

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE-MER

ÉLECTRICITÉ DE FRANCE
IGECO

Note hydrologique provisoire **sur la MEKROU, la TAPOA et le GOROUBI**



par

Marcel ROCHE

Février 1967

OFFICE de la RECHERCHE
SCIENTIFIQUE et TECHNIQUE
OUTRE-MER

ELECTRICITE de FRANCE
IGECO

NOTE HYDROLOGIQUE PROVISoire
sur la MEKROU, la TAPOA et le GOROUBI

par

Marcel ROCHE

Février 1967

1 - DONNEES d'OBSERVATIONS

Outre les observations relatives aux trois rivières qui font l'objet de cette note, on donnera, des observations sur l'ALIBORI, un condensé suffisant pour l'usage qui en sera fait ici.

1.1. - MEKROU à BAROU

1.1.1. - Débits

Les coordonnées de la stations sont 12°21' N et 2°45' E. Elle contrôle un bassin de 10 500 km². Le bassin est très allongé : longueur d'environ 280 km pour une largeur moyenne de 37 km ; d'amont en aval, il est orienté SSW - NNE.

La station est étalonnée de manière très satisfaisante au moyen de 23 jaugeages effectués pour des débits compris entre 36 l/s et 263 m³/s. On trouvera la liste complète de ces jaugeages sur le tableau I ; la courbe d'étalonnage est tracée sur le graphique 1.

Les débits journaliers observés sont donnés en annexe. On dispose de cinq années d'observation suffisamment complètes pour permettre le calcul du module. Une sixième année (1963-64) est trop incomplète pour permettre ni le calcul du module ni une évaluation du maximum annuel : les relevés commencent début Septembre, probablement après le passage de ce maximum.

Les tableaux II et III groupent des débits moyens mensuels et annuels observés, ainsi que les débits caractéristiques.

1.1.2. - Pluviométrie

Un seul pluviomètre, KOUANDE, est situé en tête à l'intérieur du bassin. Non loin à l'Ouest de KOUANDE, mais à l'extérieur du bassin, on dispose des relevés de NATTITINGOU. Entre 30 et 50 km de la ligne de partage des eaux, on peut utiliser KANDI (Est) et DIAPAGA (N-W).

Les périodes d'observation sont les suivantes :

KOUANDE	1932-1966
NATTITINGOU	1922-1966
KANDI	1922-1966
DIAPAGA	1930-1966

- TABLEAU I -

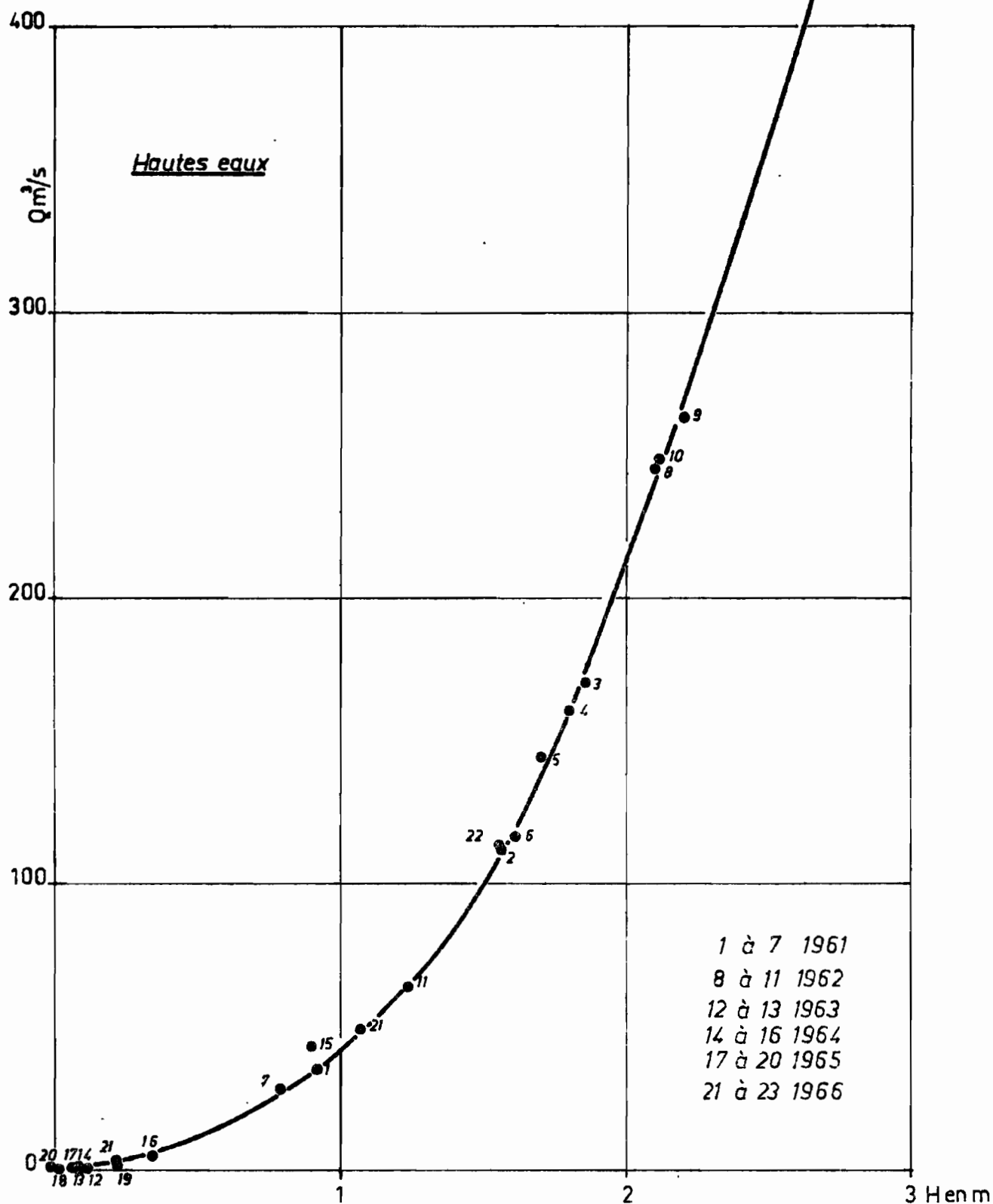
JAUCEAGES EFFECTUES
sur la MEKROU à BAROU

- (10 500 km²) -

N°	Date	H (cm)	Q (m ³ /s)
1	18- 8-61	092	36
2	16- 9-61	156	112
3	22- 9-61	186	171
4	25- 9-61	180	161
5	27- 9-61	170	145
6	30- 9-61	161	117
7	24-10-61	079	28,4
8	5- 9-62	210	246
9	26- 9-62	220	263
10	4-10-62	211	248
11	25-10-62	123	64,3
12	23- 1-63	010	1,28
13	7- 3-63	009	0,036
14	2- 1-64	012	1,22
15	28-10-64	090	43,8
16	2-12-64	034	5,93
17	13- 1-65	006	0,85
18	24- 1-65	002	0,41
19	25- 6-65	022	1,98
20	25-12-65	-002	1,036
21	18- 8-66	107	49,3
22	22- 9-66	155,5	113
23	18-12-66	021	3,45

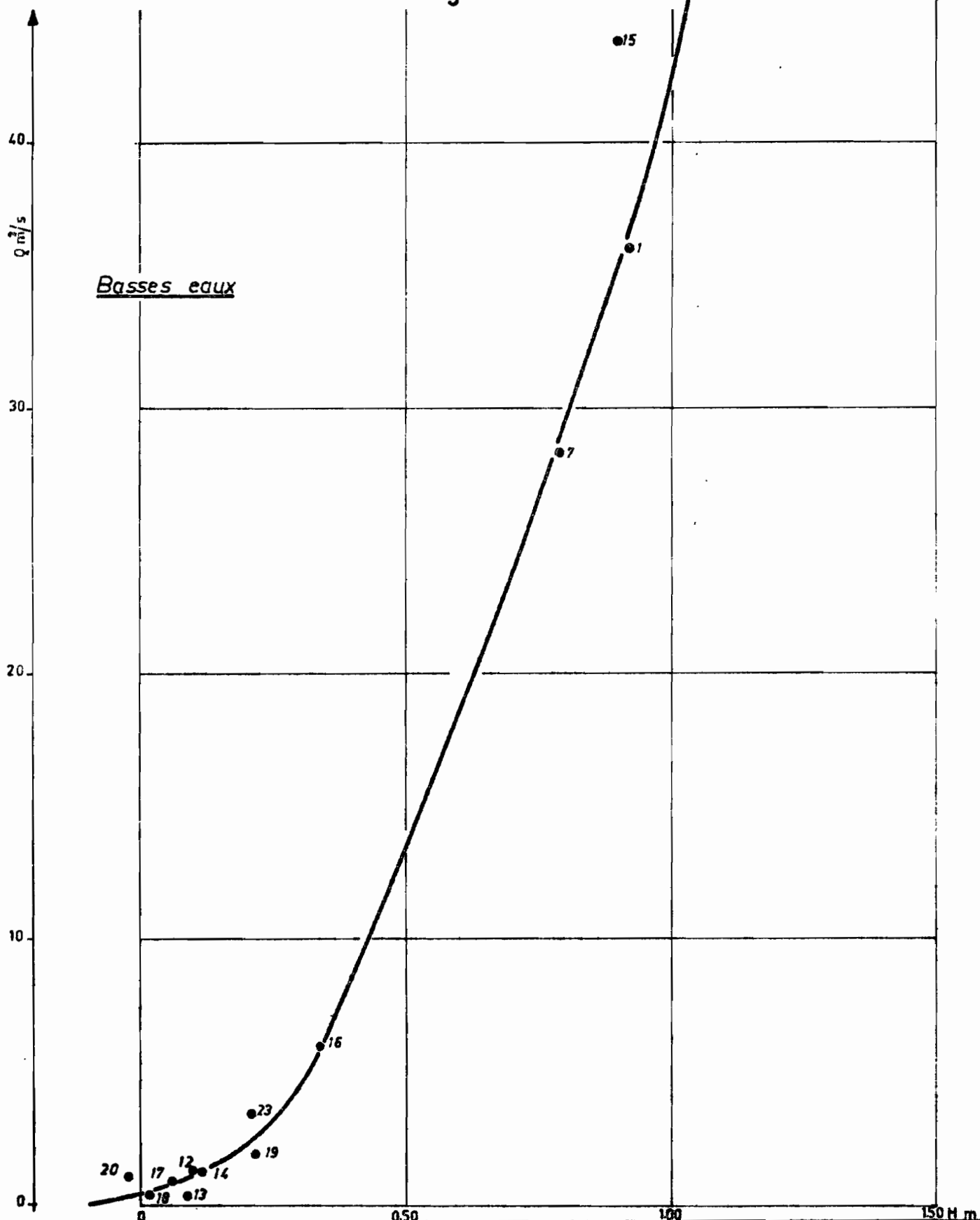
MEKROU à BAROU

Courbe de tarage



MEKROU à BAROU
 Courbe de tarage

Gr:1 bis



- TABLEAU II -

La MEKROU à BAROU

- (10 500 km²) -

Débits moyens mensuels et annuels - (m³/s)

Année	M	J		A	S	O	N	D	J	F	M.A	Mod.
1961-62	0	1,69	20,2	57,2	125	57,5	8,6	0,93	0,03	0	0:0	22,6
1962-63	0	5,64	28,6	86,3	315	141	31,2	10,3	2,26	((0,3))	0:0	51,7
1963-64					182	131	35,4	9,49	((2,30))			
1964-65	0	5,0	(29,3)	86	230	76	17,0	3,1	((0,3))	0	0:0	(37,0)
1965-66	0	2,55	6,64	35,9	147	(46)	((13))	((3,9))	((1,0))	((0,07))	0:0	(21,3)
1966-67	0	((5))	(21)	(53)	108	104	(26,5)	((6))	((1,3))	((0,1))	0:0	(27)
Moyenne	0	3,98	17,5	63,7	184	92,6	21,9	5,6	1,2	0,09	0:0	32,5

- TABLEAU III -

La MEKROU à BAROU

Débits caractéristiques - (m³/s)

Année	Etiage absolu (m ³ /s)	Débits caractéristiques					Crue	
		DCE	DC 9	DC 6	DC 3	DCC	Maximum	Date
1961-62	0	0	0	0,27	29,0	142	190	21-9
1962-63	0	0	0	6,0	43,0	349	407	20-9
1963-64	0	0	0					
1964-65	0	0	0	2,50	34,0	252	281	19 et 20-9
1965-66	0	0	0	(3,0)	(18,0)	162	190	7-9
1966-67	0	0	0	(3)	(40)	136	201	28-9

En fait, l'analyse a montré que KOUANDE constituait un très mauvais repère pluviométrique pour le bassin, sans qu'il soit possible de définir clairement pourquoi ; peut-être s'agit-il d'un pluviomètre mal placé ou mal observé. D'autre part, DIAPAGA semble relever d'un régime pluviométrique différent du reste du bassin ; son influence, si elle existe, est très faible, en tout cas très inférieure à celle que lui attribuerait la construction de Thiessen par exemple.

1.2. - ALIBORI à la Route KANDI-BANIKOARA

1.2.1. - Débits

La station contrôle un bassin de 8 150 km². Son intérêt, pour la présente étude, est de fournir une série relativement longue de débits : des années hydrologiques 1952-53 à 1966-67, soit quinze ans à peu près complets. Les résultats seront utilisés entre autres pour estimer la variance des modules de la MEKROU.

Il suffit, pour cette station, de fournir les débits moyens mensuels et annuels (tableau IV) et les débits caractéristiques (tableau V).

1.2.2.- Pluviométrie

Il n'y a pas de poste pluviométrique à l'intérieur du bassin, mais ce dernier est entouré de très près par les stations de KANDI (N-E), BIMBEREKE (S-E) et KOUANDE (S-W), auxquelles la décomposition de Thiessen attribuerait respectivement les coefficients de pondération suivants : 0,39, 0,44 et 0,17. En fait, les relevés de KOUANDE ne sont pas plus efficaces pour l'ALIBORI que pour la MEKROU. L'analyse a montré que le meilleur indice pluviométrique se construit en adoptant les relevés de NATTITINGOU (0,3), BIMBEREKE (0,5) et KANDI (0,2) ; les chiffres entre parenthèses sont les coefficients de pondération attribués aux différents postes.

- TABLEAU IV -

L'ALIBORI à la Route de KANDI-BANIKOARA

- (8 150 km²) -

Débits moyens mensuels et annuels - (m³/s)

Année	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	Mod.
1952-53	0	0	2,98	22,0	107	87	4,92	1,03	((0,5))	((0,1))	0	0	18,8
1953-54	16,3	20,5	86	125	280	74	6,19	1,08	0,65	0,23	0,01	0	51,1
1954-55	33,9	7,08	10,9	92	216	60,7	4,77	0,66	0,23	0,32	0	0	35,6
1955-56	0,88	1,70	69	317	267	175	10,9	1,07	0,52	0,22	0	0	71
1956-57	0	6,37	29,7	128	187	99	4,67	0,47	0,40	0,10	0	0	38,2
1957-58	8,42	25,1	31,4	276	407	113	7,23	2,97	1,10	0,39	0,15	0,49	73
1958-59	2,25	2,17	2,59	4,80	36,4	11,2	1,27	0,23	0	0	0	0	5,08
1959-60	2,63	5,45	15,1	51	320	70	(2,86)	(0,65)	((0,15))	0	0	0	39,1
1960-61	2,01	5,66	23,6	99	296	126	7,85	1,28	0	0	0	0	46,8
1961-62	0	1,89	24,0	52	201	24,8	3,13	0,65	0	0	0	0	25,6
1962-63	3,25	9,26	67	285	405	83	5,72	2,23	0,69	0,14	0	0	72
1963-64	0	3,65	21,6	157	178	67	7,31	2,50	0,70	0	0	0	36,5
1964-65	0	1,64	7,27	126	166	18,1	3,31	((1,05))	((0,25))	0	0	0	27,0
1965-66	3,94	3,32	20,8	107	189	24,8	3,22	((1,15))	((0,25))	0	0	0	29,5
1966-67	0	2,93	8,30	32,3	180	92	5,75	(1,66)	((0,40))	((0,1))	0	0	26,9
Moyenne:	4,90	6,45	28,0	108	229	75	5,27	1,24	0,39	0,10	0,01	0,03	38,2

- TABLEAU V -

L'ALIBORI à la Route de KANDI-BANIKOARA

Débits caractéristiques - (m³/s)

Année	Etiage absolu (m ³ /s)	Débits caractéristiques					Crue	
		DCE	DC 9	DC 6	DC 3	DCC	Maximum	Date
1952-53	0	0	0	1,0	8,3	178	221	9-10
1953-54	0	0	0,35	1,8	63	342	529	3-9
1954-55	0	0	0,32	3,0	30	251	381	9-9
1955-56	0	0	0,41	1,15	79	398	464	22-8
1956-57	0	0	0	0,65	45	235	286	19-9
1957-58	0	0	0,58	4,5	51	474	519	8 et 9-9
1958-59	0	0	0	1,4	2,9	60	142	20-9
1959-60	0	0	0	2,7	9,5	357	485	19-9
1960-61	0	0	0	2,6	30	365	422	26-9
1961-62	0	0	0	0,45	8,1	264	434	16-9
1962-63	0	0	0,49	3,2	90	516	685	3-9
1963-64	0	0	0	2,8	22	244	271	20-8
1964-65	0	0	0	1,0	6,3	219	298	19-8
1965-66	0	0	0	2,35	11,3	258	331	3-9
1966-67	0	0	0	2,6	10,2	240	363	18-9

1.3. - La TAPOA au W

1.3.1. - Débits

La station, 12°28' de latitude Nord et 2°25' de longitude Est, contrôle un bassin de 5 330 km². Ce bassin, orienté d'abord WNW à EES puis de SW à NE, est très allongé et comporte une superficie importante de zones marécageuses ; les pertes par évaporation sont énormes au point que l'écoulement constitue une très faible partie des précipitations.

Un étalonnage satisfaisant est obtenu au moyen de quinze jaugeages effectués pour des débits compris entre 0,069 et 17,9 m³/s ; on en trouvera la liste complète sur le tableau VI. La courbe d'étalonnage est tracée sur le graphique 2. La cassure correspond à la nature particulière de la section (radier et buse).

Les débits journaliers observés sont donnés en annexe. On dispose de quatre années pratiquement complètes. Les tableaux VII et VIII groupent les débits moyens mensuels et annuels observés, ainsi que les débits caractéristiques.

1.3.2. - Pluviométrie

Seul le poste de DIAPAGA, situé dans le bassin, approximativement en son milieu, a été utilisé pour l'étude de la TAPOA. On aurait pu être tenté d'utiliser également KANTCHARI ; l'analyse montre qu'il vaut mieux s'en dispenser.

1.4. - Le GOROUBI à DIONGORE

1.4.1. - Débits

La station, 12°57' de latitude Nord et 2°16' de longitude Est, contrôle un bassin de 15 350 km². Ce bassin, orienté Ouest-Est, est également très allongé. Comme celui de la TAPOA, il comporte de vastes zones marécageuses, et il faut s'attendre à un déficit d'écoulement voisin de la pluviométrie.

