



BRGM

BUREAU DE RECHERCHES
GEOLOGIQUES & MINIERES

74, rue de la Fédération
PARIS 15^e

Tél. Suf. 94-00

DEPARTEMENT DES SERVICES
GEOLOGIQUES REGIONAUX

SGR PROVENCE CORSE
16, Bd Pèbre - MARSEILLE 8^e

Tél. 76 00 40

ESSAIS DE DEBIT SUR UN FORAGE REALISE PAR
LA SOCIETE DU CANAL DE LA RIVE DROITE DU VAR
AU PONT DE LA MANDA - COMMUNE DES PLANS DE CARROS
(Alpes maritimes)

par

F. MENARD, P. JONQUET, B. DELLERY

DSGR.65.A54

Marseille, le 3 octobre 1965

TABLE DES MATIERES

	pages
1 - GENERALITES	1
11 - Situation du forage et des piézomètres	
12 - Coordonnées Lambert	
13 - But	
14 - Commettant	
15 - Surveillance géologique	
16 - Entreprise	
17 - Durée d'exécution	
18 - Coupe technique	
19 - Mesures diverses	
2 - RESULTATS GEOLOGIQUES	6
3 - ESSAIS DE DEBITS	6
31 - Caractéristiques de la pompe	
32 - Origine des mesures	
33 - Paliers de pompage	
4 - CARACTERISTIQUES HYDRAULIQUES DE LA COUCHE AQUIFERE	8
41 - Résultats des essais	
42 - Calcul de la transmissivité	
43 - Calcul de la perméabilité	
44 - Coefficient d'emmagasinement	
45 - Caractéristique du forage	
5 - CONCLUSIONS	11

ANNEXE I - Coupe technique

ANNEXE II - Observations en cours de pompage
" en cours de remontée

ANNEXE III - Transmissivité - Coefficient d'emmagasinement

ANNEXE IV - Caractéristique du forage

ANNEXE V - Principe de la méthode de Theis

ANNEXE VI - Analyses granulométriques

RESUME

Dans le cadre de l'étude sur les alluvions du Var les auteurs étaient amenés à suivre un essai de débit réalisé pour le compte du Syndicat du Canal de la rive droite du Var.

Ce rapport vient rendre compte des résultats de cet essai. Les coefficients de transmissivité, de perméabilité et d'emmagasinement ont été calculés.

Par suite d'incidents d'ordre matériel on n'a pu tenir compte que d'observations effectuées pendant un temps relativement court des essais.

Le présent rapport expose les résultats obtenus par l'essai de débit sur un forage, réalisé par la Société du Canal de la rive droite du Var, effectué au pont de la Manda du 31 août au 3 septembre 1965.

1 - GENERALITES

11 - Situation du forage et des piézomètres (voir fig. 10 et 11)

Forage implanté au pont de la Manda sur la commune de Plans de Carros, à 150 m à l'ouest de la digue du Var, à 55 m à l'est du ruisseau du vallon de la Tour et à 300 m en aval des puits d'exploitation du Canal de la rive droite.

12 - Coordonnées Lambert du forage (Zone III - sud)

(relevées sur la carte 1/20 000 - feuille de Menton 5 publiée par l'I.G.N.)

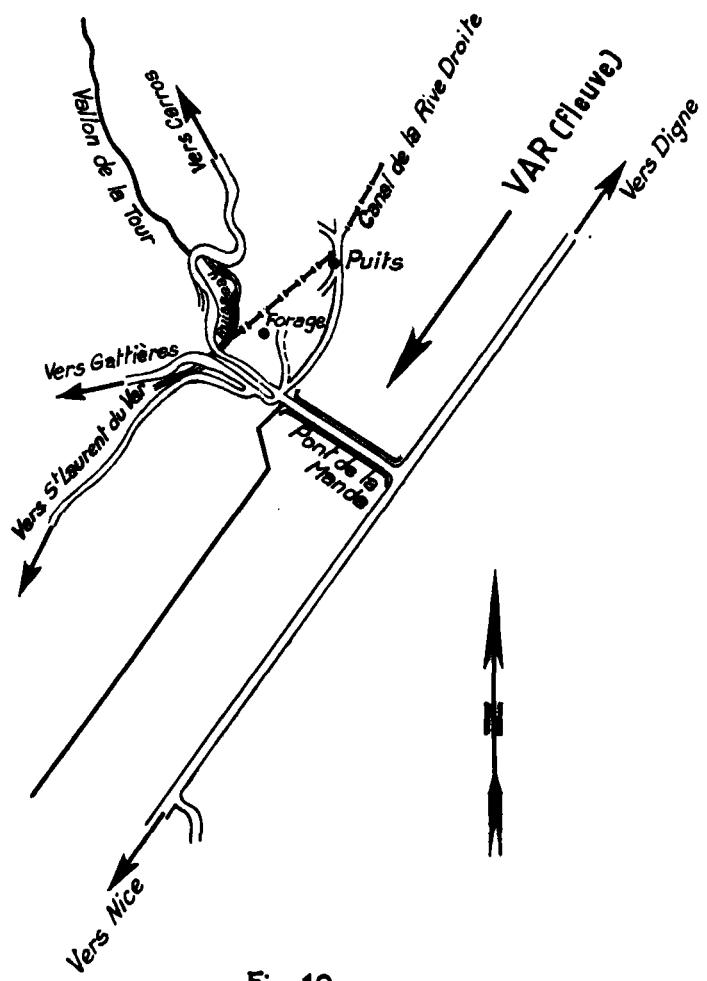
$$X = 991,38$$

$$Y = 174,62$$

$$Z = + 60,86$$

13 - But

Création d'un nouveau forage d'exploitation pour accroître le débit d'alimentation du Canal de la rive droite



PLAN DE SITUATION

Echelle: 1/20.000

Altitude : Forage . + 61,16 N.G.F

PZ 1	+ 61,06
PZ 2	+ 61,21
PZ 3	+ 61,24
PZ 4	+ 61,12

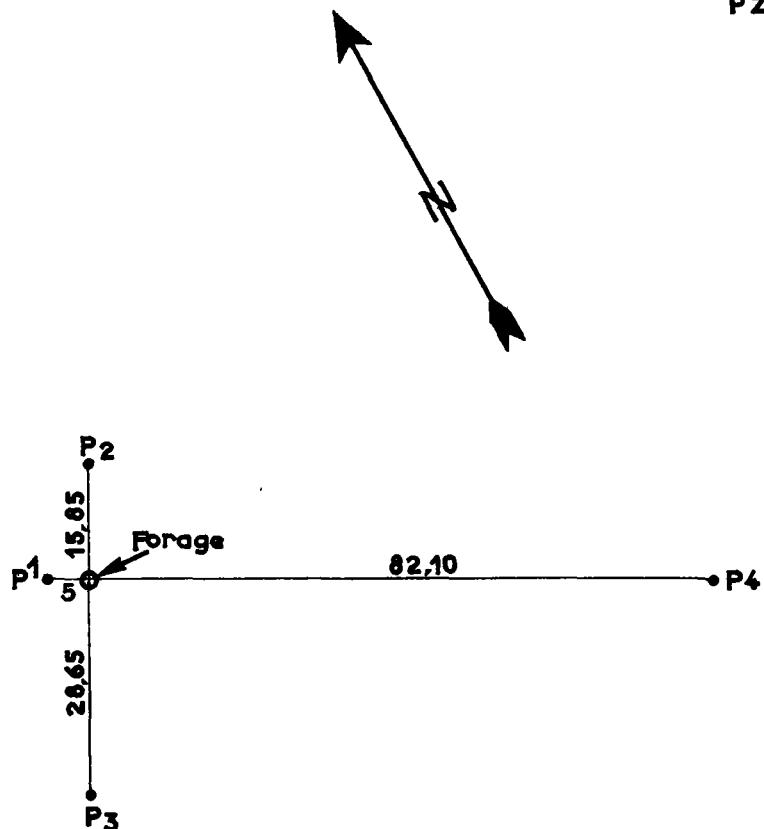


Fig.11

PLAN D'IMPLANTATION DU FORAGE GRAND DIAMETRE
ET DES PIEZOMETRES

Echelle: 1/1.000

14 - Commettant

SOCIETE DU CANAL DE LA RIVE DROITE DU VAR
Avenue des Pignatières
SAINT LAURENT DU VAR (Alpes maritimes)

15 - Surveillance géologique

B.R.G.M. - SGR PROVENCE CORSE
16, Boulevard Pèbre
MARSEILLE (Bouches du Rhône)

16 - Entreprise

FORAMINES - DIVISION SUD-EST
Les Platanes
AIX-EN-PROVENCE (Bouches du Rhône)

17 - Durée d'exécution

a) fonçage

20 jours - juin 1965

b) essais de débit

- du 31 août (18 h) au 1er septembre (14 h), remontée le 1er septembre de 14 h à 17 h 15.
Cette première période a été abandonnée par suite de l'imprécision des mesures du débit.

- du 1er septembre (17 h 15) au 3 septembre (1 h 15), remontée le 3 septembre de 1 h 15 à 9 h 15.

Seules les mesures effectuées au cours de cette seconde période ont été prises en compte pour le calcul des caractéristiques. Ce sont elles qui apparaissent en annexe II.

18 - Coupe technique

(voir annexe I)

19 - Mesures diverses

Essai de débit : du 31 août au 1er septembre (14 h).

Débit-mètre type déversoir avec lame déversante d'une largeur de 16 cm.

Cet appareillage fut abandonné au cours de l'essai du fait de son imprécision et remplacé par une cuve de 1 m³ dont on mesurait le temps de remplissage.

Niveaux piézométriques et dynamiques : mesurés à l'aide de sondes électriques, modèle Rossignol, et ohmètres sur les piézomètres 1, 2 et 3 - appareil HWK sur le forage d'exploitation - limnigraphie enregistreur (hebdomadaire) type Ott sur le piézomètre 4 le plus éloigné.

Date de prise d'échantillon d'eau : 3 septembre (voir résultats).

Fonctionnement du moteur et mesures sur forage assurés par le personnel Foramines ; mesures sur piézomètres effectuées par le personnel BRGM.

2 - RESULTATS GEOLOGIQUES

- Forage dans les alluvions récentes du Var (sables, graviers, galets), (voir coupe annexe I).
- Analyses granulométriques, pour l'installation d'un massif filtrant (voir annexe V).

