

ÉLECTRICITÉ DE FRANCE



**Inspection Générale
pour la Coopération Hors-Métropole**

**OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE-MER**



Service hydrologique

AMÉNAGEMENT DU CHOUMI

- CAMEROUN ORIENTAL -



Note hydrologique

ELECTRICITE DE FRANCE



Inspection Générale
pour la Coopération Hors-Métropole

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE-MER



Service hydrologique

A M E N A G E M E N T D U C H C U M I

- Cameroun Oriental -



NOTE HYDROLOGIQUE - 1968

A M E N A G E M E N T D U C H O U M I

(Cameroun Oriental)

Note Hydrologique - 1968

Cette note a pour objet d'apporter un complément d'information sur trois points précis concernant le régime du CHOUMI à BANOK :

- Estimation des débits moyens mensuels du CHOUMI à BANOK ;
- distribution statistique des modules ;
- estimation du débit de crue exceptionnelle.

Les renseignements apportés par les observations et les mesures effectuées au cours des années hydrologiques 1966-1967 et 1967-1968 permettent d'apporter quelques précisions aux données consignées dans la note précédente.

Les matériaux dont on dispose sont constitués par :

- les débits journaliers du NOUN à BAFOUSSAM, de 1952 à 1968,
- les sept jaugeages du CHOUMI à BANOK effectués en 1967 et 1968. Ce sont :

le 21/ 6/67 ,	H = 0,72 m ,	Q = 2,95 m ³ /s,
le 17/10/67 ,	H = 3,23 m ,	Q = 26,1 m ³ /s,
le 20/10/67 ,	H = 3,30 m ,	Q = 26,8 m ³ /s,
le 3/11/67 ,	H = 2,89 m ,	Q = 14,9 m ³ /s,
le 18/11/67 ,	H = 1,77 m ,	Q = 9,12 m ³ /s,
le 2/12/67 ,	H = 1,20 m ,	Q = 6,10 m ³ /s,
le 10/ 2/68 ,	H = 0,46 m ,	Q = 1,73 m ³ /s,

jaugeages qui ne modifient pas sensiblement l'étalonnage du cours d'eau en cette station.

- Les limnigrammes du CHOUMI à BANOK jusqu'au 2/12/67,
- les débits journaliers du CHOUMI à BANOK, de Février 1965 à Avril 1968,
- la pluviométrie journalière à la station de BAFOUSSAM, depuis 1934,
- la pluviométrie journalière mesurée dans le bassin versant du CHOUMI, à partir d'Août 1966.

I - ESTIMATION DES DEBITS MOYENS MENSUELS DU CHOUMI A BANOK

Dans la note précédente, cette estimation a été réalisée en définissant deux corrélations : celle qui lie les débits mensuels du CHOUMI à ceux de la METCHIE, puis celle qui lie les débits mensuels de la METCHIE à ceux du NOUN à la station de BAFOUSSAM. Cette méthode avait été adoptée pour tenir compte de la grande différence de taille qui existe entre les bassins versants du CHOUMI à BANOK (349 km²) et du NOUN à BAFOUSSAM (4 700 km²). Mais la METCHIE aux chutes ne draine qu'une superficie de 480 km². Beaucoup plus proche du CHOUMI que du NOUN, cette station intermédiaire n'apporte aucune amélioration à la précision de l'estimation qu'on se propose de faire. Il n'en sera donc pas tenu compte dans cette note. Les seules données de base servant à définir la corrélation entre les débits mensuels du NOUN et du CHOUMI sont les valeurs moyennes mensuelles correspondantes des débits observés du NOUN à BAFOUSSAM et du CHOUMI à BANOK, de Février 1965 à Avril 1968, que l'on trouvera au tableau I.1. Trois méthodes vont être appliquées ; celle qui fournira les meilleurs résultats sera retenue et son application sera étendue à l'ensemble de l'échantillon des valeurs du NOUN (1952-1968).

L'utilisation des relevés pluviométriques, pour étendre la longueur de la période d'observation, paraît a priori moins efficace que celle des débits du NOUN. C'est pourquoi il n'a pas été jugé utile d'entreprendre une étude hydropluviométrique.

1.1. - Ajustement à une droite

Le graphique Gr. I.1 montre qu'aucune courbure sensible ne se dessine dans la direction générale du nuage de points. On ajuste par conséquent à ce nuage de points une droite de régression en utilisant la méthode des moindres carrés. L'équation de cette droite, où les débits sont exprimés en mètres cubes par seconde, est la suivante :

$$Q_{\text{CHOUMI}} = \frac{5,89}{100} \times Q_{\text{NOUN}} + 0,81 \quad .$$

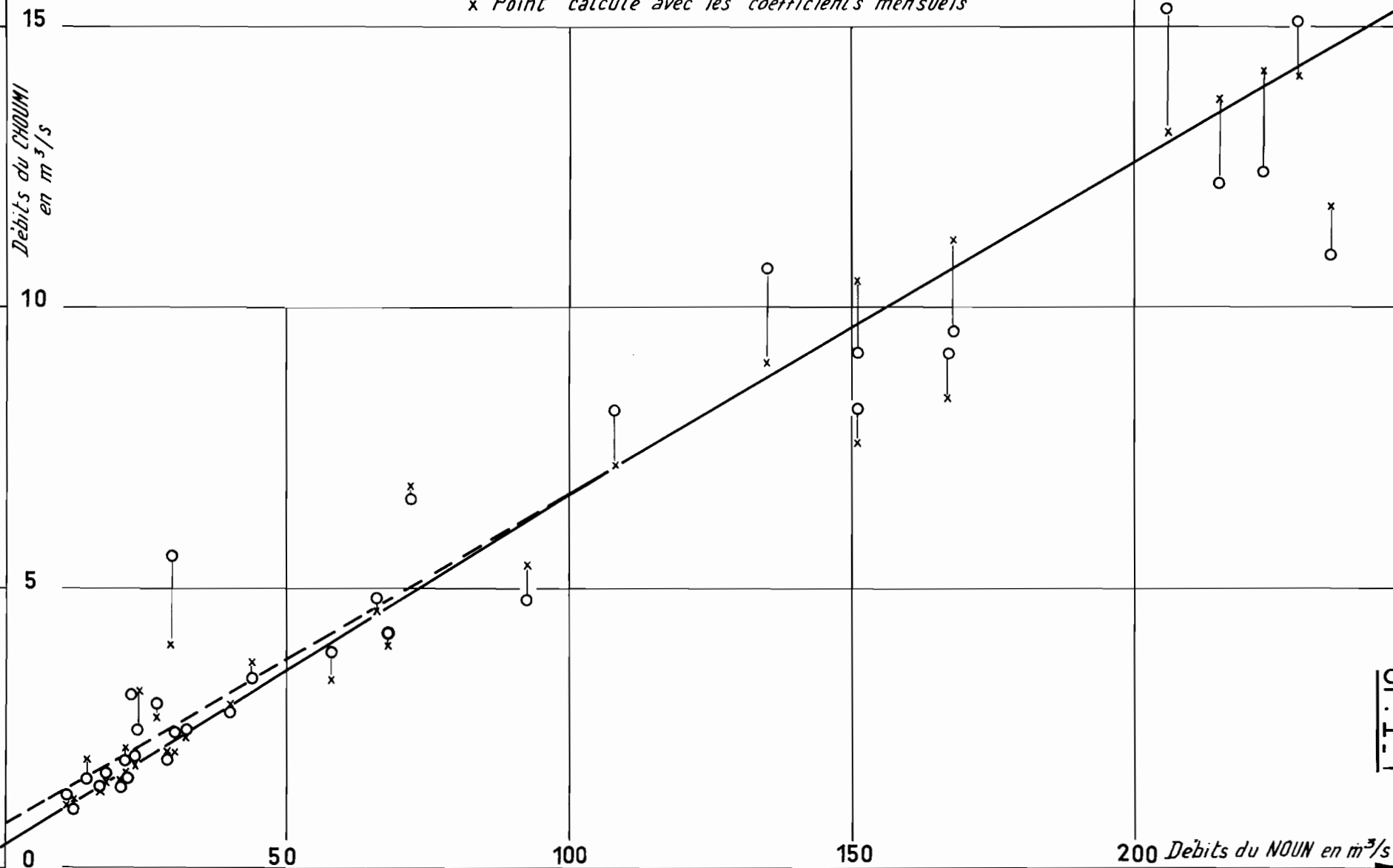
Les débits du CHOUMI, calculés par cette formule, sont entachés par rapport aux valeurs observées, d'une erreur relative dont la valeur absolue moyenne est de 15,9 %. Cette erreur relative commise sur la valeur du débit mensuel du CHOUMI est :

