

SOCIÉTÉ D'ÉNERGIE ET D'EAU DU GABON

RÉGULARISATION DE LA MBEI

BARRAGE DE TCHIMBÉLÉ

DONNÉES DE BASE

BVII - Note hydrologique

E.D.F. - DAFECO

Octobre 1973

BARRAGE DE TCHIMBELE - AVANT-PROJET

B - DONNEES DE BASE

B VII - NOTE HYDROLOGIQUE

Sommaire

- 1 - Description du bassin
- 2 - Données climatologiques
- 3 - Données pluviométriques
- 4 - Equipement du bassin
- 5 - Calcul des apports mensuels et annuels
- 6 - Etudes des débits de crues
- 7 - Hydrogramme de crue exceptionnelle
- 8 - Régularisation des débits

Bassin versant de la MBEI

RIO MUNI

1°00'

10°30'

10°40'

GABON

600

NDOUNBOU

POUNKEKE

535

MBEAYO

0°50'

MOUMO

NTOUM

524

AKOGA

MONTS

DE

520

840

CRISTAL

0°40'

MBEI

ABONG-AZO

469

TCHIMBELE

10°30'

10°40'



1 -

DESCRIPTION DU BASSIN VERSANT (Carte fig.1)

La Mbei est un affluent rive droite du Komo, fleuve côtier dont l'estuaire a donné son nom au Gabon.

Les coordonnées géographiques des chutes de la Mbei à Tchimbélé sont : 0°37' nord, 10°24' est, 500 m d'altitude.

Le bassin versant de la rivière, dont une partie se trouve en territoire du Rio Muni*, s'étend sur 880 km² environ. Il a une forme allongée dans la direction du nord nord-est, qu'on schématise par un rectangle de 56 km de longueur sur 16 km de largeur. Faute de documents cartographiques complets, il n'est pas possible d'étalir la courbe hypsométrique du bassin, mais on peut indiquer que le point culminant du bassin est à 850 ou 900 m d'altitude, tandis que le sommet des chutes est à 500 m. La partie amont du bassin est une pénéplaine précambrienne dont l'altitude moyenne est d'environ 650 m avec des collines à 800 m. La partie aval du bassin, qui est cartographiée, fait partie des Monts de Cristal. Les sommets de roches cristallines culminent à 850 m dans le bassin. La Mbei et ses affluents s'y frayent un passage en s'y enfonçant de plus en plus. L'altitude moyenne du bassin de la Mbei limité aux chutes de Tchimbélé est donc voisine de 650 m et les pentes du relief, faibles sur la pénéplaine, deviennent fortes à l'aval, surtout sur les flancs des vallées.

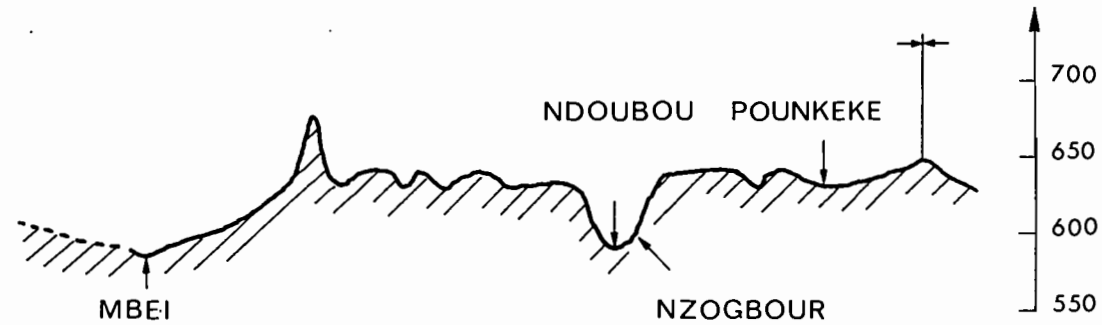
Au-dessous de 600 m d'altitude, le cours de la Mbei a une pente de 2,7m/km jusqu'à Mbeayo (15 km), puis de 1,1 m/km jusqu'à Akoga (10 km) ; elle s'abaisse ensuite à 0,3 m/km sur les 13 km suivants et s'accroît à nouveau (2,2m/km sur les 23 km qui précèdent les chutes de Tchimbélé. La vallée de la Mbei s'enfonce profondément dans le relief au cours des 3 km qui précèdent les chutes.

Le relief du bassin est plat dans la partie septentrionale, en creux dans la partie méridionale. La figure 2 montre cette différence en présentant des profils en travers du bassin, relevés sur la carte IGN, à 15 km au nord et 3 km au sud d'Akoga.

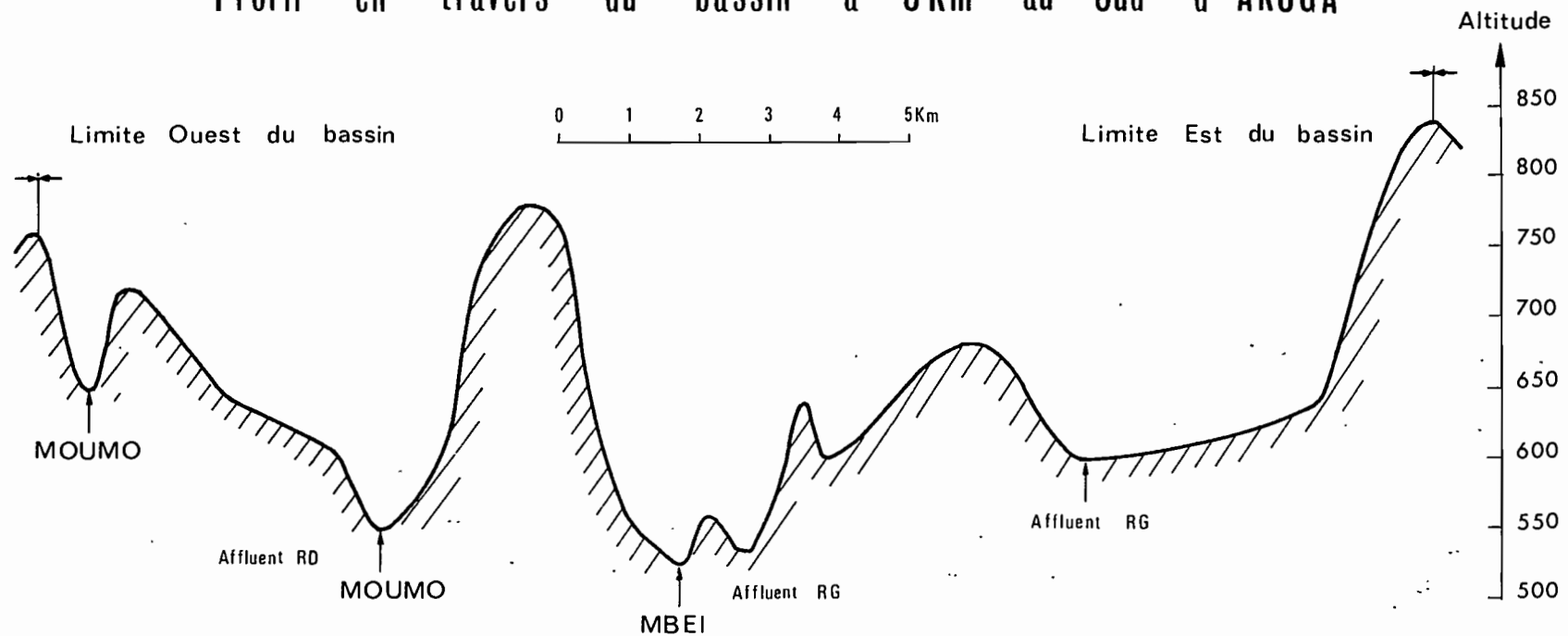
La pénéplaine précambrienne est granito-gneissique. D'origine tectonique probable, le rajeunissement intense du relief dans les Monts de Cristal a entraîné progressivement vers l'amont une reprise d'érosion conduisant au démantèlement des vieilles surfaces. Les terrains traversés sont

* Guinée Equatoriale.

Demi-profil en travers du bassin à 15 Km au Nord d'AKOGA



Profil en travers du bassin à 3Km au Sud d'AKOGA



surtout des granites à faciès hétérogènes indifférenciés, parfois migmatiques. Les roches de type métamorphique franc apparaissent en intrusions nombreuses dépassant rarement le kilomètre : ce sont des para-amphiboles, résistantes à l'érosion dans les fonds de vallée et divers gneiss ortho et para-métamorphiques.

Les sols des Monts de Cristal présentent les caractères spécifiques de la pédogénèse en relief montagneux jeune de pays équatorial. Le relief conditionne la formation des sols, non par son altitude qui reste toujours insuffisante pour déterminer des types d'évolution différents, mais par son modelé à pentes fortes. Le processus d'évolution des sols est fondamentalement la ferralitisisation ; sa spécification est déterminée par le drainage intense provoqué par la raideur des pentes. Les éléments chimiques, mobiles, libérés par altération (silice, base, fer) sont en grande partie exportés par les eaux ayant percolé à travers les profils. Les sols peuvent conserver une partie des minéraux altérables de la roche, mais les minéraux néo-formés ont atteint le stade final de leur évolution, qui est la formation de kaolinite, d'hydroxyde de fer et surtout d'alumine. Les pertes importantes de silice limitent dans une certaine mesure la formation de la kaolinite, et contribuent à donner un matériau relativement peu argileux et très perméable. Les hydroxydes de fer ne s'accumulent que très rarement, parfois sur des bas de pentes adoucis ; ils se concrétionnent en gravillons mais ne donnent pas de cuirasse continue.

Sur les pentes les plus fortes, l'érosion est rendue apparente par un micro-relief en marches d'escalier, et par le développement très faible des horizons humifères. Elle est à l'origine des cailloutis de surface observés en certains endroits. Dans un type de relief jeune comme celui des Monts de Cristal, la profondeur des horizons d'altération traduit le dynamisme actuel de la pédogénèse et on peut considérer que les sols s'approfondissent progressivement car le décapage relativement faible dû à l'érosion est plus que compensé par la progression des phénomènes d'altération. Cela est surtout valable pour les sols sur gneiss ; c'est moins vrai pour les sols sur amphibolites des pentes, plus imperméables, et pour les caillebotis formés de blocs ferrugineux.

Il apparaît en fait que les formations pédologiques sont fortement perméables dans leur ensemble, et qu'elles sont percolées par une partie importante des eaux météoriques malgré la raideur des pentes.

Ces sols sont entièrement couverts par la forêt équatoriale qui a seulement été défrichée autour des villages bordant la route de Libreville à Médouneu, itinéraire qui passe par Akoga. Les grands arbres se groupent sur les pentes faibles, s'éclaircissent quand la pente augmente, et disparaissent presque totalement sur les pentes ravinées et rocheuses. Seule subsiste alors une brousse secondaire. Le ngom et l'okoumé sont présents partout. La végétation herbacée est inexistante sur les fortes pentes et sur les sommets ; elle est assez abondante aux abords des talwegs où elle bloque une partie de la couche humifère, ralentissant ainsi le ruissellement.

2 -

DONNEES CLIMATOLOGIQUES

Le poste pluviométrique le plus proche du secteur étudié, qui doit représenter à peu de choses près ce qu'on observerait dans le haut du bassin de la Mbei, est celui de Médouneu, situé à 40 km au nord-est d'Akoga. Mais la station synoptique la plus proche est celle de Mitzic, qui se trouve à 115 km à l'est du bassin, à l'altitude de 583m.

La température moyenne interannuelle est de 23°8, avec un maximum moyen de 24°8 en mars-avril et un minimum de 22°0 en juillet; Les variations saisonnières de la température moyenne ont donc une très faible amplitude (2°8 en moyenne).

L'humidité relative est très forte (81,8 % en moyenne) avec un minimum de 80,4 % de février à avril et un maximum de 84,3 % en juin ; les humidités maximales sont toujours supérieures à 96 % et les humidités minimales sont toujours supérieures à 60 %.