L'étalonnage est obtenu au moyen de dix-neuf jaugeages effectués pour des débits compris entre 0,014 et 73 m³/s, dont la liste figure sur le tableau IX. La courbe d'étalonnage est tracée sur le

- TABLEAU VI -

JAUGEAGES EFFECTUES

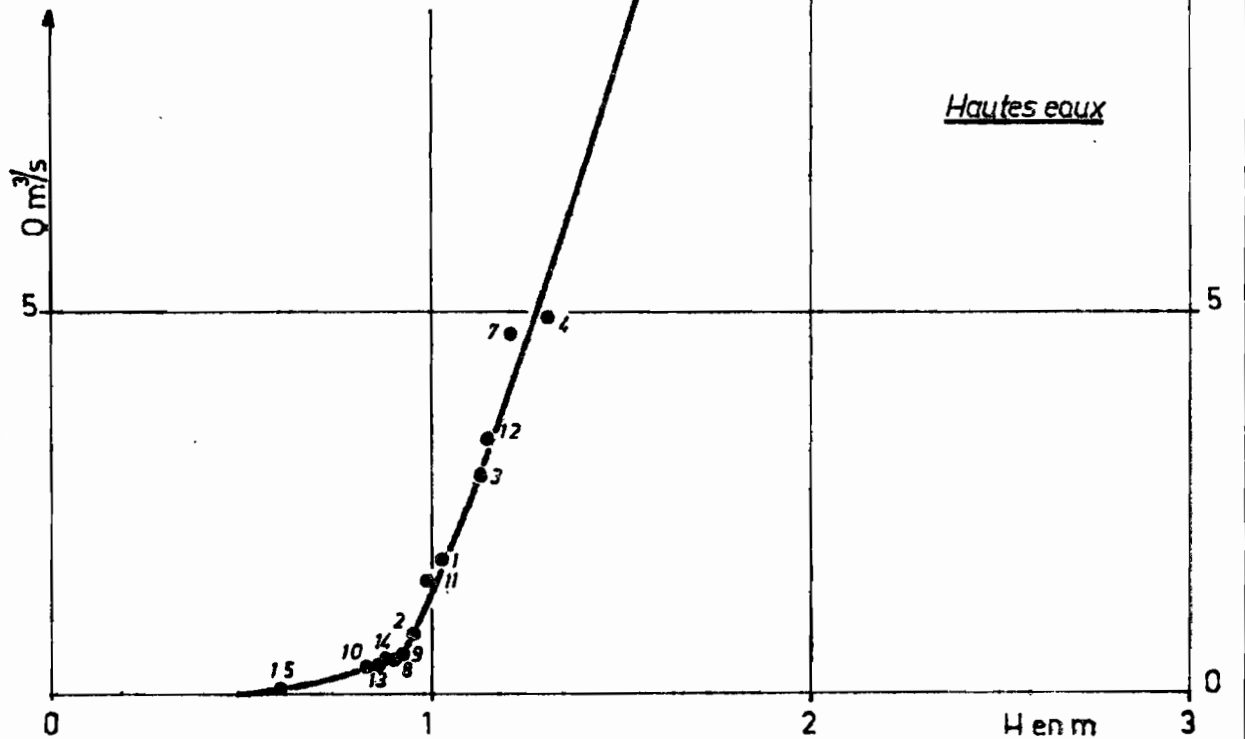
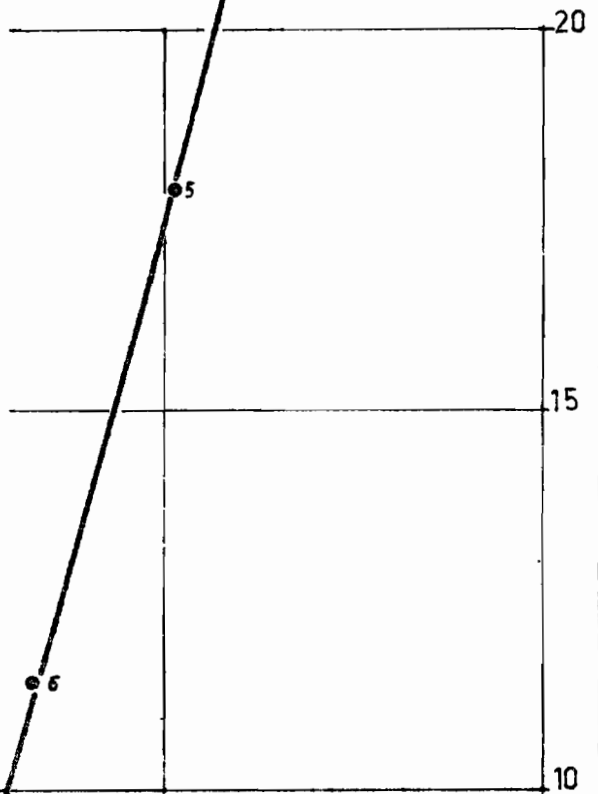
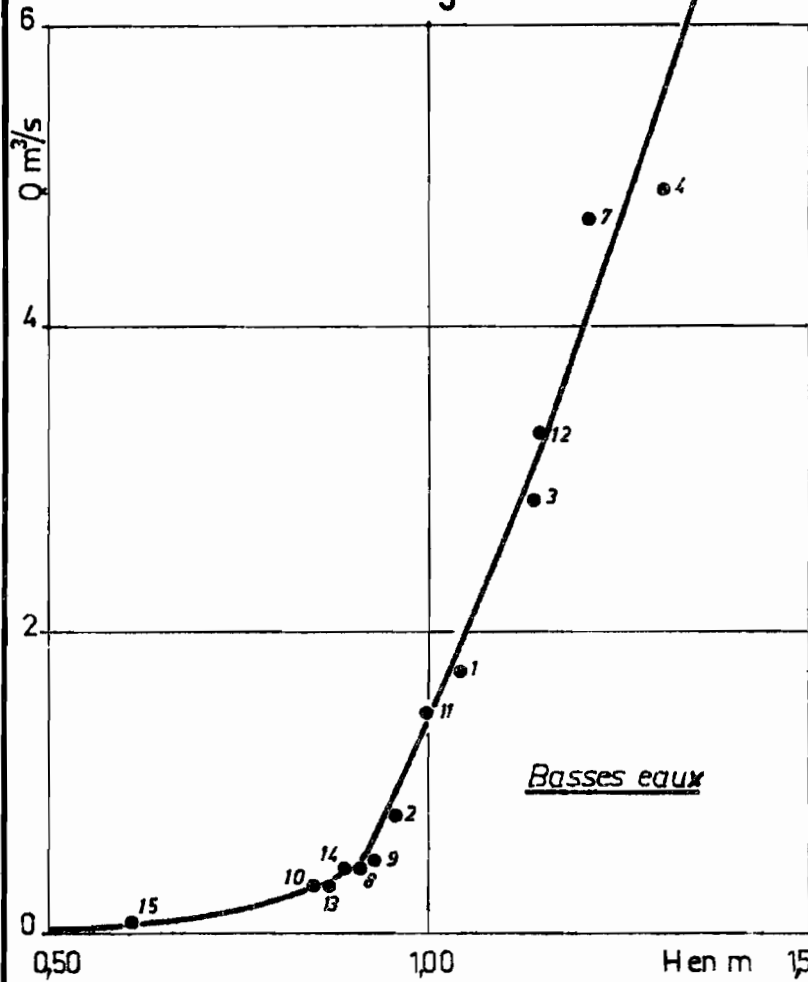
sur la TAPOA au W

- (5 330 km²) -

N°	Date	H (cm)	Q (m ³ /s)
1	31- 7-63	104	1,73
2	14- 8-63	096	0,796
3	24- 7-64	114	2,87
4	16- 8-64	131	4,92
5	19- 9-64	203	17,9
6	15-10-64	166	11,4
7	27-10-64	121	4,72
8	13-11-64	091	0,430
9	25- 6-65	093	0,495
10	14- 7-65	084	0,320
11	12- 8-65	100	1,48
12	13- 8-65	115	3,31
13	13- 7-66	087	0,337
14	29-10-66	0895	0,426
15	9-12-66	061	0,069

TAPOA au W
Courbes de tarage

Gr: 2



1 à 2 1963
3 à 8 1964
9 à 12 1965
13 à 15 1966

- TABLEAU VII -

La TAPOA au W
- (5 330 km²) -

Débits moyens mensuels et annuels - (m³/s)

Année	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	Module
1963-64	0,09	0,18	0,51	1,33	0,95	0,24	0,11	0,05	0	0	0	0	0,28
1964-65	0,21	0,27	1,69	5,81	13,2	11,1	0,60	0,17	0,07	0	0	0	2,76
1965-66	0	0,09	0,84	2,15	2,45	0,89	0,30	0,13	0,06	0	0	0	0,58
1966-67	0	0	0,41	1,62	1,25	0,61	0,47	(0,24)	(0,11)	(0,05)	0	0	0,40
Moyenne	0,07	0,13	0,86	2,73	4,46	3,21	0,37	0,15	0,06	0,01	0	0	1,00

- TABLEAU VIII -

La TAPOA au W

Débits caractéristiques - (m³/s)

Année	Etiage absolu (m ³ /s)	Débits caractéristiques					Crue	
		DCE	DC 9	DC 6	DC 3	DCC	Maximum	Date
1963-64	0	0	0	0,10	0,82	2,12	2,86	1-9
1964-65	0	0	0	0,24	4,05	19,6	24,0	29-9
1965-66	0	0	0	0,10	0,72	2,73	7,86	9-8
1966-67	0	0	0	0,12	0,48	2,86	4,20	12-7

- TABLEAU IX -

JAUGEAGES EFFECTUES sur
le GOROUBI à DIONGORE

- (15 350 km²) -

N°	Date	H (cm)	Q (m ³ /s)
1	9- 8-62	141	7,72
2	29-11-62	050	0,352
3	31- 7-63	062	1,14
4	14- 8-63	114	5,69
5	13- 9-63	159	9,83
6	21-10-63	156	9,48
7	19- 9-64	304	73
8	17-10-64	257	41,7
9	26-10-64	220	29,0
10	12-11-64	160	11,3
11	19-11-64	127	6,63
12	1-12-64	046	0,716
13	24- 6-65	099	4,36
14	14- 7-65	131	7,56
15	30- 7-65	064	
16	12- 8-65	081	3,85
17	21-10-66	155	12,7
18	27-10-66	162	14,5
19	9-12-66	014	0,014

graphique 3. En 1966, on a dû utiliser une courbe différente de celle des années précédentes.

Les débits journaliers observés sont donnés en annexe. On dispose de six années d'observation plus ou moins incomplètes. Les tableaux X et XI regroupent les débits moyens mensuels et annuels observés, ainsi que les débits caractéristiques.

1.4.2. - Pluviométrie

On a retenu les stations pluviométriques suivantes :

NIAMEY	observé	depuis	1905
SAY	"	"	1922
FADA N'GOURMA	"	"	1920
DIAPAGA	"	"	1930

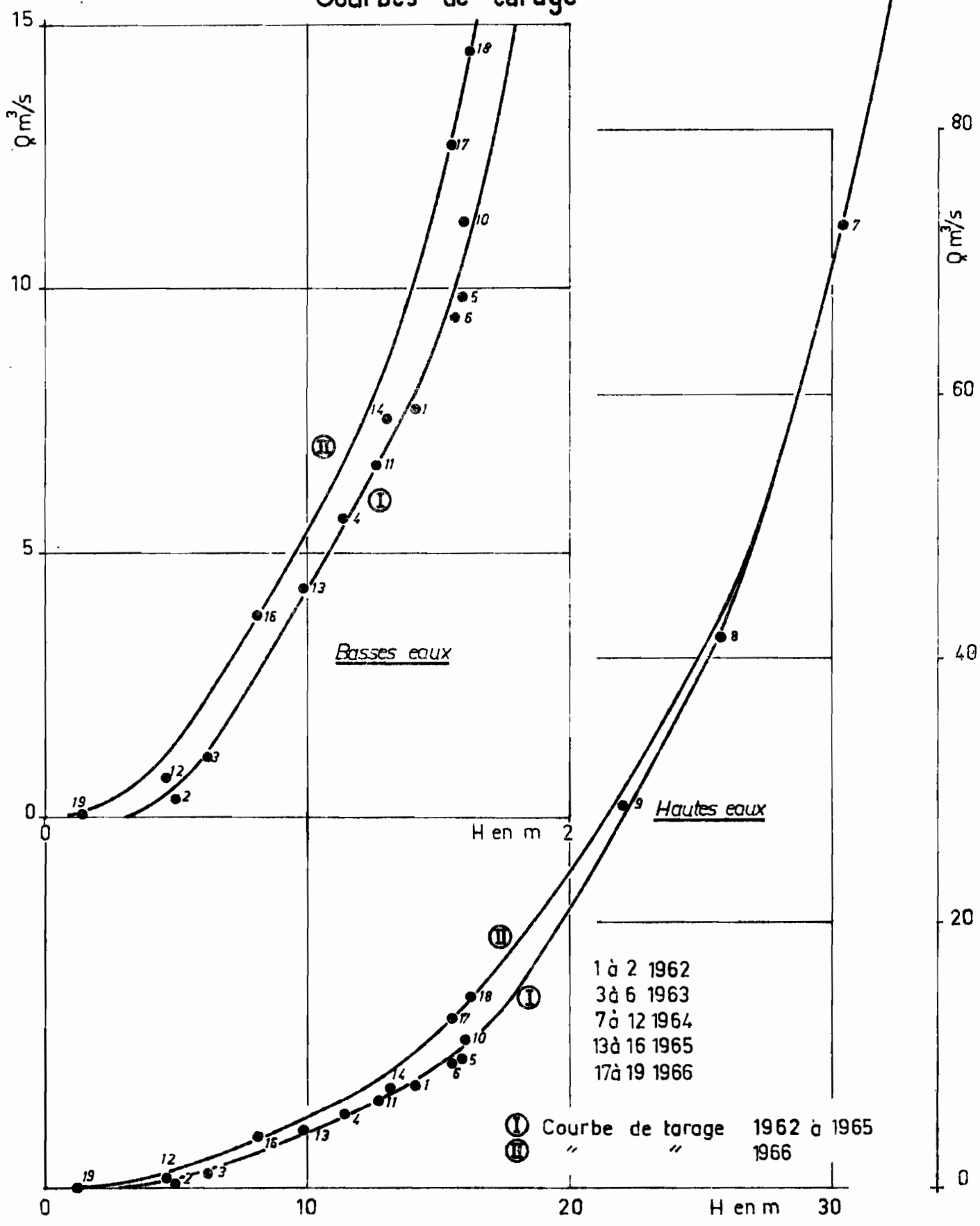
La station de KANTCHARI, observée depuis seulement 1944, n'a pas été prise en considération pour différentes raisons. Si l'on s'en tient aux stations citées, les coefficients de pondération obtenus par la décomposition de Thiessen sont respectivement : 0,20 - 0,15 - 0,35 - 0,20.

2 - CARACTERISTIQUES HYDROLOGIQUES UTILES AUX DIFFERENTS SITES

Les sites envisagés pour d'éventuels aménagements sont situés sensiblement au droit des stations de jaugeages. On admettra, en conséquence, que les résultats figurant au chapitre 1 de cette note sont directement utilisables.

GOROUBI à DIONGORE

Courbes de tarage



- TABLEAU X -

Le GOROUBI à DIONGORE
- (15 350 km²) -

Débits moyens mensuels et annuels - (m³/s)

Année	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	Module
1962-63	0			(12,9)	99	32,1	5,43	0,11	0	0	0	0	(12,9)
1963-64	0			5,26	11,5	(13,0)	(1)	0	0	0	0	0	(4,0)
1964-65	0	(2,01)	3,30	20,4	81	51	9,05	0,12	0	0	0	0	13,9
1965-66	0	(1,98)	6,55	3,81	18,8	(21,9)	1,18	0	0	0	0	0	(4,55)
1966-67	0	(5,62)	10,8	(6,34)	10,1	14,9	4,95	(0,03)	0	0	0	0	(4,42)
Moyenne	0	2,72	5,33	9,74	44,1	26,6	4,32	0,05	0	0	0	0	7,75

- TABLEAU XI -

Le GOROUBI à DIONGORE

Débits caractéristiques - (m³/s)

Année	Etiage absolu: (m ³ /s)	Débits caractéristiques					Crue	
		DCE	DC 9	DC 6	DC 3	DCC	Maximum	Date
1962-63	0	0	0	0	8,14	116	150	17-9
1963-64	0	0	0	0	1,80	18,0	18,0	30-9 au 10-10
1964-65	0	0	0	0,30	11,6	95	112	2-9
1965-66	0	0	0	0	5,82	31,6	35,2	2 au 4-10
1966-67	0	0	0	0,10	7,40	17,4	28,5	2-7

2.1. - MEKROU (10 500 km²)

2.1.1. - Etude des apports

Afin de tenter une extension des résultats d'autant plus importante que la période d'observation directe des débits est plus courte, on commencera par établir des régressions hydropluviométriques à l'échelle de l'année pour l'ALIBORI. Pour ce faire, on a défini un indice pluviométrique I_A structuré de la façon suivante :

$$\begin{aligned} I_A &= 0,3 \times \text{Pluie annuelle à KANDI} \\ &+ 0,2 \times \text{Pluie annuelle à NATTITINGOU} \\ &+ 0,5 \times \text{Pluie annuelle à BIMBEREKE} \end{aligned}$$

Cette distribution est assez différente de celle que donnerait la décomposition de Thiessen, mais elle fournit de meilleurs résultats. Le même indice a été utilisé pour les régressions concernant les modules de la MEKROU. Les résultats sont portés sur le tableau XII avec, en regard, pour les années d'observations communes, les modules de l'ALIBORI et ceux de la MEKROU.

Le coefficient de corrélation, entre I_A et les modules de l'ALIBORI, est égal à 0,853. Si on désigne par Y le module de l'ALIBORI, par X la variable I_A , on trouve, sur les quinze années d'observations communes, les moyennes interannuelles et les écarts-types suivants :

$$\begin{aligned} \bar{Y} &= 39,8 \text{ m}^3/\text{s} & , & & s_Y &= 20,0 \text{ m}^3/\text{s} \\ \bar{X} &= 1\ 270 \text{ mm} & , & & s_X &= 209 \text{ mm} \end{aligned}$$

L'équation de régression est :

$$Y = 39,8 - 0,082 (1\ 270 - X)$$

en supposant que les répartitions de X et Y soient approximativement normales. La droite correspondante est tracée sur le graphique 4, sur lequel sont reportés également les points observés du couple (X, Y) .

Le coefficient de variation relatif aux modules de l'ALIBORI a une valeur :

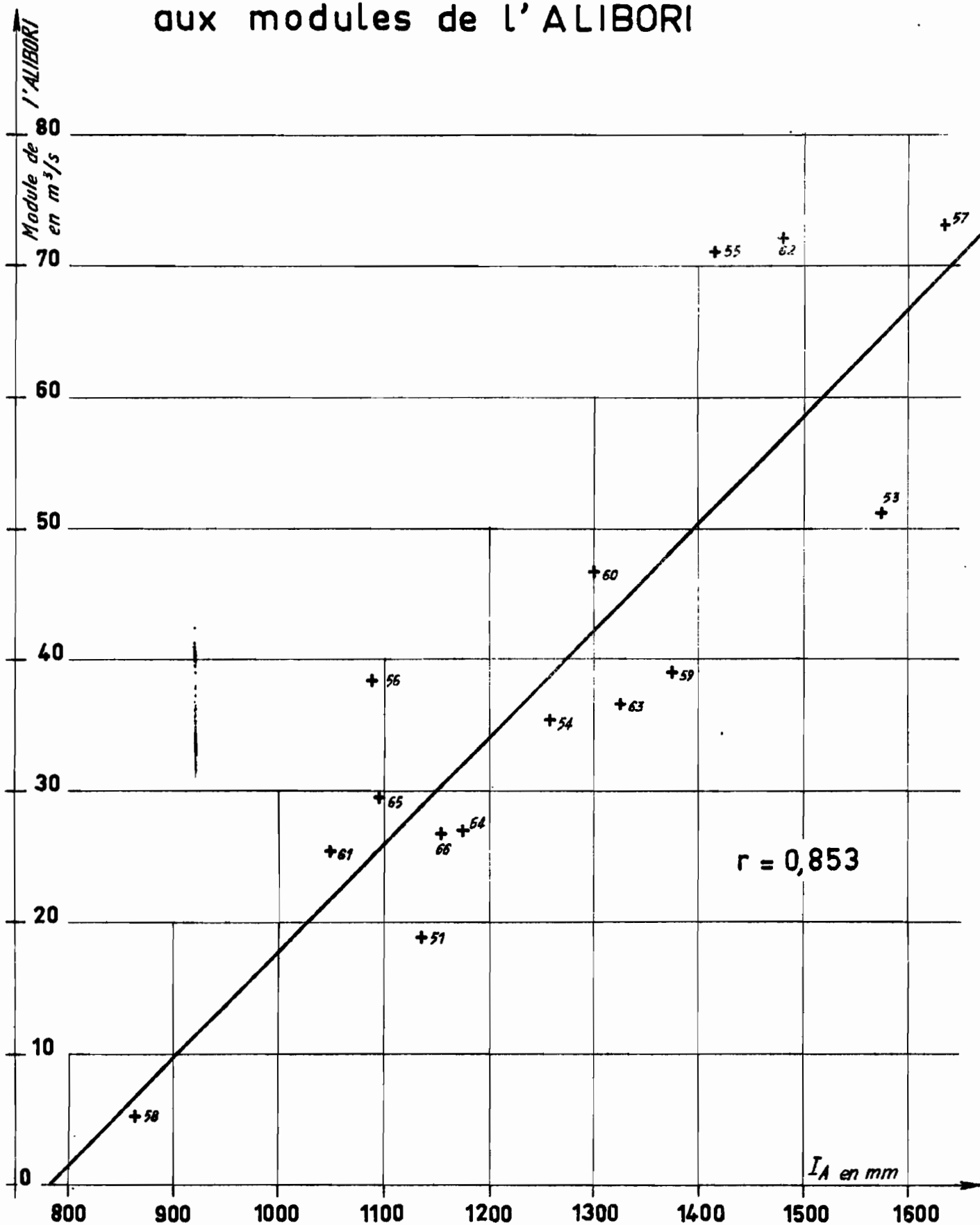
$$C_Y = 0,503$$

- TABLEAU XII -

Année	I _A (mm)	Année	I _A (mm)	Module ALIBORI (m ³ /s)	Module MEKROU (m ³ /s)
1922	1 072	1945	1 145		
23	1 038	46	1 113		
24	1 386	47	1 306		
		48	1 259		
1925	1 407	49	1 148		
26	979				
27	1 311	1950	1 098		
28	1 257	51	1 607		
29	1 493	52	1 134	18,8	
		53	1 573	51,1	
1930	1 274	54	1 258	35,6	
31	1 108				
32	1 050	1955	1 413	71	
33	1 270	56	1 092	38,2	
34	1 247	57	1 634	73	
		58	866	5,1	
1935	1 308	59	1 372	39,1	
36	984				
37	1 012	1960	1 300	46,8	
38	1 095	61	1 048	25,6	22,6
39	1 326	62	1 479	72	51,7
		63	1 322	36,5	
1940	1 201	64	1 302	27,0	37,0
41	1 104				
42	1 053	1965	1 095	29,5	21,3
43	1 056	66	1 157	26,9	27,0
44	1 156				

Régressions hydropluviométriques relatives aux modules de l'ALIBORI

Gr: 4



Le coefficient de corrélation entre les modules de la MEKROU, représentés par la variable Z, et l'indice I_A , est de 0,989. C'est une valeur très élevée mais il ne faut pas oublier qu'elle a été calculée à partir de cinq couples seulement ; elle est hautement significative puisqu'elle a moins d'une chance sur cent d'être dépassée par hasard, mais son taux d'efficacité est évidemment moindre que celui du coefficient 0,853 de l'ALIBORI, calculé sur quinze ans d'observations.

