvu d'eau douce de sorte que la fabrication de la glace était arrêtée. Le ministère de l'Industrie et du Commerce avait déjà fait forer 4 puits tubulaires sans obtenir de résultats satisfaisants. Ce ministère devait donc trouver avant le début de la saison de pêche, une source d'alimentation pouvant fournir un minimum de 6,000 g.p.j. (gallons par jour). Notre travail consista alors à essayer de déceler, aux environs immédiats de l'usine, une formation aquifère



Carte 637-C ILE DU HAVRE AUBERT (AMHERST)

susceptible de fournir cette quantité d'eau. En se basant sur des travaux antérieurs, la carte géologique, les photos aériennes et un levé sismique, nous avons déterminé un emplacement pour y forer un puits d'essai et deux puits d'observation (carte 637-C). Une fois les travaux de forage terminés, nous avons effectué une épreuve de pompage d'une durée de 105 heures à un taux de 32,400 g.p.j. A partir de juin 1966, le puits d'essai a été transformé en puits final qui fonctionne 24 heures par jour. Etant donné que la formation aquifère n'est pas très étendue et que l'épreuve de pompage a révélé des frontières imperméables (Appendice — B, Fig. 21 à 28). Tous les quinze jours nous effectuons des mesures du niveau de l'eau pour être en mesure de surveiller l'abaissement de la nappe et éviter ainsi une surproduction. Au printemps de 1968, soit après deux ans d'exploitation, la nappe avait complètement récupéré pour ensuite baisser considérablement au cours de l'été 1968. Les mesures que nous prendrons au cours de l'hiver et du printemps 1969 nous permettront de déterminer s'il est possible de pomper au même rythme durant la prochaine saison. Notons également que la formation aquifère, en plus d'être de faible étendue, n'a que 90 pieds d'épaisseur à l'emplacement du puits et qu'elle est anisotrope. Cette anisotropie se reflète également dans les résultats de l'épreuve de pompage puisque la transmissivité obtenue au puits d'observation No 2 est différente de celle obtenue au puits d'observation No 1.

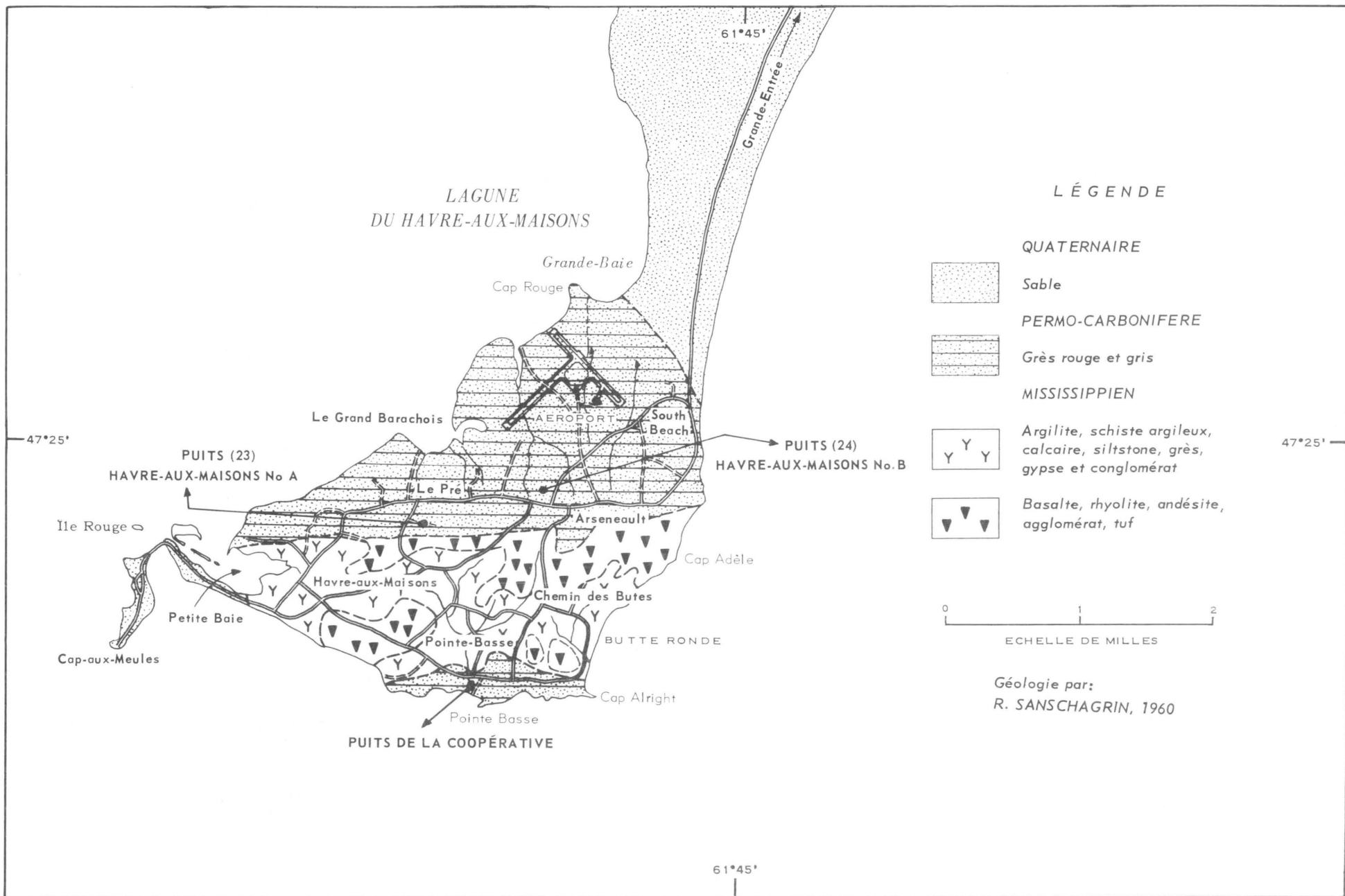
Pour compléter notre étude hydrogéologique sur l'île d'Amherst et pour répondre aux demandes des municipalités de Havre-Aubert et de Bassin en quête d'eau souterraine, nous avons entrepris des recherches dans la région de Vigneau. Nous avons choisi d'explorer cette région en raison de la présence de grès de Cap-aux-Meules alors que les formations aux environs de Havre-Aubert et de Bassin ne se prêtaient pas au captage d'eau douce à fort débit. De plus, la région de Vigneau offrait la possibilité d'y creuser un puits de pompage à plus d'un mille du front eau douce — eau salée.

Le puits que nous avons foré à Vigneau (puits Vigneau No 8) recoupe du grès rouge interstratifié de siltstone et d'argilite rouge de la surface à la base (Appendice A). Ce puits de 8 pouces de diamètre par 240 pieds de profondeur a servi de puits d'essai lors d'une épreuve de pompage de 72 heures et les trois puits forés à la première étape ont servi de puits d'observation. A un débit de 270 g.p.m., maintenu pendant toute la durée de l'essai, le niveau de pompage s'est équilibré à 44 pieds. Avant l'essai, le niveau piézométrique se tenait à 17 pieds au-dessous de la surface, ce qui représente une capacité spécifique de 10 g.p.m. par pied de rabattement. Nous avons obtenu une transmissivité moyenne de l'ordre de 2.4×10^4 g.p.j./pi. et un coefficient d'emmagasinement moyen de 1.3×10^{-3} . Nous avons également noté que la présence d'une frontière de recharge lors du pompage (Appendice B, Fig. 29 à 40). L'analyse chimique complète de l'eau est donnée à l'appendice C, échantillon No 8.

Les résultats de cet essai permettent de conclure que la formation de Cap-aux-Meules qui affleure dans la région de Vigneau pourrait alimenter un service d'eau capable de desservir les municipalités de Havre-Aubert et de Bassin. A la suite de nos travaux, les deux municipalités ont fait préparer par les ingénieurs-conseils Villeneuve et Gauvin un plan préliminaire d'un réseau de distribution alimenté par des puits à être creusés à côté de nos puits d'essai.

HAVRE-AUX-MAISONS

A Havre-aux-Maisons, nous avons foré un puits pour l'Association coopérative des Pêcheurs. Chaque année, la Coopérative se plaignait que son puits de surface fournissait un débit inférieur à ses besoins. En mai 1967, devenu presque tari, le puits s'est effondré de sorte que l'usine a dû suspendre ses activités pendant quelques jours. Après avoir foré un nouveau puits, nous avons effectué une épreuve de pompage d'une durée de 4 heures à un taux de 18,700 g.p.j. Immédiatement après cet essai, ce puits a été relié à l'usine. A plusieurs reprises au cours des étés 1967 et 1968, nous sommes retournés sur les lieux et, d'après le gérant de la Coopérative, l'usine n'a éprouvé aucun problème d'alimentation.



Carte 637-D ÎLE DU HAVRE-AUX-MAISONS

PLANCHE III



A—Mesure du débit à l'aide d'un canal "Parshall"



B—Mesure du niveau de l'eau au moyen d'un limnimètre à plongeur

Tout comme à Havre-Aubert, la municipalité de Havre-aux-Maisons projette l'aménagement d'un service d'eau public. Actuellement les gens sont desservis individuellement par des puits-citernes ou tubulaires. Un inventaire des puits existants révèle que la majorité des gens de la partie sud de l'île sont mal alimentés; les uns manquent d'eau à certaines périodes de l'année et les autres ont une eau de mauvaise qualité étant donnée la présence de plusieurs gisements de gypse dans cette partie de l'île.

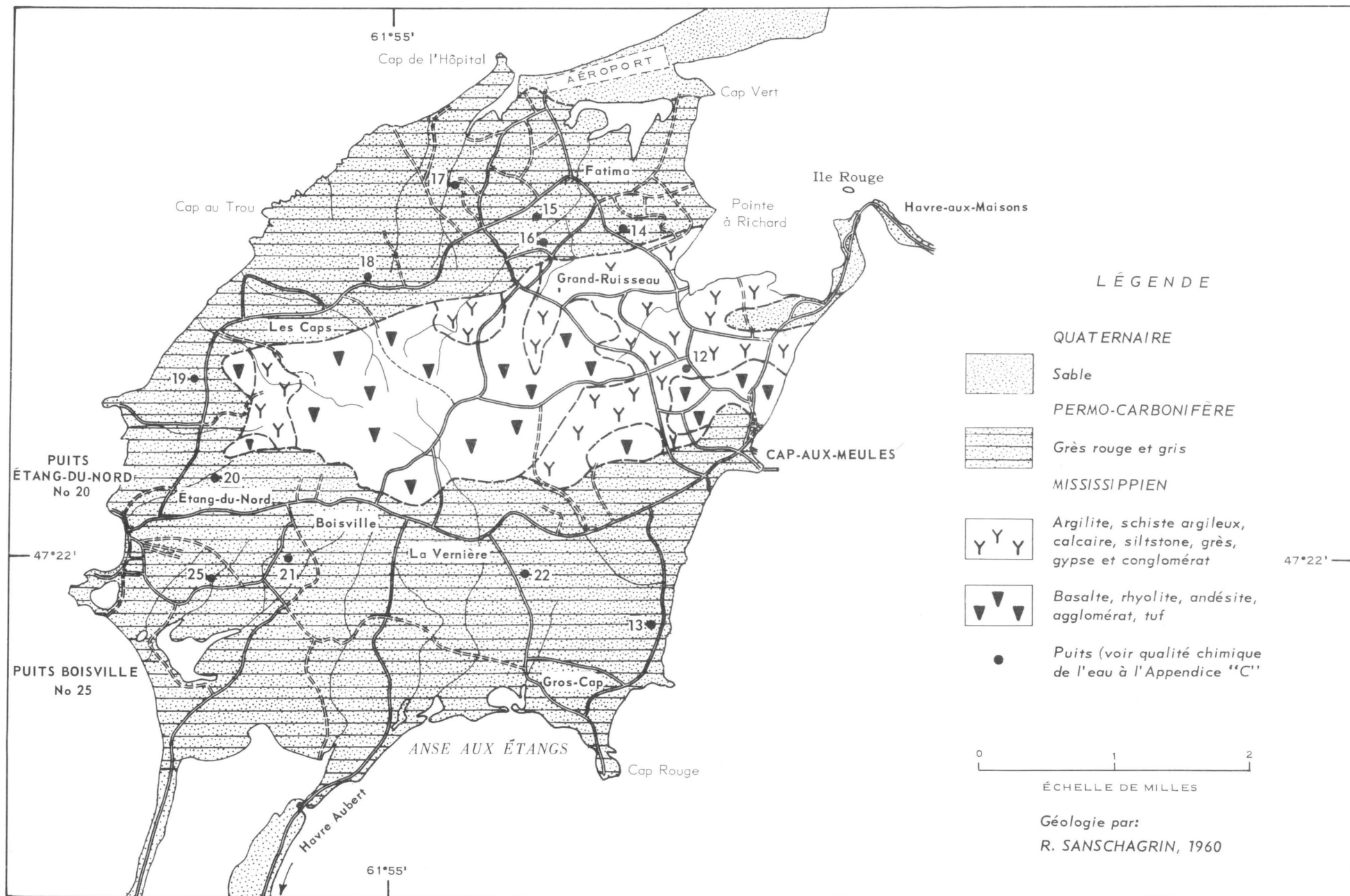
En tenant compte de la géologie de la région, il nous semblait donc évident que, pour trouver les 200,000 gallons d'eau par jour nécessaires à alimenter toute la municipalité, il faudrait exploiter la formation de grès rouge et gris qui couvre toute la partie nord de l'île. Comme les habitations sont assez dispersées sur l'île du Havre-aux-Maisons, le réseau de distribution se construira certainement par étapes, en commençant par les secteurs où les besoins sont les plus pressants. Un de ces secteurs est l'arrondissement de la future école centrale où il n'est pas possible d'obtenir d'eau de bonne qualité. Le puits d'essai Havre-aux-Maisons "A" (carte 637-D) avait pour but de déterminer les caractéristiques aquifères du grès rouge le long du contact entre cette formation et les roches volcaniques. Nous savions que près du contact avec les roches volcaniques le grès était plus silteux. L'épreuve de pompage (Appendice B, Fig. 41 à 44) à un taux de 85 g.p.m. a confirmé la présence de ces facteurs géologiques en révélant un faible coefficient d'emmagasinement (2.1×10^{-4}) et une faible capacité spécifique (1.4 g.p.m. par pied de rabattement). Comme les besoins de l'école centrale sont de l'ordre de 20 g.p.m., ce puits pourrait facilement satisfaire à la consommation en autant qu'on dispose d'un réservoir de capacité suffisante.

Par la suite, nous avons foré un deuxième puits d'essai au centre de l'île du Havre-aux-Maisons (puits Havre-aux-Maisons "B"), à environ un mille à l'est du puits d'essai "A"). A cet endroit, le grès est moins silteux et les roches volcaniques sont plus éloignées de sorte que les possibilités sont beaucoup plus intéressantes. L'épreuve de pompage (Appendice B, Fig. 45 à 48) a d'ailleurs révélé une transmissivité plus élevée (1.4×10^5 g.p.j. par pied), un coefficient d'emmagasinement de 4.0×10^{-3} et une capacité spécifique de 15 g.p.m. par pied de rabattement. Ce puits pourrait éventuellement fournir les 200,000 g.p.j. nécessaires pour alimenter toute la municipalité de Havre-aux-Maisons.

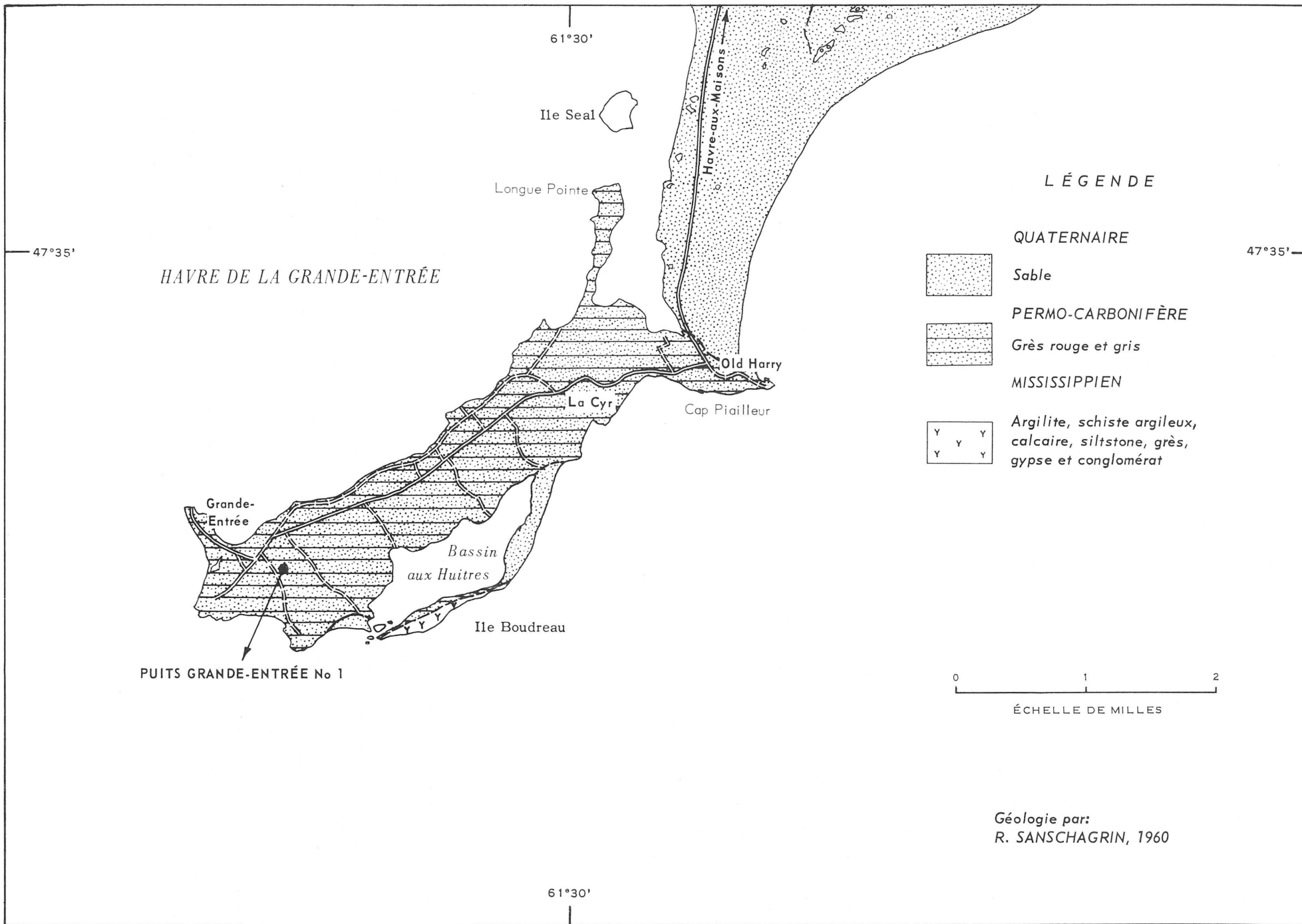
ÉTANG-DU-NORD

La municipalité de l'Étang-du-Nord est située dans la partie ouest de l'île de Cap-aux-Meules et compte une population d'environ 2,000 personnes. Actuellement il n'existe aucun service public d'eau et d'égout dans cette municipalité. Les autorités de l'endroit ont cependant demandé l'aide de notre ministère pour étudier la possibilité de trouver une source d'eau souterraine pouvant fournir 200,000 g.p.j. afin d'alimenter le futur service d'eau municipal. Pour répondre à cette demande, nous avons foré un puits d'essai (carte 637-E) et fait une épreuve de pompage de 72 heures. Le débit obtenu est de l'ordre de 285,000 g.p.j. pour un rabattement de 22 pieds ce qui représente une capacité spécifique de 11 g.p.m. par pied de rabattement. Les caractéristiques aquifères de la formation apparaissent sur les figures 3 à 15 dans le texte.

La description d'un forage stratigraphique effectué à Boisville apparaît à l'appendice-A. Nous n'avons pas fait d'épreuve de pompage à cet endroit, mais d'après la lithologie et les pertes de circulation lors du forage, un puits creusé dans cette formation devrait fournir un minimum de 150,000 g.p.j. Pour un puits de production, il serait cependant préférable d'exploiter la formation de grès aux environs de l'emplacement du puits Etang-du-Nord No 20 puisqu'à cet endroit le niveau piézométrique est plus élevé par rapport au niveau de la mer en plus d'être plus éloigné du front eau douce — eau salée.



Carte 637-E ÎLE DU CAP-AUX-MEULES



Carte 637-F ÎLE COFFIN

GRANDE-ENTRÉE

Le problème de l'entrepôt frigorifique du ministère de l'Industrie et du Commerce à Grande-Entrée était analogue à celui de Havre-Aubert. Nous avons également localisé une formation aquifère à proximité de l'usine et nous y avons foré un puits d'essai et deux puits d'observation. Une épreuve de pompage d'une durée de 72 heures à un taux de 43,200 g.p.j. a révélé une bonne transmissivité (3.5×10^4 g.p.j./pi.) et l'absence de frontière imperméable aux abords du puits (Appendice-B, Fig. 49 à 54). Le puits devait être mis en opération peu après notre visite et nous escomptons qu'il puisse facilement fournir les 20,000 g.p.j. nécessaires à l'alimentation de l'entrepôt frigorifique.

La municipalité de Grande-Entrée (carte 637-F) n'a pas de projet concernant l'aménagement d'un service d'eau municipal, mais si jamais les autorités désiraient obtenir une source pouvant satisfaire les besoins de la municipalité (50,000 g.p.j.), elles n'auraient qu'à faire forer un puits d'environ 200 pieds de profondeur à un demi-mille environ de la mer.

ÎLE-D'ENTRÉE

La municipalité d'Île-d'Entrée a également sollicité notre aide pour trouver une source d'alimentation répondant aux besoins des 52 familles de l'île (carte 637-G).

Étant donné l'impossibilité de se rendre sur les lieux avec de l'équipement lourd, nous n'avons pas effectué de forage à cet endroit. Par contre les formations géologiques étant les mêmes que sur les autres îles, il nous est facile d'en déduire les caractéristiques aquifères.

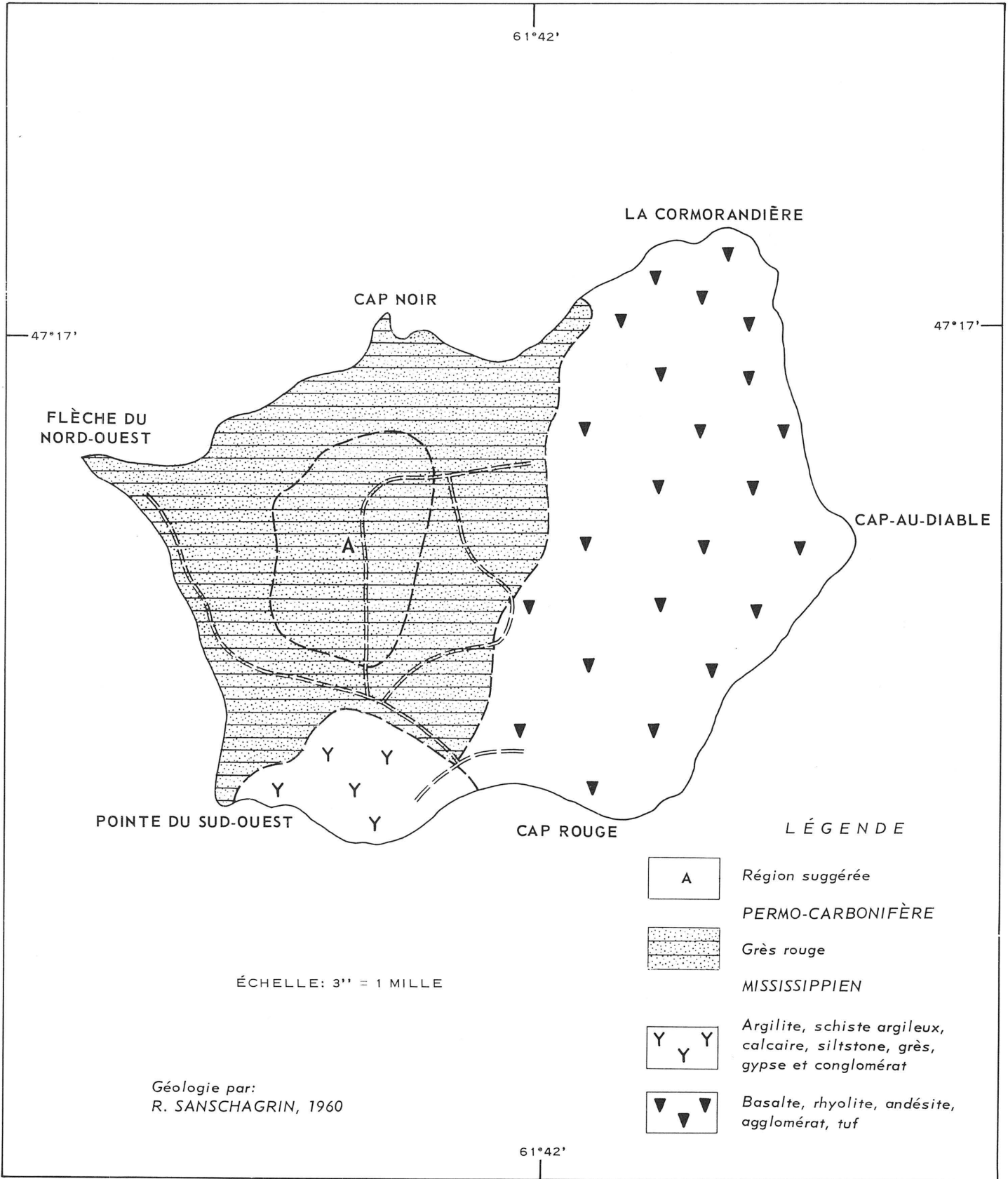
La consommation théorique actuelle et future de la municipalité d'Île-d'Entrée est de l'ordre de 31,000 g.p.j. Nous avons délimité une région "A" sur la carte 637-G où la formation de Cap-aux-Meules pourrait facilement fournir ces 31,000 g.p.j. Le puits de la municipalité devra avoir une profondeur d'environ 200 pieds et un diamètre minimum de 6 pouces.

