

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



Service hydrologique

CENTRE DE FORT-LAMY

ÉTUDE DES CRUES MAXIMALES ANNUELLES DU LOGONE A MOUNDOU

MARS 1966

O.R.S.T.O.M.

CENTRE de FORT-LAMY

Service Hydrologique

ETUDE des CRUES MAXIMALES ANNUELLES du
LOGONE à MOUNDOU

Mars 1966

Dès 1955, l'Administration des Travaux Publics avait demandé à la Commission Scientifique du LOGONE et du TCHAD (dont le support était l'ORSTOM) la valeur du débit de crue à prendre en considération pour la construction du pont de MOUNDOU. Au nom de la Commission et en parfait accord avec le Chef de la Section hydrologique de l'ORSTOM, M. André BOUCHARDEAU avait indiqué le chiffre de 5 000 m³/s. Malheureusement, cette donnée avait paru quelque peu exagérée, de sorte que le pont avait été prévu pour un débit plus faible : 4 000 m³/s (pensons-nous). Ce qui est plus grave, c'est que pour empêcher tout déplacement du lit, on avait évité la construction de tout ouvrage secondaire dans la plaine d'inondation qui se trouvait à peu près barrée par les accès à l'ouvrage.

La forte crue de 1956, dont le débit maximal a été estimé à 3 640 m³/s, inspira les plus vives inquiétudes, l'eau étant montée assez près du niveau du tablier et des affouillements très importants ayant été constatés dans le lit. C'est pourquoi le Ministère des Travaux Publics du TCHAD a fait entreprendre les recherches nécessaires pour remédier, à l'avenir, à cette situation.

A la demande du BCEOM et du Centre de Recherches et d'Essais de CHATOU, l'ORSTOM a procédé à nouveau à l'étude de la crue exceptionnelle du LOGONE à MOUNDOU.

I - ELEMENTS à ETUDIER -

L'étude doit porter à la fois sur les débits et les hauteurs. Ces dernières ne sont pas, en effet, les seules à prendre en considération pour les raisons suivantes :

a) S'il est possible de procéder à une étude statistique directe sur les hauteurs, la même étude effectuée sur les débits correspondants permet d'effectuer des comparaisons d'un cours d'eau à l'autre ou d'un point d'un bassin à un autre, et de procéder à certaines vérifications bien utiles lorsque les périodes d'observations sont limitées et impossibles à effectuer avec l'étude directe sur les hauteurs.

b) Le lit du LOGONE n'est pas stable, surtout à l'emplacement du pont, depuis les travaux, le régime annuel des hauteurs est donc fonction des modifications que subit le lit.

c) Dans l'étude des dispositions de protection à prendre, il est utile de connaître, non seulement les hauteurs, mais encore les débits de crues exceptionnelles.

II - DONNEES DISPONIBLES -

En ce qui concerne les débits, deux stations de jaugeages ont été exploitées :

La plus ancienne était installée derrière les bureaux de l'actuelle Préfecture. Les relevés ont commencé en 1935. La cote du zéro a pu être reconstituée à 10 ou 15 cm près, à partir d'études statistiques sur les hauteurs d'eau moyennes et de hautes eaux. On a obtenu l'altitude du zéro : 392,69 (nivellement IGN 1953).

Emportée en 1947, l'échelle a été réinstallée en Août 1948 avec zéro à 393,29 (IGN 1953).

Depuis cette date, des jaugeages ont été effectués et des rattachements réguliers aux bornes IGN. On note 3 changements de zéro à la suite de déplacements d'éléments d'échelles :

- 18 Octobre 1952 : zéro à 392,54 (IGN 1953)
- 30 Mars 1953 : zéro à 391,83
- 8 Juillet 1953 : zéro à 391,11

Le lit du LOGONE présentait une certaine instabilité, sans trop graves conséquences heureusement sur l'évaluation des débits de crue.

47 jaugeages ont été exécutés, la station est assez bien étalonnée jusqu'à 2 000 m³/s.

La qualité des relevés antérieurs à 1947 est assez inégale.