supérieure à 5 %	35 fois sur 39	soit 90 fois sur 100,
supérieure à 10 %	26 fois sur 39	soit 67 fois sur 100,
supérieure à 15 %	15 fois sur 39	soit 38 fois sur 100,
supérieure à 25 %	9 fois sur 39	soit 26 fois sur 100.

Correlation entre les débits mensuels du CHOUMI à BANOCK et du NOUN à BAFOUSSAM

o Point observé
x Point calculé avec les coefficients mensuels

Débits du CHOUMI
en m^3/s



- TABLEAU I.1 -

DEBITS MOYENS MENSUELS OBSERVES
DU CHOUMI A BANOK ET DU NOUN A BAFOUSSAM

Année Mois	1965		1966		1967		1968	
	CHOUMI	NOUN	CHOUMI	NOUN	CHOUMI	NOUN	CHOUMI	NOUN
Janvier			2,00	28,8	2,46	31,9	2,84	40,1
Février	1,98	23,0	1,40	17,2	1,48	20,3	1,64	21,5
Mars	1,95	21,4	1,30	11,0	1,09	12,2	2,96	26,7
Avril	3,11	22,9	5,60	29,5	1,66	14,4	2,50	23,6
Mai	3,39	44,1	6,60	82,0	1,62	17,7		
Juin	4,84	66,2	9,20	151	2,43	30,0		
Juillet	10,7	135	9,60	168	8,20	108		
Août	15,3	206	12,4	223	12,2	215		
Septembre	15,9	236	17,6	246	18,3	247		
Octobre	15,1	229	14,4	247	20,9	345		
Novembre	8,20	151	9,20	167	10,9	235		
Décembre	3,84	57,6	4,20	68	4,80	92,6		
Moyenne	7,71		7,82		7,20			

N.B. - Les débits sont exprimés en m³/s.

La moyenne de 1965 a été calculée sur 11 mois.

1.2. - Ajustement à deux droites

Pour améliorer la courbe de régression, on n'adopte la droite précédente que pour les valeurs du débit du CHOUMI supérieur à 6,70 m³/s, ou encore pour les valeurs du débit du NOUN supérieures à 100 m³/s. Pour des débits inférieurs, on adopte la droite ayant pour équation :

$$Q_{\text{CHOUMI}} = \frac{6,30}{100} Q_{\text{NOUN}} + 0,40$$

qui est mieux ajustée à cette partie du nuage de points. Dans ces conditions, les débits du CHOUMI, calculés à partir de ceux du NOUN à l'aide des deux formules précédentes, sont entâchés, par rapport aux valeurs observées, d'une erreur relative dont la valeur absolue moyenne atteint 14,0 %, légèrement inférieure à celle de la méthode précédente. Sur chaque valeur mensuelle du débit du CHOUMI, cette erreur relative est :

supérieure à 5 %	35 fois sur 39	soit 90 fois sur 100,
supérieure à 10 %	23 fois sur 39	soit 59 fois sur 100,
supérieure à 15 %	14 fois sur 39	soit 36 fois sur 100,
supérieure à 25 %	5 fois sur 39	soit 13 fois sur 100.

Cet ajustement donne donc de meilleurs résultats que le précédent.

1.3. - Coefficients mensuels de corrélation

Si, pour chacun des 39 couples de valeurs de débits mensuels dont on dispose, on calcule le rapport de proportionnalité qui existe entre le débit mensuel du NOUN et le débit mensuel correspondant du CHOUMI, on constate deux faits. Le premier est que ce rapport est variable tout au long de l'année, qu'il est minimal en Avril et maximal en Novembre, phénomène qui traduit, d'une façon générale, la différence des superficies des deux bassins versants ainsi que la variation saisonnière du couvert végétal. On constate par exemple qu'en Avril le Bassin du CHOUMI, beaucoup plus petit, réagit beaucoup plus vite aux premières fortes pluies que le Bassin du NOUN d'où une valeur minimale du coefficient qui, pour des raisons inverses, est maximal en Novembre. On constate aussi que, pour chaque mois, la valeur de ce rapport varie assez peu d'une année à l'autre autour d'un chiffre que l'on pourra retenir comme valeur du coefficient mensuel de corrélation. Le tableau I.2 fait état de ce qui vient d'être dit.

- TABLEAU I.2. -

RAPPORT DES DEBITS MENSUELS
DU NOUN A CEUX DU CHQUMI

Mois	Année				Valeur retenue
	1965	1966	1967	1968	
Janvier	-	14,40	12,96	14,12	13,7
Février	11,60	12,28	13,71	13,10	12,6
Mars	10,97	8,46	11,19	9,02	9,8
Avril	7,36	5,27	8,67	9,44	7,4
Mai	13,00	12,42	10,92		12,0
Juin	13,68	16,41	12,35		14,4
Juillet	12,66	17,50	13,17		15,0
Août	13,42	17,98	17,68		15,7
Septembre	14,86	13,98	13,50		14,2
Octobre	15,21	17,15	16,50		16,2
Novembre	18,41	18,15	21,56		19,9
Décembre	15,00	16,19	19,29		17,1

Les coefficients mensuels ainsi définis, appliqués aux débits mensuels du NOUN, fournissent des valeurs calculées des débits mensuels du CHOUMI que l'on peut comparer aux valeurs observées. On trouvera dans le tableau I.3 ces valeurs comparées, avec l'écart relatif qui les sépare.