3 - ESSAIS DE DEBITS

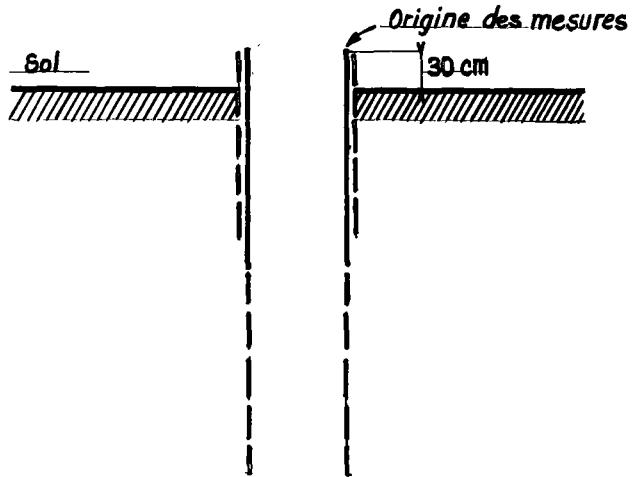
- Profondeur du forage au début de l'essai : 18,20 m
" " le 3 septembre après essai : 17,15 m
ensablement du forage de 1,05 m
- Profondeur des piézomètres :
 - 1) 7,50 m - 2) 6,80 m - 3) 7,90 m
- Disposition des piézomètres : voir fig. 10 et 11.

31 - Caractéristiques de la pompe

Pompe Richier P 150 à amorçage automatique, sans clapet de pied. Entraînement par moteur thermique de 50 CV. Profondeur d'aspiration : 16 m du sol. Diamètre intérieur des orifices d'aspiration : 150 mm. Refoulement : longueur totale 51,70 m de tuyaux en 120 mm de diamètre. Refoulement dans le petit ruisseau du vallon de la Tour.

32 - Origine des mesures

- Bord du tubage
- Forage crépiné sur 14 m



33 - Paliers de pompage

Par suite de l'impossibilité d'un contrôle rigoureux du débit du 31 août au 1er septembre le pompage a été repris, après arrêt de 3 h 15, le 1er septembre à 17 h 15.

On a alors effectué 3 paliers enchaînés :

- 1er palier : 150 m^3/h pendant 13 heures
- 2ème " : 240 " " 10 "
- 3ème " : 314 " " 7 "

Le dernier palier a été écourté du fait de la constatation d'une réalimentation, le pompage s'effectuant alors en circuit fermé. La remontée après pompage a été suivie pendant 8 heures.

4 - CARACTERISTIQUES HYDRAULIQUES DE LA COUCHE AQUIFERE

Nous admettons que les conditions de terrain et d'exécution des essais s'approchent suffisamment des conditions d'application de la méthode de Théis (régime transitoire) que nous utilisons (voir annexe V).

41 - Résultats des essais

Seuls les résultats des 3 premières heures ont pu être exploitées car l'on a constaté, par la suite, des perturbations qui peuvent être la conséquence de différents facteurs :

- remontée due à l'arrêt d'une des pompes de la station de pompage située à 250 m en amont.
- réinfiltration, la conduite de refoulement n'étant pas assez longue.

42 - Calcul de la transmissivité

(voir les courbes en annexe III)

L'étude des courbes de rabattement en fonction du temps et des courbes de remontée établies pour le forage et pour chacun des piézomètres, nous permettent de calculer la transmissivité. Les résultats sont exposés dans le tableau ci-après :

		TRANSMISSIVITE en m^2/s	VALEUR ADMISE en m^2/s
	Pompage	Remontée	
Puits	$1,7 \cdot 10^{-1}$	$2,5 \cdot 10^{-1}$	$2,- \cdot 10^{-1}$
Piézomètre n° 1		$2,6 \cdot 10^{-1}$	$2,6 \cdot 10^{-1}$
Piézomètre n° 2	$1,8 \cdot 10^{-1}$	$1,6 \cdot 10^{-1}$	$1,7 \cdot 10^{-1}$
Piézomètre n° 3	$1,3 \cdot 10^{-1}$	$1,4 \cdot 10^{-1}$	$1,4 \cdot 10^{-1}$

Ce qui donne en moyenne

$$T = 2 \cdot 10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$$

43 - Calcul de la perméabilité

$$K = \frac{T}{H}$$

H = l'épaisseur de l'horizon aquifère

Cette épaisseur a été déterminée lors d'une campagne de géophysique sismique⁽¹⁾ ; elle est d'environ 20 mètres dans le secteur qui nous intéresse.

(1) R. HORN - F. MENARD - F. MUNCK - "Etude géophysique de la basse vallée du Var" - rapport BRGM DS 65 A 37 - mai 1965 -

Le coefficient de perméabilité K, exprimé en m/s est de :

1 . 10 ⁻²	m/s	pour le puits
1 . 10 ⁻²	"	pour le piézomètre n° 1
9 . 10 ⁻³	"	" " n° 2
8 . 10 ⁻³	"	" " n° 3

La perméabilité des alluvions du Var est dans l'ensemble très importante.

A titre d'indication on notera que la transmissivité moyenne obtenue au puits central par essais Lefranc était de $2 \cdot 10^{-1}$ m²/s, c'est la valeur que nous obtenons en moyenne au puits par essais de débit.

44 - Coefficient d'emmagasinement

(voir courbes en annexe III)

Le coefficient d'emmagasinement, qui est fonction du volume d'eau libéré par pompage, est comparable à la porosité efficace. C'est un nombre sans dimension, exprimé en pourcentage et désigné par le symbole S. Sa valeur est déduite par l'étude des courbes de rabattement, logarithme du temps t; r étant la distance du piézomètre au forage central.

Il ne nous a été possible de calculer cette valeur que pour les piézomètres 2 et 3. On obtient ainsi :

2 % pour le piézomètre 2, situé à 15,85 m du forage
6 % " " " 3, " 28,65 m "

45 - Caractéristique du forage

(voir courbes en annexe IV)

C'est la représentation du débit en fonction du rabattement supposé stabilisé pour les 3 paliers de pompage.

$$Q = f(s)$$

On obtient ici une courbe à convexité peu prononcée.

Il est regrettable que la pompe n'ait pu fournir de débit supérieur à $314 \text{ m}^3/\text{h}$ car il aurait été utile de déterminer le point critique de la courbe caractéristique à partir duquel la décroissance du rabattement est nettement disproportionnée par rapport à l'augmentation de débit obtenue. A partir de ce point critique, la droite s'infléchit pour donner une courbe d'allure parabolique et le débit critique, ou débit maximum, est déterminé par le point critique de la courbe rabattement-débit.

Nous pouvons malgré tout prévoir pour cet ouvrage un débit d'exploitation supérieur à $314 \text{ m}^3/\text{h}$ et les 100 l/s que l'on se proposait de trouver seront vraisemblablement atteints mais avec un rabattement plus important.

5 - CONCLUSIONS

Cet essai de débit a été perturbé par deux incidents ; d'une part on a été obligé de changer en cours d'opération le mode de calcul de débit, le déversoir dont on disposait ne pouvant jauger des débits au-dessus de $150 \text{ m}^3/\text{h}$, d'autre part on a constaté au bout d'un certain temps de pompage une réalimentation à partir du débit d'exhaure, la conduite de refoulement n'étant pas

assez longue et le canal utilisé n'étant pas imperméable il y a eu au bout de 3 heures un recyclage des eaux, ce qui a faussé la fin des essais.

Ceci a constraint à n'utiliser, pour le calcul des coefficients de transmissivité et de perméabilité, que le premier débit de la seconde phase des essais, et cela pendant un laps de temps très court.

Cependant les résultats obtenus par les différentes méthodes utilisées sur les quatre points testés sont suffisamment homogènes pour qu'on puisse les considérer comme valables. Ils confirment la grande perméabilité des alluvions du Var au pont de la Manda.

Marseille, le 3 octobre 1965

PRINCIPE DE LA METHODE DE THEIS

L'équation de l'écoulement transitoire est :

$$\Delta = \frac{2,303 Q}{4 \pi T} \log \frac{2,25 Tt}{r^2 S} \quad (1)$$

Δ = rabattement au temps t à la distance r du puits (en m)

Q = débit de pompage constant (en $m^3/sec.$)

S = coefficient d'emmagasinement

T = transmissivité de l'horizon aquifère (en $m^2/sec.$)

t = temps écoulé depuis l'origine du pompage (en sec.)

La transmissivité, produit de l'épaisseur de l'horizon aquifère par sa perméabilité, est la grandeur représentant le mieux l'aptitude d'une formation aquifère à conduire l'eau ; la perméabilité étant définie par le coefficient de Darcy K selon l'équation :

$$Q = K A i$$

i = pente de la ligne piézométrique

A = section traversée par le débit Q

Une représentation graphique du rabattement en fonction du temps permet de déterminer T et S .

On démontre que :

$$T = \frac{0,183}{\Delta / Q}$$

$\Delta / Q = c$ = accroissement du rabattement spécifique pour un cycle logarithmique.

$$S = \frac{2,25 T t_0}{r^2}$$

La représentation graphique du rabattement en fonction du temps est faite en coordonnées semi-logarithmiques. L'évolution de la fonction (1) pour plusieurs débits est ainsi représentée par des droites ayant même origine sur l'axe des temps, en ordonnée étant porté le quotient du rabattement par le débit ou rabattement spécifique (le rabattement est fonction linéaire du débit).

