

MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS
ET DE LA CONSTRUCTION

Service des Etudes Scientifiques

ETUDE DES DEBITS D'ETIAGE
DE LA MEDJERDAH A SOUK AHRAS

S. PIEYNS
Ingénieur Hydrologue
de l' ORSTOM

Etude S.E.S 24.11
février 1968

MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS
ET DE LA CONSTRUCTION

SERVICE DES ETUDES
SCIENTIFIQUES

ETUDE DES DEBITS D'ETIAGE
DE LA MELJERDAH A SOUK AHRAS

S. PIEYNS
Ingénieur Hydrologue
de l'ORSTOM

ETUDE S.E.S 24.11
Février 1968.

La station hydrométrique de Souk Ahras sur l'oued Medjerdah, contrôle un bassin versant de 220 Km², dont l'altitude moyenne est de 884 mètres.

La majeure partie de ce bassin est formée de terrains crétacés, calcaires marneux et marnes. Dans la partie aval, apparaissent des terrains éocènes et miocènes. Le couvert végétal est très peu dense surtout dans la partie haute du bassin.

Les observations commencent en Septembre 1947 et se poursuivent sans interruption jusqu'en Septembre 1957. Elles reprennent ensuite durant la période, Septembre 1959 à Août 1961.

On possède ainsi 11 années complètes d'observations.

Les débits d'étiage sont mesurés dans un col de cygne ce qui permet d'obtenir une bonne précision sur les faibles débits.

L'étude entreprise porte sur les débits d'étiage de l'oued, débits particulièrement importants à connaître, au moment où l'on semble s'orienter vers des pompages en rivière pour améliorer l'alimentation en eau de la ville de Souk Ahras.

Chapitre I

Etude des débits caractéristiques d'étiage

1-1 Données d'observation

Les 11 années d'observations à la station de Souk Ahras permettent de constituer un petit échantillon des débits caractéristiques de l'oued Medjerdah.

On s'est principalement intéressé à trois types de débit caractéristique :

Le Débit Caractéristique d'Etiage (DCE) qui est le débit atteint ou non dépassé pendant 10 jours de l'année.

Le DC 11 qui est le débit égalé ou dépassé pendant 11 mois de l'année.

Le DC 10 qui est le débit égalé ou dépassé pendant 10 mois de l'année.

Pour déterminer ces différents débits nous avons pris l'année hydrologique qui va d'un étiage à l'autre, c'est à dire dans notre cas d'octobre à Septembre. L'année hydrologique qui correspond donc à un cycle complet reflète mieux la réalité physique du phénomène que l'année agricole Septembre Août.

Le tableau ci-dessous renferme les débits observés qui ont servis à l'étude.

Tableau 1

Année	DCE	DC 11	DC 10	Débit du mois le plus faible
	l/s	l/s	l/s	l/s
1948	60	70	90	69
1949	95	100	115	104
1950	180	200	228	199
1951	48	48	56	49
1952	68	95	114	91
1953	60	60	90	60
1954	120	120	190	140
1955	120	120	150	170
1956	135	150	165	144
1960	200	220	220	220

A partir des données du tableau 1, on peut classer par ordre décroissant les valeurs du DCE, du DC 11, du DC 10, et du débit moyen mensuel le plus faible pour chaque année hydrologique et obtenir ainsi, la fréquence au dépassement $F_1(x)$ de chacune de ces valeurs avec $F_1(x) = \frac{n}{N+1}$

C'est ce qui a été fait dans le tableau 2, qui donne en outre, la moyenne et l'écart type calculés sur les échantillons de débits observés.

Tableau 2

D C E			D C 11		D C 10		Débit mensuel le plus faible	
Année	Q l/s	$F_1(x)$	Année	Q l/s	Année	Q l/s	Année	Q l/s
1960	200	0,091	1960	220	1950	228	1960	220
50	180	0,182	50	200	60	220	50	199
56	135	0,273	56	150	54	190	55	170
55	120	0,364	55	120	56	165	56	144
54	120	0,454	54	120	55	150	54	140
49	95	0,545	49	100	49	115	49	104
52	68	0,636	52	95	52	114	52	91
48	60	0,727	48	70	48	90	48	69
53	60	0,818	51	70	53	90	53	60
51	48	0,909	53	60	51	56	51	49
Moyenne	109 l/s			119 l/s		118 l/s		125 l/s
	52 l/s			55 l/s		58 l/s		59 l/s

On peut voir d'après ce tableau que les différents débits caractéristiques sont en général en bon accord, ce qui laisse bien augurer des corrélations que l'on pourrait tenter entre eux.

1-2 - Extension des données par corrélations hydropluviométriques

L'échantillon de valeurs à notre disposition est malheureusement trop restreint pour que l'on puisse valablement tenter l'ajustement d'une loi statistique quelconque, cela même pour obtenir le D C E de fréquence décennale.

On a donc cherché à étendre les données hydrométriques en utilisant les données pluviométriques.

Ne disposant pas d'un nombre suffisant de stations pluviométriques observées sur une longue période dans la région étudiée, on n'a pas pu mettre en oeuvre la méthode de la charnière. Il a donc fallu se rabattre sur une corrélation basée sur un seul poste, celui de Souk Ahras, pour lequel on possède des relevés journaliers depuis 1914.

Après plusieurs essais, on a finalement retenu comme corrélation de base, celle qui existe entre le débit moyen mensuel le plus faible de l'année considérée et la pluviométrie du mois d'Avril de cette même année.

Le facteur principal ainsi défini, on a corrigé les écarts à la droite de régression, Pluie d'Avril. Débit moyen le plus faible, en introduisant des facteurs secondaires.

Ces facteurs secondaires au nombre de 4 sont :

- La pluviométrie de l'année antérieure en mm
- La pluviométrie de Février de l'année considérée en mm
- La pluviométrie de Mars " " "
- La pluviométrie de Septembre " " "

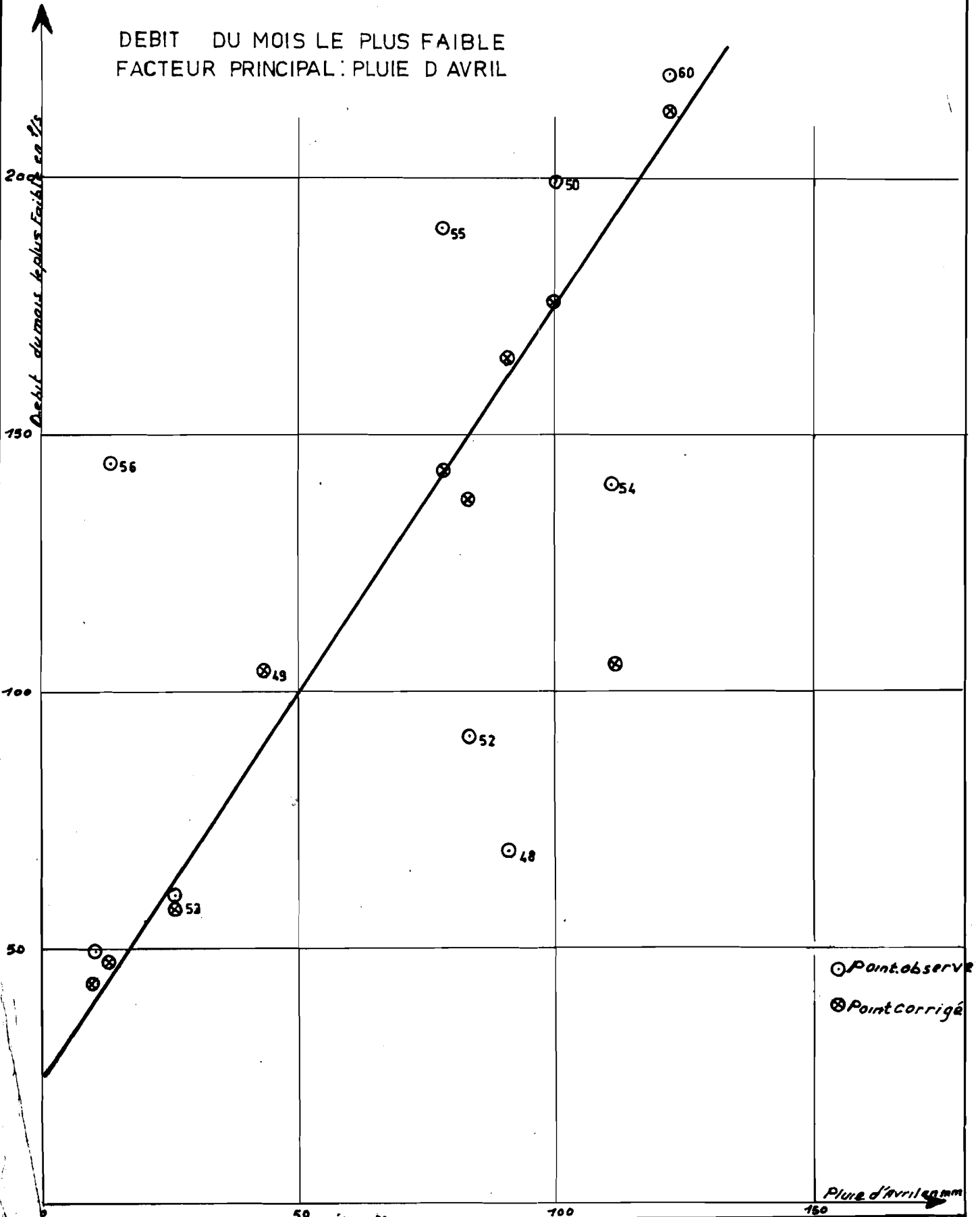
Les corrections à la courbe initiale ont été effectuées graphiquement, par la méthode des résidus. Après correction, on a obtenu la droite qui figure au graphique 1, droite tracée en minimisant les écarts, sans tenir compte du point 1954 qui semble aberrant.