La lecture de ce tableau apprend que l'écart qui sépare les valeurs observées et calculées du module annuel est faible, inférieur à 10 %. La moyenne des valeurs absolues des erreurs relatives commises sur les débits mensuels calculés, est ramenée à 9,3 % (contre 14,0 % avec le procédé des deux droites ajustées). On constate enfin que l'erreur relative qui entâche le débit moyen mensuel calculé est :

supérieure à 5 %	31 fois sur 39	soit 80 fois sur 100,
supérieure à 10 %	16 fois sur 39	soit 41 fois sur 100,
supérieure à 15 %	5 fois sur 39	soit 13 fois sur 100,
supérieure à 25 %	2 fois sur 39	soit 5 fois sur 100.

C'est donc cette troisième méthode qui sera utilisée pour estimer la valeur du débit moyen mensuel du CHOUMI à BANOK à partir de celui du NOUN à BAFUSSAM.

On trouvera, dans le tableau I.4, les valeurs des débits mensuels du NOUN à BAFUSSAM, de 1952 à 1968, et dans le tableau I.5 celles des débits mensuels du CHOUMI à BANOK, qui en sont issues jusqu'en Février 1965, et qui ont été observées de Février 1965 à Avril 1968. On y trouvera également les 16 valeurs annuelles du module qui s'échelonnent de 5,36 m³/s à 8,28 m³/s et dont la moyenne s'élève à 7,11 m³/s.

1.4. - Echantillonnage au hasard des débits moyens mensuels

Pour permettre de réaliser un échantillonnage au hasard des débits moyens mensuels du CHOUMI à BANOK, il a été procédé au calcul des coefficients mensuels de débit (rapport du volume mensuel au volume annuel pour chaque mois d'observations). On trouvera ces valeurs dans le tableau I.6 où les années ont été rangées par ordre de décroissance de leur module.

L'étude de l'indice de pointe (coefficient du mois le plus fort), pour les diverses années, de l'indice d'occurrence (somme des coefficients des mois de Juillet et Août), de l'indice de sécheresse (somme des coefficients des mois de Janvier, Février, Mars et Avril), ne fait apparaître aucune tendance d'évolution de la répartition des débits en fonction du module. Aussi considérera-t-on qu'il n'existe pas de variations systématiques de cette distribution. Par conséquent, si l'on souhaite étudier une année de fréquence donnée, on adoptera le module correspondant et on supposera que la répartition mensuelle est soit la répartition moyenne, soit, ce qui est préférable, une répartition prise au hasard parmi celles calculées.

- TABLEAU I.3. -

VALEURS COMPAREES, CALCULEES ET OBSERVEES
DES DEBITS MENSUELS DU CHOUJI A BANOK

Année	1965			1966			1967			1968		
	Q _{obs.}	Q _{cal.}	écart %	Q _{obs.}	Q _{cal.}	écart %	Q _{obs.}	Q _{cal.}	écart %	Q _{obs.}	Q _{cal.}	écart %
Janvier	-	-	-	2,00	2,10	+ 5,0	2,46	2,32	- 5,7	2,84	2,92	+ 2,8
Février	1,98	1,83	- 7,6	1,40	1,37	- 2,1	1,48	1,61	+ 8,8	1,64	1,71	+ 4,3
Mars	1,95	2,18	+ 11,8	1,30	1,12	- 13,9	1,09	1,25	+ 14,7	2,96	2,70	- 8,8
Avril	3,11	3,10	- 0,3	5,60	3,99	- 28,8	1,66	1,95	+ 17,5	2,50	3,19	+ 27,8
Mai	3,39	3,68	+ 8,6	6,60	6,83	+ 3,5	1,62	1,47	- 9,3			
Juin	4,84	4,60	- 5,0	9,20	10,5	+ 14,0	2,43	2,08	- 14,4			
Juillet	10,7	9,00	- 15,6	9,60	11,2	+ 16,7	8,20	7,20	- 12,2			
Août	15,3	13,1	- 14,7	12,4	14,2	+ 14,5	12,2	13,7	+ 12,3			
Septembre	15,9	16,6	+ 4,6	17,6	17,3	- 1,6	18,3	17,4	- 5,0			
Octobre	15,1	14,1	- 6,0	14,4	15,3	+ 5,6	20,9	21,3	+ 2,0			
Novembre	8,20	7,59	- 7,5	9,20	8,39	- 8,8	10,9	11,8	+ 8,3			
Décembre	3,84	3,37	- 12,3	4,20	3,98	- 5,3	4,80	5,42	+ 12,9			
Moyenne	7,71	7,24	- 6,1	7,82	8,05	+ 2,9	7,20	7,33	+ 1,8			

- Les débits sont donnés en m³/s

- Les écarts sont donnés en pourcents : $\text{écart} = \frac{Q_{\text{cal.}} - Q_{\text{obs.}}}{Q_{\text{obs.}}} \times 100$.

- TABLEAU I.6 -

COEFFICIENTS MENSUELS DE DEBITS DU CHOUMI A BANOK

N°	Année	Module (m ³ /s)	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J
1	1957-58	8,28	11,4	13,4	18,4	18,9	11,3	6,4	3,5	2,0	1,8	3,6	3,5	5,8
2	1962-63	8,22	9,4	10,7	18,5	20,0	11,4	7,3	3,9	2,6	2,4	4,2	5,9	3,7
3	1954-55	8,12	10,8	9,1	17,5	21,2	11,3	5,3	3,1	1,9	2,8	4,0	4,4	8,6
4	1955-56	8,07	12,5	14,8	18,0	17,6	9,3	4,4	2,6	1,7	4,1	5,8	4,5	4,7
5	1965-66	7,97	11,2	16,2	16,7	15,8	8,6	4,0	2,1	1,5	1,4	5,9	6,9	9,7
6	1967-68	7,68	8,9	13,3	19,9	22,8	11,8	5,2	3,1	1,8	3,2	2,7	2,7	4,6
7	1959-60	7,37	9,7	12,2	20,4	21,8	11,9	5,7	3,2	1,8	2,0	4,7	3,3	3,3
8	1958-59	7,25	11,5	12,2	21,5	18,1	8,8	4,8	3,2	1,7	1,8	4,5	5,2	6,7
9	1956-57	6,91	11,0	13,2	17,4	19,8	9,1	4,6	2,8	1,8	1,7	3,7	4,9	10,0
10	1952-53	6,68	9,8	13,4	18,0	20,6	11,4	5,9	2,9	2,0	4,1	4,8	3,3	3,8
11	1960-61	6,66	9,3	15,7	20,5	20,9	12,3	6,0	3,8	2,2	1,4	3,8	2,1	2,0
12	1966-67	6,54	12,3	15,8	22,4	18,4	11,7	5,4	3,2	2,0	1,4	2,2	2,1	3,1
13	1964-65	6,42	9,0	9,3	16,3	20,3	14,3	7,0	3,8	2,6	2,6	4,1	4,4	6,3
14	1953-54	6,29	10,5	13,7	19,3	17,0	10,3	5,0	3,4	2,0	2,4	4,2	4,1	8,1
15	1961-62	5,99	10,1	10,7	17,1	22,0	11,6	5,7	2,7	1,8	2,6	5,1	4,6	6,0
16	1963-64	5,36	6,0	12,3	19,7	19,6	11,5	5,5	3,5	2,1	3,2	5,6	4,3	6,7

