

02013^N

ETUDE HYDRO-AGRICOLE
DU BASSIN DU FLEUVE
SENEGAL

AFR/REG 61

ETUDE STATISTIQUE
DES FAIBLES DEBITS DU FLEUVE SENEGAL

Mars 1972

M. JUTON
Expert hydro-agricole

TABLE DES MATIERES

	Pages
Introduction.....	1
Chapitre I - Les données existantes.....	3
. Les courbes de tarage aux faibles débits	
. Les données limnimétriques	
. L'analyse des débits d'étiage	
. Méthodologie pour l'étude des faibles débits	
Chapitre II - Etude basée sur les observations limnimétriques.....	5
. Méthode	
. Application	
. Résultats	
Chapitre III - Etude basée sur l'apparition du débit de charnière à BAKEL.....	7
. Méthode	
. Application à BAKEL	
. Stations à l'aval de BAKEL	
. MATAM	
. KAEDI	
. SALDE	
. DIOULDE DIABE	
Chapitre IV - Conclusions et recommandations.....	12
Tableaux (9) et Graphiques (15)	

ETUDE HYDRO-AGRICOLE
DU BASSIN DU FLEUVE
SENEGAL

SF/REG 61

Etude statistique
des faibles débits du fleuve Sénégal

Introduction

Les études statistiques concernant le fleuve Sénégal ont principalement concerné, jusqu'à présent, les forts débits, ou débits de crue.

C'était logique, compte tenu des soucis ou des objectifs. Il s'agissait en effet :

- ou de connaître les possibilités de régularisation et de production d'énergie électrique, et, dans ce cas, les faibles débits n'ont qu'un intérêt très marginal
- ou d'être renseigné sur les périodes pendant lesquelles le fleuve était navigable
- ou de protéger les agglomérations et les ouvrages (les voies de communication en particulier) contre les crues, et alors l'étude des hauteurs maximales atteintes est seule nécessaire
- ou enfin d'améliorer la production agricole de la vallée par la pratique de la "submersion contrôlée", et, dans ce cas, seule importait la connaissance de la durée pendant laquelle certaines cotes - assez fortes - étaient garanties.

On savait que le débit du fleuve tombait régulièrement à des valeurs très faibles, sinon presque nulles, toute navigation étant alors interdite, et que les périodes d'étiage duraient parfois très longtemps et correspondaient alors à des sécheresses catastrophiques. Mais on ne s'était pas tellement préoccupé de mesurer ces faibles débits, ni même de continuer les lectures limnimétriques en dehors des périodes de crue.

C'est seulement à partir de 1951 que les échelles limnimétriques seront lues sans interruption, tout au long de l'année.

L'échantillon de calcul statistique des faibles débits sera de ce fait bien moins important que celui des débits de crue (1951-1971 contre 1903-1971) ; il pourra quand même être considéré comme représentatif.

Mais quel est l'intérêt de l'étude des faibles débits ?

Tout récemment, on s'est penché sur le problème de l'utilisation des ressources en eau du fleuve dans son état actuel. Non dans l'optique "submersion contrôlée", système qui semble avoir fait faillite - même avec pompage d'appoint - à la fois parce qu'il n'autorise qu'une seule culture annuelle et que cette seule culture ne peut rentabiliser les investissements nécessaires, à la fois aussi parce qu'il offre peu de garantie et qu'il a donc tendance à décourager les bonnes volontés paysannes. Mais dans l'optique d'une double culture irriguée intensive, à partir du prélèvement par pompage dans le lit mineur du fleuve ou dans les marigots. Il était alors nécessaire de mieux connaître le régime des faibles débits du fleuve, afin d'étudier le calage des cycles végétatifs et donc les cultures possibles.

Chapitre I

Les données existantes

1 - Les courbes de tarage aux faibles débits

Comme on l'a dit ci-dessus, les lectures limnimétriques sont faites sans interruption depuis 1951. Leur traduction en chiffres de débit implique la connaissance des courbes de tarage pour les faibles débits.

Le tableau n° 1 annexé rappelle tous les jaugeages faits sur le Sénégal (plus un sur le Doué) en période d'étiage.

Les graphiques 1, 2, 3, 4 donnent les courbes d'étalonnage pour BAKEL, MATAM, KAEDI et SALDE.

Un simple regard sur les courbes montre qu'on ne saurait leur demander une grande précision. Les points de mesure sont en effet très dispersés, et cela n'a rien d'étonnant :

- . les jaugeages sont répartis sur plus de 20 ans, et ont été faits par des équipes différentes
- . le lit mineur a pu changer de forme, ce qui entraîne une modification de la loi section/hauteur ; de toute façon, cette loi reste imprécise pour les très faibles débits
- . les éléments inférieurs des échelles sont souvent descellés ou cassés par les pirogues, et remis en place sans que toute précaution soit prise concernant leur calage.

Nous avons en général adopté une courbe reconstituée à partir des éléments figurant dans les tableaux de hauteurs et débits journaliers de la Monographie de l'ORSTOM.

Les courbes d'étalonnage sont complétées par des tableaux de correspondance, H/Q pour BAKEL, et Q/H pour Bakel et les autres stations.

2 - Les données limnimétriques

On trouve les données limnimétriques :

- pour la période 1951-1965, dans la monographie ORSTOM

- à partir de 1965, dans le "Carnet des hauteurs d'eau aux échelles d'étiage" tenu par la MAS.

Les lacunes ou les lectures aberrantes ont été rétablies ou corrigées par l'ORSTOM par application des lois de corrélation entre stations.

3 - L'analyse des débits d'étiage

L'ORSTOM a étudié dans sa monographie les lois de décroissance des hauteurs et des débits, en distinguant les périodes de "tarissement" et d'"épuisement".

Ce sont des lois exponentielles de la forme :

$$H_t \text{ ou } Q_t = H_0 \text{ ou } Q_0 e^{-kt} \quad (H \text{ en cm, } t \text{ en jours})$$

A BA... :

pour les hauteurs - $k = 0,0091$ pour $125 < H \leq 280$
 $k' = 0,0129$ pour $H < 125$

pour les débits - $k = 0,0185$ (constante de tarissement)
 $k' = 0,048$ (constante d'épuisement)

Le débit Q_0 (ou débit de charnière) à partir duquel commence le tarissement est de 325 m³/s.
 L'épuisement commence à $Q' = 40$ m³/s.

Tous ces coefficients, hauteurs et débits ne doivent pas être retenus de façon trop stricte : ce sont des valeurs moyennes.

4 - Méthodologie pour l'étude des faibles débits

On entrevoit déjà, à la lecture des lignes précédentes, que l'étude statistique des faibles débits peut se faire :

- . soit à partir des observations limnimétriques traduites en débits
- . soit à partir de la loi de décroissance des débits et donc de la date d'apparition du débit de charnière.

Chaque méthode a ses sources d'erreurs. Dans la première, c'est à la fois l'imprécision des courbes de tarage et les erreurs de lectures d'échelle. Dans la seconde, on peut incriminer la valeur des coefficients de tarissement et d'épuisement, et la durée du tarissement.

Les méthodes seront appliquées séparément, et les résultats confrontés.

Chapitre II

Etude basée sur les observations limnimétriques

1 - Méthode

La méthode est très simple, du moment qu'une loi de tarage est adoptée : elle consiste à repérer crue par crue les dates d'apparition (crue) et de disparition (décrue) d'une certaine grille de débits, et de faire une étude statistique des résultats.

Cette étude se limitera toutefois à la période 1951 (décrue et montée en crue) à 1971 (décrue et montée en crue), la seule pendant laquelle les niveaux aient été observés sans interruption. L'étude statistique porte donc seulement sur 21 années.

2 - Application

Les limnigrammes d'étiage (de 100 m³/s à la décrue à 100 m³/s à la montée en crue) ont été tracés pour BAKEL, MATAM et KAEDI. Ils ne sont pas joints au présent rapport pour ne pas en grossir le volume.

A partir de ces limnigrammes, deux tableaux ont été dressés pour chaque station : le premier donnant les dates de disparition à la décrue d'une grille déterminée de débits (100, 50, 40, 30, 20 et 10 m³/s), le second les dates d'apparition à la montée en crue de cette même grille de débits (en commençant par le plus faible). Ces tableaux ne sont pas joints non plus.

L'étude statistique vient ensuite, avec report sur graphiques à échelle gaussienne. Ces graphiques sont joints : BAKEL : 5 et 6, MATAM : 7 et 8, KAEDI : 9 et 10. Un tableau par graphique donne les dates correspondant aux débits de la grille pour l'année médiane et pour des garanties de 8 et 9 années sur 10.

3 - Résultats

Une troisième série de graphiques (11 à 13) traduits sous forme calendaire les résultats figurant sur les tableaux ci-dessus.

On y lira immédiatement, pour l'année médiane
et pour des garanties de 8 et 9 années sur 10 :

- soit les dates d'apparition et de disparition
d'un débit donné, et donc la durée pendant
laquelle le débit est resté inférieur à une
valeur donnée
- soit les débits garantis à une date donnée.

Chapitre III

Etude basée sur la date d'apparition du débit de charnière à BAKEL

1 - Méthode

Il a été rappelé au ch. I (§ 3) que la décroissance des débits obéit, à partir d'un certain débit, à deux lois exponentielles successives (période de tarissement, puis période d'épuisement).

L'étude sur graphique semi-logarithmique des années hydrologiques récentes (1965/66 à 1970/71) confirme bien sûr l'existence des deux lois, mais confirme également que les valeurs des coefficients k (tarissement) et k' (épuisement), ainsi que les plages d'application (plages des débits, et plages de la durée de tarissement) présentent des fourchettes non négligeables.

Seule la valeur du coefficient k varie très peu. Par contre, on trouve des différences notables sur :

- la valeur des débits de charnière (de tarissement Q_0 et d'épuisement Q'_0)
- la durée du tarissement N
- la valeur du coefficient k' (épuisement) qui, pour deux périodes longues d'épuisement (1969 et 1971), accuse les chiffres ci-après :
 - 1969 : 0,0418
 - 1971 : 0,0370

Nous avons adopté, en première approximation, les valeurs suivantes des différents éléments :

- tarissement

Q_0	=	300 m ³ /s
k	=	0,0185
N	=	120 j, d'où $Q'_0 = 33$ m ³ /s
- épuisement

Q'_0	=	33 m ³ /s
k'	=	0,040

La comparaison entre les débits calculés et les débits tirés des lectures limnimétriques est donnée dans le tableau n° 2 pour les années hydrologiques 65/66 à 70/71. Les plus fortes différences en valeur relative ($\geq 20\%$) ont été soulignées.

On verra, à la lecture du tableau, que les valeurs réelles se situent alternativement de part et d'autre des valeurs théoriques, et pour une même année hydrologique. Toute recherche d'une plus grande précision serait vaine. Dans la grille des faibles débits (100 m³/s et moins) qui nous intéresse, elle serait d'autant plus vaine que la courbe de tarage est elle-même imprécise.

2 - Application (BAKEL)

L'étude statistique porte donc essentiellement sur la date d'apparition du débit de 300 m³/s à la décrue. L'échantillon concerné devient alors beaucoup plus important que dans l'étude précédente, puisque les hauteurs correspondantes sont connues depuis 1903.