Les courbes de correction figurent sur les graphiques 2 à 5 :

De façon à voir si on n'avait pas introduit une tendance lors du tracé des courbes de corrections, on a porté sur un graphique les débits moyens mensuels les plus faibles reconstitués, en fonction de ceux observés. La droite que l'on peut tracer n'entraîne aucune correction.

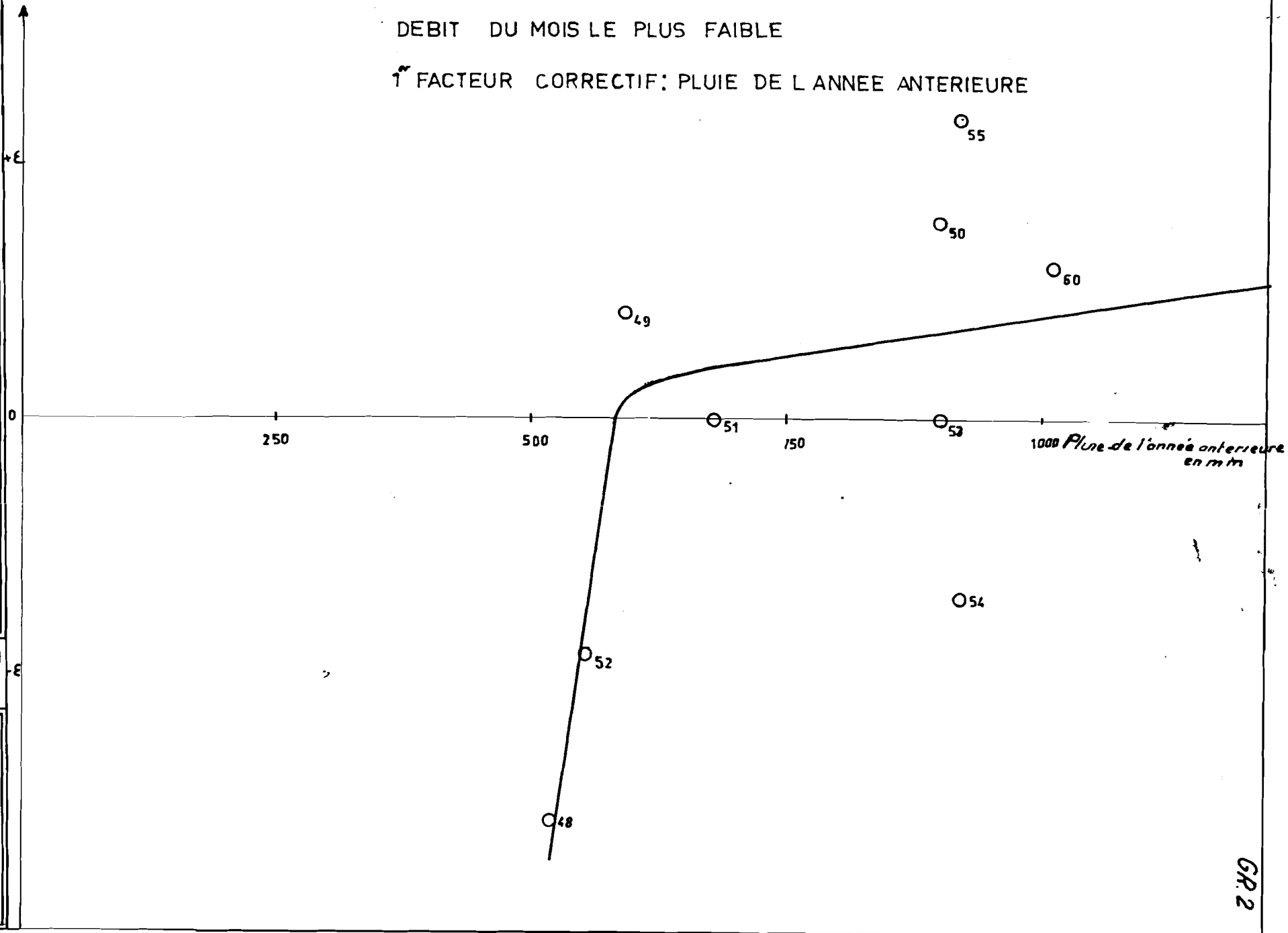
A partir de la série des observations pluviométriques au poste de Souk Ahras, nous avons donc pu établir la série des débits moyens mensuels les plus faibles entre 1915 et 1960

