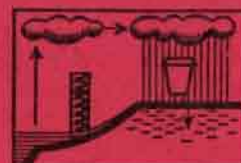


REPUBLIQUE DE
HAUTE - VOLTA

CENTRE ORSTOM DE OUAGADOUGOU
Section d'Hydrologie



HYDROMETRIE DE LA VOLTA BLANCHE A BAGRE, YAKALA ET NIAOGHO

Rapport de la campagne 1977

L. Le BARBE

avec la collaboration technique de : R. DUMAS

Janvier 1978



**Hydrométrie de la VOLTA BLANCHE
à Bagré, Yakala et Niaogho**

Campagne 1977

**par L. le BARBE ,
Ingénieur Hydrologue ORSTOM**

Janvier 1977

SOMMAIRE

	Pages
INTRODUCTION	
I - ETUDE de la VOLTA BLANCHE à NIAOGHO, BAGRE et YAKALA	2
1. Campagne 1977	3
1.1. La Volta Blanche à Niaogho.	3
1.2. La Volta Blanche à Yakala.	6
1.3. La Volta Blanche à Bagré.	9
2. Interprétation des données.	11
2.1. Corrélations entre les modules mensuels . des différentes stations.	11
2.2. Etude des modules.	15
2.3. Répartition des apports.	17
2.4. Etude des crues.	18
II - ETUDE du TCHERBO à BAGRE	21
1. Campagne 1977	22
1.1. Etalonnage	22
1.2. Résultats.	22
2. Interprétation des données	24
2.2. Etude des apports annuels	25
2.2. Observation des crues.	27
CONCLUSION	

INTRODUCTION

La section hydrologique du Centre ORSTOM de Ouagadougou a été chargée, par convention avec le Ministère du Développement rural, représenté par l'Autorité des Aménagements des Volta, de la poursuite de l'étude hydrologique des 3 sites éventuels de barrages sur la Volta Blanche à BAGRE et NIAOGHO et sur un affluent, le TCHERBO.

Le rapport présente les résultats des mesures effectuées lors de la campagne 1977 et actualise la synthèse des observations existantes faites par B. POUYAUD dans un précédent rapport :

" HYDROMETRIE DE LA VOLTA BLANCHE A BAGRE, YAKALA et NIAOGHO - Rapport de campagne 1976."

I - Etude de la Volta Blanche à NIAOGHO,
BAGRE et YAKALA

1. Campagne 1977

1.1. La Volta Blanche à NIAOGHO (S = 30 200 km²)

1.1.1. Etalonnage

Une quarantaine de jaugeages a été effectuée en 1977 à cette station où était menée une campagne de mesures des débits solides.

On a pu tracer à partir de ces jaugeages une courbe d'étalonnage satisfaisante, légèrement décalée par rapport à celle des années précédentes. La courbe des basses eaux est peu précise, l'écoulement étant alors fréquemment perturbé par des barrages à poissons.

Liste des jaugeages 77 :

Date	H en cm	Q en m ³ /s	Date	H en cm	Q en m ³ /s
3.8	207	38.00	12.9	307	73.00
10.8	270-268	64.00	15.9	318	86.00
11.8	297-306	77.00	18.9	272-271	62.00
12.8	389-400	117	19.9	245-243	48
12.8	403-402	131	21.9	214	36
18.8	574-585	285	24.9	208	35
18.8	600-607	294	26.9	221-219	39
19.8	634-634	317	28.9	198-196	27
20.8	593-583	257	30.9	182	21
23.8	379-373	105	2.10	172	18
24.8	335-328	85	4.10	171	18.4
26.8	290-284	62	6.10	168-167	17
28.8	362-363	103	8.10	159	15
29.8	360-359	100	10.10	157	13
30.8	352-353	106	13.10	152	11.4
31.8	355	105	15.10	150	11.0
2.9	352-351	100	17.10	146	9
4.9	352-351	100	20.10	150	18 ?
6.9	330-328	80.30	22.10	144	7.0
7.9	303-300	74.00	24.10	138	5.4
8.9	278-280	61.50	27.10	133	4.4
10.9	319-321	85.00	29.10	118	3.3

Barème

H en m	Q m ³ /s	H en m	Q m ³ /s
1.00	1.8	4.20	140
1.20	3.4	4.40	153
1.40	6.0	4.60	166
1.60	14.8	4.80	182
1.80	20.8	5.00	200
2.00	30.0	5.20	214
2.20	32.0	5.40	232
2.40	48.0	5.60	250
2.60	56.0	5.80	268
2.80	65.0	6.00	288
3.00	74.0	6.20	308
3.20	83.0	6.40	328
3.40	93.0	6.60	350
3.60	103	6.80	374
3.80	114	7.00	400
4.00	125		

Résultats

Le limnigraphe a fonctionné sans incident durant toute la campagne.

On trouvera dans le tableau n° I les débits moyens journaliers et mensuels ainsi que le module annuel de 77. Les débits du 17 octobre au 15 décembre n'ont pas été déterminés à l'aide de la courbe d'étalonnage de basses eaux dont on a souligné plus haut le peu de précision, mais à l'aide de la courbe de tarissement tracée à partir des jaugeages effectués durant cette période.

LA VOLTA BLANCHE
A NIAOGHO
Courbe d'étalonnage 1977

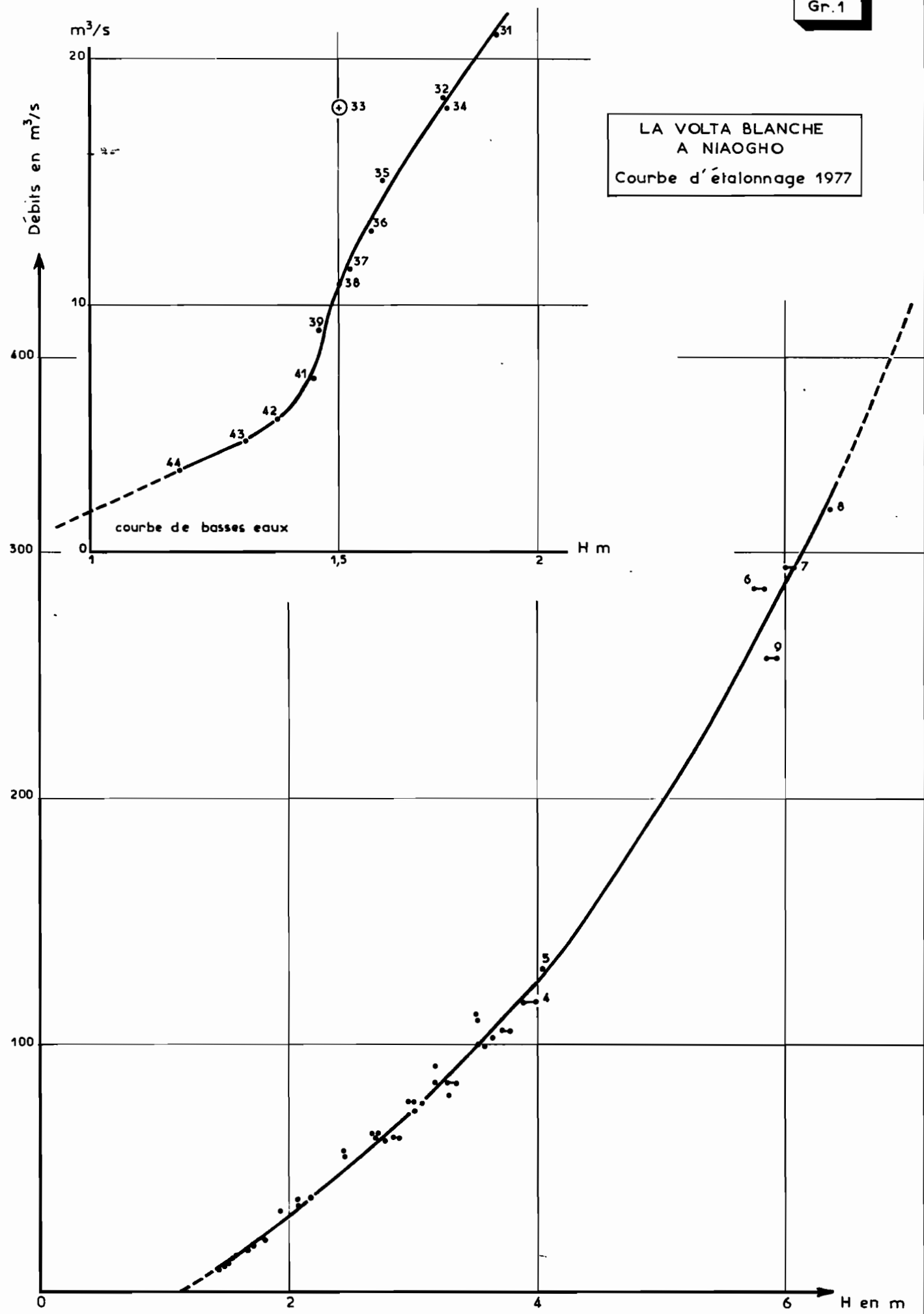


TABLEAU 1

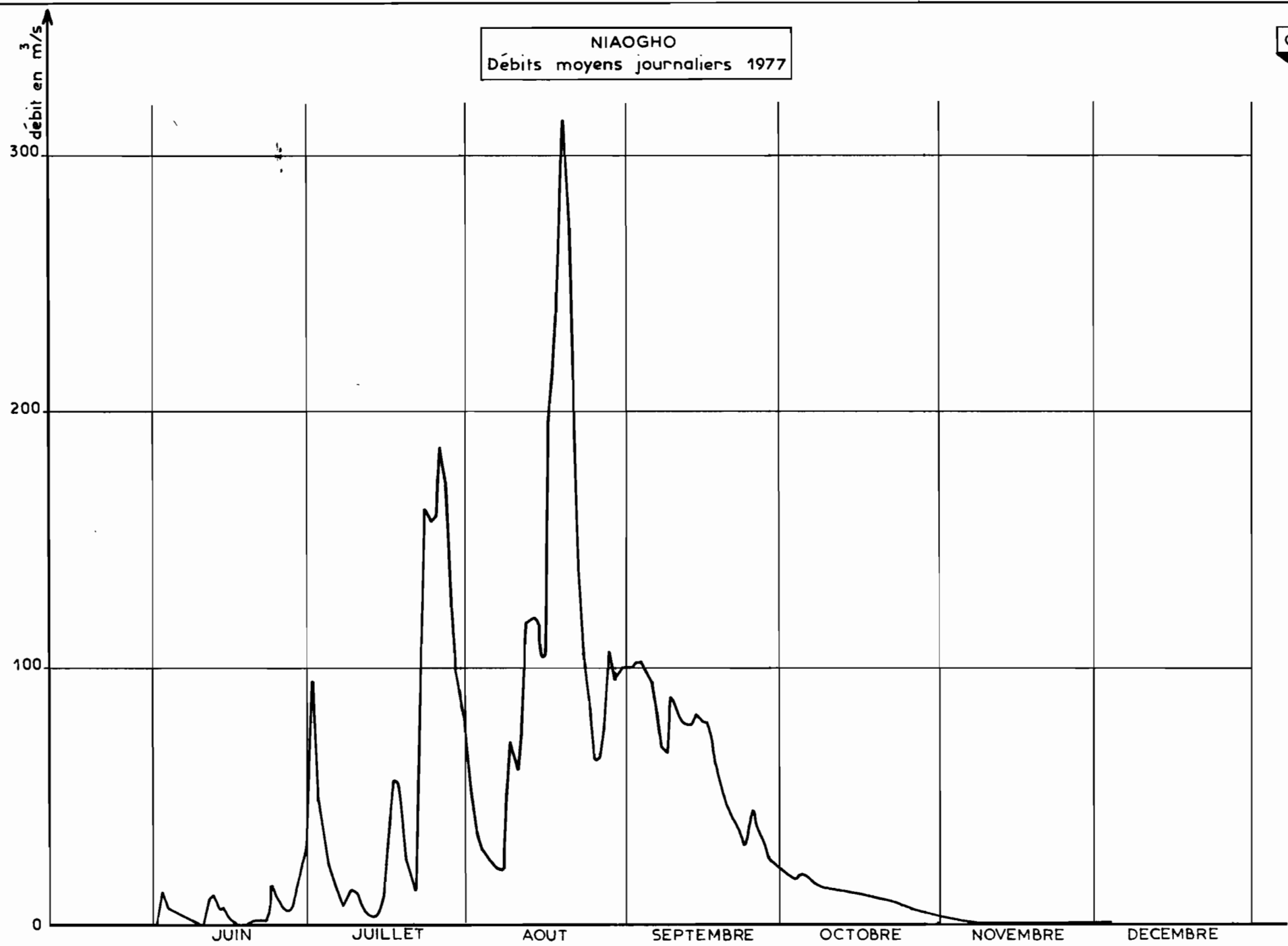
VOLTA BLANCHE à NIAOGHO (30 200 km²)