NB. Pour obtenir le débit mensuel, multiplier le module par le coefficient et diviser par 100.

II - REPARTITION STATISTIQUE DES MODULES DU CHOUMI

On a classé les 16 modules calculés ou connus du CHOUMI par ordre de décroissance et on a affecté à chacun d'eux la fréquence de son rang n

par la formule $F = \frac{n - 0,5}{N}$ où N est égal à 16.

On a porté ces valeurs sur le graphique Gr. II.1 . Les points obtenus s'alignent grossièrement sur une droite représentative de la distribution statistique normale. Etant donné la petitesse de l'échantillon statistique (16 valeurs) et sa valeur intrinsèque (résultat d'une estimation), il serait illusoire de chercher à la distribution un ajustement plus précis que la loi normale de Gauss. Celle-ci est définie par :

<u>la moyenne</u>	7,11 m ³ /s
l'écart-type	0,896 m ³ /s.

Le coefficient de variation est ici égal à 0,126.

Dans l'hypothèse où cette distribution normale correspond bien à la répartition des modules du CHOUMI à BANOK, on peut calculer les valeurs des modules correspondant à des fréquences données. On trouverait notamment :

Fréquence cinquantenaire	sèche) 5,27 m ³ /s.
	humide	(8,95 m ³ /s.
Fréquence décennale	sèche) 5,96 m ³ /s.
	humide	(8,26 m ³ /s.
Fréquence quinquennale	sèche) 6,36 m ³ /s.
	humide	(7,87 m ³ /s.

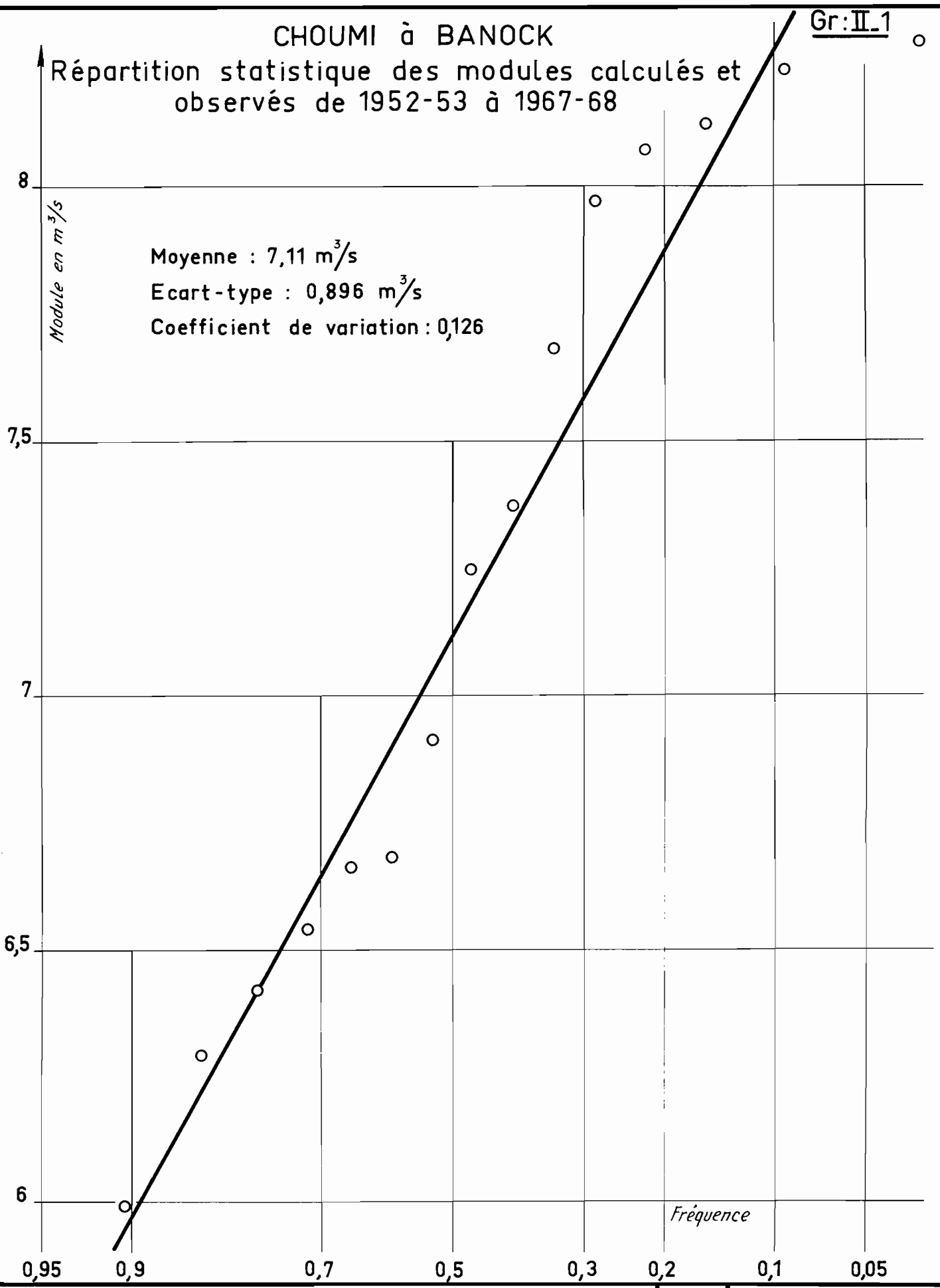
Le même calcul effectué sur les débits mensuels observés du NOUN à BAFUSSAM conduit à un module interannuel de 108 m³/s, et à un écart-type de la distribution statistique normale des modules de 13,0 m³/s avec un coefficient de variation de $\frac{13}{108} = 0,120$, valeur très légèrement inférieure

à celle calculée pour le CHOUMI. On peut d'ailleurs vérifier que les modules calculés du CHOUMI se déduisent de ceux du NOUN en divisant ces derniers par un coefficient pratiquement constant très voisin de 15,2. Ceci n'est pas une image fidèle de la réalité : il serait en effet plus exact d'admettre que la dispersion des modules du CHOUMI soit plus grande que celle des modules du NOUN.