DEBIT DU MOIS LE PLUS FAIBLE
FACTEUR PRINCIPAL: PLUIE D AVRIL

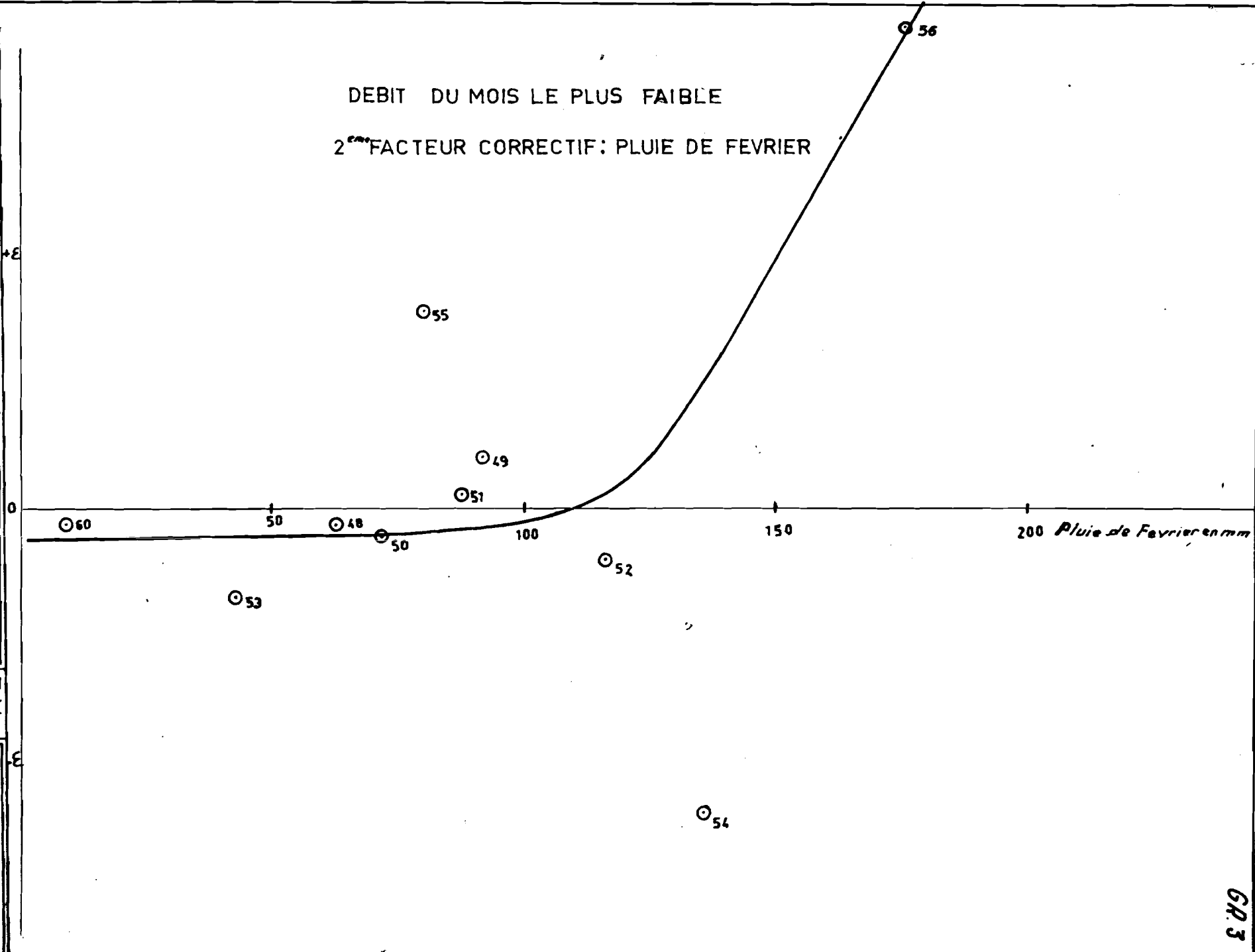


DEBIT DU MOIS LE PLUS FAIBLE

f FACTEUR CORRECTIF: PLUIE DE L ANNEE ANTERIEURE



DEBIT DU MOIS LE PLUS FAIBLE
2^{ème} FACTEUR CORRECTIF: PLUIE DE FEVRIER



S.E.S

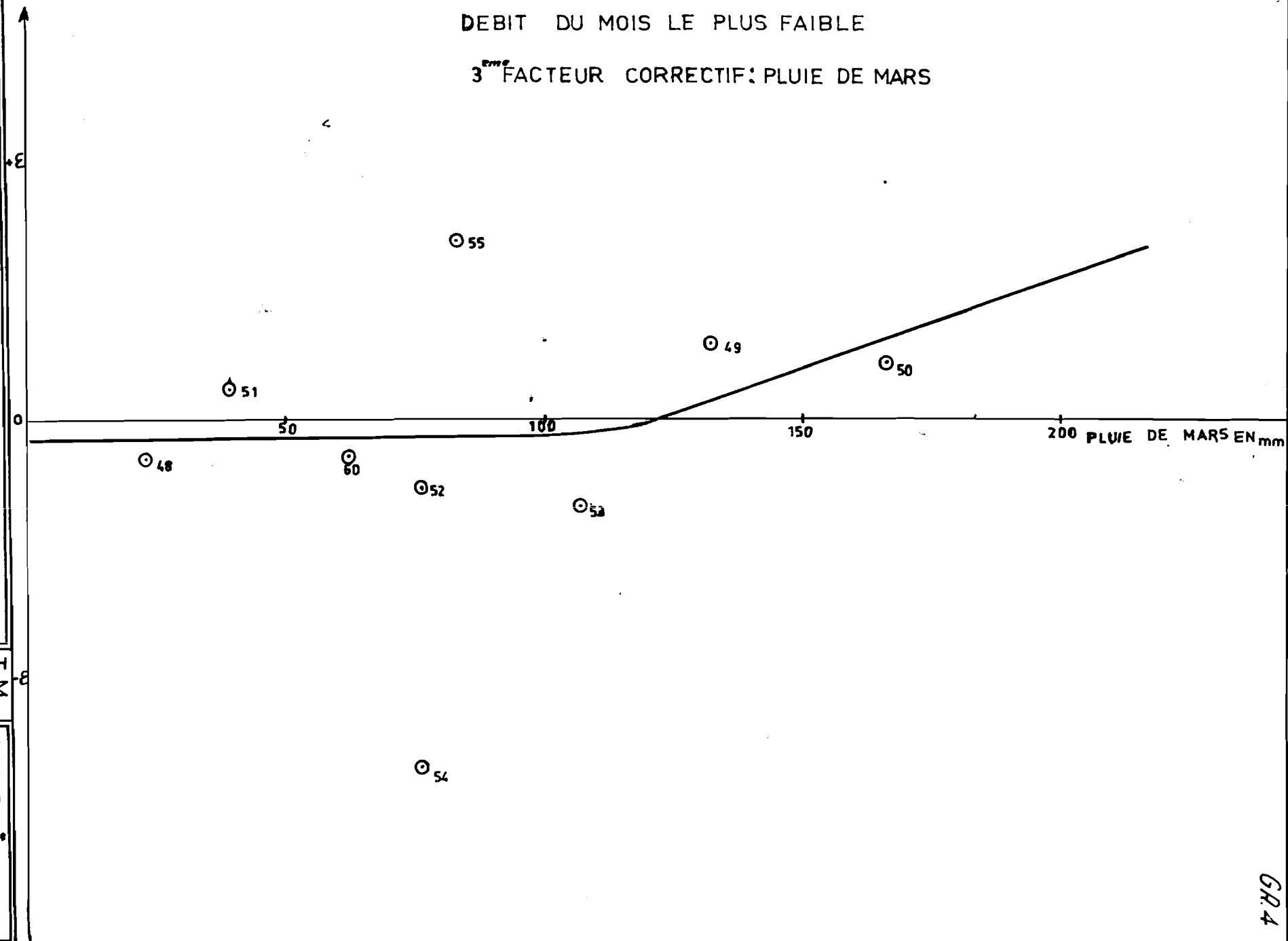
Section Hydroclimatologie

T.M.
15 3 68

MED. 4

DEBIT DU MOIS LE PLUS FAIBLE

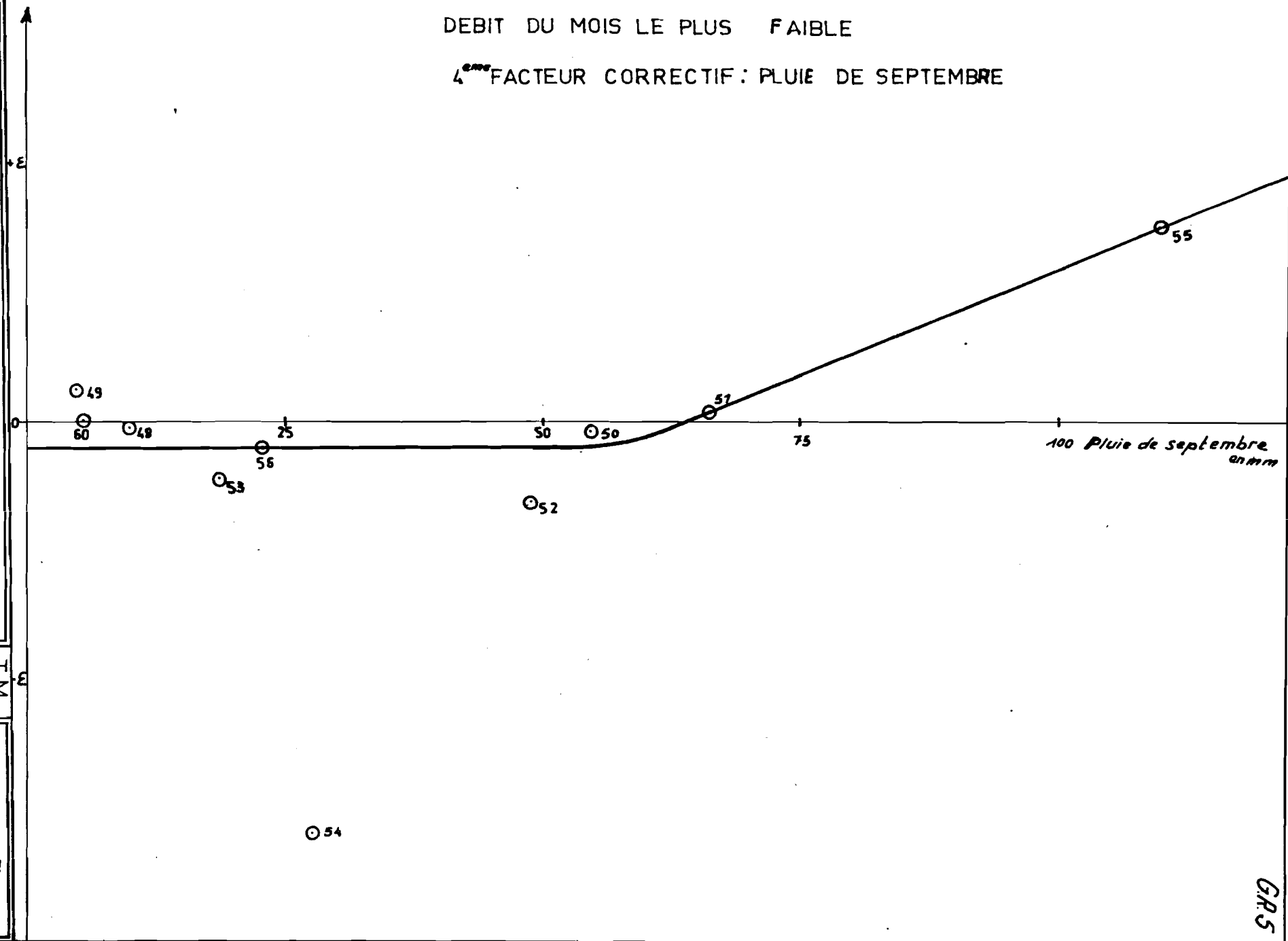
3^{ème} FACTEUR CORRECTIF: PLUIE DE MARS