L'équation de régression de Z en X est la suivante, toujours en supposant les distributions normales :

$$Z = 31,9 - 0,071 (1\ 216 - X) \quad (\text{Graphique 5})$$

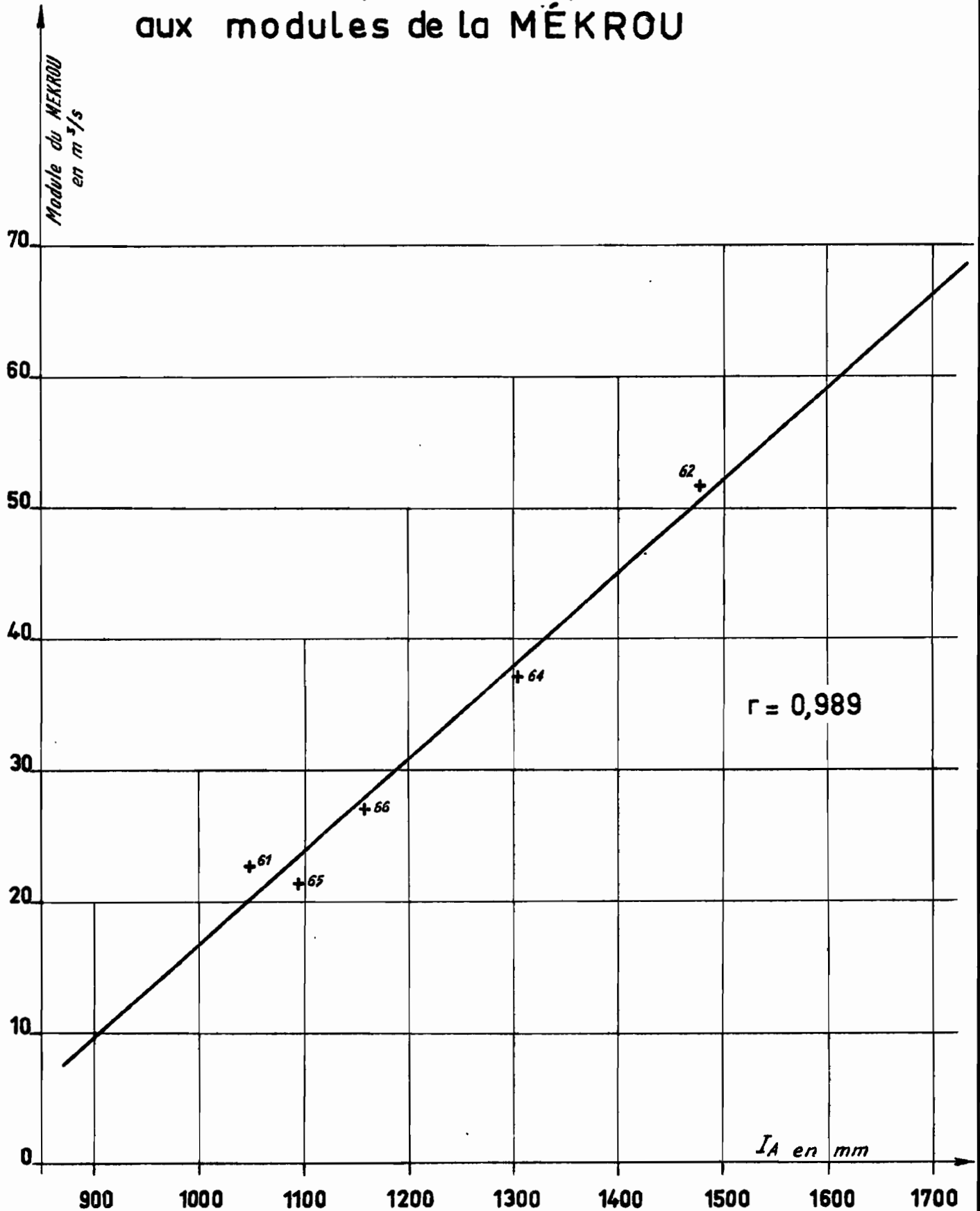
L'écart-type, calculé sur les cinq ans d'observation directe de Z, a une valeur de 12,6 m³/s. L'estimation de Z moyen, compte tenu des observations pluviométriques, ressort à 32,3 m³/s, valeur peu éloignée de l'estimation directe de 31,9 m³/s. On a au moins cette chance que, si la période d'observations est courte, les années qui la composent soient bien réparties en hydraulicité. La représentativité de cette répartition est confirmée par les estimations de l'écart-type.

En effet, la relation de régression estimée étant voisine d'une relation fonctionnelle, on peut admettre que s_Z estimé sur la période pluviométrique est voisin de $0,071 s_X$; or, la valeur de s_X estimée sur les 45 ans de relevés pluviométriques est de 176 mm, pratiquement égale à la valeur de s_X estimée sur les 5 ans d'observations communes (175 mm). Dans ces conditions, la nouvelle valeur de s_Y serait de 12,5 m³/s, pratiquement égale aux 12,6 m³/s avancés ci-dessus.

Ces circonstances sont favorables à une estimation pas trop imprécise des paramètres de la distribution. Toutefois, on sait que les variances propres des écarts-types sont plus fortes en pourcentage que celles des moyennes. C'est pourquoi, malgré la valeur élevée du coefficient de corrélation (Z, I_A), il a paru préférable de chercher un autre mode d'estimation de cet écart-type, en se fixant comme règle de retenir le résultat le plus défavorable, c'est-à-dire l'écart-type le plus fort.

On a vu que le coefficient de variation des modules de l'ALIBORI, estimé d'après les 15 ans d'observation, est d'environ 0,50. Les bassins de l'ALIBORI et de la MEKROU étant adjacents, soumis à des régimes pluviométriques très semblables et réagissant de manière analogue, on peut penser que les coefficients de variation concernant leurs modules respectifs ont des valeurs pas tellement différentes.

Régressions hydropluviométriques relatives Gr: 5 aux modules de la MÉKROU



Or, si l'on admet $C_v = 0,50$ pour la MEKROU, on obtient un écart-type d'environ $16 \text{ m}^3/\text{s}$, valeur nettement supérieure à celle de $12,5 \text{ m}^3/\text{s}$ trouvée par d'autres considérations.

Nous conseillerons assez vivement de s'en tenir à la valeur la plus forte estimée pour l'écart-type, en attendant que des observations supplémentaires permettent une estimation plus précise, d'autant plus que l'estimation du module moyen, malgré l'excellence de la corrélation, est elle-même sujette à caution. Nous hésitons à appliquer, avec cinq ans d'observation des débits, les règles habituelles du calcul des intervalles de confiance.

Avec les résultats ainsi admis, on obtient les valeurs suivantes des quantiles :

Module moyen	:	32,3	m^3/s
Module quinquennal sec	:	18,9	m^3/s
Module décennal sec	:	11,8	m^3/s
Module de 20 ans sec	:	6,1	m^3/s

Si l'on doit descendre à l'échelle des débits moyens mensuels, on pourra utiliser les coefficients de débits mensuels. La période d'observation des débits fournit un échantillon de cinq répartitions mensuelles. Les valeurs des coefficients (rapports des débits moyens mensuels aux modules) sont données, arrondies à deux décimales, dans le tableau XIII.

- TABLEAU XIII -

COEFFICIENTS de DEBITS MENSUELS de la MEKROU

	M:	J:	J:	A:	S:	O:	N:	D:	J:	F:	M:	A:
:	0,08	0,90	2,52	5,54	2,54	0,38	0,04	0	0	0	0	0
:	0,11	0,55	1,67	6,10	2,72	0,60	0,20	0,04	0,01	0	0	0
:	0,13	0,78	2,32	6,20	2,04	0,44	0,08	0,01	0	0	0	0
:	0,12	0,30	1,67	6,90	2,14	0,61	0,18	0,05	0,03	0	0	0
:	0,19	0,78	1,95	4,00	3,84	0,97	0,22	0,05	0	0	0	0
Moy.	0,13	0,66	2,03	5,75	2,66	0,60	0,14	0,03	0	0	0	0

La répartition semble totalement indépendante de la valeur du module. On pourra donc se fixer les règles d'emploi suivantes :

- Pour les modules extrapolés à l'aide de l'indice I_A ou pour un échantillonnage au hasard tiré de la loi de distribution statistique : effectuer, pour chaque module trouvé, un tirage au sort parmi les cinq formes de répartition mensuelle observées.

- Pour une application à un module de fréquence donnée, tiré de la loi statistique : utiliser la répartition moyenne indiquée en bas du tableau XIII.

Remarque : Il ne faudrait pas descendre trop bas dans la gamme des fréquences sèches avec l'hypothèse gaussienne. D'une part, la distribution des indices pluviométriques est légèrement dissymétrique, comme le montre le graphique 6, d'autre part, la régression (module de la MEKROU, I_A) n'est peut-être pas, vers les très faibles valeurs du débit, aussi linéaire que le laisse supposer le graphique 5.

Il est donc probable que les valeurs données pour les modules de vingt ans et peut-être même décennal sont légèrement sous-estimées. L'application de la loi normale à des fréquences plus rares conduirait sans aucun doute à des sous-estimations prohibitives.

2.1.2. - Etude des crues

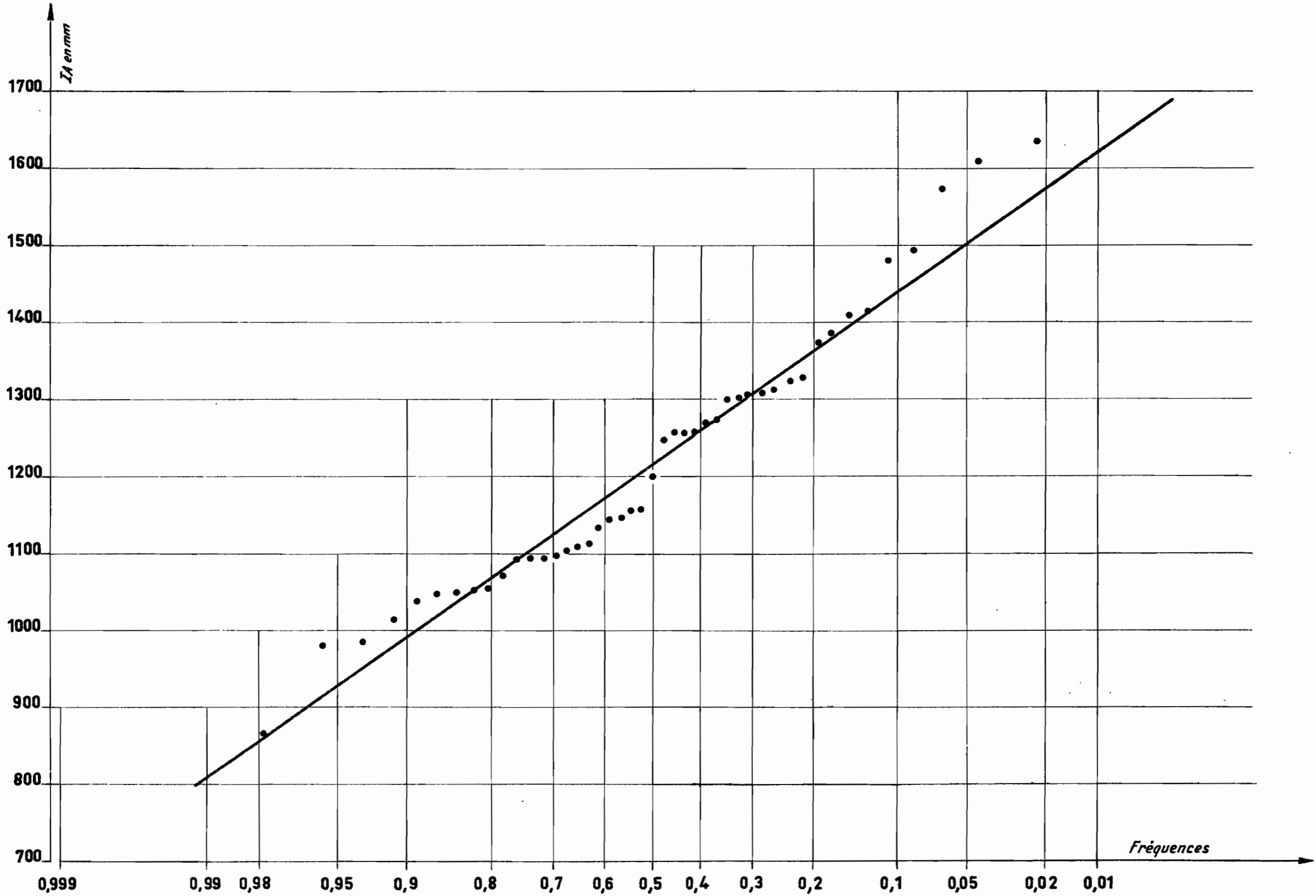
Le tableau XIV récapitule les crues observées dans la région de 1961 à 1966. Bien qu'il existe une certaine corrélation entre les maximums annuels de la MEKROU et ceux de l'ALIBORI, celle-ci est insuffisante pour permettre une extension efficace des observations de la MEKROU. D'autre part, cette extension ne pourrait porter que sur les quinze ans d'observations de l'ALIBORI. On a cherché à relier les crues de la MEKROU à la pluviométrie par des régressions simples de manière à tenter une extension aux quarante-cinq ans de relevés de pluie disponibles.

On ne pouvait se permettre, dans une étude relativement sommaire, de mettre au point un modèle mathématique permettant de reproduire les crues à partir des pluies journalières. L'étude qui va être présentée montre du reste qu'on peut très bien, pour les besoins du projet, se passer d'un tel modèle.

La méthode utilise les propriétés du bassin de la MEKROU : forme très allongée favorable à un étalement relatif des crues, étant entendu que son orientation, sensiblement Sud-Nord, lui interdit pratique-

Répartition statistique des indices IA

Gr:6



- TABLEAU XIV -

CRUES OBSERVEES - (m³/s)

		MEKROU (10 500 km ²)	ALIBORI (8 150 km ²)	TAPOA (5 330 km ²)	GOROUBI (15 350 km ²)
1961	Q Date	190 21-9	434 16-9		
1962	Q Date	407 20-9	685 3-9		150 17-9
1963	Q Date		271 20-8	2,86 1-9	18,0 30-9 au 10-10
1964	Q Date	281 19 et 20-9	298 19-8	24,0 29-9	112 2-9
1965	Q Date	190 7-9	331 3-9	7,86 9-8	35,2 2 à 4-10
1966	Q Date	201 28-9	363 18-9	4,20 12-7	28,5 2-7

ment d'être pris en enfilade par une tornade. On remarquera également (tableau XIV) que toutes les crues observées se sont produites en Septembre. On peut dès lors concevoir que le débit maximal annuel aura deux facteurs conditionnels principaux :

- préparation du terrain et constitution des réserves par les pluies jusqu'en Septembre ;
- pluies de Septembre donnant la touche finale à la crue de l'année.

Cette conception ne peut être efficace que si le laminage des crues dans le bassin lui-même est important.

Les indices pluviométriques représentatifs des facteurs conditionnels cités ont été choisis de la façon suivante :

- Indice ISP (préparation)

$$ISP = 0,3 \sum_{J-A} P \text{ NATTITINGOU} + 0,2 \sum_{J-A} P \text{ KANDI} + 0,5 \sum_{J-A} P \text{ BIMBEREKE.}$$

C'est la moyenne pondérée des totaux pluviométriques tombés de Janvier à Août, respectivement aux stations de NATTITINGOU, KANDI et BIMBEREKE.

- Indice IP

$$IP = 0,3 P_S \text{ NATTITINGOU} + 0,2 P_S \text{ KANDI} + 0,5 P_S \text{ BIMBEREKE.}$$

P_S désigne la pluie tombée en Septembre à la station intéressée.

On dispose alors des données suivantes :

Année	IP (mm)	ISP (mm)	Maximum annuel (m ³ /s)
1961	249	784	190
1962	259	1 145	407
1964	280	965	281
1965	147	921	190
1966	228	871	201

La double régression $Q = R(IP, ISP)$ a été traitée graphiquement par la méthode des résidus. L'analyse montre que ISP doit être considéré comme le facteur principal de la crue, IP intervenant à titre correctif.

Le graphique 7 montre la régression (Q, IP) et le graphique 8 la régression résiduelle (ΔQ , ISP). Si on peut admettre pour la seconde une courbe rectiligne, il semble qu'une forme curviligne s'adapte mieux à la première.

Après intervention du facteur secondaire, ainsi que le montrent les points corrigés du graphique 7, la corrélation est presque parfaite, trop parfaite même car elle pourrait faire illusion sur la précision des résultats. En fait, le nombre de couples observés est trop faible pour que l'on puisse tester la signification de l'ajustement.

Quoi qu'il en soit, et en restant prudent quant à l'interprétation finale, les graphiques 7 et 8 permettent de calculer les maximums annuels de la MEKROU pour la période de quarante-cinq ans couverte par les relevés pluviométriques (tableau XV).