Les résultats de l'étude sont donnés sur le graphique n° 15. On y lira qu'en année moyenne le débit de 300 m³/s apparaît le 4 DEC, et qu'il risque d'apparaître, deux années sur 10 le 21 NOV, et 1 année sur 10 le 14 NOV.

A partir de ces dates, et avec un pas de temps identique à celui donné sur le tableau 2, on peut donc dresser la chronique des débits garantis à la décrue.

Le tableau n° 3 résume les résultats.

Il ne reste plus qu'à les porter sur le graphique n° 11 pour avoir une comparaison immédiate avec les résultats de l'étude du chapitre 2.

La comparaison est satisfaisante. On le verra mieux d'après le tableau n° 4 qui donne, à des dates déterminées, les chiffres de débits garantis par les deux méthodes.

3 - Stations à l'aval de BAKEL

Nous donnons dans les lignes suivantes les éléments propres à quelques stations à l'aval de Bakel, et les conclusions qu'on peut en tirer.

3.1. MATAM

Nous avons tracé quelques hydrogrammes (échelle logarithmique pour les débits). On est loin de retrouver, comme à Bakel, une certaine régularité des coefficients k et k' et des valeurs de Q_0 , N et Q'_0 . Il n'y a pas lieu de s'en étonner : la station n'est pas suivie avec autant de soin que celle de Bakel, et surtout la loi de tarage est mal connue (cf tableau n° 1).

Pour tenter toutefois une comparaison avec les données du calcul statistique direct, nous avons admis une loi mathématique de décroissance des débits déterminée telle que ci-après :

- tarissement . $Q_0 = 300 \text{ m}^3/\text{s}$, avec date d'apparition postérieure de 3 jours à celle de Bakel
 - . $k = 0,0185$
 - . $N = 120 \text{ j}$, d'où $Q'_0 = 33 \text{ m}^3/\text{s}$
- épuiement . $Q'_0 = 33 \text{ m}^3/\text{s}$
 - . $k' = 0,040$

Le tableau n° 5 permet de comparer les chiffres obtenus par les deux méthodes.

La correspondance est moins bonne qu'à Bakel : les raisons données ci-dessus permettent de l'expliquer.

Le tableau n° 6 donne le calendrier des débits garantis, issus des deux méthodes.

3.2. KAEDI

On peut, pour KAEDI, faire les mêmes observations qu'à propos de MATAM. La station est encore moins bien suivie que celle de MATAM (surtout ces dernières années), et la courbe de tarage est aussi imprécise.

Pour la comparaison avec les résultats du calcul statistique, nous ferons les mêmes hypothèses que pour MATAM, en ramenant toutefois le coefficient k' à 0,033, valeur résultant des jaugeages effectués par SCET-International en 1971⁽¹⁾.

On admettra en outre que la date d'apparition du débit de $300 \text{ m}^3/\text{s}$ est postérieure de 2 jours à celle de MATAM, et donc de 5 jours à celle de BAKEL.

Le tableau n° 7 permet de comparer les chiffres obtenus par les deux méthodes.

(1) Débits mesurés :

17.4.71	-	9,730	m ³ /s
3.5.71	-	5,860	-
2.6.71	-	2,140	-
28.6.71	-	0,800	-

3.3. SALDE

Nous avons tracé une douzaine d'hydrogrammes (échelle logarithmique pour les débits) de la station de SALDE.

Une loi exponentielle de tarissement apparaît, avec un coefficient k de 0,011 à 0,017, généralement de 0,014/0,015, et un débit charnière Q_0 de l'ordre de 150 m³/s. Une loi d'épuisement nettement marquée n'apparaît qu'une seule fois.

3.4. DIOULDE DIABE

La station de Diouldé Diabé présente un double intérêt :

- c'est la dernière station non influencée par la marée, et donc la station la plus à l'aval où il est possible de mesurer les faibles débits
- c'est avec Bakel la station dont la courbe de tarage paraît la plus précise (voir graphique 4 bis).

On n'y dispose malheureusement que de peu d'années d'observations limnimétriques : 7 années hydrologiques, dont une seule complète.

Le tracé des hydrogrammes suggère les conclusions ci-après :

- le débit de charnière Q_0 se situe entre 150 et 200 m³/s, mais plutôt aux environs de 150 m³/s (5 années sur 6 ; une année à écarter pour arrêt précoce des lectures)
- le coefficient de tarissement k varie de 0,015 à 0,018 (3 fois 0,015, 1 fois 0,017, 2 fois 0,018)
- la loi d'épuisement n'apparaît pas.

Si l'on veut estimer les débits, il faut donc tabler sur la date d'apparition du débit de 150 m³/s, puis appliquer la loi de décroissance, les valeurs extrêmes de k déterminant une fourchette.

En ce qui concerne la date d'apparition, nous avons tenté, en particulier, de trouver une corrélation entre la date d'apparition du débit de 300 m³/s à BAKEL, et les dates d'apparition du débit de 150 m³/s à SALDE, puis à DIOULDE DIABE. A SALDE, on trouve un décalage (date postérieure à Saldé) de 6 à 19 jours sur 22 années, avec une moyenne arithmétique de 12 jours. A DIOULDE DIABE, où la

période d'observations est beaucoup plus faible, on trouve un décalage de 11 à 17 jours sur 7 années, avec une moyenne arithmétique de 13 jours.

Nous adopterons ce décalage de 13 jours à
DIOULDE DIABE.

Le tableau ci-après donne le calendrier des débits avec deux valeurs du coefficient de tarissement (0,015 et 0,018), et une valeur moyenne (0,0165).

DIOULDE-DIABE

Débits avant l'étiage (débits calculés)

t	Débits		Dates			Débits avec k = 0,0165
	k=0,015	k=0,018	Année médiane	8 années sur 10	9 années sur 10	
0	150	150	17 DEC	4 DEC	27 NOV	150
30	96	88	16 JAN	3 JAN	27 DEC	91
60	61	51	15 FEV	2 FEV	26 JAN	58
90	39	30	17 MAR	4 MAR	25 FEV	35
120	25	17	16 AVR	3 AVR	27 MAR	22
150	16	10	16 MAI	3 MAI	27 AVR	13
180	10	6	15 JUN	2 JUN	27 MAI	8
210	6,5	3,5	15 JUL	2 JUL	26 JUN	5

Chapitre IV

Conclusions et recommandations

- 1 - Deux méthodes ont été utilisées pour établir le calendrier des débits garantis à BAKEL, MATAM et KAEDI en période de décroissance des débits : l'étude statistique des lectures limnimétriques traduites en débits, et l'étude mathématique de la décroissance des débits à partir de l'apparition du débit de charnière de 300 m³/s à BAKEL. Les résultats peuvent être considérés comme concordants, compte tenu des erreurs qui entachent chacune de ces méthodes.

Pour DIOULDE DIABE, la méthode mathématique a seule été utilisée.

Le tableau n° 8 présente le calendrier. Il a été composé de préférence avec les chiffres résultant de l'application de la 1^{ère} méthode (étude statistique sur hauteurs observées), la 2^o prenant le relais pour les faibles débits (et pour Diouldé Diabé, avec un coefficient $k = 0,0165$).

- 2 - L'étude des dates d'apparition des débits lors de la montée en crue ne pouvait être que statistique. Le tableau n° 9 donne le calendrier des débits garantis, avec un pas de temps de 5 jours, du 10 Juin au 10 Juillet.

On relèvera une anomalie apparente pour le 5 Juillet, entre MATAM et KAEDI, et pour une garantie de 9 années sur 10 : le débit à Kaédi est supérieur à celui de Matam. Cela peut provenir de l'approximation des nombreux calculs, mais aussi de l'influence du GORGOL dont le bassin voit souvent des orages précoces.

3 - Recommandations

3.1. L'existence de lois mathématiques de décroissance des débits dans la vallée est certaine. On doit toutefois s'attacher à préciser la valeur de certaines données : coefficients de tarissement et d'épuisement, débits de charnière, durée du tarissement. Cela ne peut s'obtenir que par des campagnes de jaugeages sur les faibles débits (à partir de 100 m³/s par exemple).

3.2. La station de DIOULDE DIABE est la dernière qui ne soit pas soumise à l'influence de la marée, et la dernière donc où il soit possible de mesurer les débits d'étiage. Il serait intéressant d'y replacer une échelle de crue.

3.3. Il est reconnu que BAKEL est la station-clé de la vallée, et il est probable qu'il est possible de déduire la chronique des débits d'étiage de toutes les stations d'aval de la chronique des débits à Bakel. Les jaugeages prévus en 3.1. devraient permettre de bien fixer cette loi.

3.4. D'ici à la construction d'un barrage (barrage du delta ou barrage de régularisation), il est important - et même essentiel pour certaines zones de mise en valeur comme la cuvette de Dagana ou la cuvette de Guidakar - d'arriver à une connaissance plus approfondie de la limite de l'invasion salée dans le lit du fleuve (en fonction de la chronique des débits d'étiage à Bakel), et des répercussions qu'entraînera un prélèvement des débits d'étiage à l'amont.

Mars 1972

M. JUTON

FLEUVE SENEGAL

RELEVÉ DES JAUGEAGES DES FAIBLES DÉBITS

Sources : ORSTOM - Monographie hydrologique du fleuve Sénégal
 ORSTOM - Remontée des eaux marines dans le Sénégal
 MAS - P. TAVEL - Note sur les mesures de débit d'étiage du Sénégal
 (Bulletin n°125)
 SCET INTERNATIONAL - Jaugeages effectués à Kaédi dans le cadre de
 l'étude "Gorgol"

Station	Opérateur	Date	Cote (échelle)	Débit (m ³ /s)	
BAKEL	UHEA	1950 - 4.7	153	86	
		1951 - 25.4	053	7,1	
		27.6	170	97	
		1952 - 24.1	224	143	
		20.2.	177	118	
		25.3	112	47,7	
		28.4	068	14,6	
		MAS	1955 - 16.5	097	35,3
		18.5	094	35,0	
		25.5	086	29,0	
	27.5	084	29,3		
	28.5	085	28,8		
	ORSTOM	1960 - 8.6	034	1,1	
	1961 - 10.3	110	37,3		
	27.4	055	6,2		
	10.6	036	1,2		
	1962 - 5.2	153	72,6		
	27.3	036	1,060		
	WAOUNDE	MAS	1960 - 12.6	019	3,1
	MATAM	MAS	1960 - 9.6	- 014	4,7
	ORSTOM	1961 - 11.3	050	44,4	
		29.4	005	5,0	
		7.6	- 015	3,7	
		1963 - 28.11	311	403	
		1.12	292	383	
KAEDI	MAS	1960 - 10.6	- 050	6,3	
	ORSTOM	1961 - 12.3	019	56,2	
		30.4	- 048	5,2	
		6.6	- 053	3,1	
		1962 - 13.2	059	74,2	
	SCET	1971 - 17.4	- 044	9,730	
		3.5	- 060	5,860	
		2.6	- 079	2,140	
	28.6	- 085	0,800		

TABLEAU N°1

(suite)