Les vents dominants viennent du quart sud-ouest. A libreville et à Cocobeach, 26 % des vents sont dits calmes ($V < 1$ m/s) ; quant à Mitzic le pourcentage des vents calmes est deux fois plus élevé : 58 %. Ce phénomène s'explique par l'éloignement de la mer (230 km) car les vents de secteur sud-ouest sont freinés par la barrière que forment les Monts de Cristal. Les vents les plus violents soufflent pendant les deux saisons des pluies : de mars à mai et d'octobre à décembre. Leur direction vient souvent du quart nord-est, opposée à la direction des vents dominants.

L'évaporation a été mesurée avec l'appareil de Piche à Mitzic et sur bac évaporatoire par l'ORSTOM à Mala. Les conclusions qui ont été tirées de ces observations sont que l'évaporation moyenne annuelle sur le bassin de la Mbei doit être voisine de 950 mm, avec un minimum moyen de 65 mm en juin, et un maximum de 95 mm en mars. Le coefficient K3 d'irrégularité interannuelle de l'évaporation annuelle est évalué à 1,35.

3 -

DONNEES PLUVIOMETRIQUES

La station pluviométrique de Kango est située à 84 km au sud-sud-ouest de Akoga, à l'altitude de 11 m. La pluviométrie annuelle qu'on y observe depuis 1958 s'élève à 2 437 mm. Pour la même période, la valeur interannuelle de la pluie annuelle à Médouneu est de 2 029 mm ; depuis le début des observations en cette station (1951) cette moyenne s'élève à 2 044 mm. On peut penser que la valeur correspondante à Kango serait de 2 454 mm. Le haut bassin de la Mbei n'étant pas équipé de pluviomètre, on ne peut qu'évaluer à environ 2 250 mm la hauteur moyenne annuelle des précipitations qui affectent les 880 km² du bassin versant. Le coefficient K3 d'irrégularité interannuelle (rapport des valeurs de fréquence décennale humide et sèche) est voisine de 1,5 à Médouneu et de 2,0 à Kango. On peut donc l'évaluer à 1,8 sur le bassin de la Mbei : dans ces conditions, la pluie annuelle de fréquence décennale serait 1 600 mm en année sèche et 2 900 mm en année humide. Il ne s'agit là que d'ordres de grandeur.

Compte tenu de la distribution moyenne mensuelle des précipitations à Médouneu, la répartition des pluies tout au long de l'année sur le bassin, semble devoir suivre, en année moyenne, les variations suivantes (valeurs exprimées en millimètres).

S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total
202	395	323	175	143	167	263	248	226	83	8	17	2 250

Le nord-ouest du Gabon est soumis au climat équatorial pur. Le cycle des saisons est réglé par les mouvements alternatifs de trois masses d'air :

- l'harmattan, tropical continental, chaud et sec, venant du nord ou du nord-est,
- la mousson, équatoriale et maritime, froide et humide, venant du sud-ouest,
- l'alizé austral, subtropical austral, moins froid et moins humide, venant du sud sud-est.

Leur déplacement, lié à celui du Front Intertropical de convergence, fait apparaître la succession suivante des saisons.

- Première saison des pluies : septembre à décembre.

Le déplacement du FIT vers le sud fait reculer l'anticyclone du Transvaal et disparaître l'alizé austral au bénéfice de la mousson qui apporte les pluies. Les mois les plus humides de l'année sont octobre et novembre.

- Petite saison sèche : janvier et février

La mousson est à son tour repoussée par l'air tropical continental qui vient du nord.

- Deuxième saison des pluies : mars à mai

L'anticyclone de Sainte-Hélène remonte vers le nord, entraîne l'air équatorial maritime et assure la réapparition des pluies de mousson.

- Grande saison sèche : juin à août

L'anticyclone du Transvaal prend plus d'importance que celui de Sainte-Hélène et chasse la mousson au profit de l'alizé austral direct, qui vient du sud. Notons qu'à Médouneu la pluviométrie du mois de juillet ou du mois d'août est nulle une année sur trois.

Les valeurs maximales de la pluviométrie journalière observée à Médouneu et à Kango ont été les suivantes : (en mm)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Médouneu	119,8	112,0	105,3	89,5	95,2	58,6	21,6	36,7	81,0	107,0	96,0	95,8
	1963	1962	1966	1955	1963	1966	1963	1962	1965	1954	1960	1959
Kango	113,3	127,6	129,0	132,5	140,5	67,0	44,0	19,0	110,7	164,0	202,7	116,2
	1963	1961	1961	1964	1968	1962	1963	1963	1959	1967	1961	1960

La pluie journalière de fréquence décennale a été estimée à 200 mm à Kango et à 120 mm à Médouneu. Sur l'ensemble du bassin la hauteur moyenne de la pluie journalière

de fréquence décennale n'excède sans doute pas 120 mm. C'est en fait la pluie de plusieurs jours consécutifs qui sera utilisée pour déterminer la crue exceptionnelle. La précipitation que l'on prendra en compte s'élève à 600 mm en 15 jours sur les 880 km² du bassin versant.

4 - EQUIPEMENT LIMNIMETRIQUE DU BASSIN

4.1 STATION DE TCHIMBELE

Deux installations limnigraphiques ont été réalisées par l'ORSTOM à l'ancien village de Mbafane situé à environ 500 m en amont de la première chute de la Mbei (Assok-Nen).

Un limnigraphe pneumatique (Télimnip) a été installé du 4 au 13 mars 1969. Les enregistrements ont commencé le 11 mars 1969. Le réglage de l'appareil a été assez difficile. Un premier arrêt s'est produit durant la plus grande partie du mois de mai 1969, un second au mois de juillet.

Il a été procédé en janvier 1970 à l'installation d'un limnigraphe à flotteur. L'installation proprement dite a eu lieu entre le 23 et le 27 janvier 1970. L'appareil a fonctionné à partir du 26 janvier 1970. On note de courtes interruptions du fonctionnement de l'appareil début mars 1970, fin mai et début juin 1970, fin décembre 1970 jusqu'au 17 mars 1971. Du premier janvier au 14 mars 1972, deux arrêts du mouvement d'horlogerie n'ont pas empêché de reconstituer les variations de cotes au mois de janvier d'une façon assez précise. Du 30 mars au 22 juin, l'entraînement du diagramme n'a pas fonctionné ; il n'y a donc pas de relevé. A partir du 22 juin 1972, l'appareil a fonctionné normalement jusqu'au 31 décembre 1972.

4.2 STATION D'ANDOK FOULA (PK 10,3)

La station d'Andok Foula est observée par l'ORSTOM depuis 1959. En 1967, un limnigraphe a été installé au point PK 10,3 au voisinage des chutes de Kinguélé. Le bassin versant de la Mbei en cette station s'étend sur 1 700 km² environ. C'est donc à l'aide des débits de la Mbei à Andok Foula que l'on tentera d'étendre la série des débits moyens mensuels à Tchimbélé.

4.3

ETALONNAGE DE LA MBEI A TCHIMBELE

L'étalonnage de la Mbei à Tchimbélé a été réalisé à l'aide des 24 jaugeages qui ont été faits entre mars 1969 et mai 1970 pour des débits variant de 73,0 m³/s à 17,9 m³/s :

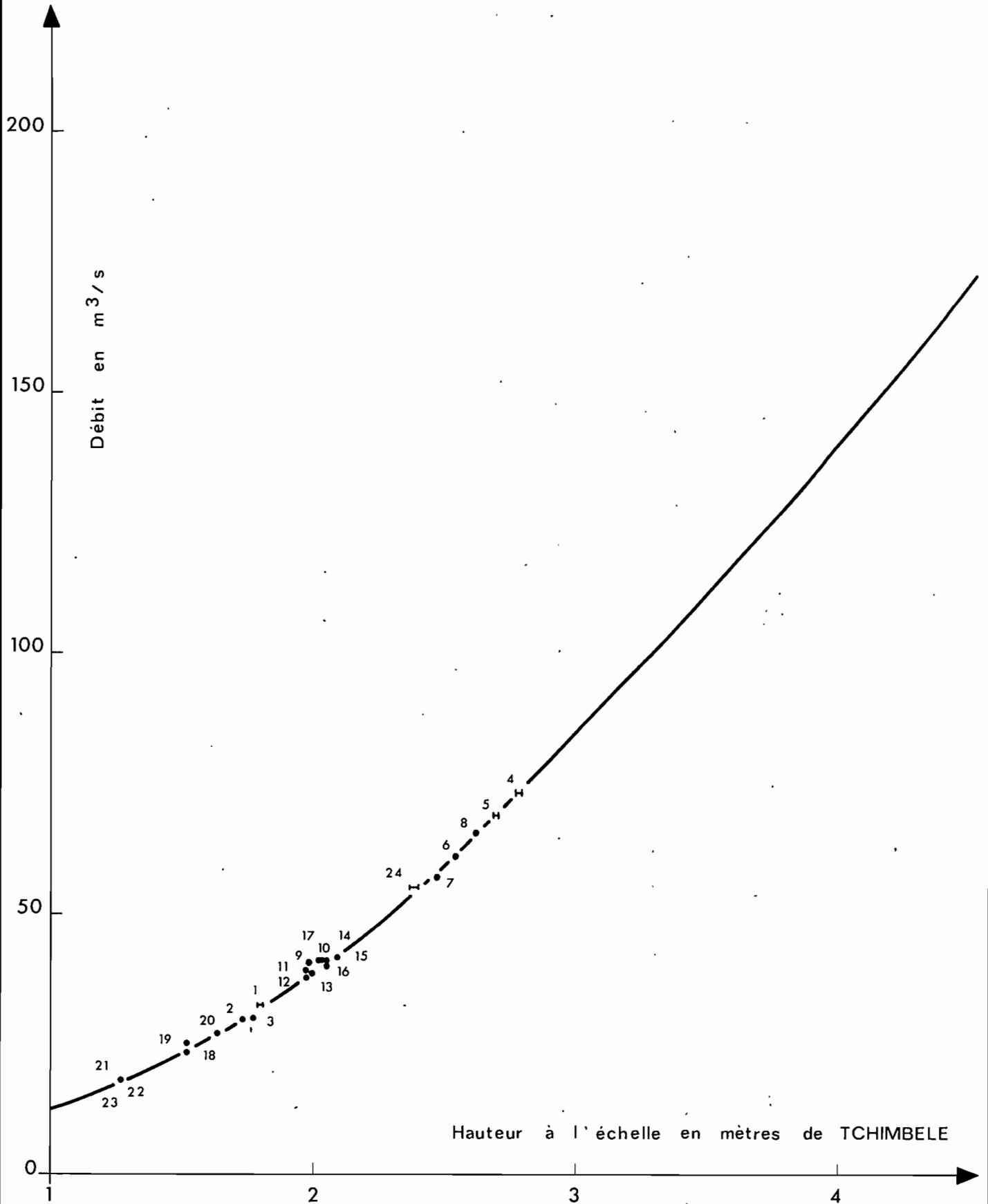
Liste des jaugeages de la Mbei à Tchimbélé

N°	Date	Cote	Débit	N°	Date	Cote	Débit	N°	Date	Cote	Débit
:	:	cm	m ³ /s	:	:	cm	m ³ /s	:	:	cm	m ³ /s
1	10.3.69	180	32,6	9	1.5.69	198	40,6	17	30.5.69	203	40,9
2	11.3.69	173	29,7	10	2.5.69	204	41,1	18	1.7.69	152	23,5
3	11.3.69	177	30,0	11	29.5.69	198	38,9	19	1.7.69	152	24,9
4	1.4.69	278	73,0	12	29.5.69	198	37,9	20	2.7.69	164	27,3
5	1.4.69	270	68,7	13	30.5.69	200	38,5	21	7.8.69	127	17,9
6	2.4.69	254	61,0	14	30.5.69	206	41,1	22	7.8.69	127	18,0
7	2.4.69	247	57,1	15	30.5.69	209	41,6	23	7.9.69	127	18,4
8	4.4.69	261	65,3	16	30.5.69	205	40,1	24	13.5.70	238	55,0

Ces mesures définissent bien la relation hauteur-débit de la rivière lorsque les cotes à l'échelle sont inférieures à 280 cm. La traduction des relevés limnigraphiques a nécessité l'extrapolation vers le haut de la courbe d'étalonnage, jusqu'à la cote 400 cm. On a procédé graphiquement en s'aidant des jaugeages n°s 4, 5, 6, 7, 8 et 24.