Les résultats du tableau XV ont été classés et pointés sur le graphique 9, les fréquences étant reportées en abscisses gaussiennes. On a essayé d'ajuster à l'échantillon des crues les lois de répartition habituellement utilisées (Pearson III, Goodrich, Gibrat-Gauss, Gumbel). Les trois dernières donnent sensiblement le même résultat mais toutes sous-estiment beaucoup trop les crues de fréquences plus faibles que la décennale. Il a donc été jugé préférable de tracer directement une courbe expérimentale dont l'extrapolation donnerait :

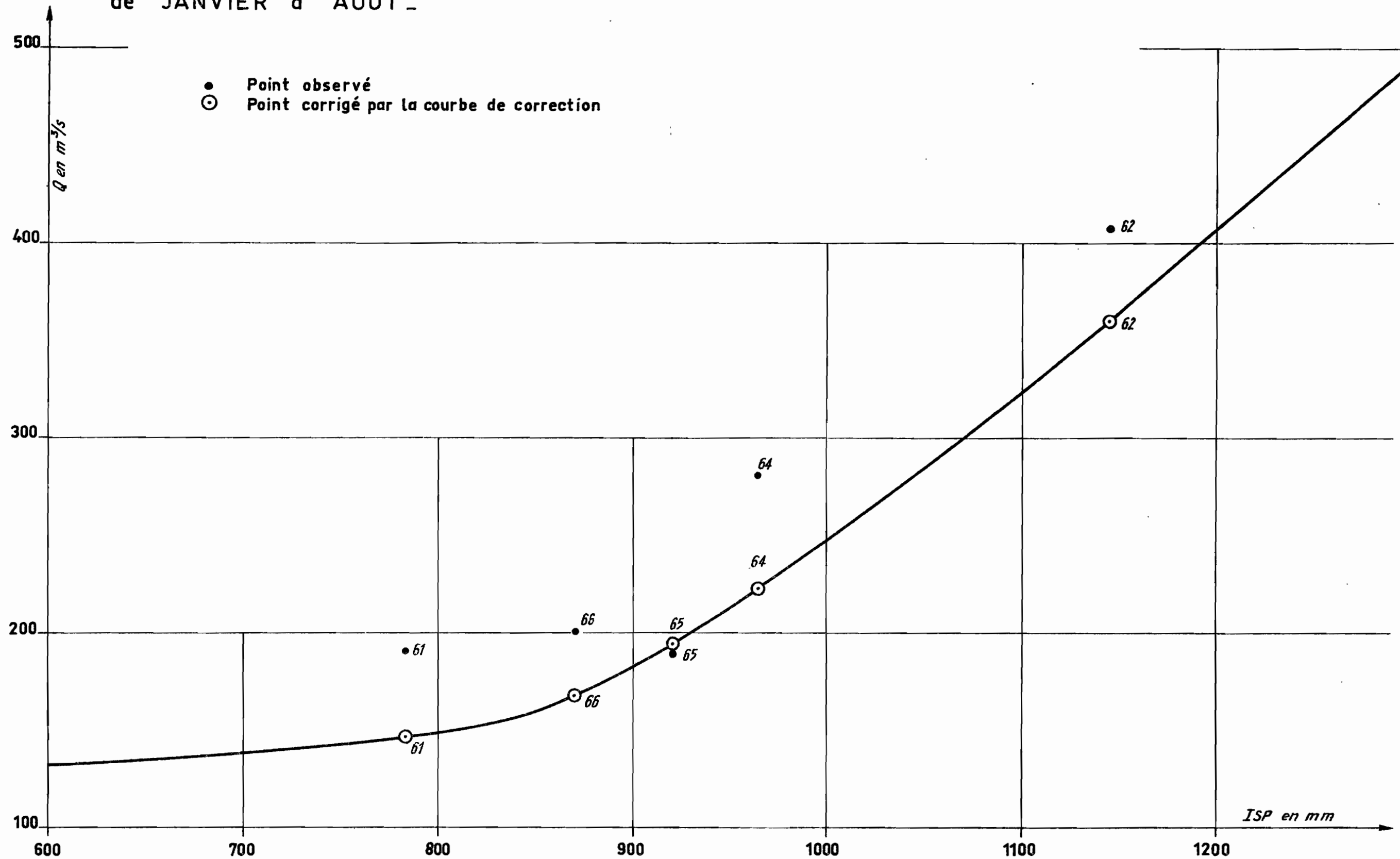
- Crue centenaire : 550 m³/s ;
- Crue millénaire : 700 m³/s.

Dans la mesure où l'on peut se fier aux régressions établies plus haut, la crue décennale est assez bien connue : 370 m³/s. Il faut cependant se méfier de l'apparente excellence des corrélations qu'il n'est pas possible de tester efficacement par suite de la petitesse de l'échantillon des données hydrologiques directes ; de sorte que, si cela ne conduit pas à des dépenses incompatibles avec l'économie du projet, on ne saurait trop conseiller de se prémunir contre un débit instantané exceptionnel de l'ordre de 1 000 m³/s, même si l'extrapolation de la courbe du graphique 9 vers la fréquence dix-millénaire conduit à un débit à peine supérieur à 800 m³/s. Le débit spécifique correspondant est de 95 l/s.km². Le débit spécifique de la crue décennale est de 35 l/s.km².

Crués de la MÉKROU

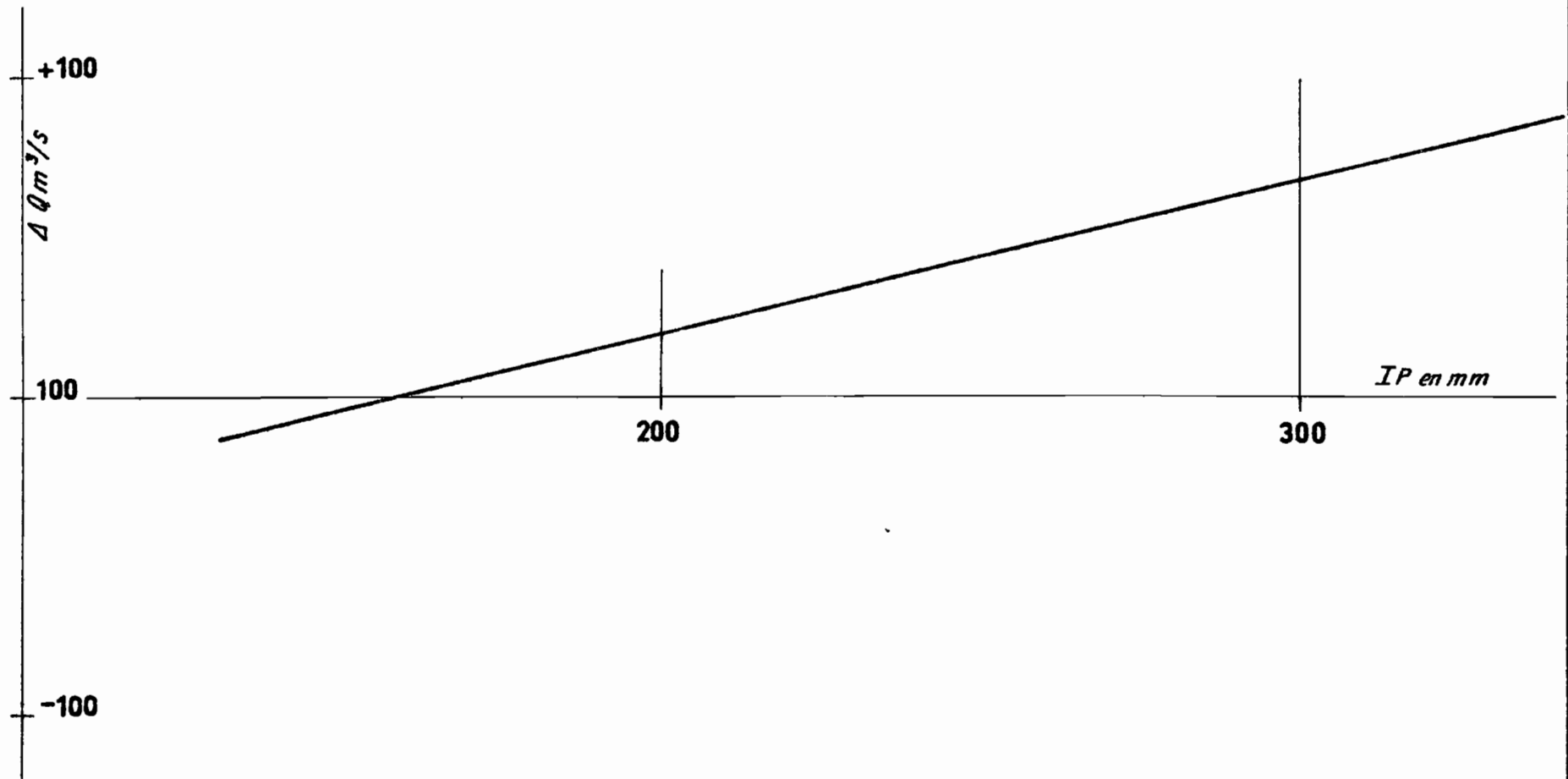
Gr:7

FACTEUR PRINCIPAL : Somme des indices pluviométriques mensuels de JANVIER à AOÛT _



Crues de la MÉKROU

FACTEUR SECONDAIRE : Pluie individuelle de septembre



Gr: 8

ELECTRICITE DE FRANCE. INSPECTION GENERALE POUR LA COOPERATION HORS METROPOLE
C: TUBE AO DATE : 22-2-67 DESSINE : J. Mélaye

NIG - 71.593

- TABLEAU XV -

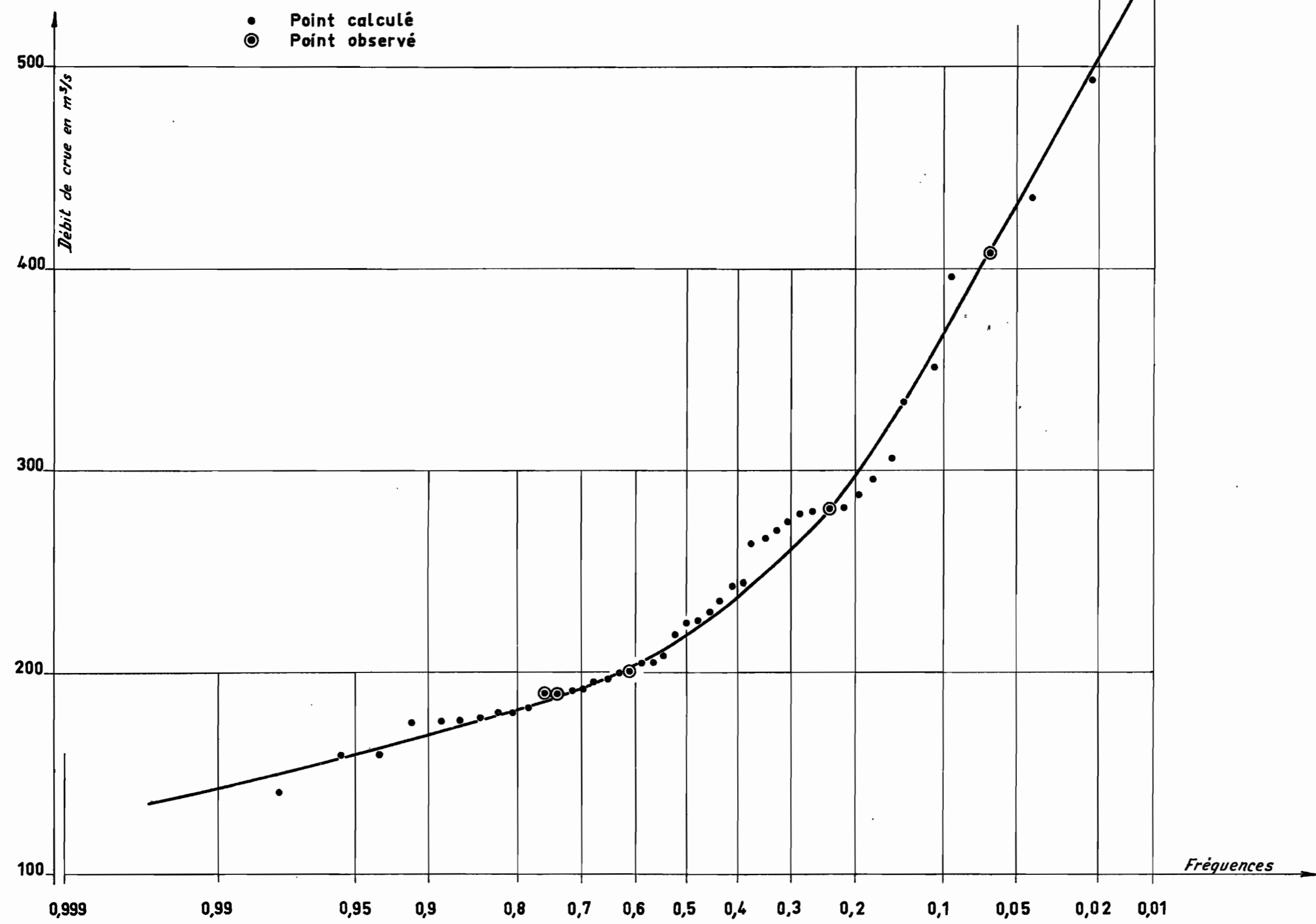
DEBITS MAXIMAUX de la MEKROU

(Extrapolation hydropluviométrique)

Année	IP (mm)	ISP (mm)	Q _{max} (m ³ /s)	Année	IP (mm)	ISP (mm)	Q _{max} (m ³ /s)
1922	247	705	181	1945	260	795	196
23	182	806	160	46	318	592	208
24	391	903	296	47	325	906	265
1925	323	930	279	48	260	988	288
26	217	762	176	49	175	879	180
27	329	806	230	1950	171	879	178
28	211	996	270	51	353	1 073	396
29	252	1 078	351	52	360	687	244
1930	257	890	225	53	369	1 113	435
31	316	764	219	54	272	867	226
32	284	680	197	1955	231	1 032	306
33	250	993	280	56	285	757	204
34	318	868	243	57	322	1 210	493
1935	279	966	282	58	258	547	176
36	159	777	141	59	408	957	338
37	225	731	175	1960	361	870	266
38	234	778	182	61	249	784	190
39	314	853	235	62	259	1 145	407
1940	203	902	205	63	219	997	275
41	224	874	200	64	280	965	281
42	204	695	159	1965	147	921	190
43	271	694	191	66	228	871	201
44	234	840	192				

Les débits observés sont soulignés

Répartition statistique des crues de la MÉKROU Gr:9



2.2. - TAPOA (5 330 km²)

2.2.1. - Etude des apports

Ce qui frappe particulièrement dans le régime de la TAPOA, c'est la faiblesse des apports. Cette faiblesse n'est pas le seul fait d'une pluviométrie peu abondante ; la morphologie du bassin contribue, par les faibles pentes et les nombreux marécages, à des pertes par évaporation tout à fait inhabituelles.

Le seul repère pluviométrique valable pour le bassin est la station de DIAPAGA, observée de 1930 à 1966. On avait pensé également utiliser KANTCHARI, observé depuis 1944 mais, outre que l'homogénéisation s'avérait pratiquement impossible, il est permis d'avoir des doutes sur les relevés effectués à cette dernière station.

Compte tenu de la valeur exceptionnelle de l'évapotranspiration réelle, la répartition de la pluie au cours de l'année n'est pas indifférente. Il est normal que des pluies concentrées favorisent l'écoulement à l'exutoire, tandis que des pluies plus également réparties favoriseront les pertes. Pour tenir compte de la répartition des pluies dans l'année, nous avons introduit notre indice de concentration des pluies mensuelles :

$$C_p = \frac{1}{P} \sqrt{\frac{1}{11} (12 \sum p_i^2 - P^2)}$$

où P désigne le total pluviométrique annuel et p_i la pluie d'un mois donné. Cet indice varie de 0, pour une pluie également répartie (tous les p_i égaux à $P/12$), à 1 pour une pluie concentrée en un mois (tous les p_i nuls sauf un qui est égal à P).

Les paramètres des régressions hydropluviométriques concernant les apports étant ainsi définis, l'information que l'on possède à leur sujet durant la période d'observations communes est groupée ci-après :

Année	Module (m ³ /s)	Pluie à DIAPAGA (mm)	C _p
1963-64	0,28	901	0,324
1964-65	2,76	1 186	0,410
1965-66	0,58	793	0,385
1966-67	0,40	895	0,338

Cette information a été traitée par la méthode des résidus en choisissant comme facteur principal le total pluviométrique annuel à DIAPAGA et comme facteur correctif l'indice de concentration des pluies mensuelles à DIAPAGA.

Les résultats de l'analyse figurent sous forme de courbes sur les graphiques 10 et 11. Les deux relations, celle qui est relative au facteur principal et celle qui concerne le facteur secondaire ou correctif, peuvent, d'après les données disponibles, être considérées comme linéaires et correspondent apparemment à un coefficient de corrélation voisin de 1 si l'on en juge par l'alignement impeccable des points corrigés sur le graphique 10. Mais là encore, il faut se souvenir que la régression ne repose que sur quatre points ; on verra à ce sujet les commentaires faits précédemment pour la MEKROU.

La forme particulière des courbes de régression permet de mettre la régression double $Q = f(P, C_p)$ sous une forme linéaire :

$$Q_{m^3/s} = 0,00465 P_{mm} + 13,5 C_p - 8,30$$

C'est à partir de cette relation qu'ont été calculés les modules de la TAPOA de 1930 à 1966 (tableau XVI). Le module moyen ainsi déterminé est de 0,95 m³/s, du même ordre que le module moyen calculé pour les quatre années d'observations directes (1,00 m³/s). L'écart-type longue période (0,94 m³/s) est à peine inférieur à l'écart-type calculé sur ces mêmes quatre années (1,18 m³/s). On retrouve, pour la TAPOA, des caractéristiques d'hydraulicité analogues à celles de la MEKROU pour les dernières années : représentativité particulièrement marquée de cette période, tant en moyenne qu'en répartition.

On remarque, sur le tableau XVI, un certain nombre de modules nuls, huit exactement, soit un peu plus de 1 tous les cinq ans. C'est approximativement la fréquence qu'imposerait une loi normale présentant les caractéristiques énumérées ci-dessus pour la moyenne et l'écart-type (écart-type voisin de la moyenne). Il est à noter à ce propos que l'extension hydropluviométrique n'est pour rien dans cette affaire, puisque l'écart-type sur courte période est plus grand que sur la longue période et conduit donc à une annulation du débit encore plus fréquente que si l'on se réfère à cette longue période pour calculer l'écart-type, toujours, bien entendu, dans l'hypothèse d'une répartition normale.

Deux questions doivent alors être soulevées : la première se rapporte à l'hypothèse de normalité, la seconde à la signification réelle de la valeur zéro pour un module de la TAPOA.

