

**BUREAU CENTRAL D'ETUDES
POUR LES EQUIPEMENTS D'OUTRE - MER**

Convention ORSTOM N° 6500-471
date de parution du rapport : mai 1969

**DONNÉES HYDROLOGIQUES
SUR LA RIVE DROITE DU BAS-CHARI
(République du Tchad)**

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

CENTRE O.R.S.T.O.M DE FORT-LAMY

D8
AR

OLOGIE

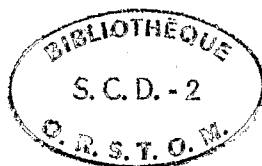


BUREAU CENTRAL
D'ETUDE OUTRE - MER

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE - MER
CENTRE DE FORT-LAMY

DONNEES HYDROLOGIQUES
SUR LA RIVE DROITE DU BAS - CHARI
(République du Tchad)

P. CARRE



D8
CAR

21 AOUT 1970

S O M M A I R E

4 INTRODUCTION

5 I - FACTEURS CONDITIONNELS DES ECOULEMENTS : LE COMPLEXE PHYSIQUE

- 5 1. Situation géographique
5 2. Les sols et la végétation
7 3. Relief - Réseau hydrographique

9 II - FACTEURS CONDITIONNELS DES ECOULEMENTS : LA CLIMATOLOGIE, LA CRUE DU
CHARI, LES NIVEAUX DU LAC.

- 9 1. Climatologie
9 2. La crue du Bas-Chari et les déversements
2.1. La crue du Chari à Fort-Lamy
2.1.1. Distribution statistique des débits maximums annuels
du Chari à Fort-Lamy
2.1.2. Fréquence de la crue et cotes du plan d'eau du Chari
à Fort-Lamy
2.2. La crue en aval de Fort-Lamy
13 3. Les niveaux du lac Tchad
3.1. Variation annuelle
3.2. Variation interannuelle
14 4. Niveaux du lac et crue du Chari : le delta à Djimtilo
16 5. Conclusion

17 III - EQUIPEMENT HYDROMETRIQUE DU BAS-CHARI MESURES.

- 17 1. La Serbeouel à Maltam
1.1. Jaugeages
1.2. Etalonnage
1.3. Corrélation Fort-Lamy - Maltam
18 2. Le Chari à Goulfey
2.1. Jaugeages
2.2. Corrélation Fort-Lamy - Goulfey
2.3. Etalonnage

- 20 3. Le Chari à Douguia
3.1. Jaugeages
3.2. Etalonnage
3.3. Corrélation Fort-Lamy - Douguia
- 21 4. Le Taf - Taf à Kobra
- 21 5. Le Chari à Mani
- 22 6. Echelle N° 1
- 22 7. Echelle N° 2
- 23 8. Echelle N° 3
- 23 9. Echelle N° 4
- 23 10. Echelle N° 5

25 IV - DEVERSEMENTS DU CHARI EN AVAL DE FORT-LAMY, RIVE DROITE

25 A. Cotes de crues le long du bief du Chari et de l'itinéraire proche du
fleuve.

25 A.1. Profil en long de la route Douguia Amalget et PHE

26 A.2. Fréquence de la crue et durée du dépassement d'une cote le long du
bief en aval de Fort-Lamy.

28 B. Les débits déversés

28 B.1. Différence des débits maximums entre stations du bief après soustrac-
tion des prélèvements du Serbeouel et du Taf-Taf.

31 B.2. Defluents de rive droite en aval de Fort-Lamy et propagation des
volumes déversés en 1961

33 B.3. Débits déversés en 1961

B.3.1. Itinéraire proche du fleuve au voisinage du maximum

B.3.2. Propagation des débits maximums

34 C. CONCLUSIONS.

39 Liste des Tableaux

40 Liste des figures

41 Bibliographie

I N T R O D U C T I O N

Cette note s'inscrit dans le cadre de l'étude, effectuée par le Bureau Central d'Etudes Outre-Mer (BCEOM), d'un projet routier visant à améliorer la liaison Djermaia-Djimtilo, actuellement impraticable plus de la moitié de l'année : les écoulements de saison des pluies (juin à septembre) sont relayés par les déversements du Chari (octobre à décembre).

Le programme des études, proposé par convention entre l'ORSTOM et le BCEOM, prévoyait pour l'année 1968 :

- I - à la fin du mois d'août une reconnaissance aérienne des écoulements dus aux pluies locales de la saison 1968.
- II - une reconnaissance des écoulements dus à la crue du Chari à l'époque du maximum de 1968.

Le survol aérien devait alors être suivi d'un parcours au sol de l'itinéraire (mesures des hauteurs d'eau, estimation des débits éventuels, enquête auprès des habitants)

Le rapport devait présenter :

- les observations faites au cours des reconnaissances aériennes et au sol en 1968.
- les résultats obtenus après enquête systématique auprès des populations.
- les valeurs des cotes maximales rencontrées au droit du fleuve lors des principales crues du Chari.

Malheureusement, par suite de la crue exceptionnellement faible du Chari en 1968 (de l'ordre de la décennale sèche), l'observation et la mesure du phénomène habituel de déversement, déterminant pour le dimensionnement des ouvrages routiers, ont été rendus impossibles.

Dans ces conditions, il restait à exploiter au maximum les données fournies par les sols, la végétation, la physionomie du réseau hydrographique, la collecte des renseignements oraux afin de tenter une synthèse hydrologique, même sommaire, étendue à toute la zone intéressée par les déversements.

Une telle étude, dont certains aspects quantitatifs (vitesse, débit) seront forcément limités, devrait pourtant permettre, à l'aide des données des stations du Bas-Chari, d'évaluer l'importance relative des différentes défluences, leur devenir, ainsi qu'une limite supérieure de la valeur des déversements sur l'itinéraire pour certaines fortes crues.