La courbe d'étalonnage ainsi définie est représentée sur la figure 3. On trouvera également à la fin du rapport les tableaux des débits moyens journaliers observés de la Mbei à Tchimbélé, pour les années hydrologiques 1968-1969, 1969-70, 1970-71 et 1971-72.

Courbe d'étalonnage de la MBEI à TCHIMBELE



5 -

CALCUL DES APPORTS MENSUELS ET ANNUELS

Lorsqu'on fait un graphique de simples masses des modules de la Mbei à Andok Foula (année hydrologique du 1er septembre au 31 août) pour les treize valeurs observées de 1959 à 1972, on constate que l'alignement des points est satisfaisant. On peut en déduire que les modules ont été calculés de façon homogène pendant toute cette période, et qu'en conséquence la série des débits mensuels à Andok Foula est à conserver in extenso.

On dispose de 27 valeurs de débits moyens mensuels observés simultanément à Tchimbélé et à Andok Foula.* En portant les 27 points représentatifs de ces valeurs sur un graphique (figure 4), on constate qu'ils se groupent assez bien autour d'une droite qu'on ajuste graphiquement, que peut représenter l'équation $Q_{TCH} = 0,55 Q_{AF} + 2$ où Q_{TCH} et Q_{AF} sont les débits mensuels à Tchimbélé et à Andok Foula en m3/s.

Il faut remarquer que dans la note hydrologique de 1968, faute de données, on avait proportionnalisé les débits aux superficies des bassins versants et l'on avait alors $Q'_{TCH} = 0,517 Q_{AF}$. On peut alors calculer que pour un débit Q_{AF} de 70 m3/s -par exemple, Q_{TCH} vaut 40,5 m3/s, tandis que Q'_{TCH} valait 36,2 m3/s- pour une valeur médiane du débit, Q_{TCH} est donc supérieur d'environ 10 % à Q'_{TCH} .

En utilisant la formule $Q_{TCH} = 0,55 Q_{AF} + 2$, on déduit des débits moyens mensuels à Andok Foula depuis 1959 ceux qui leur correspondent à Tchimbélé. Les résultats de cette extension figurent dans le tableau 1 avec les modules calculés par année hydrologique. On a également calculé la moyenne interannuelle des débits mensuels et annuels et rapporté ces résultats à un module interannuel de 35,6 m3/s. Traduites en hauteurs de lame d'eau écoulée sur le bassin, on peut comparer ces valeurs à la pluviométrie mensuelle et annuelle moyenne :

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
Pmm	202	395	323	175	143	167	263	248	226	83	8	17	2 250
Lmm	74	152	171	132	96	88	108	120	119	88	70	56	1 274
Dmm	128	243	152	43	47	79	155	128	107	-5	-62	-39	976
L/P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,57

* On n'a pas tenu compte des 4 couples de valeurs correspondant aux mois de septembre à décembre 1972 qui s'écartent de la droite d'ajustement et conduiraient à surestimer les débits de Tchimbélé.

Corrélation entre débits mensuels ANDOK / TCHIMBELE

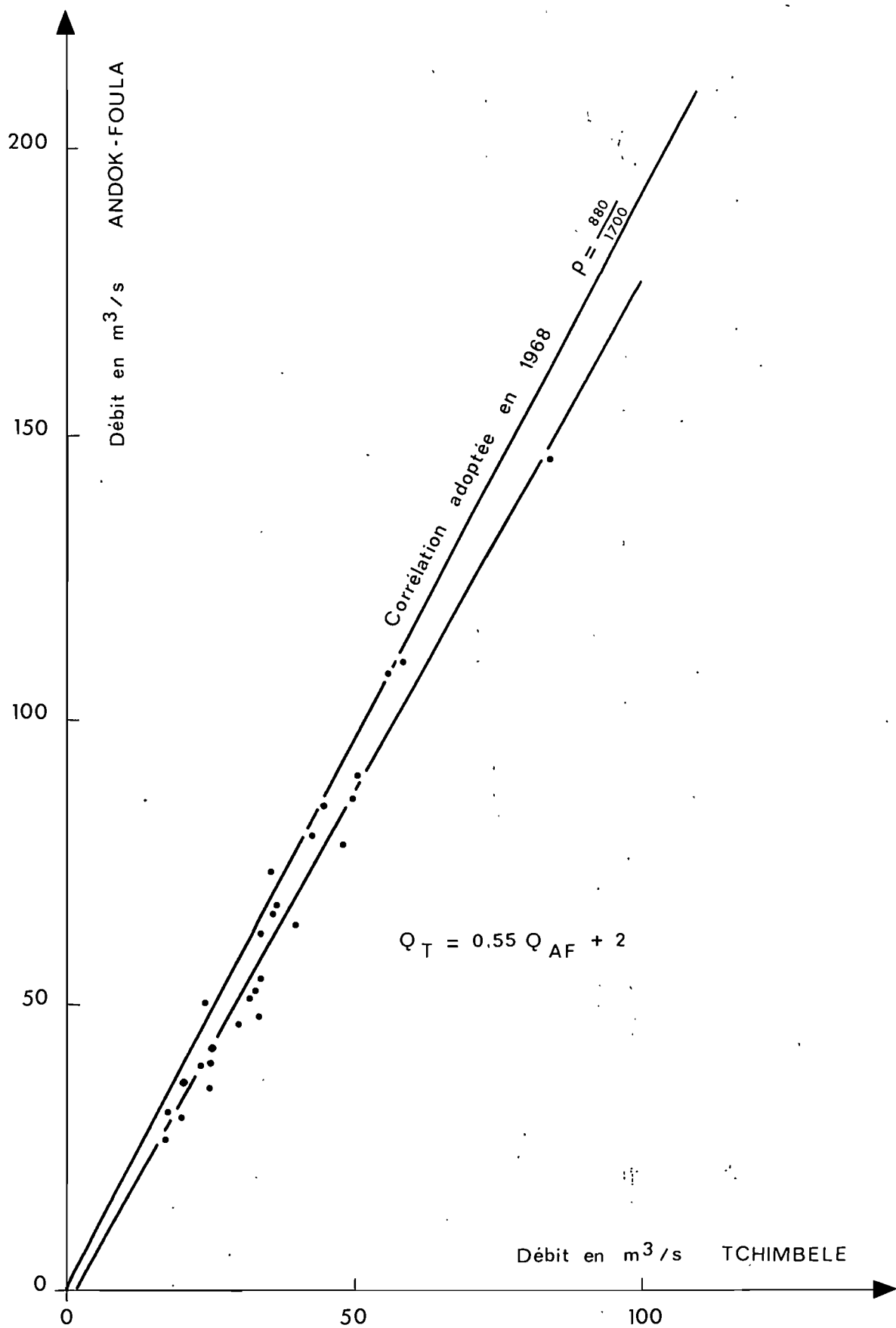


TABLEAU 1

DEBITS MOYENS MENSUELS de la MBEI à ANDOK FOULA et à TCHIMBELE

$$QT = 0,55 Q AF + 2 \text{ en m}^3/\text{s}$$

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A	Modu: le
AF : 1959 -	32,2	68,0	96,3	86,9	56,0	56,6	70,2	71,7	76,5	59,3	40,8	33,6	62,3
TCH: 1960	19,7	39,4	55,0	49,8	32,8	33,1	40,6	41,5	44,1	34,6	20,5	20,5	36,3
AF : 1960 -	65,0	109	114	105	74,3	80,1	76,0	83,2	71,6	45,1	36,1	28,2	74,0
TCH: 1961	37,7	62,0	64,5	59,8	42,9	46,0	43,8	47,8	41,4	26,8	21,8	17,5	42,6
AF : 1961 -	50*	124	115*	90*	65,0	59,9	71,8	69,4	73,7	52,1	35,8	34*	70,1
TCH: 1962	24*	70,2	65,3*	35,5*	37,8	34,9	41,5	40,2	42,5	30,7	21,7	19*	38,6
AF : 1962 -	50*	90*	87,1	(74,0)	56*	60*	68,1	71,5	(70,0)	55*	42*	37*	63,4
TCH: 1963	28,5*	56*	49,9	42,7	27,5*	26*	39,5	41,3	40,5	36,0*	30,6*	28,6*	38,1
AF : 1963 -	50*	90*	100*	90*	60*	66,7	53,8	76,1	72,1	62*	40*	32,5	66,1
TCH: 1964	37,4*	66,7*	52,1*	38,9*	28*	38,7	31,6	43,9	41,7	37*	26,7*	19,9	39,4
AF : 1964 -	42,5	80,0	82,9	86,3	53,1	63,0	77,8	84,7	81,5	(55,2)	(38,0)	(33,3)	64,9
TCH: 1965	24,5	46,0	47,6	49,5	31,2	36,7	44,8	48,6	46,8	32,4	22,9	20,3	37,7
AF : 1965 -	47,6	97,1	98,8	66,8	55,4	57,8	56,8	87,2	71,3	61,8	41,0	33,6	64,6
TCH: 1966	28,2	55,4	56,3	38,7	32,5	33,8	33,2	50,0	41,2	36,0	24,6	20,5	37,5
AF : 1966 -	47,2	67,9	105	77,0	53,1	51,9	49,7	50,0	61,7	43,1	27,9	25,0	55,0
TCH: 1967	28,0	39,3	59,8	44,4	31,2	30,9	29,3	29,5	35,9	25,7	17,3	15,8	32,2
AF : 1967 -	32,1	102	137	88,6	59,1	56,4	62,8	66,4	66,4	42,1	32,7	27,1	64,4
TCH: 1968	19,7	58,1	77,4	50,7	34,5	33,0	36,5	38,5	38,5	25,2	20,0	16,9	37,4
AF : 1968 -	27,6	58,3	79,0	71,1	55,6	43,5	66,0	90,1	72,7	46,9	35,1	31,0	56,4
TCH: 1969	17,2	34,1	45,5	41,1	32,6	25,9	36,0	50,6	42,0	30,0	21,3	19,1	33,0
AF : 1969 -	36,9	(86,7)	(133)	76,4	50,2	52,8	67,7	73,2	77,9	47,9	35,4	31,4	64,1
TCH: 1970	22,3	49,7	75,2	44,0	29,6	32,6	36,1	35,4	47,9	33,6	24,8	17,5	37,4
AF : 1970 -	50,1	110	146	86,1	59,5	50,2	53,9	64,2	51,2	40,2	30,3	26,7	64,0
TCH: 1971	23,8	57,8	83,5	49,4	34,7	29,6	31,6	39,7	32,1	25,0	20,2	17,0	37,0
AF : 1971 -	39,4	85,1	108	79,7	62,4	53,8	62,8	74,1	73,2	55,4	41,0	36,3	64,3
TCH: 1972	23,1	44,5	55,7	42,7	33,8	33,6	36,4	42,8	42,3	32,5	24,3	20,2	36,2
AF : 1972 -	40,7	63,7	(126)	73,3									
TCH:	38,8	53,9	98,4	55,7									
Moyenne TCH.	26,4	51,2	61,4	45,0	33,0	33,4	37,0	42,3	41,3	31,2	23,9	19,6	37,1
Lame équival.	77,8	155,8	180,1	137,0	100,5	91,8	112,6	124,6	125,7	91,9	72,8	59,7	133,0

* valeur estimée en grossière approximation (pour TCHIMBELE à partir de NGOAZIK).
 () valeur approchée.
 — valeur réellement observée à TCHIMBELE.

Les valeurs moyennes du bilan d'écoulement sont d'un ordre de grandeur satisfaisant avec un déficit d'écoulement supérieur à 950 mm et un coefficient d'écoulement voisin de 60 %.