RÉGION : Alpes-Maritimes COMMUNE Plan de Carros
SITUATION : Forage CRD DATE D'EXÉCUTION: 1965
ÉTAT DE CONSERVATION : Indice de classement [973]

x 991,38 Annexe I
y 174,62
z +60,86

Alluvions du Var

Technique de coupe	Nappes et plans d'eau	Echant.	Coupe	Description géologique par... .
				0,80-Terre végétale et argileuse
Forage en 840				
650x660 plein				
7,20				Graviers et sables
				6,50-
				Galets, graviers, sables avec gros galets disseminés
				11,00-
				Gros galets avec graviers, sable
				15,00-
				Galets, graviers, sable.
				18,20
18m20				

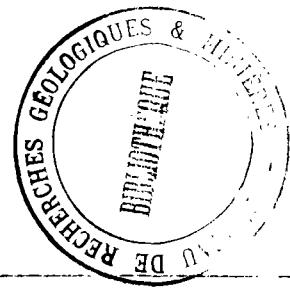
ltre de l'heure

Alluvions du Var



O B S E R V A T I O N S

A U C O U R S D E L A R E M O N T E E L E 3.9.65



Heures	Temps écoulé t depuis début pompage en sec.	Temps t' depuis arrêt pompage en sec.	t/t'	Puits Δ résiduel en m.	Piézo 1 Δ résiduel en m.	Piézo 2 Δ résiduel en m.	Piézo 3 Δ résiduel en m.
1 h.15	115.200				0,30	0,275	
15'30"	115.230	30	3.840	0,230	0,19	0,222	0,230
16	115.260	60	1.280	0,210	0,17	0,218	0,228
17	115.320	120	960	0,200	0,16	0,208	0,220
18	115.380	180	641		0,155	0,200	0,210
19	115.440	240	480	0,200	0,145	0,195	0,210
20	115.500	300	385	0,190	0,140	0,190	0,200
23	115.680	480	241		0,135	0,180	0,182
24	115.700	540	214	0,180			
25	115.800	600	193	0,180	0,130	0,170	0,178
29	116.040	840	138	0,170			
30	116.100	900	129		0,125	0,155	0,170
35	116.520	1.320	88	0,160	0,115	0,140	0,168
40	116.820	1.620	72	0,150	0,110	0,128	0,162
45	117.000	1.800	65	0,140			0,155
50	117.300	2.200	53	0,130	0,105	0,115	
55	117.600	2.400	49				0,145
2 h.15	118.800	3.600	33			0,092	0,120
20	119.100	3.900	30		0,100		
2 h.30	119.700	4.500	26	0,130		0,080	
35	120.000	4.800	25				0,105
45	120.600	5.400	22	0,120		0,070	0,100
3 h.15	121.400	7.200	16,8	0,110	0,082	0,058	0,090
4 h.15	125.000	10.800	11,5	0,090	0,070	0,038	0,070
5 h.15	128.600	14.400	9	0,080	0,055	0,022	0,060
6 h.15	132.200	18.000	7	0,075	0,040	0,020	0,045
7 h.15	135.800	21.600	6,2	0,070	0,030	0,010	0,040
8 h.15	139.400	25.200	5,5		0,030	0,005	0,040
9 h.15	143.000	28.800	4,9		0,020	0,015	0,035

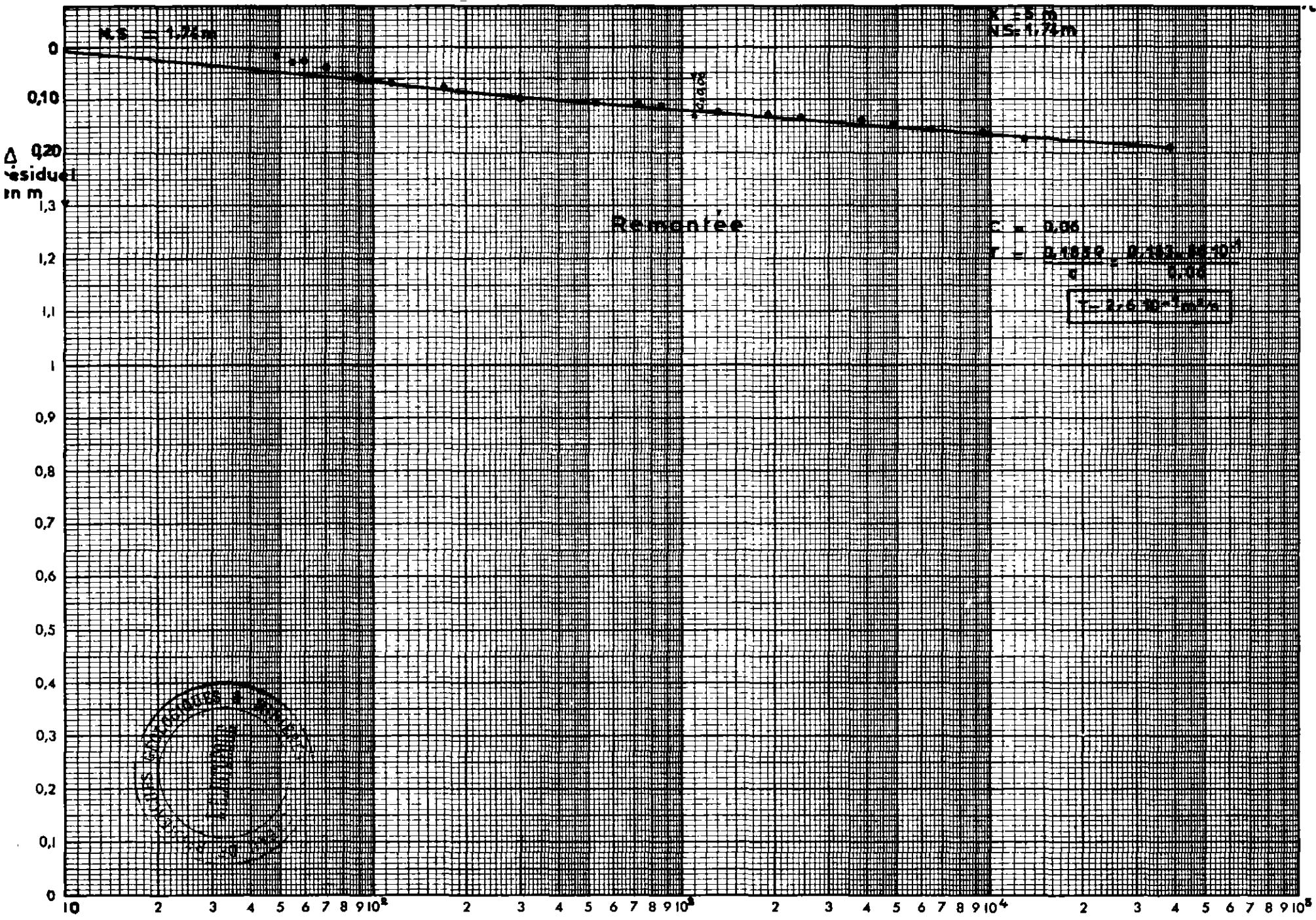
N.B: Les rabattements résiduels sont rapportés au niveau initial du 31 aout.