SALDE	MAS	1955 - 15.12	384	214	
		1960 - 24.5	052	13,9	
	ORSTOM	1961 - 30.4	055	12,5	
		12.6	024	6,0	
		1962 - 15.2	135	54,4	
			13.4	064	10,2
			31.5	034	6,1
			200	87,5 (1)	
DIOUDE DIABE	MAS	1960 - 24.5	152	14,9	
	ORSTOM	1961 - 13.3	183	31,2	
		1.5	151	11,8	
		15.6	129	5,5	
	1962 - 26.12	349	144		
	1963 - 17.1	290	101		
		12.2	240	68,5	
		22.5	146	11,4	
	1964 - 15.1	287	92		
COGGA (Doué)	ORSTOM	1963 - 13.5		1,130	

(1) Chiffre lu sur le graphique GR14 dans "Remontée des eaux marines dans le Sénégal"

Tableau comparatif des débits calculés
et des débits réels à BAKEL

t jours	Q calculé m ³ /s	1965/66		1966/67		1967/68		1968/69		1969/70		1970/71	
		Date	Q observé	Date	Q obs.	Date	Q obs.	Date	Q obs.	Date	Q obs.	Date	Q obs.
0	300	13 D	302	18 D	300	21 D	302	14 N	302	16 D	300	11 N	302
30	172	12 J	177	17 J	168	20 J	199	14 D	166	15 J	156	11 D	152
60	99	11 F	108	16 F	106	19 F	<u>128</u>	13 J	96	14 F	94	10 J	94
90	57	13 M	61	18 M	58	21 M	68	12 F	55	16 M	50	9 F	58
120	33	12 A	30	17 A	<u>25</u>	20 A	31	14 M	28	15 A	<u>25</u>	12 M	31
135	18	27 A	20	2 M	17	5 M	21	29 M	18	30 A	16	27 M	20
150	10	12 M	11	17 M	10	20 M	<u>13</u>	13 A	9	15 M	8,5	11 A	12
165	5,4	27 M	5	1 J	6	4 J	-	28 A	4,4	30 M	6	26 A	6
180	3,0	11 J	-	16 J	-	19 J	-	13 M	3,2	14 J	-	11 M	<u>5</u>
195	1,6	26 J	-	1 Jt	-	4 Jt	-	28 M	1,4	29 J	-	26 M	<u>2,3</u>
210	0,9		-		-		-	12 J	-		-	10 J	<u>1,5</u>
225	0,5		-		-		-		-		-	25 J	0,8

DECRUE A BAKELCalendrier des débits garantis
(méthode mathématique)

<u>t</u> jours	<u>Q</u> m ³ /s	<u>Année</u> <u>médiane</u>	<u>8 années</u> <u>sur 10</u>	<u>9 années</u> <u>sur 10</u>
0	300	4 DEC	21 NOV	14 NOV
30	172	3 JAN	21 DEC	14 DEC
60	99	2 FEV	20 JAN	13 JAN
90	57	5 MAR	19 FEV	12 FEV
120	33	4 APR	22 MAR	15 MAR
135	18	19 AVR	6 AVR	30 MAR
150	10	4 MAI	21 AVR	14 AVR
165	5,4	19 MAI	6 MAI	29 AVR
180	3,0	3 JUN	21 MAI	14 MAI
195	1,6	18 JUN	5 JUN	29 MAI
210	0,9		20 JUN	13 JUN

DECROUTE A BAKELDébits garantis à différentes datesComparaison des chiffres obtenus par les 2 méthodes d'estimation

Date	Année médiane		8 années sur 10		9 années sur 10	
	Débit calculé	Débit observé	Débit calculé	Débit observé	Débit calculé	Débit observé
1 FEV	100	115	80	86	71	74
15 FEV	77	87	62	67	55	58
1 MAR	61	67	48	51	42	43
15 MAR	48	50	38	37	33	30
1 AVR	36	32	21,5	23	16,5	18
15 AVR	21	22	12,5	14	9	9
1 MAI	11	12	7	-	5	-
15 MAI	6	-	4	-	3	-
1 JUN	3,2	-	1,9	-	1,4	-

R.I.

55
28
11
4

98

136,6
36
200% = 100

MATAM avant l'étiage

Comparaison entre débits calculés
et débits tirés de l'analyse sta-
tistique des limnigrammes

t jours	Q m ³ /s	Année médiane		8 années sur 10		9 années sur 10	
		Date	Q statist	Date	Q statist	Date	Q statist
0	300	(1) 7 DEC	-	(1) 24 NOV	-	(1) 17 NOV	-
30	172	6 JAN	-	24 DEC	-	17 DEC	-
60	99	5 FEV	108	23 JAN	104	16 JAN	102
90	57	8 MAR	56	22 FEV	56	15 FEV	54
120	33	7 AVR	26	25 MAR	25	18 MAR	25
135	18	22 AVR	15,5	9 AVR	15	2 AVR	14
150	10	7 MAI	8	24 AVR	7	17 AVR	7
165	5,4	22 MAI	-	9 MAI	-	2 MAI	-
180	3,0	6 JUN	-	24 MAI	-	17 MAI	-
195	1,6	21 JUN	-	8 JUN	-	1 JUN	-
210	0,9		-	23 JUN	-	16 JUN	-

(1) Date postérieure de 3 jours à celle de BAKEL

DECRUE A MATAMDébits garantis à différentes datesComparaison des chiffres obtenus par les 2 méthodes d'estimation

Date	Année médiane		8 années sur 10		9 années sur 10	
	Débit calculé	Débit observé	Débit calculé	Débit observé	Débit calculé	Débit observé
1 FEV	106	108	84	86	74	73
15 FEV	83	88	64	65	57	54
1 MAR	64	66	50	48	44	40
15 MAR	50	47	40	33	35	27
1 AVR	37	30	24	20	19	15
15 AVR	24	20	14	11	11	7
1 MAI	12	11	7	-	6	-
15 MAI	7	-	4	-	3	-
1 JUN	4	-	2	-	1,5	-

KAEDI avant l'étiage

Comparaison entre débits calculés
et débits tirés de l'analyse sta-
tistique des limnigrammes

t jours	Q m ³ /s	Année médiane		8 années sur 10		9 années sur 10	
		Date	Q statist	Date	Q statist	Date	Q statist
0	300	9 DEC	-	26 NOV	-	19 NOV	-
30	172	8 JAN	-	26 DEC	-	19 DEC	-
60	99	7 FEV	108	25 JAN	105	18 JAN	101
90	57	10 MAR	56	24 FEV	55	17 FEV	54
120	33	9 AVR	29	27 MAR	25,5	20 MAR	25
135	20	24 AVR	21	11 AVR	17,5	4 AVR	15
150	12,5	9 MAI	14	26 AVR	11	19 AVR	8
165	7,5	24 MAI	9	11 MAI	6	4 MAI	4
180	4,5	8 JUN	-	26 MAI	-	19 MAI	-
195	2,8	23 JUN	-	10 JUN	-	3 JUN	-
210	1,7	8 JUL	-	25 JUN	-	18 JUN	-

DECRUE

Calendrier des débits garantis

Dates	Année médiane				8 années sur 10				9 années sur 10			
	BKL	MTM	KD	DD	BKL	MTM	KD	DD	BKL	MTM	KD	DD
1 FEV	115	116	123	<u>82</u>	86	87	90	<u>58</u>	74	74	73	<u>50</u>
15 FEV	87	88	91	<u>58</u>	67	65	66	<u>46</u>	58	54	55	<u>40</u>
1 MAR	67	66	67	<u>46</u>	51	49	50	<u>37</u>	45	39	41	<u>32</u>
15 MAR	50	49	50	<u>36</u>	37	34	36	<u>29</u>	30	27	29	<u>26</u>
1 AVR	32	32	35	<u>28</u>	23	20	23	<u>22</u>	18	15	17	<u>20</u>
15 AVR	22	20	25	<u>22</u>	14	12	15	<u>18</u>	9	8	10	<u>16</u>
1 MAI	12	11	17	<u>17</u>	7	8	9	<u>13</u>	5	5,5	6,3	<u>12</u>
15 MAI	<u>6</u>	<u>7</u>	12	<u>13</u>	4	4,3	5,4	<u>11</u>	3	3,2	3,8	9
1 JUN	<u>3,2</u>	<u>3,6</u>	<u>4,8</u>	<u>10</u>	<u>1,9</u>	<u>2,1</u>	<u>3,1</u>	<u>8</u>	<u>1,4</u>	<u>1,6</u>	<u>2,4</u>	<u>7,5</u>
15 JUN				<u>8</u>	<u>1,1</u>	<u>1,2</u>	<u>2,0</u>	<u>6,5</u>	<u>0,8</u>	<u>0,9</u>	<u>1,4</u>	<u>6</u>

1/4 - 1/6
 Bakel - DD -
 h_{av} = 28 cm
 L = 807 - 479 = 368 m
 V = 39,0 x 10⁶ m³
 elaps = 53 cm²

BKL = Bakel
 MTM = Matam
 KD = Kaédi
 DD = Diouldé Diabé

49 (non souligné) = chiffre déduit de l'étude
 statistique limnimétrique
28 (souligné) = chiffre calculé