CONCLUSION

L'étude de la lithologie et des structures géologiques de la région des îles de la Madeleine a permis d'y délimiter l'étendue des formations aquifères.

Au point de vue hydrogéologique, les formations des îles, constituées principalement de grès, de siltstone, de schiste argileux, de gypse et de roches volcaniques, sont différentes de celles que l'on trouve ailleurs dans la province. Les formations sédimentaires sont moins consolidées de sorte que le forage est très rapide même si les tubages doivent être ancrés profondément dans le roc. On peut aussi remarquer que le forage à l'aide d'une sondeuse rotative telle que celle utilisée par notre ministère est beaucoup plus rapide que celui pratiqué à l'aide d'une sondeuse à percussion. Aussi, un forage de 250 pieds de profondeur, de 8 à 12 pouces de diamètre, prend environ une journée avec une sondeuse rotative, comparativement à 8 et 10 jours avec un outillage de forage à câble.

La perméabilité des grès qui forment le socle rocheux de la plus grande partie des îles fait de ces formations consolidées les meilleurs aquifères que l'on connaisse. Les résultats des épreuves de pompage permettent d'affirmer que l'exploitation de ces formations pourrait solutionner les problèmes d'alimentation de toutes les municipalités des îles.



M.R.N.Q. H-637 1969

Carte 637-G ÎLE DE L'ENTRÉE

L'eau souterraine est de qualité acceptable et peut, dans presque tous les cas, être utilisée à des fins domestiques et industrielles.

Pour préserver cette richesse essentielle à l'évolution de la région, il sera nécessaire de continuer de suivre régulièrement dans les puits d'observation en place les fluctuations des niveaux piézométriques afin d'éviter une surexploitation de la nappe. Il y aura lieu également de prélever périodiquement des échantillons d'eau dans les puits à fort débit afin de déterminer l'indice de salinité, et, si celui-ci augmente, il faudra alors soit diminuer le taux de pompage afin d'éviter une invasion possible de l'eau de mer. Un levé géophysique (résistivité) serait également très utile pour déterminer la position actuelle du front eau douce — eau salée. Des mesures ultérieures, après quelques années d'exploitation, permettraient de déterminer avec plus de certitude s'il y a réellement une invasion de ce front salé.

BIBLIOGRAPHIE

- B.A.E.Q. (1966) Esquisse du plan, les Iles-de-la-Madeleine, tomes 1 et 2.
- B.R.G.M. (1966) Chronique d'hydrogéologie, N° 9. Editions B.R.G.M.
- BROWN, R.-M., MERRIT (1967) Tritium and other Tracers in the Hydrologic Cycle, International Conference on Water for Peace, P/467.
- CASTANY, G. (1963) Traité pratique des eaux souterraines, Dunod, Paris 1963.
- DESSUREAULT, R. (1965) Levé hydrogéologique à Havre-Aubert, comté des Iles-de-la-Madeleine, rapport N° 658 (pas publié), M.N.R., province de Québec.
- DESSUREAULT, R. (1967) Ressources en eau potable et problème d'alimentation aux Iles-de-la-Madeleine, Conférence internationale pour l'eau et la paix. Washington, P/461.
- DEWIEST, R.-J.-M. (1965) Geohydrology, John Willey and Sons, New York.
- DEWIEST, R.-J.-M., DAVIS, S. (1966) Hydrogeology, John Willey and Sons, New York.
- FARVOLDEN, R.-N., MENELEY, W.-A.,
LEBRETON, E.G., LENNOX, D.H., MEYBOOM, P. (1963) Early Contributions to Ground-Water Hydrology of Alberta, Research Council of Alberta, Bulletin 12.
- FOLK, R.-L. (1964) A Review of Grain-Size Parameters, Sedimentology, 6 (1966), 73 — 93.
- HAMELIN, L.-E. (1958) Sable et mer aux Iles-de-la-Madeleine, min. de l'Industrie et du Commerce, province de Québec.
- I.A.E.A. (1963) Radioisotopes in Hydrology, International Atomic Energy Agency, Vienna.
- KOHOUT, F.-A., KLEIN, H. (1967) Effect of Pulse Recharge on the Zone of Diffusion in the Biscayne Aquifer. Symposium of Haifa (1967).
- LAW, L.-S., MINK, J.-F. (1967) A Step in optimizing the Development of the Basalt Water Lens of Southern O.A.H.H., Hawai, Symposium of Haifa, pp. 500 — 508.
- LE BRETON, E.-G. (1963) Groundwater Geology and Hydrology of East-Central Alberta, Research Council of Alberta, Bulletin 13.
- MAWSON, C.-A. (1964) Survey of Hydrological Applications of Tracers in Canada. Papers presented by Canada to third U.N. International Conference on the peaceful uses of atomic Energy, Geneva, (1964).
- MOUSSU, H., DEBUISSON, J. (1966) Etude expérimentale d'un équilibre eaux douces — eaux salées, sur le rivage maritime de Malika, près de Dakar (Sénégal), bulletin du B.R.G.M. N° 1, 1966.
- MOUSSU, H., MARTIN, A. (1966) Etude de la nappe de Selikotane. Interprétation des deux dernières années d'observation. Congrès géologique international (1966).

- NIR, A. (1964) On the Interpretation of Tritium Age. Measurements of Groundwater, Journal of Geophysical Research, Vol. 69, N° 12.
- O.M.S. (1965) Normes Internationales pour l'Eau de Boisson, Organisation Mondiale de la Santé, Genève.
- REVELLE, R. (1941) Criteria for Recognition of Sea-Water in Groundwater, Trans. Amer. Geophysical Union, vol. 22, pp. 593 — 597.
- ROY, R. (1961) Relevé hydrogéologique à Cap-aux-Meules, rapport N° 453 (pas publié), M.R.N., province de Québec.
- SCHOELLER, H. (1962) Les Eaux Souterraines, Masson, Paris 1962.
- TAYLOR, O.-J. (1965) Ground-Water Resources Along Ceda Creek Anticline in Eastern Montana, Montana Bureau of Mines and Geology, Memoir 40.
- TREMBLAY, J.-J. (1962) An aquifer Test, St-Lazare, Vaudreuil Map-Area, Québec.
- TREMBLAY, J.-J. (1968) La Géochimie des Eaux souterraines de la région de Beloeil, Geological Association of Canada, vol. 19, April 1968.
- VILLENEUVE, G.-O. (1967) Aperçu climatique des Iles-de-la-Madeleine, rapport M-21, M.R.N., province de Québec.
- WENTWORTH, C.-K. (1951) Le procès d'envahissement par l'eau salée et son déroulement, A.I.H.S. Bruxelles, 1951.
- WENTWORTH, C.-K. (1966) Ground Water and Wells, Edward E. Johnson Inc., St-Paul, Minnesota.

APPENDICE A

CAROTTAGE DES PUIITS DE POMPAGE

PUITS DE GRANDE-ENTREE No 1 (CARTE 637-F)

0 — 2'	: Argile brune
2' — 9'	: Sable rouge contenant des cailloux
9' — 90'	: Grès rouge, tendre, interstratifié de petits lits de grès brun plus durs
90' — 120'	: Grès rouge, tendre
120' — 135'	: Grès rouge plus grossier; perte de circulation lors du forage
135' — 150'	: Grès rouge, tendre
150'	: Idem

PUITS DE HAVRE-AUBERT (CARTE 637-C)

0 — 29'	: Mélange d'argile, de sable et de roc trituré
29' — 68'	: Grès gris à grain fin et petits lits de schiste argileux
68' — 72'	: Grès gris, très dur
72' — 79'	: Schiste argileux, gris et très tendre
79' — 88'	: Schiste argileux gris et rouge et petits lits de gypse
88' — 95'	: Gypse
95'	: Idem

PUITS VIGNEAU No 8 (CARTE 637-C)

0 — 20'	: Mélange d'argile, de sable et de roc trituré
20' — 45'	: Siltstone, très tendre
45' — 98'	: Grès rouge et gris, perte de circulation
98' — 105'	: Argilite rouge, perte de circulation
105' — 180'	: Siltstone rouge
180' — 240'	: Siltstone et argilite rouge interstratifiés de grès rouge
240'	: Idem

PUITS ETANG-DU-NORD No 20 (CARTE 637-E)

0 — 50'	: Argile rouge contenant des cailloux
50' — 105'	: Grès rouge et petits lits de gypse
105' — 150'	: Argilite et petits lits de grès rouge
150' — 185'	: Grès rouge et lits de grès bruns très durs
185' — 240'	: Grès rouge, lits de grès bruns très durs et argilites rouges
240'	: Idem

PUITS BOISVILLE No 25 (CARTE 637-E)

0 — 10'	: Roc trituré
10' — 38'	: Grès rouge à grain fin
38' — 90'	: Grès rouge et petits lits de gypse
90' — 120'	: Grès rouge, tendre
120' — 255'	: Grès rouge et petits lits de schiste argileux plus durs
255'	: Idem

PUITS HAVRE-AUX-MAISONS "A" (CARTE 637-D)

0 — 22'	: Mélange de sable, d'argile et de roc trituré
22' — 26'	: Grès gris, très dur
26' — 66'	: Grès gris interstratifié de schiste argileux
66' — 84'	: Siltstone rouge
84' — 92'	: Grès rouge à grain fin
92' — 114'	: Schiste argileux et siltstone rouge
114' — 140'	: Grès rouge, très dur et lits de schiste argileux
140' — 214'	: Argilite rouge et lits de grès rouge
214' — 220'	: Grès gris
220' — 240'	: Argilite interstratifiée de grès gris et de grès rouge
240'	: Idem

PUITS HAVRE-AUX-MAISONS "B" (CARTE 637-D)

0 — 20'	: Mélange d'argile rouge, de sable et de roc trituré
20' — 185'	: Grès rouge à grain fin
185'	: Perte de circulation (9 sacs de boue)
185' — 260'	: Grès rouge et lits d'argilite rouge
260'	: Idem

APPENDICE B

ÉPREUVE DE POMPAGE DU PUIXS ÉTANG-DU-NORD No 20

RABATTEMENT

Date: 8 au 11 septembre 1967 (72 heures)

Débit: 270 g.p.m.

$r_1 = 118$ pieds, $r_2 = 202$ pieds, $r_3 = 573$ pieds

PUITS D'OBSERVATION No 1		PUITS D'OBSERVATION No 2		PUITS D'OBSERVATION No 3	
temps (min.)	remontée (pi.)	temps (min.)	remontée (pi.)	temps (min.)	remontée (pi.)
0	0.00	0	0.00	0	0.00
1	0.00	1	0.00	1	0.00
2	0.10	2	0.00	2	0.00
3	0.29	3	0.07	3	0.00
4	0.62	4	0.14	4	0.01
5	0.89	5	0.26	5	0.01
6	1.12	6	0.29	6	0.02
7	1.38	7	0.44	7	0.02
8	1.60	8	0.52	8	0.02
9	1.82	9	0.58	9	0.02
10	2.025	10	0.67	10	0.03
12	2.20	12	0.79	12	0.02
15	2.81	15	0.99	16	0.04
20	3.40	20	1.25	20	0.04
25	3.80	25	1.47	25	0.06
30	4.28	30	1.71	30	0.09
40	4.92	40	2.05	35	0.10
50	5.40	50	2.32	40	0.14
60	5.60	60	2.63	50	0.22
80	6.46	80	3.13	60	0.30
100	6.98	100	3.52	70	0.36
120	7.57	120	3.35	80	0.44
150	8.28	150	4.4	100	0.56
180	8.72	180	4.86	120	0.74
200	8.99	200	5.07	150	0.85
250	9.59	250	5.57	180	1.04
300	9.93	300	5.83	200	1.12
350	10.21	350	6.11	250	1.37
400	9.26	400	(5.89)	300	1.49
450	10.6	450	6.17	350	1.62
500	10.59	500	6.3	400	1.69
600	10.99	600	6.38	450	1.64
700	11.35	700	6.98	500	1.60
800	11.68	800	7.31	600	1.80
900	11.78	900	7.55	700	2.05
1000	12.11	1000	7.77	800	2.14
1200	12.47	1200	8.07	900	2.22
1500	13.18	1500	8.56	1000	2.29
2000	13.68	2000	9.17	1200	2.42
2500	14.62	2500	9.69	1500	2.64
3000	14.75	3000	10.08	2000	2.99
3500	15.09	3500	10.27	2500	3.32
4000	15.58	4000	10.60	3000	3.51
4320	15.74	4320	10.78	3500	3.78
				4000	3.92
				4320	4.11

ÉPREUVE DE POMPAGE DU Puits ÉTANG-DU-NORD No 20

REMONTÉE

Date: 11 au 14 septembre 1967 (72 heures)

Débit: 270 g.p.m.

$r_1 = 118$ pieds, $r_2 = 202$ pieds, $r_3 = 573$ pieds

PUITS D'OBSERVATION No 1		PUITS D'OBSERVATION No 2		PUITS D'OBSERVATION No 3	
temps (min.)	rabattement (pi.)	temps (min.)	rabattement (pi.)	temps (min.)	rabattement (pi.)
0	0.00	0	0.00	0	0.00
1	0.01	1	0.01	1	0.00
2	0.03	2	0.02	2	0.00
3	0.12	3	0.04	3	0.00
4	0.27	4	0.07	4	0.00
5	0.27	5	0.10	5	0.00
6	0.39	6	0.13	6	0.00
7	0.48	7	0.19	7	0.00
8	0.58	8	0.23	8	0.00
9	0.69	9	0.25	9	0.00
10	0.81	10	0.26	10	0.00
11	0.91	12	0.35	12	0.00
12	1.00	15	0.45	15	0.00
15	1.31	20	0.58	20	0.00
20	1.77	25	0.69	25	0.01
25	2.08	30	0.79	30	0.01
30	2.39	35	0.88	35	0.01
35	2.66	40	0.99	40	0.02
40	2.92	45	1.14	45	0.03
45	3.23	50	1.32	50	0.04
50	3.36	60	1.525	60	0.08
60	3.69	70	1.74	70	0.11
70	4.01	80	1.81	80	0.15
80	4.30	90	2.08	90	0.17
90	4.56	120	2.37	100	0.22
120	5.00	150	3.01	120	0.34
150	5.67	200	3.48	150	0.47
200	6.40	250	3.83	200	0.63
250	6.87	300	4.17	250	0.755
300	7.29	350	4.44	300	0.96
350	7.64	400	4.68	350	0.99
400	7.98	450	4.93	400	1.12
450	8.24	500	5.14	450	1.22
500	8.48	600	5.47	500	1.38
600	8.85	700	6.04	600	1.51
700	9.37	800	6.16	700	2.00
800	9.59	900	6.28	800	1.84
900	9.85	1000	6.33	900	1.94
1000	10.03	1200	7.195	1000	2.09
1300	10.85	1500	7.305	1200	2.32
1500	11.17	2000	7.91	1500	2.44
2000	11.83	2500	14.85	2000	2.74
2400	12.265	3000	8.65	2500	2.97
3000	12.75	3500	8.87	3000	3.14
3500	13.03	4320	9.195	3500	3.25
4320	13.42			4320	3.39

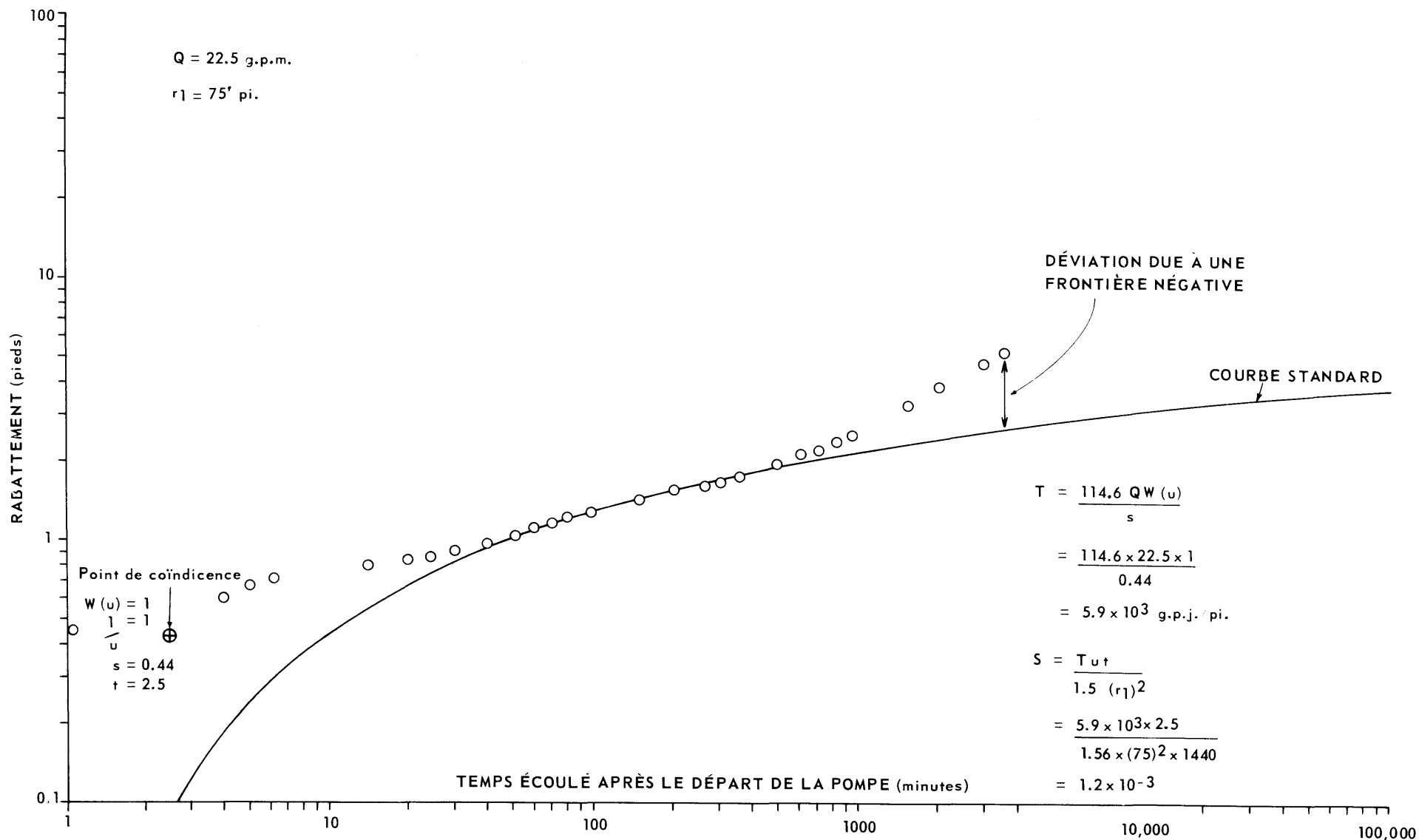
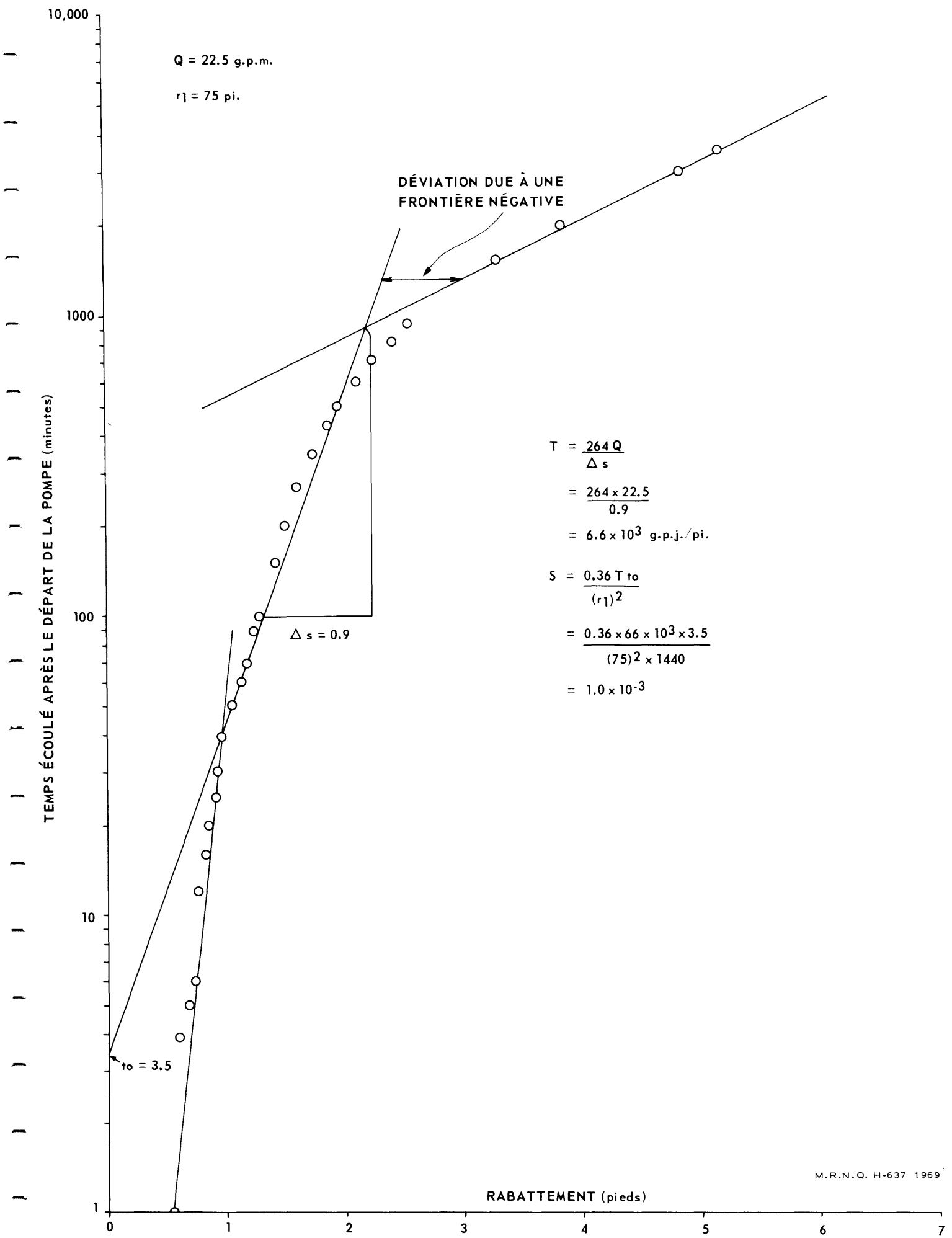