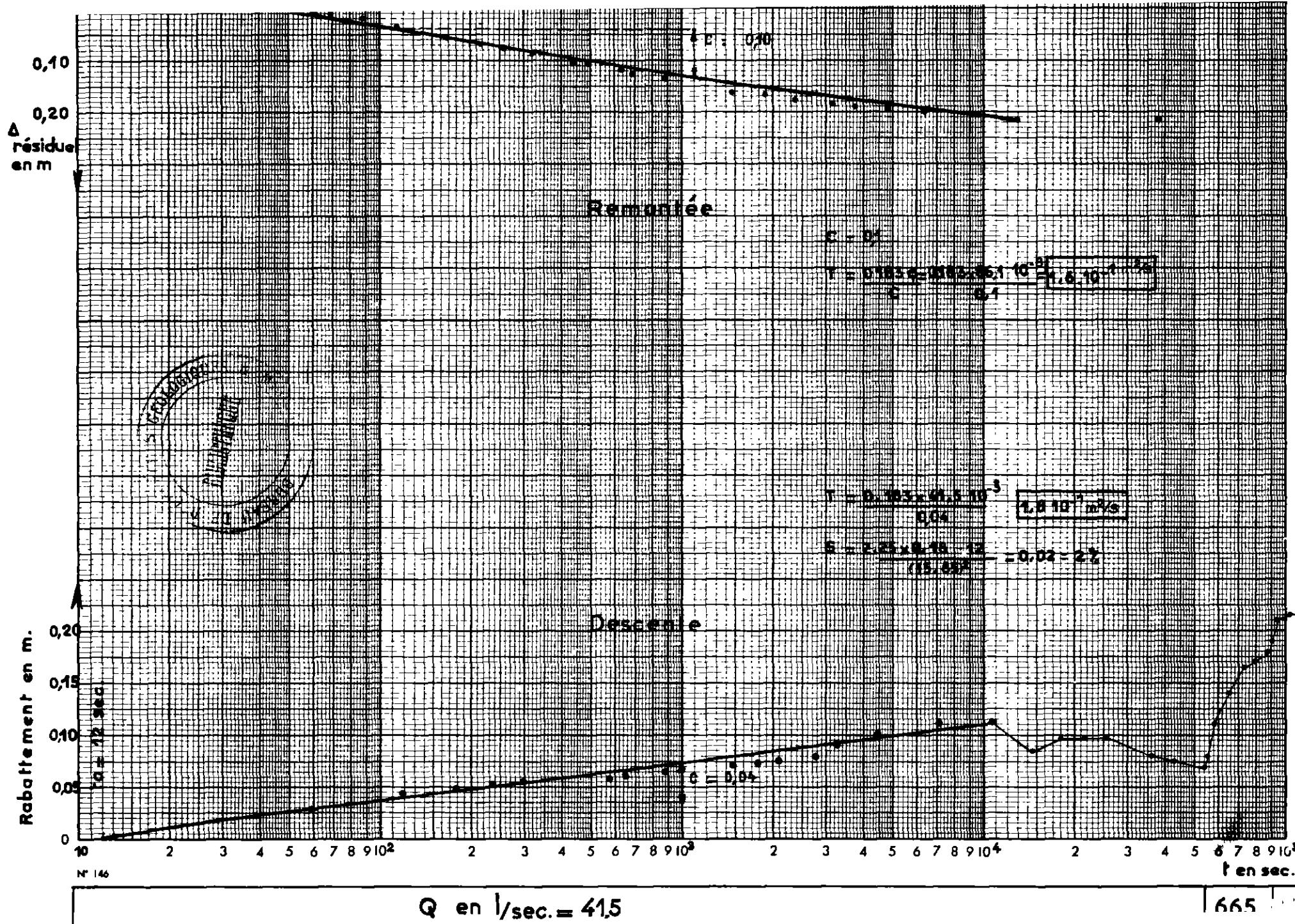
O B S E R V A T I O N S

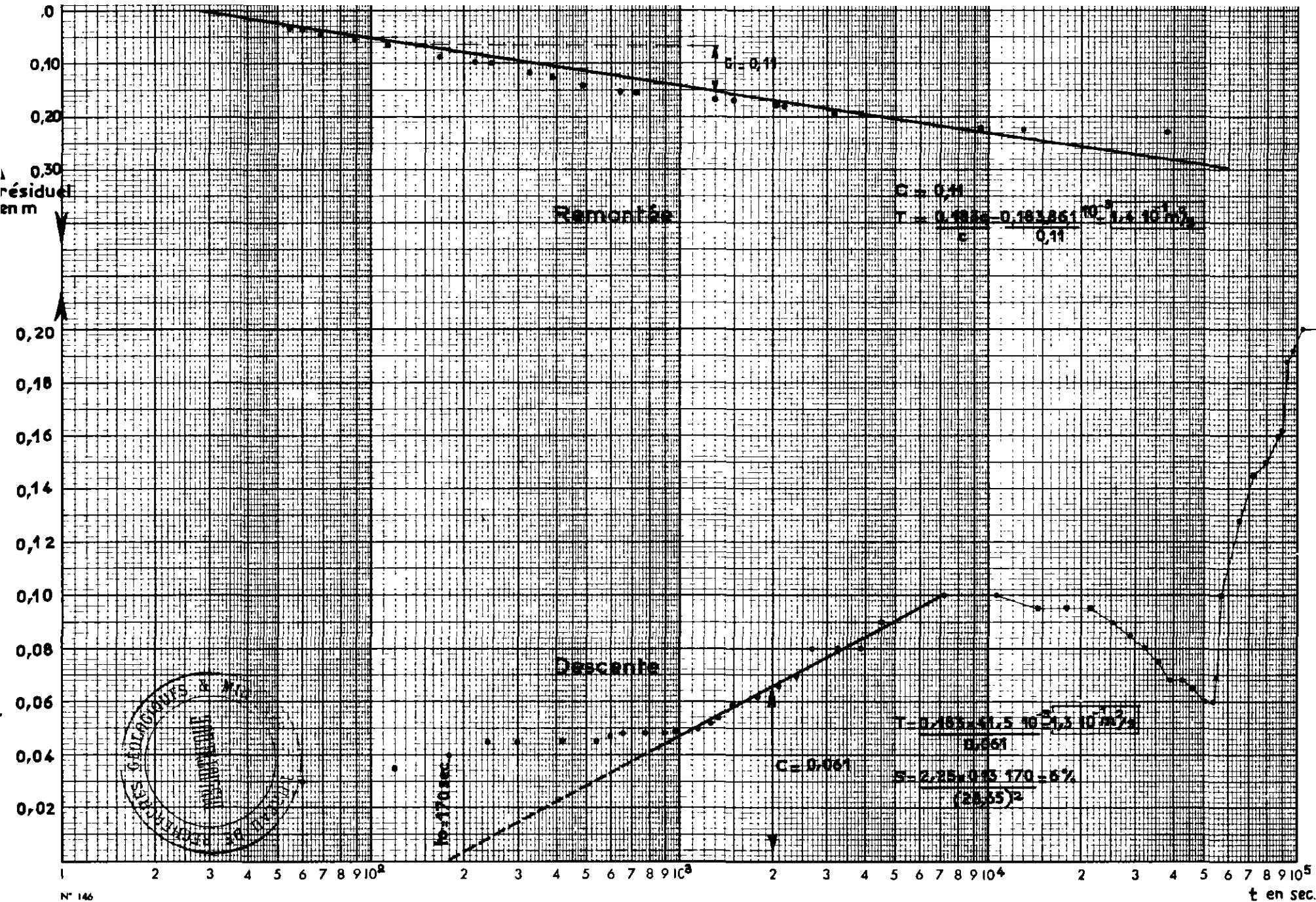
A U C O U R S D U P O M P A G E



Date	Heures	Débit Q en m^3/s	Temps t depuis dé- but pompage en sec.	Puits central Rabattement Δ	Piézo 1 Δ en m.	Piézo 2 Δ en m.	Piézo 3 Δ en m.
1.9.65	17 h. 15		0	0			
"	" 16		60	0,325		0,028	0,030
"	" 17		120	0,300	0,135	0,042	0,035
"	" 18		180	0,300	0,100	0,048	0,040
"	" 19		240	0,300	0,105	0,051	0,045
"	" 20	$41,5 \cdot 10^3$	300	0,300	0,110	0,055	0,045
"	" 22		420	0,242	0,09	0,055	0,045
"	" 24		540		0,09	0,057	0,045
"	" 25		600	0,248			0,047
"	" 26		660	0,252		0,060	0,048
"	" 28		780	0,250		0,060	0,048
"	" 30		900	0,252	0,100	0,065	0,048
"	" 31		960	0,255			0,049
"	" 34		1.140	0,258		0,065	0,050
"	" 36		1.260			0,068	0,052
"	" 37		1.320	0,260			0,054
"	" 38		1.380			0,068	0,057
"	" 40	$41,5 \cdot 10^3$	1.500	0,262	0,110	0,070	0,059
"	" 45		1.800	0,265	0,110	0,072	0,062
"	" 50		2.100	0,265		0,075	0,066
"	" 55	$41,5 \cdot 10^3$	2.400	0,270		0,078	0,070
"	18 h.		2.700	0,272	0,110	0,080	0,080
"	18 h. 10	$41,5 \cdot 10^3$	3.300	0,278		0,092	
"			3.600	0,280			
"	" 20		3.900			0,095	
"	" 30		4.500	0,285		0,100	0,090
"	19 h. 15	$41,5 \cdot 10^3$	7.200	0,290	0,120	0,110	0,100
"	20 h. 15	$41,5 \cdot 10^3$	10.800	0,288	0,120	0,115	0,100