Pour avoir une hydraulicité des années antérieures à 1959, on fait appel à la station de Ngoazik, sur le Ntem au Cameroun, station qui est en service depuis 1953. La seule comparaison des modules correspondants à Ngoazik et à Tchimbélé n'est pas suffisante car la dispersion des 13 points est trop grande. Si l'on compare les débits mensuels (comparaison qui fait intervenir l'effet saisonnier), on obtient un nuage de points, avec une forte dispersion, mais dont la direction générale est assez nette. On trace une courbe moyenne, s'appuyant sur les points extrêmes et passant au travers du nuage. Cette courbe permet d'affecter une valeur de débit mensuel à chaque mois des années antérieures à 1959, et de calculer une valeur approximative du module de la Mbei ces années là. On peut penser que l'imprécision de cette valeur du module est de l'ordre de 20 %. La série des modules de la Mbei à Tchimbélé est donc la suivante :

Année	Module	Année	Module	Année	Module
1953-54	29,8	1960-61	42,6	1967-68	37,4
1954-55	32,1	1961-62	38,6	1968-69	33,0
1955-56	37,0	1962-63	38,1	1969-70	37,4
1956-57	36,5	1963-64	39,4	1970-71	37,0
1957-58	31,1	1964-65	37,7	1971-72	36,2
1958-59	27,2	1965-66	37,5		
1959-60	36,3	1966-67	32,2	moyenne	35,6

Le module interannuel a pour valeur 35,6 m³/s. Alors qu'en ne tenant compte que des années postérieures à 1959, on obtient une valeur moyenne de 37,1 m³/s.

6 -

ETUDE DES DEBITS DE CRUE A TCHIMBELE

Etant donné le petit nombre de données concernant les crues, on va tenter de constituer un échantillon de valeurs estimées des débits maximaux annuels de la Mbei à Tchimbélé. On fait, pour cela, trois approches du problème.

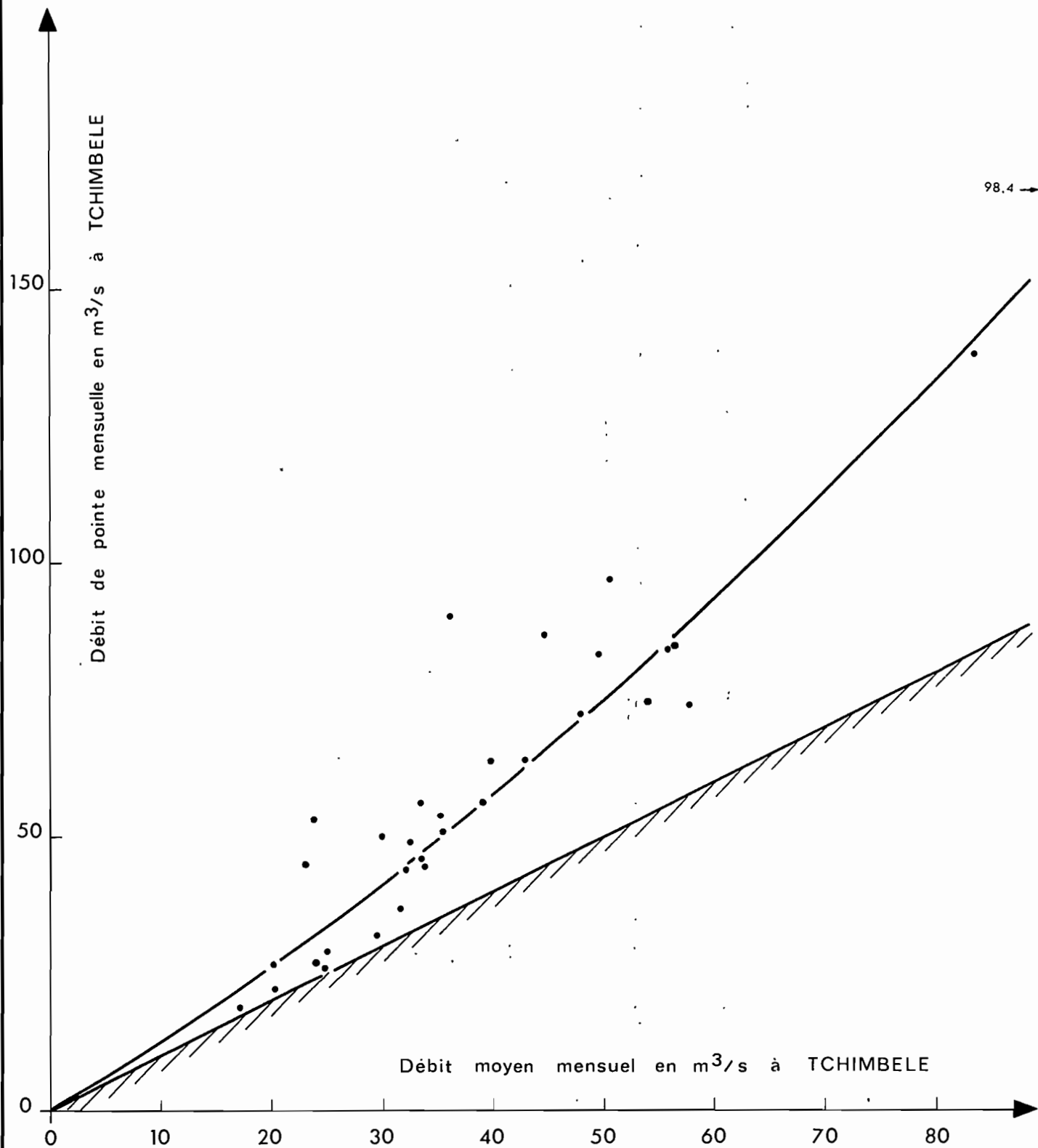
1) Pour la période d'observation des débits, on associe le maximum instantané du mois au débit moyen de ce mois. On obtient 31 valeurs qu'on porte sur un graphique. La dispersion des points est assez grande, mais on peut tracer une courbe moyenne à l'aide de laquelle on fait correspondre un débit maximal à la valeur la plus élevée des débits mensuels de chaque année, débits contenus dans le tableau 1.

(voir figure 5 et tableau 2).

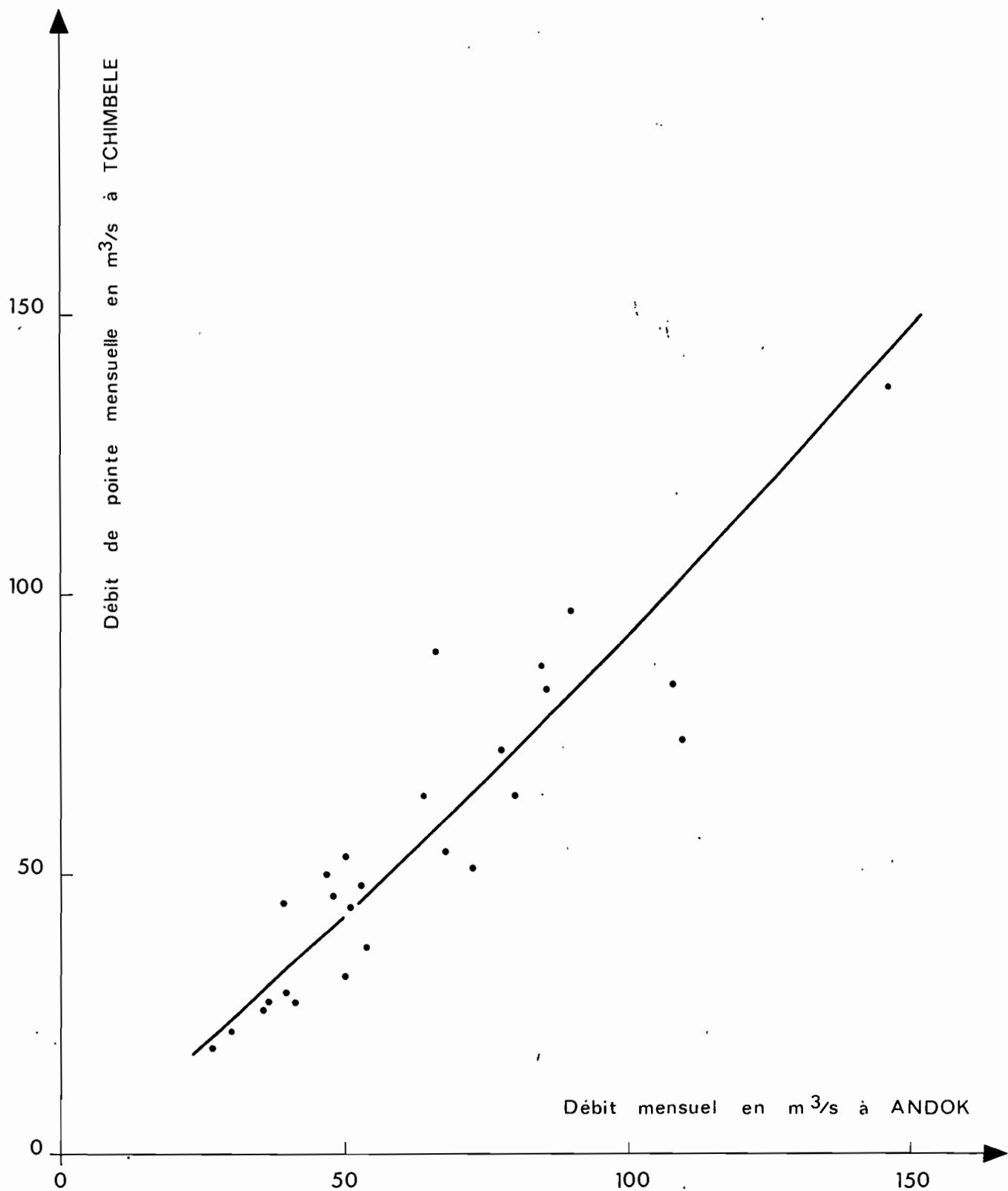
2) Comme le débit moyen mensuel à Tchimbélé a été tiré des observations faites à Andok Foula, on a cherché à lier le maximum mensuel à Tchimbélé au débit moyen mensuel à Andok Foula. Il ne s'agit donc que d'une variante de l'approche précédente. La corrélation entre le débit de pointe à Tchimbélé et le débit moyen mensuel correspondant à Andok Foula (fig. 6), présente un peu moins de dispersion que la précédente. A l'aide de la courbe tracée, on fait correspondre un débit maximal à la valeur la plus élevée des débits mensuels de chaque année, débits contenus dans le tableau 1. (voir figure 6 et tableau 2).

3) On cherche à rattacher le débit de pointe de la Mbei à Tchimbélé au débit moyen journalier maximal annuel à Andok Foula. De la série des débits journaliers à Andok Foula, on tire le maximum de chaque année depuis 1959-60 ; on obtient 14 valeurs. Lorsqu'on en fait la simple masse, on s'aperçoit que l'installation du limnigraphe au PK 10,3 a permis de mieux déterminer le débit moyen journalier en période de crue. On constate aussi qu'il est préférable d'abandonner les années 1962-63 et 1963-64 qui sont incomplètes en période de hautes eaux. Il convient finalement d'accroître de 20 % le débit maximal journalier des années 1959-60 à 1966-67. On n'a que 4 points pour définir la relation à Andok Foula. La droite qui résulte de ces 4 points est bien imprécise, elle indique une variation de la pointe à Tchimbélé de 80 à 150 m³/s lorsque le débit maximal journalier à Andok Foula passe de 160 à 220 m³/s. En appliquant cette relation rudimentaire à la série des maxima annuels du débit moyen journalier à Andok Foula, on obtient un échantillon de 12 valeurs du débit maximal instantané annuel à Tchimbélé. Cinq d'entre elles ont été observées (figure 7 - Tableau 2).