CHOUMI à BANOCK

Gr:II_1

Répartition statistique des modules calculés et observés de 1952-53 à 1967-68



Dans la note précédente, l'étude de la distribution statistique des modules de la METCHIE conduisait pour cette rivière à un coefficient de variation de 0,173. Par analogie avec la METCHIE dont le régime est assez voisin de celui du CHOUMI à BANCK, on peut adopter, pour le CHOUMI, un coefficient de variation de 0,175 au lieu de la valeur calculée de 0,126. On amènerait alors la valeur de l'écart-type à 1,24 m³/s. Il en résulterait les valeurs suivantes des modules du CHOUMI correspondant à des fréquences données :

Fréquence cinquantenaire	sèche	$\frac{4,57}{9,65} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$
	humide	$\frac{\text{m}^3}{\text{s}}$
Fréquence décennale	sèche	$\frac{5,52}{8,70} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$
	humide	$\frac{\text{m}^3}{\text{s}}$
Fréquence quinquennale	sèche	$\frac{6,07}{8,15} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$
	humide	$\frac{\text{m}^3}{\text{s}}$

Selon toute vraisemblance, ces valeurs se rapprochent plus que les précédentes de la réalité. Il n'en reste pas moins qu'il convient de ne garder de ces évaluations que leur ordre de grandeur.

III - ESTIMATION DE LA CRUE EXCEPTIONNELLE

Sans prétendre être en mesure d'effectuer un calcul statistique satisfaisant qui, en présence de données très nombreuses conduirait à la détermination assez exacte du débit de pointe de la crue exceptionnelle, on va tenter dans ce qui suit, en posant les hypothèses indispensables, d'estimer une valeur très approximative de ce débit exceptionnel. Pour ce faire, on recherchera d'abord la hauteur de la précipitation journalière ponctuelle exceptionnelle, puis on fera subir à cette précipitation un certain abattement afin de déterminer la hauteur moyenne sur le bassin, de la précipitation journalière exceptionnelle. A l'aide des crues enregistrées depuis le mois d'Août 1966, on tentera de fixer la valeur du pourcentage de pointe d'une crue simple du CHCUMI. On choisira ensuite une valeur du coefficient de ruissellement liée à une averse exceptionnelle. On calculera alors le débit maximal de ruissellement auquel on ajoutera un débit de base vraisemblable pour obtenir le débit maximal de la rivière.

3.1. - Recherche de la hauteur de précipitation journalière ponctuelle exceptionnelle

On ne connaît la pluviométrie sur le bassin du CHCUMI que depuis le mois d'Août 1966. La plus forte précipitation journalière que l'on ait mesurée sur le bassin s'élève à 102,9 mm le 18/8/66 au pluviomètre n° 19. On prendra donc comme station pluviométrique de référence la station de BAFOUSSAM, proche du bassin, située à une altitude semblable et où l'on connaît la pluviométrie journalière depuis 1934. On posera comme hypothèse que BAFOUSSAM a un régime pluviométrique semblable à celui d'un des postes situés dans le bassin. Au vu de la campagne 1966, la pluviométrie sur ce bassin serait plutôt plus faible qu'à BAFOUSSAM ; il ne serait toutefois pas prudent de se baser sur une seule année pour admettre un abattement.

Or, on a mesuré à BAFOUSSAM depuis 1934 les précipitations journalières maximales suivantes :

185,7	mm	en	Août 1935.
117	mm	en	Septembre 1936.
115,6	mm	en	Avril 1966.
101	mm	en	1943.

A la station de N°KONG SAMBA, un peu plus au Sud mais dans la même chaîne, on a mesuré 175 mm en Juillet 1941. La suite de la période d'observations montre que la fréquence de l'averse de 185,7 mm doit être très faible. Dans ces conditions, il paraît justifié d'adopter, pour le calcul de la crue du projet, une précipitation de 250 mm.

3.2. - Recherche de la hauteur moyenne sur le bassin du CHOUMI, de la précipitation journalière exceptionnelle

Les postes pluviométriques qui équipent le bassin sont nombreux (17) et répartis de façon assez homogène pour que la moyenne arithmétique des hauteurs de précipitation qui y sont observées à une date donnée, fournisse une valeur de la hauteur moyenne de précipitation sur le bassin, dont la précision est suffisante pour le calcul de l'ordre de grandeur du coefficient d'abattement de l'averse. On se réfère alors aux observations effectuées sur le bassin pour connaître le coefficient d'abattement normal d'une averse de quelque importance. Par rapport au maximum ponctuel mesuré, l'abattement a été le suivant :

P _{maxi.}	69,5	64,1	63,5	63,5	47,9	51,1
Abattement (%)	42	35	48	58	32	38

Des études sur l'abattement réalisées au Cameroun, on peut estimer à 70 % une valeur raisonnable du coefficient correspondant. Dans ces conditions, la hauteur de la lame d'eau relative à une précipitation journalière exceptionnelle sur le bassin serait :

$$P = 250 \times 0,70 = 175 \text{ mm.}$$

3.3. - Recherche d'un pourcentage de pointe

Parmi les hydrogrammes du CHCUMI enregistrés depuis le mois d'Août 1966, on a choisi, malgré sa faible puissance, la crue du 28 Avril 1967 qui présente une forme simple, régulière, plus aiguë que les autres qui sont complexes et particulièrement molles. L'hydrogramme de ruissellement de la crue du 28 Avril 1967, d'ailleurs légèrement rectifié à la montée, se définit par un temps de montée de 21 heures, un temps de ruissellement de 61 heures et un pourcentage de pointe de 3,35 % pour un intervalle de temps de 1 heure. Rien ne permet de croire qu'il s'agit là d'une crue unitaire. Pourtant, faute de plus amples précisions, on retiendra la valeur 3,4 % du pourcentage de pointe que l'on appliquera au volume ruisselé d'une averse exceptionnelle. Le graphique Gr. III.1 représente l'hydrogramme de la crue du 28 Avril 1967.