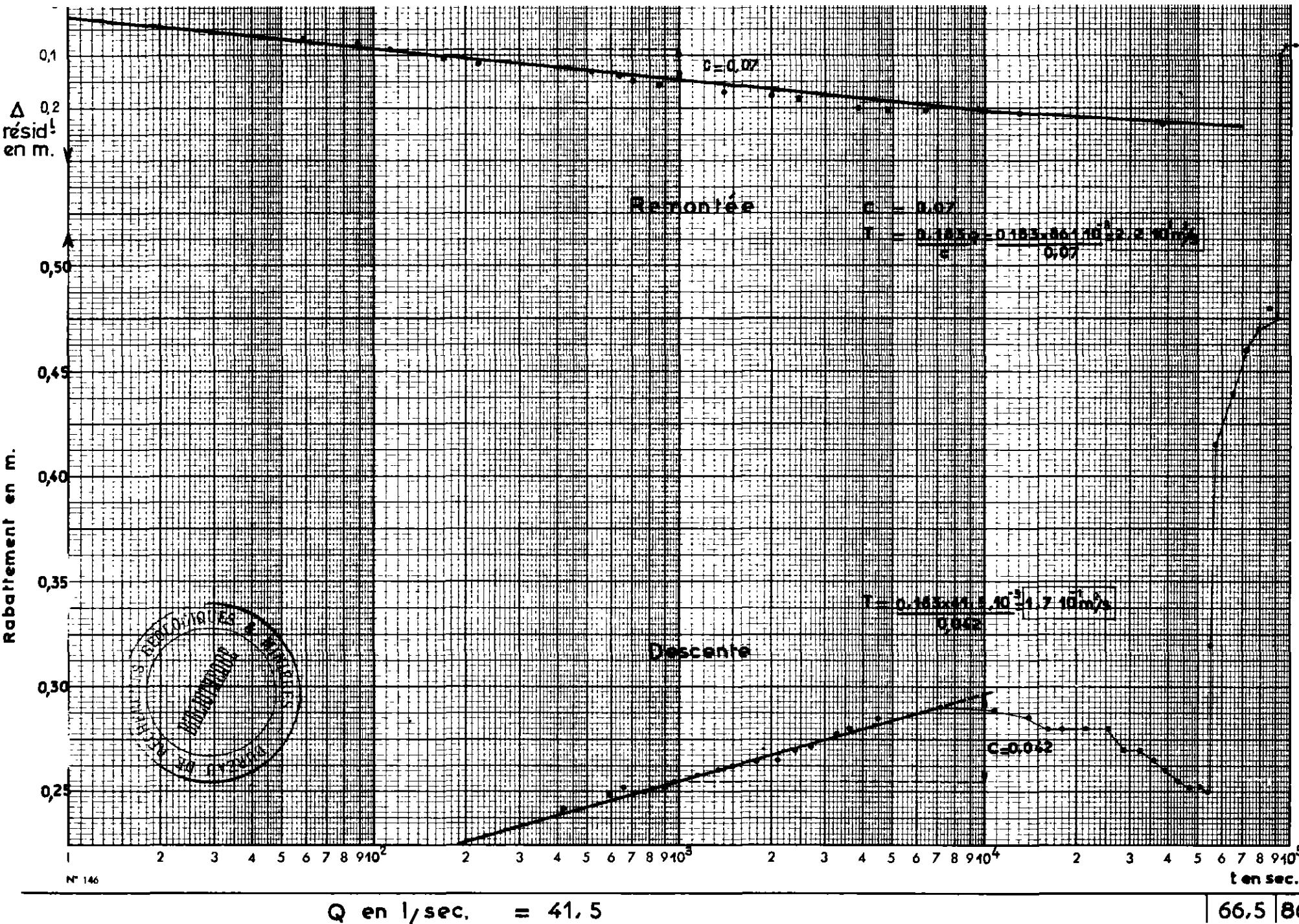






Q en $l/sec = 415$

665 86



100

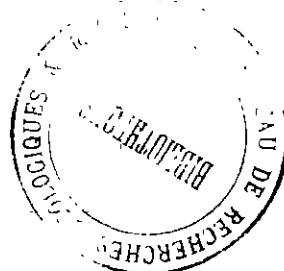
200

300

m^3/h

Annexe IV

Caractéristique du Forage



Laboratoire Régional
de MARSEILLE
Section des Sols

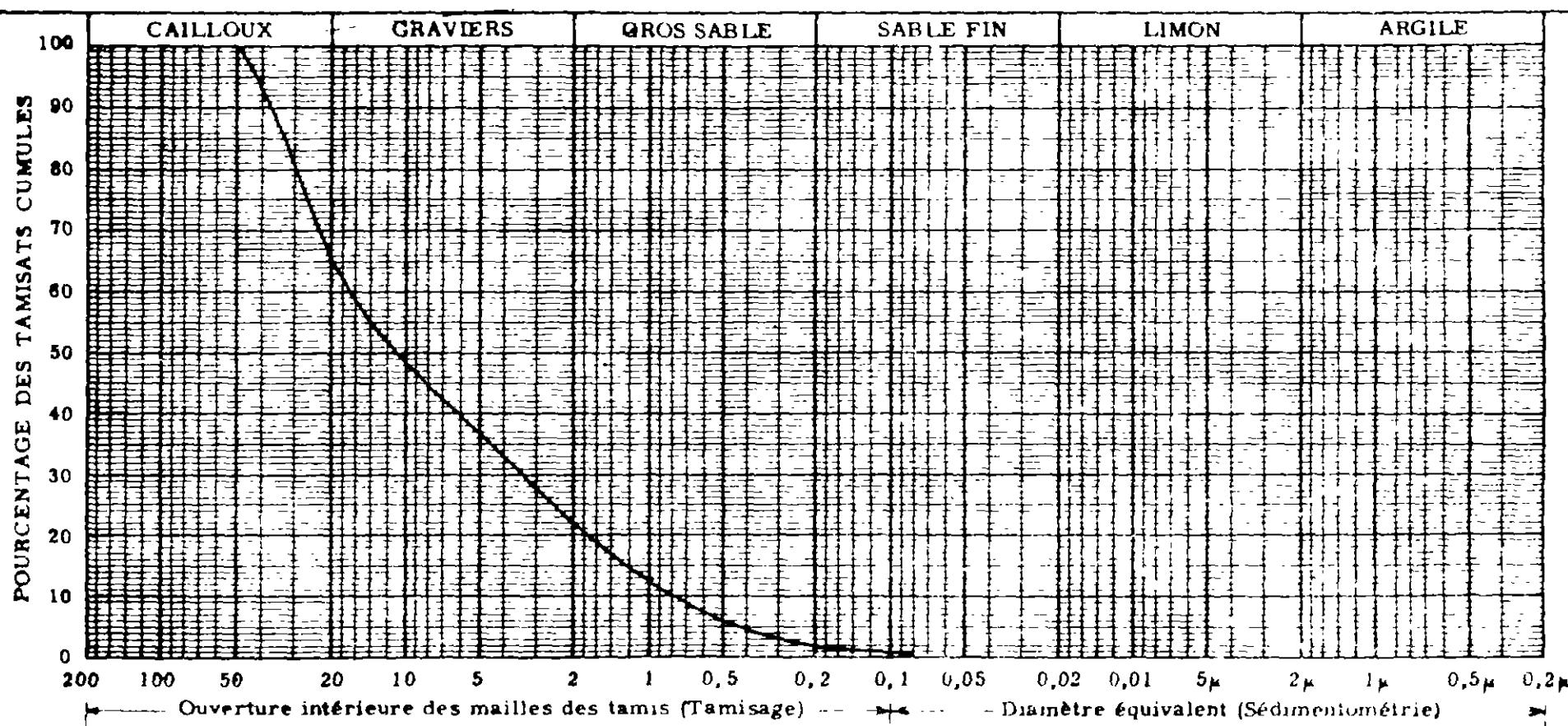
Désignation
des
échantillons

N°

N°

N°

S.6 ET S.7 - ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE



	S.6 LIMITES D'ATTERBERG	
	L. L.	I. P.
Ech.		
Ech.		
Ech.		

	S.20	
	E.S. à vue	E.S. au piston
Ech.		
Ech.		
Ech.		

	Facteur de portance	Groupe
Ech.		H R B
Ech.		
Ech.		

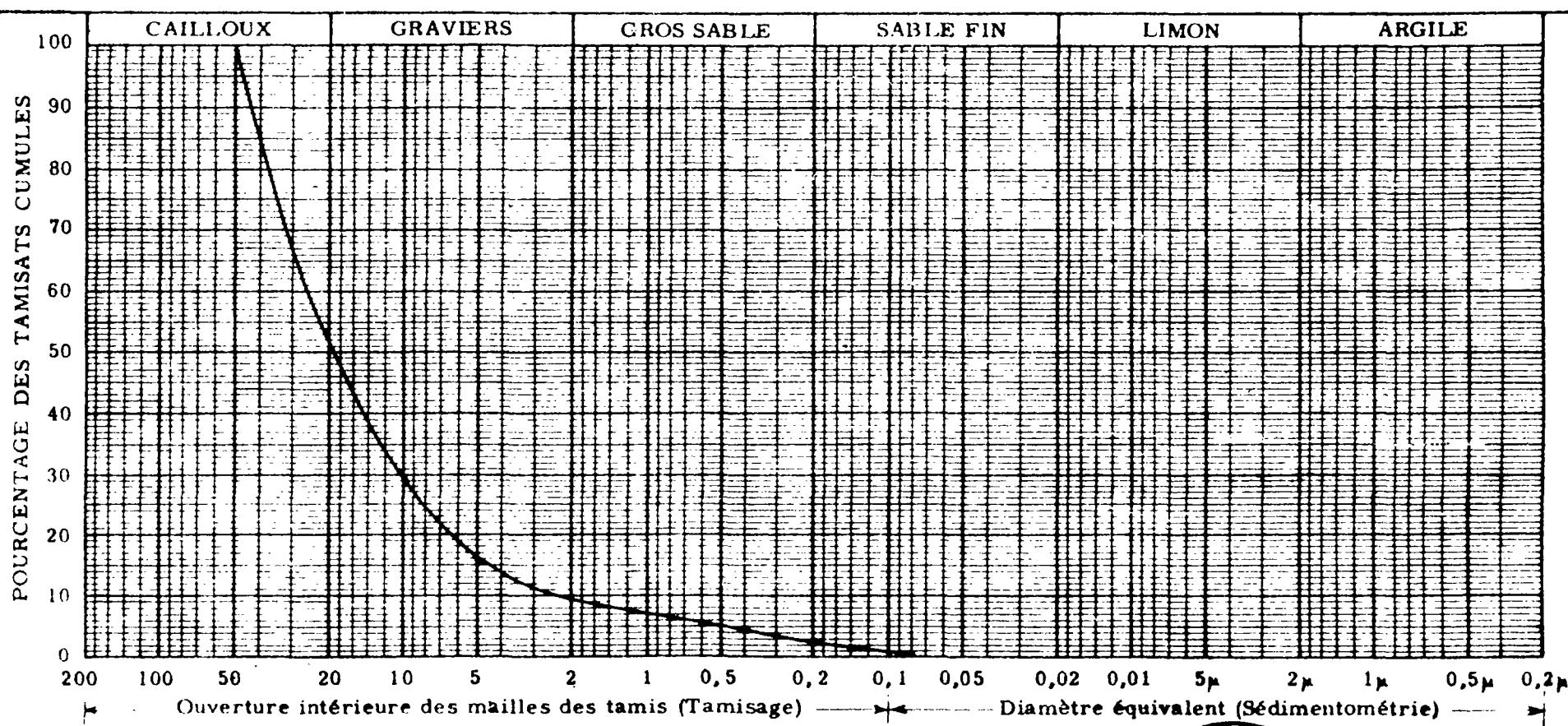


Laboratoire Régional
de MARSEILLE
Section des Sols

Provenance: Sondage du pont de la Manda 1-4 m.

Désignation
des
échantillons } N°
} N°
} N°

S.6 ET S.7 - ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE



S.8
LIMITES D'ATTERBERG

L. L. I.P.

S.20

E.S.
à vue E.S.
au piston

Facteur
de
portance

Groupe
H R B

Ech.

Ech.

Ech.

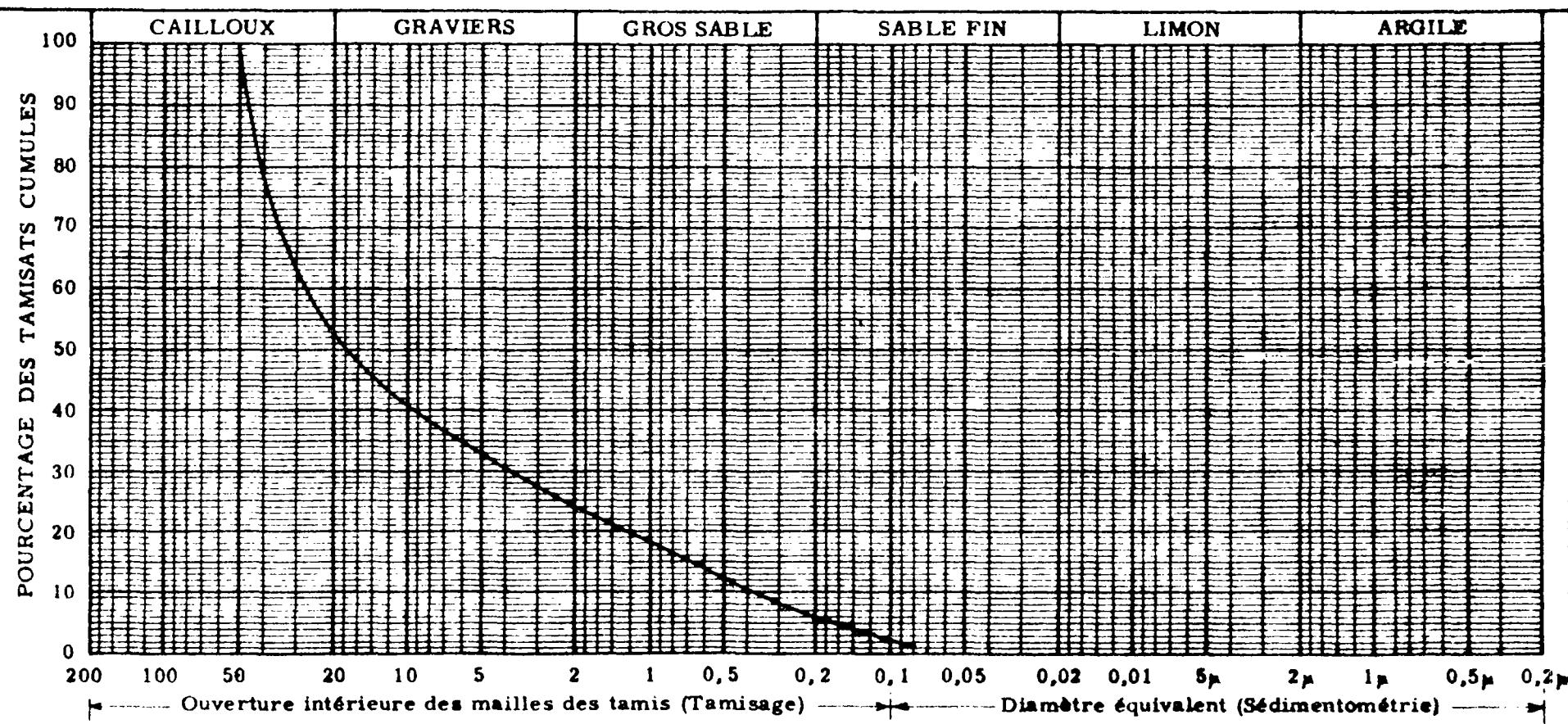


Laboratoire Régional
de MARSEILLE
Section des Sols

Provenance: Sondage du pont de la Manda (-5m)