Débits moyens journaliers 1977 en m³/s

	JAN	FEB	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL.	AoUT	SEPT	OCTO	NOV.	DEC
01							26.1	49.7	100.8	19.4	(é;-)	(0.15)
02							90.7	37.4	102.3	18.1	(2.4)	(0.13)
03						22.3	47.2	31.0	102.1	18.0	(2.2)	(0.12)
04						4.7	34.4	28.2	98.8	18.7	(2.0)	(0.11)
05						3.3	23.8	23.1	95.3	18.7	(1.8)	(0.10)
06						3.3	16.6	21.5	84.3	16.9	(1.6)	(0.09)
07						3.3	9.7	21.4	69.3	15.1	(1.5)	(0.08)
08						2.4	5.0	54.0	67.2	14.0	(1.3)	(0.07)
09						1.1	8.7	71.0	73.7	13.4	(1.2)	(0.06)
10						0.7	13.1	60.0	84.7	12.8	(1.1)	(0.05)
11						0.7	6.0	76.2	79.8	12.6	(1.0)	(0.04)
12						9.2	4.1	120.0	76.5	12.2	(0.9)	(0.03)
13						9.5	3.4	118.9	79.3	11.7	(0.82)	(0.02)
14						4.4	3.8	109.3	82.7	11.3	(0.75)	(0.01)
15						4.3	8.4	104.1	81.0	11.0	(0.67)	(0.01)
16						3.0	41.9	198.2	78.7	10.2	(0.6)	
17						1.6	55.0	214.3	72.7	10.0	(0.55)	
18						0.9	39.0	232.6	59.6	10.0	(0.50)	
19						1.2	25.7	317.9	47.5	10.5	(0.40)	
20						2.6	19.5	272.3	41.1	10.7	(0.42)	
21						2.8	12.3	200.9	35.4	9.2	(0.37)	
22						2.8	93.4	140.6	31.7	7.6	(0.34)	
23						2.4	165.6	97.0	28.3	6.3	(0.32)	
24						14.6	155.7	82.0	33.1	5.6	(0.31)	
25						8.3	163.2	80.7	40.4	5.3	(0.28)	
26						4.7	190.4	64.8	34.8	5.1	(0.25)	
27						4.1	175.0	76.7	31.0	4.5	(0.23)	
28						3.9	113.0	108.3	27.0	4.0	(0.21)	
29						10.4	99.3	94.9	23.5	3.7	(0.19)	
30						19.9	86.7	99.8	21.5	3.4	(0.17)	
31							78.6	100.0		3.2		
.						5.8	58.6	106.6	62.5	10.2	0.90	0.03

NIAOGHO
Débits moyens journaliers 1977

Gr. 2



1.2. La VOLTA BLANCHE à YAKALA (S = 33 000 km²)

1.2.1. Etalonnage

Deux jaugeages de basses eaux ont été effectués à cette station en 1977 :

Date	H en m	Q m ³ /s
13. 7.77	1.18	4.01
10.11.77	1.02	0.84

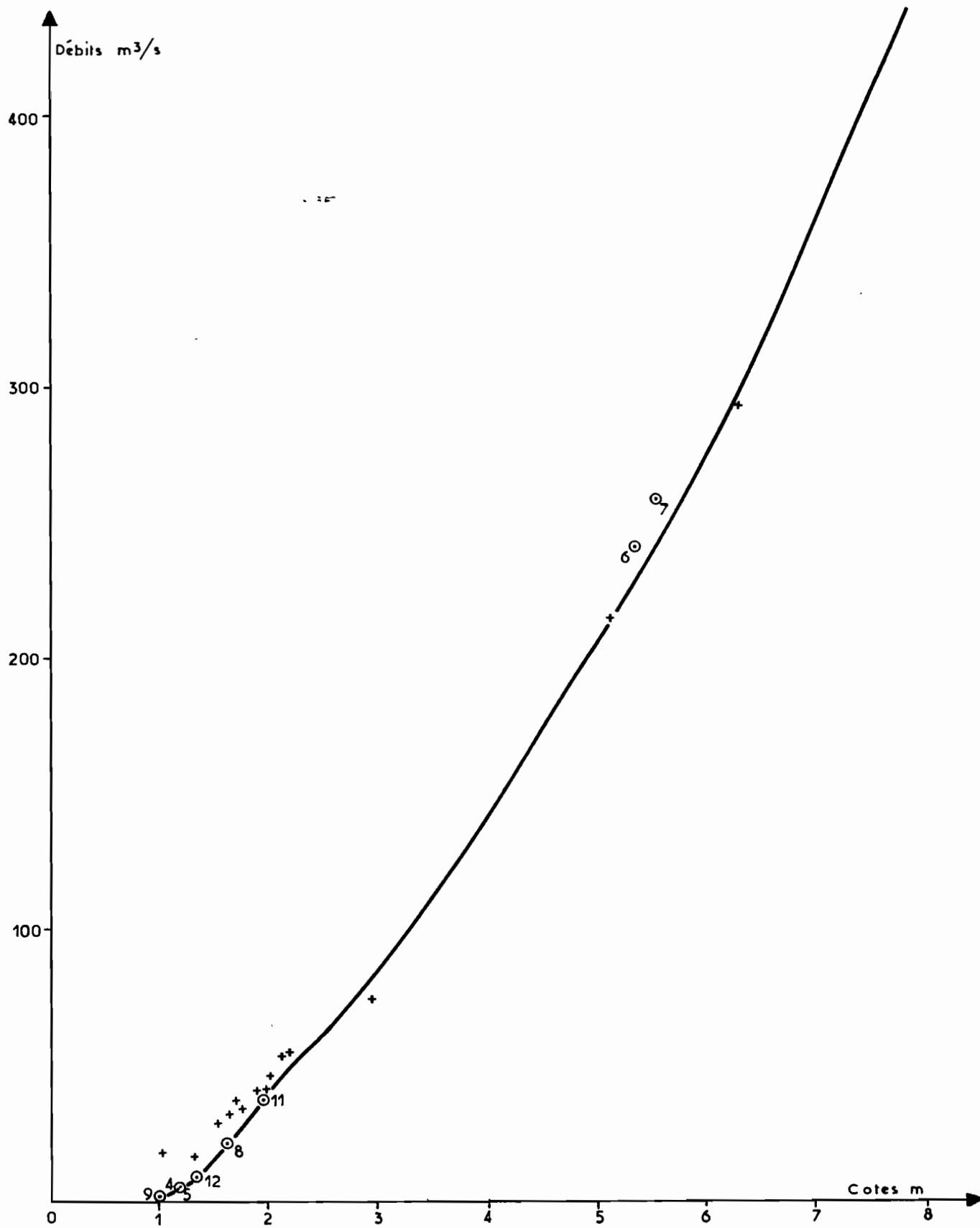
Les jaugeages modifient la courbe d'étalonnage de basses eaux. Il faut cependant souligner que celle-ci est assez peu précise, les buses du radier situé à l'aval de la station pouvant être plus ou moins bouchées.

Le barème adopté cette année est le suivant :

H en m	Q m ³ /S	H en m	Q m ³ /s
0.40	0.0	3.00	86.0
0.60	0.02	3.20	95.8
0.80	0.04	3.40	106
1.00	0.80	3.60	117
1.20	3.80	3.80	128
1.40	12.3	4.00	140
1.60	25.6	4.20	152
1.80	34.0	4.40	165
2.00	39.2	4.60	178
2.20	49.5	4.80	192
2.40	57.7	5.00	206
2.60	66.5	5.20	219
2.80	75.9	5.60	246
3.00	86.0	5.80	261
		6.00	276

Fig. 3

VOLTA-BLANCHE A YAKALA
HAUTES EAUX



1.2.2. Résultats

Le limnigraphe a mal fonctionné du 19 septembre au 11 octobre. Nous avons complété les débits manquants de la façon suivante :

- Nous disposons de 2 lectures d'échelle faites par les capteurs de l'ONCHOCERCOSE le 23.9 (H = 1.70) et le 1.10 (H = 1.00) Du 19.9 au 1.10 la Volta Blanche a décliné régulièrement à Niaogho comme à Bagré, nous avons donc interpolé les débits manquants durant cette période par une exponentielle passant par les 3 points (le 19.9, le 23.9 et le 1.10).

A partir du 1er octobre, nous avons supposé que la corrélation entre les modules mensuels de YAKALA et NIAOGHO pouvait s'appliquer aux débits moyens journaliers.

Rappelons cette corrélation : coefficient $r^2 = 0.9921$

$Q \text{ YAKALA} = 1.1769$ $Q \text{ NIAOGHO} - 1.4381$

Les débits à partir du 11 novembre ont été déterminés en prolongeant la courbe de tarissement.

On trouvera dans le tableau n° II les débits journaliers moyens ainsi obtenus ainsi que les débits moyens mensuels et annuels.