14°

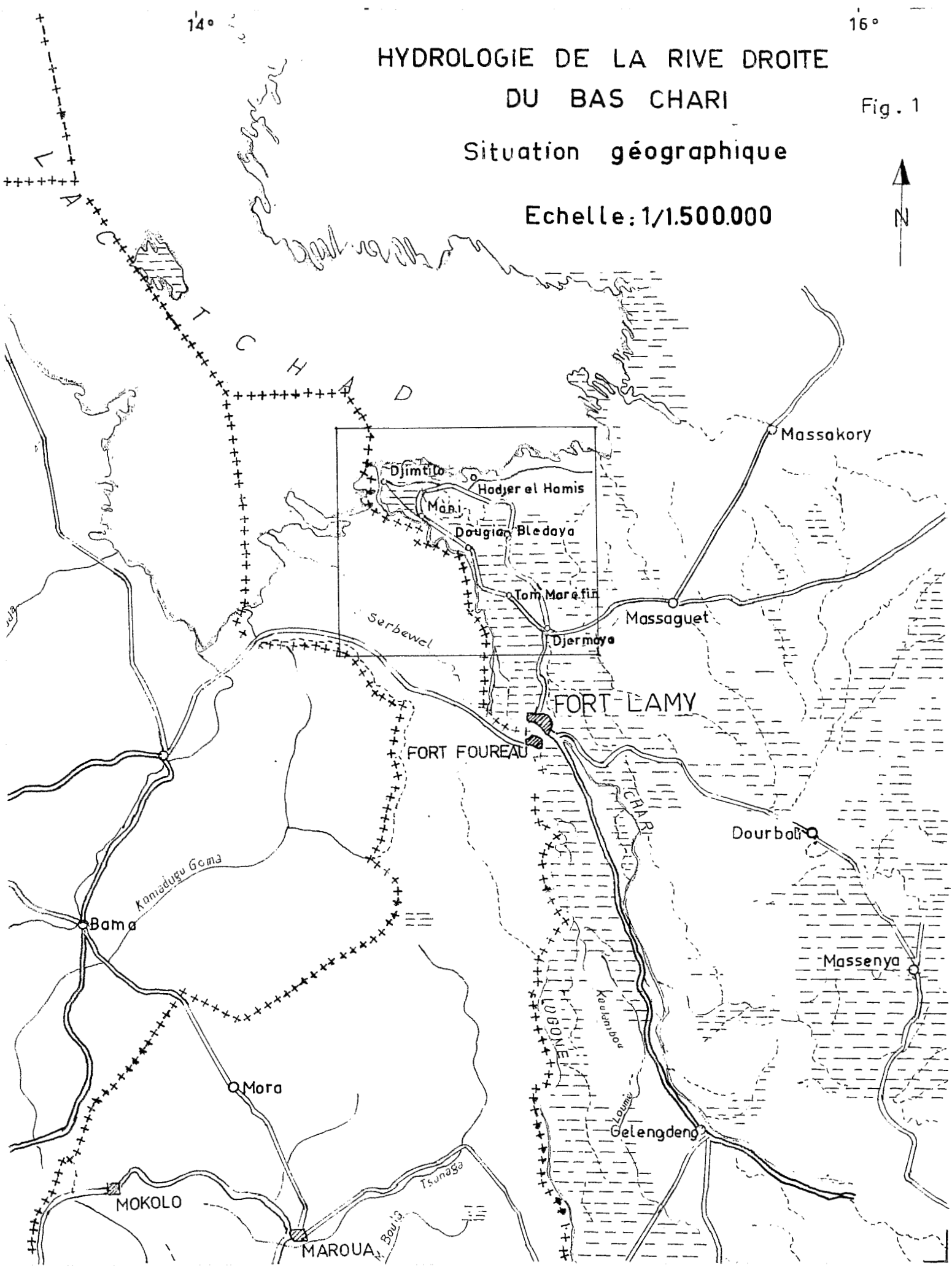
16°

HYDROLOGIE DE LA RIVE DROITE DU BAS CHARI

Fig. 1

Situation géographique

Echelle: 1/1.500.000



CHAPITRE - I

LES FACTEURS CONDITIONNELS DE ECOULEMENTS :
LE COMPLEXE PHYSIQUE.

I - SITUATION GEOGRAPHIQUE. Fig. 1

La zone étudiée est limitée :
à l'Est par le méridien 15°05' Est
au nord par le lac Tchad.
à l'ouest par le cours du Chari en aval de Fort-Lamy

La surface intéressée est de quelque 2500 km².

Les documents cartographiques utilisés sont les cartes et la couverture photographique de l'I.G.N. (feuille de Fort-Lamy et de Makari).

II - LES SOLS ET LA VEGETATION.

(D'après J. PIAS pédologue de l'O.R.S.T.O.M.)

SOLS.

En dehors des affleurements de rhyolite de Hadjer el Hamis, situé sur la bordure Sud-Est du lac Tchad, et du rocher d'Hadjer Dabdabani exploité par l'Office des Carrières, la région est le domaine des formations sédimentaires fluviolacustres où alternent sables et argiles, liées aux périodes d'extension du lac Tchad et aux défluences du Chari.

On peut distinguer en surface :

une série sableuse. (sable fin, beige clair)

C'est une formation qui se trouve en grande abondance au nord d'une ligne Douguia Bledaya.

Cette formation, d'une épaisseur de 10 à 15 mètres due à une sédimentation finement sableuse, plus rarement observée en surface au sud de cette ligne, émerge alors et couvre de vastes étendues coupées encore de zones de nagas, de fonds de mares, de cours de mayo.

une formation sableuse à sablo argileuse beige, jaune ou ocre.

Elle s'observe principalement au sud de la ligne Douguia Bledaya.

Épais de 2 à 3 m maximum, ce niveau sableux n'occupe jamais de grandes étendues mais constitue plutôt de petits affleurements isolés, localisés dans les zones de nagas ou le long des mayos.

La naga.

Elle fait suite à la formation sableuse précédente, qu'elle recouvre sous des épaisseurs généralement faibles ce qui explique la juxtaposition des zones sableuses et des nagas.

Les sédiments qui la composent sont du type fin à très fin : sablo-argileux ou limono-argileux.

La sédimentation qui a donné ces nagas équivaut à une phase très réduite de comblement qui a précédé la phase sédimentaire actuelle. Elle se situe donc entre la formation sableuse décrite précédemment et la phase de sédimentation argileuse qui se poursuit encore actuellement. Ces nagas semblent former le bourrelet ancien des mayos.

une formation argileuse.

Elle occupe le fond des mayos où viennent s'accumuler les eaux de pluie puis les eaux de débordement pendant la crue du Chari. Celles-ci s'écoulent vers le nord avec des courants faibles permettant une sédimentation fine. Une grande partie de ces eaux demeure en place après le déversement et constitue des mares dont quelques unes sont permanentes.

Une sédimentation ancienne semble marquée par la présence d'argiles à nodules calcaires.

les bourrelets alluviaux.

Ils sont le résultat d'une sédimentation fine récente ou ancienne localisée à la rive du Chari ou de ses anciens bras.

Cette sédimentation actuelle est généralement constituée de dépôts argilo limoneux de teinte brune, avec par endroits de faibles apports récents sableux ou sablo limoneux. Ces sols diffèrent des argiles des bas fonds par leur teinte plus claire et sont généralement moins argileux.

VEGETATION.

Elle est à tendance présaharienne mais les facteurs d'ordre pédologique et hydrologique (zone d'inondation, profondeur de la nappe phréatique) déterminent la répartition des groupes végétaux de cette région.

Galerie forestière du bourrelet riverain.

Le bourrelet alluvial du Chari, de terres brunes, argileuses ou argilo-limoneuses, porte une savane boisée très dense, large de quelques centaines de mètres à un kilomètre.

Cette galerie très boisée et riche en espèces, peut faire place sur de mêmes types de sols à une savane moins dense comportant presque uniquement des *Acacia Seyal* en peuplement et quelques *Myrtagyna africana*.

Zone boisée des marécages et prairies marécageuses.

Dans les zones de passage des eaux de débordement, dans les zones basses, marécageuses, collectant les eaux de pluie, une végétation très dense se développe sur des sols très argileux, noirs, fortement craquelés. *Acacia Scorpioide*, *Acacia Seyal*, *Myrtagyna africana* y dominent.

Dans les zones de plus forte inondation, la végétation se clairseme. *Acacia seyal* tend à disparaître alors qu'*acacia scorpioide* devient plus abondant.

Les zones d'inondation en terre argileuse peuvent aussi être le domaine de la végétation graminéenne, soit par suite de l'action de l'homme (mil planté au retrait des eaux, après déboisement) soit parce qu'inondées sous des profondeurs d'eau assez forte.

La Naga.

Ce terme arabe désigne des sols nus de texture limono-argileuse, presque totalement dépourvus de végétation, réduite en saison sèche à quelques arbres et arbustes, sans tapis graminéen; très disséminés, généralement malingres, séparés par de grands espaces nus.

<i>Acacia seyal</i>	<i>Balanites aegytiaca</i>
<i>Zizyphus jujuba</i>	<i>Acacia senegal</i>
<i>Calotropis procera</i>	

La monotonie de ce paysage dénudé est seulement interrompue par la végétation très dense qui longe les mayos ou occupe les multiples mares que renferme la naga.

La Savane boisée sur sable.

Les formations que nous trouvons dans l'intérieur vont de très clairsemées à très fournies sans jamais atteindre la densité de la galerie forestière et les espèces y sont beaucoup moins variées.

La dominance sur ces sols revient à *Acacia senegal*. Quant aux *Hyphoene thebaica* (palmier doum) et aux *calotropis*, ils prennent une très grande extension dans les zones très sableuses et arides de la bordure du lac.

III - RELIEF-RESEAU HYDROGRAPHIQUE.

Relief.

Les altitudes décroissent (292 m à Djermaia) lentement en direction du lac Tchad. Ainsi :

Moyenne de 8 cm/km entre Djermaia et Douguia (36 kms)
Moyenne de 14 cm/km entre Douguia et Nebeck (15 kms)
Moyenne de 16,5 cm/km entre Djermaia et Chedidé (44 kms)

Ces pentes modestes sont tout à fait caractéristiques du bassin alluvionnaire du Chari à partir de Bousso.

Le seul relief digne de ce nom est constitué, rappelons-le, par le rocher d'Hadjer el Hamis qui cumine à 418 m sur le bord sud est du lac.

Cependant l'existence, en arrière du bourrelet de berge du Chari, de dépressions intérieures, y est soulignée par l'extension des zones inondables (Fig. 2 en Annexe).

Par ailleurs, les entailles et éventuellement les bourrelets de nombreux défluent peuvent donner une impression locale de relief, la dénivellée pouvant atteindre 3 m sur une dizaine de mètres.

Hydrographie

Toute cette région est traversée par d'anciens et multiples défluent du Chari (Fig. 2 en Annexe).

Au nord est de Djermaia, le cours du Bahr Ligna, effluent du Chari en amont de Fort-Lamy, disparaît dans la série sableuse bordant le lac.