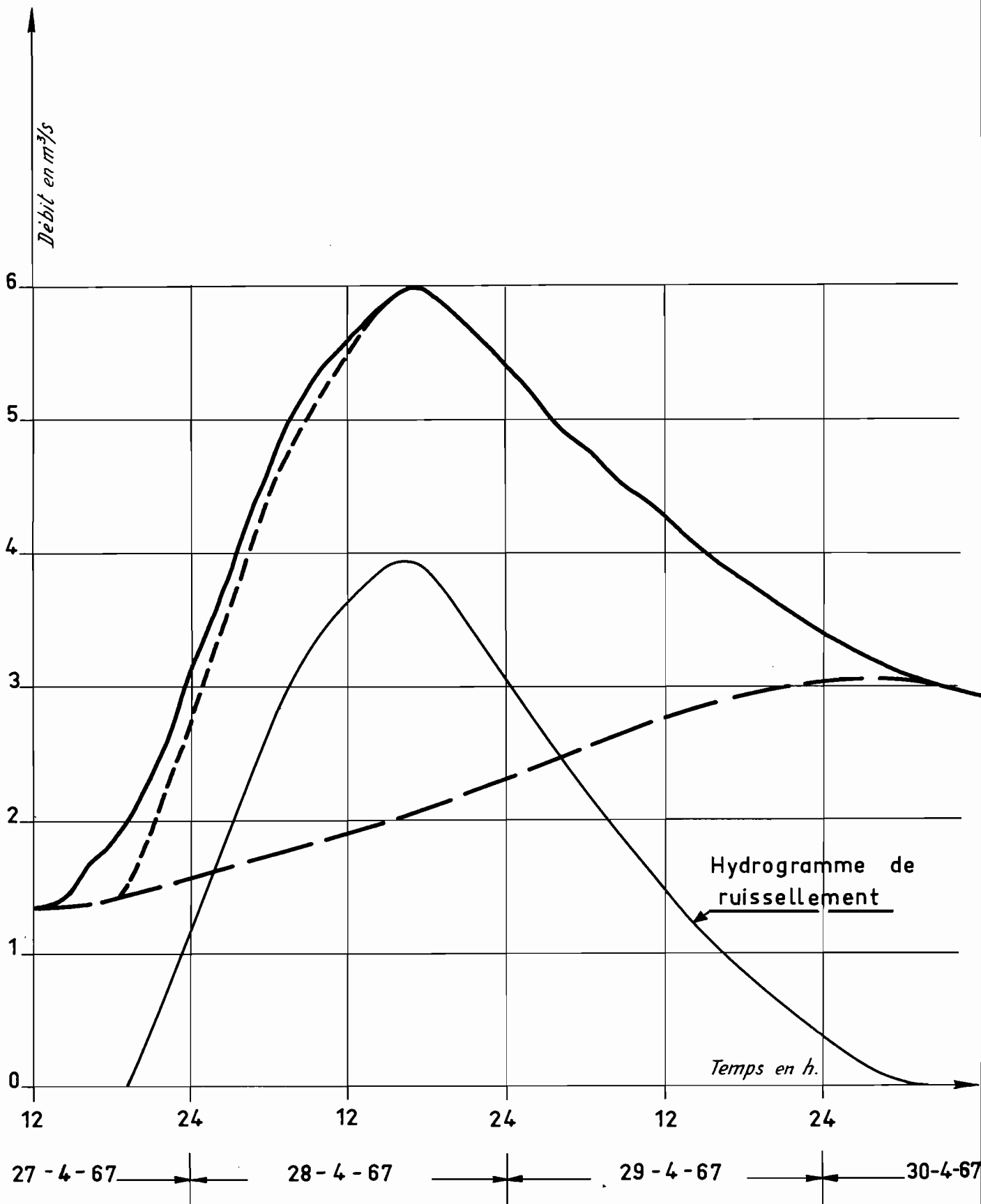
3.4. - Recherche d'un coefficient de ruissellement

On ne dispose pas de valeurs quantitatives à ce sujet. Cependant, la note qui a été présentée à la Conférence Interafricaine sur l'Hydrologie en Janvier 1961 à NAIROBI, intitulée "Application de la Méthode des Hydrogrammes Unitaires à un Ecoulement de Type Hypodermique", traite de l'étude du ruissellement du bassin versant du Mayo BALENG. Ce petit bassin versant de 10,7 km² est situé au Nord-Est de BAFUSSAM à l'altitude moyenne de 1 120 m. Les cultures couvrent les 3/4 du bassin. Le sol est noir, très jeune, dérivé de cendres volcaniques basiques reposant sur un ancien sol ferrallitique rouge dérivé du gneiss. La conclusion de cette note mentionne que le coefficient de ruissellement efficace est égal à 16 %, que le coefficient de ruissellement correspondant à la pluie utile tend vers 12 ou 15 % et que, au cours des campagnes 1958 et 1959, le coefficient de ruissellement correspondant à la hauteur totale de l'averse n'a pas dépassé 7 % pour une lame d'eau maximale tombée de 72,3 mm.

Le bassin très cultivé du CHCUMI, son sous-sol constitué de roches volcaniques et de roches granitiques recouvertes de produit de décomposition présentant un pouvoir de rétention élevé, les couches superficielles de terrain particulièrement perméables, sont autant de points communs avec le bassin du Mayo BALENG pourtant beaucoup plus petit. Les hydrogrammes du CHCUMI dont on dispose, montrent des crues très molles, au temps de montée voisin de 22 heures et aux décrues très étendues, indiquant par là que le ruissellement proprement dit n'est pas important.

Crue du CHOUMI à BANOCK

28 Avril 1967



On peut d'ailleurs connaître l'ordre de grandeur du coefficient de ruissellement du CHCUMI lors de la plus forte crue observée, celle du 14 Septembre 1966, au débit de pointe de 27,2 m³/s, au cocur de la saison des pluies. Les précipitations des 12, 13 et 14 Septembre ont apporté approximativement 44 mm de pluie sur le bassin. La crue qui en a résulté est longue et complexe. Son débit de base est de 18 m³/s, son débit de fin de ruissellement est de 23 m³/s. Le volume d'eau ruisselé atteint 90 200 m³. Son coefficient de ruissellement s'élève donc à :

$$\frac{90\ 200}{1\ 000 \times 44 \times 349} = 0,059 \text{ soit } 5,9 \%$$

C'est pourquoi, compte tenu des données du Mayo BALENG on adoptera 20 % pour valeur du coefficient de ruissellement du CHCUMI à l'occasion d'une averse exceptionnelle.

3.5. - Calcul du débit de crue exceptionnelle

Superficie du bassin versant	- S	= 349 km ²
Hauteur de l'averse	- P	= 175 mm
Pourcentage de pointe pour 1 heure	- p	= 0,034
Coefficient de ruissellement	- K _r	= 0,20

$$Q_r = \frac{0,034}{3\ 600} \times 0,20 \times 175 \times 349 \times 1\ 000 = 116 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Si l'on admet que le débit de base est de 14 m³/s, on obtient un débit de pointe de la crue exceptionnelle de 130 m³/s soit 373 l/s.km².