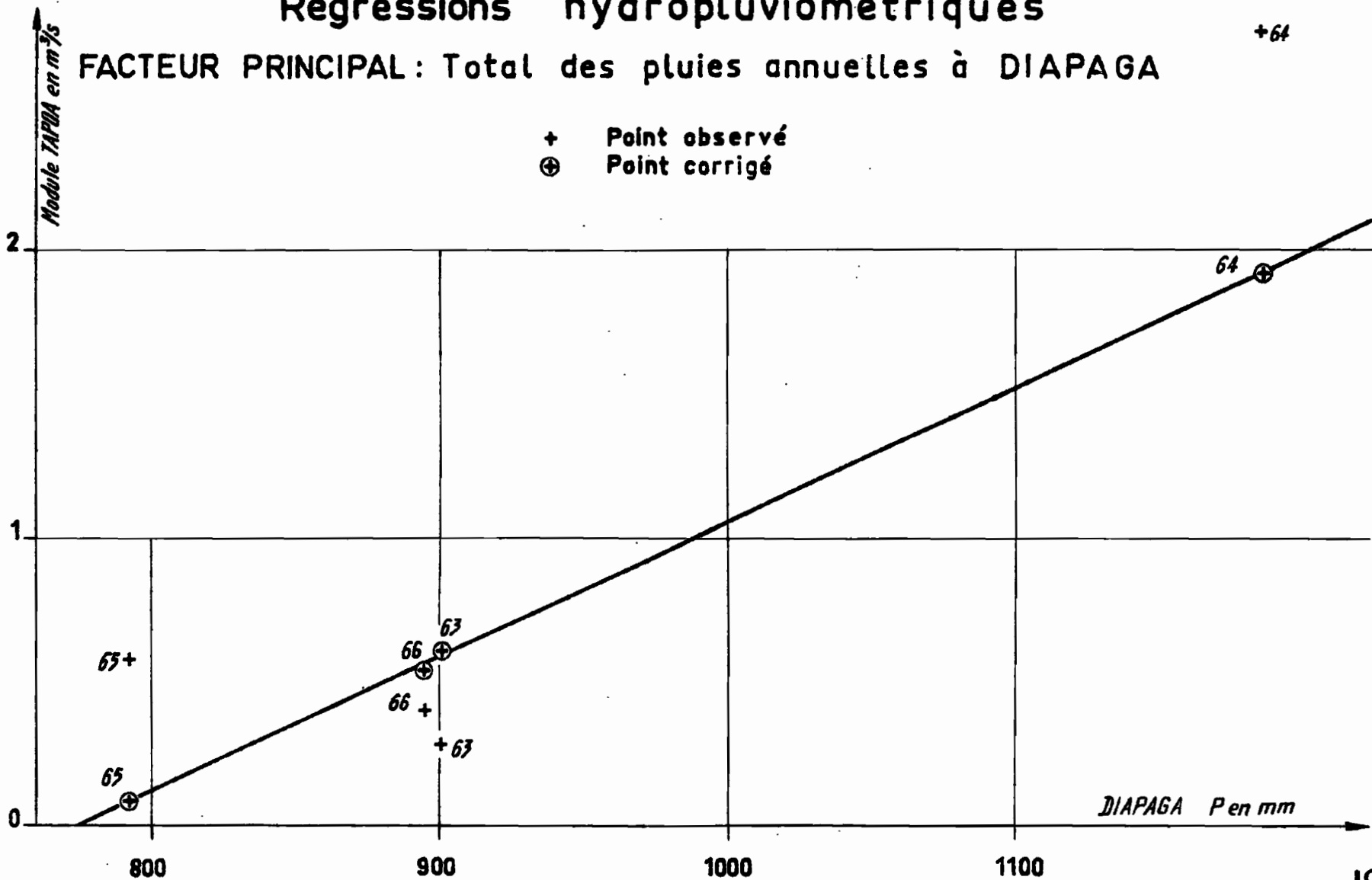
Modules de la TAPOA

Régressions hydropluviométriques

FACTEUR PRINCIPAL: Total des pluies annuelles à DIAPAGA

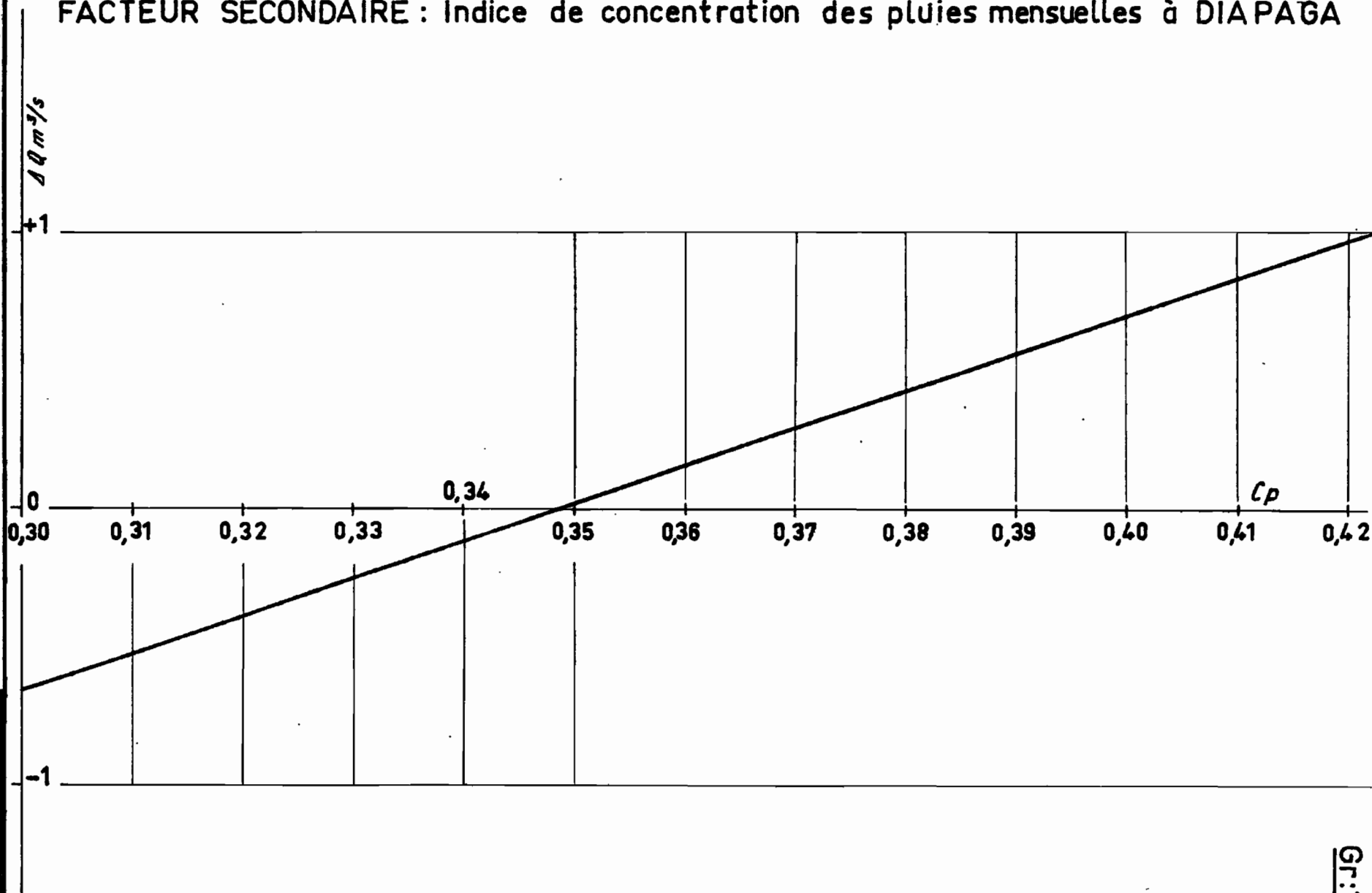
+64

+ Point observé
⊕ Point corrigé



Modules de la TAPOA

FACTEUR SECONDAIRE : Indice de concentration des pluies mensuelles à DIAPAGA



CITURE
ELECTRICITE DE FRANCE INSPECTION GENERALE POUR LA COOPERATION HORS METROPOLE
AO
DATE : 23-2-67
DESSINE : J. Métyer
E

NIG - 71.596

Gr:11

- TABLEAU XVI -

MODULES de la TAPOA

Année	P (mm)	C _p	Q (m ³ /s)	Année	P (mm)	C _p	Q (m ³ /s)
1930-31	827	0,327	0	1950-51	895	0,400	1,26
31-32	1 210	0,347	2,01	51-52	1 049	0,323	0,94
32-33	829	0,310	0	52-53	802	0,395	0,76
33-34	691	0,395	0,25	53-54	907	0,340	0,51
34-35	898	0,525	2,96	54-55	983	0,357	1,09
1935-36	1 315	0,407	3,31	1955-56	865	0,330	0,18
36-37	887	0,385	1,02	56-57	1 021	0,376	1,52
37-38	976	0,401	1,65	57-58	895	0,362	0,75
38-39	924	0,351	0,74	58-59	632	0,361	0
39-40	558	0,360	0	59-60	1 000	0,446	2,37
1940-41	889	0,374	0,88	1960-61	734	0,382	0,27
41-42	907	0,352	0,67	61-62	750	0,413	0,76
42-43	750	0,356	0	62-63	1 076	0,401	2,12
43-44	1 103	0,433	2,67	63-64	901	0,325	<u>0,28</u>
44-45	641	0,393	0	64-65	1 186	0,408	<u>2,76</u>
1945-46	758	0,338	0	1965-66	793	0,385	<u>0,58</u>
46-47	823	0,389	0,78	66-67	895	0,338	<u>0,40</u>
47-48	785	0,359	0,20				
48-49	1 002	0,366	1,30				
49-50	634	0,335	0				

Les débits directement observés sont soulignés dans le tableau

On a reporté sur le graphique 12 la distribution naturelle des modules observés et calculés du tableau XVI. D'après les résultats acquis, on peut avoir, comme on l'a dit plus haut, un débit nul avec une fréquence non nulle ; s'il existe une loi statistique rendant compte de la distribution des modules de la TAPOA, ce devra donc être une loi tronquée. Or, une loi normale ne peut pas se tronquer car elle n'admet pas de borne inférieure finie pour la variable ; ou alors il faut faire une conversion de variable et la loi correspondant à l'argument physique n'est plus normale.

L'allure de la répartition des points sur le graphique 12 suggère l'adoption d'une loi de Pearson III tronquée, soit une loi de la forme :

$$F(x) = F(o) + (1 - F_o) \mathbb{F}(x)$$

$F(x)$ étant la fréquence de non dépassement, ou

$$F_1(x) = F_1(o) \mathbb{F}_1(x)$$

$F_1(x)$ étant la fréquence de dépassement, $F_1(o) = 1 - F(o)$ et, si la fréquence tronquée suit la loi de Pearson III :

$$\mathbb{F}_1(x) = 1 - \frac{1}{\Gamma(\gamma)} \int_0^x e^{-ax} (ax)^{\gamma-1} d(ax)$$

Les paramètres a , γ et F_o peuvent se calculer à partir des trois premiers moments estimés d'après l'échantillon des modules. On a ici :

$$m_1 = 0,95$$

$$m_2 = 1,813$$

$$m_3 = 4,484$$

d'où

$$R_2 = m_2/m_1 = 1,9082$$

$$R_3 = m_3/m_2 = 2,4737$$

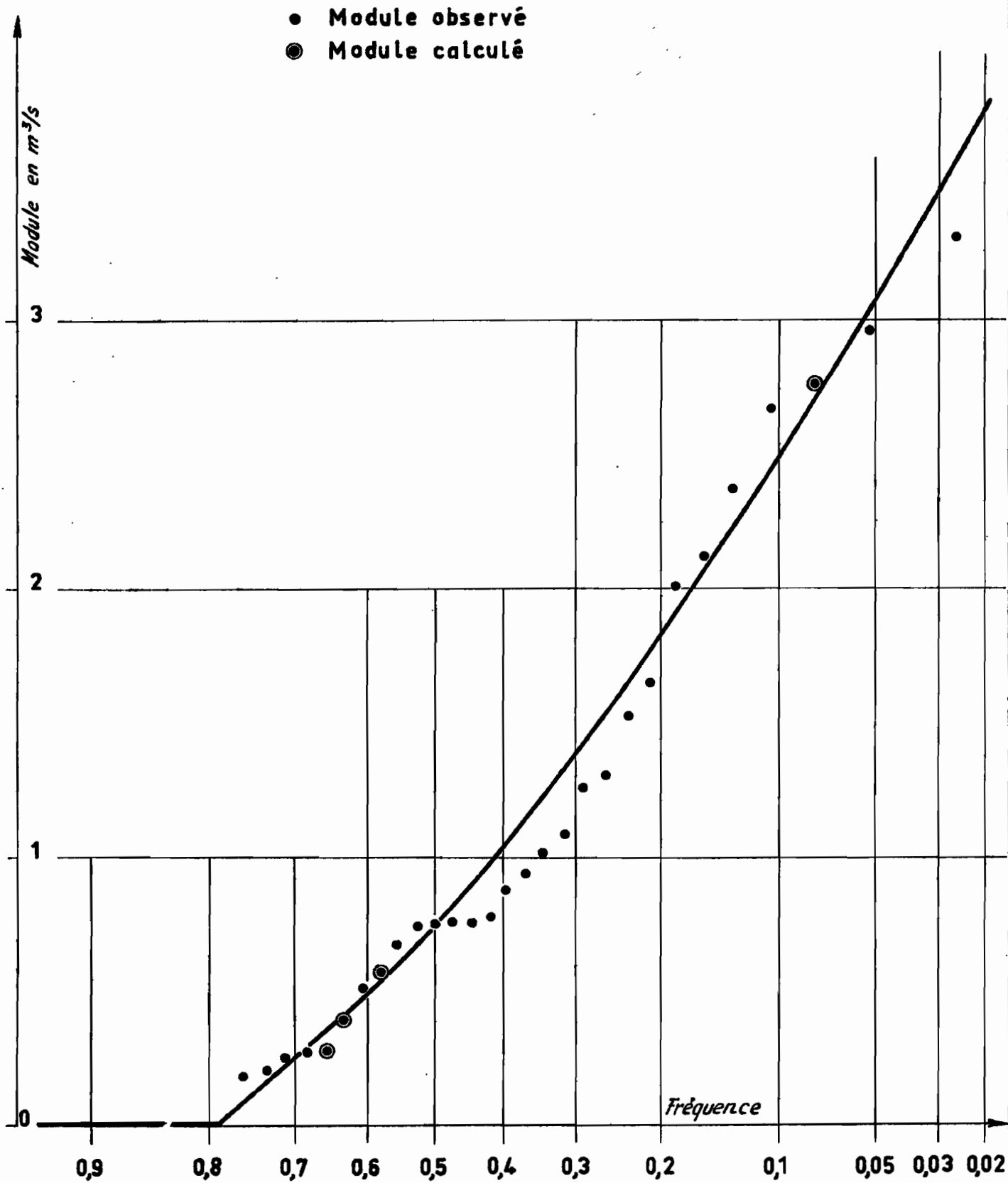
et

$$\gamma = \frac{2 R_2 - R_3}{R_3 - R_2} \neq 2,4$$

$$a = (\gamma + 1)/R_2 = 1,782$$

$$F_1(o) = a m_1/\gamma = 0,705$$

Distribution naturelle des modules de la TAPOA Gr:12



Sur le graphique 13, on a porté les valeurs du tableau XVI en regard de leur fréquence tronquée de dépassement $\bar{u}(x)$ déterminée d'après l'échantillon. On a tracé sur le même graphique la courbe de Pearson III ajustée au même échantillon, c'est-à-dire admettant pour valeurs des paramètres les valeurs calculées ci-dessus. Nous n'avons pas testé l'ajustement et un simple coup d'oeil montre que la correspondance n'est pas excellente pour les fortes valeurs des modules. Cela n'a pas beaucoup d'importance. Pour les faibles modules, la courbe théorique suit de plus près les points expérimentaux, bien qu'elle plonge nettement plus rapidement pour les fréquences tronquées supérieures à 0,95.

Or, la fréquence naturelle décennale sèche est telle que la valeur de la fréquence tronquée qui lui correspond : 0,9/0,705, est supérieure à 1, donc telle que le module correspondant est nul. Il en est de même pour la fréquence quinquennale sèche ($\bar{u}_1 = 0,8/0,705$). Cela correspond à ce qui avait été dit au premier examen de l'échantillon des modules.

On trouve en définitive que le module médian (fréquence naturelle 0,5, fréquence tronquée 0,71) est d'environ 0,8 m³/s, et que le module peut s'annuler en moyenne environ trois fois en dix ans, c'est-à-dire presque une fois tous les trois ans. Ce résultat, mis à part la signification réelle de la valeur zéro pour le module, est en lui-même pessimiste, la courbe théorique étant en dessous de la courbe qu'on pourrait tracer directement pour les valeurs les plus faibles du tableau XVI.

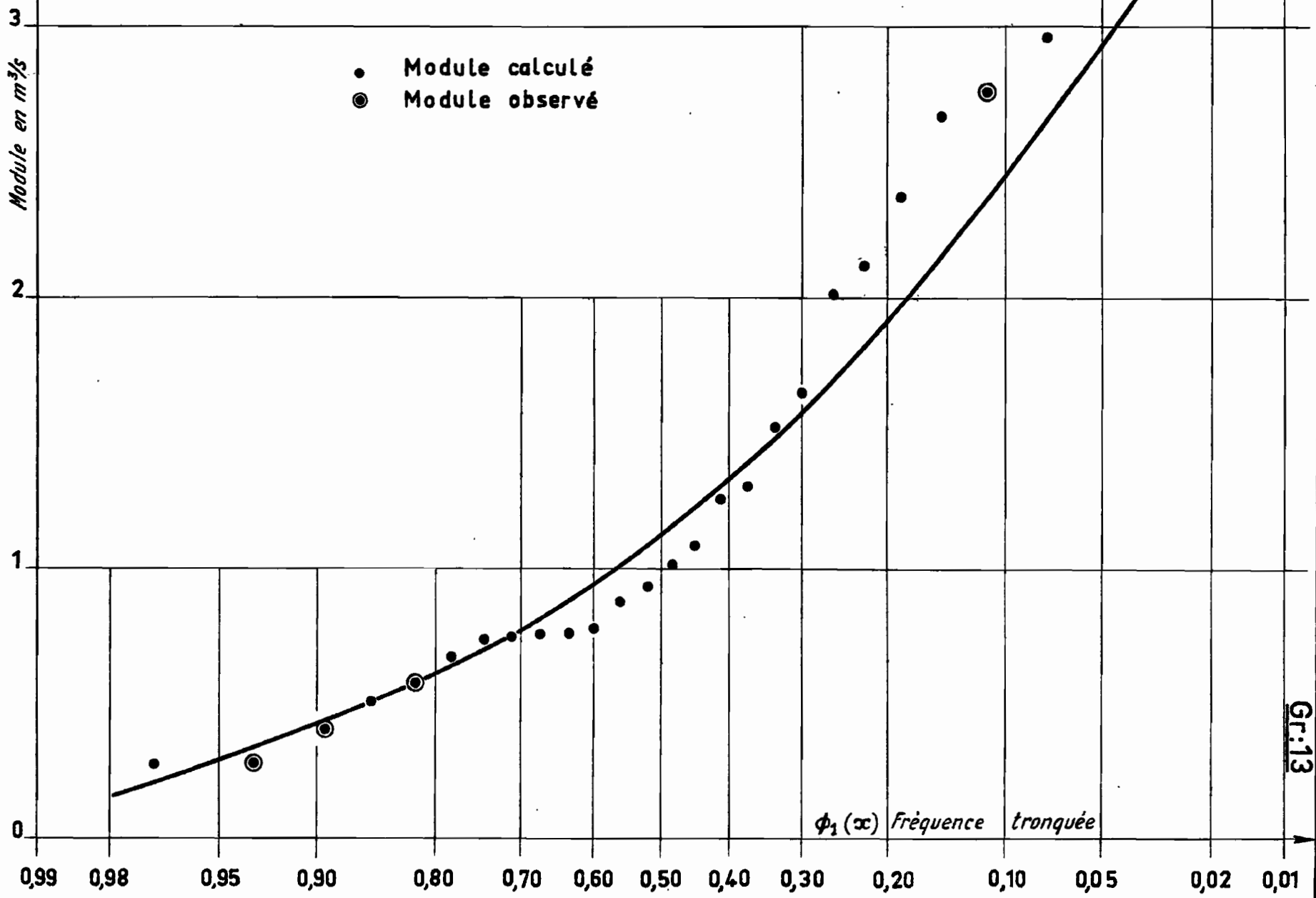
Quelle est au juste la signification du chiffre zéro rencontré dans les calculs ? Il est peu probable que cette valeur ait la signification d'un module rigoureusement nul. La régression mise en oeuvre pour le calcul des modules table sur une réaction du bassin dans son ensemble ; elle est absolument incapable de rendre compte d'un écoulement partiel pouvant provenir de la partie aval du bassin. Les résultats déjà acquis par mesure directe des débits ne nous renseignent absolument pas à ce sujet ; ils auraient même tendance au contraire à aggraver les pronostics.

De toute manière, même si elle ne correspond pas à une annulation complète des débits, tout au moins pas à la cadence de trois fois en dix ans, il est probable que la valeur zéro indique un module extrêmement faible dont il n'est du reste pas possible de fixer un ordre de grandeur : quelques litres ou quelques dizaines de litres par seconde.

En pratique, on retiendra comme conclusion provisoire concernant

Distribution des modules de la TAPOA

ESSAI D'AJUSTEMENT A UNE LOI DE PEARSON III TRONQUÉE



C.TUBE
 AO
 DATE : 23-2-67
 DESSINÉ : J. Métaayer
 E

NIG - 71.598

GF:13

les apports :

- module médian : 0,8 m³/s (0,15 l/s.km²)
- quasi-annulation du module : 1 fois tous les trois ans.

Une étude plus fine des très faibles apports exigera obligatoirement des années d'observations supplémentaires (au moins dix ans au total pour s'en faire quelque idée).

2.2.2. - Crues de la TAPOA

Elles sont très faibles. On se souvient des éléments fournis dans le tableau XIV, dont nous rappelons ci-dessous ceux qui concernent la TAPOA :

Année	Débit (m ³ /s)	Date
1963	2,86	1-9
1964	24,0	29-9
1965	7,86	9-8
1966	4,20	12-7

La crue la plus forte observée correspond à un débit spécifique extrêmement faible de 4,5 l/s.km². Les crues plus faibles, surtout celles qui se produisent en Juillet ou en Août, proviennent très probablement d'un comportement localisé du bassin et procèdent d'une autre genèse.

Il est vraisemblable que les crues les plus fortes, mettant en jeu la réaction du bassin dans son ensemble, se produisent au mois de Septembre et que, comme pour la MEKROU, leur facteur conditionnel principal est la somme des pluies tombées de Janvier à Août. En cas d'année peu abondante, les phénomènes locaux prennent le dessus et le maximum peut se produire un peu n'importe quand au sein de la saison des pluies : c'est ce qui s'est produit en 1963, 1965 et 1966. Dans ces conditions, il n'est pas possible de tenter une régression hydropluviométrique simplifiée comme on l'a fait pour la MEKROU ; d'autre part, on ne possède pas les éléments qui permettraient la mise en oeuvre d'une méthodologie plus élaborée. On se contentera d'examiner si, et combien de fois, avec l'hypothèse d'une analogie TAPOA-MEKROU, on aurait risqué d'avoir, durant la période d'observations pluviométriques à DIAPAGA, une crue supérieure à celle de 1964.