Une analyse critique a conduit à considérer comme suspects les relevés de 1938. La valeur très élevée de 1947 a été conservée, mais au cours de l'étude de la crue exceptionnelle, on a pu vérifier que la cote donnée dans les relevés était certainement trop forte et de beaucoup. La crue 1947, à l'aval de MOUNDOU, est suffisamment connue par l'enquête faite sur place par A. BOUCHARDEAU au début de 1948. On est en mesure d'affirmer, à la suite de cette enquête, que cette crue 1947 à LAI a été nettement inférieure à celle de l'année suivante ; ceci élimine l'hypothèse d'une crue au moins centenaire à MOUNDOU, comme le laisseraient croire les relevés bruts de MOUNDOU.

Depuis 1947, il y a eu des hydrologues sur le LOGONE à toutes les saisons des pluies et une crue de l'ordre de celle de 1956 ne serait pas passée inaperçue. On peut s'étonner du fait que les crues de 1948 et 1956 à MOUNDOU n'aient pas produit à LAI de crues de l'ordre de celle de 1955; mais il faut considérer l'ampleur des inondations entre les deux stations. La crue de 1948 à MOUNDOU qui coïncidait avec celle de la PENDE à DOBA s'est produite en début de saison et a été très brève, d'où un laminage très important : $Q_{\max} \text{ LAI} - (Q_{\max} \text{ MOUNDOU} + Q_{\max} \text{ DOBA}) \neq 1200 \text{ m}^3/\text{s}$. La crue de 1956 s'est produite très tard avec un net décalage sur le reste de la saison des pluies (bien qu'elle coïncide aussi avec celle de DOBA), le laminage a été du même ordre. Au contraire, la crue de 1955, moins

aigle, est arrivée une semaine après une première pointe de $2\,400\text{ m}^3/\text{s}$, alors que les plaines d'inondation étaient en eau ; elle coïncidait avec la crue de la PENDE relativement plus forte (période de retour 20 ans ?). Il n'y a pratiquement pas eu de laminage.

Pour la période antérieure, l'analyse effectuée a montré qu'à part les deux réserves faites plus haut, les relevés sont corrects.

Une seconde station a été installée au pont le 1er Avril 1955. Le zéro de l'échelle n'a jamais varié, mais les nivellements effectués par divers Organismes depuis la borne IGN, ont donné des résultats différents. Les trois cheminements faits par l'ORSTOM ont donné les altitudes suivantes : 393,68 ; 393,73 ; 393,72 (le cheminement aller et retour avait une longueur de 8 km).

La cote adoptée par ORSTOM est de 393,70 (dans le même système, la borne astronomique située près du pont a son sommet à la cote 400,65 - IGN 1953).

A partir du 1er Avril 1965, et compte tenu du surcreusement du lit, le zéro de l'échelle a été abaissé à la cote 392,70.

17 jaugeages ont été effectués à cette station, la courbe de tarage est bonne jusqu'à $2\,000\text{ m}^3/\text{s}$. Le plus fort débit jaugé, $1\,780\text{ m}^3/\text{s}$, date du 17 Septembre 1964, donc notre courbe de tarage correspond aux conditions du lit sous le pont à cette date. Le lit est assez instable, en effet, et les variations de la section peuvent avoir une certaine influence sur la traduction des hauteurs en débits, même pour les fortes crues.

III - CORRESPONDANCE ENTRE les DEUX STATIONS -

Les relevés journaliers à la station aval ayant été poursuivis bien au-delà du 1er Avril 1955, il a été possible d'étudier la corrélation entre les relevés des deux échelles. Cette corrélation utilise non seulement les observations des lecteurs (pas toujours correctes), mais un certain nombre d'observations faites à la fois aux deux stations par les hydrologues, en particulier pendant les jaugeages.

On a donc pu établir une courbe de correspondance. La dispersion des points, par rapport à la courbe moyenne, est faible : quelques cm au maximum, sauf pour les hauteurs d'eau inférieures à 2 m à l'échelle du Pont, car pour les très basses eaux, le chenal d'étiage se modifie au cours de la période de basses eaux et il faut presque établir, tous les ans, des courbes de tarage pour l'étude du tarissement, mais ceci n'intervient pas dans notre étude.