MONTÉE EN CRUE

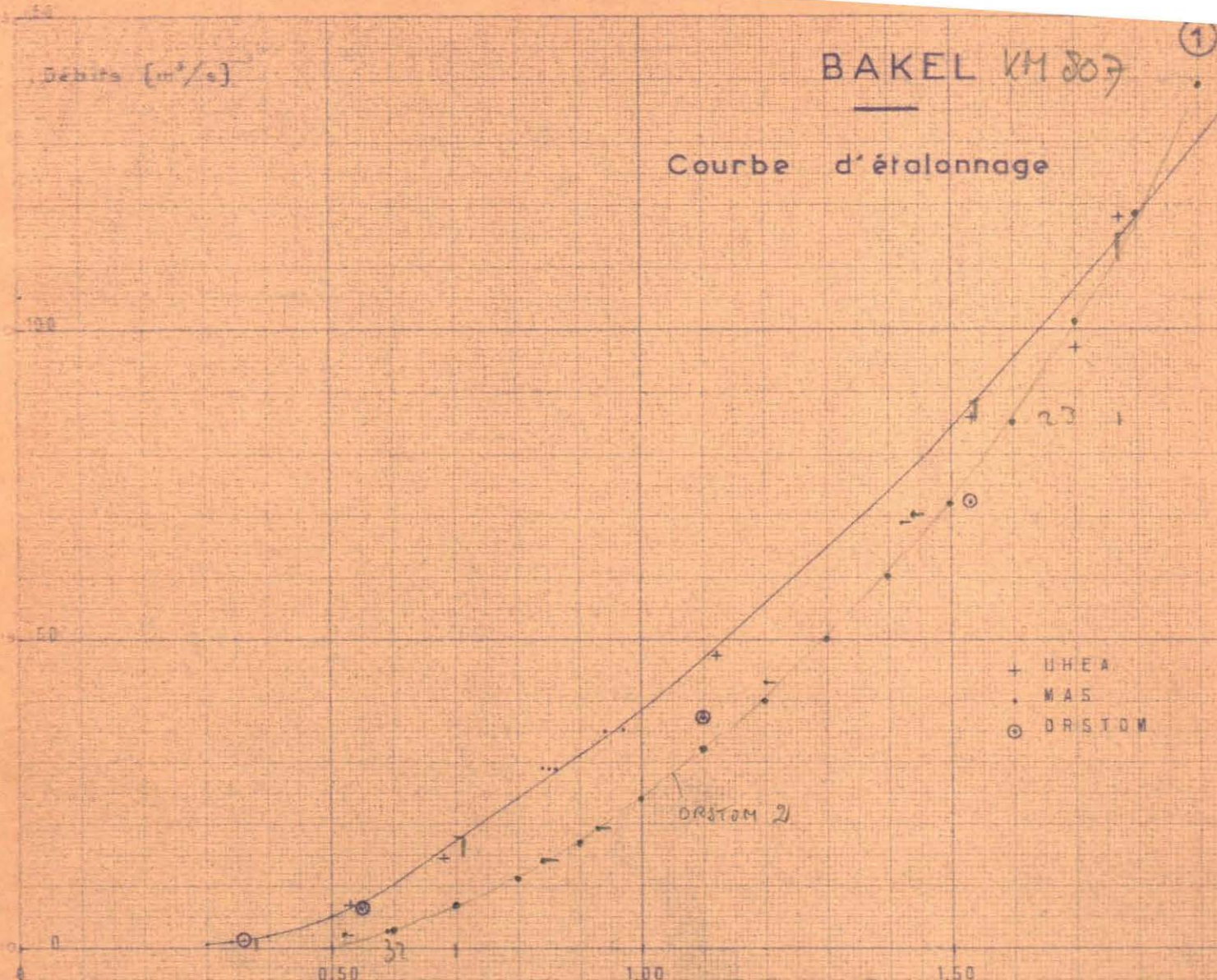
Calendrier des débits garantis

Dates	Année médiane			8 années sur 10			9 années sur 10		
	BKL	MTM	KD	BKL	MTM	KD	BKL	MTM	KD
10 JUN	15	-	-	-	-	-	-	-	-
15 JUN	41	13	12	-	-	-	-	-	-
20 JUN	77	35	18	10	-	-	-	-	-
25 JUN	>100	65	55	50	13	12	-	-	-
30 JUN	-	>100	>100	>100	40	40	55	14	10
5 JUL	-	-	-	-	100	100	>100	40	50
10 JUL	-	-	-	-	>100	>100	-	>100	>100

Débits (m^3/s)

BAKEL KM 807

Courbe d'étalonnage



+ UHEA
• MAS
⊙ DRSTOM

DRSTOM 2

H [échelle]

Tableaux de correspondance H/Q et Q/H

H	Q
0,30	0,5
0,40	2
0,50	5
0,60	10
0,70	17
0,80	24
0,90	31
1,00	38
1,10	47
1,20	56
1,30	65
1,40	74
1,50	84
1,60	95
1,70	106

Q	H
10	0,60
20	0,74
30	0,89
40	1,02
50	1,13
100	1,65
200	2,33
300	2,79

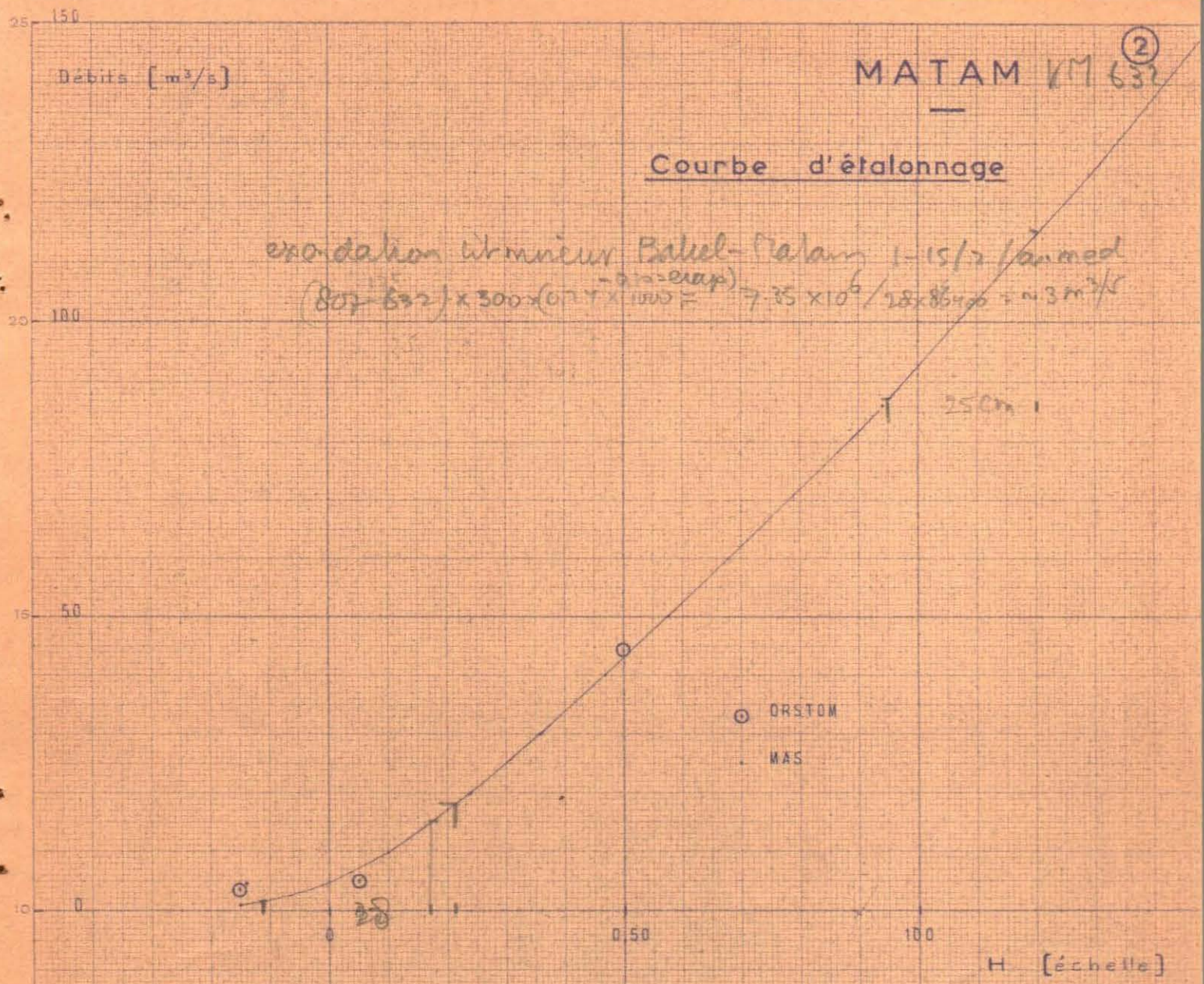


Tableau de correspondance Q/H

<u>Q</u>	<u>H</u>
10	0.10
20	0.24
30	0.36
40	0.47
50	0.58
100	1.07
200	1.87
300	2.53