Corrélation entre débit de pointe et débit moyen mensuel de la MBEI à TCHIMBELE



Corrélation entre le débit de pointe à TCHIMBELE
et le débit moyen mensuel à ANDOK FOULA



Simple masses des débits journaliers maximaux annuels à ANDOK

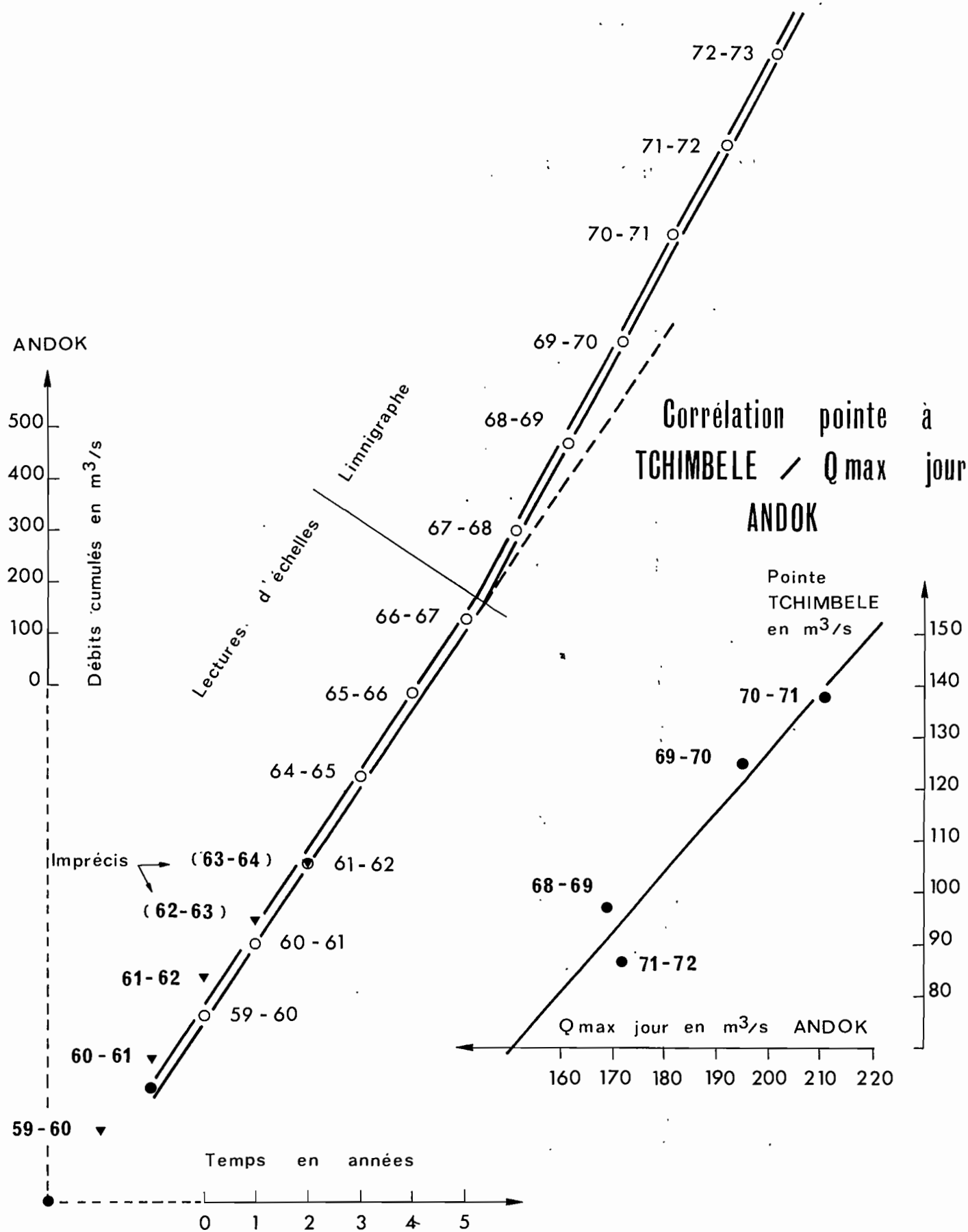


TABLEAU 2

DETERMINATION DES POINTES DE CRUE A TCHIMBELE (débits en m³/s)

Année	I	II	ANDOK Q max jour	Corrigé	III
1959 - 60	84	88,5	141	170	92
1960 - 61	102	107	137	165	86
1961 - 62	113	118	154	185	110
1962 - 63	86	82	?	-	
1963 - 64	106	92	?	-	
1964 - 65	74	78	172	207	135
1965 - 66	86	91	163	196	122
1966 - 67	93	98	142	171	93
1967 - 68	128	133	169	169	91
1968 - 69	97*	97*	169	169	97*
1969 - 70	125*	125*	195	195	125*
1970 - 71	138*	138*	211	211	138*
1971 - 72	87*	87*	172	172	87*
1972 - 73	167*	167*	174	174	167*

* Valeur directement observée à TCHIMBELE

I Pointe à TCHIMBELE déduite du débit moyen mensuel à TCHIMBELE

II Pointe à TCHIMBELE déduite du débit moyen mensuel à ANDOK FOULA

III Pointe à TCHIMBELE déduite du débit moyen journalier maximal à ANDOK FOULA.

Lorsqu'on classe chacun des trois échantillons ainsi obtenus, on constate que ces séries sont très semblables et que la plus forte valeur du débit de pointe est celle qui a été observée le 9 novembre 1972 : 167 m³/s.

On porte ces échantillons sur un diagramme de distribution statistique : les trois échantillons apparaissent effectivement assez bien mélangés. Nous n'avons pas voulu ajuster à ces échantillons une loi de distribution statistique connue car le mode de constitution des échantillons ne le justifie pas. Nous avons seulement tracé une courbe moyenne qui permet de définir approximativement les débits de pointe de fréquence caractéristique.

Fréquence	Médiane	Quinquennale	Décennale	Centennale	Exceptionnelle
-----	-----	-----	-----	-----	-----
Débit m ³ /s	100	130	147,5	200	400

La pointe de crue exceptionnelle est fixée à 400 m³/s car la fréquence qui lui correspond est certainement bien inférieure à la fréquence millénale et qu'elle correspond à peu près au double de ce qu'on a estimé être le débit de pointe de crue centennale (figure 8).

En se référant aux abaques de MM. J. Francou et J. Rodier, on trouve que le coefficient K de la Mbei à Tchimbélé aurait pour valeur 2,43 pour la crue décennale et 3,28 pour la crue exceptionnelle. Ces valeurs sont en accord avec celles qui sont préconisées : "En forêt équatoriale d'Afrique ... si les précipitations sont assez abondantes, comme pour l'Ogooué, K = 3. Ce chiffre est à rapprocher de ceux trouvés en Guyane, mieux arrosée (K = 2,8 à 3,5)".

7 -

HYDROGRAMME DE CRUE EXCEPTIONNELLE

Le débit de pointe de crue exceptionnelle est évalué à 400 m³/s soit 455 l/s/km². Après la crue de novembre 1972 (167 m³/s) pour laquelle on ne dispose pas de données pluviométriques, la crue la plus forte observée est celle de novembre 1970 qui correspond à peu près à une fréquence septennale avec un débit de 138 m³/s (figure 9).

Cette crue a duré 14 jours et ses caractéristiques ont été les suivantes :

Débit de pointe	Débit de base	Débit max. ruisselé	Volume ruisselé	Lame ruisselée	Coefficient ruisselé
(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(hm ³ *)	(mm)	(lément)
-----	-----	-----	-----	-----	-----
138	56	82	52,4	59,5	0,20

* hm³ = million de m³

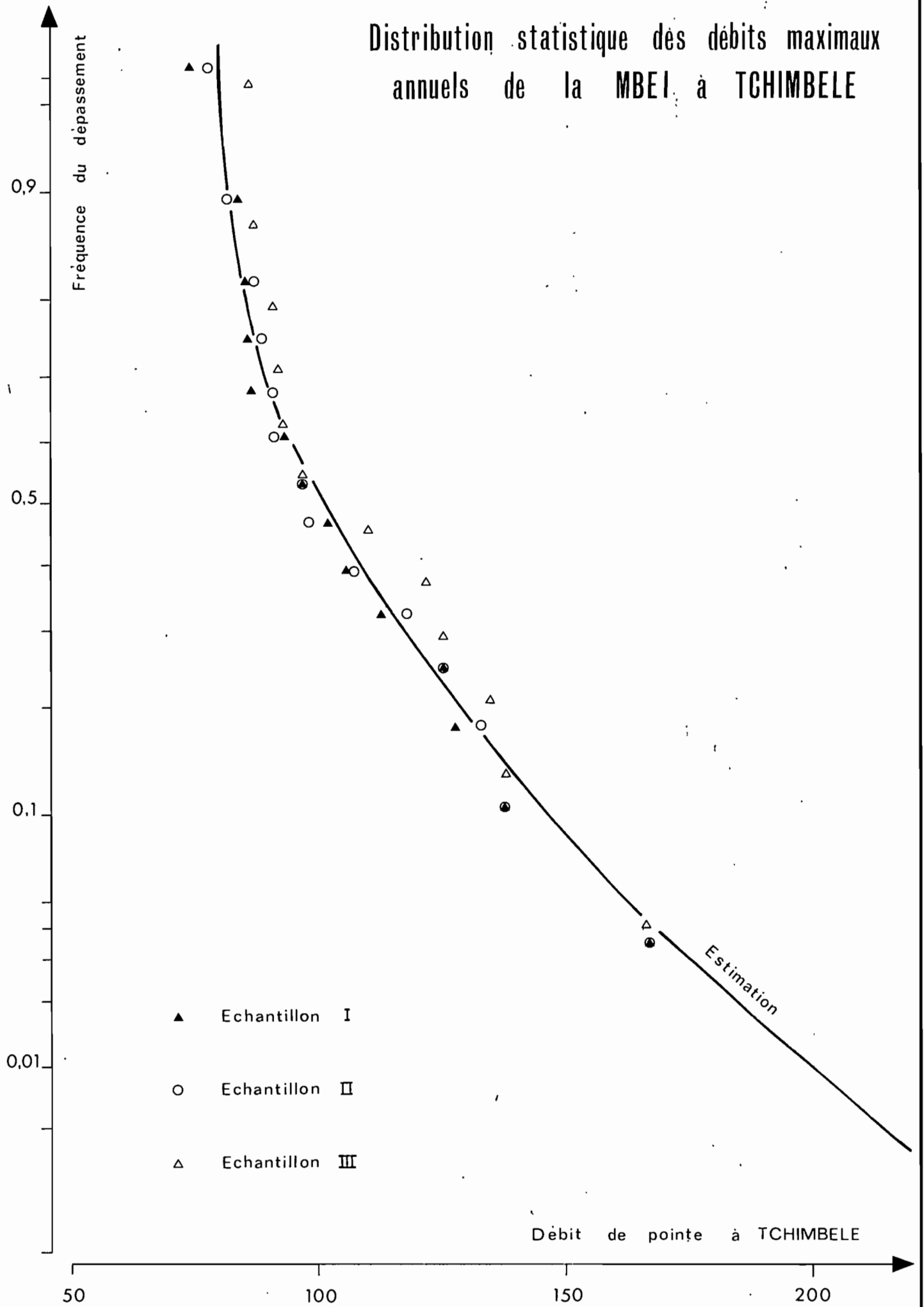
TABLEAU 3

CLASSEMENT DES DEBITS DE POINTE DE CRUE

à TCHIMBELE

Fréquence	I	II	III
0,0357	167*	167*	
0,0417			167*
0,1071	138*	138*	
0,1250			138*
0,1786	128*	133*	
0,2083			135
0,2500	125*	125*	
0,2917			125*
0,3214	113	118	
0,3750			122
0,3929	106	107	
0,4583			110*
0,4643	102	98	
0,5457	97*	97*	
0,5417			97*
0,6071	93	92	
0,6250			93
0,6786	87*	91	
0,7083			92
0,7500	86	88,5	
0,7917			91
0,8214	86	87*	
0,8750			87*
0,8929	84	82	
0,9583			86
0,9643	74	78	