Entre Fort-Lamy et Douguia les défluents du fleuve remplissent les dépressions. En cas de fortes crues elles parviennent jusqu'à la dépression du Bahr Ligna à l'Est et jusqu'au lac entre Karal et Alkouk. Les pertes dans les séries sableuses de couverture du Nord-Est sont importantes : la couche argileuse se limite au fond des mayos et les débordements latéraux sont rapidement absorbés.

De multiples défluents prennent naissance au nord de Douguia. Ils se sont constitués des bourrelets de berge dans la partie proche du fleuve tandis que plus au nord ils se frayent péniblement des passages dans la série sableuse.

L'importance du couvert végétal protecteur à la fin de la saison des pluies, la décantation des eaux du fleuve lors du débordement, les pertes très modestes expliquent la faible importance de l'alluvionnement dès que l'on s'éloigne du Chari.

L'Eredip, l'Aif, ont cependant des cours très marqués, sans doute en rapport avec des périodes où l'hydraulicité du Chari était plus favorable.

Par suite de la faiblesse des pentes, le gradient hydraulique sera, dans de nombreux cas, différent du gradient topographique et notamment en période de déversement où les sens d'écoulement sont souvent opposés à ceux de saison des pluies.

CHAPITRE - II

LES FACTEURS CONDITIONNELS DES ECOULEMENTS LA CLIMATOLOGIE, LA CRUE DU CHARI, LES NIVEAUX DU LAC

1 - CLIMATOLOGIE

Dans la classification de J. RODIER, en usage au service hydrologique de l'ORSTOM, la zone étudiée appartient au régime sahélien.

Elle s'inscrit entre les isohyètes 600 et 450 mm, du sud vers le nord.

A Fort-Lamy, immédiatement au sud, les 630 mm annuels sont distribués sur une soixantaine de jours de pluie, d'avril à octobre, avec environ 150 mm en juillet 250 mm en août, 100 mm en septembre.

A la même station la hauteur journalière de fréquence décennale serait d'environ 100 mm.

La hauteur annuelle évaporée sur nappe d'eau libre serait de 2150 à 2200 mm du sud vers le nord, avec un maximum en mars, avril, mai.

L'évaporation mensuelle en août et septembre serait voisine de 120 mm.

2 - LA CRUE DU BAS-CHARI ET LES DEVERSEMENTS.

Le système hydrographique apparait en rapport avec les déversements du Chari (Chap. I, paragraphe 3.).

L'étude du régime du fleuve à la station hydrométrique de Fort-Lamy devrait se révéler féconde!

En effet, par 12°07' de latitude nord 15°01' de longitude est, située juste en amont de la zone étudiée, elle contrôle la totalité des apports au bief du Chari.

Ainsi, le limnigramme à Fort-Lamy détermine-t-il les limnigrammes en chaque point du bief aval : la transformation est définie par la courbe de corrélation des hauteurs (stations de Goulfeï, Douguia ainsi que Maltam sur le défluent Serbeouel). Cependant, dans l'estuaire du Chari, les niveaux subiront également l'influence de la cote du lac. (station de Djimtilo).

Enfin les relevés de hauteurs d'eau couvrent à Fort-Lamy une période exceptionnellement longue (37 ans) devant la durée des observations aux autres stations (quelques années). Stable, la station est très bien étalonnée. Fig. 3

Par suite, l'étude de la probabilité d'une cote maximum annuelle en un point de déversement assez éloigné du lac se ramène à l'étude de la distribution des cotes maximales annuelles à Fort-Lamy, si l'on suppose connu le tableau de corrélation des hauteurs entre les deux stations.

Le CHARI à FORT LAMY

Fig 3

Courbe de tarage

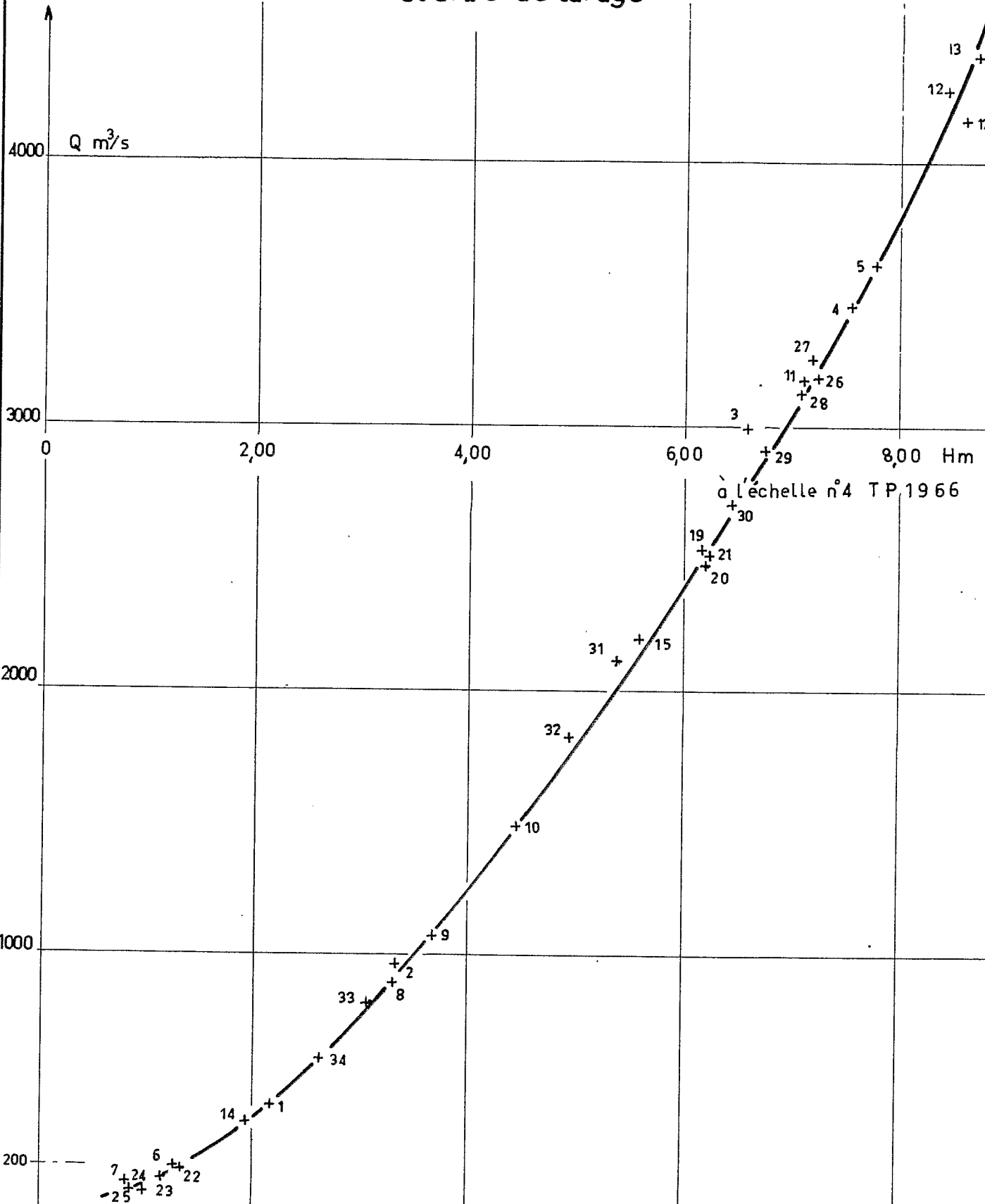


Tableau 1 - Distribution des maximums annuels du Chari
à la station de Fort-Lamy (1932 à 1968).

rang n	Débit m ³ /s	Hauteur T.P. (cm)	Année
1	5160	910	1961
2	4702	888	1955
3	4607	883	1962
4	4510	876	1946
5	4500	875	1938
6	4450	870	1954
7	4440	869	1956
8	4410	866	1936
9	(4400)	(865)	1950
10	4141	838	1933
11	4065	830	1964
12	(4046)	(828)	1948
13	4018	825	1934
14	4008	824	1960
15	3970	820	1932
16	3907	813	1959
17	3826	804	1967
18	3775	798	1953
19	3714	790	1947
20	3668	784	1963
21	3608	776	1943
22	3524	765	1939
23	3524	765	1945
24	3524	765	1952
25	3448	755	1949
26	3403	749	1942
27	3228	724	1966
28	(3170)	(716)	1951
29	3165	715	1935
30	3123	709	1944
31	2802	662	1958
32	2774	658	1968
33	2688	645	1957
34	2592	630	1937
35	2566	626	1965
36	2262	577	1940
37	2190	565	1941

Altitude du zéro à l'échelle des T.P. 285,82 IGN 53.