KAEDI KM 539

Courbe d'étalonnage

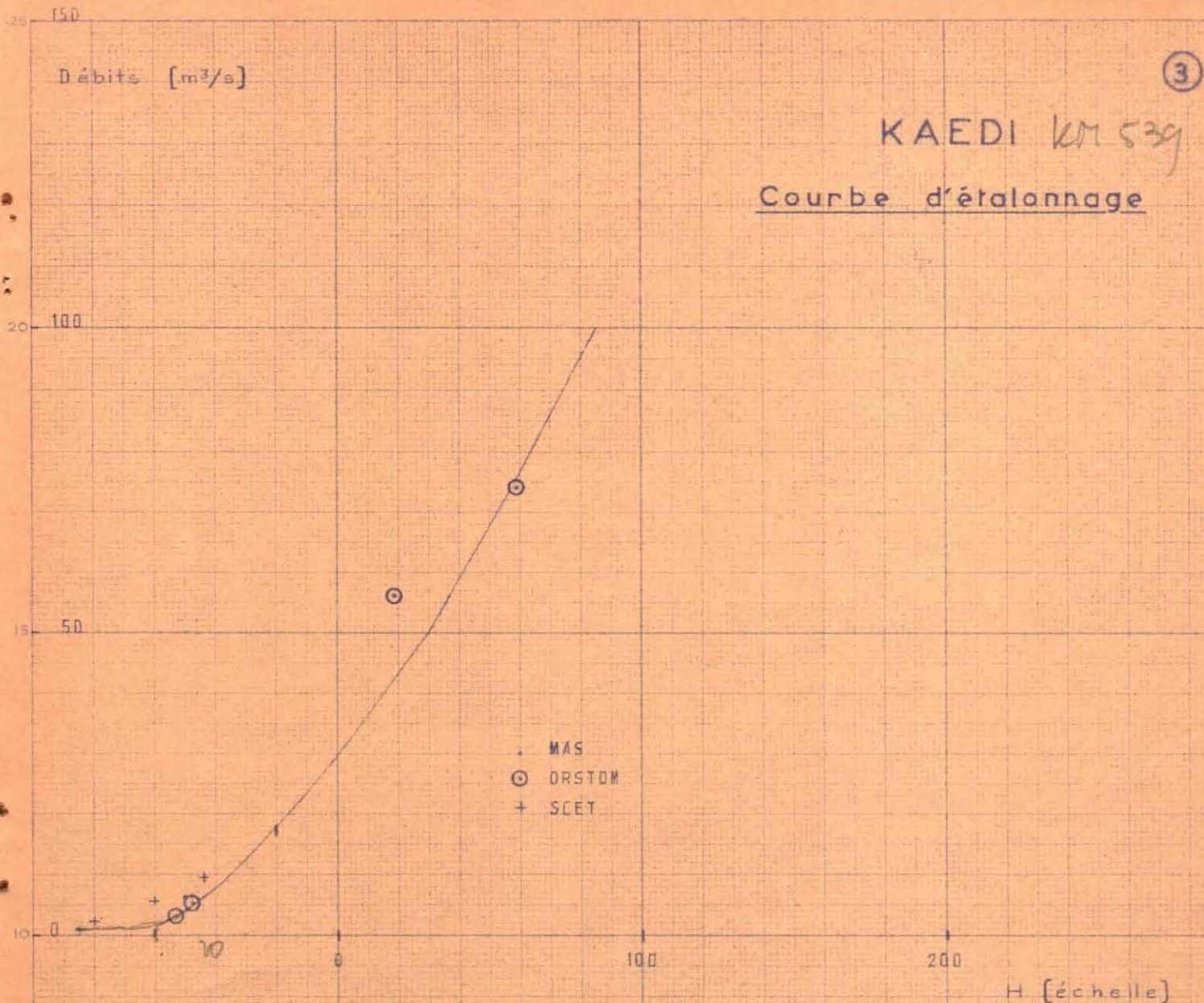


Tableau de correspondance Q/H

<u>Q</u>	<u>H</u>
10	0.35
20	0.15
30	0.00
40	0.15
50	0.30
100	0.85

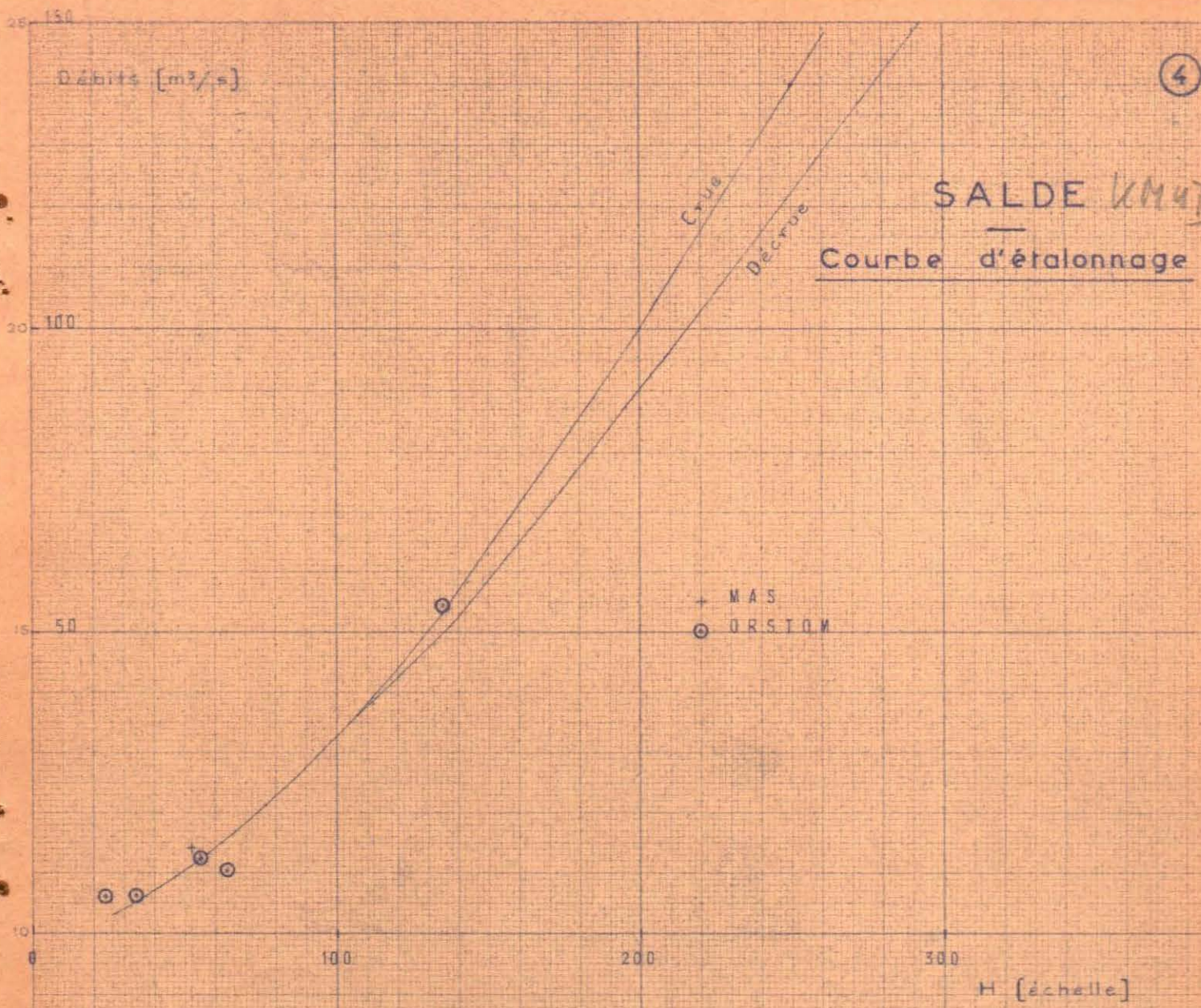


Tableau de correspondance Q/H

<u>Q</u>	<u>H</u>					
10	0.50					
20	0.75					
30	0.95					
40	1.15					
50	1.30					
100	<table border="0"> <tr> <td rowspan="2" style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">{</td> <td>2.00</td> <td>Crue</td> </tr> <tr> <td>2.15</td> <td>Décru</td> </tr> </table>	{	2.00	Crue	2.15	Décru
{	2.00		Crue			
	2.15	Décru				

DIOULDÉ DIABÉ KM 439

Courbe d'étalonnage

ORSTOM

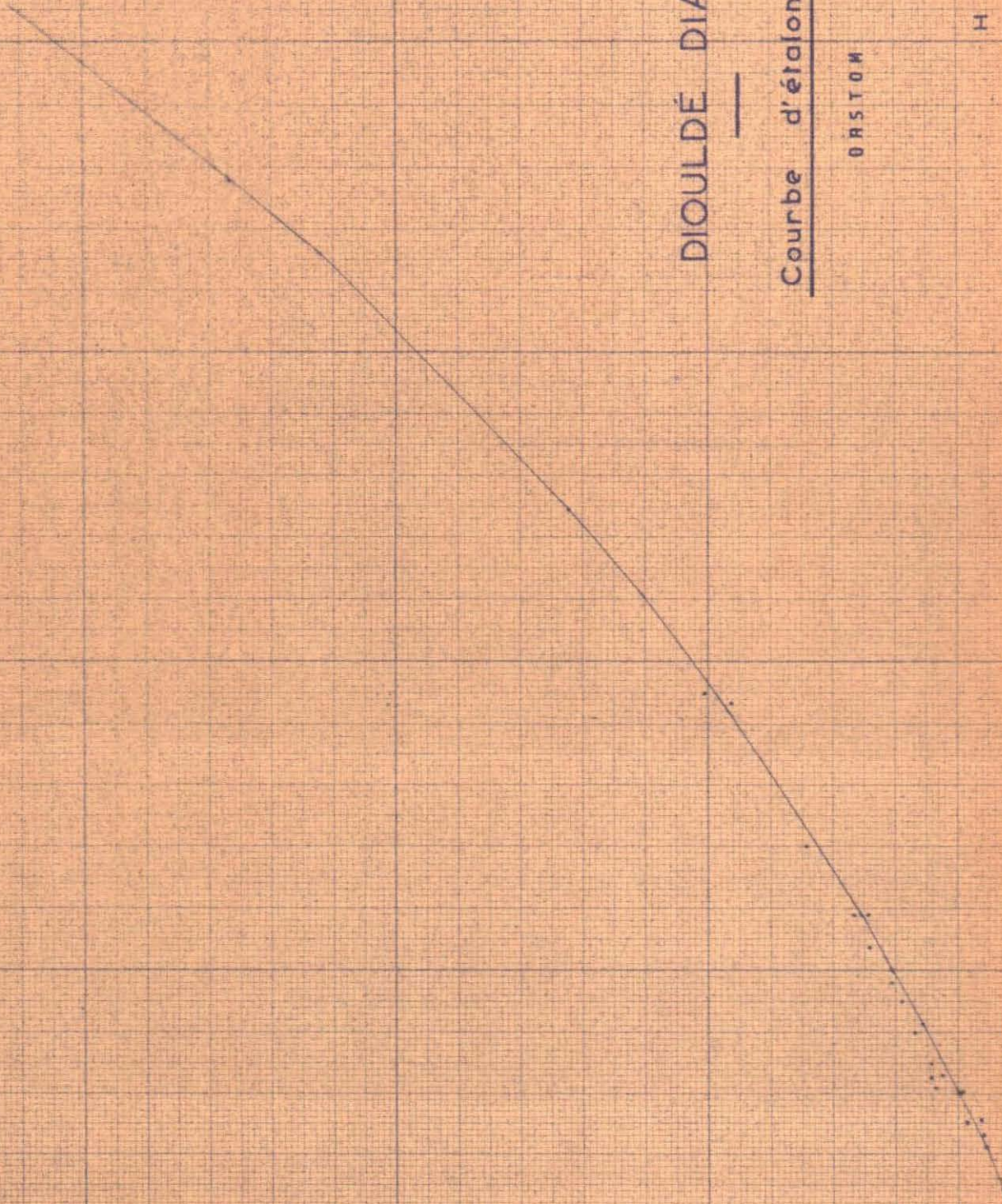
H (échelle)

Débits (m³/s)