On appellera, comme pour la MEKROU, ISP la somme des indices pluviométriques mensuels (en l'occurrence pluies mensuelles à DIAPAGA) de Janvier à Août et IP la pluie de Septembre à DIAPAGA. Les valeurs des deux indices, durant les années d'observations hydrologiques sont les suivantes :

Année	ISP (mm)	IP (mm)
1963	588	251
1964	939	186
1965	640	147
1966	652	225

ISP(64) est très nettement plus fort que celui des autres années. IP(64) n'est pas très élevé, mais la différence avec ceux des autres années n'est pas telle qu'on puisse en tirer des conclusions définitives sur l'importance relative des deux paramètres. Il semble bien cependant que le "démarrage de la crue" ne puisse pas se faire en dessous de ISP = 600 mm, quelle que soit la valeur de IP, dans la gamme habituelle, bien entendu, des variations de la pluie de Septembre.

On va maintenant sélectionner, de 1930 à 1962, les années pour lesquelles les conditions suivantes sont réalisées :

$$\text{ISP} > 600 \text{ mm}$$

$$\text{et } (\text{ISP} \geq \text{ISP}(64) \text{ et/ou } \text{IP} \geq \text{IP}(64))$$

Ce sont les seules années qui, en moyenne, si l'on admet la régression CRUE = f(IP, ISP), sont susceptibles de fournir un débit de crue supérieur ou égal à celui de 1964. Ce tri conduit à retenir les années suivantes :

Année	ISP (mm)	IP (mm)
1931	822	348
1935	1 087	163
1936	677	197
1943	983	112
1951	662	231
1962	712	304

On poussera l'analogie avec la MEKROU en supposant que le rapport des gradients $\partial Q/\partial (ISP)$ et $\partial Q/\partial (IP)$ est le même sur les deux bassins, autrement dit que ISP et IP ont la même influence relative sur les débits maximaux des fortes crues dans les deux bassins. Pour la MEKROU (voir graphiques 7 et 8), ce rapport est de 19/12, ISP étant affecté du coefficient 19 et IP du coefficient 12.

Soit Q_0 le débit de la crue référence, ici 1964 avec 24 m³/s, auquel correspond $ISP_0 = 939$ et $IP_0 = 186$. En admettant l'hypothèse relative au rapport des gradients, le débit d'une année quelconque mais suffisamment forte sera :

$$Q = Q_0 + k [19(ISP - 939) + 12(IP - 186)]$$

Cette relation ne permettra pas de calculer Q , puisque k est inconnu, mais elle permettra, suivant le signe de l'expression entre crochets, de situer Q par rapport à Q_0 .

- $Q > Q_0$ pour expression entre crochets positive ;
 $Q < Q_0$ pour expression entre crochets négative.

La comparaison est effectuée par construction graphique sur le graphique 14. La première année étudiée est 1931 pour laquelle $ISP = 822$ et $IP = 348$. Le point tombe, mais de peu, en dessous de la crue de 1964 ; cela permet d'éliminer d'emblée 1936, 1951 et 1962 pour lesquelles ISP et IP sont tous deux très inférieurs à ceux de 1931.

Il reste 1943 qui donne, d'après la construction, la même crue que 1964, et 1935 qui donne un point très au-dessus. On a donc en 37 ans, en admettant l'hypothèse de départ :

- trois crues d'importance comparable (dont 1964 observée) ;
- une crue probablement nettement supérieure à celle de 1964.

Si l'on fait varier l'importance du rapport des gradients, on modifie assez peu cette répartition, tout au moins si l'on conserve à cette variation des limites raisonnables, compatibles avec les résultats des années 1965, 1966 et même 1963.

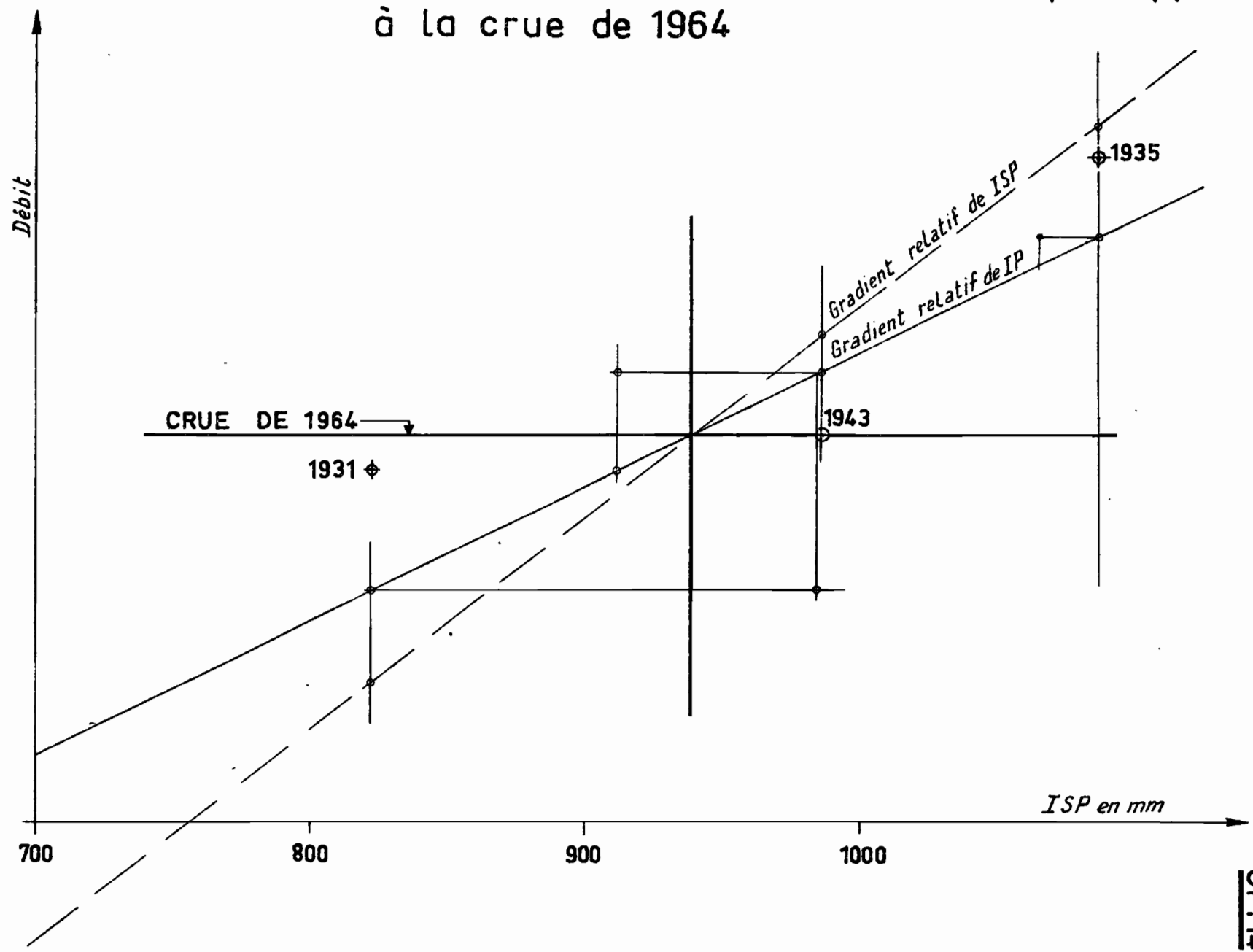
Dans ces conditions, on peut attribuer à une crue de 25 m³/s une fréquence d'ordre décennal. Pour les fréquences plus rares, on manque totalement d'éléments. On peut penser qu'une crue exceptionnelle ne dépasserait guère le triple de la crue décennale, mais il faut compter avec la physiographie tout à fait particulière du bassin. La crue reste très faible tant que les réserves de surface ne sont pas complètement pleines,

CITUBE
AO
DATE : 24-2-67
DESSINÉ : J. Méfayer
E m

ELECTRICITÉ DE FRANCE - INSPECTION GÉNÉRALE POUR LA COOPÉRATION HORS MÉTROPOLÉ

NIG - 71.599

Situation relative des crues de la TAPOA de 1930 à 1966 par rapport à la crue de 1964



mais que se passe-t-il ensuite, où se situe le "seuil de démarrage" de la crue, et quel est le taux d'augmentation de cette crue au-delà d'un tel seuil ? Ce n'est pas avec les quelques observations dont on dispose qu'on peut répondre à ces questions.

Dans ces conditions, on ne saurait être trop prudent et se prémunir contre un débit de 200 m³/s ne semble pas extravagant. Avec quelques années d'observations supplémentaires, si on a la chance de bénéficier d'au moins deux ou trois fortes hydraulicités, on sera sans doute à même de préciser ce point qui reste la plus grande inconnue d'un projet sur la TAPOA.

2.3. - GOROUBI (15 350 km²)

2.3.1. - Etude des apports

Quatre pluviomètres ont été utilisés pour l'étude des régressions pluies-modules. Ils sont énumérés ci-dessous avec, en regard, une valeur arrondie à 0,05 de leur coefficient de Thiessen :

DIAPAGA	: 0,20
NIAMEY	: 0,30
SAY	: 0,15
FADA NGOURMA	: 0,35

L'indice des pluies annuelles (IPA) utilisé pour les régressions est constitué par la pluie moyenne estimée à partir des données des postes cités, suivant la pondération indiquée.

Le bassin du GOROUBI est allongé, ainsi que tous les autres bassins étudiés dans la présente note ; il comporte des zones d'inondation et des marécages, mais ces facteurs, quoique importants, ne sont pas aussi marqués que pour la TAPOA. Bien qu'un peu plus aride, le GOROUBI présentera des débits spécifiques un peu plus élevés.

L'influence de la répartition des pluies dans l'année se fera sentir sur la valeur du module, mais moins que pour la TAPOA. Nous avons utilisé, pour la mettre en évidence, notre indice C_p .

Durant les cinq années d'observations des débits, on a obtenu

les résultats suivants :

Année	IPA (mm)	C _p	Module observé (m ³ /s)
1962-63	902	0,412	12,9
63-64	818	0,337	((4,0))
64-65	929	0,392	13,9
65-66	747	0,383	4,55
66-67	764	0,339	4,42

L'évaluation du module de l'année 1963-64 est très sommaire ; les relevés commencent en Août et, d'après la pluviométrie, on sait que l'année a été précoce. On s'est basé sur 1966 qui, de Janvier à Juin, présente des caractéristiques pluviométriques analogues à 1963, pour évaluer les débits moyens de Juin et Juillet. D'autre part, les relevés des dix premiers jours d'Octobre sont suspects et il est probable que les débits relatifs à ces dix jours sont sous-estimés (palier). Enfin, les relevés s'arrêtent au 21 Octobre. On ne devra donc pas attacher trop d'importance au module de l'année 1963-64.

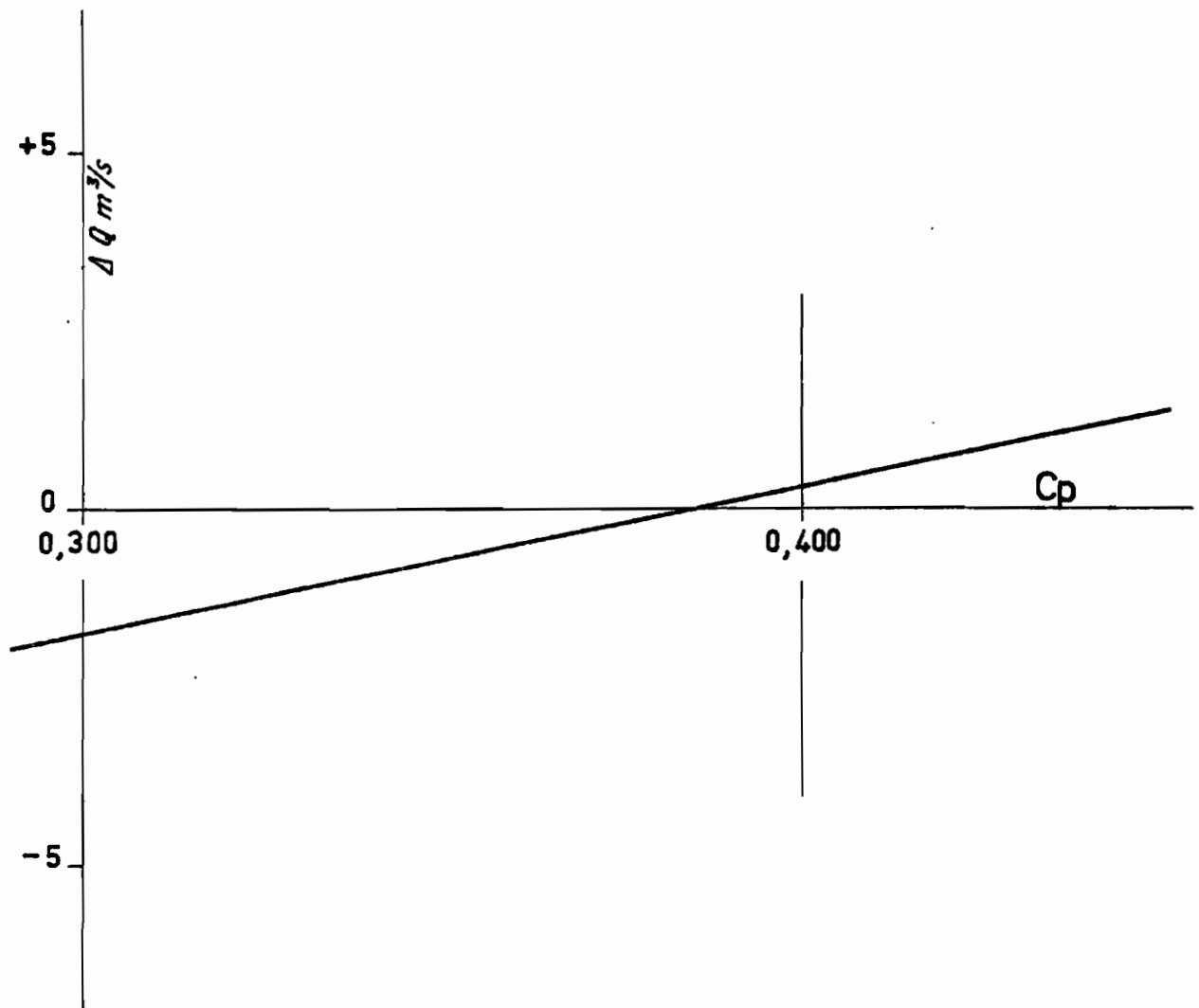
La relation de régression $Q = f(\text{IPA}, C_p)$ a été traitée par la méthode des résidus, comme pour les modules de la TAPOA. Les résultats figurent sur les graphiques 15 (facteur principal IPA) et 16 (facteur correctif C_p). Il n'a pas été tenu compte de 1963-64. Les deux relations partielles sont linéaires, ce qui permet d'exprimer $f(\text{IPA}, C_p)$ également sous forme linéaire. On trouve :

$$Q_{m^3/s} = 0,0504(\text{IPA}_{mm}) + 20,5 C_p - 41,0$$

Cette relation permet d'estimer les modules à partir des pluies observées aux stations citées, sur la période 1930-1961. Les résultats sont consignés dans le tableau XVII.

Régressions hydropluviométriques

FACTEUR CORRECTIF: Indice de concentration des pluies mensuelles C_p



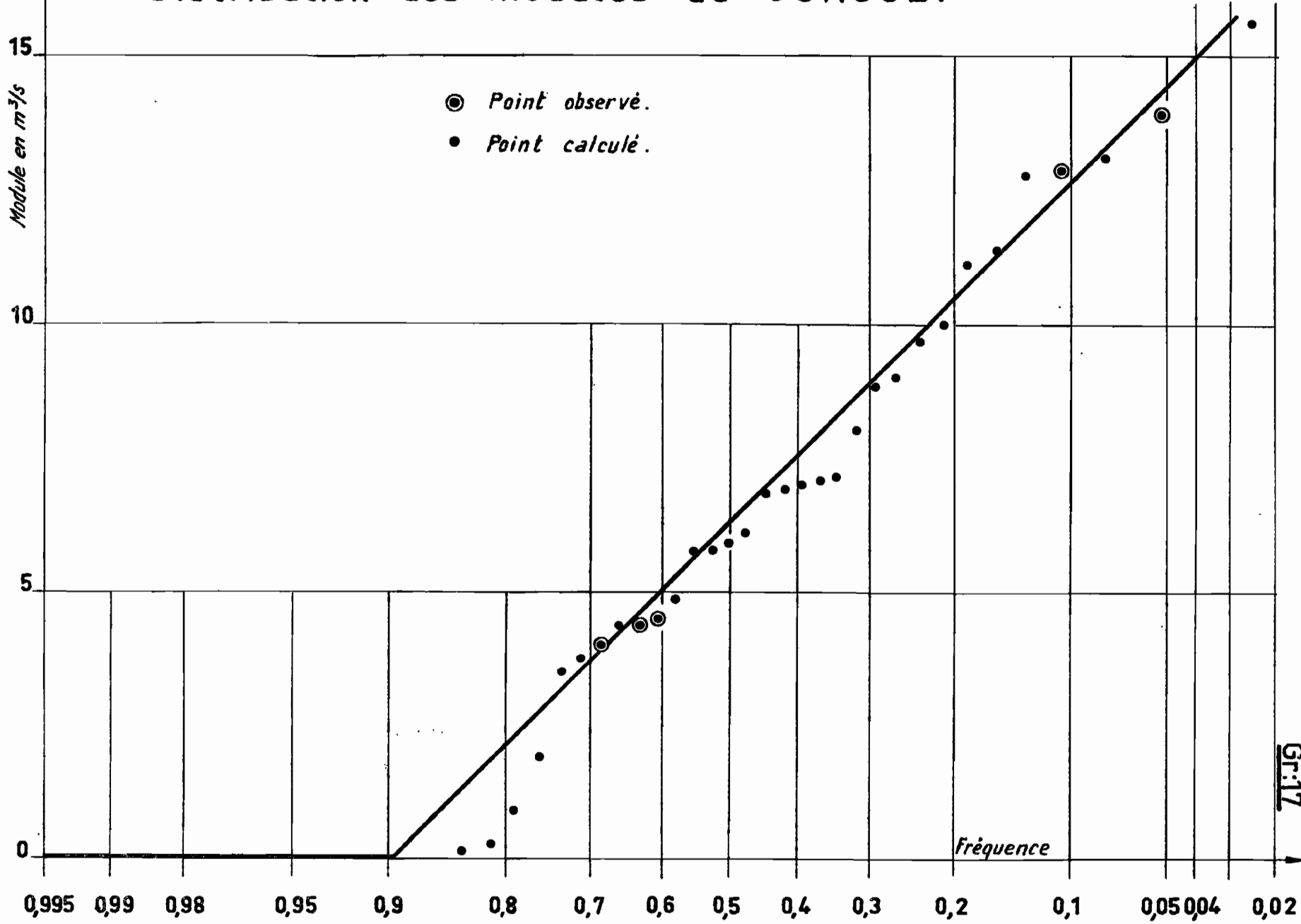
- TABLEAU XVII -

MODULES du GOROUBI

Année	Pluie (mm)	C _p	Module (m ³ /s)	Année	Pluie (mm)	C _p	Module (m ³ /s)
1930	868	0,306	9,02	1950	772	0,440	6,93
31	804	0,369	7,09	51	889	0,372	11,4
32	791	0,353	6,10	52	909	0,392	12,8
33	703	0,316	0,90	53	894	0,344	11,1
34	672	0,441	1,91	54	781	0,363	5,80
1935	841	0,407	9,73	1955	784	0,353	5,75
36	789	0,351	5,96	56	761	0,369	4,92
37	732	0,383	3,74	57	835	0,340	8,05
38	800	0,368	6,86	58	834	0,439	10,0
39	657	0,393	0,17	59	940	0,449	15,6
1940	648	0,386	0	1960	792	0,395	7,01
41	658	0,365	0	61	822	0,411	8,85
42	650	0,395	0	62	902	0,412	12,9
43	913	0,396	13,1	63	818	0,337	(4,0)
44	521	0,420	0	64	929	0,392	13,9
1945	736	0,405	4,40	1965	747	0,383	4,55
46	730	0,377	3,52	66	764	0,339	4,42
47	660	0,391	0,28				
48	798	0,387	7,15				
49	556	0,352	0				

Les chiffres soulignés désignent les modules observés

Distribution des modules du GOROUBI



CITUBE
 AO
 DATE : 1-3-67
 DESSINÉ : J. Métaayer
 E⁰⁰

NIG - 71.602

Gr:17

Les modules ainsi calculés ou observés ont été classés et portés sur le graphique 17 en regard de leur fréquence. On trouve avec la TAPOA (graphique 12) une analogie certaine, en moins grave et avec des débits spécifiques presque deux fois plus élevés traduisant un comportement moins sévère du bassin.