La connaissance de la relation hauteur-débit déversé au point de déversement nous y donne alors la distribution des débits maximum annuels déversés.

2.1.- La crue du Chari à Fort-Lamy

L'hydrogramme est de forme très régulière. Les variations de débits sont très progressives; la crue commence en juin et arrive à son maximum, voisin de 4000 m³/s, au début du mois de novembre; après quelques irrégularités lors de la montée de la crue, dues principalement au Bahr Sara, l'hydrogramme annuel est très arrondi au voisinage du maximum.

Le débit de crue est en corrélation assez étroite avec le volume annuel, compte tenu de la forme très régulière de l'hydrogramme. Par suite de l'extrême régularité des crues du Haut Chari, du Salamat, de l'Aouk et surtout du Logone inférieur la crue décennale s'écarte relativement peu de la crue annuelle médiane 3.700 m³/s.

La décrue est très régulière jusqu'à un débit d'étiage moyen de 130 m³/s.

Le module interannuel est de 1280 m³/s.

La figure 4 représente l'hydrogramme du Chari à Fort-Lamy pour les deux années extrêmes observées en 37 ans.

2.1.1.- Distribution statistique des débits maxima annuels du Chari à Fort-Lamy

Le tableau 1 page 10 donne, en cote et en débit, la distribution des maxima annuels du Chari à Fort-Lamy durant les 37 dernière années.

On peut étendre ces données à l'aide des volumes annuels du Nil à Assouan (Monographie du Logone, 4ème partie, page 41).

On obtient alors les valeurs suivantes, en ajustant une distribution de Gauss à la distribution des points expérimentaux.

(Il semble que ces valeurs sont un peu trop fortes)

Moyenne m (m ³ /s)	écart type (m ³ /s)	$\frac{\sigma}{m}$	intervalle inter- quartiles	DEC.S (m ³ /s)	DEC.H. (m ³ /s)	CINQ.H. (m ³ /s)
3990	750	0,2	1020	3020	4950	5530

La crue de 1961 (5160 m³/s HTP = 910 cm) serait un peu inférieure à la crue cinquantenaire humide.

La crue de 1962 (4607 m³/s HTP = 883 cm) serait un peu inférieure à la crue décennale humide.

La crue de 1963 (3668 m³/s HTP = 784 cm) serait un peu inférieure à la crue moyenne.

La crue de 1968 (2774 m³/s HTP = 658 cm) serait un peu inférieure à la crue décennale sèche.

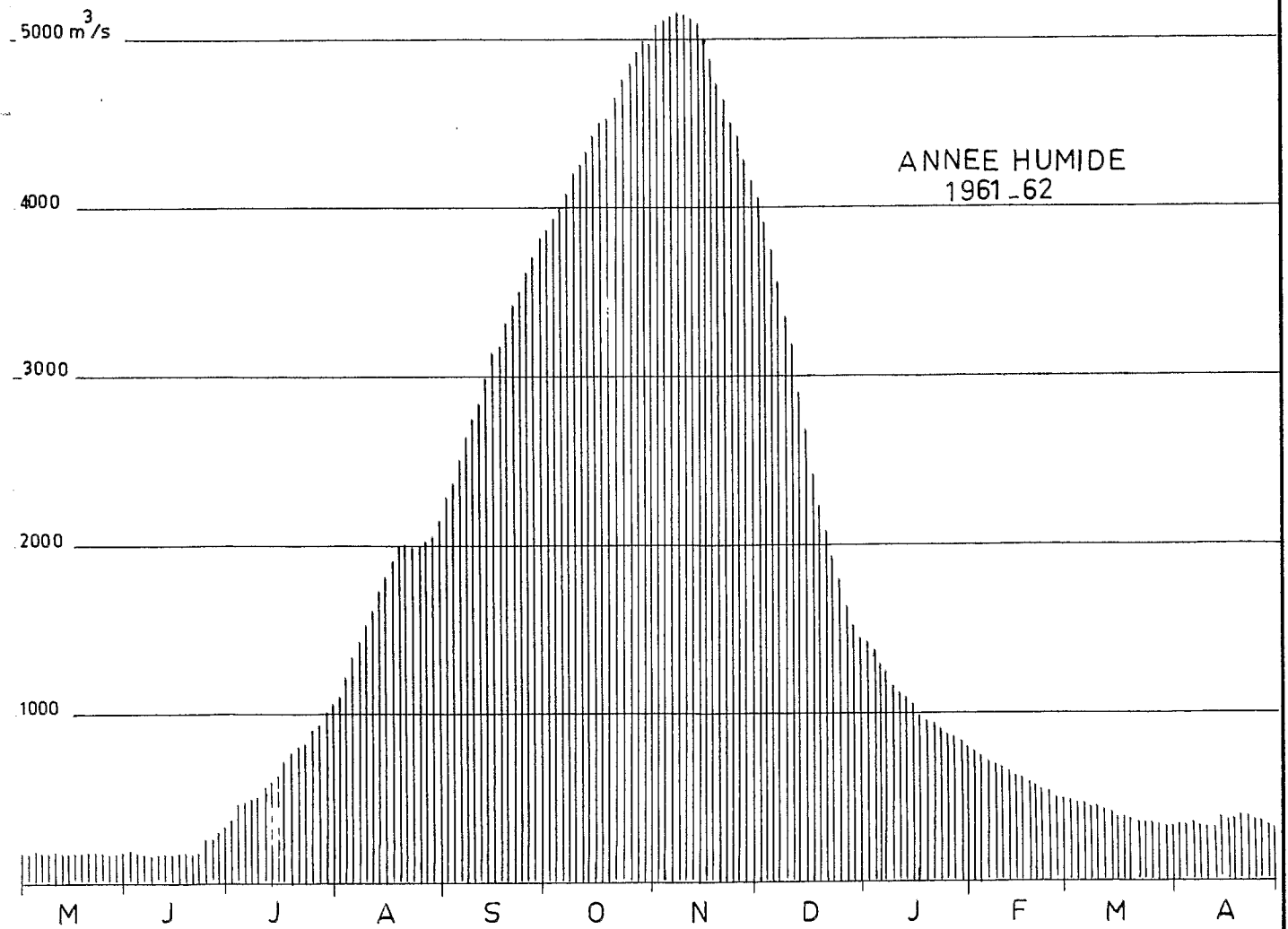
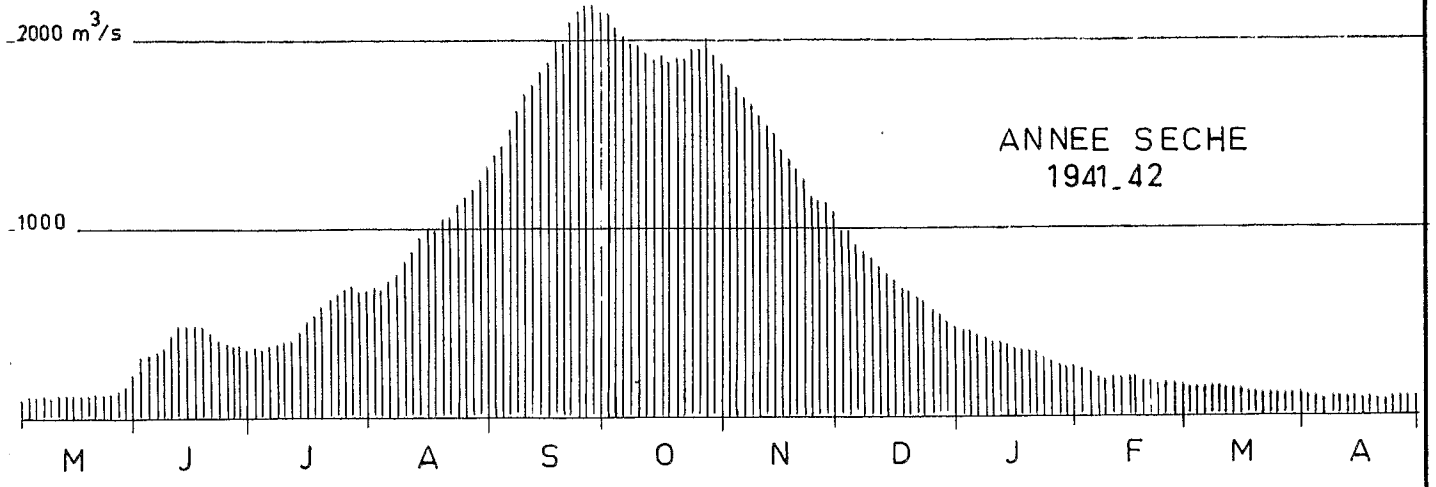
2.1.2.- Fréquence de la crue et cotes du plan d'eau du Chari à Fort-Lamy.