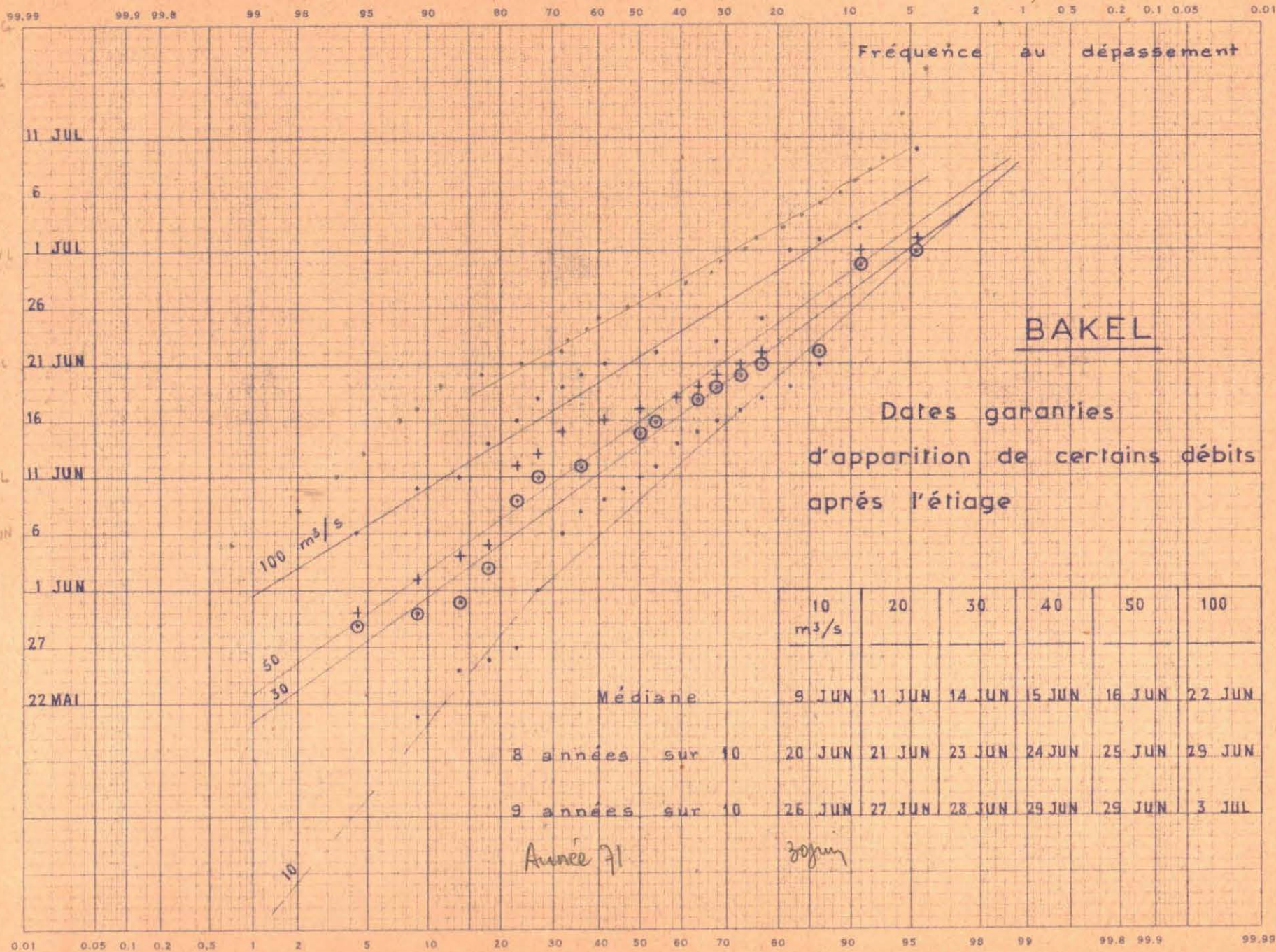
300

200

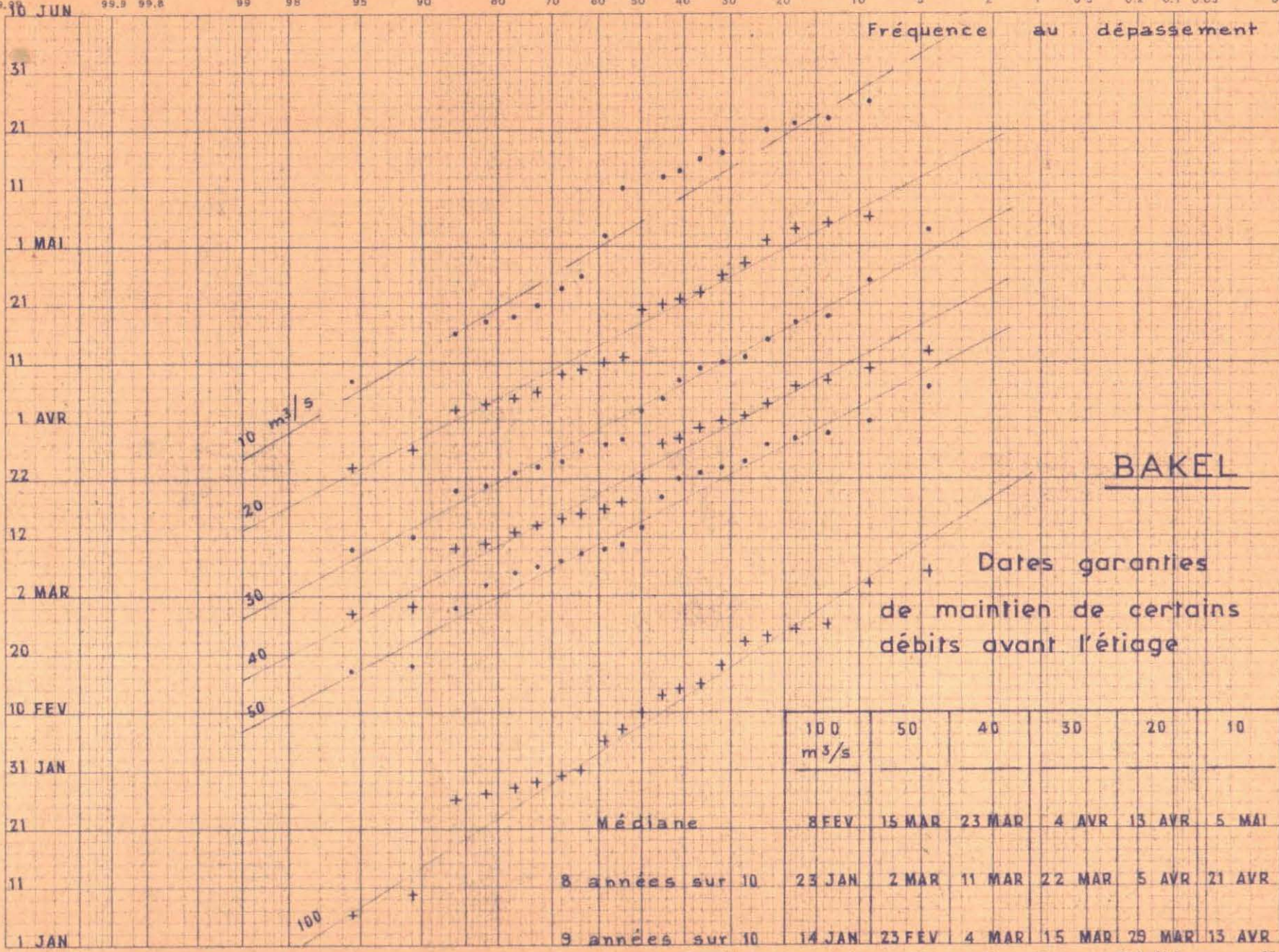
100



19 AUG
15 JUL
11 JUL
26 JUN
11 JUN
27 MAY



99.99 99.9 99.8 99 98 95 90 80 70 60 50 40 30 20 10 5 2 1 0.5 0.2 0.1 0.05 0.01

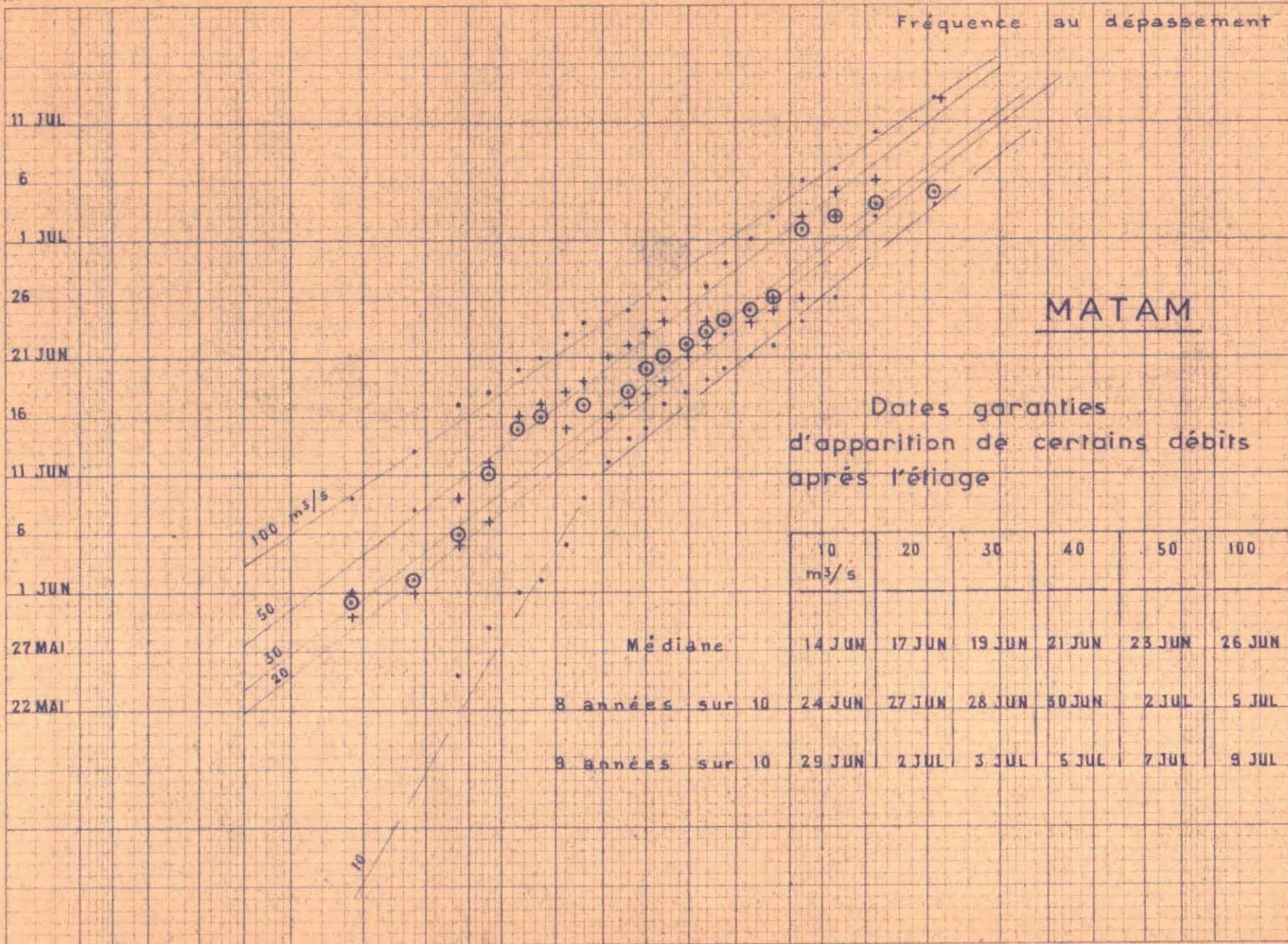


0.01 0.05 0.1 0.2 0.5 1 2 5 10 20 30 40 50 60 70 80 90 95 99 99.8 99.9 99.99