Désignation
des
échantillons {
N° _____
N° _____
N° _____

S.6 ET S.7 - ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE



	S.8 LIMITES D'ATTERBERG		S.20 E.S. à vue		E.S. au piston	Facteur de portance	Groupe H R B
	L. L.	I. P.					
Ech.							
Ech.							
Ech.							



Laboratoire Régional
de MARSEILLE

Section des Sols

Provenance: Sondage du pont de la Manda (-6m)

Désignation
des
échantillons

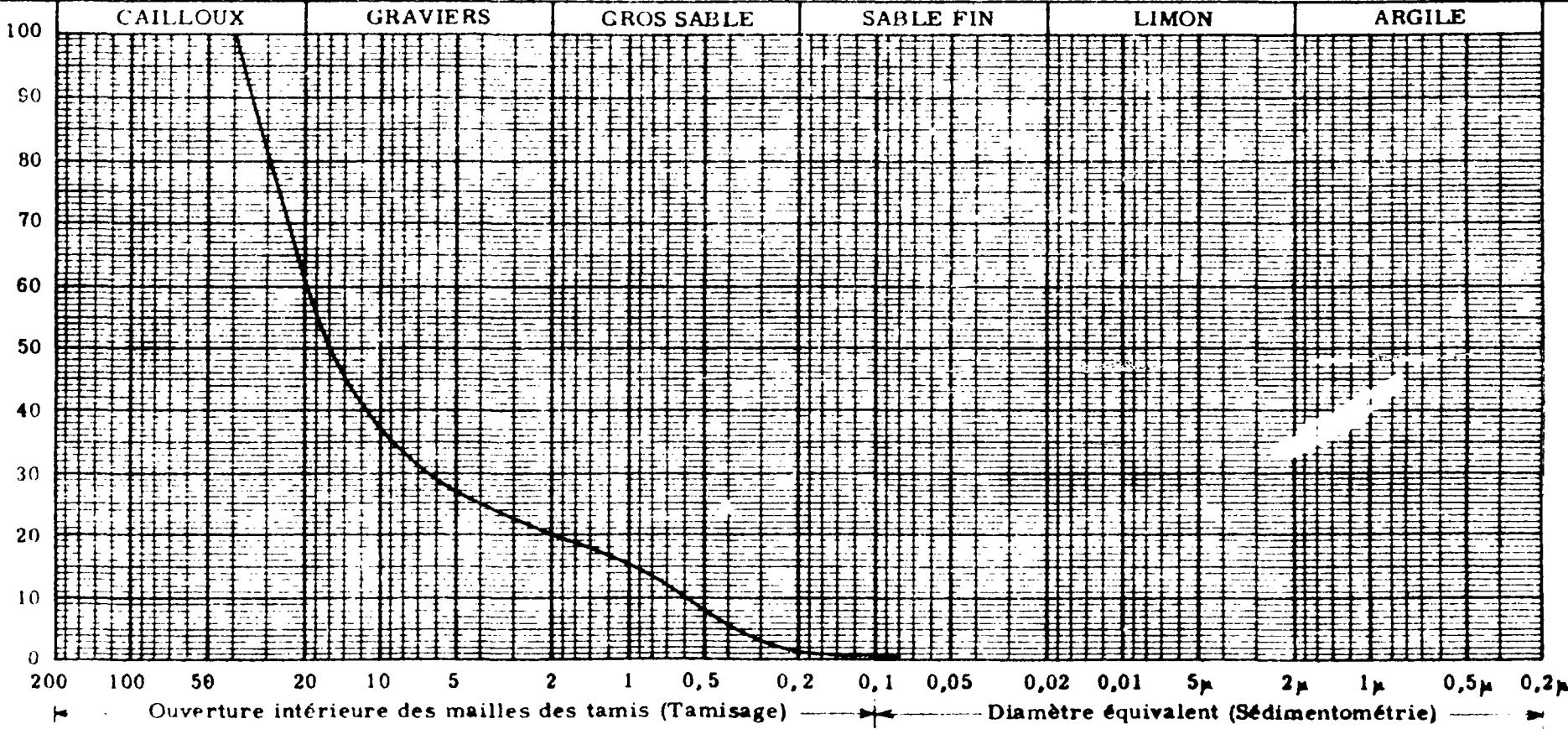
N°

N°

N°

S.6 ET S.7 - ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

POURCENTAGE DES TAMISATS CUMULES



S.8
LIMITES D'ATTERBERG

L. L.

I. P.

S.20

E.S.
à vue

E.S.
au piston

Facteur
de
portance

Groupe
H R B

Ech.

Ech.

Ech.



Laboratoire Régional
de MARSEILLE

Section des Sols

Provenance: Sondage du pont de La Manda (-7m)

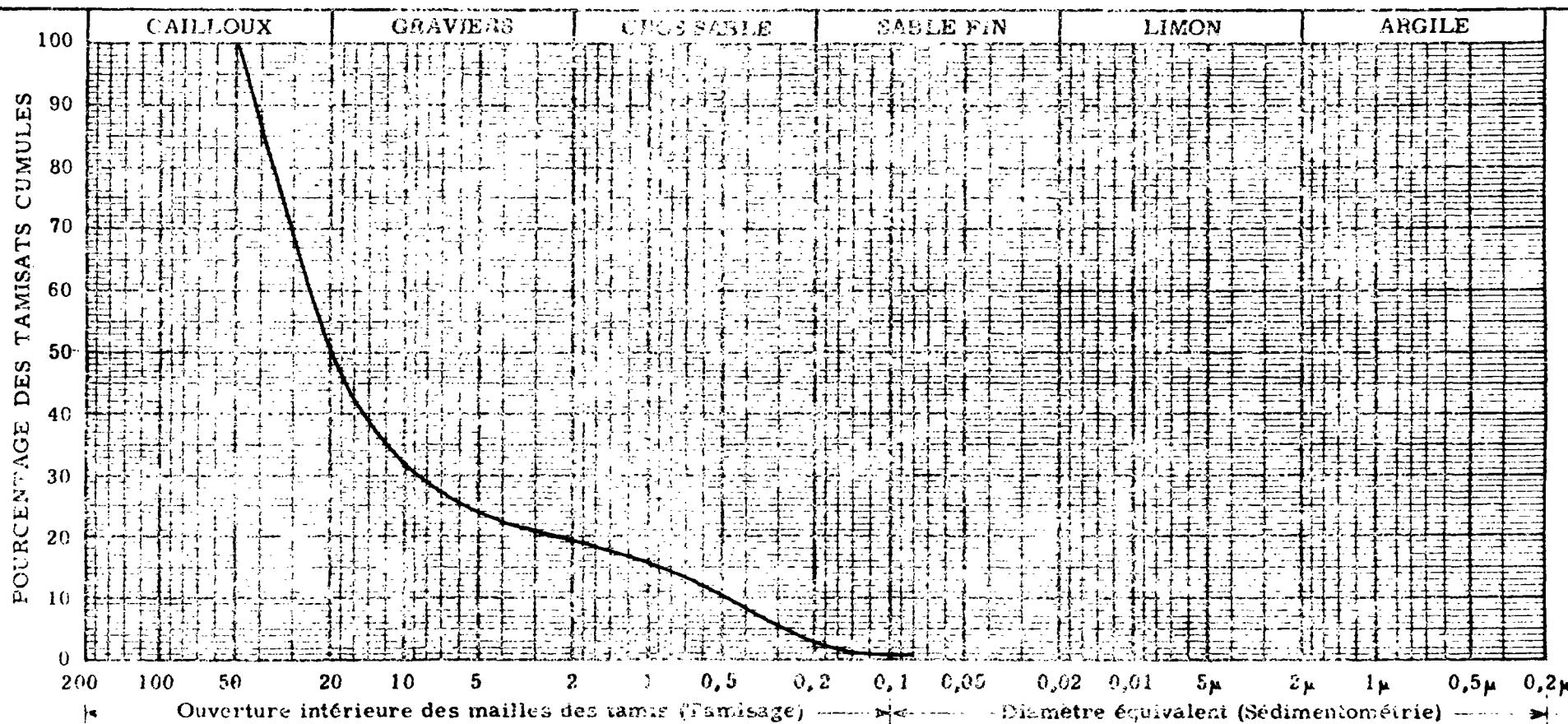
Désignation
des
échantillons

N°

N°

N°

S.6 ET S.7 - ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

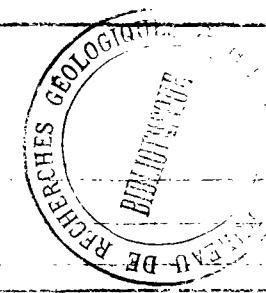


	S.8		S.20		Facteur de portance	Groupe H R B
	L. L.	I. P.	E. S. à vue	E. S. au piston		

Ech.

Ech.

Ech.