TABLEAU II

VOLTA BLANCHE à YAKALA (S = 33 000 km²)

Débits moyens journaliers 1977 en m³/s

	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC
01						0.0	65.4	67.1	99.0	(21.3)	2.88	(0.14)
02						0.0	68.4	52.0	98.4	(19.2)	2.58	(0.13)
03						0.0	47.7	34.7	115	(19.0)	2.22	(0.12)
04						0.0	32.7	40.5	134	(20.0)	1.86	(0.11)
05						5.43	24.0	20.6	114	(17.6)	1.56	(0.10)
06						4.27	18.4	20.6	98.4	(17.8)	1.41	(0.10)
07						3.75	13.0	23.3	88.8	(15.9)	1.15	(0.09)
08						3.78	9.23	55.7	90.3	(14.7)	1.00	(0.08)
09						3.03	15.3	82.4	111	(14.1)	0.91	(0.07)
10						2.03	13.7	70.9	109	(13.6)	0.85	(0.06)
11						1.29	9.1	78.2	98.4	(13.4)	(0.78)	(0.05)
12						3.19	7.2	123	88.5	11.2	(0.72)	(0.04)
13					0.0	8.04	4.7	126	(90.8)	10.4	(0.66)	(0.03)
14					0.0	10.6	2.8	119	(95.4)	9.33	(0.61)	(0.02)
15					0.0	7.91	2.5	110	(92.5)	8.37	(0.56)	0.0
16					0.0	7.26	13.6	195	(81.5)	8.02	(0.52)	
17					0.0	5.21	54.1	237	(71.5)	7.74	(0.47)	
18					0.0	3.35	46.3	237	(63.0)	7.74	(0.44)	
19					0.0	2.52	36.2	262	(55.5)	7.46	(0.40)	
20					0.0	1.98	26.6	275	(49.0)	7.74	(0.37)	
21					0.0	2.97	20.1	243	(43.5)	7.60	(0.34)	
22					0.0	4.46	50.2	176	(38)	7.11	(0.31)	
23					0.0	4.55	159	124	(33.6)*	6.28	(0.29)	
24					0.0	11.8	174	97.9	(38.8)	5.37	(0.27)	
25					0.0	18.9	162	76.2	(46.1)	5.20	(0.24)	
26					0.0	10.8	180	174.5	(40.3)	5.02	(0.12)	
27					0.0	8.49	200	86.0	(36.1)	4.50	(0.21)	
28					0.0	8.14	168	100	(28.2)	4.13	(0.18)	
29					0.0	25.8	117	127	(25.1)	3.82	(0.17)	
30					0.0	22.3	91.8	113	(23.3)	3.29	(0.15)	
31					0.0		81.8	103		2.92		
Moy.						6.4	61.8	117.7	73.2	10.3	0.811	0.04
mensuel												

* Lecture échelle onchocercose

Module annuel : 22.73 m³/s

1.3. LA VOLTA BLANCHE à BAGRE (S = 34 400 km²)

1.3.1. Etalonnage :

Quatre jaugeages ont été faits en 1977 à cette station :

Date	H en m	Q en m ³ /s
21. 8.77	5.25-5.20	281.0
30. 8.77	3.93-3.89	162.0
11.10.77	1.40	12.06
25.10.77	1.05	5.25

Les jaugeages ne modifient pas la courbe d'étalonnage de l'année précédente - le barème adopté a été le suivant:

H en m	Q m ³ /s	H en m	Q m ³ /s	H en m	Q m ³ /s
0.40	0.0	2.40	66.8	4.60	226
0.60	0.70	2.60	78.4	4.80	245
0.80	1.90	2.80	91.2	5.00	264
1.00	4.70	3.00	104	5.20	287
1.20	10.0	3.20	118	5.40	310
1.40	17.0	3.40	131	5.60	336
1.60	25.2	3.60	147	5.80	363
1.80	35.6	3.80	161	6.00	390
2.00	46.0	4.00	176	6.20	423
2.20	56.4	4.20	192		
		4.40	208		

1.3.2. Résultats

Le limnigraphe a mal fonctionné du 21.8 au 30.8. Pour compléter les débits manquants, nous avons supposé que la corrélation entre les modules mensuels de YAKALA et BAGRE pouvait s'appliquer aux débits moyens journaliers.

Rappelons cette corrélation :

$$Q \text{ BAGRE} = 1.1606 \quad Q \text{ YAKALA} - 1.0653 \quad (r^2 = 0.9925)$$

Les débits à partir du 10 novembre ont été déterminés en prolongeant la courbe de tarissement.

On trouvera dans le tableau n° III les débits moyens journaliers observés et estimés à cette station en 1977.

LA VOLTA-BLANCHE
à BAGRE

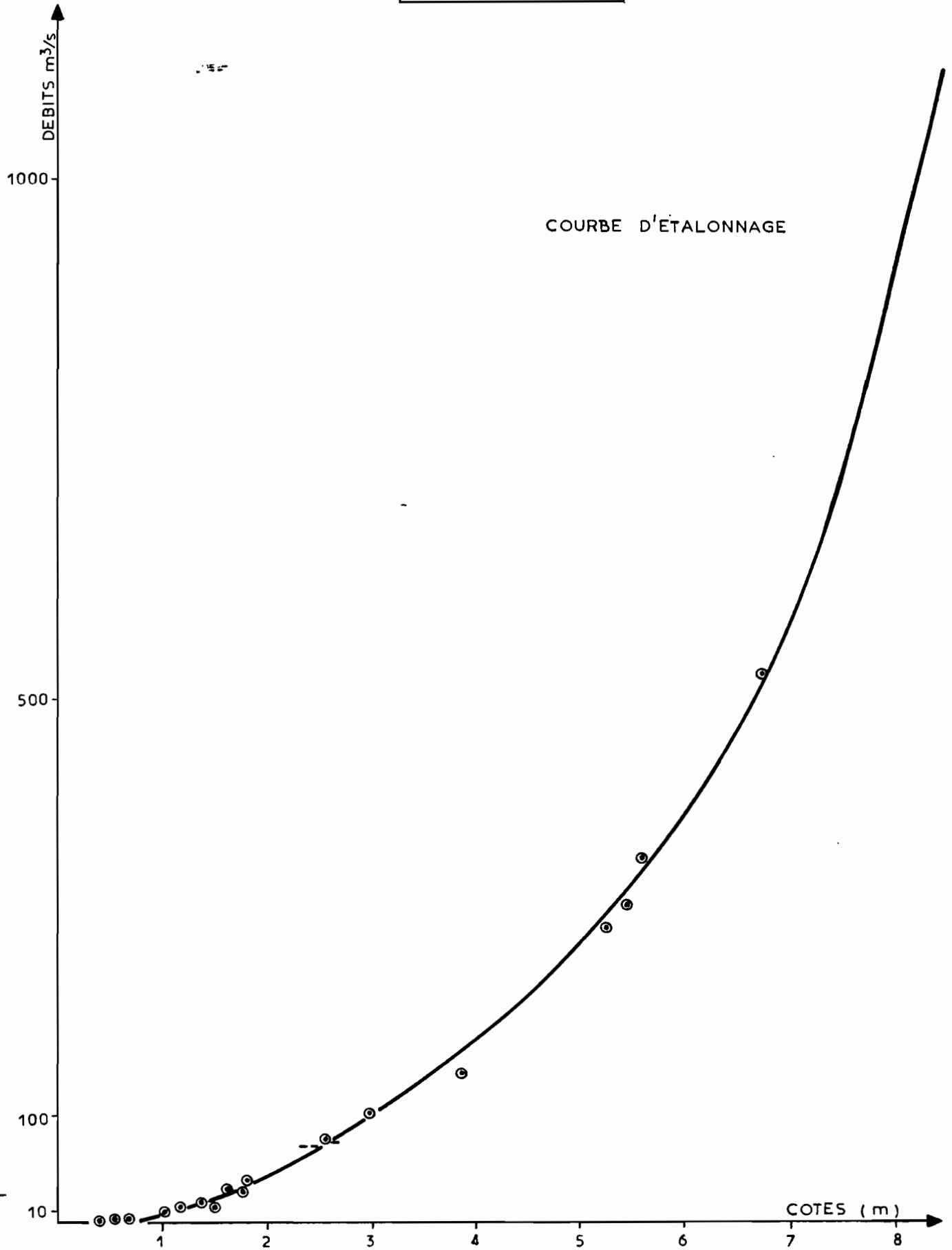


TABLEAU III

VOLTA BLANCHE à BAGRE (S = 34 400 m²)