L'année hydrologique commence en mai de l'année n pour se terminer en avril de l'année n + 1.

Les hauteurs d'eau à l'échelle des T.P. à Fort-Lamy figurent tableau 7 p. 35 à 10 p. 38 pour les années "caractéristiques".

Fig. 4

Le Chari à FORT LAMY



DISTRIBUTION DES CRUES

A FORT-LAMY

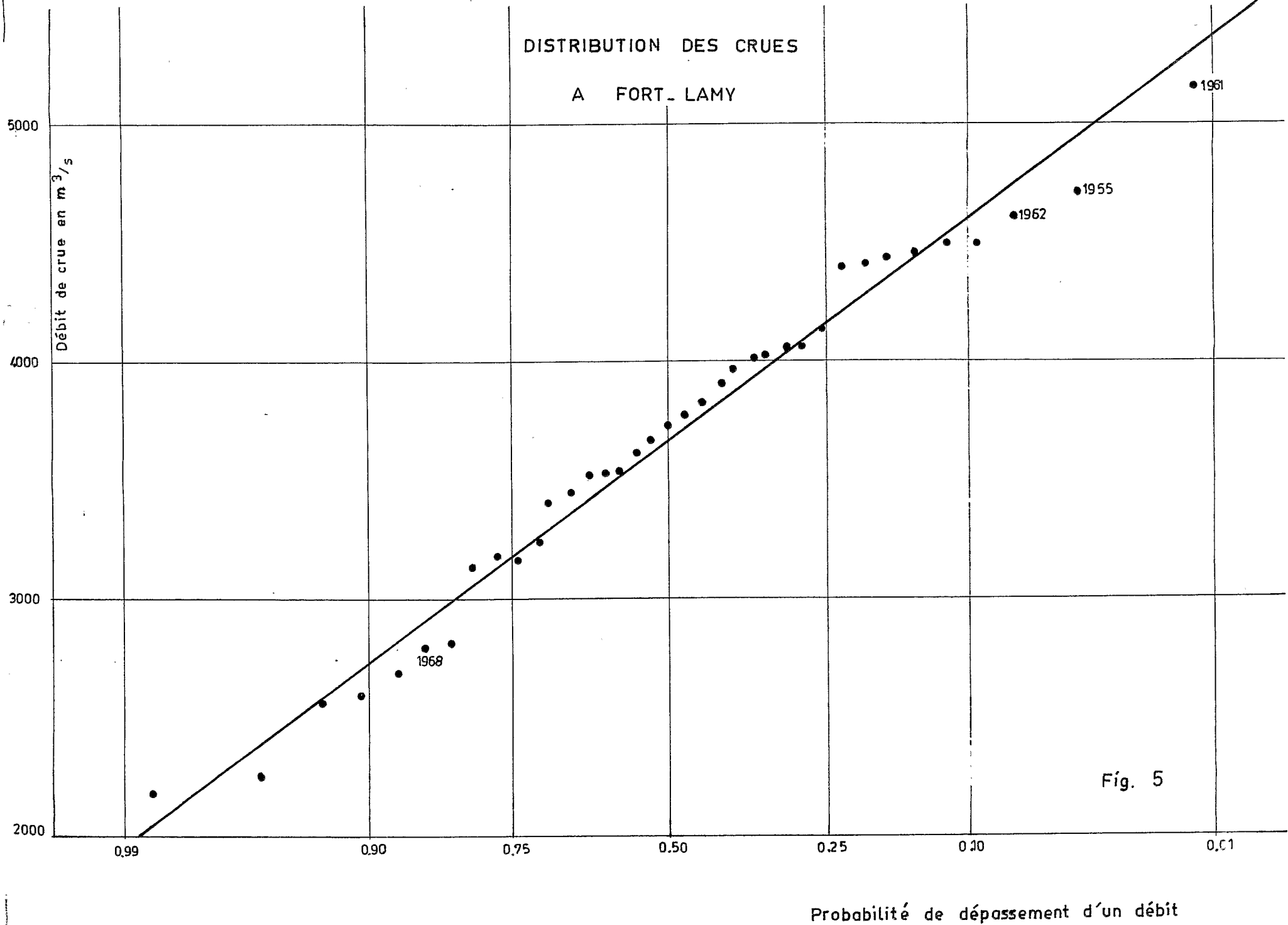


Fig. 5

Probabilité de dépassement d'un débit

Tableau 2 Fréquence de la crue et cote du plan d'eau
à Fort-Lamy T.P.

Altitude du zéro de l'échelle 285,82 IGN 53

la hauteur x au T.P. a été dépassée ou égalée pendant	Année CINQ. H. en 1961-1962	Année DEC. H. en 1962-1963	Année moyenne en 1963-1964	Année DEC. S. en 1968-1969
x (cm)				
910	2 (1) jour	0 jour	0 jour	0 jour
900	20 (1) jour	0 (1) "	0 "	0 "
875	39 (1) "	24 (1) "	0 "	0 "
850	49 (1) "	40 (1) "	0 "	0 "
825	58 (1) "	49 (1) "	0 "	0 "
800	66 "	58 "	0 "	0 "
775	72 "	(64) "	24 "	0 "
750	77 "	(70) "	46 "	0 "
725	83 "	76 "	56 "	0 "
700	87 "	80 "	64 "	0 "
675	92 "	84 "	71 "	0 "
650	96 "	88 "	77 "	12 "
625	100 "	93 "	82 "	34 "
600	104 "	99 "	88 "	56 "

(1) chiffre à majorer (voir plus loin).

1961-1962; 1962-1963; 1963-1964; 1968-1969

Le tableau 2 p. 12 permet de rattacher à la fréquence de la crue le nombre de jours où une certaine cote a été dépassée.

En définitive, on majorera un peu les chiffres des années 1961-1962 et 1962-1963 en prenant pour la crue cinquantenaire et la crue décennale les chiffres suivants :

Hauteur aux T.P.	Année CINQ.H.	Année DEC. H.
910	300	0
900	34	0
875	45	34
850	53	45
825	62	55

2.2.- La crue en aval de Fort-Lamy

La campagne d'observation 1968 a mis en évidence, à partir de 650 cm environ à l'échelle des T.P., l'existence de déversements du Chari, rive droite, en aval de la station et le tableau 2 p. 12 attire l'attention sur leur durée même en crue moyenne.

De même, les mesures font-elles apparaître un écrasement des débits dans le bief aval : le maximum passe en 1961 de 5.160 m³/s à 4040 m³/s de Fort-Lamy à Douguia, alors que le débit du défluent Serbeouel, à 14 km en aval de Fort-Lamy, rive gauche, n'a pas dû dépasser 460 m³/s. Ainsi les débits déversés le long du bief entre les deux stations semblent-ils avoir été proches de 600 m³/s, chiffre déjà significatif compte tenu de la précision des mesures.

C'est donc des débits de l'ordre des centaines de m³/s qui ont été déversés, lors du maximum de 1961, sur la rive droite en aval de Fort-Lamy, par les nombreuses entailles dans le bourrelet de berge, la submersion de ce dernier étant par ailleurs pratiquement totale.

3.- LES NIVEAUX DU LAC TCHAD.

Sur un total moyen de 40 milliards de m³ apporté chaque année au lac Tchad, le Chari en fournit 95 % environ. C'est dire que sa crue et son étiage sont fortement liés à ceux du Chari.

L'observation directe des niveaux du lac, Fig. 6; s'effectue depuis 1963 à l'échelle ORSTOM de Bol, par 13°27' de latitude nord et 14°43' de longitude est. L'altitude du zéro est de 277,87 m en système IGN 56.

Des essais de reconstitution des niveaux du lac pour les cent dernières années ont été effectués à partir de corrélations entre les niveaux extrêmes du lac et les crues du Chari (à partir de corrélations entre les crues du Chari et les apports annuels du Nil pour les années 1870-1931).