GR. 4

DEBIT DU MOIS LE PLUS FAIBLE

4^{ème} FACTEUR CORRECTIF : PLUIE DE SEPTEMBRE



100 Pluie de septembre
en mm

T.M.
15.3.68

MED 5

GRS

Ces débits figurent dans le tableau suivant

Tableau 3

Année	Q l/s	Année	Q l/s	Année	Q l/s	Année	Q l/s
1915	290	27	105	39	330	51	49
16	240	28	185	1940	85	52	<u>91</u>
17	80	29	195	41	130	53	<u>60</u>
18	125	1930	125	42	180	54	<u>140</u>
19	135	31	380	43	65	55	<u>170</u>
1920	140	32	100	44	0	56	<u>144</u>
21	330	33	40	45	0	57	<u>160</u>
22	25	34	145	46	135	58	60
23	220	35	65	47	105	59	340
24	50	36	170	48	69	1960	<u>220</u>
25	140	37	160	49	<u>104</u>		
26	160	38	200	1950	<u>199</u>		

(Les débits observés sont soulignés)

1-3 - Reconstitution de la série des DCE

En possession de cette série de débits on a profité de la bonne corrélation existant entre ces débits et les D C E.

Le graphique 6 montre la droite que l'on a pu tracer en mettant en corrélation les débits moyens les plus faibles pour chaque année observée et les D C E observés, après correction par la pluviométrie de Septembre de l'année considérée. Il suffit en effet d'une averse violente et précoce pour distendre la corrélation, ainsi pour 1935. De toute façon cette correction par un facteur secondaire, ne joue que 2 fois sur la période reconstituée, en 1939 (184mm en Septembre) et 1944 (112m en Septembre).

La courbe de correction figure au graphique 7.

.../...

D.C.E. de La Médjerdah à Souk Ahros

Facteur principal : Débit du mois le plus faible

D.C.E.
L/s

150

100

50

50

100

150

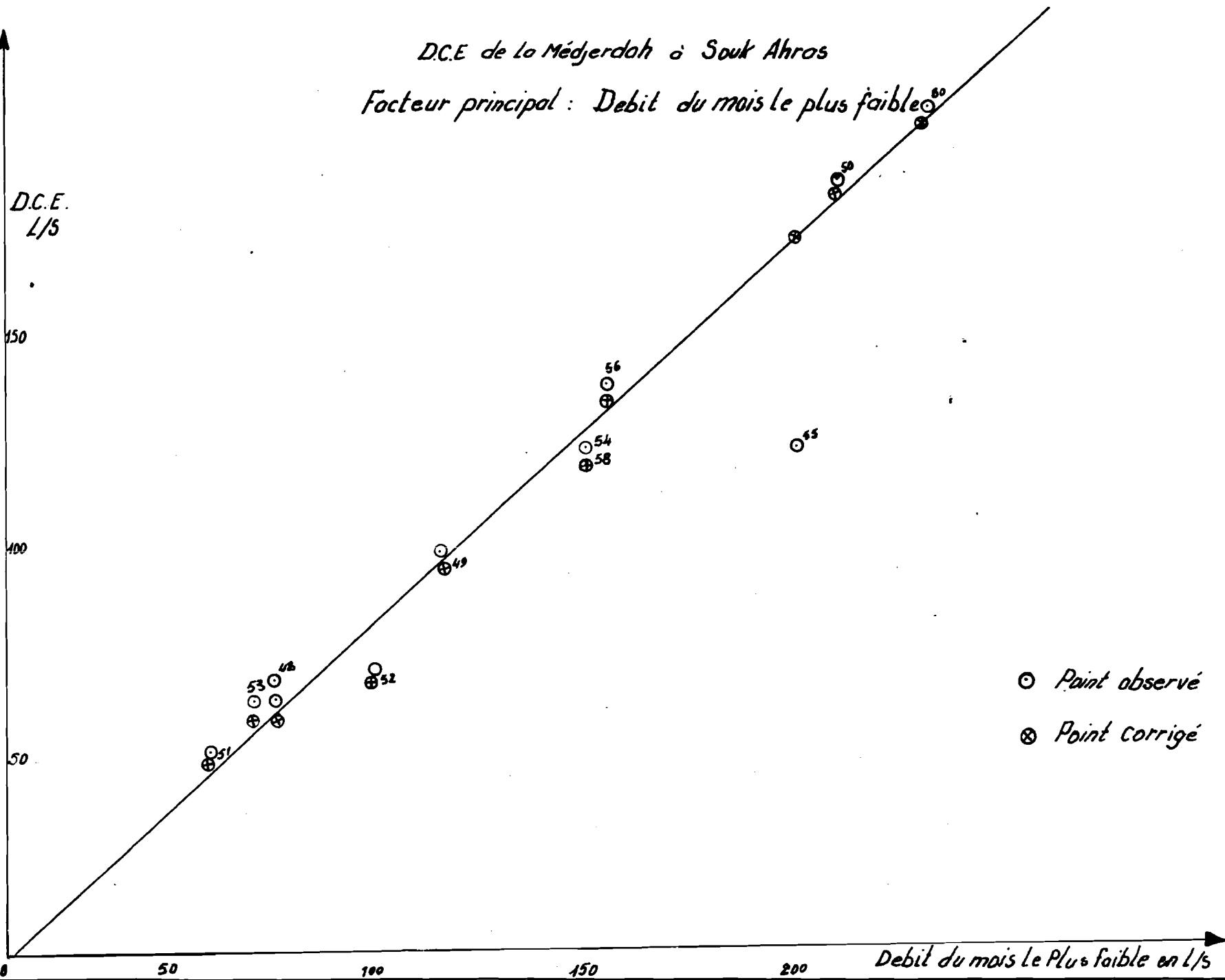
200

Débit du mois le Plus faible en L/s

○ Point observé

⊗ Point corrigé

GR 6



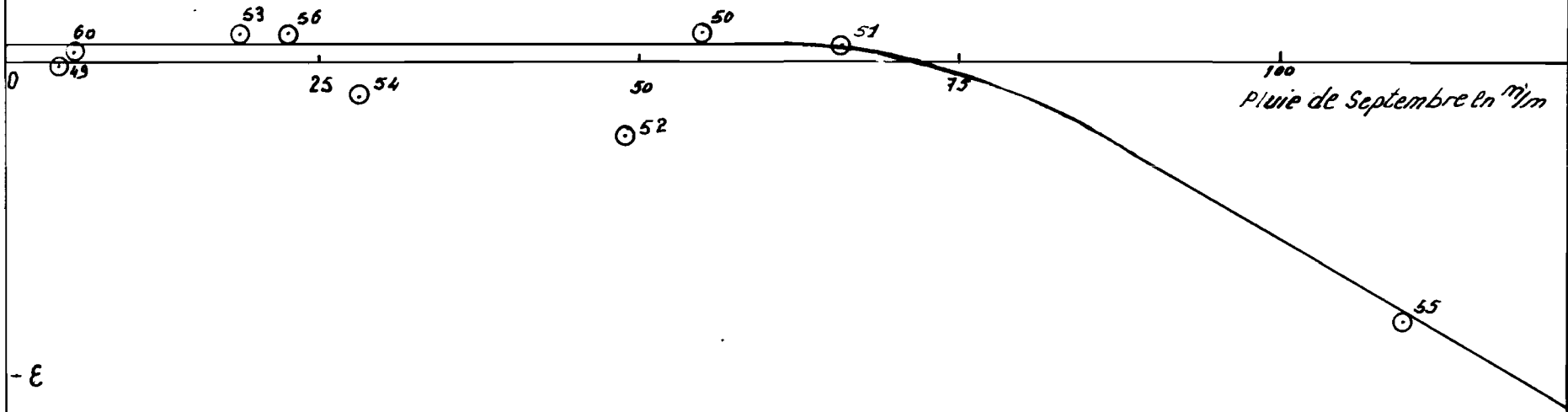
D.C.E. de la Médjerdah à Souk Ahras
Facteur secondaire : Pluie de Septembre