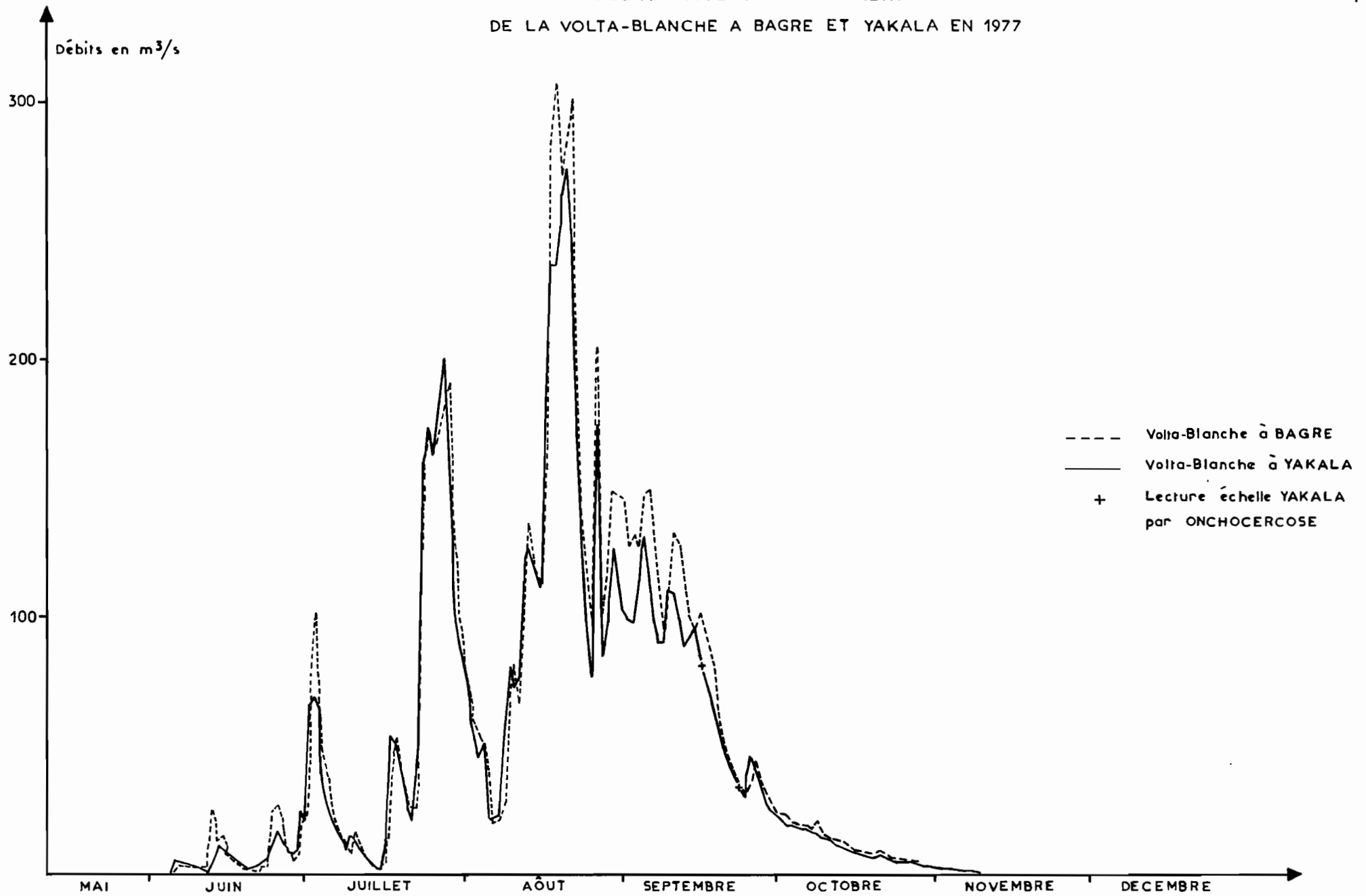
Débits moyens journaliers 1977 en m³/s

	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC
:01:	:	:	:	:	:	0.0	33.7	74.0	128	24.0	2.55	(0.12)
:02:	:	:	:	:	:	0.0	101	59.0	132	23.3	2.20	(0.11)
:03:	:	:	:	:	:	0.0	59.4	45.3	128	20.5	1.95	(0.10)
:04:	:	:	:	:	:	0.77	45.6	41.0	146	19.5	1.75	(0.10)
:05:	:	:	:	:	:	1.28	28.7	32.6	150	19.7	1.55	(0.09)
:06:	:	:	:	:	:	2.82	21.7	20.3	132	19.9	1.45	(0.09)
:07:	:	:	:	:	:	3.40	16.7	21.3	110	18.4	1.25	(0.08)
:08:	:	:	:	:	:	3.13	9.73	27.8	95.3	21.7	1.10	(0.07)
:09:	:	:	:	:	:	3.05	8.93	69.5	98.0	16.9	1.00	(0.06)
:10:	:	:	:	:	:	2.17	16.8	82.7	133	14.9	(0.89)	(0.05)
:11:	:	:	:	:	:	1.47	10.5	69.5	128	14.0	(0.81)	(0.04)
:12:	:	:	:	:	:	24.2	6.62	102	116	14.2	(0.73)	(0.03)
:13:	:	:	:	:	:	12.9	4.52	136	94.3	12.8	(0.67)	(0.02)
:14:	:	:	:	:	:	14.6	3.22	128	95.1	11.4	(0.60)	(0.01)
:15:	:	:	:	:	:	6.91	2.62	115	102	10.3	(0.55)	:
:16:	:	:	:	:	:	5.33	5.25	155	93.3	9.62	(0.50)	:
:17:	:	:	:	:	:	4.50	37.7	:	84.9	8.77	(0.45)	:
:18:	:	:	:	:	:	3.32	53.8	307	73.7	8.25	(0.41)	:
:19:	:	:	:	:	:	2.53	39.3	270	60.3	7.90	(0.37)	:
:20:	:	:	:	:	:	1.67	29.0	:	49.9	8.65	(0.34)	:
:21:	:	:	:	:	:	1.43	25.1	(300)	42.8	8.40	(0.31)	:
:22:	:	:	:	:	:	2.25	28.0	(207)	36.4	7.50	(0.28)	:
:23:	:	:	:	:	:	3.42	118	(146)	81.7	6.75	(0.26)	:
:24:	:	:	:	:	:	24.3	174	(115)	29.7	6.00	(0.23)	:
:25:	:	:	:	:	:	26.9	165	(89.1)	35.1	5.80	(0.21)	:
:26:	:	:	:	:	:	14.2	168	(205)	43.4	5.30	(0.19)	:
:27:	:	:	:	:	:	8.33	199	(101)	37.1	4.65	(0.17)	:
:28:	:	:	:	:	:	5.78	190	(117)	31.1	4.25	(0.16)	:
:29:	:	:	:	:	:	17.0	143	(149)	27.8	3.70	(0.14)	:
:30:	:	:	:	:	:	23.5	101	(133)	25.0	3.30	(0.13)	:
:31:	:	:	:	:	:	:	85.1	146	:	2.80	:	:
Moy. mensuel	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.37	62.3	130.1	83.0	11.7	(0.77)	(0.04)

Module annuel : 24.82 m³/s

Fig. 5

DEBITS MOYENS JOURNALIERS
DE LA VOLTA-BLANCHE A BAGRE ET YAKALA EN 1977



2. Interprétations des données

On trouvera dans les tableaux IV à VI, les fichiers des débits moyens mensuels et annuels observés et estimés à NIAOGHO (11 ans), YAKALA (22 ans) et BAGRE (4 ans).

2.1. Corrélations entre les modules mensuels des différentes stations.

Nous avons 35 mois d'observations communes entre NIAOGHO et YAKALA, 17 mois entre BAGRE et YAKALA. Les droites de régression calculés à partir de ces deux échantillons ont pour équation :

$$\begin{array}{l} Q \text{ YAKALA} = 1.1769 Q \text{ NIAOGHO} - 1.4381 \\ \text{m}^3/\text{s} \qquad \qquad \qquad \text{m}^3/\text{s} \quad (r^2 = 0.9921 \end{array}$$

et

$$\begin{array}{l} Q \text{ BAGRE} = 1.1606 Q \text{ YAKALA} - 1.0658 \\ \text{m}^3/\text{s} \qquad \qquad \qquad r^2 = 0.9925 \end{array}$$

C'est à partir de ces équations que nous avons complété les lacunes des observations à BAGRE et YAKALA.

TABLEAU IV

La VOLTA BLANCHE à NIAOGHO
Fichier opérationnel : débits moyens (m³/s) observés, complétés, corrigés

Année	MAR	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOÛT	SEPT	OCT	NOV	DEC	JANV	FEV	Module
64-65	0.0	0.0	0.0	0.41	40.5	(126)	(225)	(40.0)	(9.0)	(2.0)	(0.085)	0.0	37.0
65-66	0.0	0.0	(0.665)	7.86	17.7	68.7	110	8.84	0.540	0.070	0.020	0.0	21.2
66-67	0.0	0.0	(4.00)	13.0	11.9	31.5	57.0	17.0	0.360	0.050	0.000	0.0	11.3
67-68	0.0	0.0	0.90	3.07	36.5	204	122	38.9	2.54	0.150	0.030	0.0	34.2
68-69	0.0	4.0	10.8	30.8	31.5	29.6	33.7	5.0	0.090	0.0	0.0	0.0	12.2
69-70	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
70-71	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
71-72	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
72-73	0.0	0.0	0.500	21.9	40.8	93.5	26.9	3.00	1.0	0.0	0.0	0.0	15.8
73-74	0.0	3.28	1.50	26.9	31.0	146	80.2	12.6	0.370	0.040	0.010	0.0	25.7
74-75	0.0	0.0	0.694	10.8	10.1	274	115	24.2	1.16	0.081	0.0	0.0	44.4
75-76	0.0	0.0	(6.09)	3.09	64.5	126	124	17.6	1.84	0.160	0.0	0.0	28.5
76-77	0.0	0.0	0.764	13.7	35.8	49.5	40.3	25.4	5.34	0.112	0.0	0.0	14.2
77-78	0.0	0.0	5.85	58.5	58.3	107	62.5	10.2	0.9	0.03	0.0	0.0	20.6

Les valeurs entre parenthèses sont des valeurs estimées
à partir des observations faites à WAYEN et LUMBILLA.

TABBEAU V

LA VOLTA BLANCHE à YAKALA

Fichiers opérationnel : débits moyens (m3/s) observés, complétés, corrigés

Année	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	JANV	FEV	Module
56-57	0.015	0.317	1.84	19.3	17.6	154	294	54.1	9.79	2.48	0.913	0.682	51.3
57-58	0.574	0.420	14.0	16.6	59.0	113	120	(30.0)	3.55	1.21	0.607	0.130	30.1
58-59	0.095	0.052	10.5	20.7	27.9	255	.	21.8	4.36	0.772	0.006	0.0	48.2
59-60	0.0	0.0	2.89		28.9	298	197	28.0	3.56	0.465	0.0	0.0	47.4
60-61	0.0	0.0	7.78	6.71	35.0	63.5	112	22.6	1.16	0.0	0.0	0.0	20.8
61-62	0.0	0.0	0.0	17.2	101	188	271	53.0	5.62	0.566	0.0	0.0	53.2
62-63	0.0	0.0	2.10	20.4	31.0	191	289	51.1	5.80	0.903	0.100	0.0	49.4
63-64	0.0	0.0	(1.70)	13.9	45.6	130	53.8	6.34	1.60	0.004	0.0	0.0	21.2
64-65	(0.0)	(0.0)	(0.0)	(0.59)	(51.4)	(161)	(276)	(46.4)	(9.79)	(2.48)	(0.108)	0.0	45.7
65-66	0.0	0.0	(2.0)	(14.0)	(20.0)	(80)	118	40.3	8.16	1.10	0.0	0.0	23.7
66-67	0.0	0.0	(2.0)	(15.0)	(12.0)	40.2	65.6	21.7	1.0	0.500	0.0	0.0	13.2
67-68	0.0	0.0	(2.0)	(5.0)	(45.0)	247	149	42.8	2.79	0.0	0.0	0.0	41.4
68-69	0.0	0.0	6.8	40.2	37.9	27.5	34.0	3.64	0.0	0.0	0.0	0.0	12.5
69-70	0.0	0.0	0.0	4.98	55.8	102	211	25.9	2.94	0.400	0.0	0.0	33.6
70-71	0.0	0.0	0.0	5.99	55.5	162	118	20.7	0.581	0.0	0.0	0.0	30.5
71-72	(0.0)	(0.0)	(4.15)	(4.69)	(45.8)	(102)	(157)	(22.7)	(1.51)	(0.0)	(0.0)	(0.0)	28.2
72-73	(0.0)	(0.0)	(0.92)	(27.5)	(44.5)	(103)	(28.3)	(2.99)	(0.935)	(0.0)	(0.0)	(0.0)	17.5
73-74	(0.0)	(6.74)	(1.94)	(35.4)	(35.4)	(168)	(88.5)	(13.2)	(0.363)	(0.0)	(0.0)	(0.0)	29.5
74-75	(0.0)	(0.0)	(0.0)	(11.3)	(118)	(323)	(135)	(27.2)	(1.00)	(0.0)	(0.0)	(0.0)	51.9
75-76	0.0	0.0	(5.67)	(2.12)	81.8	133	153	16.7	0.570	0.055	0.0	0.0	32.9
76-77	0.0	0.0	5.83	8.92	(23.4)	(51.3)	(47.4)	(36.8)	(7.6)	0.240	0.0	0.0	15.1
77-78	0.0	0.0	0.0	6.4	61.8	117.7	73.2	10.3	0.811	0.04	0.0	0.0	22.7

Les valeurs entre parenthèses sont des valeurs estimées à partir d'observations faites à NIAOGHO, YARUGU et BAGRE

TABLEAU VI

LA VOLTA BLANCHE A BAGRE

Débits moyens (m³/s) mensuels

Année	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	Modu
74-75	0.0	0.0	0.106	(10.6)	116.8	484	139	42.5	2.16	0.101	0.0	0.0	67.2
75-76	0.0	0.0	4.89	1.1	93.1	147	192	19.5	0.782	0.117	0.0	0.0	38.3
76-77	0.0	0.0	8.50	10.5	26.7	59.7	49.3	42.5	8.0	0.433	0.0	0.0	17.3
77-78	0.0	0.0	0.0	7.3	62.3	130.1	83.0	11.7	0.77	0.04	0.0	0.0	24.8

Les valeurs entre parenthèses sont estimées à partir de celles de YAKALA.