LE LAC TCHAD

HAUTEUR D'EAU A L'ECHELLE DE BOL

altitude du zéro 277,87 m I. G. N. 56

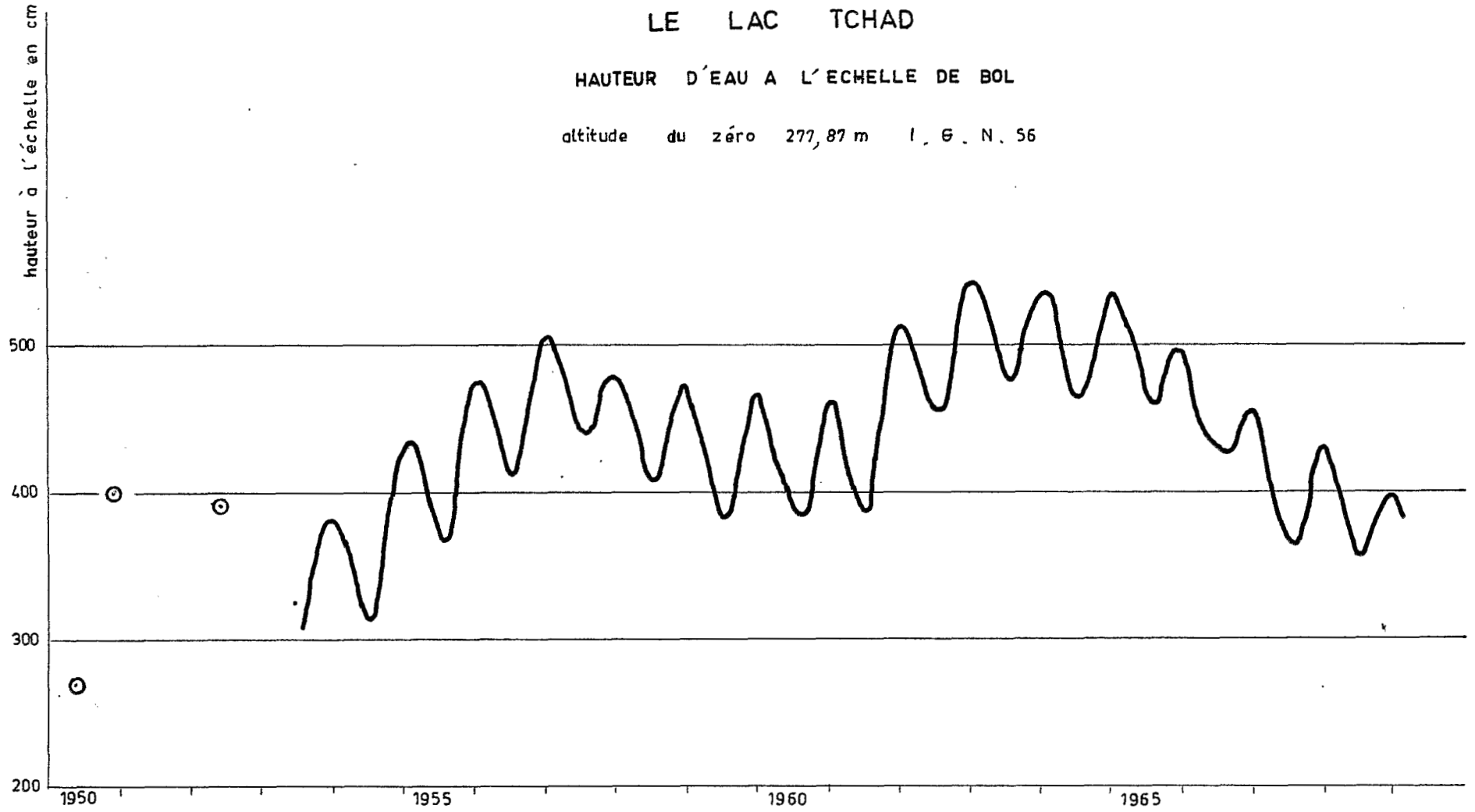


Fig. 6

3.1.-Variation annuelle.

Généralement de l'ordre de 90 cm, elle est très régulière : montée des eaux de juillet à décembre - janvier (saison des pluies, crue du Chari, maximum d'évaporation), puis baisse jusqu'à l'étiage de juillet (effet prépondérant de l'évaporation).

3.2.-Variation interannuelle.

L'amplitude des variations de niveaux depuis un siècle serait de 4,60 m entre le maximum le plus élevé (6,60 m à l'échelle de Bol) et l'étiage le plus bas (2,00 m à l'échelle de Bol).

De 1901 à 1954, la cote n'aurait jamais dépassé 4,50 m à Bol.

Le lac atteint en 1963, 1964 et 1965 un niveau jamais connu depuis 1900, à la suite d'une série de fortes crues du Chari.

Les conséquences de cette élévation du plan d'eau ont été sensibles pour la frange cotière, au nord de la zone étudiée :

- la piste directe Djimtilo-Karal a dû être abandonnée.
- des parties basses du rivage, souvent fertiles et cultivées, ont été envahies par les eaux. Ce fut le cas de la plaine de Kororak, à l'est de Djimtilo, maintenant de nouveau à sec.
- les eaux du lac empruntent le lit des défluent, très loin à l'intérieur des terres. Ainsi, encore en 1967, elles remontaient l'Irredip jusqu'à la carrière d'Hadjer Dabdabani, juste avant d'être chassées par les déversements du Chari.

Remarque I

Le rôle du sillon du Bahr el Gazal, comme émissaire du lac à partir d'une certaine cote, est resté limité, malgré une reprise d'activité en 1956 : un barrage a été établi par les riverains, à l'entrée du Bahr, lors de la baisse du lac en 1959-1960.

Remarque II

L'étude des transgressions du lac Tchad à l'échelle des temps géologiques dépasse le cadre de cette note établie en vue d'un aménagement routier dont l'amortissement est prévu sur deux ou trois décennies au maximum.

4.- NIVEAUX DU LAC ET CRUE DU CHARI : LE DELTA A DJIMTILO (Fig. 2 en annexe)

A l'embouchure du Chari les maximums sont liés à l'importance de la crue à Fort-Lamy, mais aussi à la cote du lac qui peut varier très sensiblement, cela a été vu plus haut.

C'est le cas notamment à la station limnimétrique de Djimtilo (12°50' lat.N. 14°34' long. E.), à une dizaine de kms du lac.

La figure 7 exprime la corrélation entre la cote maximum à Djimtilo et celle de Fort-Lamy avec correction en fonction de l'étiage précédent du lac à Bol.

Le tableau 3 p. 15 présente les cotes calculées ou observées à l'échelle de Djimtilo depuis 1953.

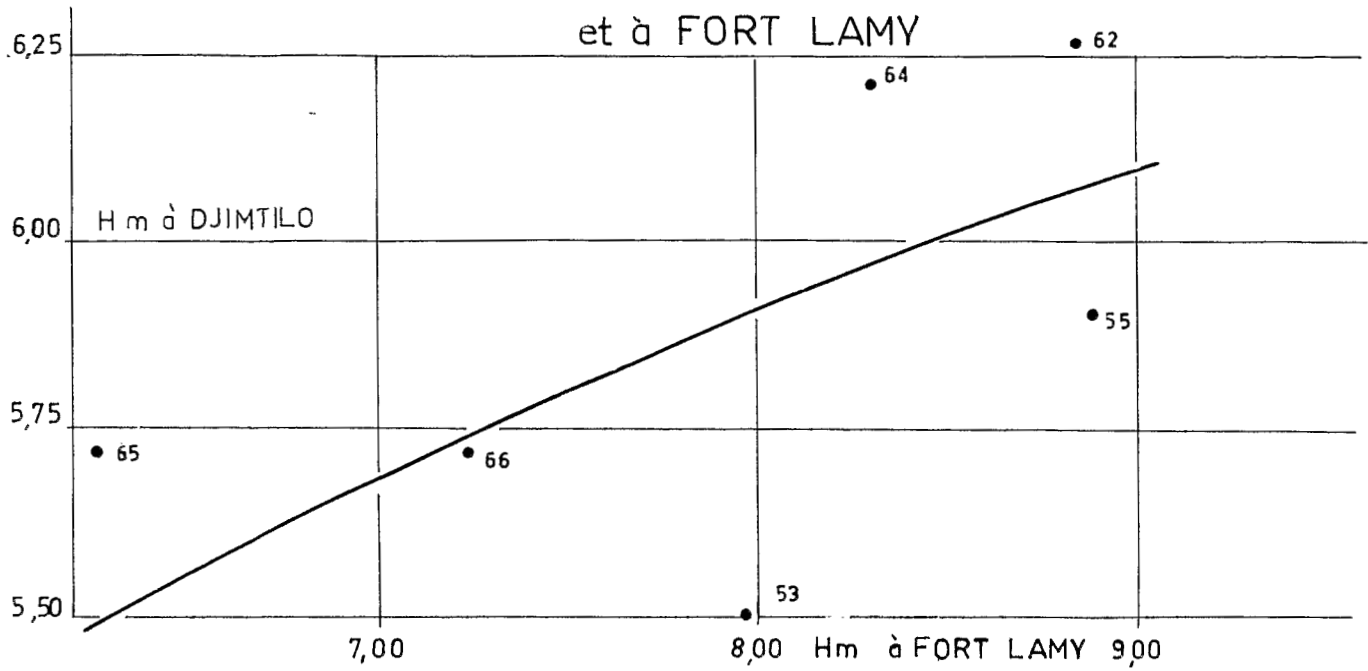
De 1901 à 1952 les étiages à Bol ont toujours été inférieurs à 3,60 m (correction H 10 cm) et, d'après les relations figure 7, il aurait fallu une crue du Chari plus rare que celle de 1961 pour atteindre 6,10 m à l'échelle de Djimtilo. Les renseignements recueillis auprès des populations aussi bien que le calcul des crues du Chari par analogie avec l'hydraulicité du Nil ou du Niger pour la période 1901 - 1931, puis les observations directes à Fort-Lamy, ne permettent pas d'envisager l'existence d'une telle crue.