Figure 21 COURBE RABATTEMENT-TEMPS (THEIS), PUIITS D'OBSERVATION No 1 HAYRE-AUBERT



M.R.N.Q. H-637 1969

Figure 22 COURBE RABATTEMENT-TEMPS (JACOB), PUIITS D'OBSERVATION No 1 HAVRE-AUBERT

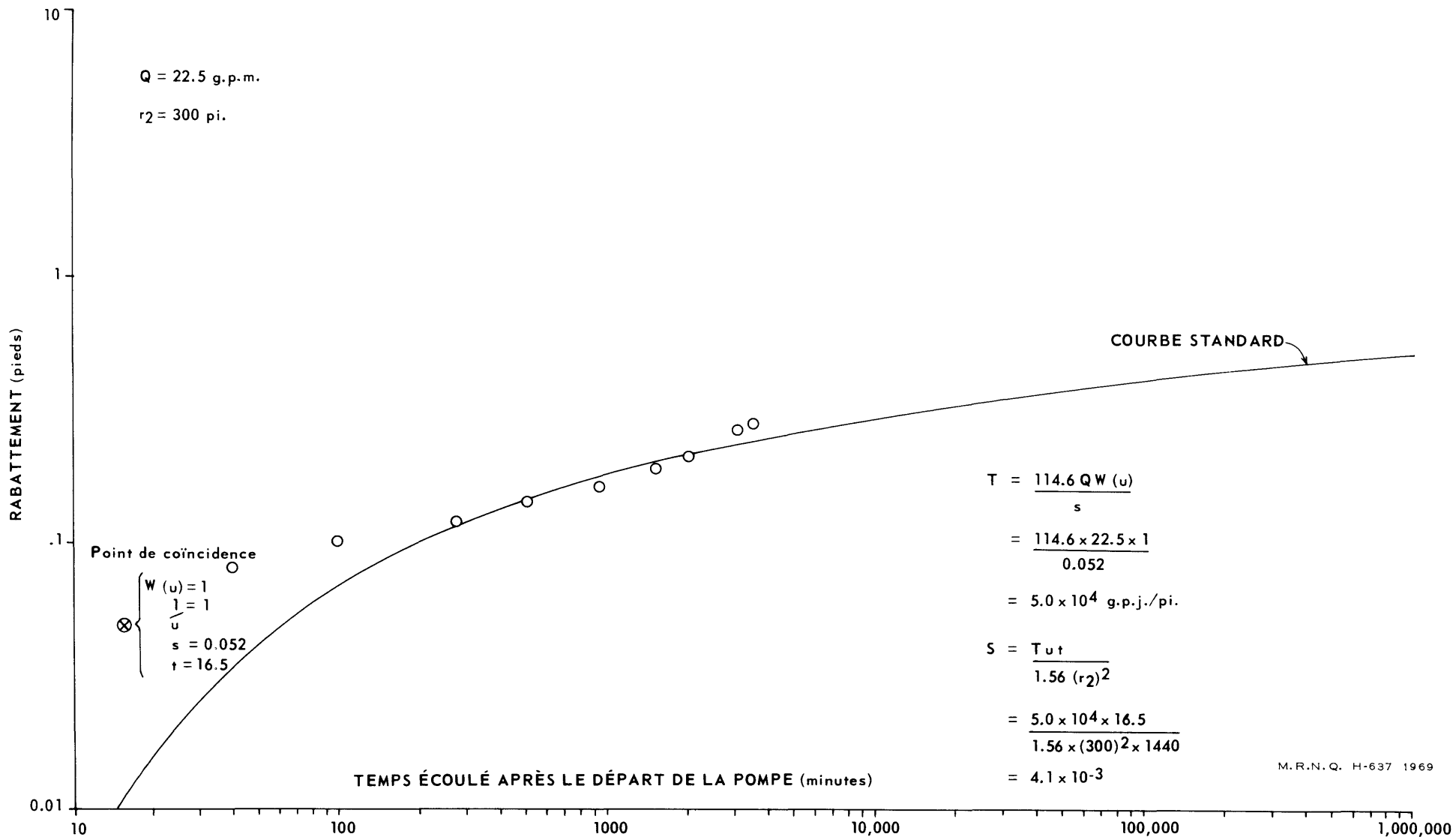


Figure 23 COURBE RABATTEMENT-TEMPS (THEIS), PUIS D'OBSERVATION No 2 HAYRE-AUBERT

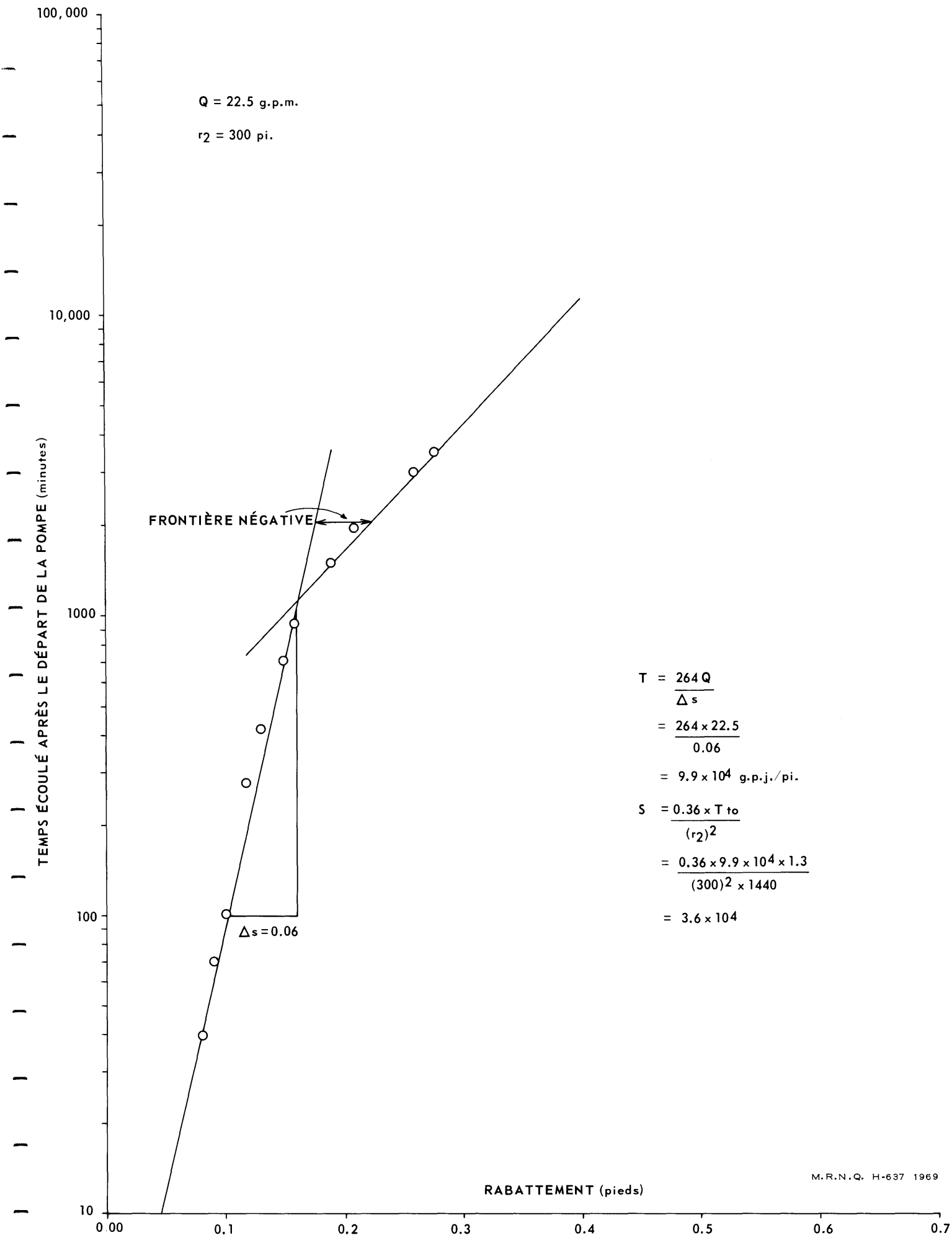


Figure 24 COURBE RABATTEMENT-TEMPS (JACOB), PUIS D'OBSERVATION No 2 HAYRE-AUBERT

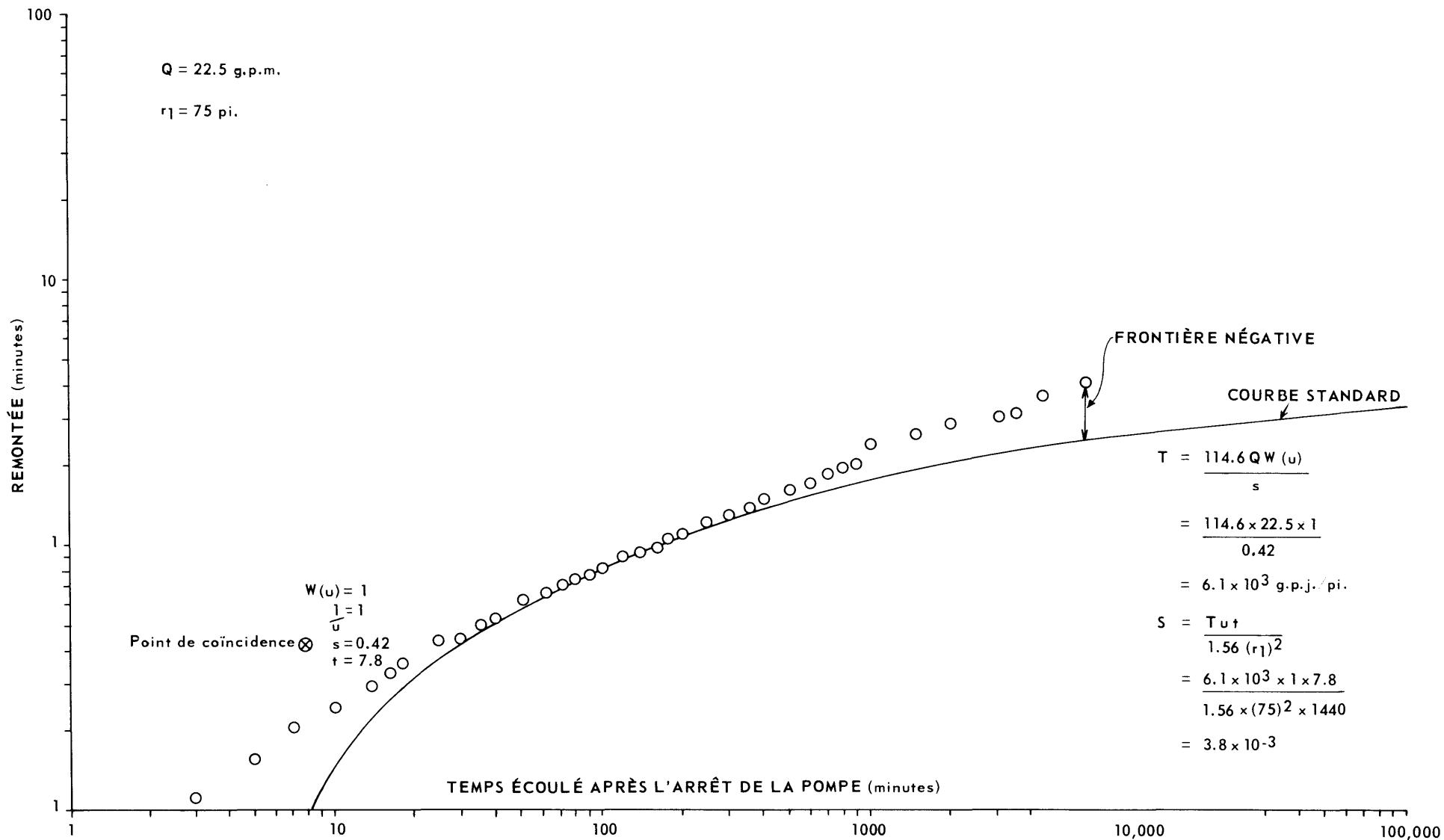
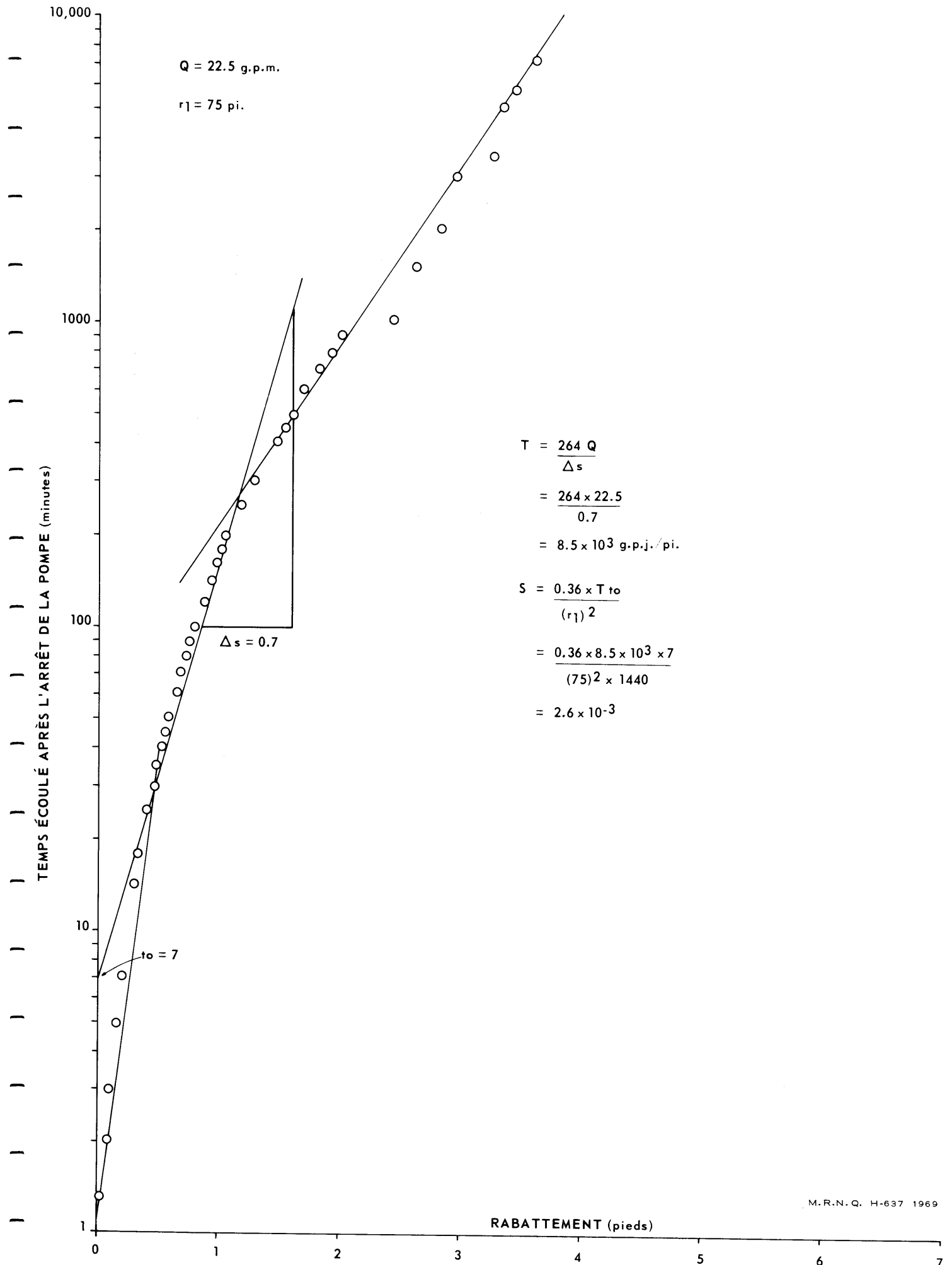


Figure 25 COURBE REMONTÉE-TEMPS (THEIS), PUIS D'OBSERVATION N° 1 HAVRE-AUBERT



M.R.N.Q. H-637 1969

Figure 26 COURBE REMONTÉE-TEMPS (JACOB), PUIXS D'OBSERVATION N° 1 HAYRE-AUBERT

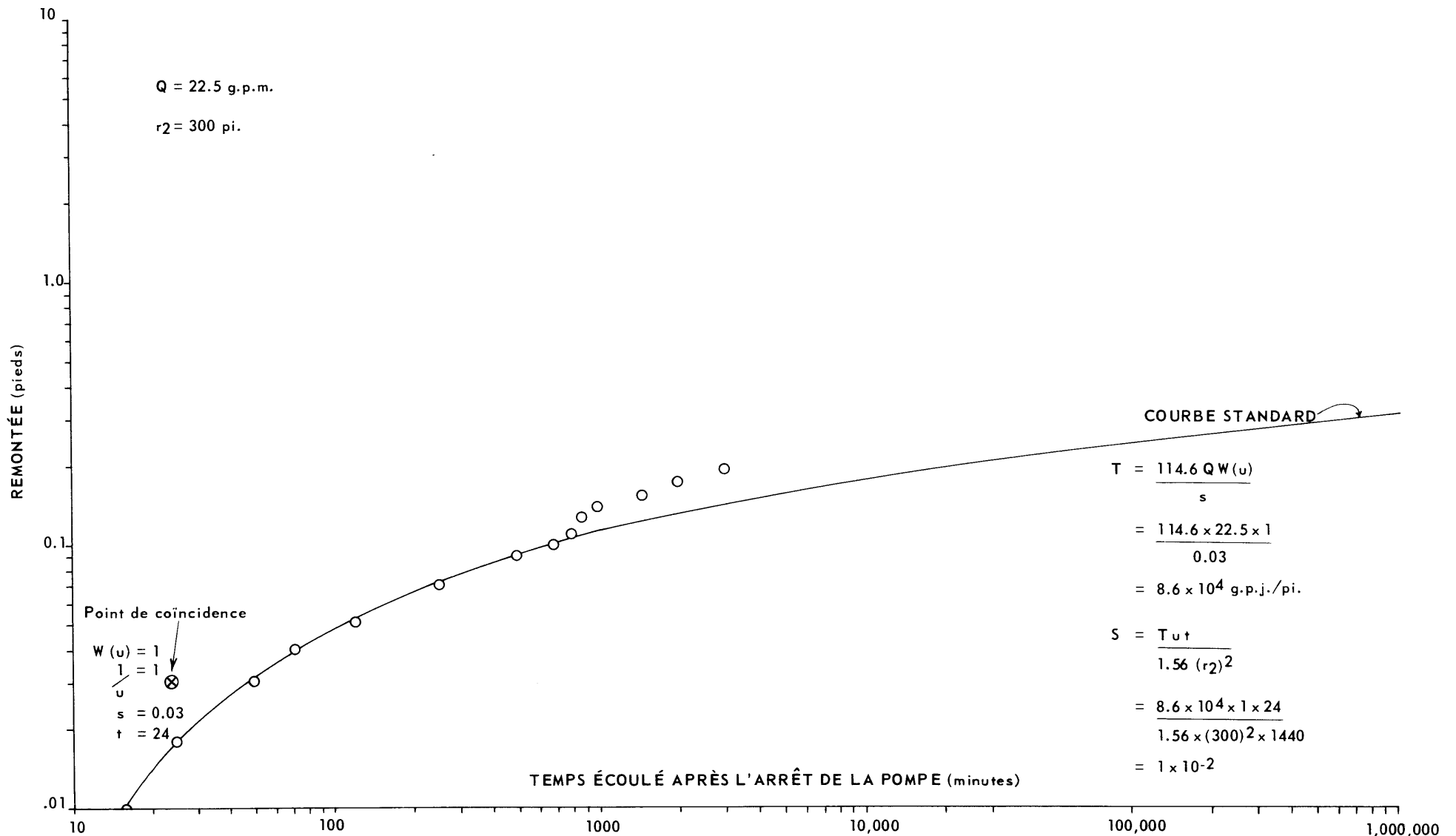


Figure 27 COURBE REMONTÉE-TEMPS (THEIS), PUIS D'OBSERVATION No 2 HAVRE-AUBERT

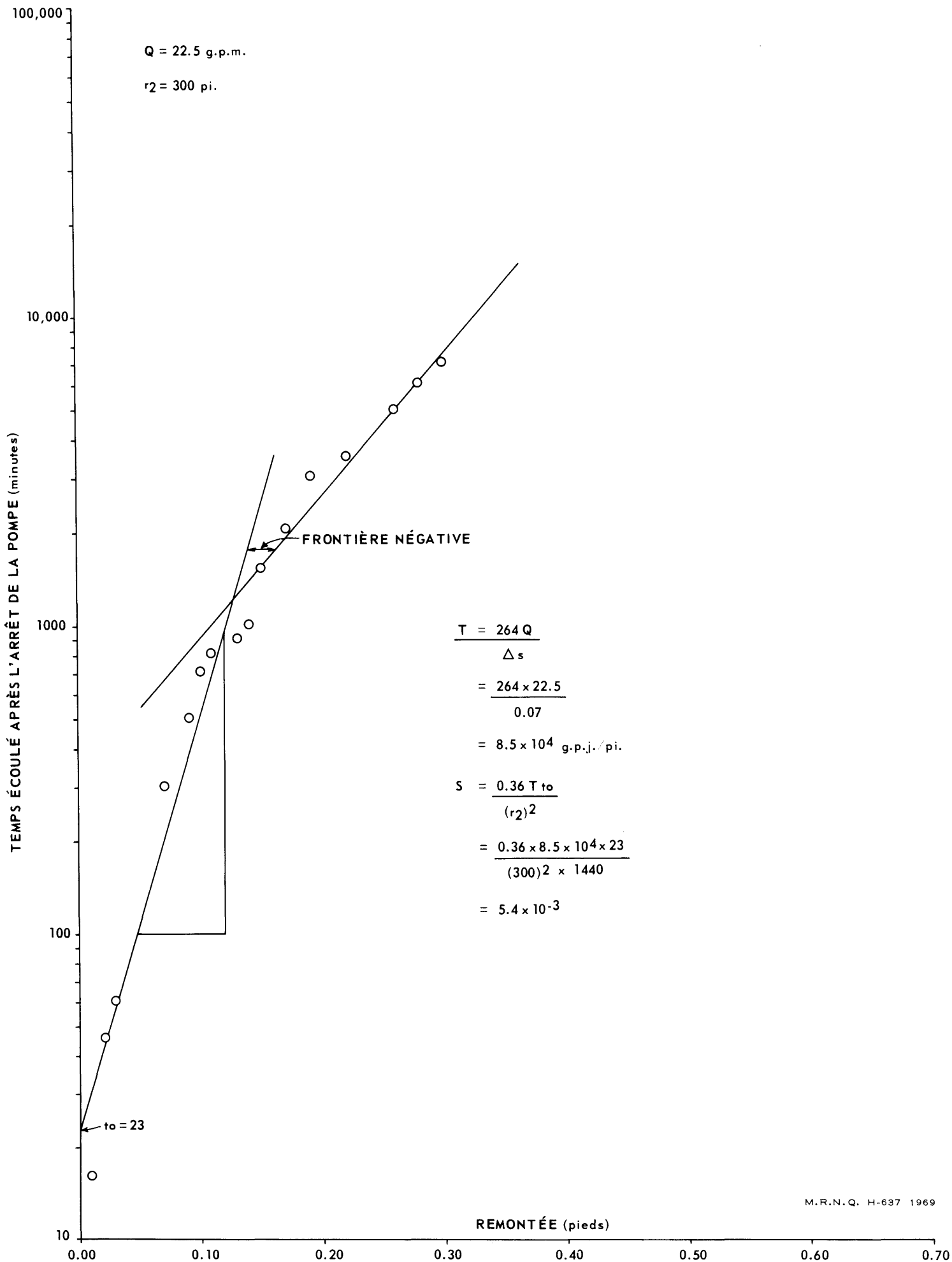


Figure 28 COURBE REMONTÉE-TEMPS (JACOB), PUIXS D'OBSERVATION No 2 HAYRE-AUBERT

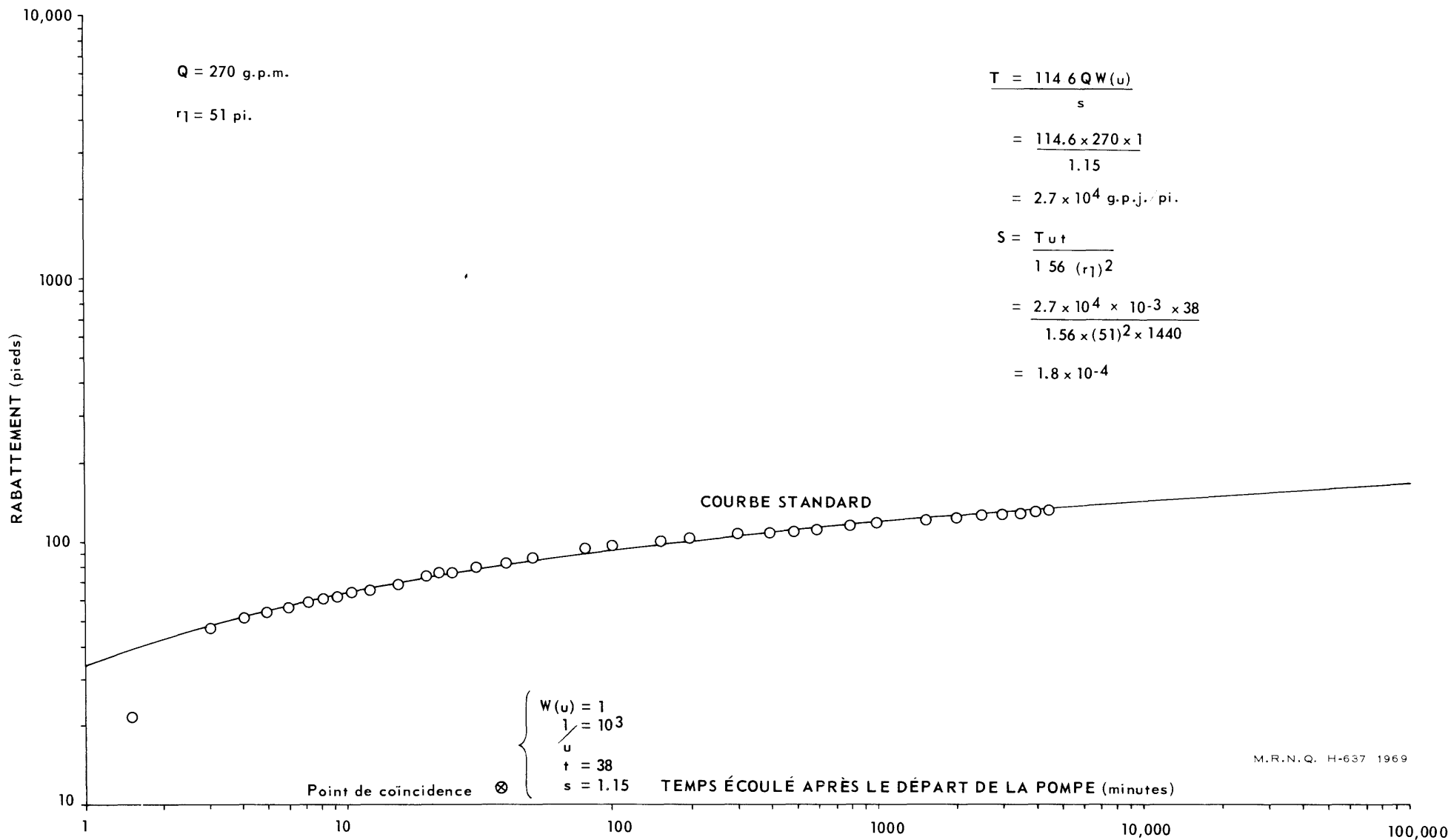
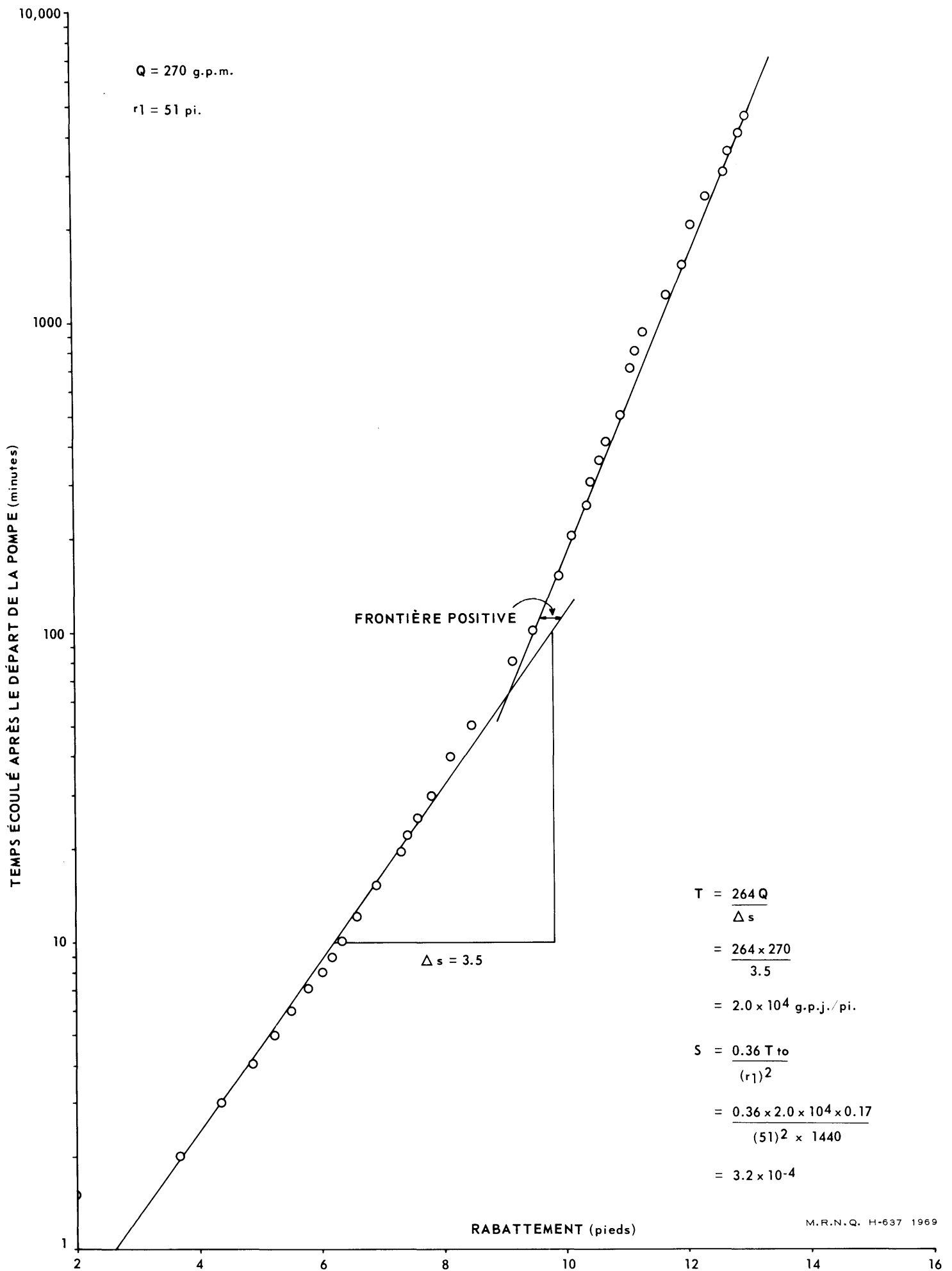