Laboratoire Régional
de MARSEILLE

Section des Sols

Provenance : Sondage du pont de La Manda (-8m)

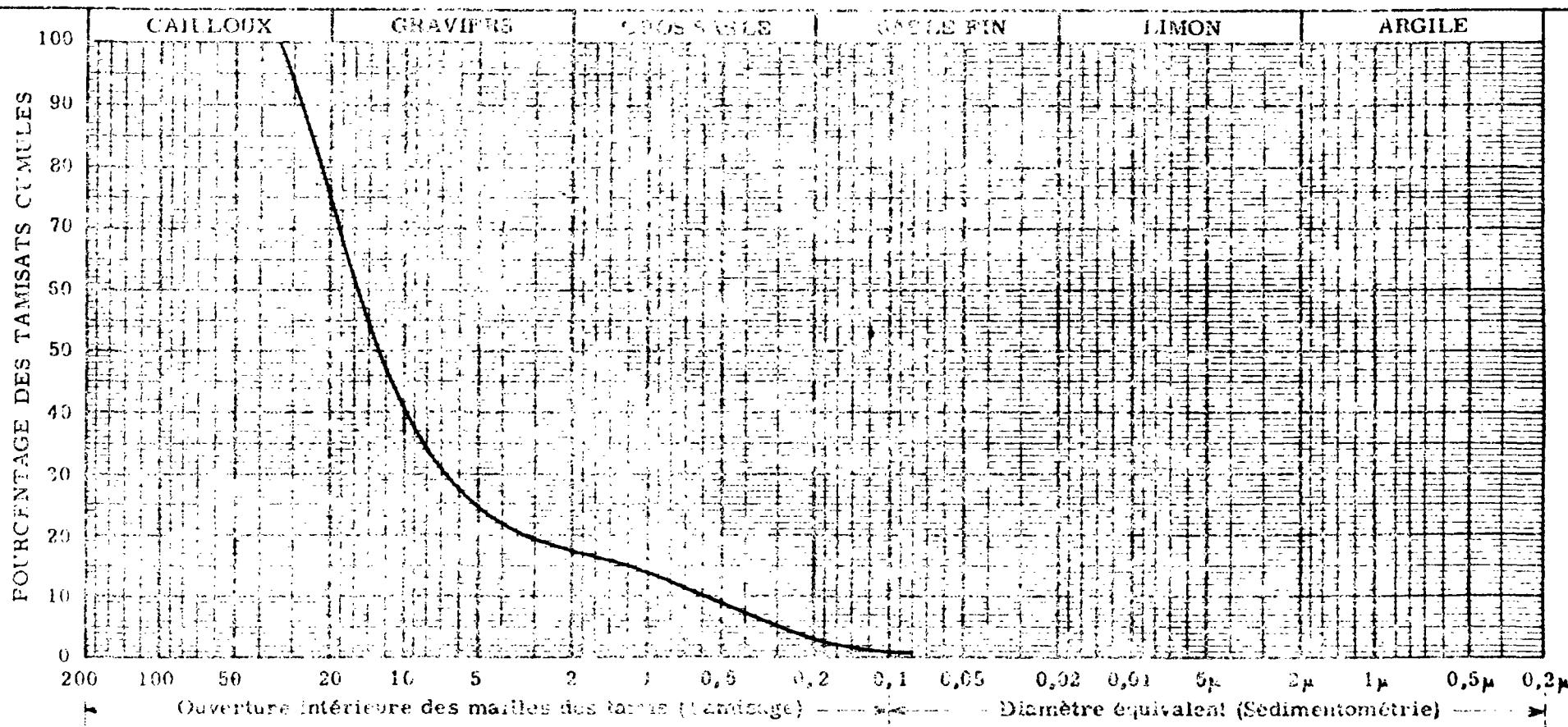
Désignation
des
échantillons

N°

N°

N°

5.6 ET 5.7 - ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE



Ech.	S.6		S.20		Filtre à tamis	Groupe en R. S
	L. L.	I. P.	E. S. à vue	E. S. à tamis		
Ech.						
Ech.						
Ech.						



Laboratoire Régional
de MARSEILLE

Section des Sols

Provenance: Sondage du pont de la Manda (-9m)

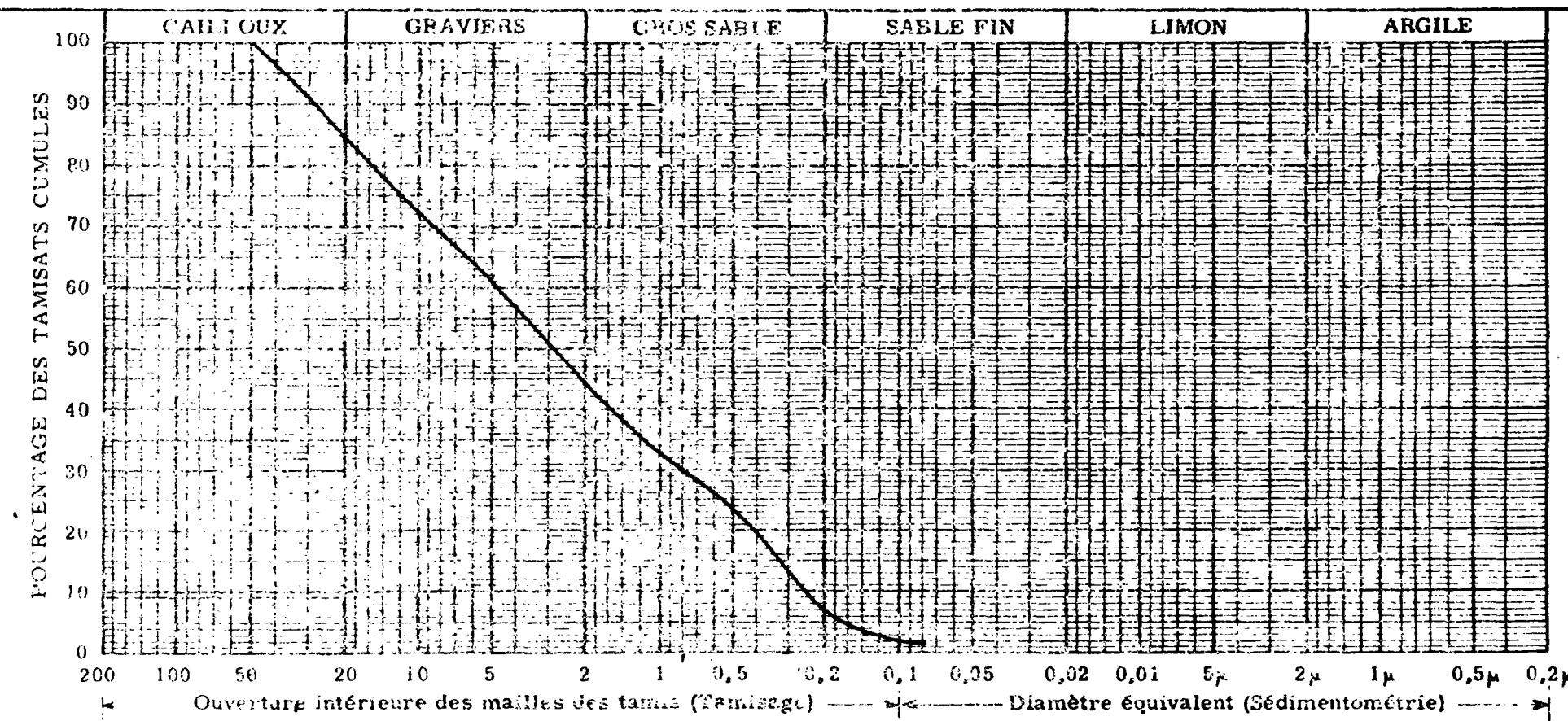
Désignation
des
échantillons

N°

N°

N°

S.6 ET S.7 - ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE



S.8
LIMITES D'ATTERBERG

I. I.	I. P.
-------	-------

S.20

E. S. à vue	E. S. au pincet
----------------	--------------------

Facteur
de
pertinence

Groupe

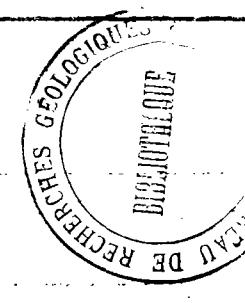
H R B

Ech.

Ech.

Ech.

100%



Laboratoire Régional
de MARSEILLE

Section des Sols

Provenance: Sondage du pont de la Manda (-10 m).