Les cotes 626 cm en 1962, (617 cm) en 1963, 621 cm en 1964, apparaissent donc tout à fait exceptionnelles et n'auraient jamais été dépassées depuis 1901 à l'échelle de Djimtilo.

D'après les villageois, si l'eau est arrivée au niveau du campement, du moins l'itinéraire Djimtilo Amalget est-il resté exondé, comme d'ailleurs en 1961.

Corrélation des hauteurs maximales annuelles à DJIMTILO

et à FORT LAMY



Courbe de correction en fonction de la cote du Lac TCHAD

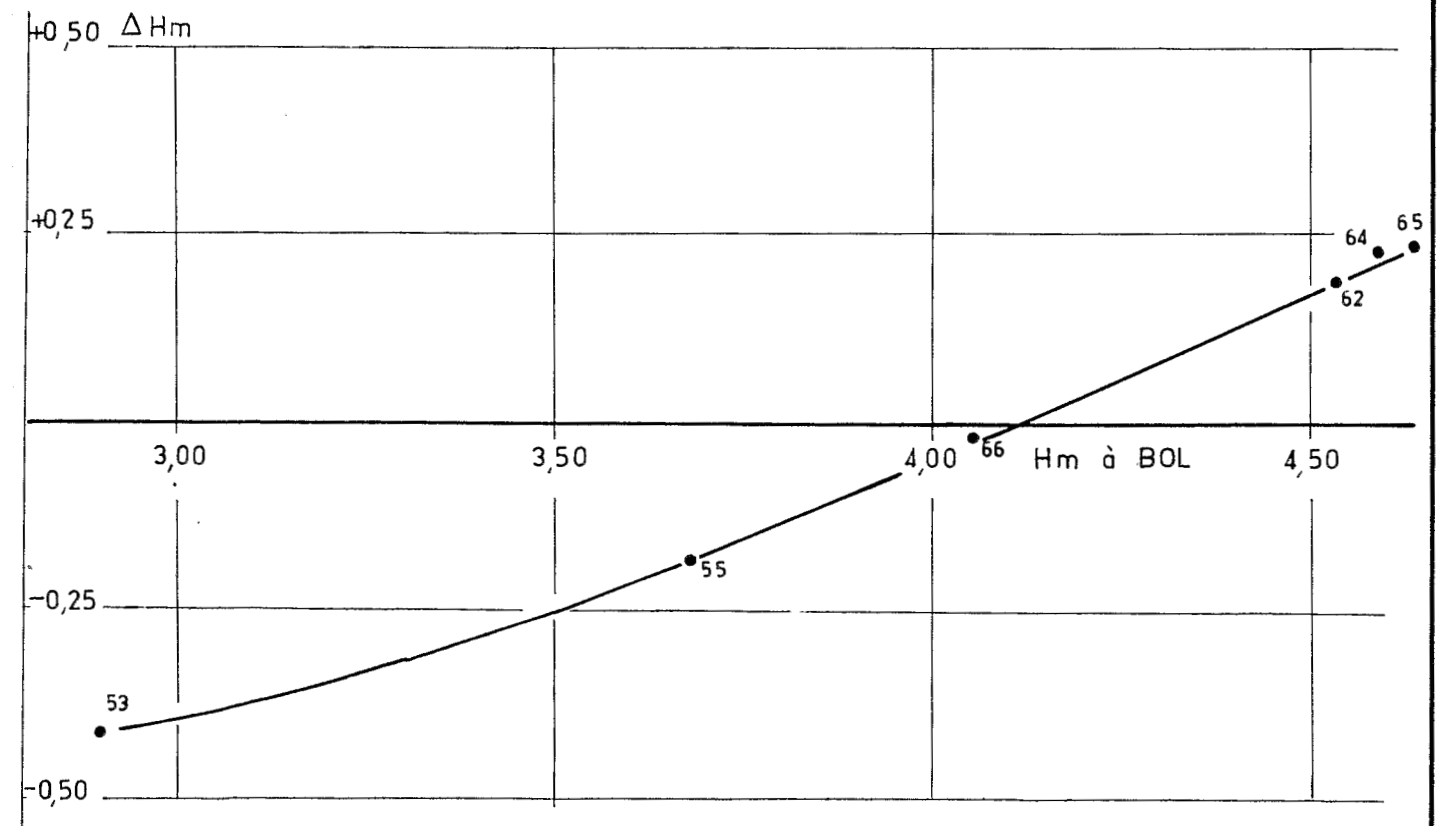


Tableau 3 Les hauteurs maximales annuelles à l'échelle de Djimtilo (1953 - 1968).

Année	Cote maximum à Fort-Lamy (cm)	Cote maximum à Djimtilo (cm)
1953	798	550
1954	870	(569)
1955	888	590
1956	869	(606)
1957	645	(567)
1958	662	(558)
1959	813	(583)
1960	824	(585)
1961	910	(602)
1962	883	626
1963	784	(617)
1964	830	621
1965	626	572
1966	724	572 .
1967	804	(573)
1968	658	513

550 = Cote observée à l'échelle de Djimtilo

(569) = Cote calculée à l'échelle de Djimtilo
à partir des relations définies Fig. 7.

5.- CONCLUSIONS.

Les pages précédentes permettent déjà d'envisager l'importance respectives des différents écoulements, dans le cadre de l'étude routière qui nous préoccupe.

En saison des pluies, par suite de l'extrême faiblesse des pertes, de l'ordre de 1 pour 10.000, les écoulements dus à de forte averses restent modestes et alimentent les mares des parties basses (ainsi devant Djermaia) ou des nagas (survol aérien du 13 septembre 1968).

D'autre part, d'après le paragraphe quatre du chapitre, un tracé routier voisin de l'actuel, entre Djimtilo et Amalget, permettrait d'éviter les problèmes posés par les variations du niveau du lac.

Par contre les déversements du Chari au voisinage du maximum peuvent mettre en jeu des centaines de m³/seconde et les surfaces inondées présenter une extension très importante.

La conclusion s'impose : si les ouvrages et les terrassements de la route sont dimensionnés pour les déversements, qui intéressent pratiquement les trois-quarts de l'itinéraire, ils le seront à fortiori pour les écoulements de saison des pluies.

Il s'agira donc, dans ce qui suit, d'effectuer une approche la plus complète possible du phénomène "déversement du Chari".

Ce dernier fera l'objet d'un chapitre après le rappel de l'équipement et des mesures hydrométriques intéressant le bas-Chari.

CHAPITRE - III

EQUIPEMENT HYDROMETRIQUE DU BAS - CHARI - MESURES -

L'équipement hydrométrique antérieur du bief à été complété en 1968 par la pose de cinq échelles qui ont permis de repérer les maximums de l'année au voisinage de la route, le long du fleuve.