Figure 29 COURBE RABATTEMENT-TEMPS (THEIS), PUIS D'OBSERVATION No 1 VIGNEAU



$$T = \frac{264 Q}{\Delta s}$$

$$= \frac{264 \times 270}{3.5}$$

$$= 2.0 \times 10^4 \text{ g.p.j./pi.}$$

$$S = \frac{0.36 T t_0}{(r_1)^2}$$

$$= \frac{0.36 \times 2.0 \times 10^4 \times 0.17}{(51)^2 \times 1440}$$

$$= 3.2 \times 10^{-4}$$

Figure 30 COURBE RABATTEMENT-TEMPS (JACOB), PUIITS D'OBSERVATION No 1 VIGNEAU

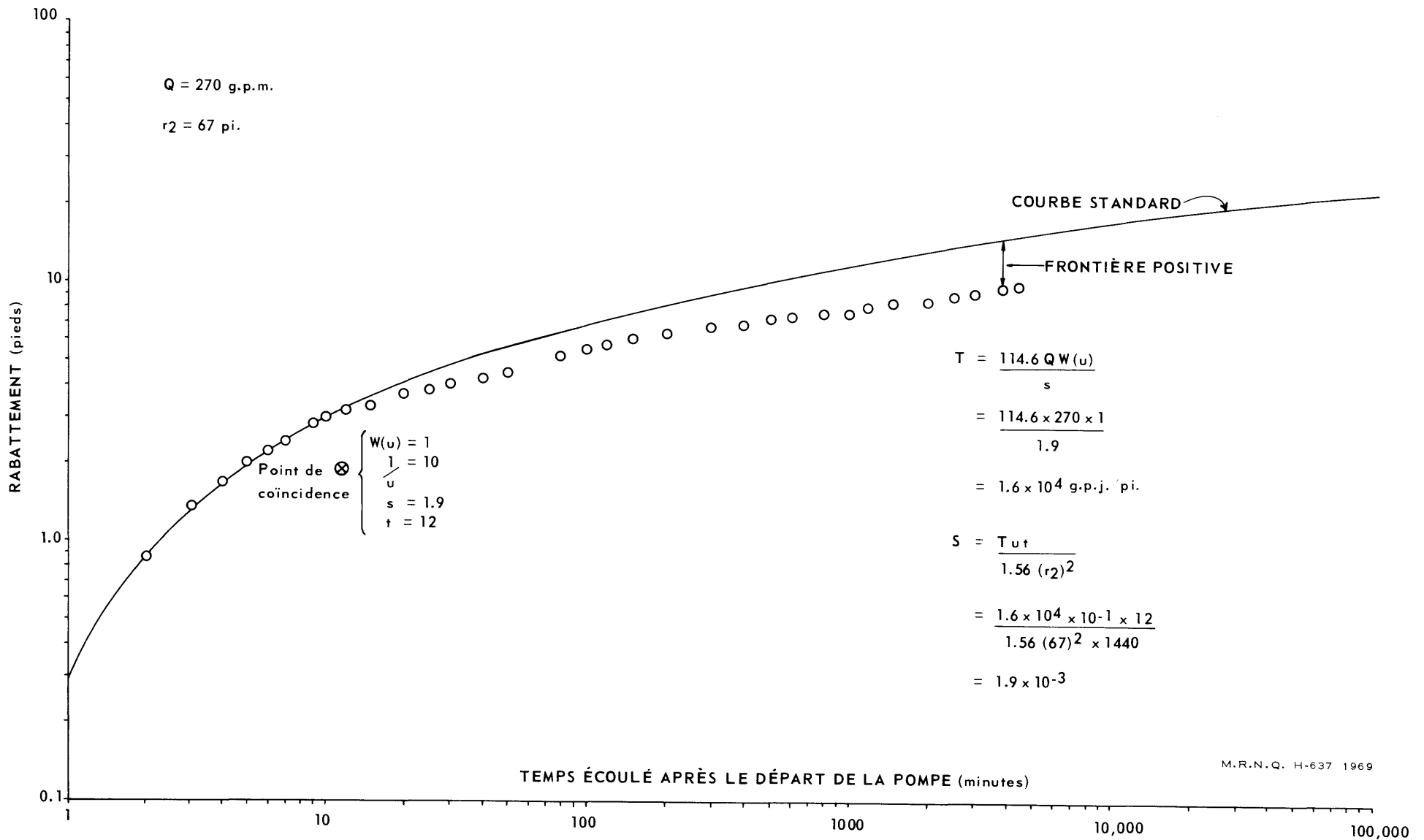


Figure 31 COURBE RABATTEMENT-TEMPS (THEIS), PUIITS D'OBSERVATION No 2 VIGNEAU

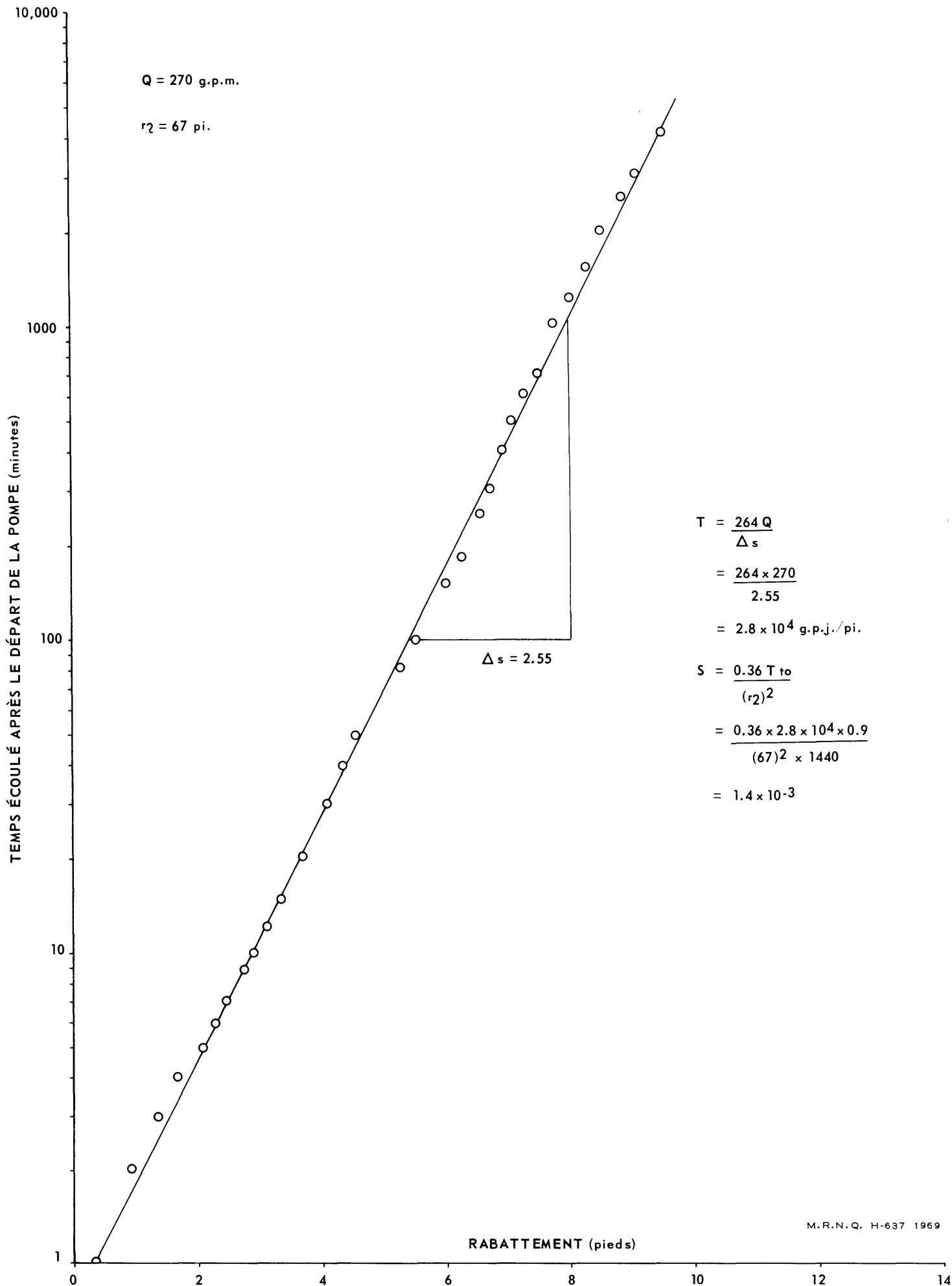


Figure 32 COURBE RABATTEMENT (JACOB), PUIXS D'OBSERVATION No 2 VIGNEAU

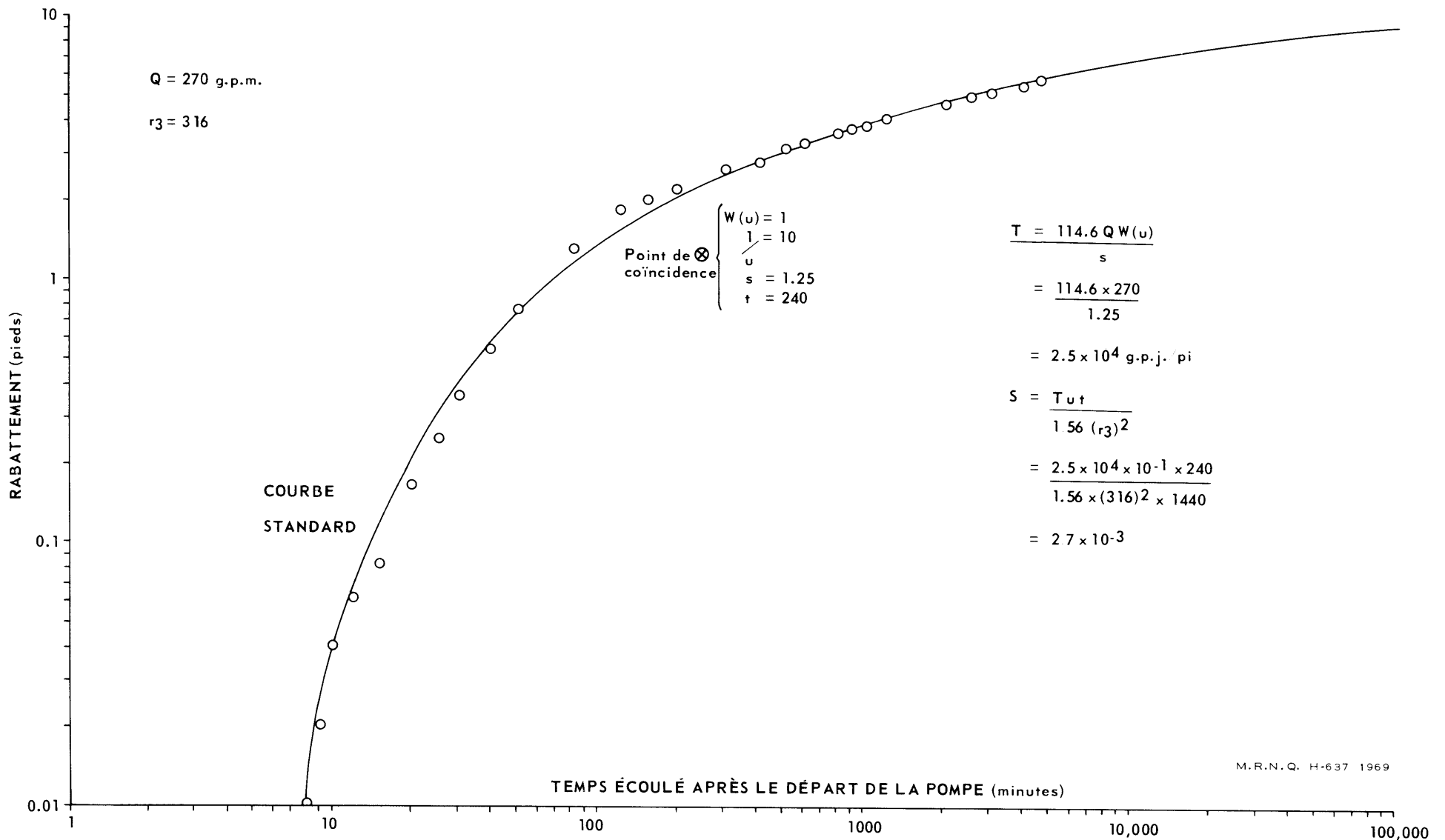


Figure 33 COURBE RABATTEMENT-TEMPS (THEIS), PUIITS D'OBSERVATION No 3 VIGNEAU

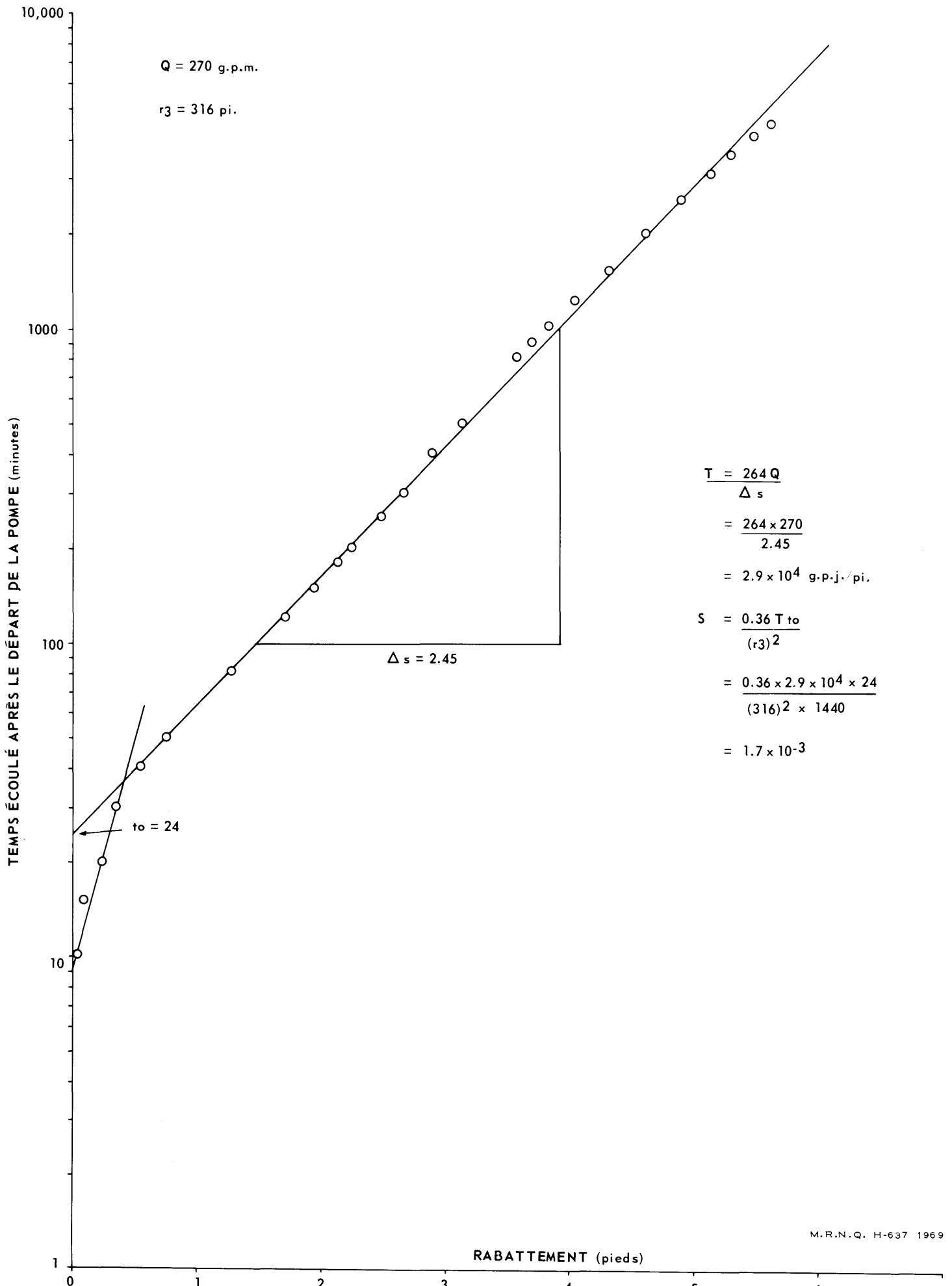


Figure 34 COURBE RABATTEMENT-TEMPS (JACOB), PUIITS D'OBSERVATION No 3 VIGNEAU

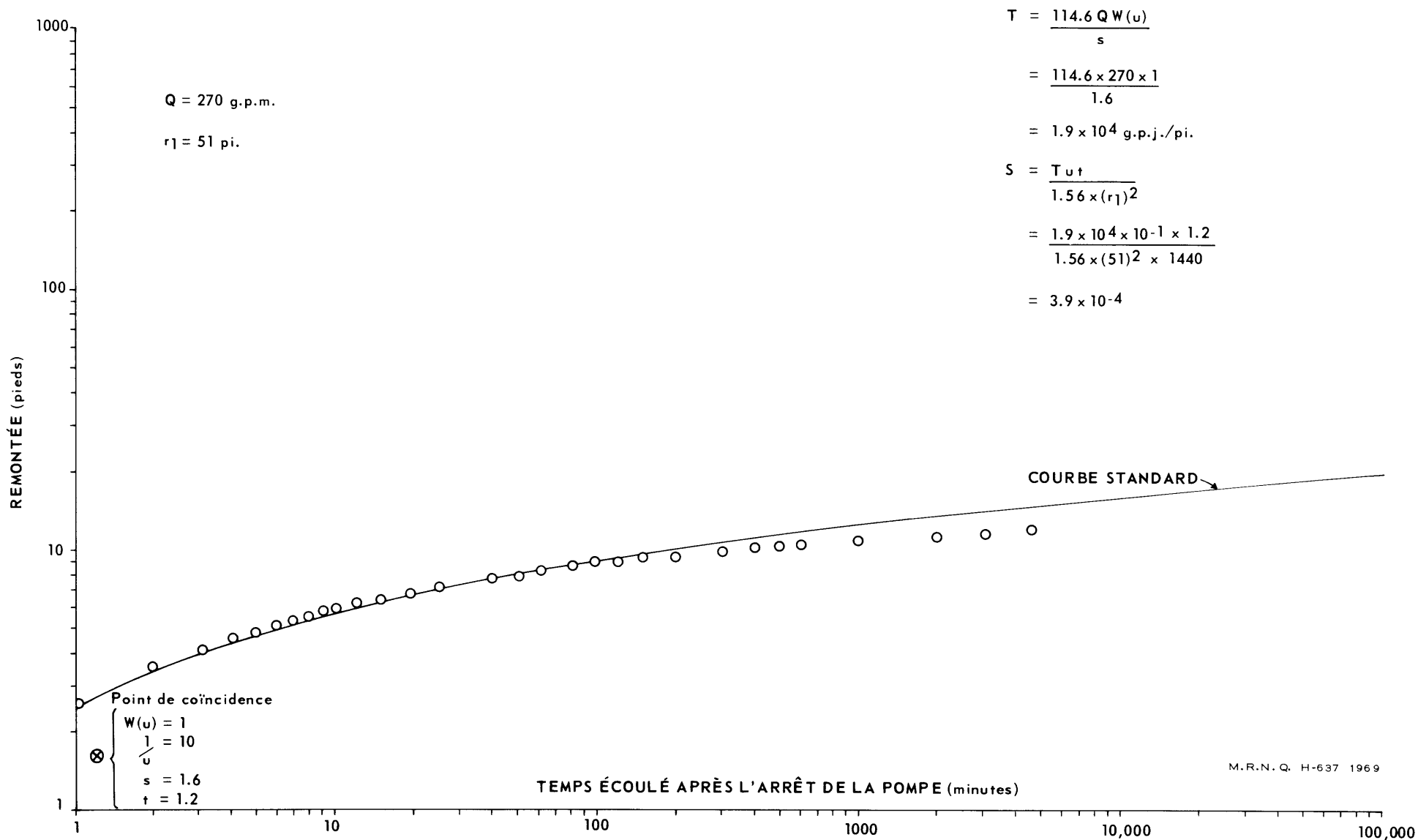
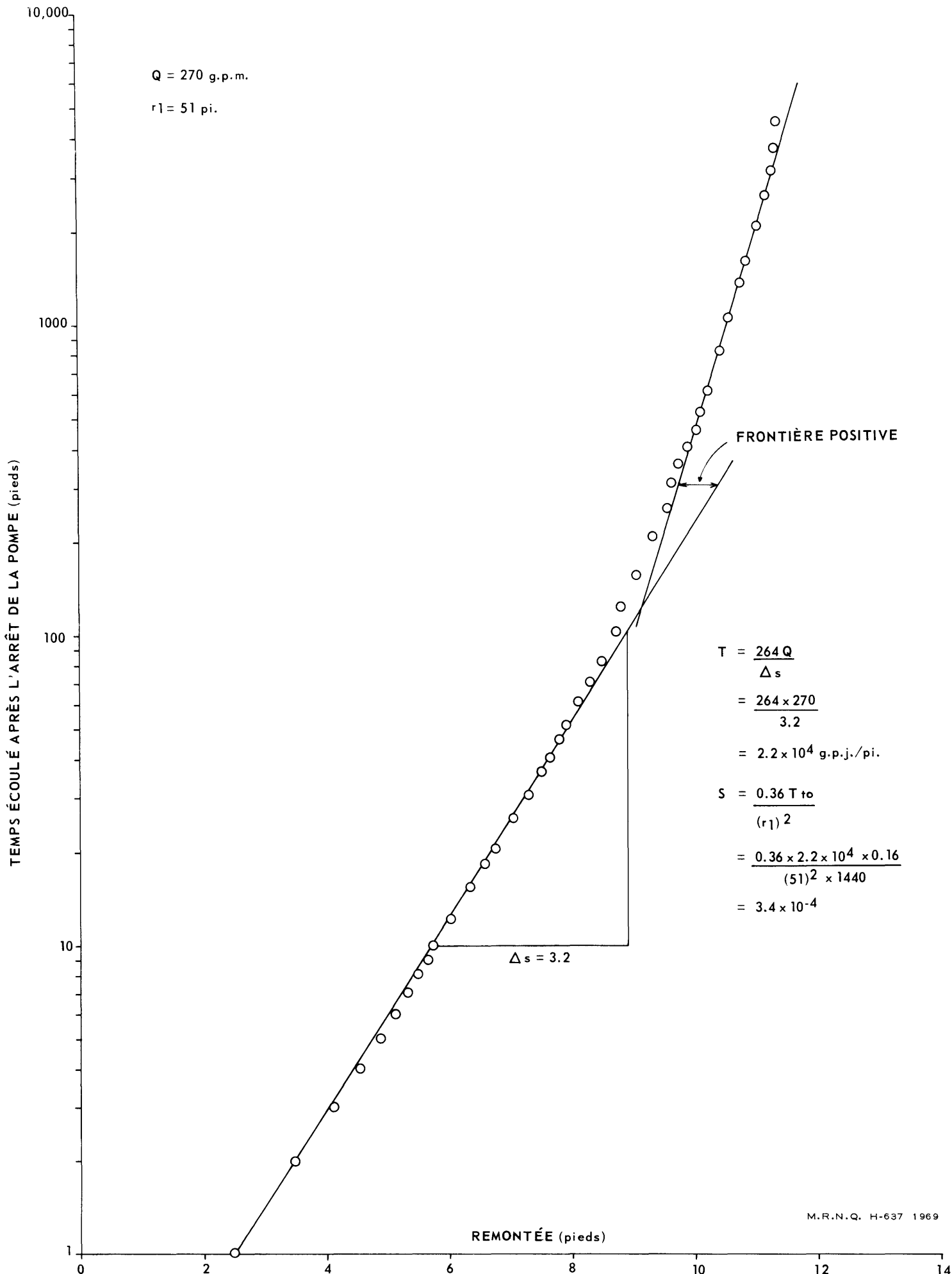


Figure 35 COURBE REMONTÉE-TEMPS (THEIS), Puits d'Observation No 1 VIGNEAU



M.R.N.Q. H-637 1969

Figure 36 COURBE REMONTÉE-TEMPS (JACOB), PUIITS D'OBSERVATION No 1 VIGNEAU

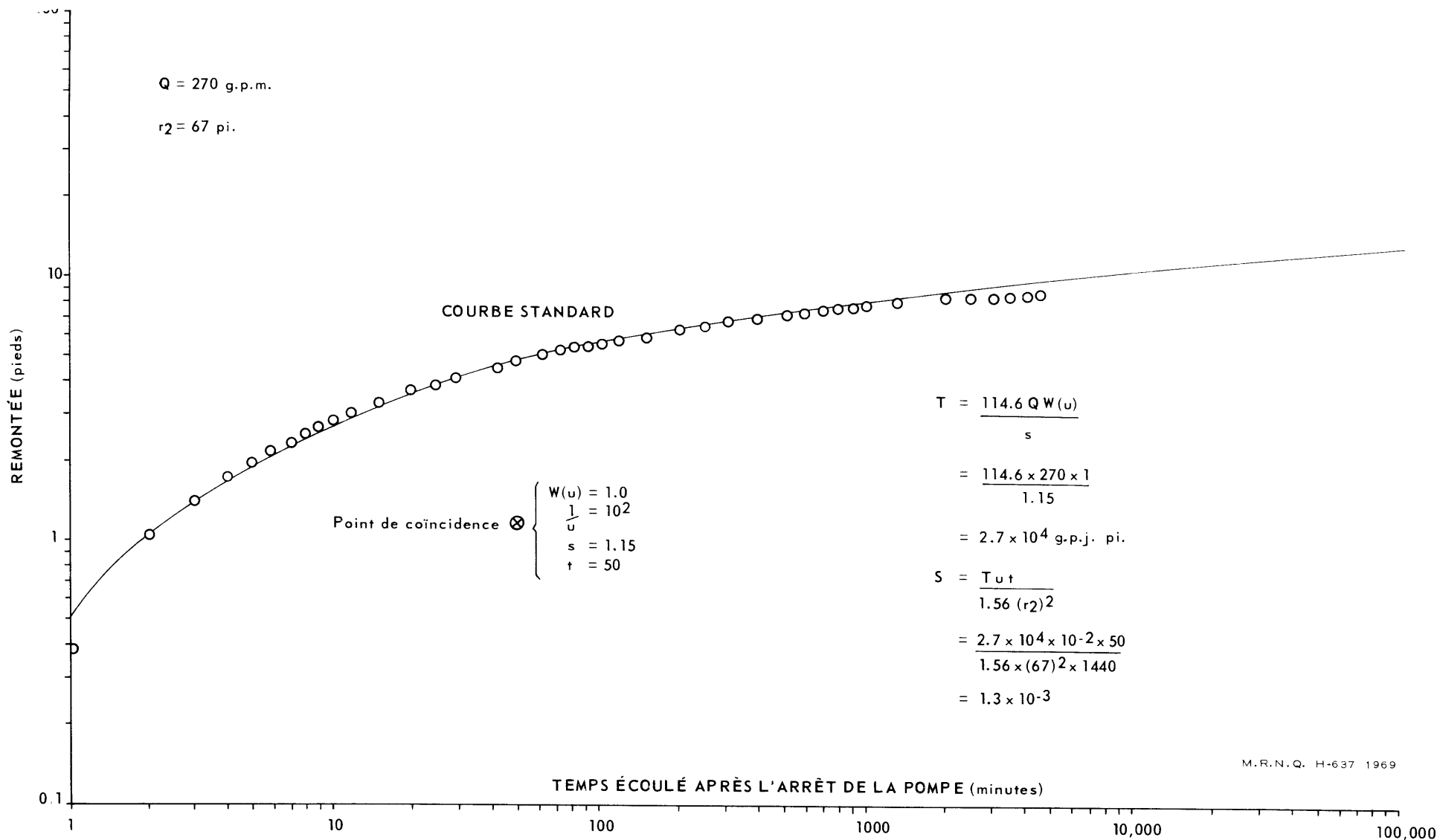


Figure 37 COURBE REMONTEE-TEMPS (THEIS), PUIITS D'OBSERVATION No 2 VIGNEAU

Q = 270 g.p.m.

r₂ = 67 pi.