+ E

0

- E

100
Pluie de Septembre en mm



G.R. 7

S.E.S
Section Hydroclimatologie

S.A.
15.3.68

MED. 7

La série des D C E ainsi reconstitués figure dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4

Année	DCE l/s	Année	DCE l/s	Année	DCE l/s	Année	DCE l/s
1915	250	27	95	39	125	51	48
16	220	28	170	1940	80	52	68
17	75	29	175	41	120	53	60
18	115	1930	1100	42	160	54	120
19	125	31	340	43	60	55	120
1920	130	32	75	44	0	56	135
21	300	33	40	45	0	57	140
22	25	34	130	46	120	58	60
23	200	35	45	47	95	59	300
24	50	36	150	48	60	1960	200
25	125	37	140	49	95		
26	130	38	180	1950	183		

(Les débits observés sont soulignés)

1-4. - Distribution statistique des D C E

On se trouve maintenant à la tête d'un échantillon de 46 valeurs, que l'on a reportées sur un papier gaussien-normal (graphique 8).

Cet échantillon comportant des valeurs nulles, la loi statistique qui pourra rendre compte de la distribution des DCE de la Medjerdah à Souk Ahras devra être une loi tronquée.

Cette loi sera de la forme $F_1(x) = F_1(0) \Phi_1(x)$, en appelant $F_1(x)$ la fréquence de dépassement de la variable (x) , $F_1(0)$ la fréquence de dépassement de la valeur 0, et $\Phi_1(x)$ la fréquence de dépassement tronquée de x .

On a tenté d'ajuster à l'échantillon une loi log-normale tronquée. L'ajustement retenu après plusieurs essais figure au graphique 9 et semble assez satisfaisant.

Les paramètres de la loi log-normale tronquée que l'on a adoptée ont été déterminés graphiquement.

$$F_1(0) = 0,939$$

$$Y = \overline{\log x} = 2,07$$

$$S Y = S \log x = 0,245$$

$$\text{d'ou } u = \frac{\log x - 2,07}{0,245}$$

À partir de ces paramètres, et en utilisant les tables de la variable réduite de GAUSS, u pour $\Phi_1(x)$ correspondant à $F_1(x)$ désirée, on peut calculer le DCE ayant un temps de récurrence donné (inverse de la fréquence).

Tableau 5

Temps de récurrence en année	50	20	10	7,5	4	2	4	5	10	20	50
DCE l/s	0	0,45	69	75	115	170	180	240	290	370	
	<u>Années sèches</u>						<u>Années humides</u>				

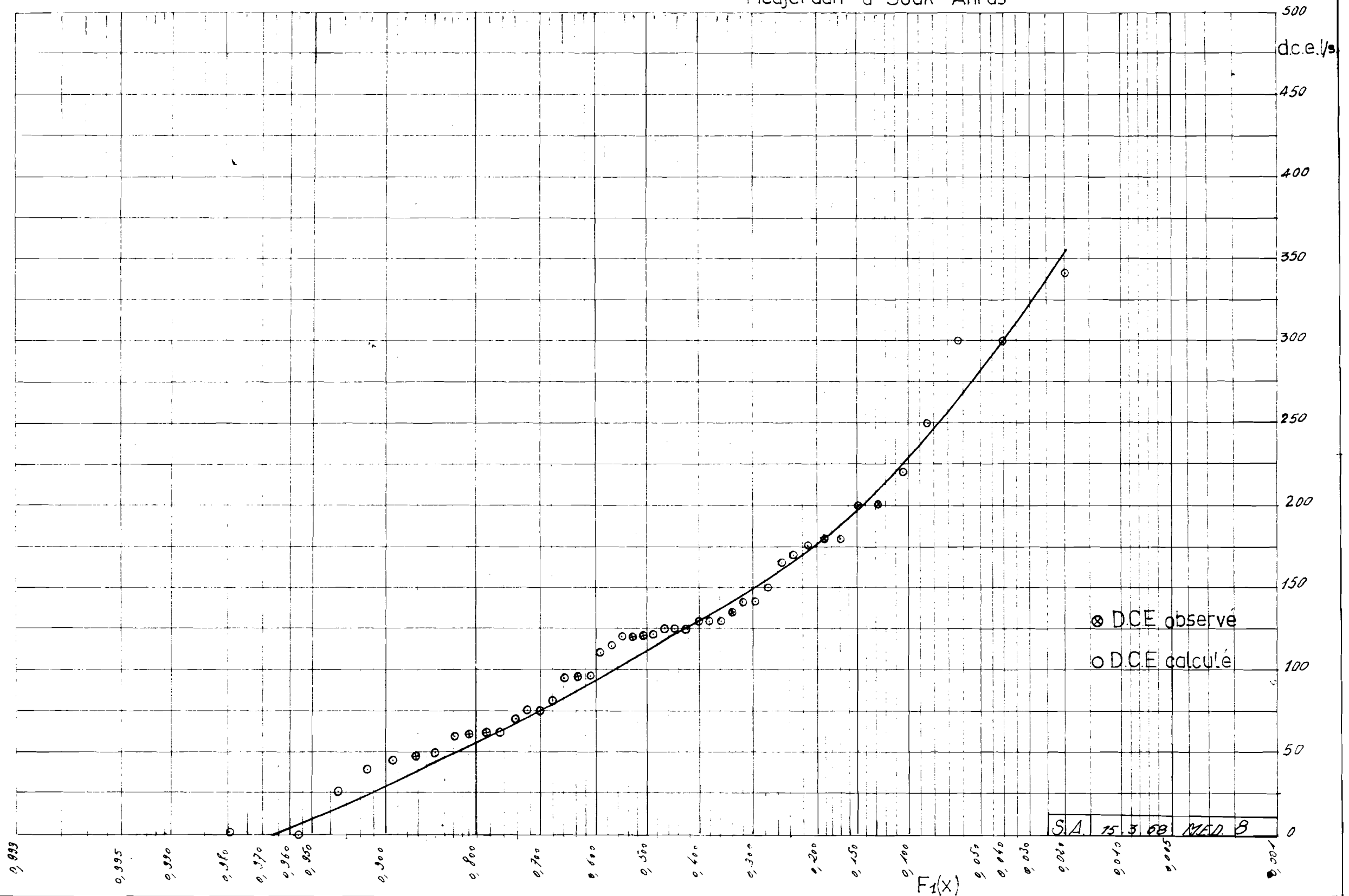
Les valeurs nulles du DCE ne doivent pas être prises au pied de la lettre. Il peut s'agir tout simplement d'un très faible débit, inférieur par exemple à 10 l/s. Il faut noter cependant que l'on risque de tomber au dessous de 50 l/s pendant 10 jours une fois tous les 8 ans.

La moyenne de notre échantillon de 46 années ressort à 124 l/s, tandis que l'écart type est de 75 l/s

.../...