IV - DEBITS de POINTE OBSERVES -

On notera que les superficies des bassins versants aux deux stations sont les mêmes, on peut donc comprendre dans un même échantillon statistique les chiffres qu'elles nous fournissent :

| | | | |
|------|---------------------------|------|---------------------------|
| 1935 | : 2 970 m ³ /s | 1950 | : 1 950 m ³ /s |
| 1936 | : 2 370 " | 1951 | : 1 337 " |
| 1937 | : 1 820 " | 1952 | : 1 754 " |
| 1938 | : (2 600) " (suspect) | 1953 | : 1 385 " |
| 1939 | : pas de relevé | 1954 | : 2 220 " |
| 1940 | : 1 524 m ³ /s | 1955 | : 2 805 " |
| 1941 | : pas de relevé | 1956 | : 3 640 " |
| 1942 | : 2 595 m ³ /s | 1957 | : 1 540 " |
| 1943 | : 2 895 " | 1958 | : 1 763 " |
| 1944 | : 1 129 " | 1959 | : 2 670 " |
| 1945 | : 2 370 " | 1960 | : >> 1 490 " (2) |
| 1946 | : 2 295 " | 1961 | : >> 1 572 " (2) |
| 1947 | : (4 900) " (faux) | 1962 | : pas de relevé (2) |
| 1948 | : 3 288 " | 1963 | : 2 360 m ³ /s |
| 1949 | : pas de relevé (1) | 1964 | : 2 251 " |
| | | 1965 | : 1 534 " |

(1) La crue de 1949 sur le LOGONE a été assez faible.

(2) D'après les observations faites à l'aval et les témoignages recueillis sur place, la crue à MOUNDOU a été nettement inférieure à celle de 1956.

Les valeurs 1938 et 1947 étant défavorables, nous les avons conservées dans nos premiers calculs, ainsi que la valeur 1 600 m³/s pour 1961, il y a de très fortes raisons pour que le débit maximal, cette année, n'ait dépassé que de très peu 1 572 m³/s.

V - ETUDE STATISTIQUE -

Pour ce genre de cours d'eau, la distribution des valeurs maximales annuelles est hypergaussienne dans la zone d'alimentation, normale quand les plaines d'inondation ont pris un grand développement et nettement hypogaussienne plus à l'aval (cas de LOGONE BIRNI sur le LOGONE, de DIRE sur le NIGER). Mais à MOUNDOU, la distribution est hypergaussienne et de façon très nette.

Un essai d'ajustement avec la formule de GOODRICH (dérivée de FULLER COUTAGNE), dont l'expression est :

$$Q_T = a \left[1 + b (\log T)^n \right]$$

n'a pas donné de bons résultats si l'on tient compte du point représentatif de 1947. Si l'on n'en tient pas compte, le résultat n'est pas très brillant, la courbe conduirait presque certainement à des valeurs sous-estimées, les crues de 1948 et 1956 n'ont pas un temps de récurrence extraordinaire, il a dû y en avoir bien d'autres entre 1870 et 1900, époque de très forte hydraulité en cette région.

La "loi" de PEARSON III a donné de bons résultats et c'est celle que nous avons retenue en définitive.

Les paramètres classiques γ et a ont les valeurs suivantes :

$$\gamma = 8,8$$

$$a = 0,003882$$

La relation ajustée s'écrit :

$$F(q) = \frac{0,003882^\gamma}{\Gamma(8,8)} \int_0^q e^{-0,003882 q} \cdot q^{\gamma-1} \cdot dq$$

Le test du χ^2 a donné, pour cet ajustement, les résultats suivants :

$$\chi^2 = 0,9627$$

Nombre de classes : 5.

Nombre de degrés de liberté : 2.