TEMPS ÉCOULÉ APRÈS L'ARRÊT DE LA POMPE (minutes)

FRONTIÈRE POSITIVE

$$T = \frac{264 Q}{\Delta s}$$
$$= \frac{264 \times 270}{2.9}$$
$$= 2.5 \times 10^4 \text{ g.p.j./pi.}$$
$$S = \frac{0.36 T t_0}{(r_2)^2}$$
$$= \frac{0.36 \times 2.5 \times 10^4 \times 1}{(67)^2 \times 1440}$$
$$= 1.4 \times 10^{-3}$$

$\Delta s = 2.9$

t₀ = 1.0

REMONTÉE (pieds)

M.R.N.Q. H-637 1969

Figure 38 COURBE REMONTÉE-TEMPS (JACOB), PUIITS D'OBSERVATION N° 2 VIGNEAU

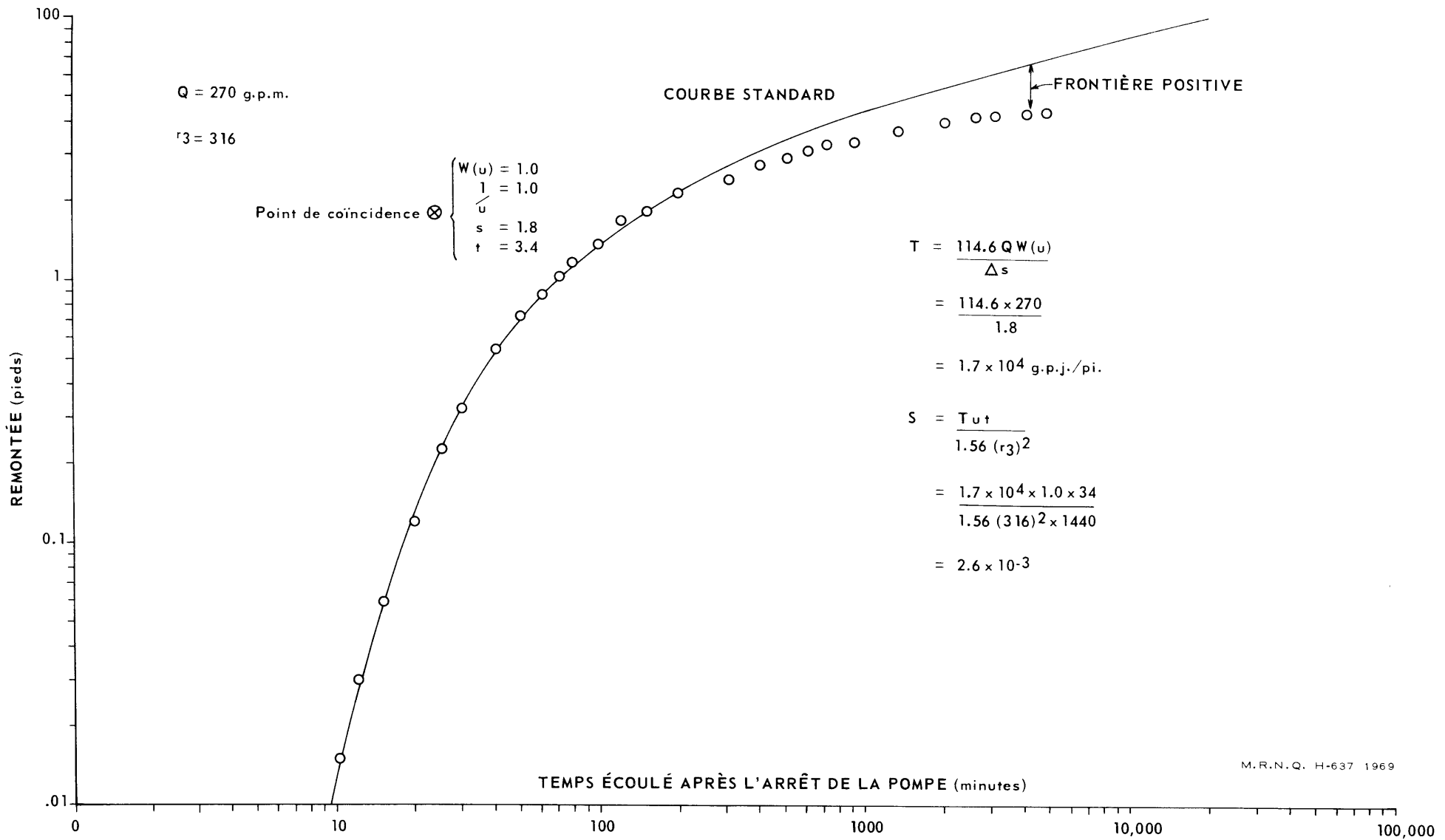


Figure 39 COURBE REMONTÉE-TEMPS (THEIS), PUIS D'OBSERVATION No 3 VIGNEAU

Q = 270 g.p.m.

r₃ = 316 pi.

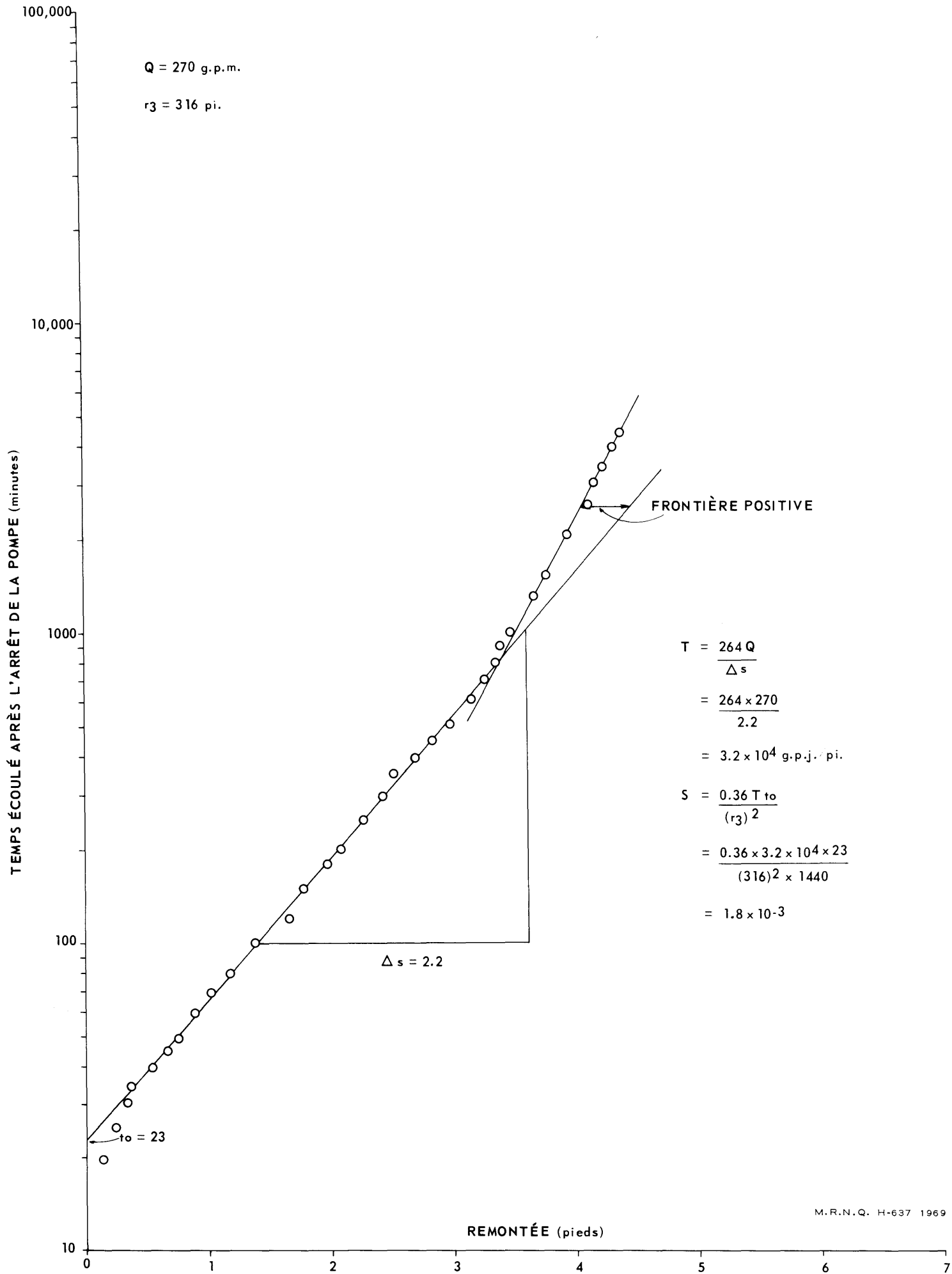


Figure 40 COURBE REMONTÉE-TEMPS (JACOB), PUIITS D'OBSERVATION N° 3 VIGNEAU

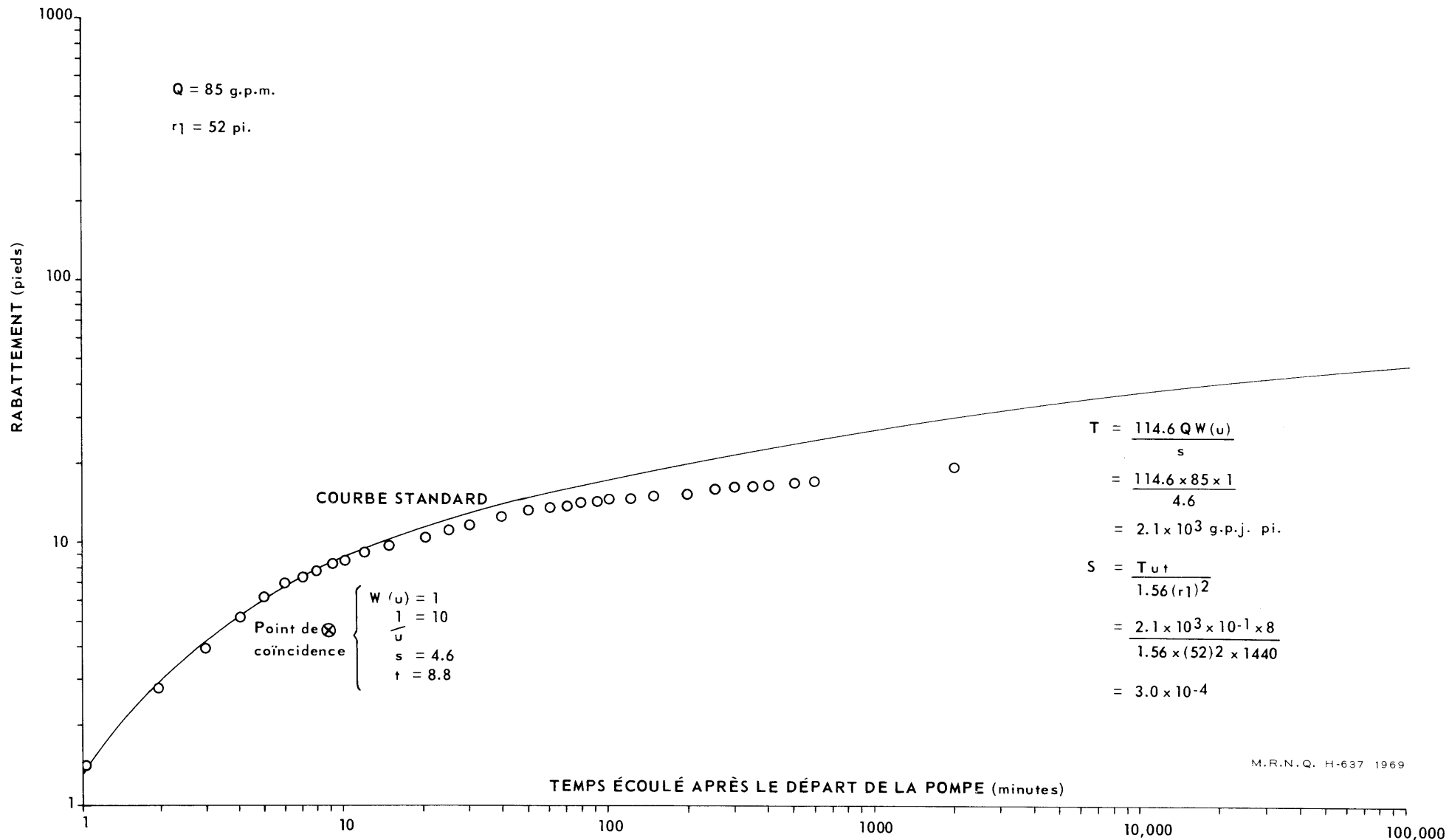


Figure 41 COURBE RABATTEMENT-TEMPS (THEIS), PUIS D'OBSERVATION No 1 HAYRE-AUX-MAISONS (A)

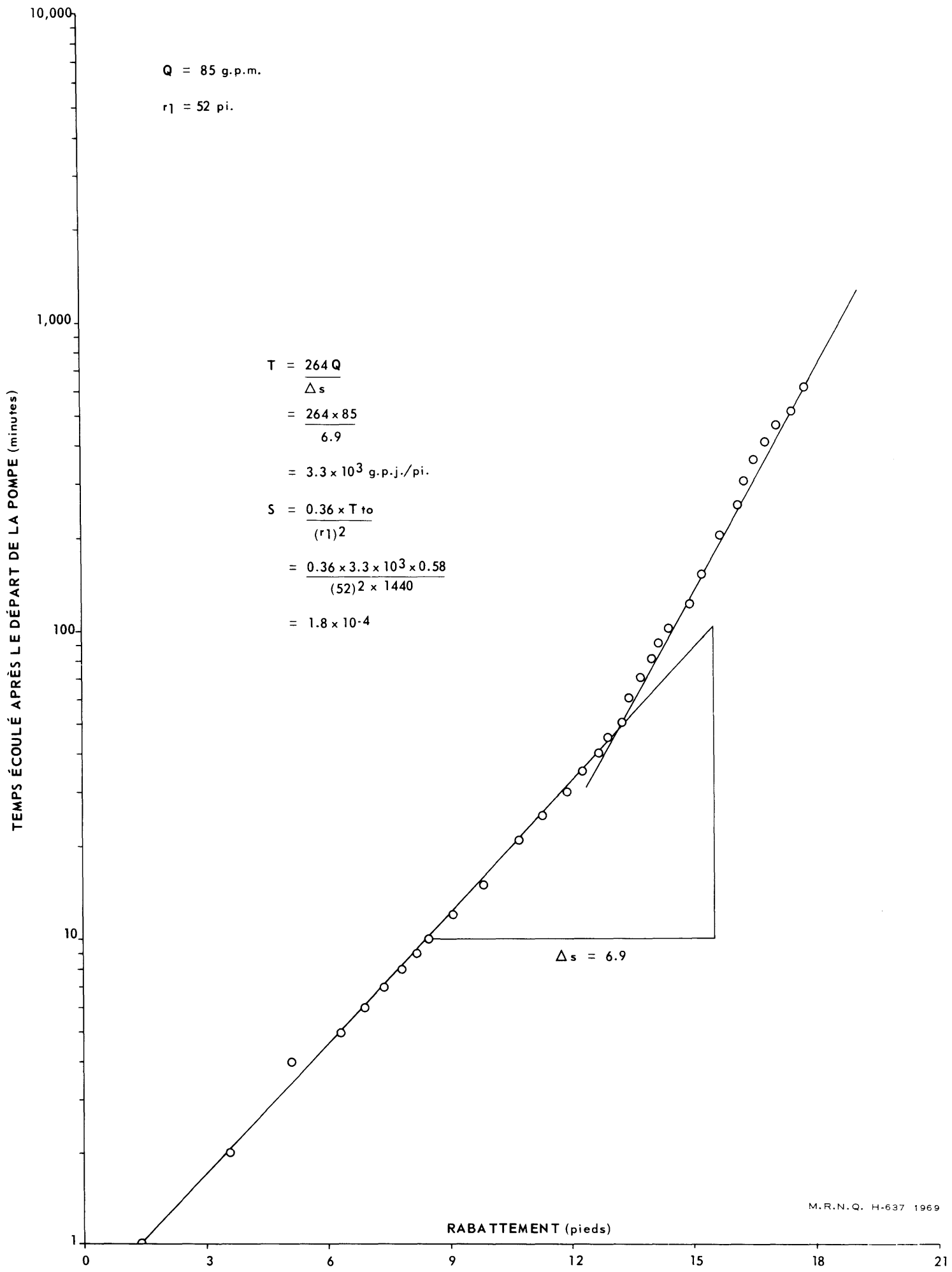


Figure 42 COURBE RABATTEMENT-TEMPS (JACOB), PUIITS D'OBSERVATION No 1 HAVRE-AUX-MAISONS (A)

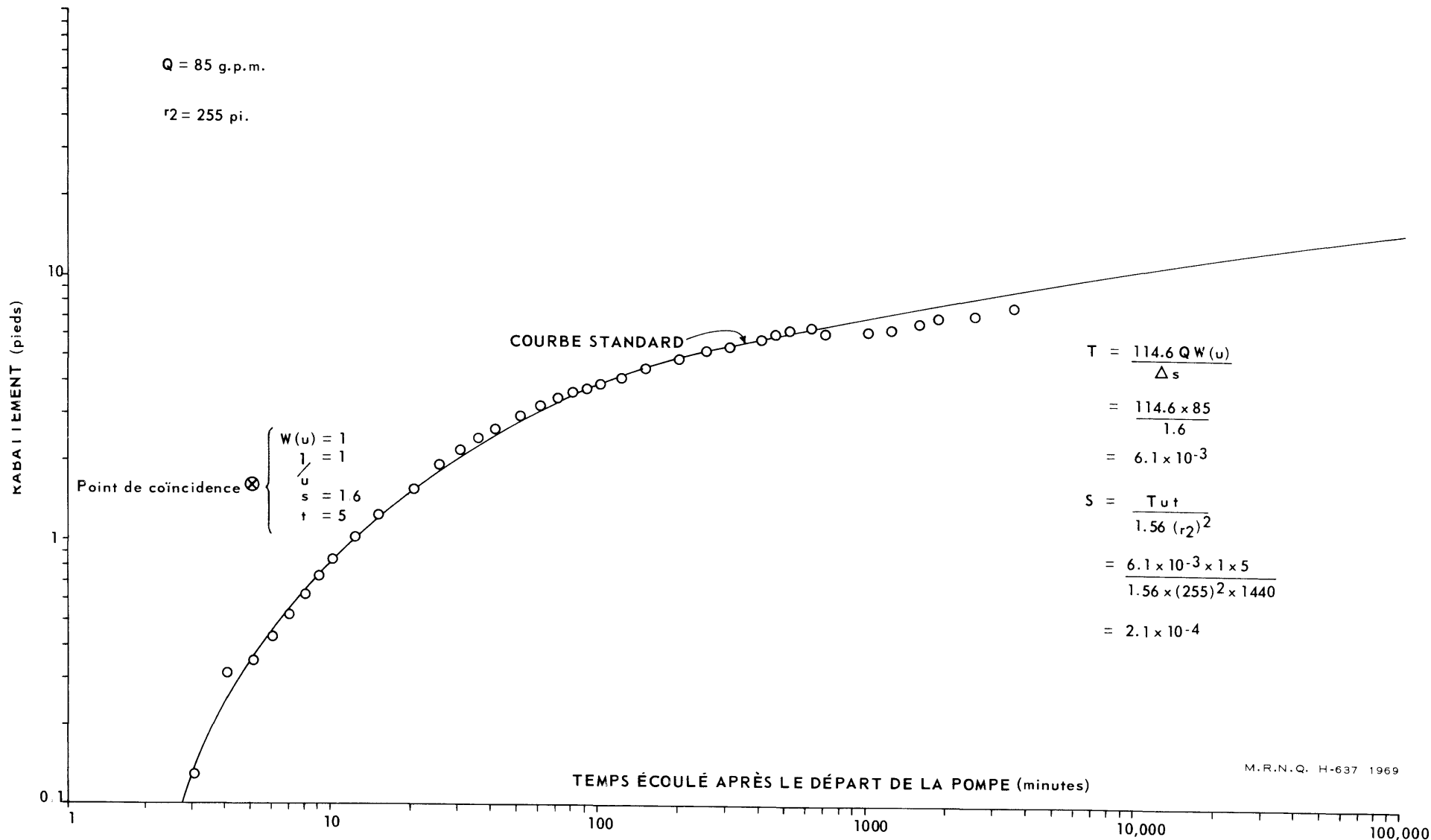


Figure 43 COURBE RABATTEMENT-TEMPS (THEIS), Puits d'Observation No 2 Havre-Aux-Maisons (A)