3.6. - Crue complexe

Le débit maximal de ruissellement que le CHCUMI à BANCK puisse atteindre, a été trouvé égal à 116 m³/s. Mais une crue n'atteignant pas, en débit, cette valeur limite, peut être de nature exceptionnelle en raison de l'abondance du volume de ruissellement qui lui correspond. Le problème qui se pose alors est de connaître la forme de l'hydrogramme complexe de cette crue qui réclamera, du laminage dans la retenue, le plus d'efficacité.

Des enregistrements effectués, on a extrait des crues complexes dont on a tiré les hydrogrammes de ruissellement. Ce sont :

Date	20-8	16-7	20-8	10-9	21-9
	au 25-8-66	au 21-7-67	au 26-8-67	au 15-9-67	au 27-9-67
Débit de pointe (m ³ /s)	19,9	12,1	15,5	20,3	25,5
Temps de ruisselle- ment	5 jours	4 jours, 18 heures	5 jours, 6 heures	5 jours	5 jours, 12 heures
Volume de ruisselle- ment (10 ⁶ m ³)	1 342	936	870	1 003	1 647
Débit maximal de ruissellement (m ³ /s)	5,2	4,1	3,3	5,48	6,1
Rapport $\frac{Q_r}{V_r} \times 10^6$	3,9	4,4	3,8	5,4	3,7

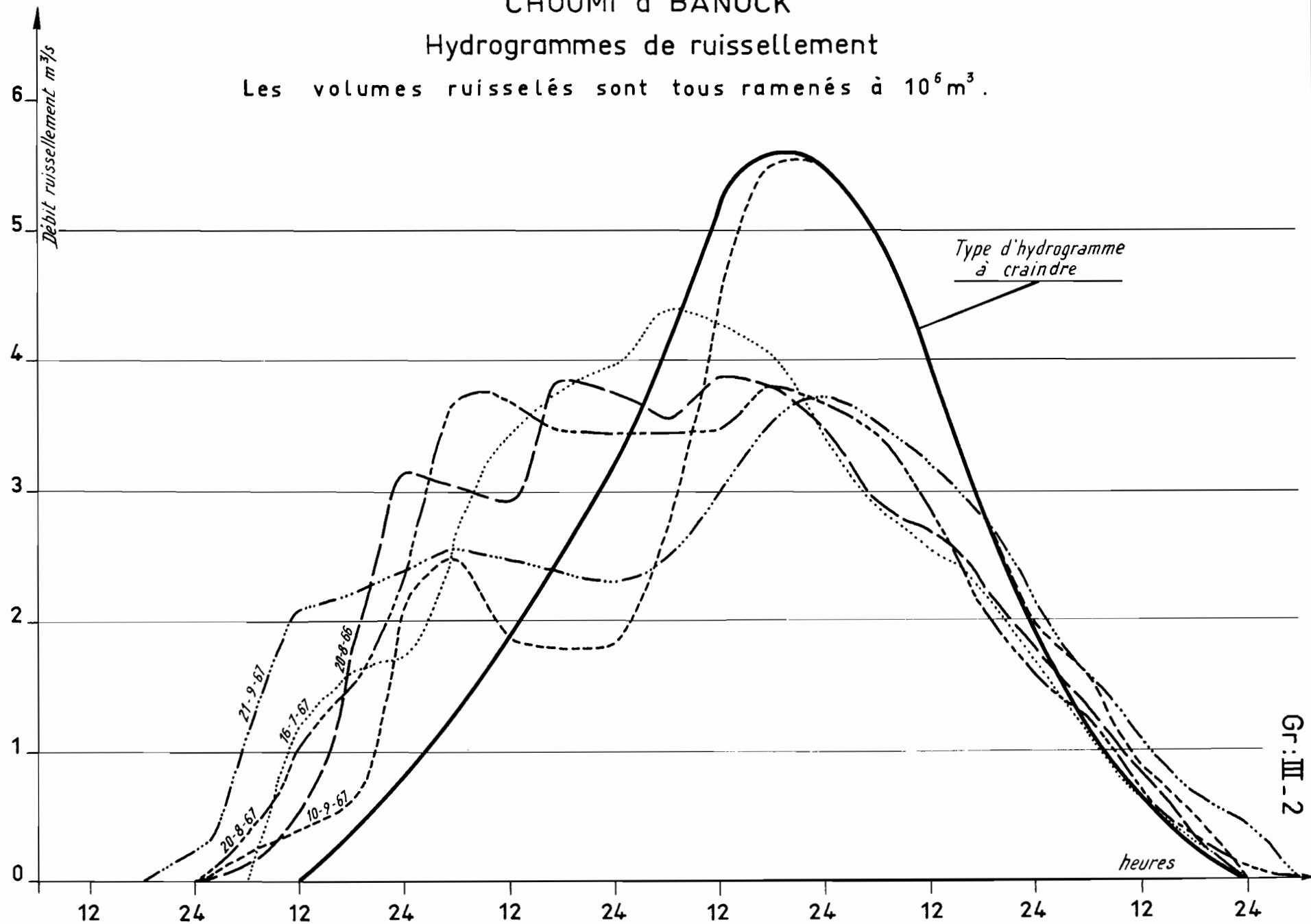
On constate que les temps de base de ces crues complexes sont semblables et voisins de 5 jours. Sans toucher à l'échelle des temps, on modifie l'échelle des débits de façon à ramener chacun des volumes de ruissellement à la valeur unité que l'on prendra égale à un million, de mètres cubes. En superposant les nouveaux hydrogrammes obtenus (graphique Gr. III.2) on s'aperçoit que les courbes de décrues sont aussi assez voisines. On planimètre les surfaces représentant les volumes que la retenue devrait emmagasiner pour des débits d'évacuation donnés successifs. Le graphique Gr. III.3 montre les variations relatives du volume à stocker en fonction du débit d'évacuation pour les différentes crues. La crue du 10 Septembre 1967 y apparaît comme la plus dangereuse, à volume ruisselé égal. Elle offre deux maxima à 40 heures d'intervalle, dont le second représente un débit double du premier. On modifie légèrement l'allure de cet hydrogramme en accentuant ce qui en fait le danger (volume à stocker plus grand pour un même débit d'évacuation), de façon à conserver au volume global ruisselé la valeur unitaire de 10⁶ m³. L'hydrogramme théorique obtenu a un temps de base de 4 jours 12 heures, un débit de pointe de 5,60 m³/s pour un volume de ruissellement d'un million de mètres cubes.

Il s'agit maintenant de transposer ces hydrogrammes en hydrogrammes de crue exceptionnelle.