Distribution statistique des débits maximaux annuels de la MBEI à TCHIMBELE



Crue de la MBEI à TCHIMBELE en novembre 1970

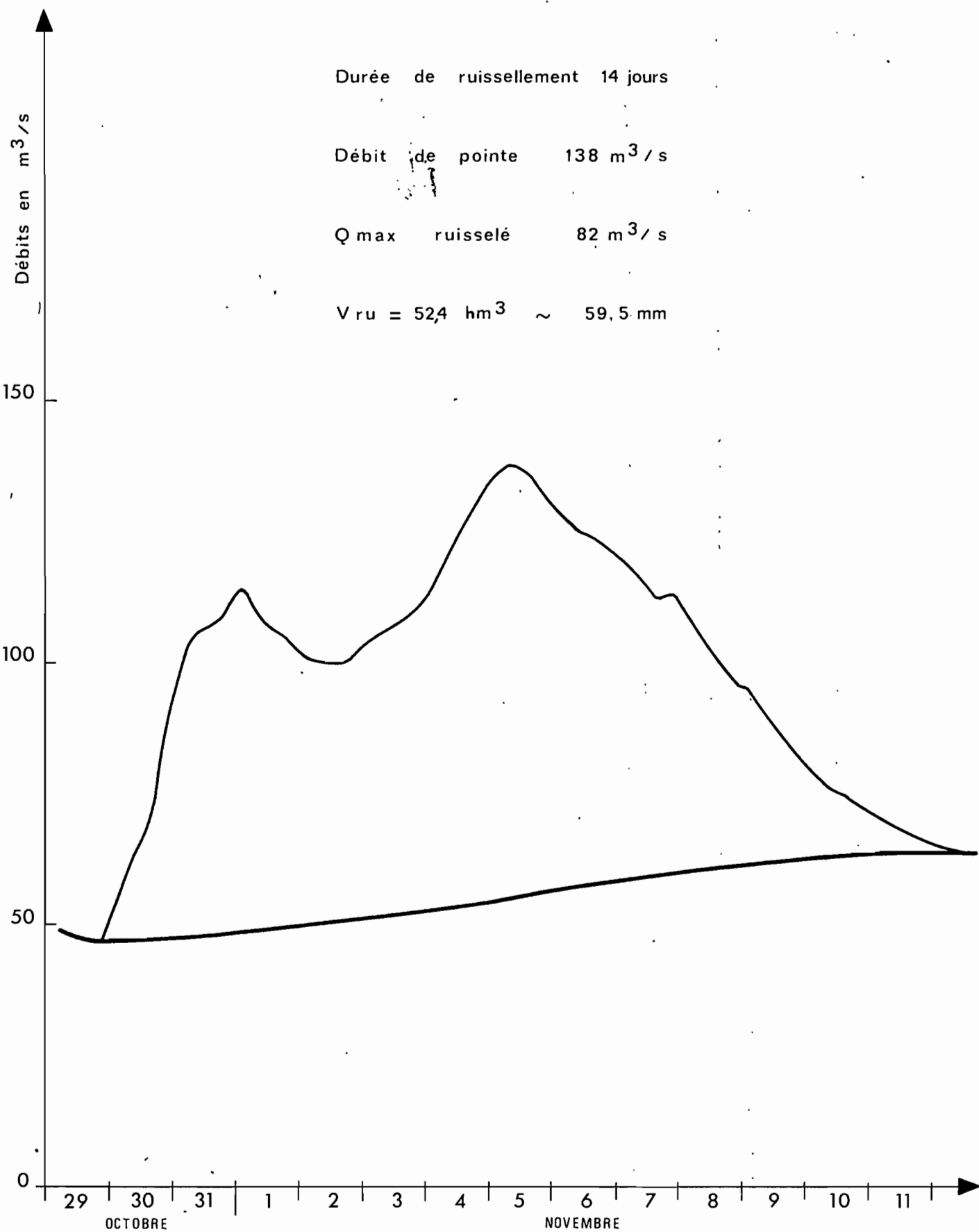


Fig 9 bis

Crue de la MBEI à TCHIMBELE en novembre 1972

Debits en m³/s

Durée de ruissellement 14 jours
Débit de pointe 167 m³/s
Débit maxi ruisselé 87 m³/s
Volume ruisselé 42 hm³

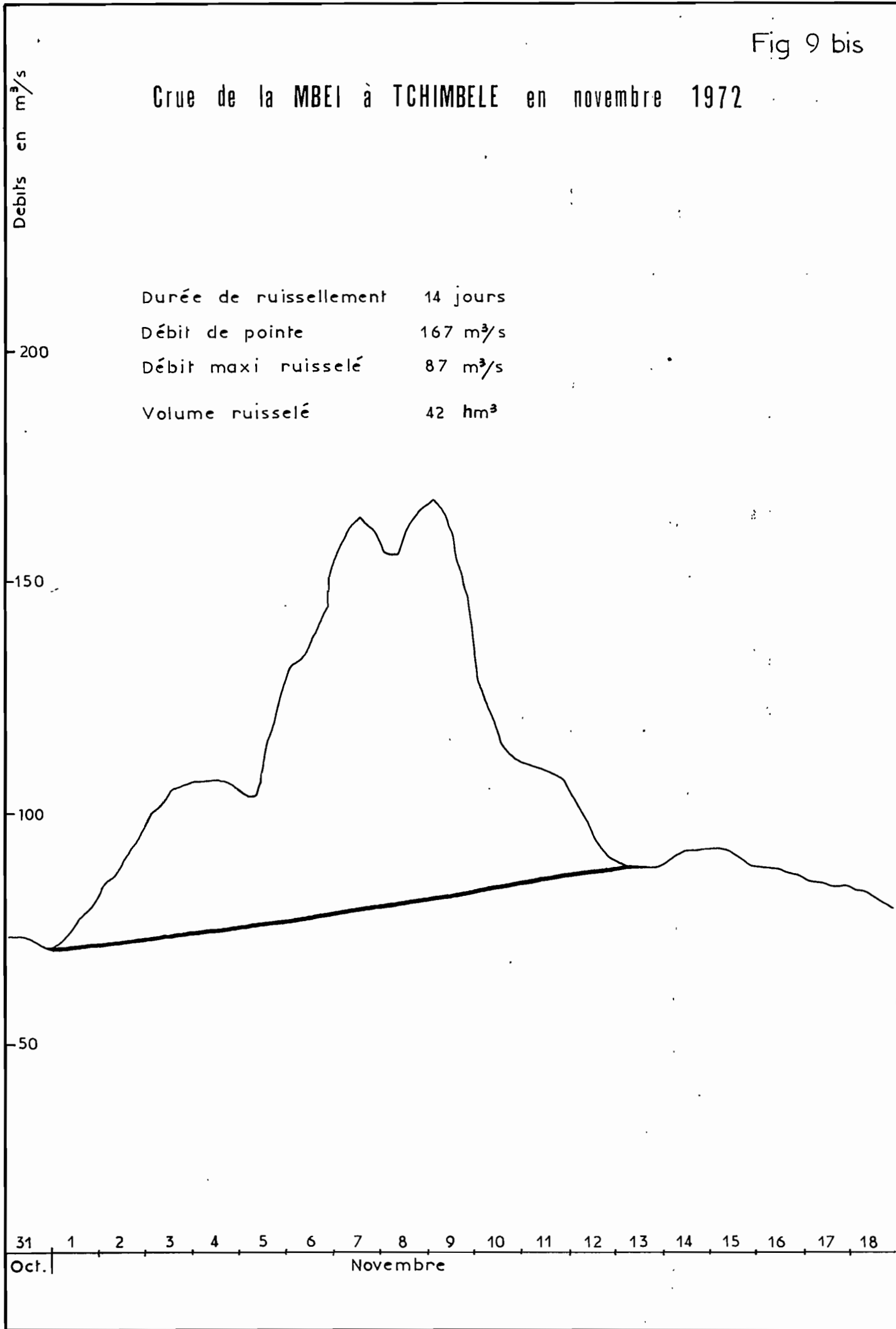
200

150

100

50

31 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18
Oct. | Novembre



On n'a qu'une idée très approchée du coefficient de ruissellement, étant donné que la pluviométrie sur le bassin de la Mbei n'est pas mesurée. Cependant l'observation en 1969 d'un pluviomètre totalisateur installé à l'ancien village de Mbafane permet de constater une certaine analogie entre les précipitations affectant le poste de Médouneu et le site de barrage :

Mois	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août à Janvier
Médouneu	328	205	201	27	32	1 194
Mbafane	313	307	281	35	14	987

Du 28 octobre au 13 novembre 1970, on a recueilli 245,3 à Médouneu. On peut donc penser que pendant la même période, il est tombé environ 300 mm de pluie sur le bassin de la Mbei. Dans ces conditions, le coefficient de ruissellement de la Mbei au passage de cette crue était voisin de $\frac{59,5}{300} = 0,20$.

On pense pouvoir adopter la forme de l'hydrogramme de novembre 1970 pour tracer celui de la crue exceptionnelle. En attribuant à cette crue un débit maximal ruisselé de 340 m³/s (400 m³/s moins le débit de base), il convient de multiplier les autres débits de ruissellement par le rapport $\frac{340}{82} = 4,15$. Ainsi le volume ruisselé de la crue exceptionnelle sera 4,15 x 52,4 = 218 Mm³, soit 247 mm.

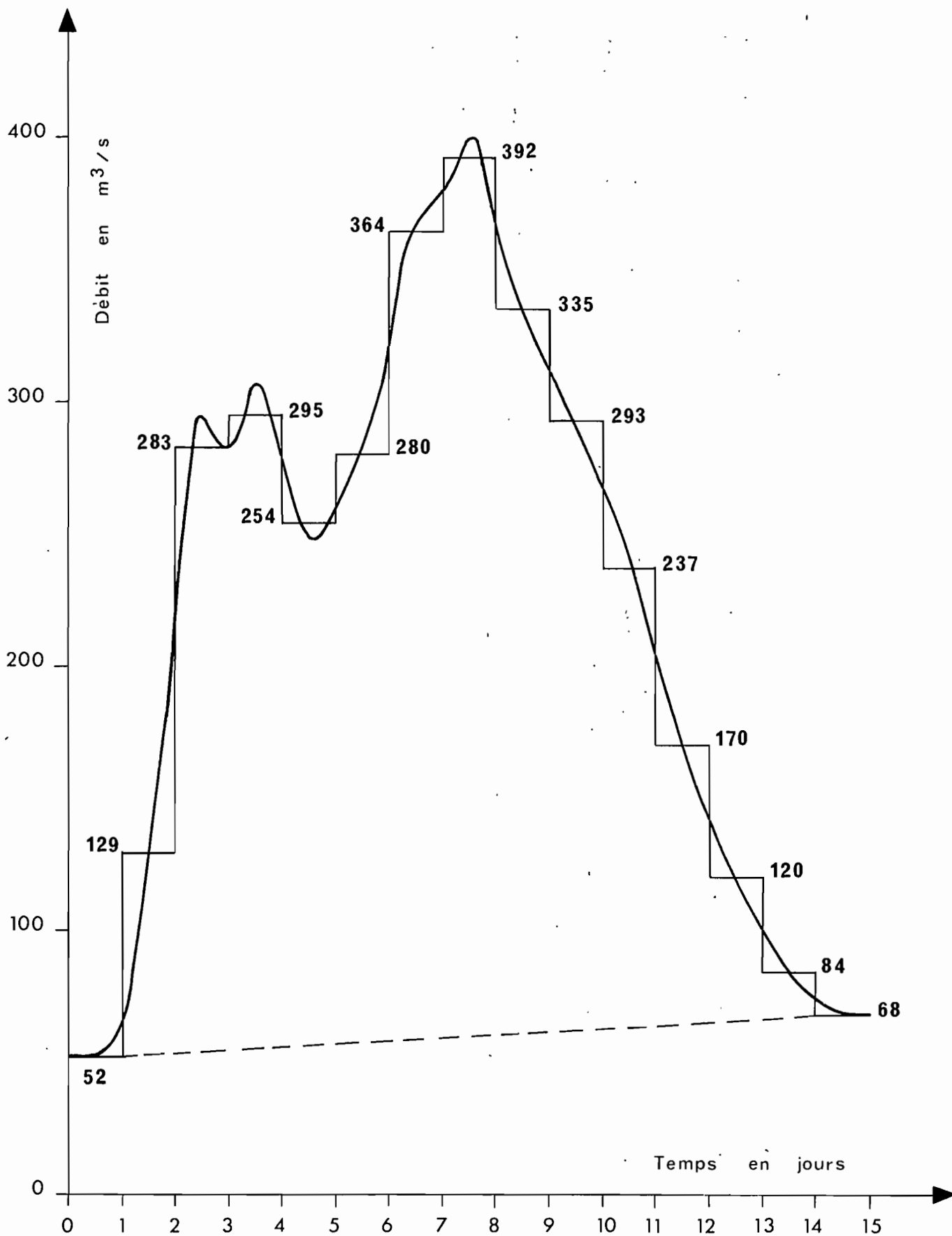
D'autre part, si l'on double la pluviométrie observée à Médouneu lors de la crue de novembre 1970, on obtient 490 mm. Or en 20 ans d'observation en cette station la pluviométrie mensuelle maximale s'élève à 566 mm. On peut admettre que la précipitation exceptionnelle en 15 jours sur le bassin de la Mbei atteindrait 600 mm. Le coefficient de ruissellement de cette crue s'élèverait à $\frac{247}{600} = 0,41$, ordre de grandeur qui nous paraît compatible avec les 20 % présumés pour la crue décennale.