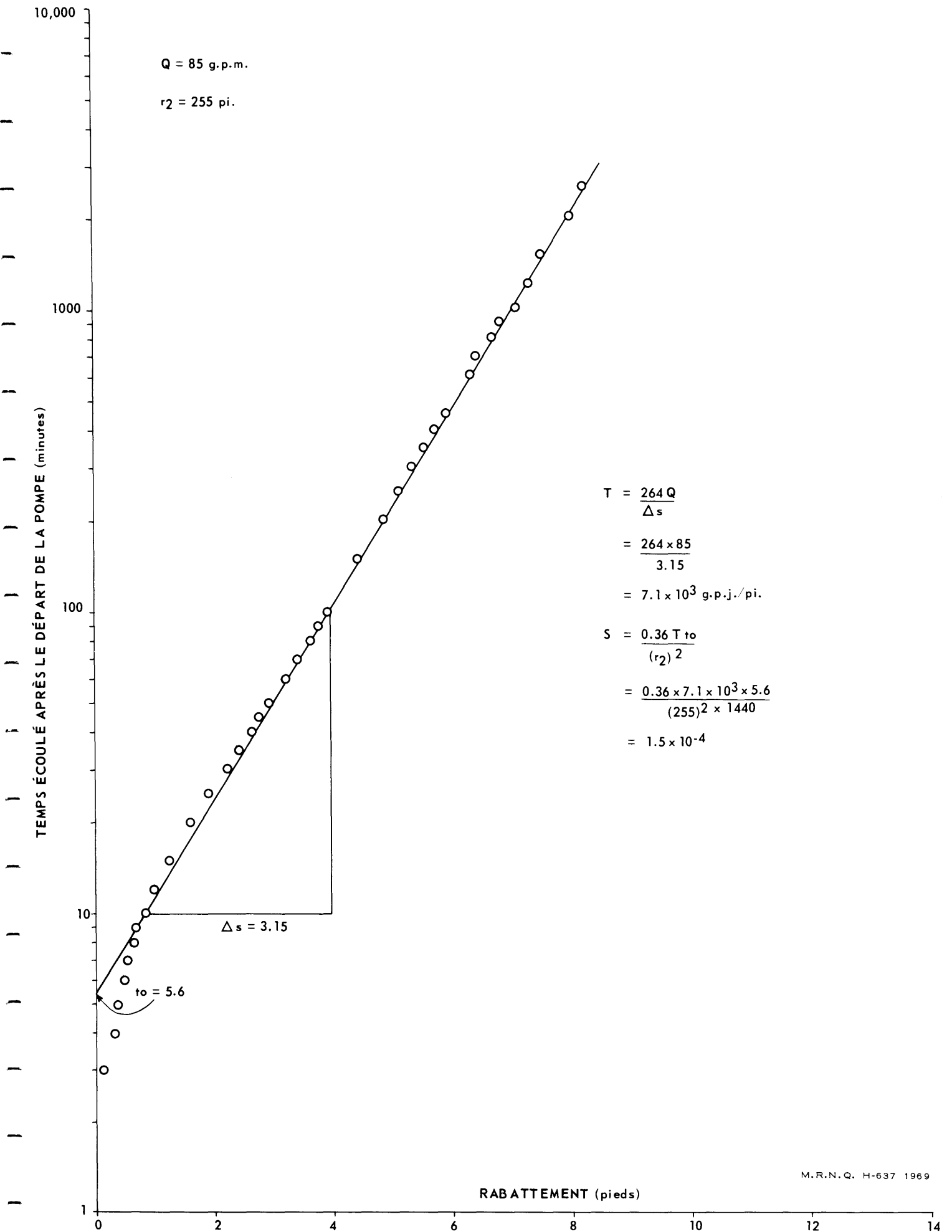


Figure 44 COURBE RABATTEMENT-TEMPS (JACOB), PUIITS D'OBSERVATION N° 2 HAYRE-AUX-MAISONS (A)

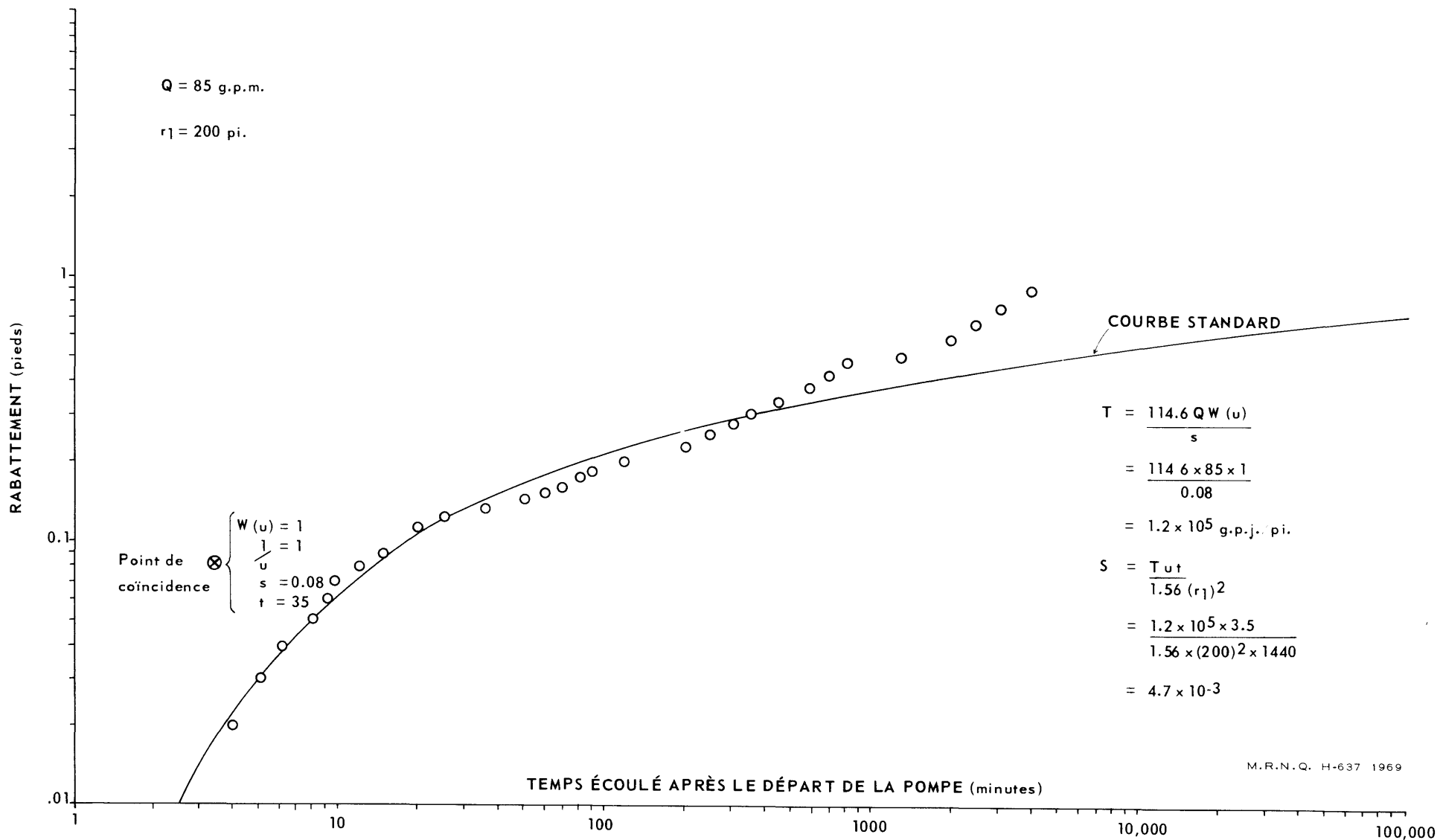
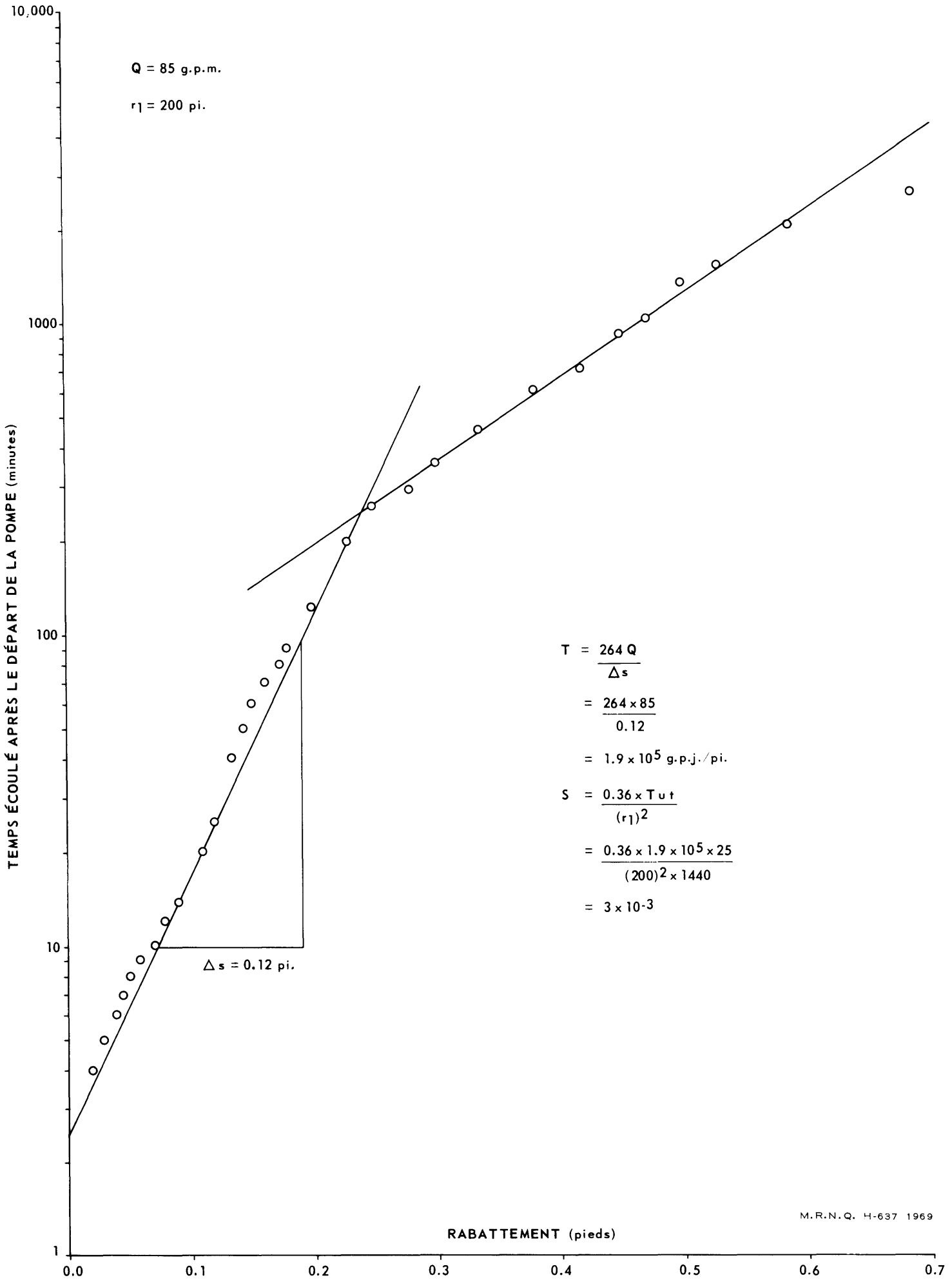


Figure 45 COURBE RABATTEMENT-TEMPS (THEIS), Puits d'Observation No 1 Havre-Aux-Maisons (B)

Q = 85 g.p.m.

r₁ = 200 pi.

TEMPS ÉCOULÉ APRÈS LE DÉPART DE LA POMPE (minutes)



$$\begin{aligned} T &= \frac{264 Q}{\Delta s} \\ &= \frac{264 \times 85}{0.12} \\ &= 1.9 \times 10^5 \text{ g.p.j./pi.} \\ S &= \frac{0.36 \times T \times t}{(r_1)^2} \\ &= \frac{0.36 \times 1.9 \times 10^5 \times 25}{(200)^2 \times 1440} \\ &= 3 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

M.R.N.Q. H-637 1969

Figure 46 COURBE RABATTEMENT-TEMPS (JACOB), PUIITS D'OBSERVATION No 1 HAVRE-AUX-MAISONS (B)

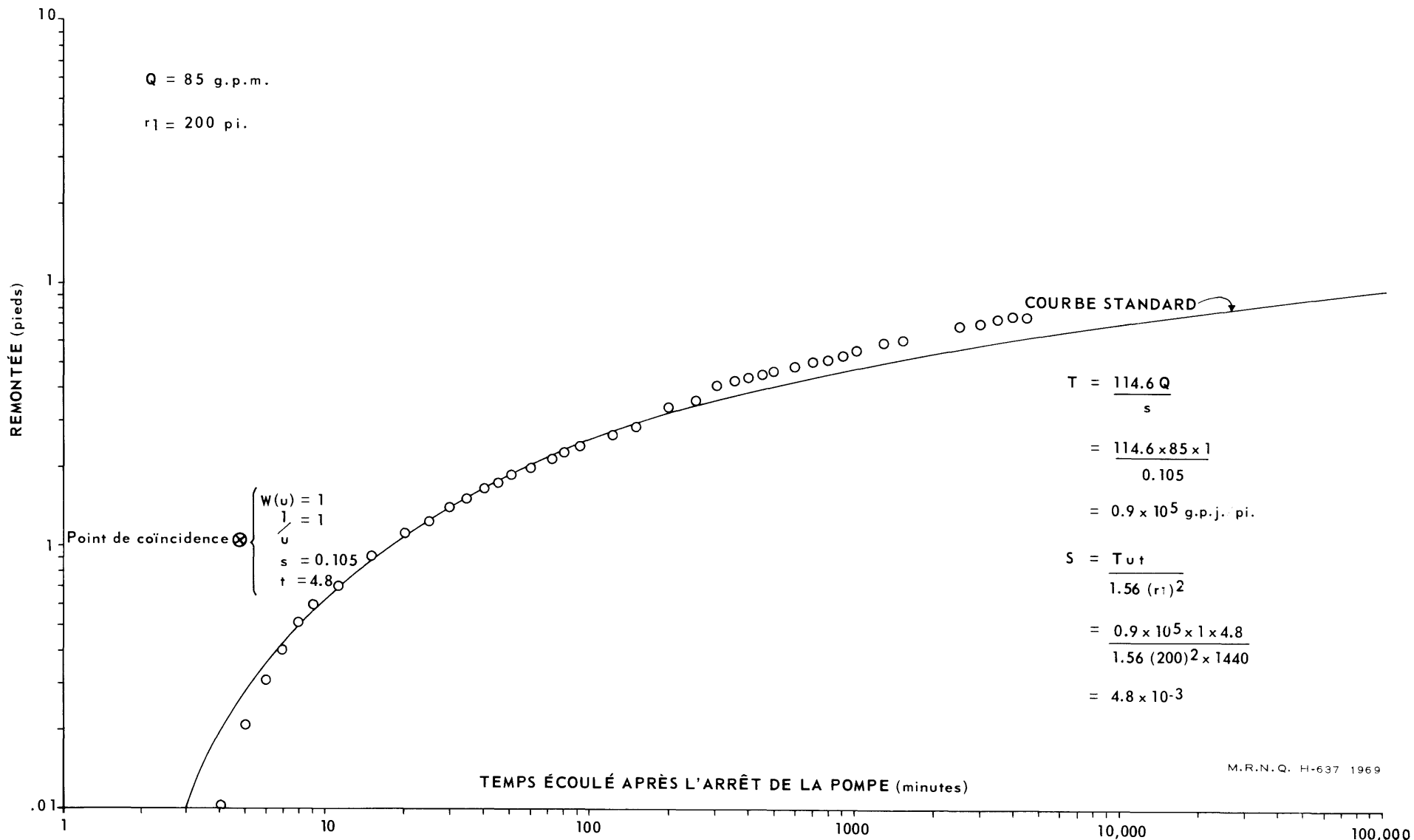


Figure 47 COURBE REMONTÉE-TEMPS (THEIS) PUIT D'OBSERVATION No 1 HAYRE-AUX-MAISONS (B)

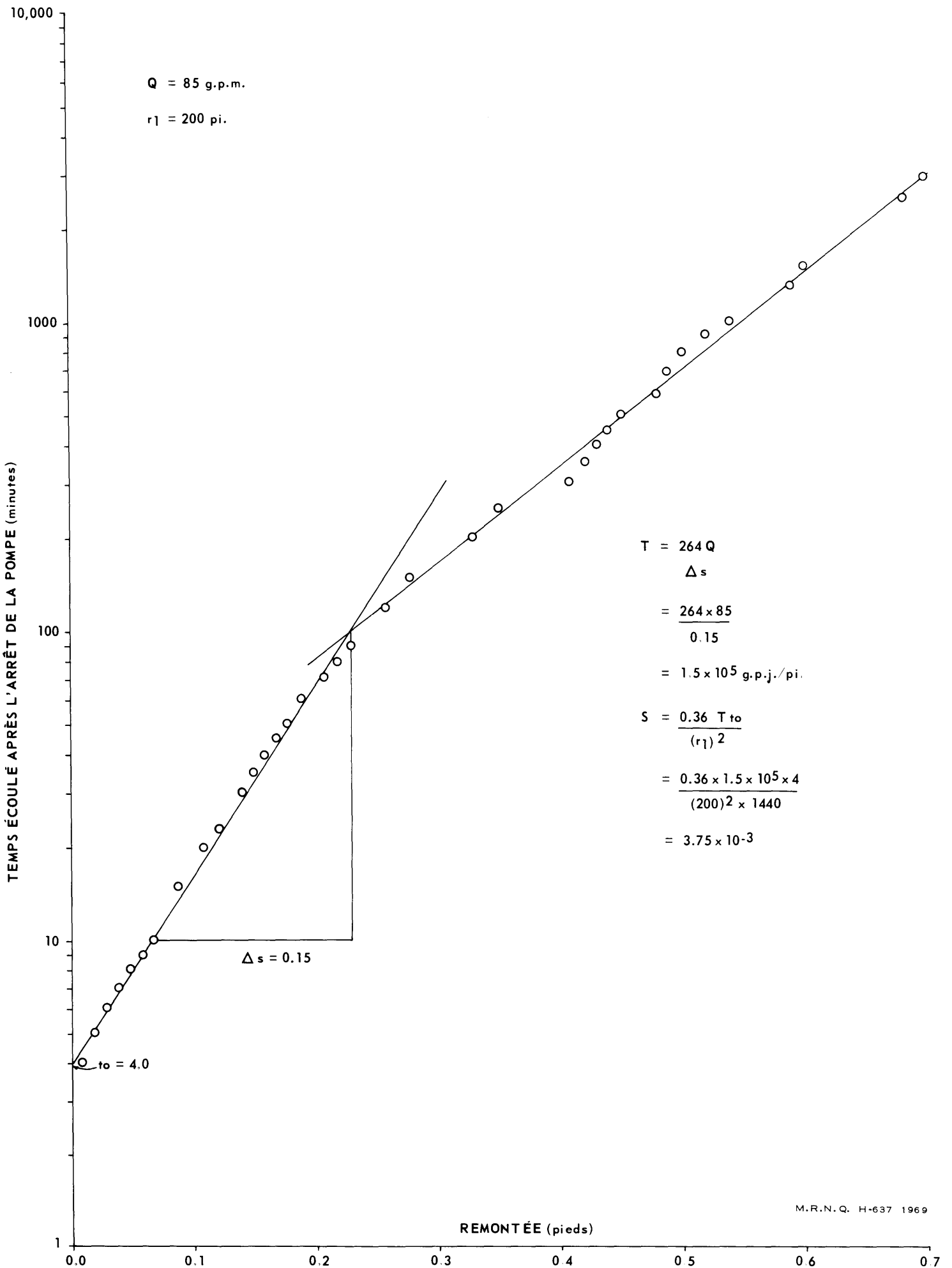


Figure 48 COURBE REMONTÉE-TEMPS (JACOB), PUIITS D'OBSERVATION No 1 HAVRE-AUX-MAISONS (B)

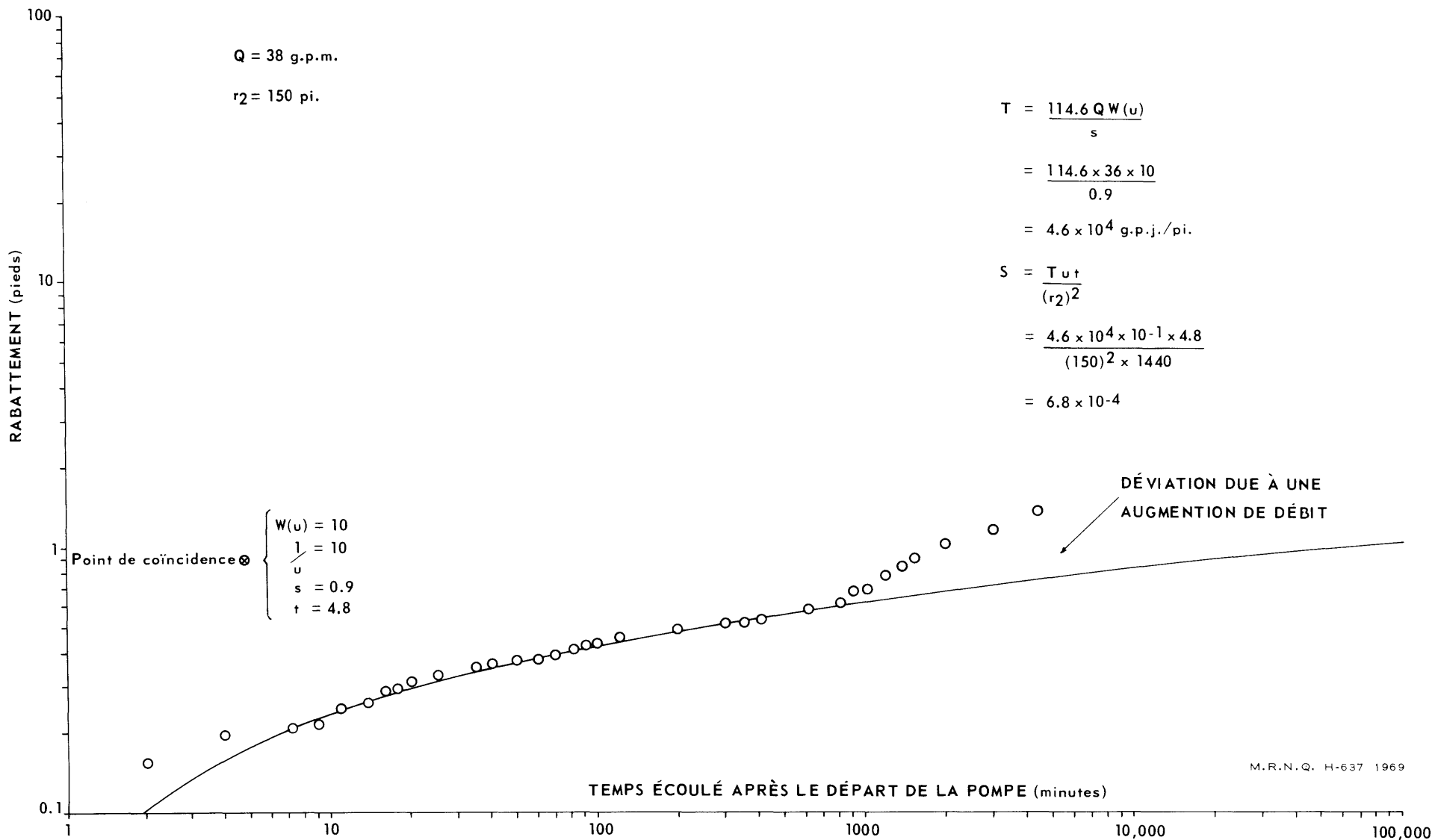
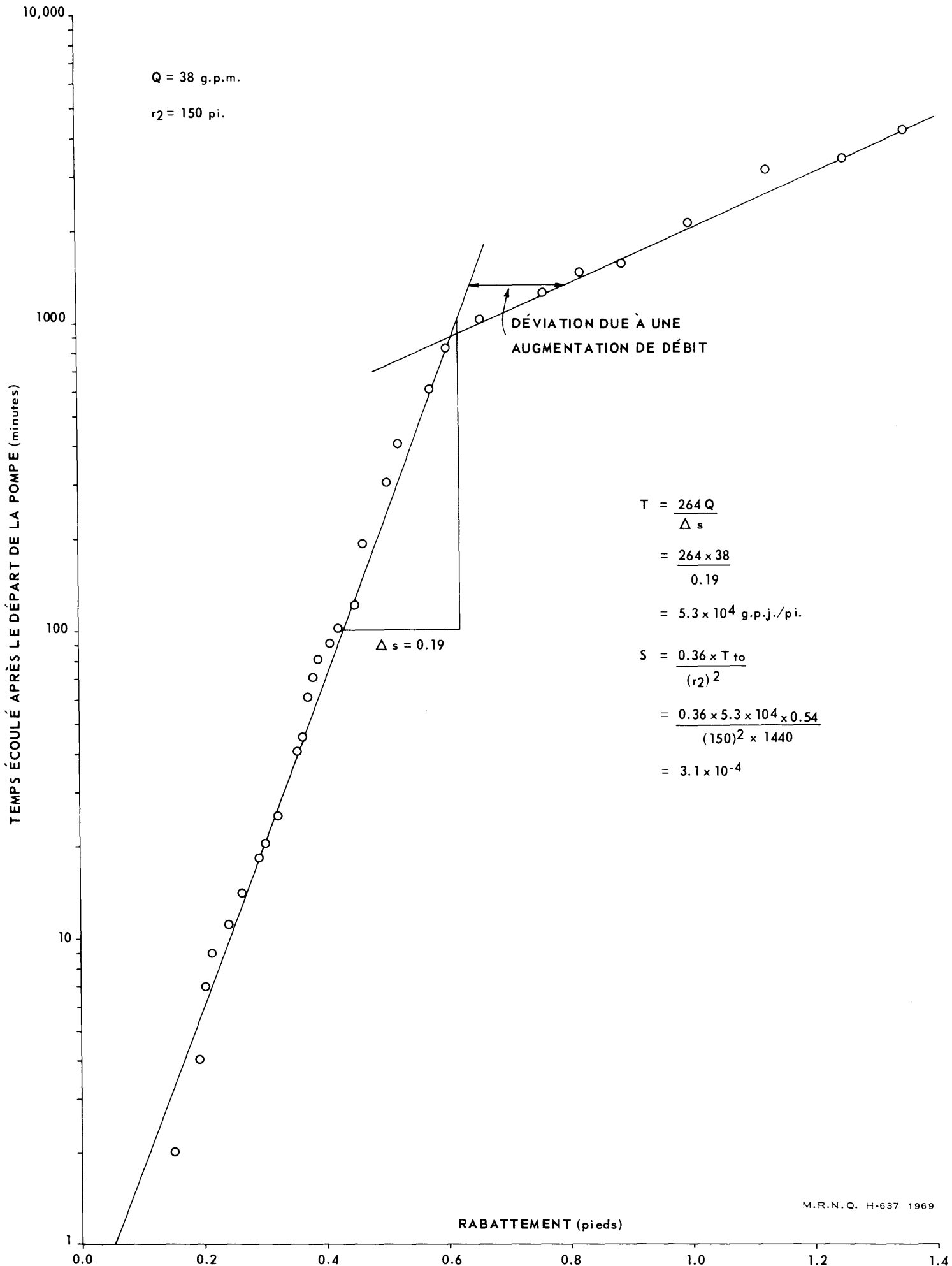