Les valeurs, cependant, restent faibles. Si l'on adopte, pour la courbe de fréquence, le tracé de la figure 17, le module médian serait d'environ $6 \text{ m}^3/\text{s}$ et le module quinquennal sec de $2 \text{ m}^3/\text{s}$. Le module s'annulerait une fois tous les dix ans.

La courbe adoptée, si l'on s'en réfère aux points portés sur le graphique, serait plutôt optimiste. En fait, ces points sont calculés et la relation hydropluviométrique établie plus haut a fort peu de chances d'être valable pour les très basses eaux. D'autre part, on pourra faire, sur le sens réel de la valeur zéro du module, les mêmes remarques que pour la TAPOA. Par contre, la courbe tracée traduit assez bien l'allure générale de la distribution. On s'en tiendra donc provisoirement à ces valeurs, considérées comme ordres de grandeur.

2.3.2. - Crues du GOROUBI

Les crues, quand elles sont fortes, se produisent de préférence en Septembre ou Octobre (tableau XIV). Si l'on fait abstraction de la crue de 1963, dont on a quelques raisons de suspecter le débit maximal observé, on dispose de trois crues ayant pris place à cette période : 1962, 1964 et 1965. En utilisant comme facteur conditionnel principal de la crue l'indice pluviométrique mensuel le plus fort de l'année (IPF), on obtient pour les trois années citées :

	IPF (mm)	Q (m^3/s)
1962	323	150
1964	286	112
1965	204	35,2

Il est probable que, comme pour la MEKROU, on a une influence des pluies antérieures, mais cette influence est difficile à mettre en évidence et on se contentera de la prise en compte du facteur principal.

La relation de régression est donnée par le graphique 18 ; elle n'a, bien sûr, aucune valeur pour les faibles crues, dont il suffit d'ailleurs de savoir qu'elles sont faibles. L'application de cette régression conduit aux débits maximaux du tableau XVIII.

Les débits du tableau XVIII ont été classés et reportés sur le graphique 19 en regard de leur fréquence de dépassement portée en abscisse gaussique. Une courbe empirique a été tracée à travers les points de la distribution naturelle. Cette courbe conduit à adopter les valeurs suivantes :

Crue médiane	:	63	m ³ /s
Crue quinquennale	:	116	m ³ /s
Crue décennale	:	155	m ³ /s
Crue centenaire	:	270	m ³ /s
Crue millénaire	:	360	m ³ /s

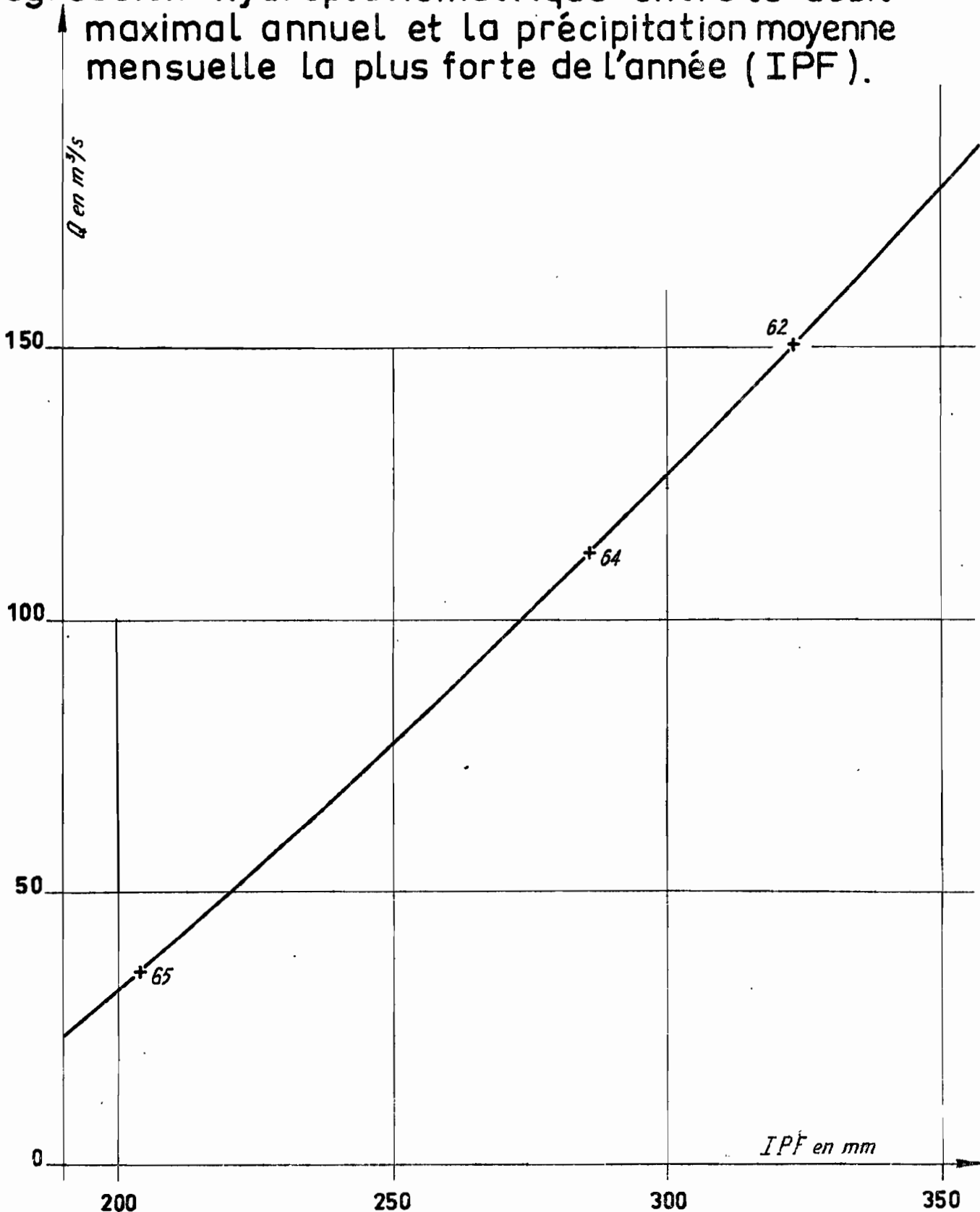
Bien entendu, ces chiffres doivent être accueillis avec les réserves habituelles : incertitude très grande de la régression hydro-pluviométrique, taille extrêmement réduite de l'échantillon des valeurs observées. Il faut ajouter la méconnaissance fondamentale de la genèse des fortes crues sur le bassin (toujours le problème du "seuil de démarrage" de ces crues).

En conclusion, on ne saurait trop conseiller de prévoir la protection des ouvrages pour un débit d'au moins 500 m³/s.

Crues du GOROUBI

Gr:18

Régression hydropluviométrique entre le débit maximal annuel et la précipitation moyenne mensuelle la plus forte de l'année (IPF).



- TABLEAU XVIII -

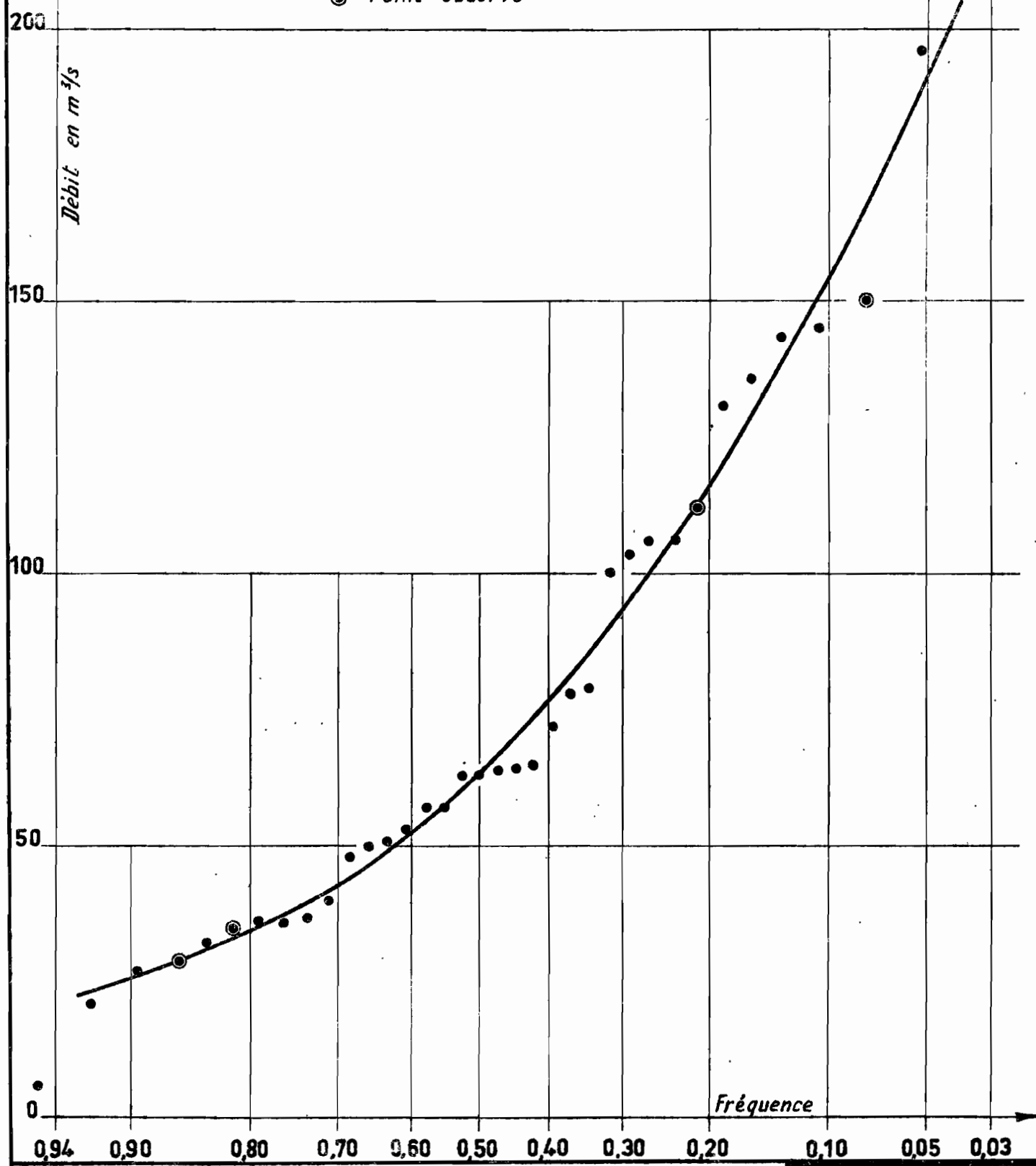
CRUES OBSERVEES et CALCULEES du GOROUBI

Année	IPF (mm)	Q (m ³ /s)	Année	IPF (mm)	Q (m ³ /s)
1930	200	32	1950	316	143
31	228	57	51	304	131
32	245	72	52	277	103
33	168	6	53	237	65
34	280	106	54	252	79
1935	318	145	1955	205	36
36	221	50	56	235	63
37	222	51	57	228	57
38	236	64	58	366	196
39	205	36	59	402	233
1940	224	53	1960	236	64
41	187	21	61	280	106
42	235	63	62	323	<u>150</u>
43	309	136	63	218	48
44	206	37	64	286	<u>112</u>
1945	274	100	1965	204	35
46	194	27	66	225	<u>28,5</u>
47	210	40			
48	251	78			
49	162	1			

Les crues observées sont soulignées

Distribution statistique des débits maximaux annuels du GOROUBI

- Point calculé
- ⊙ Point observé



- ANNEXE I -

DEBITS JOURNALIERS
OBSERVES sur la MEKROU à BAROU

- Année 1961-62 -

Jours	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A
1	0	0	15,6	35,0	71,0	117	18,2	2,14	0,18	0	0	0
2			8,60	39,2	74,6	113	17,2	2,01	0,15			
3			6,08	64,7	72,0	110	16,2	1,88	0,15			
4			8,60	82,4	79,8	110	15,6	1,75	0,12			
5			18,7	61,5	83,7	108	14,6	1,62	0,09			
6			13,6	45,4	98,5	104	13,6	1,49	0,09			
7			8,60	43,7	111	95,5	12,6	1,36	0,06			
8			7,34	41,4	130	89,5	12,1	1,23	0,03			
9			7,76	52,5	147	79,8	11,6	1,10	0			
10			14,1	66,8	142	73,3	10,6	1,02				
11			21,4	59,5	119	67,8	9,60	1,02				
12			16,2	49,8	106	62,6	9,60	1,02				
13			12,6	44,5	101	57,5	8,60	1,02				
14			6,08	37,8	101	52,5	8,60	1,02				
15			6,50	33,2	98,5	49,8	7,76	1,02				
16			6,92	29,0	110	46,3	7,34	0,94				
17			6,92	30,8	119	43,7	6,92	0,94				
18			15,1	38,5	127	41,4	6,08	0,86				
19			19,2	45,4	144	38,5	6,08	0,78				
20			24,6	50,6	177	37,0	5,24	0,70				
21			39,9	63,6	190	34,4	5,24	0,62				
22			45,4	74,6	180	31,4	4,40	0,54				
23			22,4	81,1	180	29,6	4,40	0,46				
24			30,8	73,3	158	28,5	3,80	0,38				
25			56,5	62,6	158	27,4	3,20	0,38				
26			42,1	62,6	158	25,7	3,00	0,38				
27		0	29,0	82,4	138	24,6	2,60	0,30				
28		10,1	25,7	92,5	132	23,5	2,60	0,27				
29		25,1	29,6	82,4	123	21,9	2,27	0,24				
30		15,6	29,6	77,2	121	20,3	2,27	0,21				
31	0		31,4	69,9		18,7		0,18	0	0	0	0
Moy	0	1,69	20,2	57,2	125	57,5	8,63	0,93	0,03	0	0	0

Module : 22,6 m³/s

- ANNEXE I -

DEBITS JOURNALIERS

OBSERVES sur la MEKROU à BAROU

- Année 1962-63 -

Jours	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A
1	0	0	6,50		140	287	51,5	17,7	4,00		0	0
2			15,1		185	278	49,8	17,2	3,80			
3			18,2		192	278	47,2	16,7	3,60			
4			12,6		214	287	43,7	16,7	3,40			
5			17,2		243	272	42,8	16,7	3,20			
6			20,3		249	260	40,6	16,2	3,20			
7			21,4		346	243	39,2	15,1	3,00			
8			22,9		400	226	37,8	15,1	3,00			
9			29,6		359	226	37,0	14,1	3,00			
10			27,9		336	187	35,0	13,6	2,80			
11			29,0	48,9	324	165	34,4	13,1	2,60			
12		0	29,6	61,5	327	144	32,6	12,6	2,60			
13		37,8	27,9	62,6	333	134	32,6	12,1	2,40			
14		34,4	29,6	66,8	333	123	31,4	10,6	2,27			
15		23,5	43,7	73,3	339	117	30,2	10,1	2,14			
16		11,6	48,9	81,1	349	108	29,6	10,1	2,14			
17		12,1	43,7	95,5	371	102	27,9	9,10	2,14			
18		7,34	37,8	88,0	355	92,5	27,4	9,10	2,01			
19		3,20	30,8	88,0	397	89,5	26,8	9,10	1,88			
20		6,92	26,8	102	407	83,7	25,7	8,18	1,88			
21		5,66		113	397	77,2	25,1	6,50	1,75			
22		3,80		115	375	73,3	24,6	6,08	1,75			
23		3,60		149	349	69,9	24,0	5,66	1,62			
24		3,20		198	324	67,8	22,9	5,66	1,62			
25		2,80		153	308	63,6	21,9	5,66	1,49			
26		2,60		149	278	61,5	20,8	5,24	1,49			
27		1,88			324	57,5	19,8	5,24	1,36			
28		1,49			305	56,5	19,2	4,40	1,23			
29		1,88		110	299	55,5	18,7	4,40	1,10			
30		5,66		117	293	54,5	18,2	4,20				0
31	0			130		53,5		4,00			0	0
Moy	0	5,64	(28,6)	(86,3)	315	141	31,2	10,3	2,26	((0,3))	0	0

Module : (51,7 m³/s)

- ANNEXE I -

DEBITS JOURNALIERS
OBSERVES sur la MEKROU à BAROU

- Année 1963-64 -

Jours	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A
1						165	65,7	16,7				
2						165	61,5	16,7				
3						167	57,5	15,6				
4					217	167	55,5	15,1				
5					209	172	54,5	14,6				
6					201	175	53,5	14,6				
7					195	177	50,6	13,1				
8					192	175	47,2	12,6				
9					190	170	45,4	12,1				
10					187	162	42,8	11,6				
11					187	158	39,9	11,1				
12					190		37,8	10,6				
13					190		35,6	10,1				
14					190		33,8	9,60				
15					187		32,6	9,10				
16					185		30,8	8,60				
17					180		30,2	8,18				
18					175	132	29,0	8,18				
19					167	125	27,4	7,76				
20					160	117	26,2	7,34				
21					160	104	25,1	6,92				
22					153	100	24,0	6,92				
23					153	95,5	22,9	6,50				
24					151	91,0	21,9	6,08				
25					151	86,5		5,66				
26					149	81,1		5,24				
27					162	85,0		5,24				
28					160	81,1		4,82				
29					160	77,2		4,82				
30					162	72,0		4,40				
31						68,9		4,40				
Moy					182	131	35,4	9,49	((2,30))			

- ANNEXE I -

DEBITS JOURNALIERS
OBSERVES sur la MEKROU à BAROU

- Année 1964-65 -

Jours	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A
1	0			33,8	203	160	32,0	6,08		0	0	0
2				22,9	209	151	30,8	6,08				
3				33,8	240	144	30,2	6,08				
4				98,5	237	136	29,0	5,66				
5				78,5	237	127	27,9	5,24				
6				89,5	240	119	26,2	4,82				
7				68,9	234	110	25,1	4,40				
8				61,5	229	104	24,0	4,00				
9				130	231	97,0	22,4	3,80				
10				91,0		92,5	21,4	3,80				
11				63,6	198	88,0	20,3	3,60				
12				51,5	255	82,4	19,2	3,40				
13				47,2	249	77,2	18,2	3,40				
14				44,5	252	72,0	17,2	3,20				
15		1,49		39,9	246	68,9	16,2	3,00				
16		0,94		43,7	252	65,7	15,1	2,80				
17		1,62		44,5	260	61,5	14,6	2,60				
18		3,00		43,7	278	58,5	13,6	2,27				
19		3,80		52,5	281	55,5	13,1	2,27				
20		4,20		66,8	281	53,5	12,1	2,27				
21		14,1		85,0	278	50,6	11,6	2,14				
22		5,24		98,5	278	48,0	10,6	2,01				
23		7,34		119	260	46,3	9,60	1,88				
24		6,50	32,0	151	231	43,7	9,10	1,75				
25		9,60	32,6	158	223	41,4	9,10	1,62				
26		25,1	45,4	14,9	214	39,9	8,18	1,49				
27		21,9	32,0	127	201	37,8	8,18	1,36				
28		13,6	26,2	117	187	35,6	7,76	1,23				
29		11,1	36,3	140	180	35,0	7,34	1,10		0		
30		22,4	32,6	151	170	33,8	6,92	1,02				0
31	0		44,5	170		33,2		0,94			0	
Moy	0	5,0	(29,3)	86	230	76	17	3,1	((0,3))	0	0	0

Module : (37,0 m³/s)