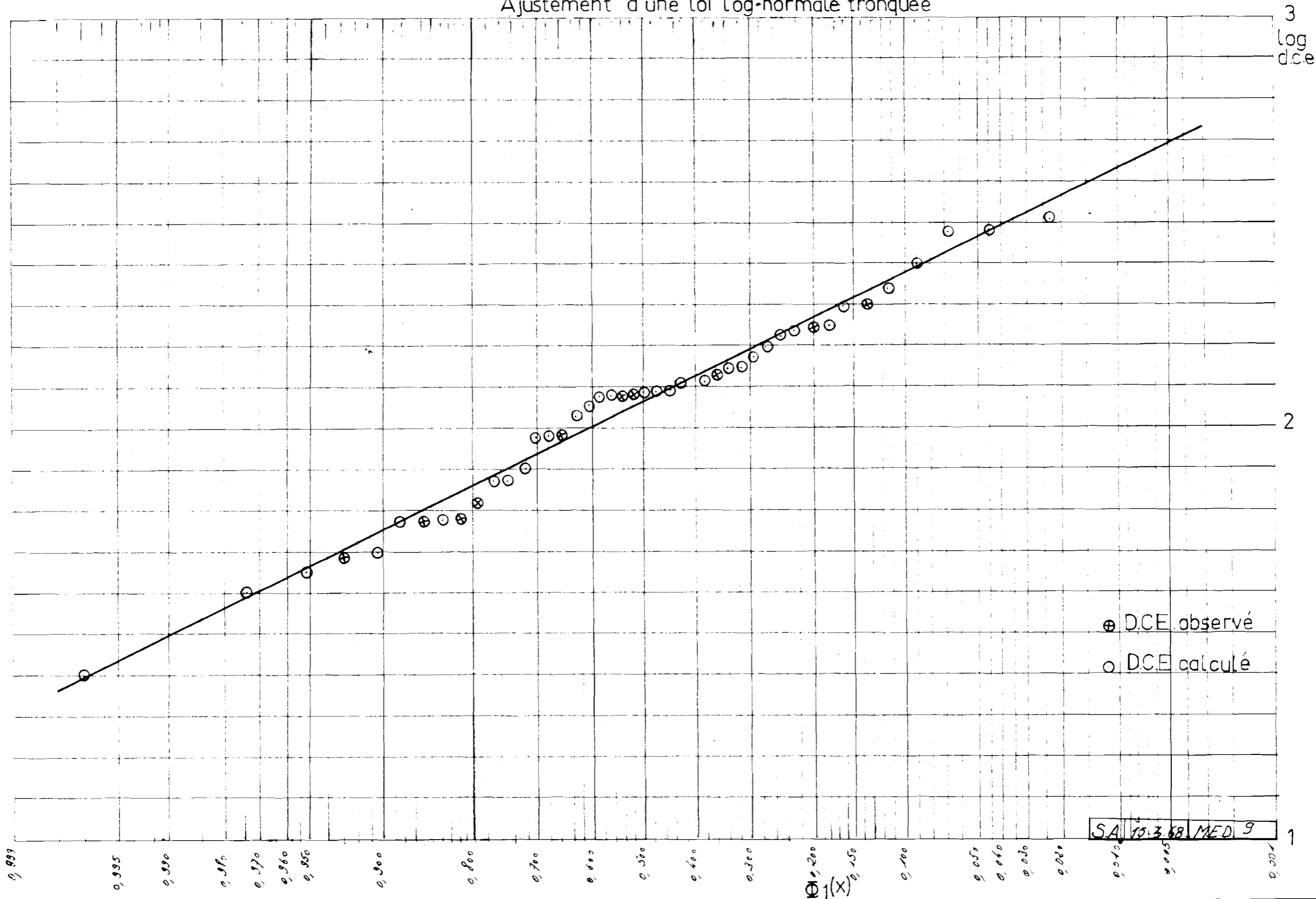
Distribution Naturelle des DCE de la
Medjerdah a Souk Ahras

G28



DCE de la Medjerdah à Souk Ahras
 Ajustement d'une loi log-normale tronquée

G.9



C H A P I T R E II

2.1 - Extension des données

L'extension des données a été basée sur la corrélation qui existe entre le DCE et le DC.11 pour une année hydrologique déterminée.

Ainsi on a porté sur le graphique 10, en abscisse les DCE observés et en ordonnée les DC.11 correspondants, ce qui nous donne 10 couples de points.

Le coefficient de corrélation calculé est de 0,986, ce qui avec 8 degrés de liberté nous donne moins d'une chance sur cent pour qu'il soit dépassé par hasard. On a noté que le coefficient de corrélation entre débit moyen mensuel du mois le plus faible et le DC.11 était moins bon $r = 0,82$.

A partir de l'équation de la droite de régression du graphique 10, on a calculé les DC.11 relatifs à la période 1945-1960,

$$\text{soit } y = \bar{y} + r \frac{\sigma_y}{\sigma_x} (x - \bar{x})$$

$$\text{avec } \bar{x} = 109 \text{ l/s moyenne des DCE}$$

$$\bar{y} = 118 \text{ l/s moyenne des DC.11}$$

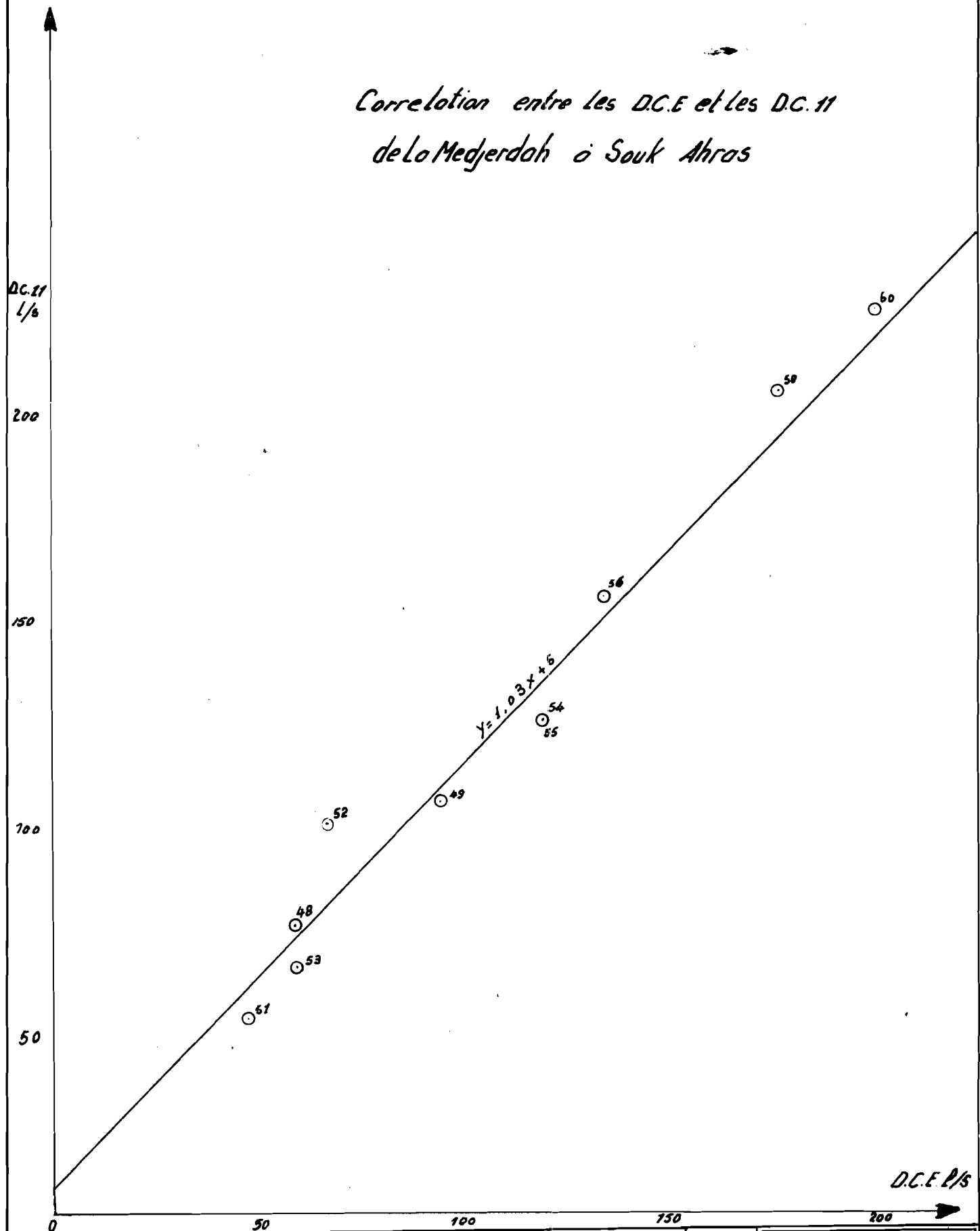
$$r = 0,986$$

$$\sigma_x = 52 \text{ l/s}$$

$$\sigma_y = 55 \text{ l/s}$$

$$\text{d'où l'équation de regression } y = 1,03 x + 6$$

Correlation entre les D.C.E et les D.C.11
de La Medjerdah à Souk Ahros



Les DC.11 calculés figurent dans le tableau ci-dessous

T A B L E A U 6

Année	DC.11	Année	DC.11	Année	DC.11	Année	DC.11
1915	263	27	104	39	135	51	48
16	232	28	181	1940	88	52	95
17	83	29	186	41	130	53	60
18	124	1930	119	42	171	54	120
19	135	31	356	43	68	55	120
1920	140	32	83	44	6	56	150
21	315	33	47	45	6	57	150
22	32	34	140	46	130	58	58
23	212	35	52	47	104	59	315
24	57	36	160	48	70	1960	220
25	135	37	150	49	100		
26	140	38	191	1950	200		

(les débits observés sont soulignés)

2-2 - Distribution statistique des DC.11

Les DC.11 qui figurent au tableau 6 ont été classés par ordre décroissant, de façon à déterminer leurs fréquences de dépassement.