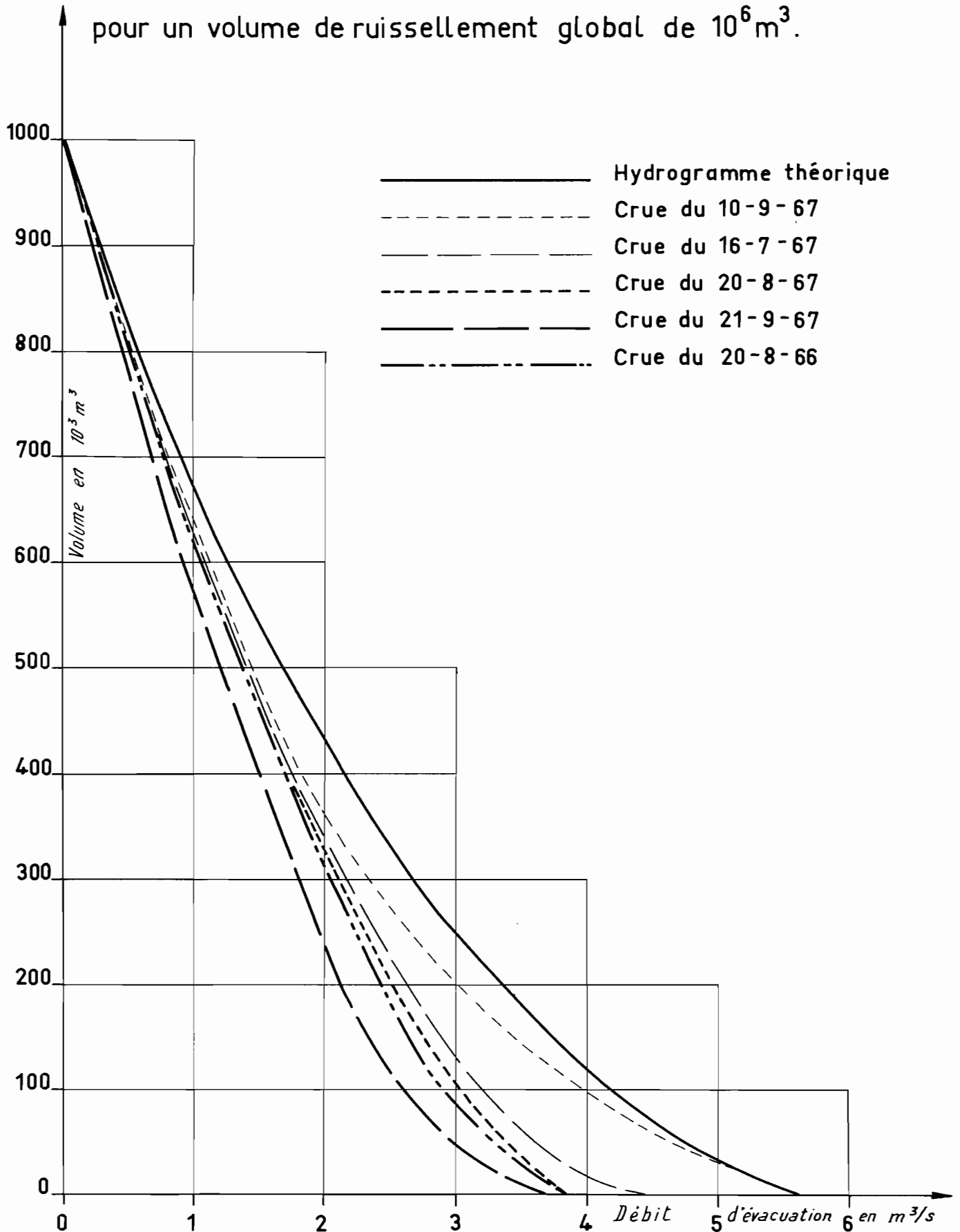
On a remarqué précédemment que le temps de décrue d'un hydrogramme de crue simple était assez voisin de 1 jour 12 heures ; en conséquence l'averse responsable de la crue complexe, qu'on cherche à définir, aura duré environ 4,5 - 1,5 = 3 jours (peut-être moins mais sûrement pas beaucoup plus). Il n'est donc pas possible d'appliquer ici les mêmes conditions que celles qu'on

CHOUMI à BANOCK

Hydrogrammes de ruissellement

Les volumes ruisselés sont tous ramenés à 10^6 m^3 .

Variations du volume à stocker en fonction du débit d'évacuation pour un volume de ruissellement global de 10^6 m^3 .



avait posées pour calculer le débit de pointe de la crue exceptionnelle puisqu'il s'agissait là d'une averse journalière tandis qu'intervient dans ce cas-ci une averse de trois jours. La hauteur de l'averse sera donc différente mais on pourra conserver les mêmes coefficients d'abattement et de ruissellement que précédemment.

En toute circonstance, le débit de ruissellement est limité à $116 \text{ m}^3/\text{s}$. Au cas limite où la pointe de l'hydrogramme complexe précédemment tracé atteindrait précisément $116 \text{ m}^3/\text{s}$, le volume de ruissellement d'une telle crue s'élèverait à 20,7 millions de mètres cubes, représentant une hauteur de précipitation ponctuelle maximale sur le bassin en trois jours consécutifs de 424 mm. Cette valeur n'est pas incompatible avec les 250 mm journaliers retenus précédemment, mais elle est sans doute voisine de la limite supérieure à admettre pour une hauteur de précipitation de trois jours consécutifs. Par contre, si l'on supposait qu'une crue de la forme de celle du 21 Septembre puisse culminer à $116 \text{ m}^3/\text{s}$, on trouverait un volume ruisselé de $31,2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ correspondant à une pluviométrie ponctuelle de 640 mm en trois jours, valeur qui ne paraît pas admissible. Ainsi, la limite de validité de l'hydrogramme théorique qui a été tracé semble correspondre également à la limite supérieure de l'abondance des précipitations. Il n'est donc pas nécessaire d'envisager une autre forme d'hydrogramme pour d'éventuels volumes ruisselés supérieurs à 20,7 millions de mètres cubes que le cours d'eau n'évacuerait pas en 4 jours et demi ; et, pour des volumes ruisselés inférieurs à $20,7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ c'est l'hydrogramme précité qui réclame du laminage le plus d'efficacité.

La meilleure façon de caractériser sa forme est de classer son diagramme de distribution calculé pour des intervalles de temps de 12 heures. Le tableau suivant en découle où les coefficients sont à multiplier par le volume ruisselé global (qui doit être inférieur à $20,7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$) pour obtenir les volumes partiels ruisselés :

N° d'intervalle	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Coefficient	0,237	0,216	0,175	0,133	0,098	0,069	0,043	0,022	0,007

Mieux que la courbe dessinée au graphique Gr.III.2 qui n'est qu'un cas parmi d'autres, ce tableau définit toutes les conditions que devra remplir l'hydrogramme choisi, une fois que le volume de ruissellement en aura été fixé.