Figure 49 COURBE RABATTEMENT-TEMPS (THEIS), PUIS D'OBSERVATION No 2 GRANDE-ENTRÉE



M.R.N.Q. H-637 1969

Figure 50 COURBE RABATTEMENT-TEMPS (JACOB), PUIS D'OBSERVATION No 2 GRANDE ENTRÉE

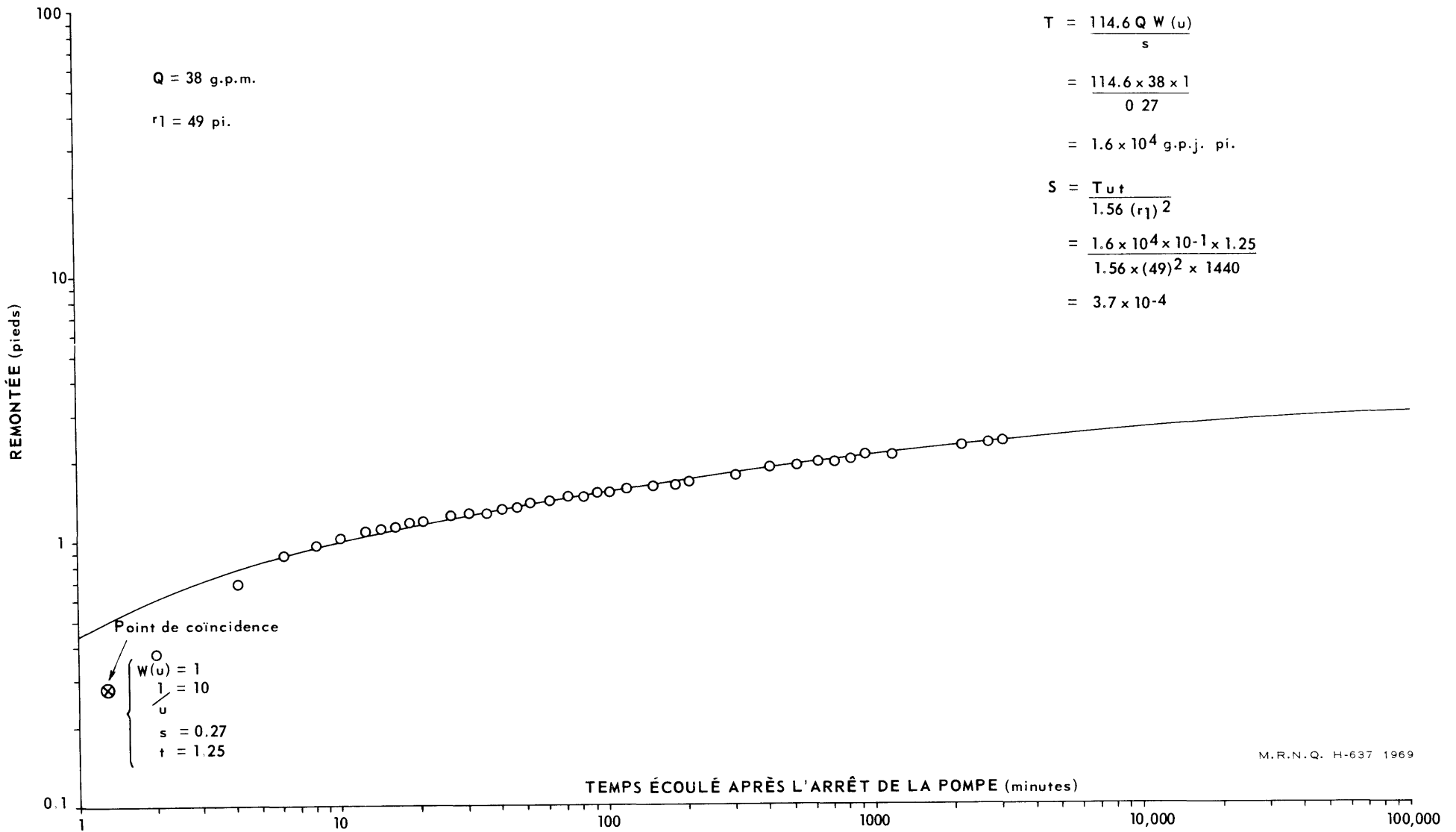
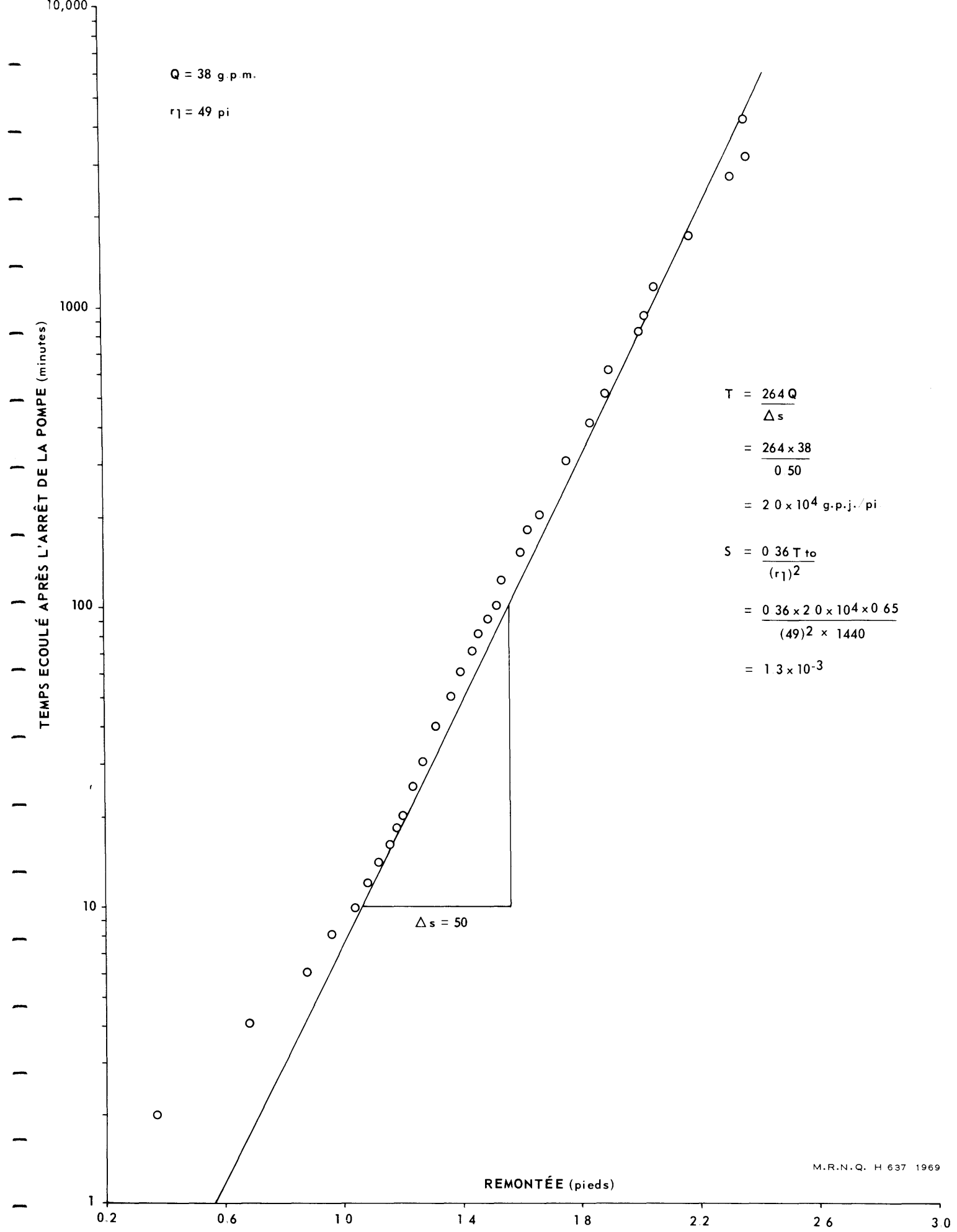


Figure 51 COURBE REMONTÉE-TEMPS (THEIS), PUIS D'OBSERVATION No 1 GRANDE-ENTRÉE



M.R.N.Q. H 637 1969

Figure 52 COURBE REMONTEE-TEMPS (JACOB), PUIITS D'OBSERVATION No 1 GRANDE-ENTRÉE

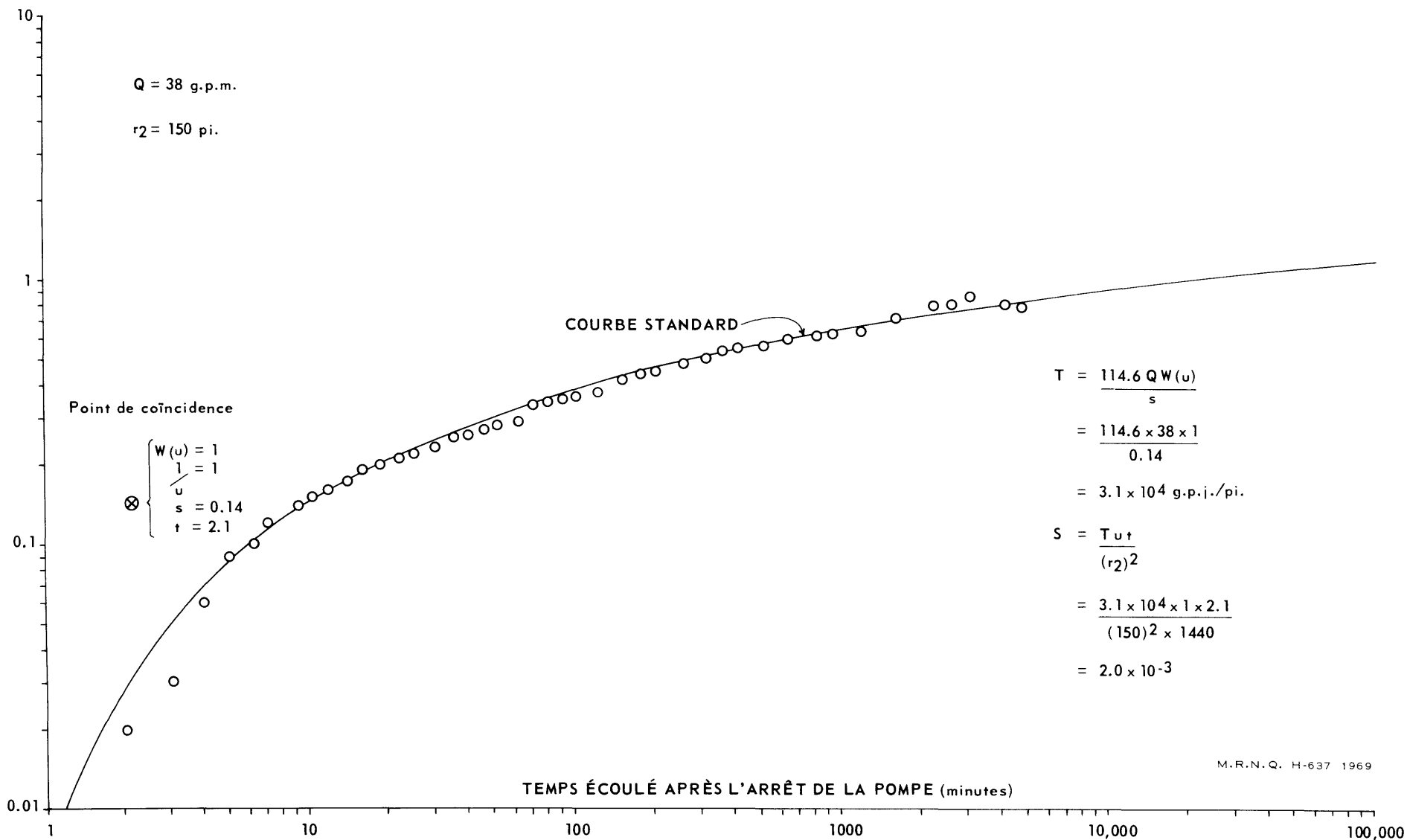


Figure 53 COURBE REMONTÉE-TEMPS (THEIS), PUIS D'OBSERVATION No 2 GRANDE-ENTRÉE

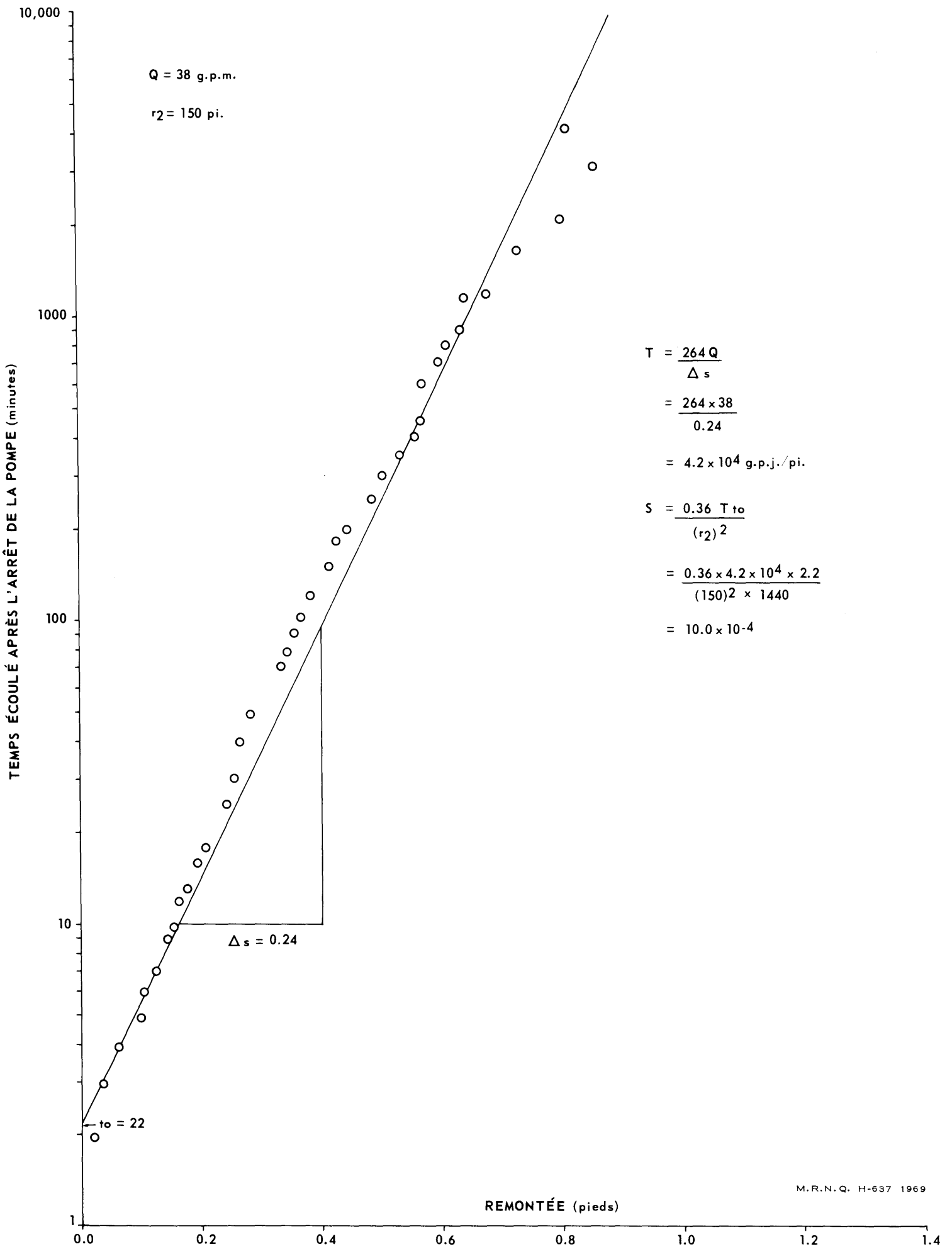


Figure 54 COURBE REMONTÉE-TEMPS (JACOB), PUIITS D'OBSERVATION N° 2 GRANDE-ENTRÉE

APPENDICE C

QUALITÉ CHIMIQUE DE L'EAU

NORMES CHIMIQUES ET PHYSIQUES POUR DÉTERMINER LA POTABILITÉ DE L'EAU*

	CONCENTRATION MAXIMUM ACCEPTABLE	CONCENTRATION MAXIMUM ADMISSIBLE
Matières solides totales	500 mg/1	1500 mg/1
Couleurs	5 unités**	50 unités
Turbidité	5 unités***	25 unités
Goût	Limite subjective	
Odeur	Limite subjective	
Fer (Fe)	0.3 mg/1	1.0 mg/1
Manganèse (Mn)	0.1 mg/1	1.0 mg/1
Cuivre (Cu)	0.1 mg/1	0.5 mg/1
Zinc (Zn)	5.0 mg/1	15 mg/1
Calcium (Ca)	75 mg/1	200 mg/1
Magnésium (Mg)	50 mg/1	150 mg/1
Sulfates (SO ₄)	200 mg/1	400 mg/1
Chlorures (Cl)	200 mg/1	600 mg/1
pH	7.0 — 8.5	< 6.5 ou > 9.2
Sulfate de magnésium, sulfate de sodium	500 mg/1	1000 mg/1

* Normes internationales pour l'eau de boisson. Organisation mondiale de la Santé. Genève (1965)

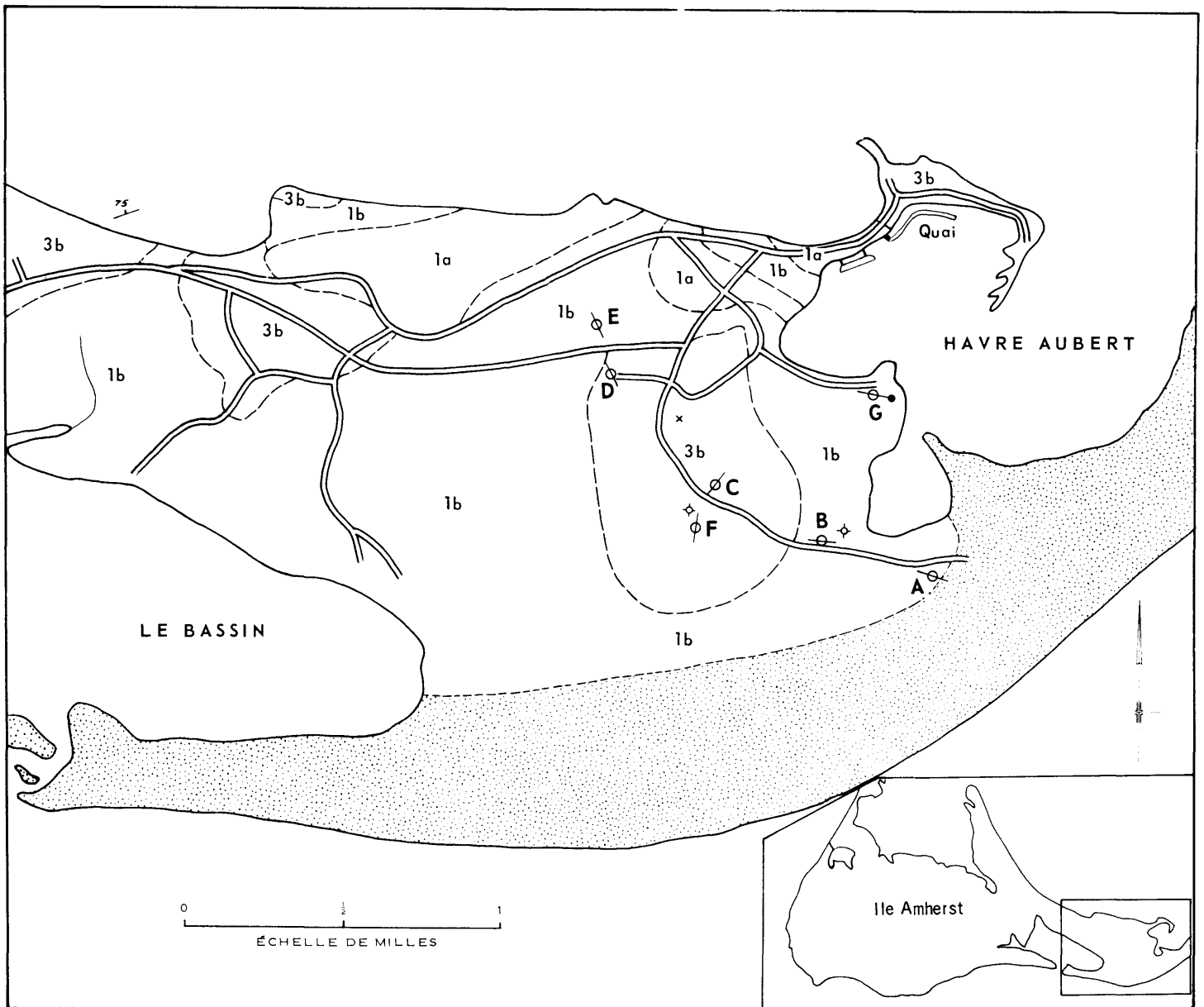
** Echelle colorimétrique au platino-cobalt

*** Unités turbidimétriques





TABLEAU 3
QUALITES CHIMIQUES DES EAUX SOUTERRAINES

(milligramme par litre — Mg/l)

Puits No	Carte No	Dureté totale	Dureté non-permanente	Ca	Mg	Fe	CO ₃	Cl	SO ₄	NO ₃	SiO ₂	Résidu sec	Mn	K	Na	pH
1	637-F	144.0	134.0	49.0	5.3	0.08	0.00	38.8	9.8	3.0	11.0	218.0	0.04	1.22	23.4	7.9
2	637-C	197.5	122.0	64.0	9.2	0.10	3.1	44.2	69.1	0.5	7.0	312.0	0.31	1.55	25.3	8.4
3	637-C	319.0	246.5	110.0	10.6	0.08	5.7	57.1	86.8	2.5	10.0	478.0	0.54	3.54	44.9	8.4
4	637-C	362.0	278.0	93.0	31.5	0.06	0.0	73.2	65.9	34.0	8.0	534.0	0.20	2.67	53.1	8.0
5	637-C	207.7	165.0	75.0	41.5	0.08	13.6	43.0	47.7	0.8	10.0	321.0	0.54	1.93	33.0	8.2
6	637-C	186.0	135.5	67.5	4.2	0.06	0.0	60.4	19.8	30.0	10.0	320.0	0.00	1.83	33.7	8.0
7	637-C	805.0	116.0	315.8	4.1	0.0	0.0	1771.0	660.0	7.0	6.0	4072.0	0.10	13.4	1138.0	7.4
8	637-C	220.0	195.0	72.0	10.0	0.08	9.5	30.4	25.1	6.5	11.0	282.0	0.04	1.29	20.1	8.5
9	637-C	258.5	190.0	78.0	15.6	0.06	10.9	52.9	18.9	25.0	5.0	380.0	0.00	1.60	24.0	8.3
10	637-C	278.5	12.5	87.0	15.0	0.06	0.0	256.3	14.0	47.0	10.0	700.0	0.12	3.72	62.8	6.7
11	637-C	80.0	10.0	29.0	1.8	0.06	0.0	128.0	25.5	17.0	14.0	334.0	0.05	2.92	66.8	6.1
12	637-E	1418.5	79.5	516.0	32.0	0.06	0.0	56.8	1280.0	14.0	0.0	2080.0	0.00	2.19	31.3	6.7
13	637-E	36.0	15.0	3.3	6.6	0.16	0.0	86.6	24.7	46.0	10.0	262.0	0.05	5.19	71.0	7.1
14	637-E	156.5	113.0	41.0	13.1	0.06	0.0	29.9	32.5	18.5	8.0	238.0	0.00	1.32	20.4	7.3
15	637-E	335.0	129.0	45.0	53.7	0.34	0.0	52.5	206.0	4.9	—	506.0	0.80	2.9	36.2	7.2
16	637-E	159.5	132.0	57.0	4.2	0.10	0.0	30.7	18.1	9.5	9.0	228.0	0.05	1.12	18.5	8.0
17	637-E	27.5	11.5	5.0	3.6	0.04	0.0	32.2	14.8	7.0	10.0	106.0	0.02	1.54	22.2	7.0
18	637-E	105.5	60.5	34.0	5.1	0.08	0.0	27.7	45.3	10.5	8.0	200.0	0.00	1.54	23.2	7.1
19	637-E	320.5	127.5	120.0	5.1	0.08	5.5	37.1	185.2	6.5	6.0	484.0	0.00	2.16	24.0	8.1
20	637-E	351.0	99.0	135.0	3.3	0.0	0.0	7.5	268.0	4.5	—	518.0	0.00	1.4	17.2	6.9
21	637-E	29.5	24.5	8.0	2.4	0.1	0.0	20.2	14.4	5.0	9.0	96.0	0.04	1.31	17.8	6.1
22	637-E	42.0	9.0	8.5	5.1	0.06	0.0	45.0	19.8	3.5	6.0	122.0	0.02	1.90	23.5	6.8
B	637-D	238.0	172.0	85.0	5.1	0.0	0.0	28.5	56.8	11.5	—	283.0	0.00	2.2	19.2	7.3
A	637-D	205.0	177.5	70.0	7.5	0.05	3.1	36.6	36.6	18.5	9.0	287.0	0.04	1.84	22.5	8.2



L É G E N D E

	Dune de sable	ϕ	Sondage sismique
	Grès gris-vert	\diamond	Puits tubulaire
	Argilite, schiste argileux, calcaire, siltstone, grès, gypse et conglomérat; un peu de roches volcaniques	•	Forage
	Basalte, rhyolite, andésite, agglomérat, tuf, un peu de roches sédimentaires	x	Affleurement
		$\frac{75}{75}$	Direction et pendage

Géologie par:
R. SANSCHAGRIN, 1960

PARTIE II

LEVÉ SÉISMIQUE

par

Georges Simard

INTRODUCTION

Le présent levé séismique fut effectué en avril 1966 dans la municipalité de Havre-Aubert sur l'île d'Amherst. Les travaux sur le terrain durèrent dix jours et nécessitèrent l'emploi d'un séismographe.

Il avait pour double but de déterminer l'épaisseur des meilleurs horizons aquifères, qui sont des micro-grès gris-vert, en plus de mettre notre instrument séismique FS-3 à l'épreuve dans le roc. Cet instrument a été surtout conçu pour déterminer l'épaisseur du mort-terrain et sa composition stratigraphique.