La probabilité d'être dépassée est comprise entre 10 et 90 %, donc nettement supérieure à 5 %; l'ajustement est donc satisfaisant, mais ceci ne veut pas dire que l'on puisse accorder une confiance absolue à la courbe d'ajustement trouvée car étudier une répartition statistique a priori hypergaussienne, sur un échantillon de 26 ans, c'est un peu à la limite des possibilités pratiques de la statistique. Il est encore heureux que la distribution ne soit pas trop dissymétrique.

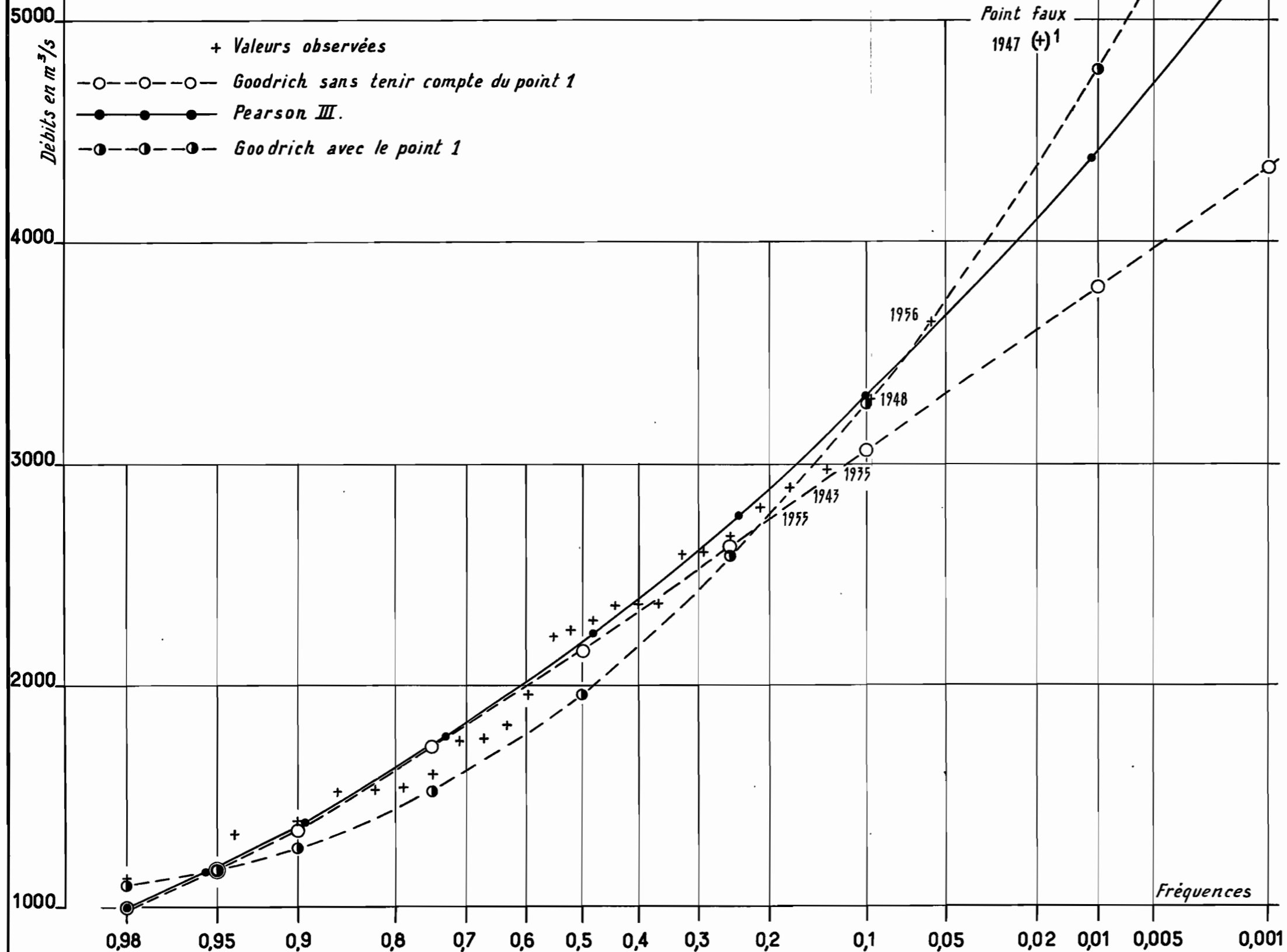
On pourrait être tenté de penser, en voyant la position du point 1956, que notre ajustement est pessimiste. On sait qu'aucune des années manquantes depuis 1935 n'a été marquée par une hydraulité exceptionnelle pour l'ensemble de la cuvette tchadienne, ce qui tendrait à attribuer à cette crue une fréquence inférieure à 1/20, mais n'oublions pas (et c'est précisément le cas de 1956) qu'une très forte crue à MOUNDOU peut simplement donner une crue forte à LAÏ et une crue modérée à FORT-LAMY, si elle est particulièrement aiguë. Donc rien n'empêche les crues de 1939 et 1941 d'avoir atteint la valeur de celle de 1956. (C'est à peu près exclu pour 1949). En outre, la période 1870-1890, de très forte hydraulité en Afrique tropicale, a dû voir des crues très élevées à MOUNDOU. On s'en tiendra donc à notre courbe de PEARSON III ajustée.