Après avoir porté les points correspondants sur un graphique gausse-normal, (graphique 11) nous avons ajusté à la distribution naturelle des DC.11 une loi de Gumbel

Cette loi est de la forme $F(x) = e^{-e^{-\frac{x - X_0}{a}}}$

avec : $X_0 = \frac{\bar{x} - 0,577}{a}$ et $a = \frac{1}{0,780 \sigma}$

Les paramètres X_0 et a ont dans notre cas les valeurs suivantes,

pour $\bar{x} = 134$ l/s et $\sigma_x = 77$,
 $X_0 = 100$
 $a = 0,0164$

.../...

3 L'ajustement réalisé a été testé. On obtient un χ^2 égal à 3,56 ce qui permet de retenir la loi choisie.

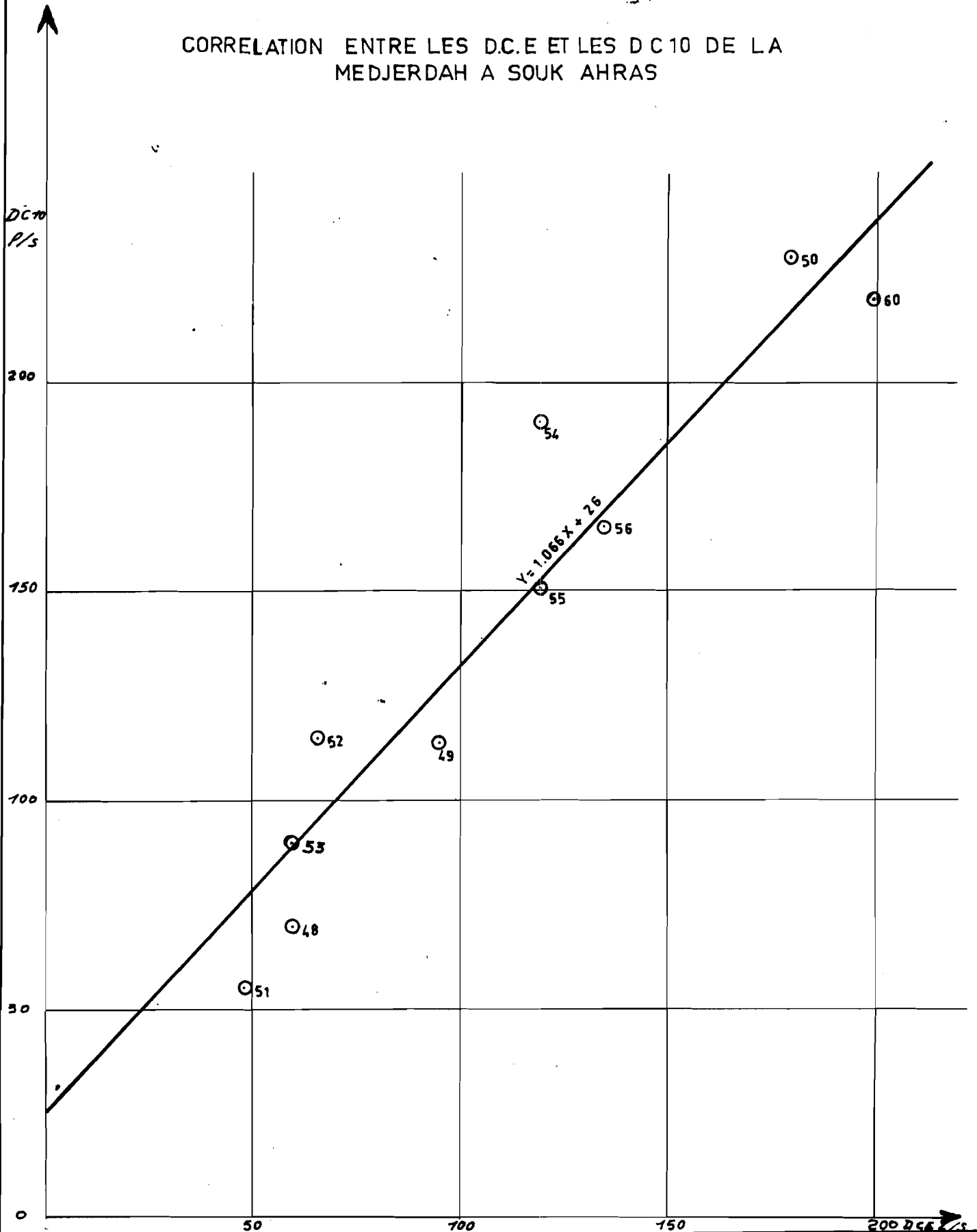
On a ainsi les valeurs des DC.11 pour certains temps de récurrence.

T A B L E A U 7

Temps de récurrence en années	50	20	10	5	4	2	4	5	10	20	50
DC.11 l/s	10	30	50	70	80	120	170	180	230	280	330
	<u>Années sèches</u>						<u>Années humides</u>				

On avait préalablement testé l'ajustement d'une loi de Gibrat-Gauss à la distribution naturelle des DC.11. Cet ajustement était meilleur pour les fortes valeurs mais s'écartait notablement des valeurs les plus faibles. Le χ^2 obtenu était de 3,38. On a donc préféré retenir la loi de GUMBEL qui s'ajuste mieux aux valeurs du DC.11 relatives aux années sèches.

CORRELATION ENTRE LES D.C.E ET LES D C 10 DE LA MEDJERDAH A SOUK AHRAS



Chapitre III

Etude des DC.10

3.1 - Extension des données

On a appliqué pour cette extension la même méthode que pour les DC.11.

Le coefficient de corrélation obtenu entre DCE et DC.10 observés, soit 10 couples de points, est de 0,955, il est donc très significatif.

La droite de regression figure sur le graphique 12 et a pour équation.

$$y = 1,066x + 26 \text{ avec :}$$

$$\bar{x} = 109 \text{ l/s moyenne des DCE observés}$$

$$\bar{y} = 142 \text{ l/s moyenne des DC.10 observés}$$

$$\sigma_x = 52 \text{ l/s} \quad \sigma_y = 58 \text{ l/s}$$

Les DC.10, ainsi calculés entre 1915 et 1960 figurent dans le tableau suivant.