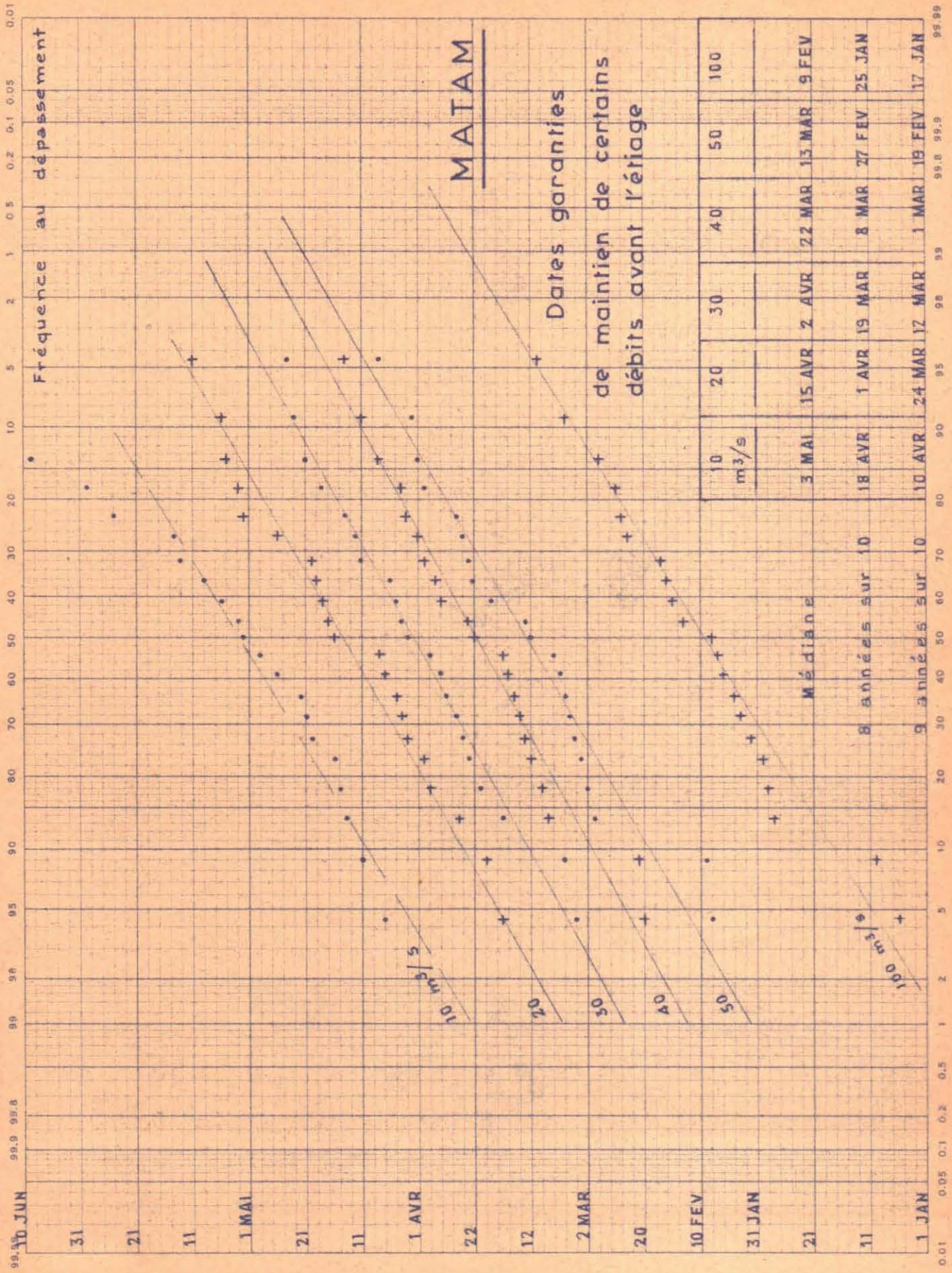
72/73

24/12 31/1 15/2 26/2 16 May 6 Avril

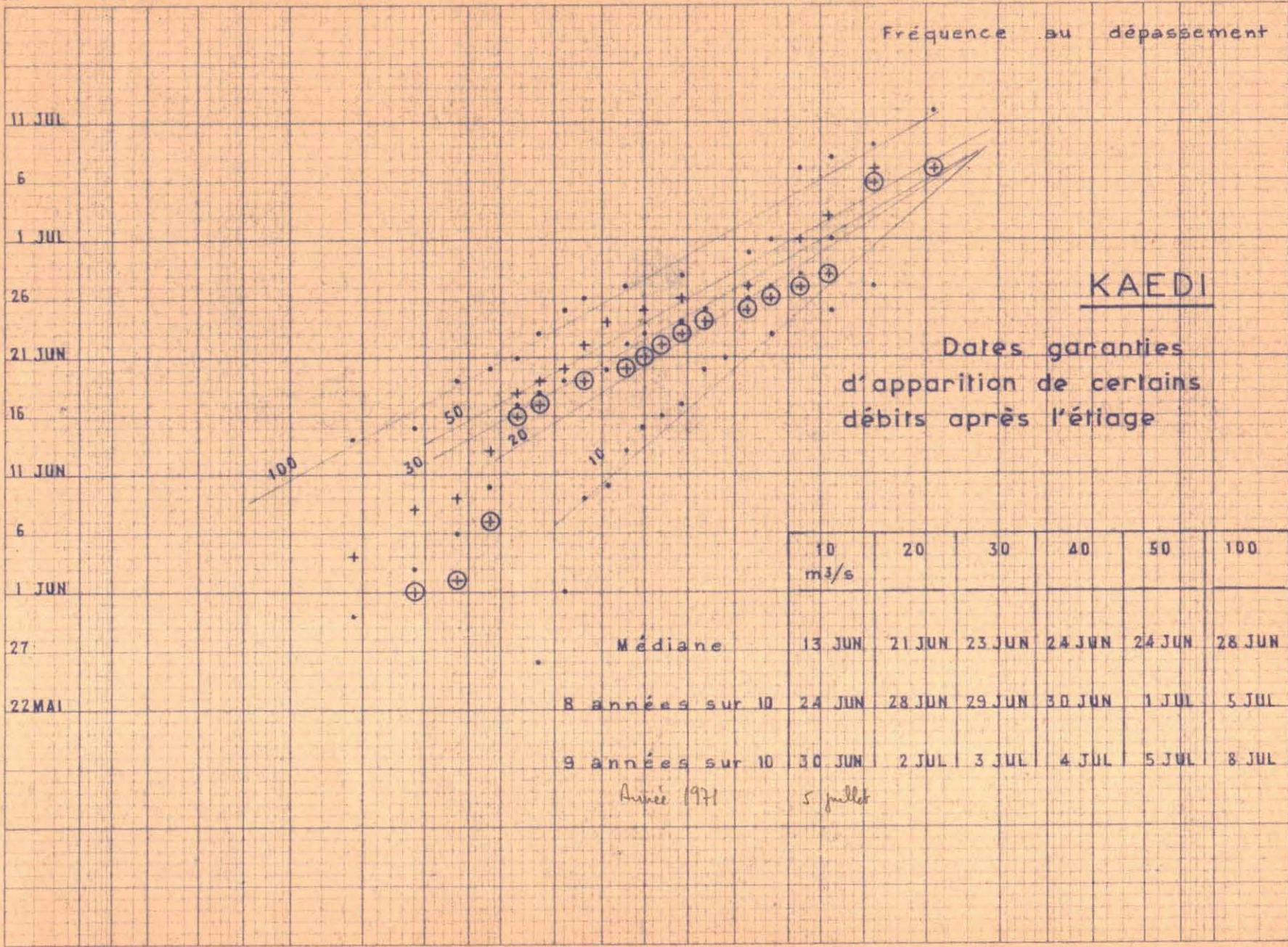
99.99 99.9 99.8 99 98 95 90 80 70 60 50 40 30 20 10 5 2 1 0.5 0.2 0.1 0.05 0.01



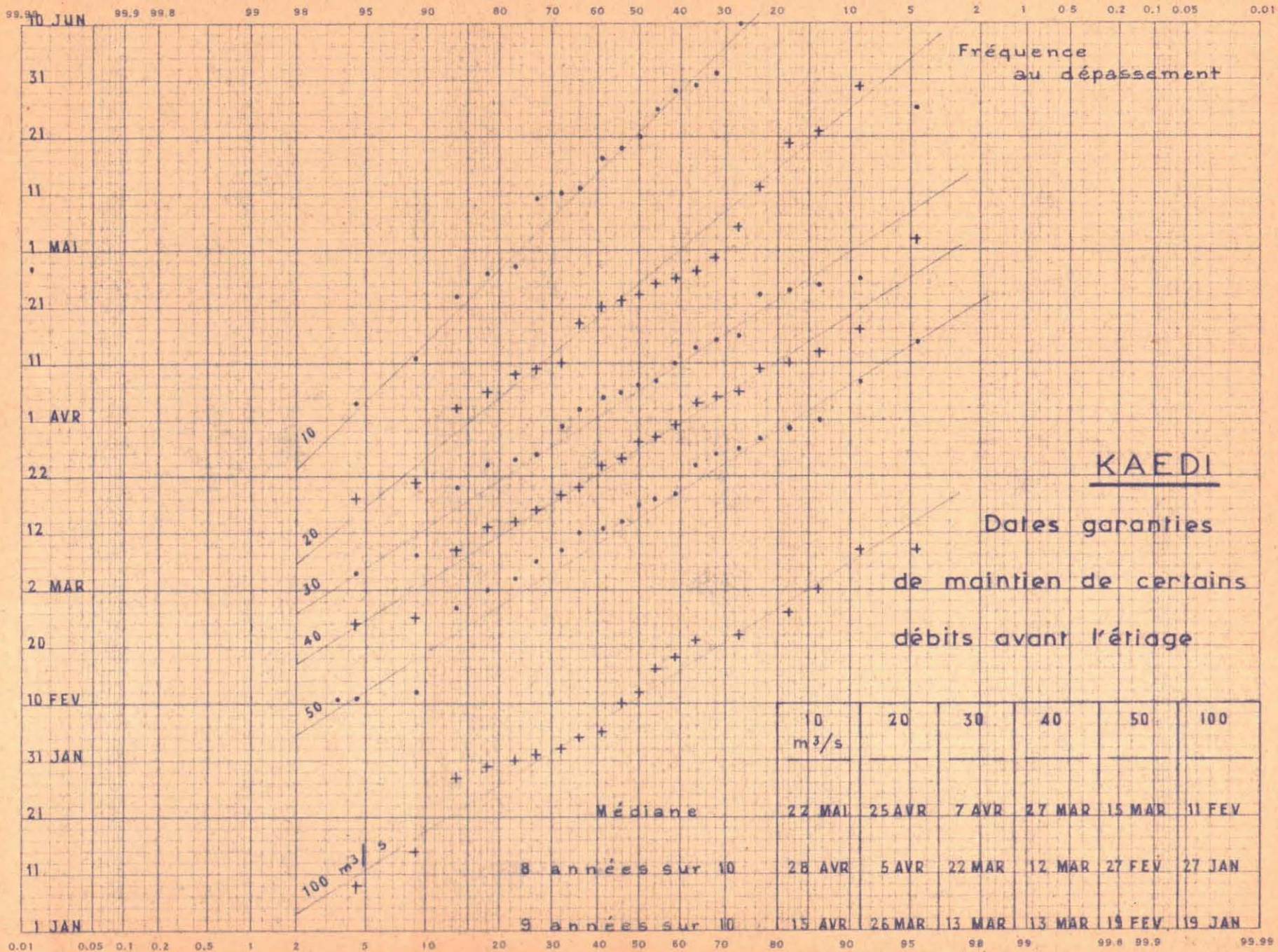
0.01 0.05 0.1 0.2 0.5 1 2 5 10 20 30 40 50 60 70 80 90 95 98 99 99.8 99.9 99.99