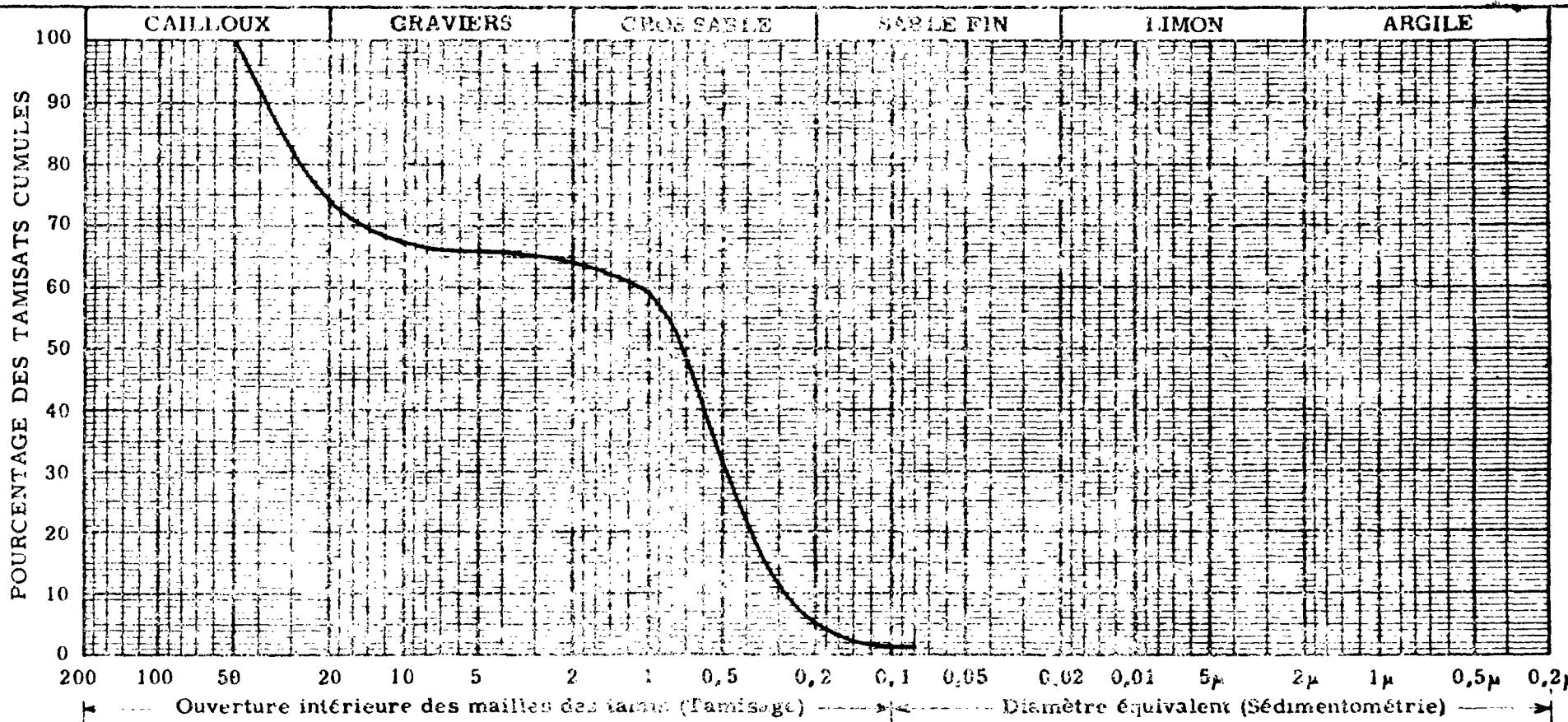
Désignation
des
échantillons

N°

N°

N°

5.6 ET 5.7 - ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE



5.8
LIMITES D'ATTERBERG

I. L.	I. P.
-------	-------

5.20

E.S. à vue	E.S. au piston
---------------	-------------------

Facteur
de
portance

Groupe
H R B

Ech.

Ech.

Ech.



FONTS ET CHAMPS

Laboratoire Régional
de MARSEILLE

Section des Sols

Provence. Sondage du pont de la Manda (-11m)

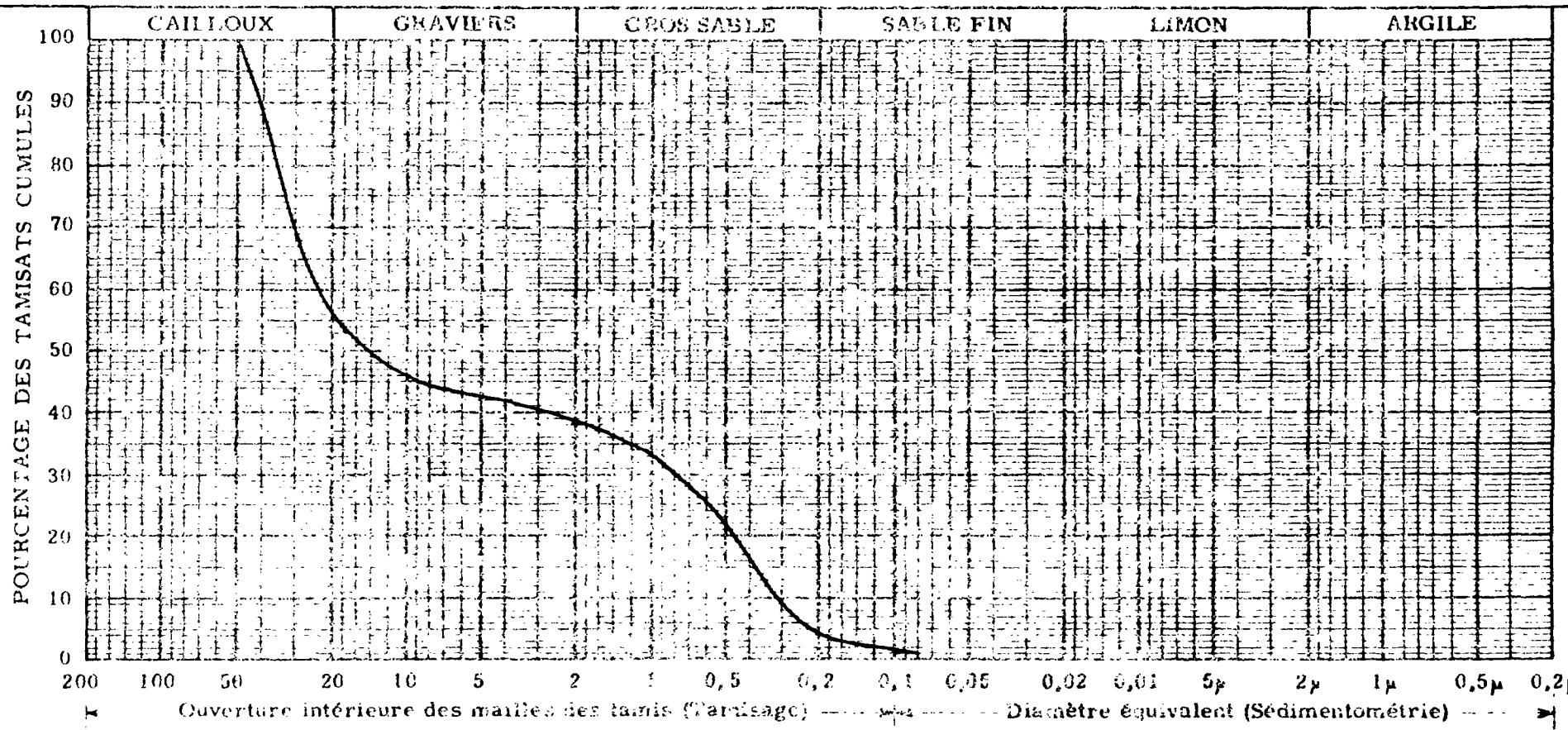
Désignation
des
échantillons

N°

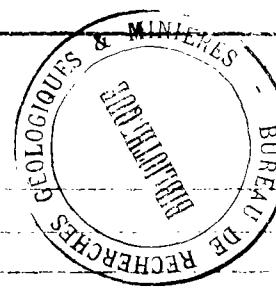
N°

P.

S.6 ET S.7 - ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE



	S.8		S.20		Facteur de pertinence	Groupe H R B	
	L. L.	I. P.	E. S. à vue	E. S. au piston			
Ech.							
Ech.							
Ech.							



FONDS ET SAVANNA

Laboratoire Régional
de MARSEILLE

Section des Sols

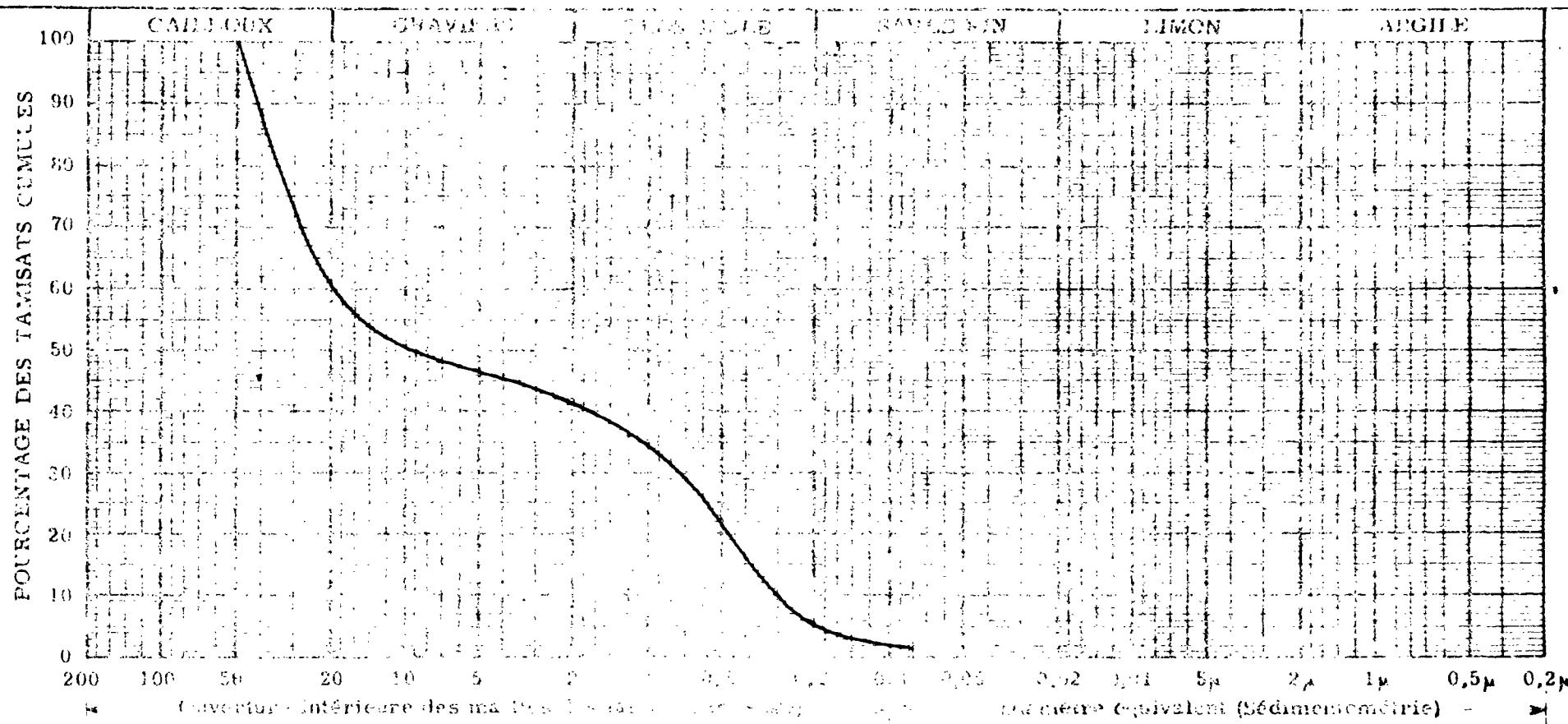
Référence : 10000000000000000000000000000000

Type de sol :

Désignation
des
échantillons

Sondage du pont de la Manda (-12 m)

S. 6 et S. 8 - 1 m au dessus de la nappe d'artéfage

S. 6
MÉTRES D'ALTITUDE

L. L.

L. P.

a 300

Ech.

Ech.

Ech.