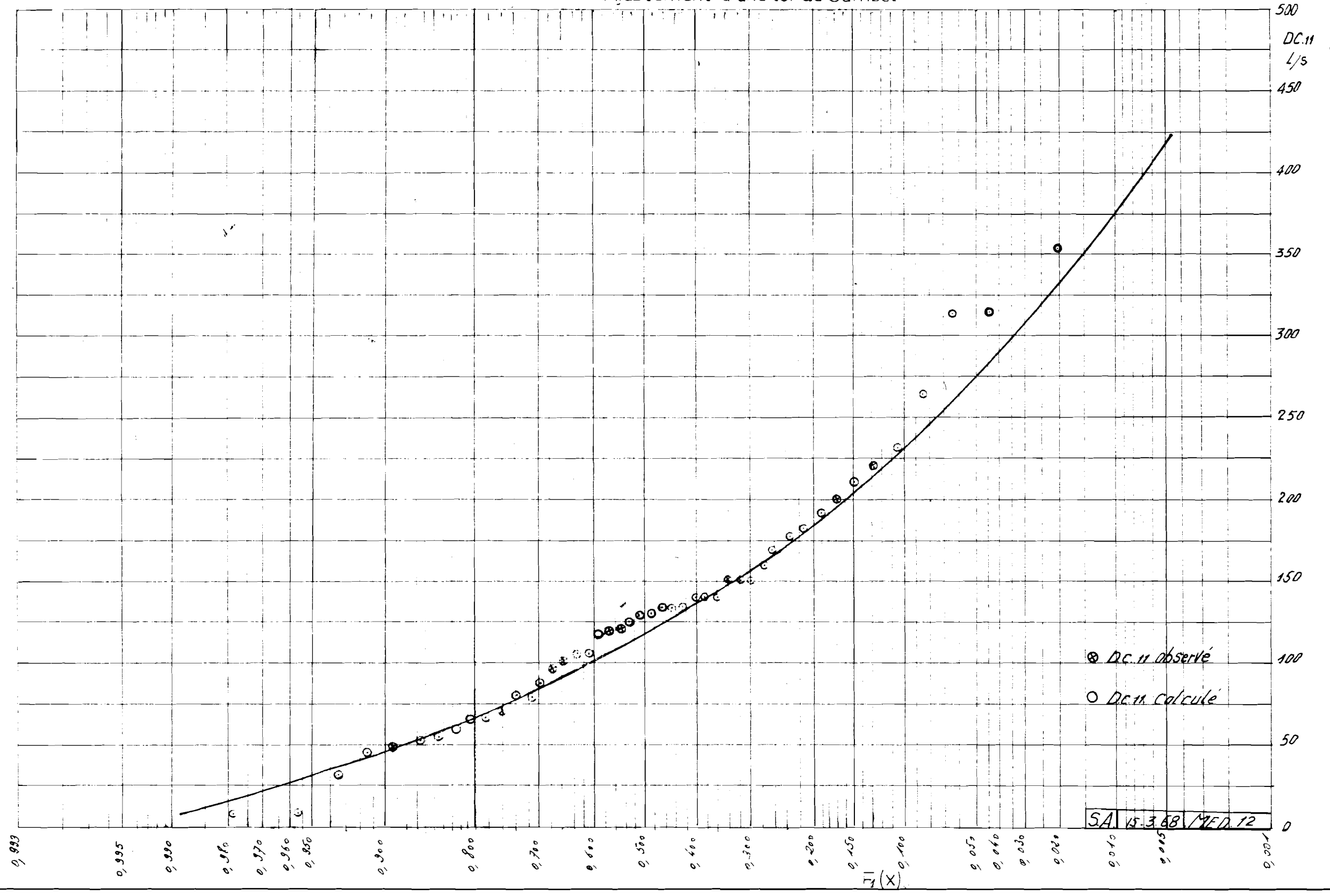
Tableau 8

Année	DC.10	Année	DC.10	Année	DC.10	Année	DC.10
1915	292	27	127	39	159	51	56
16	260	28	207	1940	111	52	174
17	106	29	212	41	154	53	90
18	148	1930	143	42	196	54	190
19	159	31	388	43	90	55	150
1920	164	32	106	44	226	56	165
21	346	33	69	45	26	57	175
22	53	34	164	46	154	58	90
23	239	35	74	47	127	59	340
24	79	36	186	48	90	1960	220
25	159	37	175	49	115		
26	164	38	218	1950	228		

(Les DC.10 observés sont soulignés)

DC.11 de la Medjerdah a Souk Ahras
 Ajustement d'une loi de Gumbel

G:12



L'échantillon ainsi obtenu a comme moyenne $DC.10 = 159$,
 écart type $\sigma = 80$,

3.2. - Distribution statistique des DC.10

Le graphique n° 13 montre la distribution naturelle des 46 valeurs du DC.10 en fonction de leurs fréquences de dépassement.

On a ajusté à cet échantillon une loi de Gumbel, dont les paramètres sont : $X_0 = 123$
 $a = 0,0159$

Pour tester l'ajustement on a utilisé la méthode du χ^2 en prenant 9 classes de probabilités théoriques égales. Le χ^2 égal à 5,90 nous conduit à retenir la loi de Gumbel.

Tableau 9

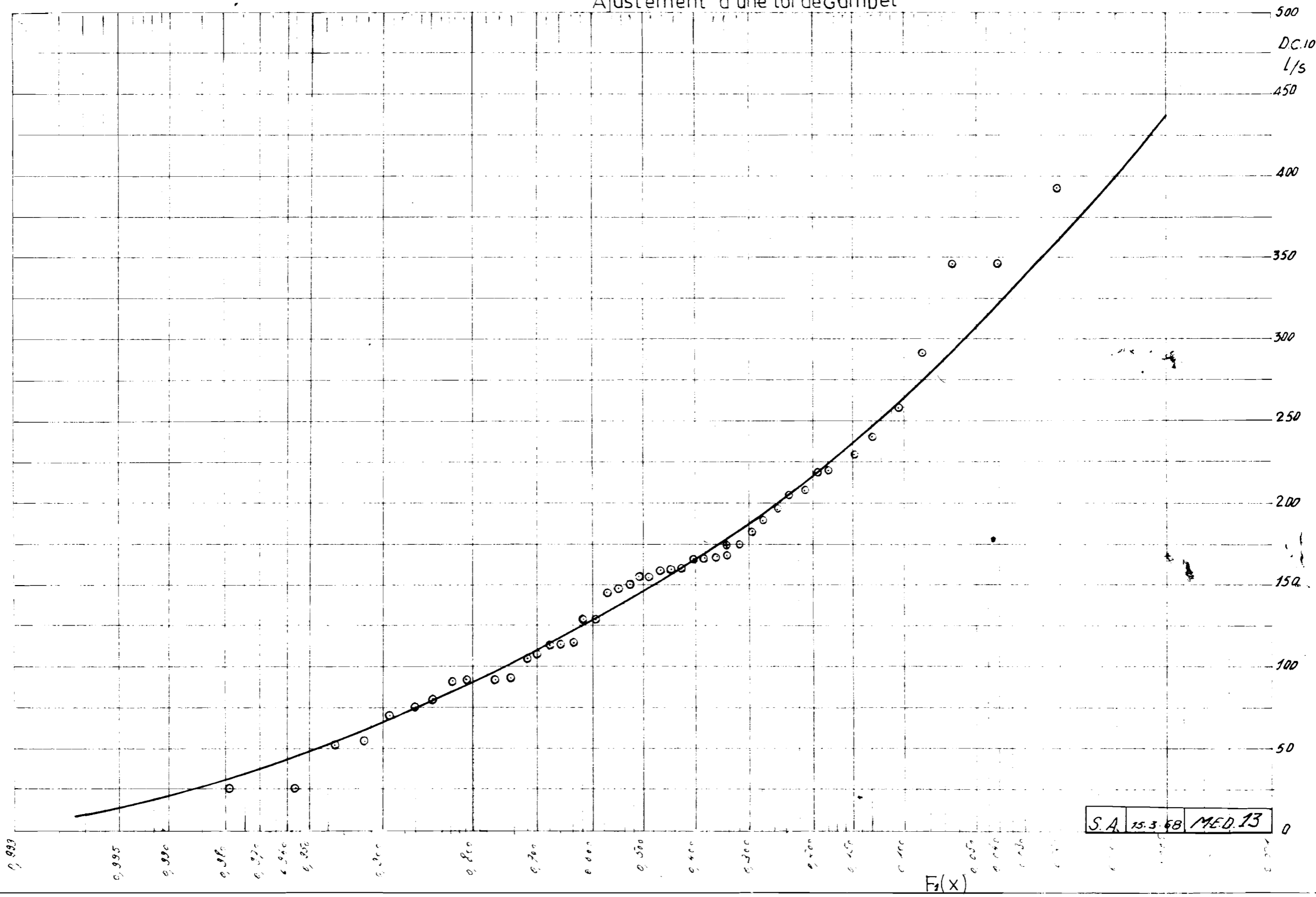
Temps de récurrence en années	50	20	10	5	4	2	4	5	10	20	50
DC.10 l/s	30	45	65	90	100	145	200	215	270	310	360

Années sèches

Années humides

D.C.E de la Medjerdah a Souk Ahras
 Ajustement d'une loi de Gumbel

G.13



CONCLUSION

On possède donc avec la répartition statistique des DCE, DC.11 et DC.10, une certaine information sur la fréquence de dépassement de certains débits.

Les résultats obtenus ont été condensés dans le tableau suivant. Ce tableau donne pour des périodes de retour s'échelonnant entre 2 et 50 ans, le débit en l/s qui risque d'être atteint ou non dépassé 10 jours, 30 jours et 60 jours par an.

Tableau 10

Périodes de retour	2	4	5	10	20	50
10 jours	115	75	65	44	0	0
30 jours	120	80	70	50	30	10
60 jours	145	100	90	65	45	30

Les valeurs nulles du DCE sont à accepter avec prudence. Néanmoins pour fixer les idées on notera qu'un jaugeage effectué au micromoulinet le 5 Septembre 1967 a donné un débit de l'ordre de 20 l/s pour la Medjerdah à Souk Ahras.

D'autre part des jaugeages effectués sur la Medjerdah après son confluent avec l'oued Mengoub, soit quelques kilomètres en aval de la station de Souk Ahras ont donné des débits de 240 l/s le 6 Septembre et le 4 Octobre 1967 (50 l/s à la station à cette même date). Il semble donc préférable au cas où l'on procéderait à des pompages dans la Medjerdah, de se placer après son confluent avec l'oued Mengoub.