PROCÉDÉ

Toutes les déterminations furent faites à partir d'ondes engendrées par l'impact d'un marteau, n'ayant pu obtenir à cause de l'éloignement les détonateurs spéciaux requis pour l'usage de la dynamite.

Plusieurs lectures furent prises au même point afin d'obtenir un résultat plus juste. En plus de la méthode par réfraction vérifiée au moyen de tirs inverses, nous avons utilisé en certains points la méthode par réflexion.

GÉOLOGIE

On trouve aux îles de la Madeleine des roches volcaniques et sédimentaires. Les roches volcaniques d'âge mississippien (Windsor) affleurent au centre des îles et y forment des collines. En discordance sur le Windsor il y eut déposition de grès rouge et gris-vert, d'âge permo-carbonifère, lesquels sont d'excellents aquifères.

Selon la carte géologique de Sanschagrin, la région sous étude est constituée d'une mince calotte de grès gris-vert reposant sur des roches du Windsor inférieur que Sanschagrin décrit comme étant des argilites, des schistes argileux, des calcaires, des micro-grès, du gypse, des conglomérats et des roches volcaniques (carte 637-H).

COMPARAISON DES SONDAGES

	SÉISMIQUE	FORAGE
S — A:	0 — 7 : Terre sablonneuse, sable 7 — 30 : Sable saturé argileux 30 — 75 : Microgrès gris-vert 75 — : Gypse	
S — B:	0 — 9.5' : Terre, matériau argileux? 9.5' — 19 : Till, argile 19 — 80 : Microgrès 80 — : Gypse	0 — 20' : Mort-terrain 20' — 77' : Microgrès 77' — 150' : Gypse 150' : Gypse
S — C:	0 — 11 : Terre, matériau organique et argileux? 11 — 100 : Microgrès	
S — D:	0 — 15 : Terre, silt, gravier 15 — 70 : Microgrès 70 — : Interstratification de gypse et de roches sédimentaires	0 — 6' : Argile rouge silteuse 6' — 12' : Silt rouge 12' — 15' : Gravier fin argileux 15' — 45' : Schiste argileux gris interstratifié de schiste argileux rouge 45' — 70' : Schiste argileux gris et lits de gypse 70' — 100' : Gypse interstratifié de schiste argileux 100' : Idem
S — E:	0 — : Terre, matériau argileux 9 — 90 : Microgrès 90 — : Microgrès	
S — F:	0 — 11 : Terre, matériau argileux 11 — 27 : Sable et gravier 27 — 190 : Microgrès 190 — : Roche volcanique	0 — 11' : Mélange d'argile et de sable contenant des cailloux anguleux 11' — 19' : Sable moyen argileux 19' — 29' : Roc trituré (microgrès gris) 29' — 68' : Microgrès gris interstratifié de petits lits argileux 68' — 72' : Grès gris très dur 72' — 79' : Schiste argileux gris 79' — 88' : Schiste argileux et rouge contenant un peu de gypse 88' — 100' : Gypse 100' : Gypse
S — G:	0 — 7 : Terre, matériau argileux? 7 — 29 : Argile 29 — 120 : Gypse 120 — : Roches du groupe 1b et la carte 637-H	0 — 25' : Mort-terrain 25' — 400' : Gypse?

Les forages B et G furent effectués par Douglas et Jones de Charlottetown tandis que les forages D et F par nous.

ANALYSE DES RÉSULTATS

L'interprétation séismique, qui repose uniquement sur les vitesses de propagation des ondes dans un matériau donné, ne peut être valide que si les résultats sont appuyés sur des forages et une connaissance approfondie de la géologie régionale, du moins à la phase initiale. Deux matériaux différents du point de vue lithologique peuvent avoir la même vitesse de propagation si leurs propriétés élastiques sont les mêmes: ex.: l'argile et le grès trituré, le microgrès et le gypse non consolidés (Fig. 55).

L'appareil FS-3 comporte certaines limitations comme la plupart des instruments sismiques. Il est incapable de déceler non seulement la présence d'une couche dont la vitesse est inférieure à celle de la couche sus-jacente mais également le passage d'une unité à une autre s'il n'existe pas de différence marquée de vitesses entre ces deux milieux.

Ainsi aux sondages F et sans doute C, nous n'avons pu détecter la séparation entre le microgrès et le gypse, étant donnée la faible compacité du gypse. Par contre la délimitation est excellente dans les autres cas.

En résumé, on peut constater que:

- 1) la détermination de l'épaisseur du mort-terrain est excellente;
- 2) la délimitation entre les différentes unités lithologiques est excellente sauf au sondage F où l'on n'observe aucun changement de vitesse en passant d'une unité à une autre;
- 3) un même matériau, tel le gypse, peut avoir différentes vitesses selon que son degré de compacité varie ou que son état physique se modifie (Fig. 56 à 60). En effet selon la charte des vitesses, la vitesse des ondes varie de 6,800 à 13,000 pi./sec. selon qu'il s'agisse de gypse pur, d'anhydrite ou de gypse interstratifié de rocher sédimentaires (Fig. 55).
- 4) l'interstratification est souvent mise en évidence par l'oscillation des points de chaque côté d'une droite. Ainsi le sondage D révèle une interstratification de gypse et de roches sédimentaires tandis que les sondages A et B des substances plus pures;
- 5) la précision est satisfaisante.
- 6) la méthode par réflexion est à déconseiller, étant donné la faible épaisseur de mort-terrain.

RECOMMANDATIONS ET CONCLUSIONS

Les résultats obtenus sont satisfaisants et un levé sismique sur une base régionale pourrait compléter la carte géologique. La réflexion pourrait donner d'heureux résultats dans les endroits où on trouve de fortes épaisseurs de grès rouge ou gris-vert. De plus la vitesse des ondes représente:

- 1) un indice de dureté des formations ce qui permet au foreur d'estimer la vitesse de pénétration. D'ailleurs, dans les travaux de construction de route, la vitesse des ondes est un critère du déblai économique des matériaux;
- 2) un indice de saturation de certains matériaux. L'eau a pour effet d'augmenter la vitesse des ondes dans les matériaux, dont la vitesse est inférieure à 4,500 pi./sec. et de la diminuer dans les matériaux possédant de hautes vitesses. De même un grès fortement fissuré et perméable aura une vitesse plus faible qu'un grès pratiquement imperméable.

Pour tout programme hydrogéologique à venir, il serait souhaitable d'effectuer en premier lieu un levé de puits suivi d'un levé sismique.

Classification des matériaux géologiques
selon leurs vitesses sismiques

Vitesse
(pi/sec)

MATÉRIAUX

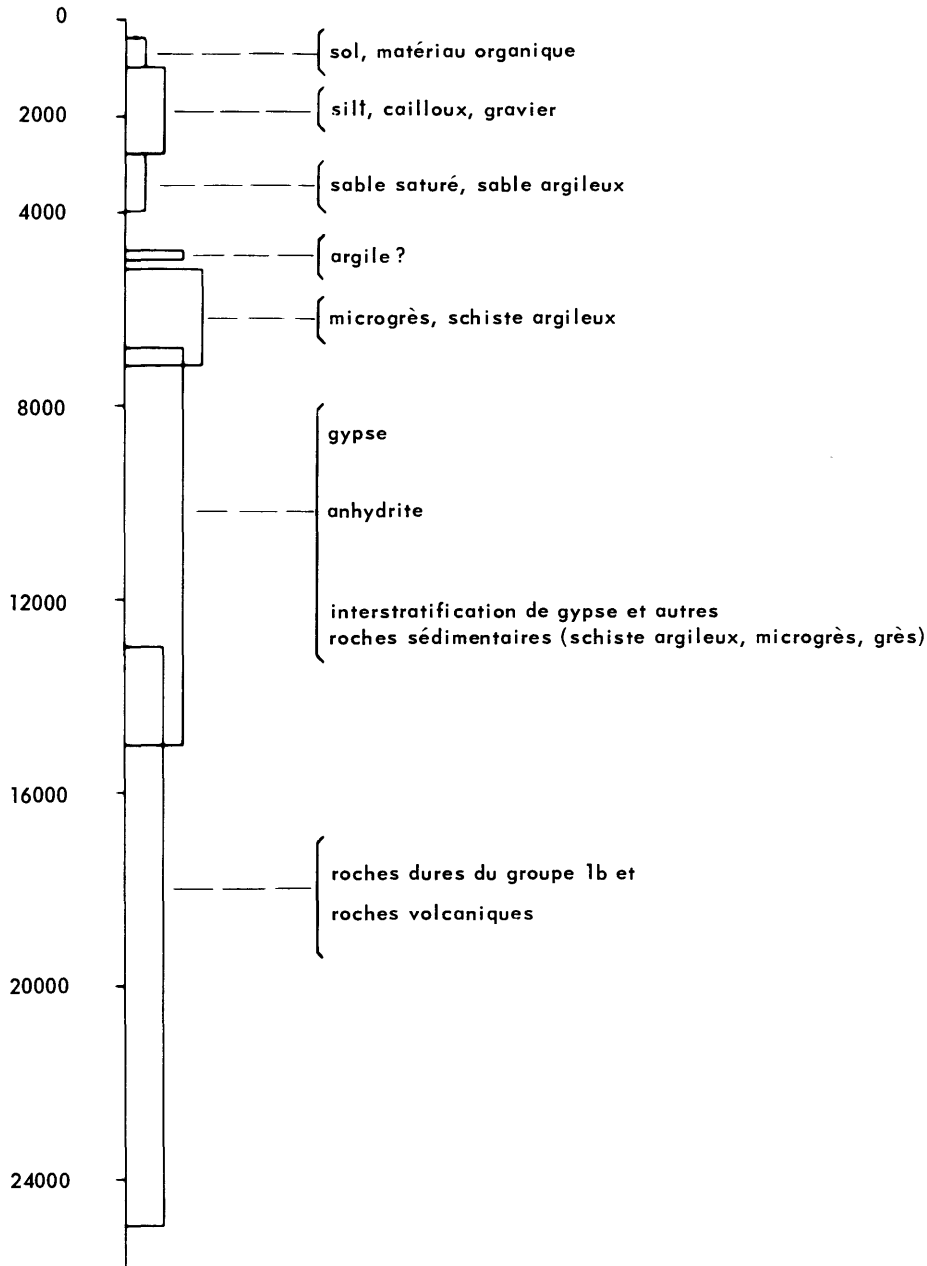
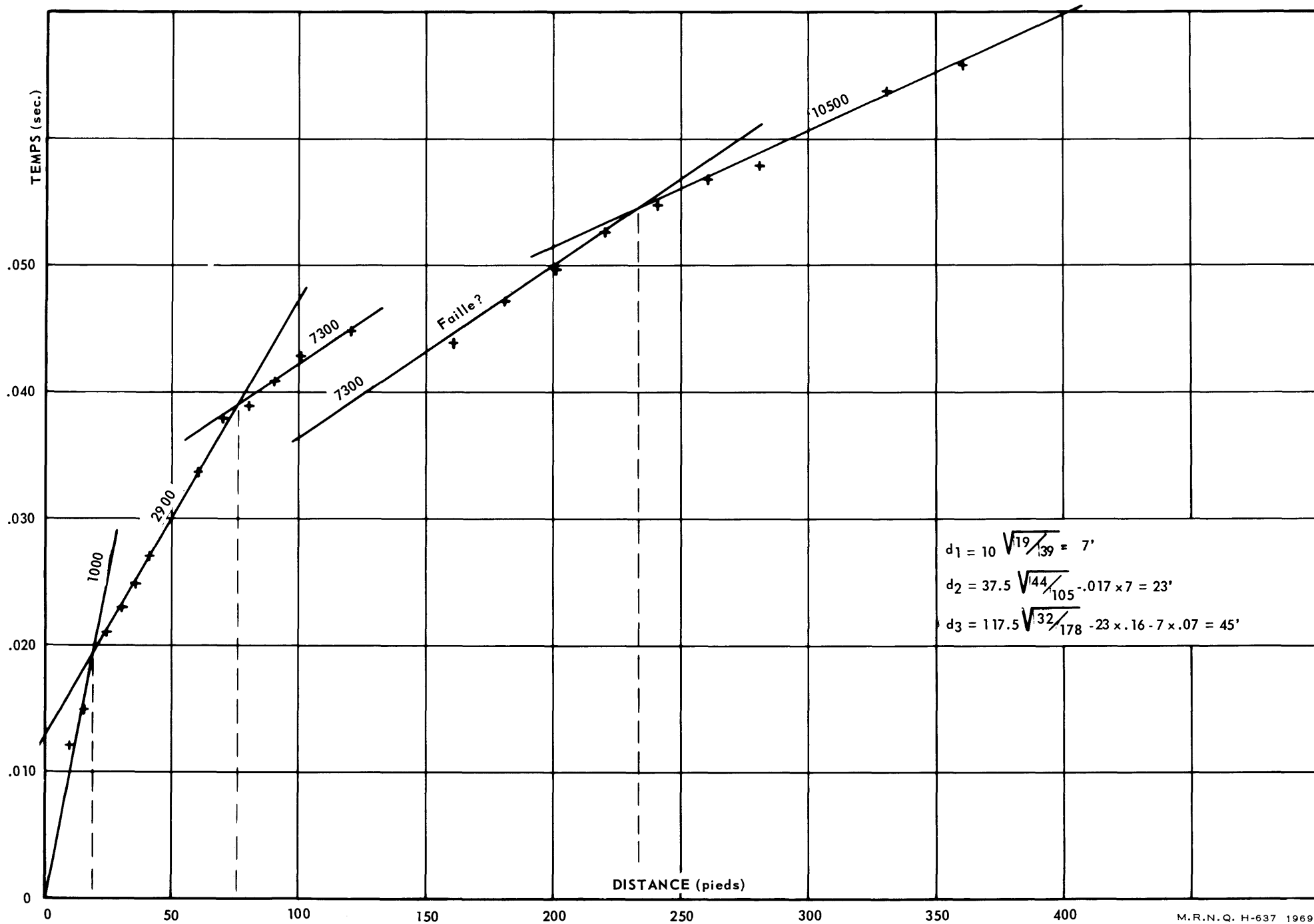


TABLEAU 4
HAYRE-AUBERT
(ÎLES DE LA MADELEINE)

HAYRE-AUBERT

DIAGRAMME SÉISMIQUE - A



HAYRE-AUBERT

DIAGRAMME SÉISMIQUE - B

(PROFIL RENVERSÉ)

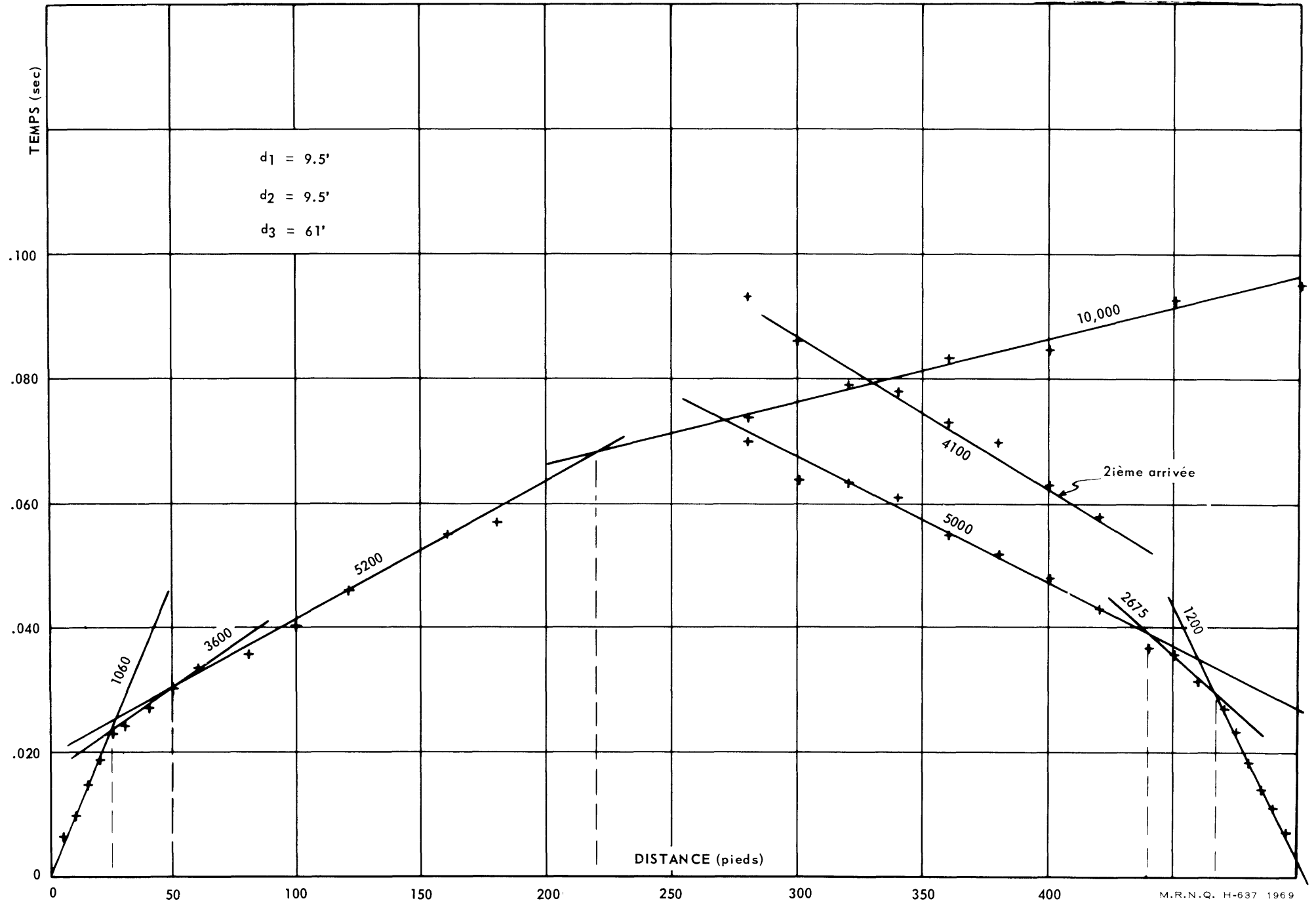
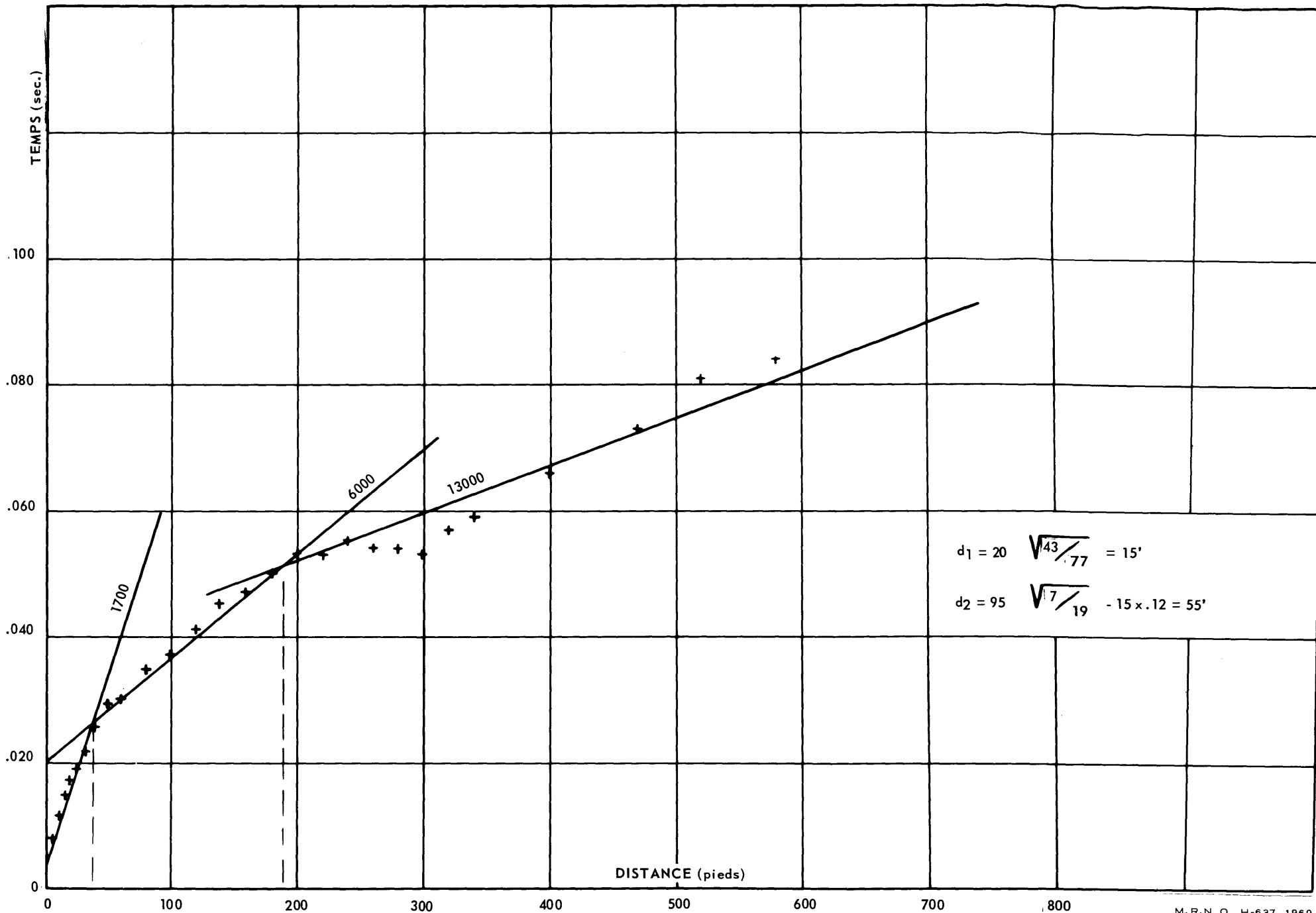


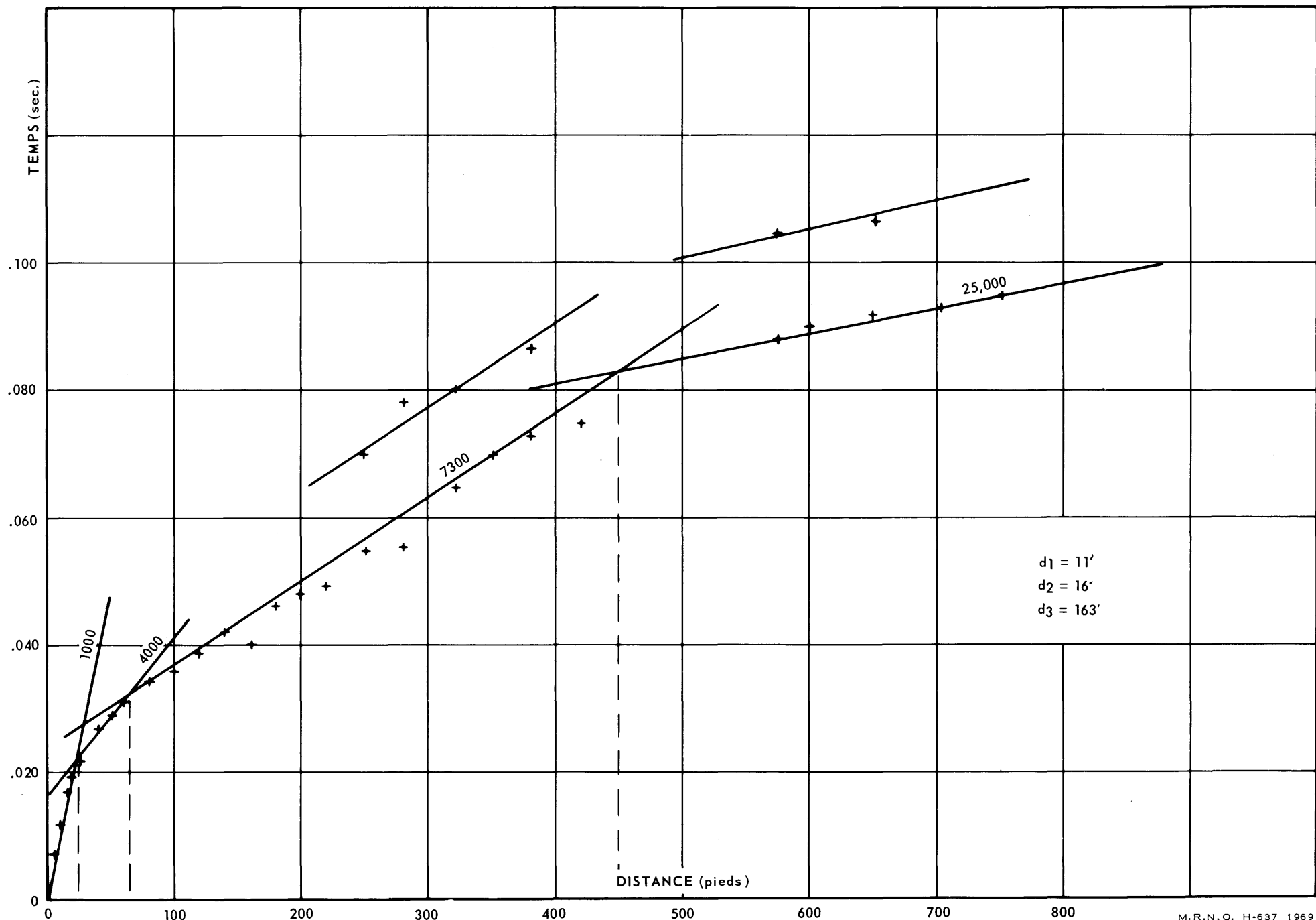
DIAGRAMME SÉISMIQUE - D



$d_1 = 20 \sqrt{\frac{43}{77}} = 15'$

$d_2 = 95 \sqrt{\frac{7}{19}} = 15 \times .12 = 55'$

HAYRE-AUBERT
 DIAGRAMME SÉISMIQUE - F



HAYRE-AUBERT

DIAGRAMME SÉISMIQUE - G