2.2. Etudes des Modules

2.2.1. Modules moyens

Le module moyen de YAKALA a été calculé à partir des 22 années d'observations.

Pour NIAOGHO, on a complété les onze années d'observations, en utilisant la corrélation Q YAKALA/ Q NIAOGHO déterminée plus haut. C'est à partir de cet échantillon de 22 années que l'on a calculé le module interannuel.

Pour BAGRE, on a supposé que la corrélation déterminée au paragraphe 2.2, entre les débits moyens mensuels de YAKALA et BAGRE, était valable pour le module interannuel.

On obtient ainsi :

	MAR	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	JANV	FEV	Module
NIAOGHO	0.431	2.28	13.3	44.8	124	116	24.8	3.15	0.31	0.022	0.0	27.6	
YAKALA	0.0	0.433	3.28	13.8	49.7	145.9	146.6	25.4	3.34	0.510	0.079	0.0	32.7
BAGRE	0.0	0.433	3.28	15.0	56.6	168.2	169.1	28.4	3.34	0.510	0.079	0.0	36.9

Modules moyens mensuels et annuels en m³/s

2.2.2. Distribution des modules annuels

Lors de l'élaboration de la monographie des Volta, avait été effectué l'ajustement, par la méthode du maximum de vraisemblance, de 5 types de loi (GAUSS, GALTON, GUMBEL, PEARSON, GOORICH) à chacun des 2 échantillons des modules annuels à YAKALA et NIAOGHO (18 ans). C'est la loi de PEARSON qui satisfaisait le mieux les tests d'adéquation.

C'est donc ce type de loi que nous avons ajusté aux deux échantillons de 22 années de modules annuels YAKALA et NIAOGHO -

Rappelons qu'une loi de PEARSON (ou gamma incomplète) est de type, si F(x) est la fréquence au non dépassement :

$$\int_0^u F(x) = \frac{1}{\Gamma(r)} \int_0^u u^{r-1} e^{-u} \quad \text{avec } u = \frac{x - x_0}{s}$$

r étant un paramètre de forme
 x₀ " " " de position
 s " " " d'échelle

Les ajustements ont fourni les valeurs suivantes :

	NIAOGHO	YAKALA
Taille échantillon (années)	22	22
Moyenne (m ³ /s)	27.60	32.73
\bar{x}	6.80	2.66
x_c (m ³ /s)	0.0	8.15
s (m ³ /s)	4.06	9.24

Pour estimer les modules de différentes fréquences à BAGRE, vu la proximité entre les stations de YAKALA et BAGRE, nous avons supposé que les rapports $\frac{Q_F}{Q_0.5}$ entre module annuel de fréquence donnée et module médian, se conservent entre BAGRE et YAKALA. Ce qui est d'ailleurs presque vérifié entre NIAOGHO et YAKALA pour les années sèches et humides.

Le module médian de BAGRE a été évalué à 33,5 m³/s inférieur au module moyen (36,9) dans le même rapport qu'à YAKALA.

On trouvera dans les tableaux suivants :

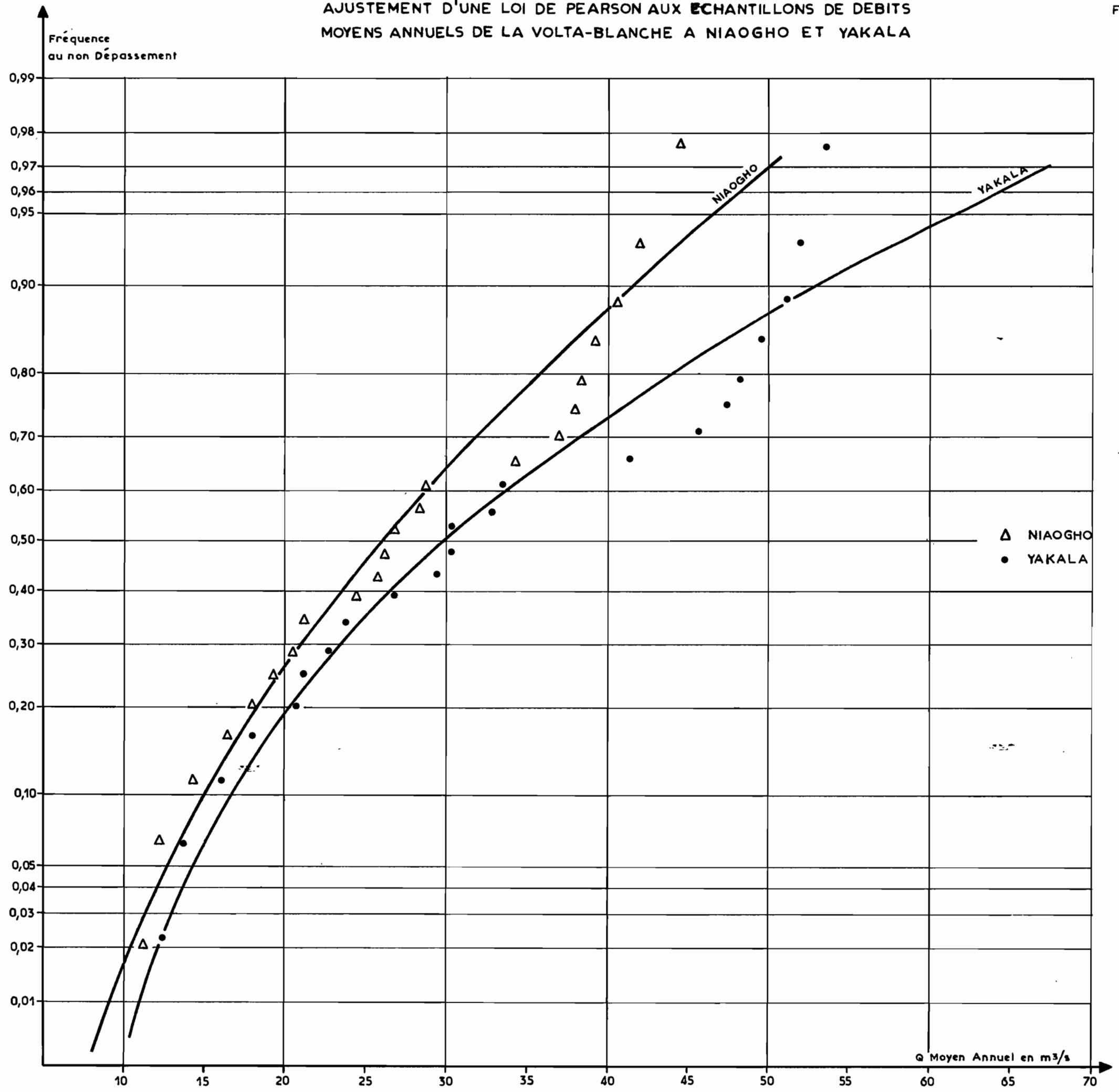
- les valeurs caractéristiques des modules ainsi que celles du rapport $Q_F/Q_0.5$, pour NIAOGHO,
- les valeurs des apports annuels.

Fréquence de non dépassement	NIAOGHO		YAKALA		BAGRE	
	Module m ³ /s	QF/Q05	Module m ³ /s	QF/Q05	Module m ³ /s	QF/Q05
0.01	9.01	0.34	11.16	0.37	12.4	0.37
0.02	10.40	0.40	12.17	0.41	13.7	0.41
0.05	12.78	0.49	14.15	0.48	16.1	0.48
0.10	15.20	0.58	16.45	0.55	18.4	0.55
0.20	18.54	0.71	20.04	0.67	22.4	0.67
0.50	26.26	1.00	29.73	1.00	33.5	1.00
0.80	35.90	1.37	43.71	1.47	49.2	1.47
0.90	41.74	1.59	52.92	1.78	59.6	1.78
0.95	47.00	1.79	61.56	2.07	69.3	2.07
0.98	53.41	2.03	72.46	2.43	81.4	2.43
0.99	57.98	2.21	80.42	2.70	90.5	2.70

Distribution statistiques des modules

AJUSTEMENT D'UNE LOI DE PEARSON AUX ÉCHANTILLONS DE DÉBITS MOYENS ANNUELS DE LA VOLTA-BLANCHE A NIAOGHO ET YAKALA

Fig. 6



Ce qui donne pour les apports annuels en 10^6 m^3 :

	Année: :décen: :sèche:	Année :moy.:	Année: :humide:
NIAOGHO	479	828	1316
YAKALA	519	937	1669
BAGRE	580	1056	1879

2.3. Répartition des apports :

L'essentiel des apports se fait durant le mois d'août et septembre. Rappelons à ce sujet la relation établie par MONIOD dans la monographie des Volta, entre les valeurs interannuelles du module M et les débits moyens journaliers d'août - septembre Q AS

$$M = 0,215 \overline{Q_{AS}}^{1.017}$$

Pour la station de YAKALA, il a été calculé, toujours dans la monographie des VOLTA, les caractéristiques de la loi normale appliquées mois par mois à la distribution des débits moyens mensuels (18 ans).

Ces valeurs sont indiquées dans le tableau suivant :

F	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	TOT.
													écart
:25%:	:	:	1.4	5.8	14.8	48.9	54.7	9.9	1.4	0.4	:	:	:
:50%:	0	0	0.8	3.9	11.3	36.3	39.7	7.1	0.9	0.2	0	0	100
:75%:	:	:	0.2	2.0	7.8	23.7	24.3	4.3	0.4	0	:	:	:
:CV :	:	:	1.16	0.71	0.46	0.51	0.57	0.587	0.893	1.32	:	:	:

Coefficient mensuel du volume écoulé et intervalle interquartile à YAKALA (CV = Coefficient de variation)

2.3.1. Apports de début de saison (mars à juillet inclus)

On a ajusté graphiquement 2 lois log normal de même écart type aux 2 échantillons des apports de début de saison à NIAOGHO (11 ans) et YAKALA (22 ans).

Pour les différentes fréquences, le rapport entre les apports de début de saison de YAKALA et de NIAOGHO est constant et égal à 1.18, valeur de la pente de la droite de régression entre les modules mensuels de ces deux stations.

Pour estimer les apports à BAGRE, on a supposé qu'ils suivaient également une loi log normal de même écart type et le rapport entre ceux de YAKALA et BAGRE pour une même fréquence a été pris à 1,16, pente de la droite de régression entre les modules mensuels des 2 stations.

Nous obtenons alors .