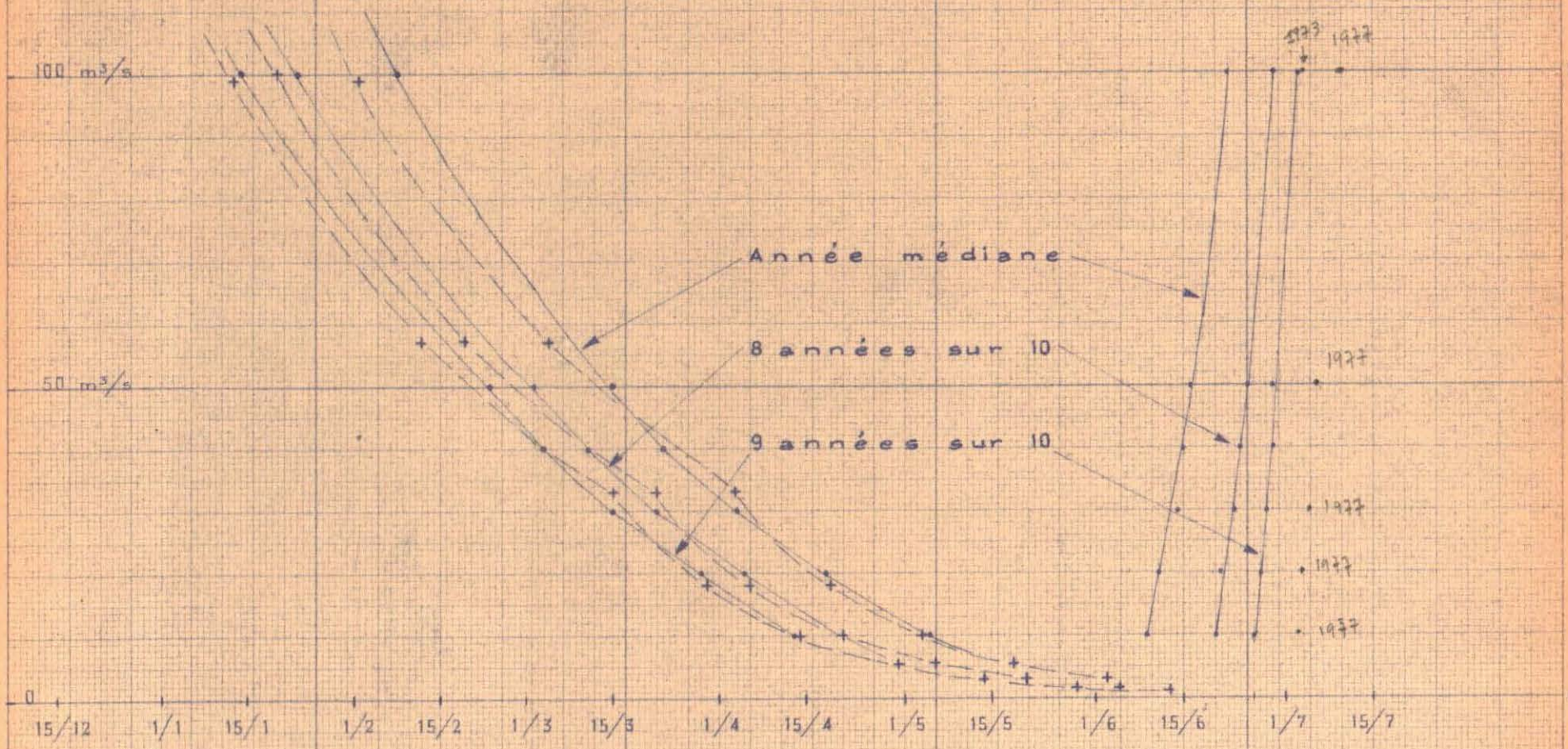
99.99 99.9 99.8 99 98 95 90 80 70 60 50 40 30 20 10 5 2 1 0.5 0.2 0.1 0.05 0.01



0.01 0.05 0.1 0.2 0.5 1 2 5 10 20 30 40 50 60 70 80 90 95 98 99 99.8 99.9 99.99



Calendrier des débits garantis

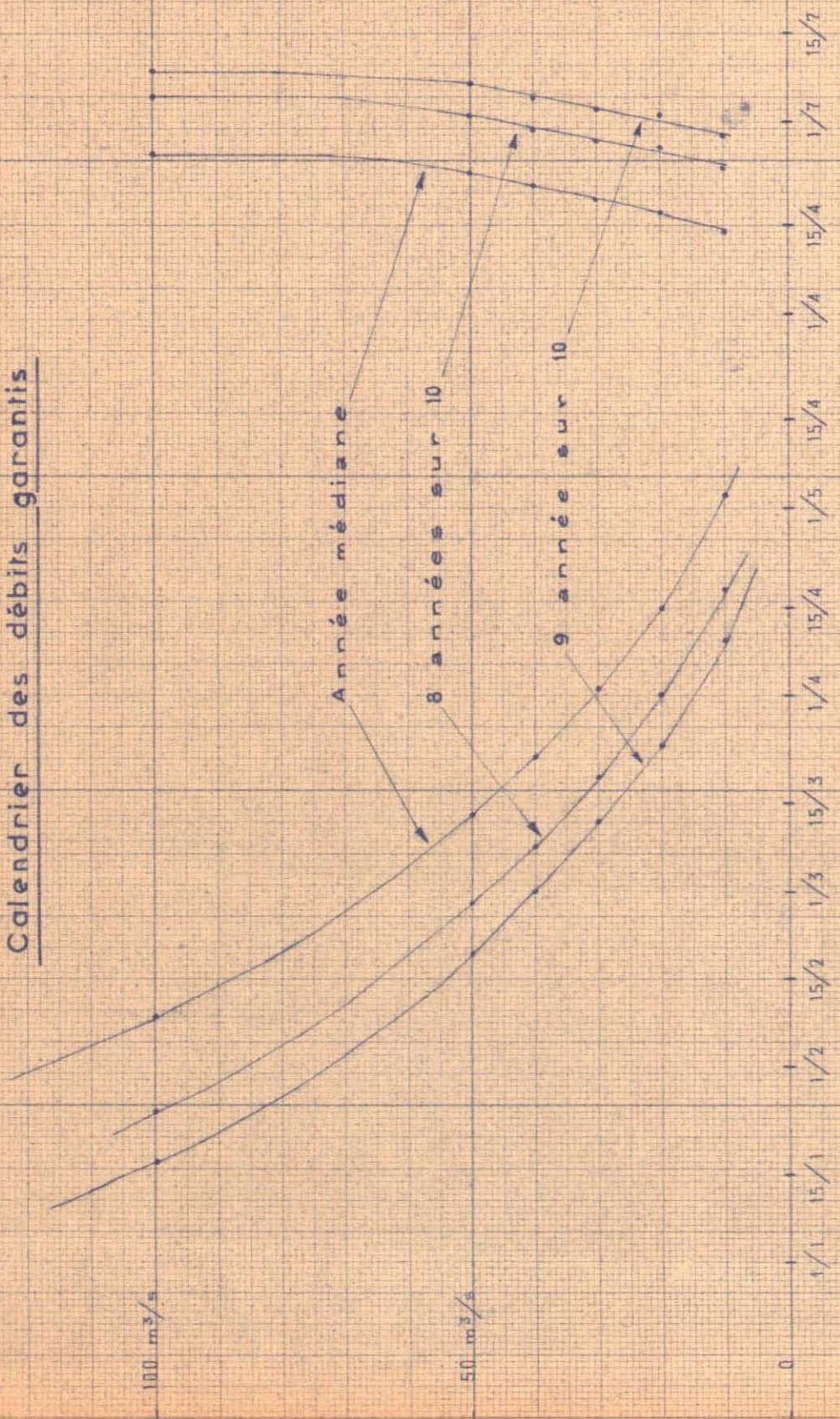


• Etude statistique des lectures limnimétriques [1951 - 1971]

• Etude statistique sur l'apparition du débit de $300 m^3/s$ et application d'une loi mathématique de décroissance des débits [1905 - 1971]

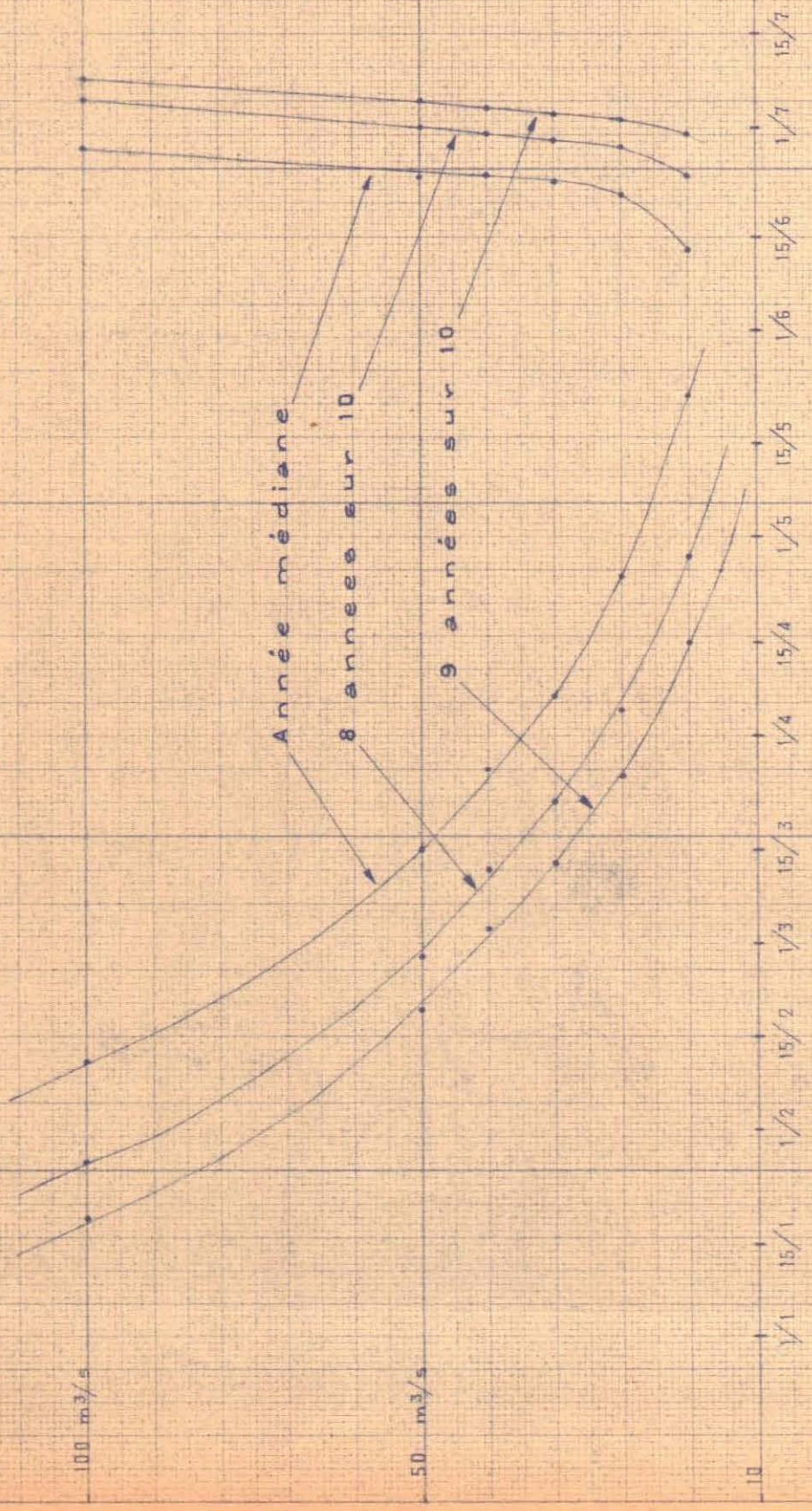
MATAM

Calendrier des débits garantis



KAEDI

Calendrier des débits garantis



DIOULDE DIABE

Calendrier des débits garantis

100 m³/s

Année médiane

9 années sur 10

50 m³/s

8 années sur 10

Etude basée :

- sur les dates d'apparition du débit de 150 m³/s déduites des dates d'apparition du débit de 300 m³/s à Bakel (étude statistique)
- sur l'application d'une loi mathématique de décroissance des débits

$$Q = Q_0 e^{-0.0165 t}$$

15/12 1/1 15/1 1/2 15/2 1/3 15/3 1/4 15/4 1/5 15/5 1/6 15/6 1/7 15/7

99.99 99.9 99.8 99 98 95 90 80 70 60 50 40 30 20 10 5 2 1 0.5 0.2 0.1 0.05 0.01