DEBITS de CRUES de FREQUENCE RARE -

D'après cette courbe, on obtient les résultats suivants :

- Crue décennale : 3 300 m³/s
- Crue centenaire : 4 400 m³/s

ÉTUDE STATISTIQUE DES CRUES INSTANTANÉES DU LOGONE à MOUNDOU



La fréquence millénaire n'a pas de signification physique. Pour satisfaire l'esprit, précisons que l'extrapolation de notre courbe pour la fréquence 1/1000 conduit à un débit de $5\,400\text{ m}^3/\text{s}$. Cette valeur est légèrement supérieure à celle indiquée déjà par André BOUCHARDEAU, mais cette différence n'a pas de signification, l'erreur d'estimation sur une crue de fréquence nettement inférieure à la fréquence centenaire est au moins de 10 %. Mais il serait imprudent de prendre moins de $5\,000\text{ m}^3/\text{s}$.

COTES en CRUE au DROIT du PONT de MOUNDOU -

En reprenant la courbe de jaugeages au Pont, on trouve les cotes de crues suivantes :

- Crue décennale : 6,05 m
- Crue centenaire : 6,65 m

Ces cotes sont rapportées à l'échelle actuelle (abaissée de 1 m en 1965) avec le zéro à la cote 392,70 (zéro à 393,70 avant 1965).

La cote correspondant au débit $5\,400\text{ m}^3/\text{s}$ serait de l'ordre de 7,20 m à la même échelle.

Les cotes maximales observées à la même échelle depuis 1956, ou reconstituées avec la correspondance signalée plus haut, ont été les suivantes :

- 6 Septembre 1957 Cote 4,41 m
- 30 Septembre 1958 Cote 4,70 m
- 16 Septembre 1959 Cote 5,59 m
- 1960 Cote supérieure ou égale à 4,34 m
- 1961 Cote supérieure ou égale à 4,45 m
- 1962 Année incomplète
- 23 Août 1963 Cote 5,34 m
- 5 Septembre 1964 Cote 5,24 m
- 16 Août 1965 Cote 4,40 m

D'après les observations faites plus à l'aval, les cotes maximales de 1960 et 1961 ont été certainement peu différentes des cotes données ci-dessus, surtout en 1961 où la cote relevée le 30 Septembre est probablement la cote maximale. En 1962 la crue a certainement été moins forte qu'en 1966.

Ces cotes correspondent quelquefois à la cote maximale, quelquefois à une lecture journalière, dans ce cas, une majoration de quelques centimètres serait à prévoir.

Ces cotes correspondent aux conditions du lit sous le pont et à son voisinage, valables pour Septembre 1964, date à laquelle a été effectué le jaugeage pour le débit le plus élevé. Elles devront être modifiées en fonction des variations générales du lit depuis cette époque.