F	Apports Mars-Juil à NIAOGHO en Mm3	Apports Mars-Juil à YAKALA en Mm3	Apports Mars-Juil à BAGRE en Mm3
0.9	85.6	101	117
0.8	101	120	139
0.7	115	136	158
0.5	142	168	195
0.3	175	206	239
0.2	197	232	269
0.1	236	279	323

2.4. Etude des crues

Les débits maxima annuels observés à NIAOGHO, YAKALA et BAGRE sont indiqués dans le tableau VII, ainsi que le rapport des débits de crues entre NIAOGHO et YAKALA d'une part, BAGRE et YAKALA d'autre part, pour les années d'observations communes

2.4.1. Estimation des crues à YAKALA

A l'échantillon constitué par les 18 premiers maxima observés (56 à 73), a été ajustée dans la monographie de la VOLTA, une loi de GODRICH :

$$F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x-x_0}{s}\right)^{1/5}}$$

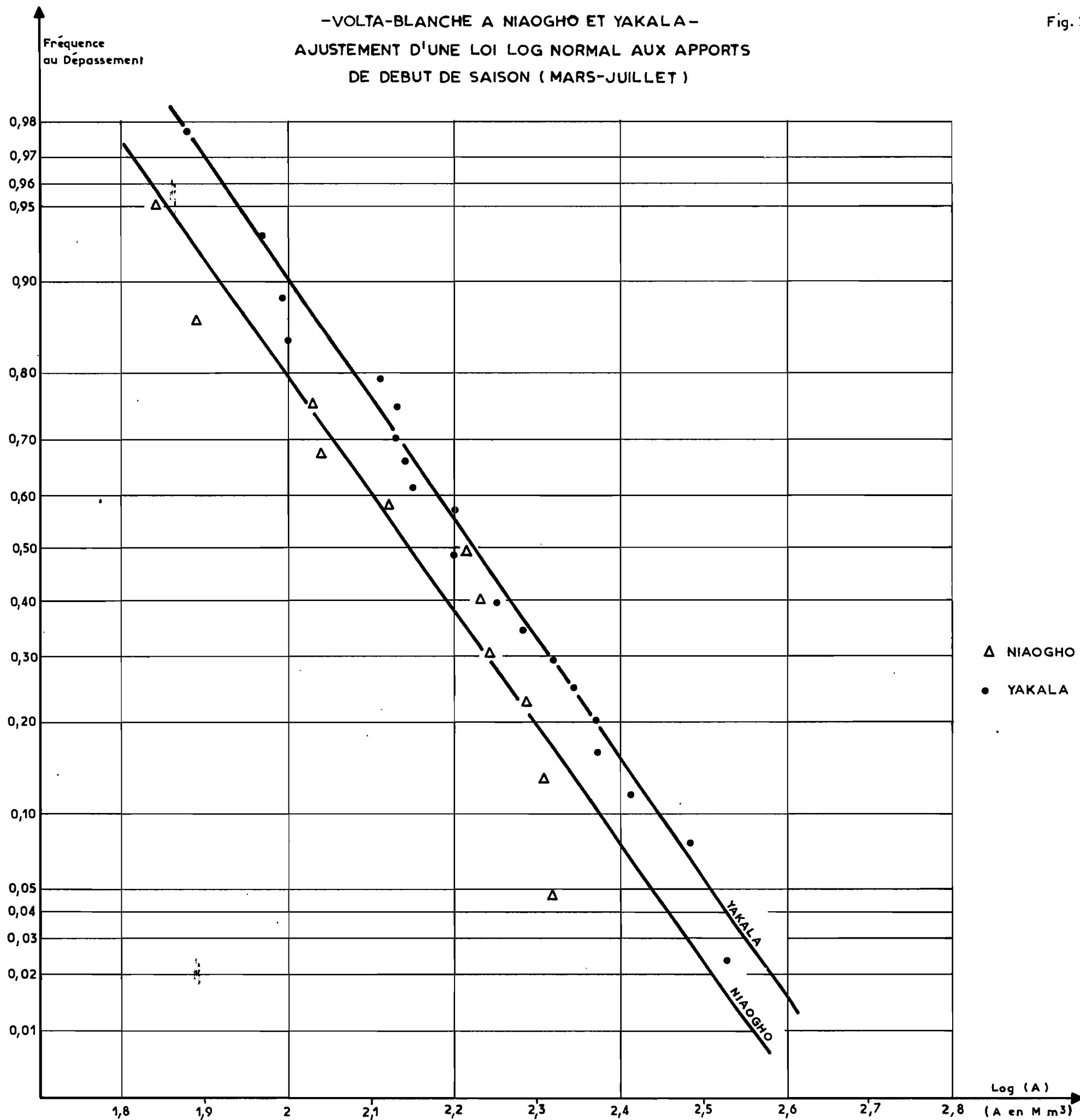
avec $F(x)$ = Fréquence du non dépassement
 x = paramètre de position = 64 m3/s
 s = paramètre d'échelle = 314 m3/s
 = paramètre de forme = 0.418

Cet ajustement reste valable pour l'échantillon de 22 années (56 à 77)

Les valeurs caractéristiques des débits de crues à YAKALA sont donc :

Période de retour	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
Débits de crues : à YAKALA (m3/s) :	334	448	510	562	618	660

-VOLTA-BLANCHE A NIAOGHO ET YAKALA-
 AJUSTEMENT D'UNE LOI LOG NORMAL AUX APPORTS
 DE DEBUT DE SAISON (MARS-JUILLET)



2.4.2. Estimation des crues à NIAOGHO et BAGRE

Il est difficile d'estimer les crues à NIAOGHO et BAGRE à partir de celles de YAKALA ; les crues observées la même année à BAGRE, YAKALA et NIAOGHO n'ont pas forcément la même fréquence. En effet, les crues de BAGRE peuvent être la résultante de celles du TCHERBO et de la VOLTA BLANCHE, (comme en 1974), celles de YAKALA, de la KOULIPELE et de la VOLTA BLANCHE. De plus, les crues exceptionnelles de la DOUGOULA MONDI vont s'étaler entre NIAOGHO et BAGRE, on pourra ainsi obtenir, comme en 1977, des débits plus grands à NIAOGHO qu'à YAKALA.

Quoiqu'il en soit, les valeurs du rapport entre les crues médianes, quinquennales et décennales (1,5 ; 1,6 et 1,7) de BAGRE et YAKALA, choisies par B. POUYAUD dans le précédent rapport semblent raisonnables. Pour l'estimation des crues à NIAOGHO, nous avons choisi comme valeurs des rapports analogues pour YAKALA et NIAOGHO, respectivement 0,9 ; 0,8 et 0,75.

Nous avons alors :

Période de retour	2 ans	5ans	10 ans
Débit de crue à BAGRE (M3/s)	500	720	870
Débit de crue à NIAOGHO (M3/s)	300	358	382

L'estimation des crues de fréquence plus rares serait trop imprécise. Disons simplement pour fixer les idées qu'une coïncidence parfaite des crues décennales du TCHERBO et de la VOLTA BLANCHE donnerait un débit compris entre 1000 et 1100 m3/s.

TABLEAU VII

Débits maxima annuels de la VOLTA BLANCHE
à NIAOGHO, BAGRE et YAKALA (m³/s)

Année	NIAOGHO		YAKALA	BAGRE	
	Q	Q NIAOGHO Q YAKALA		Q	Q BAGRE Q YAKALA
56			448		
57			248		
58			535		
59			454		
60			302		
61			312		
62			439		
63			277		
64			500		
65	168	0.90	187		
66			161		
67	368	0.82	447		
68			133		
69			414		
70			349		
71			200		
72	279	0.88	320		
73			250		
74	392	0.75	520	925	1.78
75	256	0.93	273	395	1.45
76	172	0.86	200	266	1.33
77	326	1.17	279	329	1.17

II - ETUDE DU TCHERBO A BAGRE

1. Campagne 1977

S = 972 km²

1.1. Etalonnage

Trois jaugeages ont été effectués cette année à cette station ce qui a permis de compléter la courbe d'étalonnage.

Date	H en m	Q m ³ /s
28-7	0.69	2.6
30-8	254-251	39.5
20-9	0.86	4.76

Le barème hauteur/débits adopté a été le suivant :

H en m	Q m ³ /s	H en m	Q m ³ /s
0.20	0.0	2.20	33.0
0.40	0.70	2.40	36.3
0.60	1.90	2.60	41.6
0.80	3.70	2.80	46.0
1.00	6.70	3.00	50.4
1.20	10.8	3.20	54.7
1.40	15.6	3.40	59.2
1.60	19.8		
1.80	24.3		
2.00	28.6		

1.2. Résultats

Le limnigraphe a mal fonctionné du 30.8 au 19.9. Pour estimer les apports du TCHERBO durant cette période on a supposé que :

$$AT = \frac{ST}{SB-SY} \times (AB - AY)$$

avec AT = Apports du TCHERBO à BAGRE
 AY = Apports de la VOLTA BLANCHE à YAKALA
 AB = Apports de la " " à BAGRE
 ST = Surface du BV du TCHERBO à BAGRE
 SY = " " " de la VOLTA BLANCHE à YAKALA
 SB = " " " " " " à BAGRE

Ceci a permis d'estimer le débit moyen mensuel mais pas de reconstituer les débits journaliers manquants.