La figure 10 donne l'hydrogramme de la crue exceptionnelle définie à partir de la crue de novembre 1970. Les caractéristiques sont les suivantes :

Temps de base	Débit de base	Débit de pointe	Débit maximal ruisselé	Volume ruisselé	Lame ruisselée	Volume écoulé	Lame écoulée	Coef. ruiss.
14 j	60m ³ /s	400m ³ /s	340m ³ /s	218hm ³	247 mm	285hm ³	325mm	0,41

On a vérifié que si l'on considère la crue de novembre 1972 au lieu de celle de novembre 1970, on aboutit pour la crue exceptionnelle à un hydrogramme qui a un temps de base très comparable (13 jours) et qui n'est pas plus dangereux pour le barrage.

Crue exceptionnelle de la MBEI à TCHIMBELE



8 -

REGULARISATION DES DEBITS.

Le site de Tchimbélé se prêtant à la création d'une importante retenue, il est intéressant d'étudier les possibilités de régularisation que pourrait procurer cette retenue à l'aménagement hydroélectrique de Kinguélé.

On suppose que le débit turbiné à Kinguélé doit être régularisé à une valeur constante Q_R tout au long de l'année. Le but de l'étude est de permettre le choix d'une valeur de Q_R qui soit compatible avec la capacité de la retenue de Tchimbélé et qui puisse être assurée chaque année avec une garantie suffisante.

Si on désigne par :

Q_K = le débit moyen naturel au jour J de la Mbei à Kinguélé,
 Q_T = le débit moyen naturel au jour J de la Mbei à Tchimbélé,
on peut envisager les deux cas suivants :

a) $Q_K > Q_R$

Un débit Q_S peut être stocké pendant le jour J dans la retenue si celle-ci n'est pas complètement pleine.

Ce débit Q_S ne peut évidemment pas excéder la valeur de Q_T et doit être tel que le débit à Kinguélé ne descende pas au-dessous de la valeur de Q_R . Autrement dit, Q_S doit satisfaire aux deux conditions suivantes :

$$Q_S \leq Q_K - Q_R$$

$$Q_S \leq Q_T$$

(Le temps de parcours des débits entre Tchimbélé et Kinguélé est supposé négligeable).

Si la retenue est pleine : $Q_S = 0$

b) $Q_K < Q_R$

Un certain débit Q_P peut pendant le jour J être prélevé sur la retenue tel que :

$$Q_P = Q_R - Q_K$$

On suppose que la retenue est initialement pleine et l'on ne fixe pas a priori de limite à sa capacité. Le débit Q_P est donc assujéti à une seule contrainte : fournir l'appoint juste nécessaire pour que le débit à Kinguélé soit égal à Q_R .

Le cumul jour par jour des valeurs de Q_p ou de Q_s permet de déterminer, pendant toute la période pour laquelle on connaît les débits à Kinguélé et Tchimbélé (1960-1972), les "phases de déficit" (phases pendant lesquelles la retenue n'est pas complètement pleine) ainsi que le volume maximal des prélèvements sur la retenue pendant chacune des phases.

On a négligé les pertes par évaporation sur la retenue, qui dans le cas présent seraient d'importance minimales. On a admis pour Kinguélé comme pour Tchimbélé que les débits journaliers d'un mois donné étaient égaux au débit moyen de ce mois. Les débits de Kinguélé ont été déterminés à partir de ceux d'Andok Foula en leur appliquant un coefficient de réduction de 0,93 (rapport des surfaces de bassin versant).

On a considéré successivement six valeurs de Q_R échelonnées entre 35 et 60 m³/s avec un pas de 5 m³/s.

Les résultats essentiels des calculs sont reproduits dans le tableau 4 qui donne, pour chaque année de régularisation, le volume maximal des prélèvements sur la retenue en fonction des différentes valeurs de Q_R . Ce volume correspond évidemment à la capacité de retenue nécessaire pour assurer sans défaillance le débit Q_R pendant toute l'année considérée.

L'année de régularisation adoptée ne coïncide pas avec l'année calendaire, mais s'étend du 1er juin au 31 mai suivant. Elle débute avec la grande saison sèche et s'achève avec la seconde saison des pluies de façon à éviter au maximum des chevauchements de phase de déficit sur deux années de régularisation successives.

Les résultats du tableau 4 appellent les remarques suivantes :

- lorsque Q_R reste inférieur ou égal à 50 m³/s, le plein remplissage de la retenue est tous les ans assuré sans difficulté à la date de 1er juin;
- pour $Q_R = 55$ m³/s, le remplissage de la retenue n'est pas réalisé le 1er juin 1969. Une longue phase de déficit s'étend du 1er juin 1968 au 7 mai 1970, avec vidange maximale de la retenue le 30 septembre 1969;
- pour $Q_R = 60$ m³/s, la régularisation devient très aléatoire. Le plein remplissage de la retenue à la date du 1er juin n'est obtenu qu'en 1961, 1962 et 1965. Une très longue phase de déficit commence en juin 1965 et se trouve loin d'être achevée au 31 décembre 1972. Pour cette raison, il faut exclure la possibilité de régulariser à 60 m³/s le débit turbiné à Kinguélé ;

TABLEAU 4

REGULARISATION de la MBEL à KINGUELE
par le BARRAGE de TCHIMBELE

-:-

Volumes de retenue nécessaires
(10^6 m^3)

Année de régularisation (1er Juin-31 Mars)	Débit régularisé Q_R (m^3/s)					
	35	40	45	50	55	60
1960-61	10,0	28,9	55,7	82,5	109	149
1961-62	27,3	54,1	88,8	138	190	243
1962-63	13,6	40,4	67,2	107	160	(212)
1963-64	1,6	17,5	44,3	80,1	130	(245)
1964-65	12,8	34,9	74,7	114	154	(\leftarrow 245)
1965-66	10,8	36,7	65,4	105	154	(207)
1966-67	10,0	28,4	58,1	97,8	138	(\leftarrow 207)
1967-68	<u>69,1</u>	<u>109</u>	<u>161</u>	<u>219</u>	<u>337</u>	(525)
1968-69	62,7	105	157	210	(265)	(573)
1969-70	24,6	64,4	108	160	(319)	(753)
1970-71	21,1	47,9	75,8	124	177	(\leftarrow 753)
1971-72	45,5	87,8	140	200	287	(773)
1972-(73)	3,3	27,3	67,0	107	156	(779)

N.B. Les flèches indiquent des phases de déficit chevauchant sur plusieurs années. Dans ce cas les valeurs des volumes de retenue, données entre parenthèses, ne sont pas indépendantes d'une année à l'autre.

- l'année qui exige la plus grande capacité de retenue est celle qui s'étend du 1er juin 1967 au 31 mai 1968 (mis à part le cas très particulier où $Q_R = 60 \text{ m}^3/\text{s}$), à cause de la sécheresse très marquée des mois de juillet à septembre 1967. L'année 1er juin 1968 - 31 mai 1969 la suit d'assez près, avec cette circonstance aggravante, lorsque Q_R atteint $55 \text{ m}^3/\text{s}$, que les hautes eaux du dernier trimestre de 1968 et de février 1969 ont été déficitaires, de sorte que la retenue n'est pas parvenue à se remplir complètement au 1er juin 1969, comme déjà signalé. Les années 1971-72 et 1969-70 viennent en troisième et quatrième position pour la gravité du déficit de saison sèche;
- le volume de retenue nécessaire pour assurer la régularisation des débits sans aucune défaillance du 1er janvier 1960 au 21 décembre 1972 a pour valeur, en fonction de Q_R :

Q_R	:	:	:	:	:	:	:					
(m^3/s)	:	35	:	40	:	45	:	50	:	55	:	(60)

V	:	:	:	:	:	:	:					
(hm^3)	:	70	:	110	:	160	:	220	:	340	:	(780)

Le volume augmente d'abord assez progressivement en fonction de Q_R , puis sa croissance s'accélère lorsque le débit régularisé dépasse $50 \text{ m}^3/\text{s}$.

Les volumes indiqués ci-dessus correspondent à une année sèche dont la période de retour est de l'ordre de 10 à 15 ans. Il a été jugé intéressant d'examiner ce qu'il adviendrait de la régularisation dans le cas d'une sécheresse nettement plus sévère, comme celle de l'année hydrologique 1958-1959 qui a notoirement présenté un caractère assez exceptionnel au Gabon (période de retour sans doute supérieure à 25 ans).

On a donc essayé de reconstituer les débits mensuels de 1958 et de 1959, forcément de façon assez grossièrement approximative, en s'appuyant sur l'évaluation des modules de Tchimbélé donnée au paragraphe 5 et en admettant que les débits mensuels des années hydrologiques 1957-58 et 1958-59 avaient, pour leur module respectif ($31,1$ et $27,2 \text{ m}^3/\text{s}$), le même rapport de proportionnalité que ceux de l'année 1966-67, relativement sèche ($32,2 \text{ m}^3/\text{s}$). On aboutit aux évaluations suivantes pour Tchimbélé :

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1958	30,1	29,4	28,3	28,4	34,6	24,8	16,7	15,3	23,7	33,2	50,5	37,5
1959	26,3	25,8	24,7	24,9	30,3	21,7	14,6	13,3	19,7	39,4	55,0	49,8

et pour Andok Foula ($Q_{AF} = \frac{Q_{TCH} - 2}{0,55}$) :

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1958	51,1	49,8	47,8	48,0	59,2	41,5	26,7	24,2	39,5	56,6	88,2	64,5
1959	44,1	43,3	41,3	41,6	51,5	35,8	22,9	20,5	32,2	68,0	96,3	86,9

En introduisant ces nouvelles données dans le programme de calcul, l'ordinateur fournit les résultats condensés dans le tableau 5 et permet les constatations suivantes :

- le remplissage intégral de la retenue continue à être assuré tous les ans au 1er juin lorsque Q_R reste inférieur ou égal à 45 m³/s,
- lorsque Q_R dépasse 45 m³/s, une phase de déficit apparaît dès le 1^{er} janvier 1958 et se prolonge sur plusieurs années. Elle se termine le 4 novembre 1960 pour $Q_R = 50$ m³/s et le 8 novembre 1961 pour $Q_R = 55$ m³/s. Elle n'est pas achevée au 31 décembre 1972 pour $Q_R = 60$ m³/s et ne pourrait prendre fin qu'avec l'apparition d'une série d'années très excédentaires,
- les volumes de retenue nécessaires pour éviter toute défaillance de régularisation sont fortement majorés lorsqu'on prend en considération les années 1958 et 1959 :

Q_R (m ³ /s)	35	40	45	50	55	(60)
V (10 ⁶ m ³)	100	150	250	490	765	(1 180)