- ANNEXE I -

DEBITS JOURNALLIERS
OBSERVES sur la MEKROU à BAROU

- Année 1965-66 -

Jours	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A
1			3,80	14,1	113	74,6						
2			4,82	19,2	119							
3			3,00	18,7	155							
4			3,40	13,1	172							
5			3,00	15,6	182							
6			1,88	18,2	185							
7			2,01	19,8	190							
8			1,62	16,7	187							
9			1,49	37,0	185							
10			3,60	26,2	167							
11			2,60	25,1	147							
12			7,34	27,4	127							
13		0,46	5,24	69,9	136							
14		0,78	11,1	33,2	151							
15		28,0	22,4	25,7	155							
16		2,14	20,8	20,3	153							
17		1,10	12,6	27,4	153							
18		5,66	10,1	39,2	155							
19		7,76	7,34	39,9	160							
20		5,24	9,60	35,6	162							
21		7,34	15,1	30,8	162							
22		4,00	8,18	32,0	180							
23		2,60	6,08	37,0	153							
24		2,40	4,00	43,7	138							
25		2,60	4,82	48,0	134							
26		11,1	4,40	53,5	125							
27		4,82	4,20	51,5	102							
28		2,80	10,1	51,5	94	25,1						
29		8,18	5,66	60,5	89,5							
30		4,82	3,20	68,9	83,7							
31			2,60	95,5								
Moy.	0	2,55	6,64	35,9	147	((46))	((13))	((3,9))	((1,0))	((0,07))	0	0

Module : (21,3 m³/s)

- ANNEXE I -

DEBITS JOURNALIERS
OBSERVES sur la MEKROU à BAROU

- Année 1966-67 -

Jours	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A
1					83,7	165	57,5					
2					98,5	153	52,5					
3					102	140	48,0					
4					106	132	45,4					
5					102	125	43,7					
6					86,5	119	42,8					
7					69,9	117	42,1					
8					61,5	117	39,9					
9					56,5	119	37,0					
10					61,5	117	34,4					
11					66,8	115	32,6					
12					67,8	110	30,8					
13			18,7		65,7	104	29,6					
14			20,3		59,5	102	28,5					
15					59,5	102	26,8					
16					66,8	98,5	25,1					
17					83,7	94,0	24,0					
18				49,8	95,5	89,5	22,9					
19				54,5	127	88,0	21,4					
20				64,7	136	86,5	20,3					
21				59,5	121	86,5	19,2					
22				61,5	111	88,0						
23				88,0	117	89,5						
24				106	134	91,0						
25				104	149	92,5						
26				74,6	167	92,5						
27				55,5	192	89,5						
28				61,5	201	83,7						
29				75,9	198	77,2						
30				73,3	190	68,9						
31				65,7		61,5						
Moy	0		(21)	(53)	108	104	(26,5)	((6))	((1,3))	((0,1))	0	0

Module : (27 m³/s)

- ANNEXE II -

DEBITS JOURNALIERS

OBSERVES sur la TAPOA au W

- Année 1963-64 -

Jours	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	F	A
1		0,08	0,31	1,76	2,86	0,31						
2		0,06	0,29	1,64	2,73	0,31						
3		0,05	0,28	1,40	2,48	0,31						
4		0,04	0,26	1,64	2,24	0,31						
5		0,02	0,26	1,28	2,00	0,31						
6		0,02	0,26	1,16	1,76	0,31						
7		0,01	0,26	1,64	1,64	0,29						
8		0,01	0,25	1,40	1,52	0,28						
9		0	0,24	0,92	1,28	0,28						
10		0,26	0,22	0,64	1,16	0,28						
11		0,25	0,20	1,64	0,80	0,26						
12		0,24	0,19	1,40	0,72	0,26						
13		0,22	0,18	1,28	0,64	0,26						
14		0,21	0,16	0,92	0,64	0,25						
15		0,19	0,15	0,92	0,56	0,25						
16		0,18	0,14	0,80	0,48	0,24						
17		0,16	0,13	1,16	0,40	0,23						
18		0,14	0,12	0,80	0,40	0,23						
19		0,12	0,14	0,72	0,40	0,22						
20	1,04	0,11	0,13	0,72	0,38	0,22						
21	0,28	0,10	0,13	0,64	0,37	0,22						
22	0,25	0,14	0,22	0,56	0,35	0,22						
23	0,21	0,31	0,37	0,56	0,35	0,21						
24	0,19	0,40	0,37	0,56	0,34	0,21						
25	0,16	0,37	0,48	0,80	0,32	0,20						
26	0,14	0,35	0,92	1,52	0,32	0,20						
27	0,12	0,35	1,40	2,24	0,37	0,19						
28	0,10	0,34	1,76	2,48	0,34	0,19						
29	0,10	0,32	1,88	2,60	0,34	0,18						
30	0,10	0,32	2,12	2,73	0,32	0,17						
31	0,09		2,00	2,73								
Moy	0,09	0,18	0,51	1,33	0,95	0,24	((0,11))	((0,05))	0	0	0	0

Module : 0,28 m³/s

- ANNEXE II -

DEBITS JOURNALIERS

OBSERVES sur la TAPOA au W

- Année 1964-65 -

Jours	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A
1		0,22	0,38	5,25	5,10	22,4	2,60	0,23				
2		0,20	0,37	5,85	6,75	21,5	2,24	0,23				
3		0,19	0,38	5,10	7,22	20,7	1,64	0,23				
4		0,18	0,48	5,10	7,22	19,6	1,28	0,23				
5		0,16	0,64	5,40	6,90	18,7	1,04	0,22				
6		0,15	0,64	5,70	6,90	17,9	0,92	0,22				
7		0,15	0,80	5,70	6,30	17,0	0,80	0,21				
8		0,15	0,72	5,40	6,15	16,5	0,56	0,21				
9		0,14	0,72	6,45	6,45	15,8	0,48	0,20				
10	0,37	0,13	0,72	6,15	6,45	15,2	0,40	0,19				
11	0,56	1,40	0,80	7,38	6,45	14,5	0,38	0,19				
12	0,35	0,31	0,92	8,18	7,06	13,8	0,38	0,19				
13	0,32	0,29	1,16	7,06	7,22	13,1	0,37	0,19				
14	0,31	0,26	1,04	6,45	8,50	12,2	0,37	0,17				
15	0,29	0,25	0,92	6,15	11,1	11,2	0,37	0,17				
16	0,28	0,24	0,80	5,55	13,4	10,3	0,35	0,16				
17	0,31	0,28	0,72	6,15	15,1	9,62	0,34	0,16				
18	0,32	0,23	0,72	5,70	17,4	8,82	0,32	0,15				
19	0,32	0,21	1,28	5,55	17,9	8,02	0,31	0,15				
20	0,32	0,21	1,16	5,40	17,9	7,38	0,29	0,15				
21	0,31	0,20	1,16	5,40	17,6	6,75	0,28	0,15				
22	0,31	0,19	1,16	5,40	17,0	6,15	0,28					
23	0,29	0,18	1,40	5,40	17,0	5,70	0,28					
24	0,28	0,18	3,25	5,70	18,7	5,10	0,26					
25	0,26	0,20	3,64	5,40	20,7	4,80	0,26					
26	0,25	0,25	3,90	5,10	22,6	4,50	0,25					
27	0,24	0,28	3,90	4,80	23,6	4,05	0,25					
28	0,23	0,24	4,35	4,35	24,0	3,64	0,25					
29	0,21	0,23	4,65	4,80	23,6	3,38	0,24					
30	0,20	0,92	4,65	9,46	23,0	3,25	0,23					
31	0,22		4,95	4,65		2,86						
Moy	0,21	0,27	1,69	5,81	13,2	11,1	0,60	0,17	0,07	0	0	0

Module : 2,76 m³/s

- ANNEXE II -

DEBITS JOURNALIERS
OBSERVES sur la TAPOA au W

- Année 1965-66 -

Jours	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A
1		0	0,37	2,12	2,86	1,88	0,56	0,20				
2		0	0,35	2,00	2,73	1,76	0,48	0,19				
3		0	0,34	1,76	3,77	1,64	0,40	0,19				
4			0,32	1,64	2,86	1,64	0,40	0,18				
5			0,32	1,28	2,36	1,52	0,38	0,17				
6			0,31	1,76	2,24	1,40	0,37	0,17				
7			0,29	1,40	2,12	1,16	0,37	0,16				
8			0,35	1,16	2,12	1,04	0,35	0,16				
9			0,56	7,86	2,00	0,92	0,34	0,15				
10			0,29	2,99	2,00	0,80	0,34	0,15				
11			0,28	2,00	2,00	0,72	0,32					
12			0,28	1,52	2,48	0,72	0,32					
13			0,26	4,05	2,73	0,72	0,31					
14			0,31	2,73	2,60	0,72	0,31					
15			0,29	2,60	2,73	0,72	0,29					
16			0,29	2,48	2,86	0,72	0,29					
17			1,88	2,48	2,86	0,72	0,28					
18			0,48	2,36		0,72	0,26					
19			0,48	2,36		0,64	0,26					
20		0	0,56	2,24		0,64	0,25					
21		0	0,48	2,00		0,64	0,25					
22		0	0,72	1,76		0,64	0,24					
23		0	0,64	1,76		0,64	0,24					
24		0	0,64	1,76	2,36	0,64	0,23					
25		0,17	0,80	1,76	2,24	0,64	0,23					
26		0,72	1,04	1,76	2,12	0,64	0,22					
27		0,64	1,40	1,64	2,12	0,64	0,22					
28		0,48	4,20	1,52	2,00		0,21					
29		0,38	2,73	1,40	1,88		0,20					
30		0,37	2,48	1,28	1,88							
31			2,24	1,16								
Moy	0	0,09	0,84	2,15	2,45	0,89	0,30	(0,13)	(0,06)	0	0	0

Module : 0,58 m³/s

- ANNEXE II -

DEBITS JOURNALIERS
OBSERVES sur la TAPOA au W

- Année 1966-67 -

Jours	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A
1				0,32	2,86	0,64	0,38					
2				0,32	2,60	1,40	0,40					
3				0,31	2,60	1,52	0,40					
4				0,37	2,48	1,28	0,48					
5				0,31	2,36	1,04	0,48					
6				0,29	2,12	0,80	0,56					
7				0,28	2,00	0,64	0,56					
8				0,28	2,12	0,64	0,56					
9				0,29	1,88	0,64	0,56					
10				0,40	1,88	0,64	0,56					
11				1,40	1,40	0,56	0,56					
12			4,20	1,28	1,04	0,56	0,56					
13			1,04	0,92	0,80	0,56	0,64					
14			0,31	0,72	1,40	0,56	0,64					
15			0,26	0,80	1,16	0,48	0,56					
16			0,26	1,04	1,16	0,48	0,56					
17			0,92	1,16	0,92	0,48	0,56					
18			0,80	1,64	0,72	0,48	0,56					
19			0,37	2,00	0,72	0,48	0,48					
20			0,34	2,24	0,64	0,48	0,48					
21			0,35	2,48	0,64	0,48	0,40					
22			0,37	2,86	0,48	0,48	0,38					
23			0,38	3,64	0,40	0,48	0,38					
24			0,38	3,51	0,40	0,48	0,37					
25			0,40	3,38	0,38	0,40	0,37					
26			0,56	3,38	0,37	0,40	0,35					
27			0,40	3,25	0,56	0,40	0,35					
28			0,38	3,12	0,56	0,40	0,34					
29			0,35	2,86	0,40	0,40	0,34					
30			0,35	2,73	0,38	0,40						
31			0,34	2,60		0,38						
Moy	0	0	0,41	1,62	1,25	0,61	0,47	(0,24)	(0,11)	(0,05)	0	0

Module : 0,40 m³/s

- ANNEXE III -

DEBITS JOURNALIERS
OBSERVES sur le GOROUBI à DIONGORE

- Année 1962-63 -

Jours	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A
1					28,0	55	14,8	0,45				
2					61	55	14,3	0,30				
3					61	48,6	12,7	0,30				
4					78	48,6	12,7	0,30				
5					127	48,6	11,6	0,30				
6					127	48,1	10,6	0,30				
7					127	43,6	9,85	0,27				
8					116	43,6	9,10	0,27				
9				8,02	116	41,2	9,10	0,27				
10				8,14	116	39,0	8,50	0,24				
11				8,14	106	37,1	7,90	0,24				
12				7,00	106	35,2	7,40	0,24				
13				7,90	106	35,2	6,90	0				
14				9,25	96	33,3	6,45	0				
15				10,4	96	31,6	4,20	0				
16				9,10	101	31,6	3,40					
17				9,40	150	30,7	2,60					
18				8,98	127	28,0	1,80					
19				10,6	116	24,4	1,15					
20				8,50	111	24,4	1,15					
21				8,98	111	24,4	1,15					
22				9,85	111	24,4	0,87					
23				10,6	116	21,0	0,60					
24				11,0	111	21,0	0,60					
25				19,5	96	21,0	0,60					
26				26,1	87	18,0	0,60					
27				26,1	78	18,0	0,60					
28				25,1	69	18,0	0,60					
29				31,6	69	15,0	0,60					
30				32,3	61	15,0	0,60					
31				30,7		15,0						
Moy	0	(2)	(3)	(12,9)	99	32,1	5,43	0,11	0	0	0	0

Module : (12,9 m³/s)

- ANNEXE III -

DEBITS JOURNALIERS
OBSERVES sur le GOROUBI à DIONGORE

- Année 1963-64 -

Jours	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A
1				1,47	6,90	18,0						
2				1,80	7,90	18,0						
3				1,80	7,40	18,0						
4				2,60	9,10	18,0						
5				3,00	9,10	18,0						
6				3,00	9,40	18,0						
7				3,32	10,4	18,0						
8				3,40	9,40	18,0						
9				4,20	9,40	18,0						
10				4,20	9,10	18,0						
11				4,20	9,10	16,5						
12				4,65	9,85	15,0						
13				5,10	10,6	15,0						
14				5,55	10,4	15,0						
15				5,46	10,4	13,8						
16				7,80	10,4	12,7						
17				6,45	10,6	12,7						
18				6,00	11,0	11,6						
19				6,45	11,6	10,6						
20				6,45	12,4	10,6						
21				6,45	12,7	10,0						
22				6,45	12,7							
23				6,90	12,7							
24				6,90	13,8							
25				6,90	15,0							
26				7,40	15,0							
27				6,90	16,5							
28				6,90	16,5							
29				7,10	16,5							
30				7,40	18,0							
31			1,28	6,90								
Moy	0	(6)	(11)	5,26	11,5	(13,0)	(1)	0	0	0	0	0

Module : ((4 m³/s))

- ANNEXE III -

DEBITS JOURNALIERS
OBSERVES sur le GOROUBI à DIONGORE

- Année 1964-65 -

Jours	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A
1			0,60	24,4	91	76	21,0	0,45				
2			0,45	28,0	112	82	18,0	0,45				
3			0,60	28,0	106	86	18,0	0,30				
4			0,60	25,1	106	86	17,1	0,30				
5			0,45	22,7	102	82	16,5	0,30				
6			1,47	21,0	102	82	16,5	0,27				
7			0,71	18,0	105	78	15,0	0,27				
8			0,93	16,5	102	74	14,8	0,27				
9			3,40	15,0	96	71	13,8	0,27				
10			0,93	12,7	95	69	12,7	0,27				
11		0,45	0,60	10,6	91	61	11,6	0,15				
12		0,30	0,87	10,6	95	58	11,6	0,15				
13		0,15	1,47	10,6	91	55	10,6	0,15				
14		0	0,87	9,85	82	52	9,85	0,15				
15		2,20	1,47	9,40	82	48,6	9,10	0,06				
16		3,08	1,80	9,10	78	46,1	8,74	0,06				
17		4,20	1,47	9,10	74	43,6	8,50	0				
18		5,55	1,15	10,3	69	41,7	7,90	0				
19		6,45	1,15	10,6	73	39,0	7,40	0				
20		7,40	1,80	12,4	73	37,1	6,45	0				
21		6,18	3,00	11,0	73	35,2	5,10					
22		4,65	3,40	11,6	69	34,8	3,40					
23		3,08	5,10	12,2	61	33,3	2,20					
24		2,60	5,10	12,7	59	31,6	1,47					
25		1,80	5,55	11,6	58	30,7	1,15					
26		1,47	6,00	11,6	55	28,0	0,87					
27		2,76	6,90	12,4	52	28,0	0,60					
28		1,47	7,90	24,4	52	27,6	0,57					
29		0,82	9,85	55	58	26,1	0,57					
30		0,71	11,0	73	61	24,4	0,54					
31			15,6	82		21,3		0				
Moy	0	(2,01)	3,30	20,4	81	51	9,05	0,12	0	0	0	0

Module : 13,9 m³/s

- ANNEXE III -

DEBITS JOURNALIERS

OBSERVES sur le GOROUBI à DIONGORE

- Année 1965-66 -

Jours	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A
1			5,82	3,00	6,90	33,3	7,60					
2			5,10	3,32	6,90	35,2	7,10					
3			5,55	3,00	6,81	35,2	6,00					
4			5,82	2,76	6,45	35,2	5,10					
5			6,00	2,60	8,98	34,8	3,00					
6			6,18	3,00	8,02	34,0	1,60					
7			6,18	3,00	8,26	33,3	1,15					
8			6,45	3,00	8,26	32,3	0,87					
9			6,45	3,00	8,50	31,6	0,60					
10			6,45	2,76	9,85	30,7	0,57					
11			6,45	2,36	11,0	28,0	0,45					
12			6,45	2,76	13,1	26,1						
13			6,45	5,10	16,5	26,1	0,36					
14			7,10	5,10	19,5	24,4	0,30					
15			7,10	4,65	24,1	24,1	0,15					
16			7,10	3,56	24,4	21,0	0,06					
17			7,40	3,40	26,1	21,0	0					
18			7,40	3,40	26,8	18,0						
19		1,73	7,90	3,40	26,8	17,1						
20		2,20	7,90	3,40	26,1	16,5						
21		3,00	7,90	3,40	26,1	14,8						
22		3,40	7,90	4,65	25,4							
23		3,40	7,90	4,65	24,4	13,4						
24		4,20	7,40	4,38	24,7	12,7						
25		3,80	7,40	4,20	24,7	11,2						
26		3,80	7,10	4,20	24,7	10,4						
27		3,80	6,90	4,65	27,6	9,85						
28		3,80	6,27	5,01	30,7	9,10						
29		4,20	5,55	5,01	31,6							
30		4,20	4,20	5,10	31,6		0					
31			3,40	6,18								
Moy	0	(1,98)	6,55	3,81	18,8	(21,9)	1,18	0	0	0	0	0

Module : (4,55 m³/s)

- ANNEXE III -

DEBITS JOURNALIERS

OBSERVES sur le GOROUBI à DIONGORE

- Année 1966-67 -

Jours	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A
1			27,0		8,50	16,7	14,0	0,10				
2			28,5		10,0	16,7	14,0	0,10				
3			26,7		12,9	16,2	13,8					
4			24,0		11,8	16,2	12,9					
5			21,0		9,10	16,2	12,5					
6			19,8		8,80	16,4	11,8					
7			18,5		8,50	16,4	11,6	0,06				
8			17,4		9,40	17,4	9,25	0,05				
9			16,7		7,62	17,4	8,50	0,05				
10			15,1		7,30	17,4	7,95	0,05				
11			11,8		7,30	16,7	7,62	0,05				
12			11,8		6,90	16,2	6,40	0				
13			9,25		6,90	15,1	4,60	0				
14			9,25		6,31	14,0	3,70	0				
15		2,10	10,0		6,31	13,8	2,26	0				
16		2,82	8,50		6,90	13,1	1,40					
17		3,54	7,40		7,40	12,9	1,40					
18		3,88	6,90		7,62	12,9	0,92					
19		4,51	6,40	6,40	8,39	12,9	0,76					
20		4,60	5,95	6,90	8,80	12,5	0,68					
21		5,50	5,50	6,90	10,0	12,9	0,60					
22		5,50	5,05	7,30	10,0	13,8	0,19					
23		5,95	4,60	8,50	10,9	13,8	0,25					
24		6,90	2,90	10,9	11,8	13,8	0,25					
25		11,8	2,10	10,9	12,2	14,0	0,25					
26		14,4	2,03	11,3	14,0	14,0	0,25					
27		14,4	1,89	10,0	14,4	14,4	0,25					
28		16,2	1,75	10,0	17,4	14,7	0,25					
29		17,4	1,75	10,4	18,3	14,7	0,06					
30		21,0	1,75	10,4	17,4	14,7	0,05					
31			1,89	10,0		14,4						
Moy	0	(5,62)	10,8	(6,34)	10,1	14,9	4,95	(0,03)	0	0	0	0

Module : (4,42 m³/s)