Fig. 8

TCHERBO A BAGRE

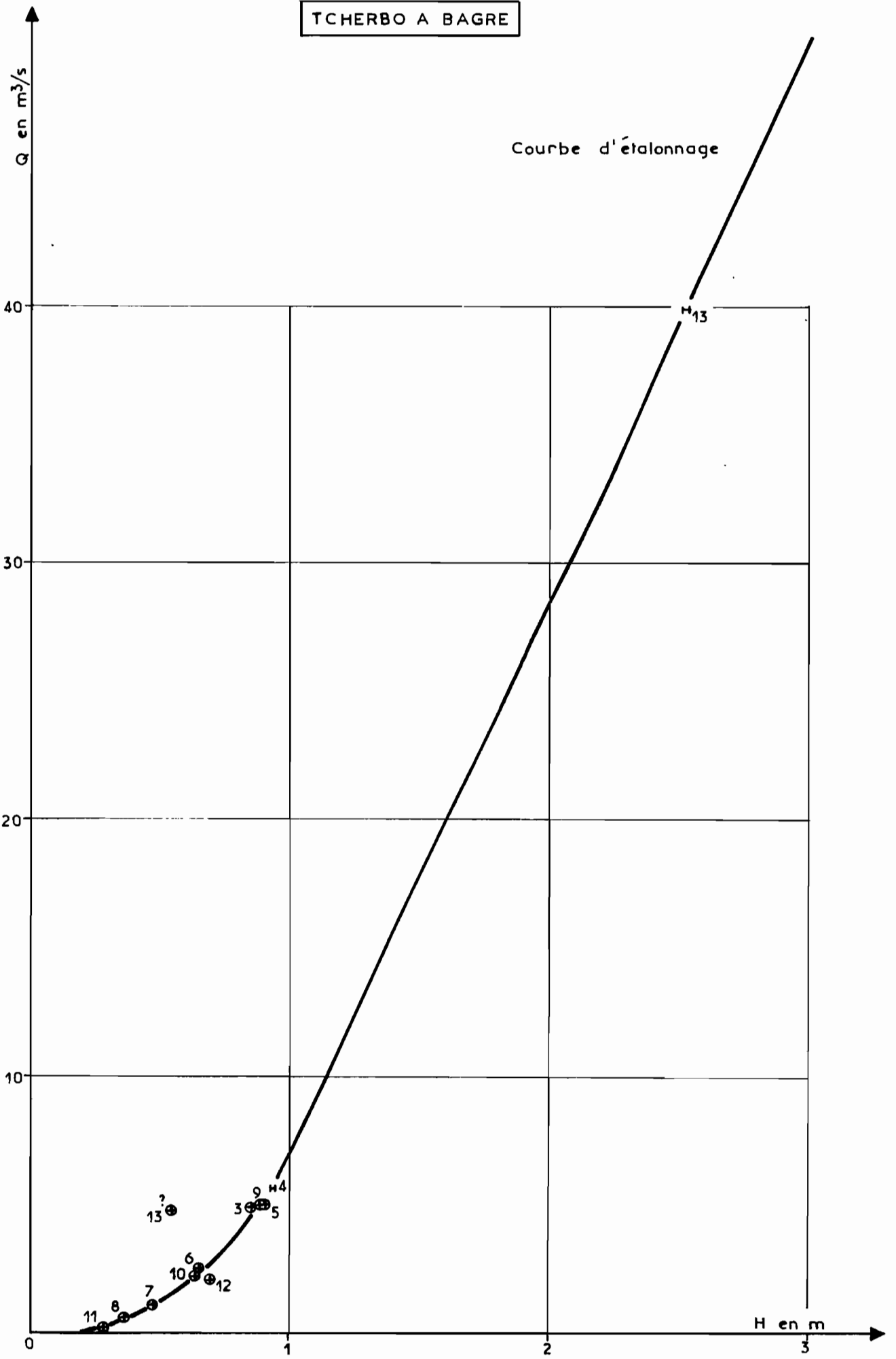


TABLEAU VIII

TCHERBO à BAGRE (S = 972 km²)

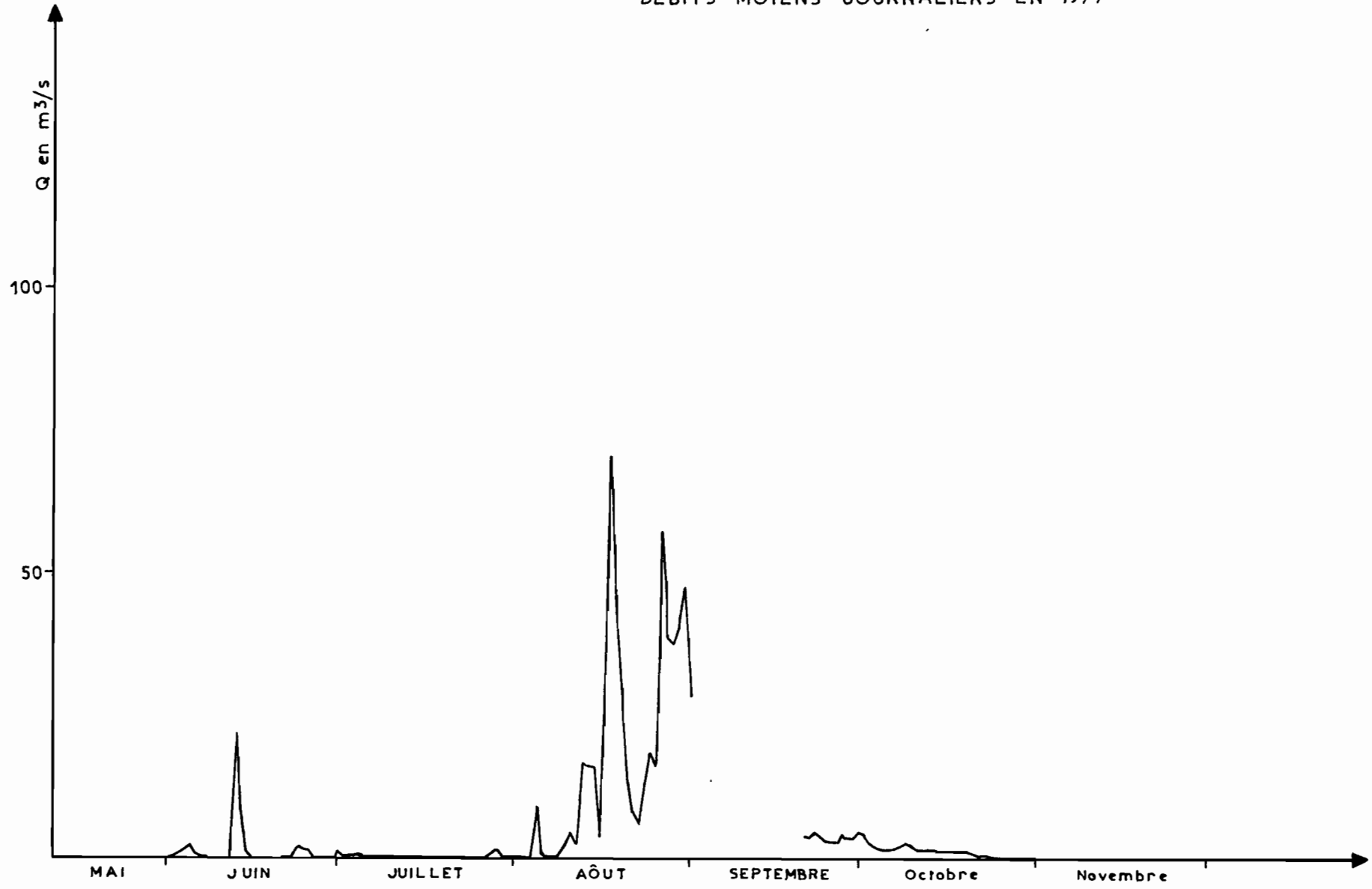
Débits moyens journaliers 1977 en m³/s

	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC
:01:	:	:	:	:	:	0.0	0.34	0.0	:	4.18	:	:
:02:	:	:	:	:	:	0.0	0.64	0.0	:	2.83	:	:
:03:	:	:	:	:	:	1.11	0.88	0.02	:	2.15	:	:
:04:	:	:	:	:	:	2.41	0.36	9.00	:	1.86	:	:
:05:	:	:	:	:	:	0.55	0.09	0.0	:	1.66	:	:
:06:	:	:	:	:	:	0.15	0.09	0.19	:	1.54	:	:
:07:	:	:	:	:	:	0.04	0.08	0.18	:	1.90	:	:
:08:	:	:	:	:	:	0.0	0.0	0.84	:	2.79	:	:
:09:	:	:	:	:	:	0.0	0.0	2.28	:	2.10	:	:
:10:	:	:	:	:	:	0.0	0.0	4.65	:	1.64	:	:
:11:	:	:	:	:	:	0.0	0.0	2.24	:	1.56	:	:
:12:	:	:	:	:	:	21.9	0.0	16.2	:	1.67	:	:
:13:	:	:	:	:	:	8.58	0.0	15.9	:	1.77	:	:
:14:	:	:	:	:	:	1.13	0.0	15.5	:	1.43	:	:
:15:	:	:	:	:	:	0.44	0.0	3.69	:	1.40	:	:
:16:	:	:	:	:	:	0.10	0.0	26.6	:	1.36	:	:
:17:	:	:	:	:	:	0.02	0.0	70.8	:	1.35	:	:
:18:	:	:	:	:	:	0.0	0.0	46.5	:	1.35	:	:
:19:	:	:	:	:	:	0.0	0.0	27.7	:	1.30	:	:
:20:	:	:	:	:	:	0.10	0.02	13.8	3.58	0.84	:	:
:21:	:	:	:	:	:	0.14	0.0	7.18	3.58	0.35	:	:
:22:	:	:	:	:	:	0.04	0.0	5.80	4.33	0.12	:	:
:23:	:	:	:	:	:	2.00	0.0	12.1	3.54	0.03	:	:
:24:	:	:	:	:	:	1.74	0.0	18.3	2.99	0.0	:	:
:25:	:	:	:	:	:	1.65	0.0	16.8	2.93	0.0	:	:
:26:	:	:	:	:	:	0.13	0.02	57.3	2.94	0.0	:	:
:27:	:	:	:	:	:	0.06	0.71	38.6	4.00	0.0	:	:
:28:	:	:	:	:	:	0.0	1.85	37.2	3.40	0.0	:	:
:29:	:	:	:	:	:	0.66	0.28	41.9	3.35	0.0	:	:
:30:	:	:	:	:	:	1.21	0.08	47.9	4.36	0.0	:	:
:31:	:	:	:	:	:	:	0.0	(28)	:	0.0	:	:
:Moyenne mensuelle	:	:	:	:	:	1.99	0.175	(18.3)	(11.5)	1.20	0.0	:

Module annuel = 2,78 m³/s

Fig. 9

TCHERBO A BAGRE
DEBITS MOYENS JOURNALIERS EN 1977



2 . Interprétation des données

Pour l'estimation des apports et des crues du TCHERBO à BAGRE, nous ne disposons que de peu de données :

- les relevés pluviométriques aux postes de TENKODOGO et GARANGO,

- deux années d'observations des débits :

Année	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	Module
76-77	0.0	0.0	0.06	0.105	1.01	2.33	2.12	2.67	0.171	0.0	0.0	0.0	0.706
77-78	0.0	0.0	0.0	1.99	0.175	(18.3)	11.5	1.20	0.0	0.0	0.0	0.0	2.78

Heureusement, l'ORSTOM avait étudié un bassin très semblable à celui du TCHERBO, celui de la KOULIPELE à NIARBA (572 km²), affluent de la VOLTA BLANCHE qui rejoint celle-ci entre NIAOGHO et YAKALA. Nous avons donc pu utiliser les résultats de cette étude qui sont publiés dans le rapport de J.C.KLEIN "Etude hydrologique de Bassins Représentatifs dans le SUD EST de la Haute-Volta (région de Manga) - rapport définitif (1963-1965)".

Malgré cela, les estimations que nous allons proposer seront très imprécises et ne donneront que des ordres de grandeur.

2.1. Etude des apports annuels

Pour estimer les apports annuels du TCHERBO à BAGRE, nous avons fait les hypothèses suivantes :

a) la relation moyenne liant la pluie moyenne annuelle, P_m , au coefficient d'écoulement est identique pour le bassin de la KOULIPELE à NIARBA et du TCHERBO à BAGRE, est de la forme :

$$K_e = a - \frac{b}{P_m}$$

b) la pluie moyenne annuelle sur le bassin du TCHERBO peut être estimée par la moyenne des hauteurs annuelles de pluie aux ponts de TENKODOGO et GARANGO.