LA MBEI A TCHIMBELE

Station 14401510

Débits moyens journaliers en m³/s

Année 1968 - 1969

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
1								72,3	37,7	35,7	23,9	
2								58,5	39,8	34,4	26,8	
3								55,9	36,3	32,6		
4								63,2		31,0		
5								66,1		32,2		
6								60,6		30,4		
7								45,6		30,1		
8								36,1		37,3		
9								35,7		45,6		
10								37,0		49,3		
11							30,7	36,5		39,6		
12							32,0	41,3		31,6		
13							27,9	39,0		29,5		
14							28,8	32,9		28,7		
15							27,2	31,0		27,7		
16							24,6	31,3		27,3		
17							26,8	35,5		26,7		
18							31,6	46,9		26,5		
19							30,4	55,6		26,5		
20							40,5	66,2		26,5		
21							46,5	93,5		26,3		
22							70,4	85,4		25,8		
23							72,9	66,3		25,7		
24							52,5	57,9		25,5		
25							36,8	55,9		25,2		
26							34,9	46,8		24,9		
27							39,9	41,2		24,7		
28							56,8	43,3	39,1	24,6		
29							77,2	43,0	37,7	24,4		
30							89,1	37,5	38,4	23,8		
31							87,1		40,2			
moy.	17.2	34.1	45.5	41.1	32.6	25.9	36.0	50.6	42.0	30.0	21.3	19.1

MODULE 1968/69 : 33,0 m³/s

DEBIT MAXIMAL ANNUEL : m³/s

LA MBEI A TCHIMBELE

Station 14401510

Débits moyens journaliers en m³/s

Année 1969 - 1970

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
1						31.0		36.1	44.4	46.4	25.7	22.4
2						35.4		35.6	41.3	46.4	25.5	21.9
3						31.0		32.1	42.1	46.0	25.5	21.4
4						28.6	24.9	30.1	46.8	46.0	25.2	20.9
5						32.8	29.4	30.4	46.8	46.0	24.9	20.5
6						36.0	37.8	34.4	45.2	45.6	24.9	20.0
7						28.9	32.0	34.0	43.2	45.6	25.2	19.5
8						26.3	33.9	33.1	44.4	45.2	24.9	19.1
9						25.8	40.0	32.0	50.6		24.7	18.6
10						27.3	35.5	28.1	49.3		24.4	18.1
11						25.9	32.7	26.2	47.7		24.2	17.7
12						25.4	35.7	29.0	46.8		23.9	17.3
13						26.2	35.6	32.0	53.7		23.7	17.0
14						30.5	35.9	39.1	71.3		23.4	17.3
15						25.5	37.0	45.4	56.8		23.9	17.0
16						28.9	35.2	42.0	44.0	27.3	24.2	17.0
17						31.7	39.0	37.0	43.4	26.9	24.7	16.8
18						33.0	43.3	37.3	46.7	26.4	24.9	16.8
19						34.6	44.3	38.7	47.4	26.7	25.2	16.6
20						31.7	50.5	37.7	44.4	25.6	25.5	16.4
21						30.5	52.7	34.6	45.1	25.5	25.7	16.2
22						40.6	48.0	34.4	46.7	25.2	26.0	16.2
23						40.6	39.8	33.7		24.9	26.3	16.0
24						49.3	32.4	30.6		24.7	26.3	15.4
25						44.4	29.6	29.6	49.8	24.9	25.5	15.1
26					29.0	41.3	28.0	31.7		24.9	24.9	15.4
27					28.7	35.6	29.9	33.6		25.2	24.7	15.8
28					28.9	34.9	35.2	42.9		25.5	24.2	15.6
29					31.1		36.9	50.2		25.7	23.7	15.1
30					27.8		36.7	51.1		25.7	23.1	14.9
31					27.6		36.0				22.6	14.5
moy.	22.3	49.7	75.2	44.0	29.6	32.6	36.1	35.4	47.9	33.6	24.8	17.5

MODULE 1969-70 : 37,4 m³/s

DEBIT MAXIMAL ANNUEL : m³/s

LA MBEI A TCHIMBELE

Station 14401510

Débits moyens journaliers en m³/s

Année 1970 - 1971

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
1	14.7	24.6	109.	82.3				52.7	34.9	29.3	21.9	18.0
2	14.7	22.2	100.	74.3				62.4	33.6	29.3	21.9	17.9
3	15.8	25.2	107.	64.7				52.6	32.7	29.0	21.9	17.9
4	16.9	43.0	124.	57.4				52.6	31.7	28.2	21.7	17.9
5	19.7	61.1	136.	54.3				56.3	30.8	27.6	21.7	17.9
6	20.5	63.0	124.	52.3				57.6	30.5	27.1	21.7	18.7
7	18.8	59.6	115.	50.0				37.9	29.9	26.8	21.7	18.4
8	16.8	42.4	103.	48.9				33.9	30.2	26.5	21.3	17.9
9	16.7	41.1	87.8	49.8				32.7	30.5	26.0	21.2	17.7
10	17.5	52.2	76.0	51.4				33.1	32.3	25.7	21.1	17.5
11	16.3	54.5	68.5	50.8				29.7	39.8	25.5	20.8	17.5
12	15.5	64.1	65.2	47.2				38.2	39.5	24.9	20.5	17.5
13	14.9	59.5	74.0	45.6				38.5	38.8	24.7	20.4	17.9
14	15.5	68.6	77.4	48.9				28.1	36.6	24.4	21.3	18.1
15	16.1	73.3	75.2	51.4				26.7	33.6	23.7	20.8	18.3
16	15.5	67.9	71.5	58.8				28.5	31.1	23.1	20.7	17.6
17	16.0	62.0	69.9	57.1			24.0	29.3	29.6	25.1	20.5	17.0
18	18.8	57.3	67.7	49.8			29.2	29.6	30.2	25.4	20.1	16.7
19	20.0	62.4	68.4	43.4			30.8	38.4	31.7	24.2	19.7	16.4
20	28.0	67.0	66.3	43.6			32.2	48.1	31.4	22.5	19.8	16.4
21	26.4	59.2	68.4	46.1			34.8	36.3	30.8	22.3	19.9	16.3
22	31.4	65.3	66.4	44.9			32.9	35.6	29.6	22.4	19.4	16.0
23	31.7	68.8	64.8	41.0			26.5	34.9	29.6	23.7	18.9	16.0
24	34.3	63.0	60.1	45.3			24.7	33.0	29.9	25.8	18.7	16.0
25	35.0	59.0	58.6	47.1			25.1	31.1	31.4	25.3	18.6	15.9
26	36.0	65.7	66.0	47.4			27.8	30.2	32.0	23.5	18.6	15.8
27	42.3	64.1	83.8	45.7			28.0	50.2	31.7	22.6	18.6	15.6
28	51.3	54.0	91.8	40.4			23.2	54.6	31.1	22.4	18.6	15.6
29	49.0	47.9	79.7	38.0			25.5	40.2	30.8	22.2	18.5	15.8
30	27.5	67.5	80.6				28.9	36.6	30.2	22.2	18.4	15.8
31		105.					44.5		29.6		18.4	15.5
moy.	23.8	57.8	83.5	49.4	34.7	29.6	31.6	39.7	32.1	25.0	20.2	17.0

MODULE 1970-71 : 37,0 m³/s

DEBIT MAXIMAL ANNUEL : m³/s

LA MBEI A TCHIMBELE

Station 14401510

Débits moyens journaliers en m³/s

Année 1971 - 1972

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
1	15.4	30.0	65.8	60.7	34.6	35.6	37.5				26.7	21.9
2	15.7	27.1	65.6	63.4	31.7	28.7	47.6				26.5	21.7
3	16.3	23.9	61.4	63.2	31.4	28.5	51.6				26.5	21.5
4	16.4	21.1	57.2	54.5	33.6	36.6	52.5				26.4	21.4
5	16.2	25.4	56.8	54.5	42.9	35.5	52.3				26.1	21.2
6	16.2	28.0	58.3	58.5	44.4	30.9	52.4				26.0	21.1
7	16.0	27.8	52.9	60.3	36.3	29.5	52.4				25.9	20.9
8	16.1	32.0	46.9	49.8	34.9	33.8	44.1				25.7	20.8
9	16.1	29.1	44.3	43.8	32.7	36.3	36.8				25.5	20.5
10	17.3	29.2	42.8	41.8	34.3	36.7	35.3				25.3	20.5
11	22.4	34.9	46.6	41.8	34.9	37.1	36.6				25.2	20.2
12	22.7	26.5	48.2	42.1	38.4	34.5	35.7				25.2	20.2
13	18.6	31.1	49.2	39.0	36.0	36.3	34.1				24.8	20.0
14	16.7	34.3	49.6	43.2	34.9	39.4	31.2				24.7	19.9
15	24.0	33.4	42.6	41.3	34.0	36.3					24.4	19.8
16	42.6	30.2	48.1	38.4	34.3	33.6					24.2	19.6
17	33.3	33.3	60.9	36.6	31.7	29.9					24.0	19.5
18	33.2	35.3	72.6	33.6	30.2	27.8					23.9	19.3
19	27.8	46.9	77.8	37.0	31.7	26.7					23.8	19.2
20	28.1	65.3	80.0	42.1	31.4	26.9					23.7	19.1
21	32.2	74.1	60.7	42.9	29.3	28.4					23.4	19.1
22	29.6	61.3	52.6	39.5	27.9	28.5				30.2	23.3	18.8
23	26.1	47.4	50.1	37.3	31.1	27.7				29.9	23.2	19.1
24	26.9	49.9	47.0	36.0	31.7	26.3				29.2	23.0	18.8
25	26.1	61.6	48.3	34.3	29.9	35.7				28.6	22.9	18.8
26	25.3	70.2	52.8	33.3	28.2	49.1				28.0	22.7	18.5
27	23.7	66.4	59.1	32.0	34.3	52.8				27.6	22.5	18.2
28	20.9	79.3	61.2	31.4	31.1	35.6				27.3	22.4	18.4
29	23.5	81.4	57.1	31.1	29.0	32.0				27.1	22.3	19.9
30	27.4	72.6	55.7	30.8	43.3					26.9	22.2	20.9
31		69.4		30.2	37.0						22.0	26.3
moy.	23.1	44.5	55.7	42.7	33.8	33.6	36.4	42.8	42.3	32.5	24.3	20.2

MODULE 1971-72 : 36,2 m³/sDEBIT MAXIMAL ANNUEL : m³/s

LA MBEI A TCHIMBELE

Station 14401510

Débits moyens journaliers en m³/s

Année 1972 - 1973

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
1	33.3	36.7	75.1	77.1								
2	33.4	33.3	88.8	75.4								
3	41.7	36.3	103.2	79.4								
4	39.2	45.9	106.8	84.6								
5	36.7	48.4	111.3	79.1								
6	41.2	48.5	137.2	72.3								
7	36.8	56.2	160.9	67.3								
8	33.0	58.2	160.1	63.7								
9	31.5	53.0	158.2	61.7								
10	31.3	57.9	119.3	58.6								
11	33.5	66.2	109.5	58.8								
12	34.9	68.9	96.1	60.9								
13	35.0	63.8	88.8	59.6								
14	33.5	47.1	91.4	55.6								
15	33.2	43.3	91.0	51.5								
16	36.3	44.4	87.6	49.9								
17	38.8	50.0	85.0	48.2								
18	43.5	52.2	81.9	45.9								
19	41.8	49.8	74.5	44.8								
20	46.9	47.6	68.9	43.8								
21	55.7	46.7	81.9	42.6								
22	45.9	53.2	99.4	42.5								
23	52.1	46.2	87.2	42.7								
24	47.9	47.2	80.1	41.7								
25	38.4	49.7	86.2	42.7								
26	36.8	59.9	92.6	48.3								
27	33.9	72.9	90.8	52.9								
28	32.5	74.5	82.9	50.6								
29	43.5	69.5	77.9	44.6								
30	43.6	71.2	77.8	41.2								
31		72.6		39.4								
moy.	38.8	53.9	98.4	55.7								

MODULE : m³/s

DEBIT MAXIMAL ANNUEL : 167 m³/s