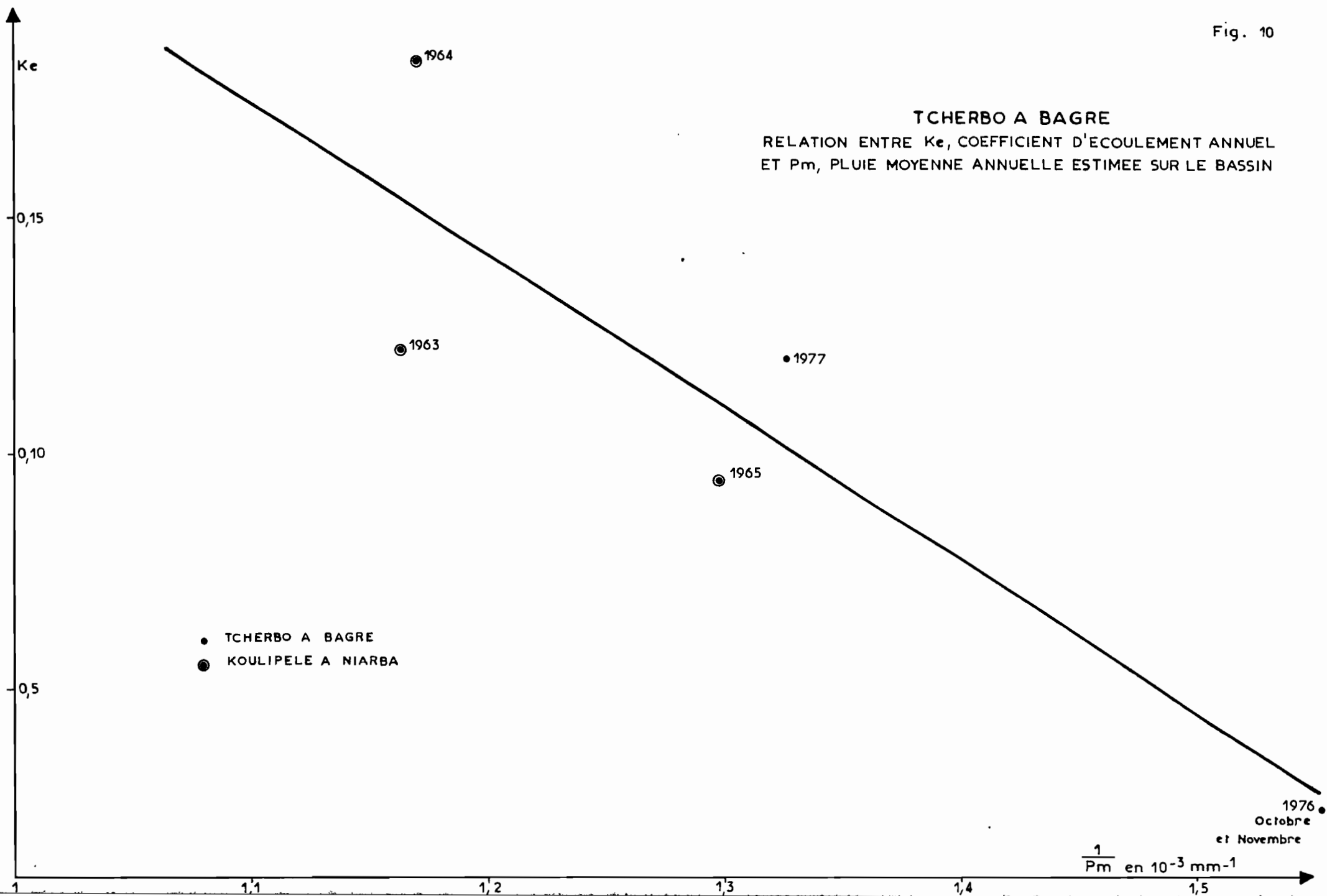
2.1.1. Détermination de la relation K_e/P_m

Pour les deux années d'observations du TCHERBO, nous avons les bilans hydrologiques suivants :

Année	P_m mm	L_e mm	K_e %
1977	754	90	12.0
1976	766	22.9	3.0
1976 - octobre et novembr:	644	15.5	2.4

L'année 1976 ne pouvait être utilisée directement pour déterminer une relation K_e/P_m . En effet, elle a été exceptionnelle par sa répartition des pluies : les mois de juillet, août et septembre ont été déficitaires, en revanche dans la dernière semaine d'octobre, alors que le TCHERBO était déjà à sec, il est tombé une hauteur de pluie de 133 mm à GARANGO et 115 mm à TENKODOGO. Les proportions, 0,14 et 0,18, entre la hauteur de pluie du mois d'octobre et le total annuel, n'avaient jamais été atteintes depuis la création de ces deux postes. Et il faut, en outre, faire remarquer, qu'en règle générale les pluies du mois d'octobre tombent dans la première quinzaine et non, comme ici, dans la dernière semaine.

Fig. 10



Or, il est évident que les pluies tardives ne créeront pas un ruissellement comparable à celui qu'elles auraient eu en tombant au milieu de l'hivernage.

Dans la détermination de la relation Ke/P_m , nous n'avons donc considéré que le bilan hydrologique du 1er mars au 15 octobre.

Pour les trois années d'observations de la KOULI-PELE à NIARBA, nous avons les bilans hydrologiques suivants :

Année	P_m en mm	L_e en mm	Ke en %
1963	860	104.9	12.2
1964	855	156.3	18.3
1965	770	72.4	9.4

Aux trois points ($Ke, 1/P_m$) nous avons ajusté la droite d'équation :

$$Ke = 0.53 \frac{-324.8}{P_m}$$

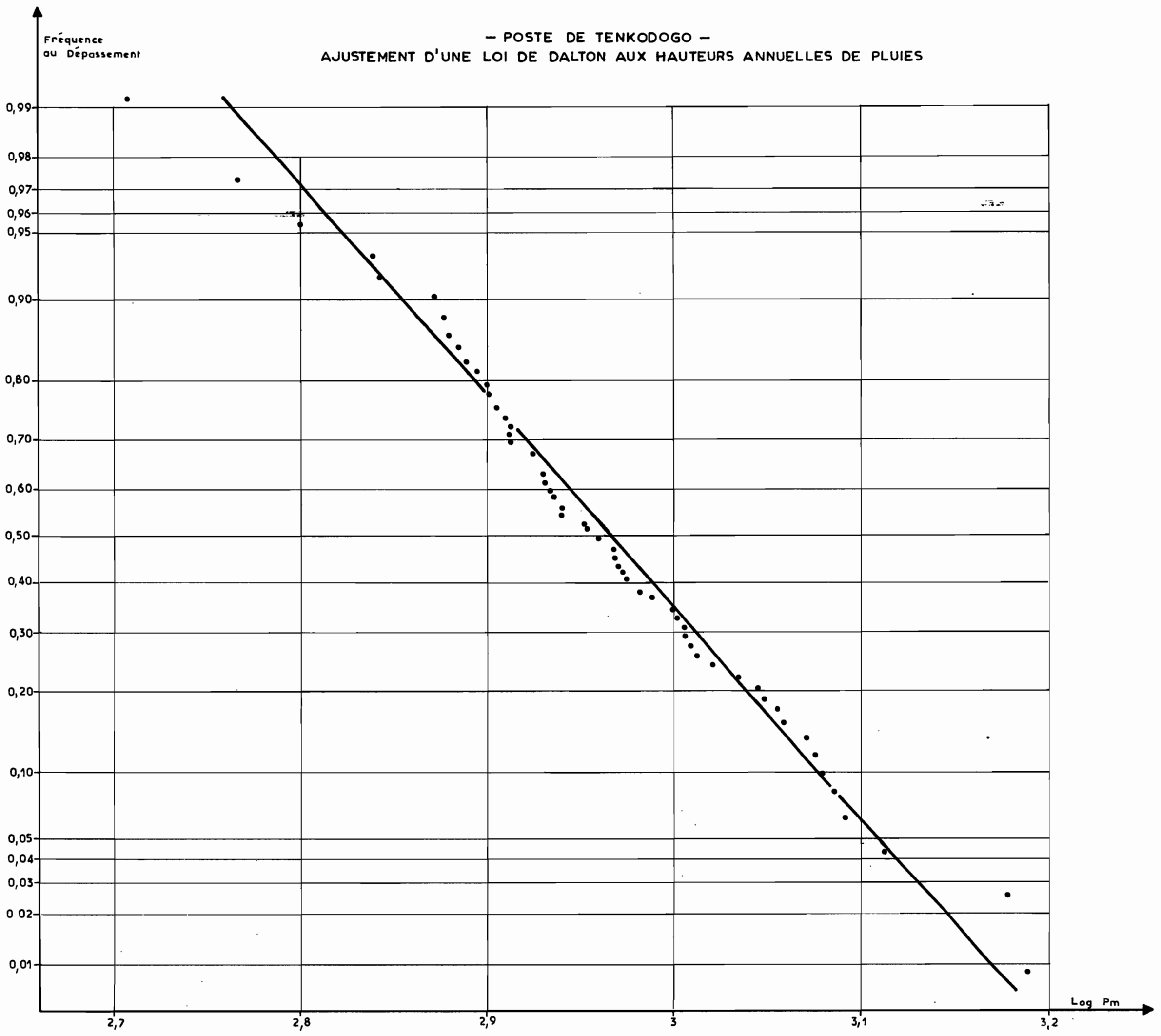
L'ajustement n'est pas très serré, nous le considérerons cependant comme valable.

2.1.2. Estimation des apports annuels

Nous avons ajusté une loi Log normale aux 56 années d'observations pluviométriques du poste de TENKODOGO, et avons fait correspondre aux hauteurs caractéristiques de pluies, les apports annuels supposés de même fréquence.

Fréquence	P_m en mm	Ke %	L_e en mm	Apports Mm^3
0,1	715	7.6	54.3	52.7
0.5	925	18	1665	161
0.9	1197	26	311	302

- POSTE DE TENKODOGO -
AJUSTEMENT D'UNE LOI DE DALTON AUX HAUTEURS ANNUELLES DE PLUIES



2.2.1. Observations des crues

Les débits maxima annuels observés en 1976 et 1977 sont :

en 1976 : 33 m³/s le 25/10
en 1977 : 75.7 m³/s le 26/8

Il est difficile d'évaluer la fréquence de la crue de 1977, la pluie qui l'a causée n'étant connue qu'à deux postes : TENKODOGO (53 mm) et GARANGO (52 mm). Elle doit cependant être de fréquence supérieure à 0,5 : une hauteur de pluie ponctuelle de 50 mm est de fréquence supérieure à 0,5 et la pluie du 24/10 est tombée sur un sol très peu saturé.

Dans l'étude des crues de la KOULIPELE à NIARBA, J.C.KLEIN proposait les débits spécifiques suivants :

- pour la crue annuelle : 220 l/s/km²
- pour la crue décennale : 400 l/s/km²

Si on adopte ces chiffres pour le TCHERBO, on obtient :

: crue annuelle :	214 m ³ /s :
: crue décennale :	388 m ³ /s :

CONCLUSION

On pourrait reprendre la conclusion du précédent rapport : les estimations des modules et des crues de la VOLTA BLANCHE à BAGRE, YAKALA et NIAOGHO sont dans l'ensemble satisfaisantes. En revanche, les estimations faites pour le TCHERBO sont très très imprécises.

Si on désire une connaissance meilleure du régime hydrologique de cette rivière, il faut poursuivre les observations de débits quelques années encore et compléter la couverture pluviométrique, très insuffisante actuellement.

ORSTOM

Direction Générale :

24, rue Bayard, PARIS 8^e

Centre ORSTOM de Ouagadougou :

B.P. 182 — OUAGADOUGOU

République de Haute-Volta