Afin d'éviter d'alourdir le rapport, les relevés journaliers aux stations du bief n'ont pas été portés. Aussi bien la reconnaissance des courbes de corrélation avec la station de Fort-Lamy et des limnigrammes caractéristiques à cette station (Tableau 7 p. 35 à 10 p. 38) suffit-elle pour déterminer les hydrogrammes correspondants, du moins en hautes eaux.

Remarque Formulation analytique des barèmes de tarage.

Chaque courbe d'étalonnage est divisée en tronçons pouvant être identifiés à des portions de parabole d'équation générale à quatre paramètres :

$$Q = C_{(1,L)} (H-L)^2 + C_{(2,L)} (H-L) + C_{(3,L)}$$

L représente la borne inférieure de l'intervalle de hauteurs H définissant le tronçon.

$C_{(1,L)}$, $C_{(2,L)}$ et $C_{(3,L)}$ peuvent être calculés en fonction des deux bornes de cet intervalle de hauteur, de celles des débits correspondants et de la hauteur et du débit d'un point de l'intervalle.

Les résultats sont présentés sous forme d'un tableau : chaque ligne fournit les quatres paramètres de l'équation d'étalonnage valable dans l'intervalle de hauteurs dont les bornes sont les valeurs de L sur cette ligne et sur la suivante.

1.- LA SERBEOUEL A MALTAM

Par 12°11' de latitude nord et 14°49' de longitude est, installée en 1954 sur le bras ouest du Chari, appelé Serbeouel, la station se trouve à 7 kms du Chari et à 25 kms de Fort-Lamy. L'altitude du zéro de l'échelle est de 284,24 IGN 56.

1.1.- Jaugeages

N°	Date	H (cm)	Q (m ³ /s)
1	03-11-53	764	280
2	26-08-54	436	81
3	19-09-54	648	170
4	13-11-55	847	430
5	17-05-56	082	3,4
6	27-09-60	614	118
7	11-03-68	072	4,2
8	28-07-68	270	48
9	17-09-68	616	162

N°	Date	H (cm)	Q (m ³ /s)
10	17-10-68	616	162
11	21-11-68	503	116
12	03-12-68	380	73
13	11-01-69	167	19,8

1.2.- Etalonnage

L'extrapolation de la courbe en hautes eaux est réduite : un jaugeage à été effectué au voisinage du maximum de la crue de 1955, la deuxième en importance en 37 ans. L'erreur absolue sur la traduction ne devrait pas dépasser 30 m³/s pour des débits de cet ordre.

Les coefficients des équations d'étalonnage en hautes eaux sont (Remarque p. 17).

L en m	C (1,L)	C (2,L)	C (3,L)
5,80	$10,2950000 \cdot 10^2$	$0,3350000 \cdot 10^3$	$0,1190000 \cdot 10^3$
7,80	$0,4444438 \cdot 10^2$	$0,1599999 \cdot 10^3$	$0,3040000 \cdot 10^3$
9,00			

H. sera exprimé en m à partir de l'altitude du zéro. 284,24 IGN. 56.

1.3.- Corrélation Fort-Lamy - Maltan

La courbe de corrélation entre les hauteurs journalières aux deux stations est illustrée Fig. 9.

2.- LE CHARI A GOULFEY (Fig. 2 en annexe)

Par 12°23' de latitude nord et 14°54' de longitude est, située sur le bras le plus important du delta du Chari, c'est la première station rencontrée en aval de Fort-Lamy. Installée en 1953 et lue régulièrement jusqu'en 1957, quelques lectures y ont aussi été effectuées en 1962.

Le zéro de l'échelle, non rattaché au nivellement général, serait approximativement à la cote 285 m.

Hm à FORT LAMY

(zéro à 285,82m I.G.N. 53)

Corrélation des cotes du CHARI à FORT LAMY et de la SERBEOUEL à MALTAM

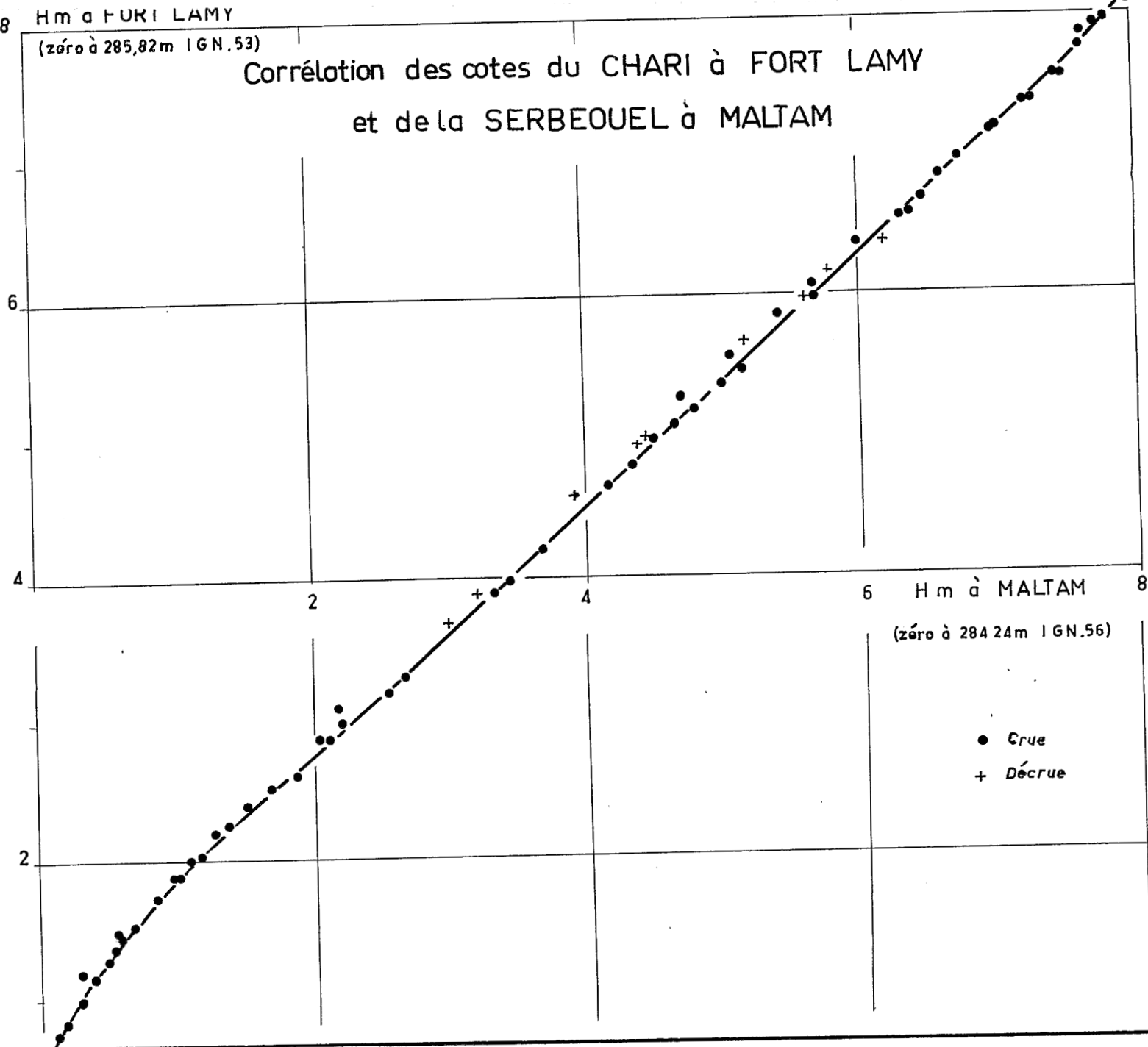


Fig. 8

2.1.- Jaugeages

N°	Date	H (cm)	Q (m ³ /s)
1	22-07-53	162	(538)
2	29-10-53	684	(3540)
3	25-08-54	405	1610
4	08-09-54	512	2240
5	19-09-54	588	2665
6	15-11-54	738	(3885)
7	16-04-55	091	208
8	02-08-55	310	(930)
9	14-11-55	747	4090
10	07-06-56	100	228

2.3.- Corrélation Fort-Lamy - Goulfey

La correspondance très serrée des hauteurs aux deux stations est illustrée Fig. 9.

Le décalage adopté est d'un jour (cote à Fort-Lamy au jour j, cote à Goulfey au jour j+1).

2.3.- Etalonnage

La courbe de tarage en hautes eaux à été tracée en tenant compte, en plus des jaugeages ci-dessus, de la différence de débits maximums annuels à Fort-Lamy et Maltam que l'on supposait correspondre à la hauteur maximale annuelle.

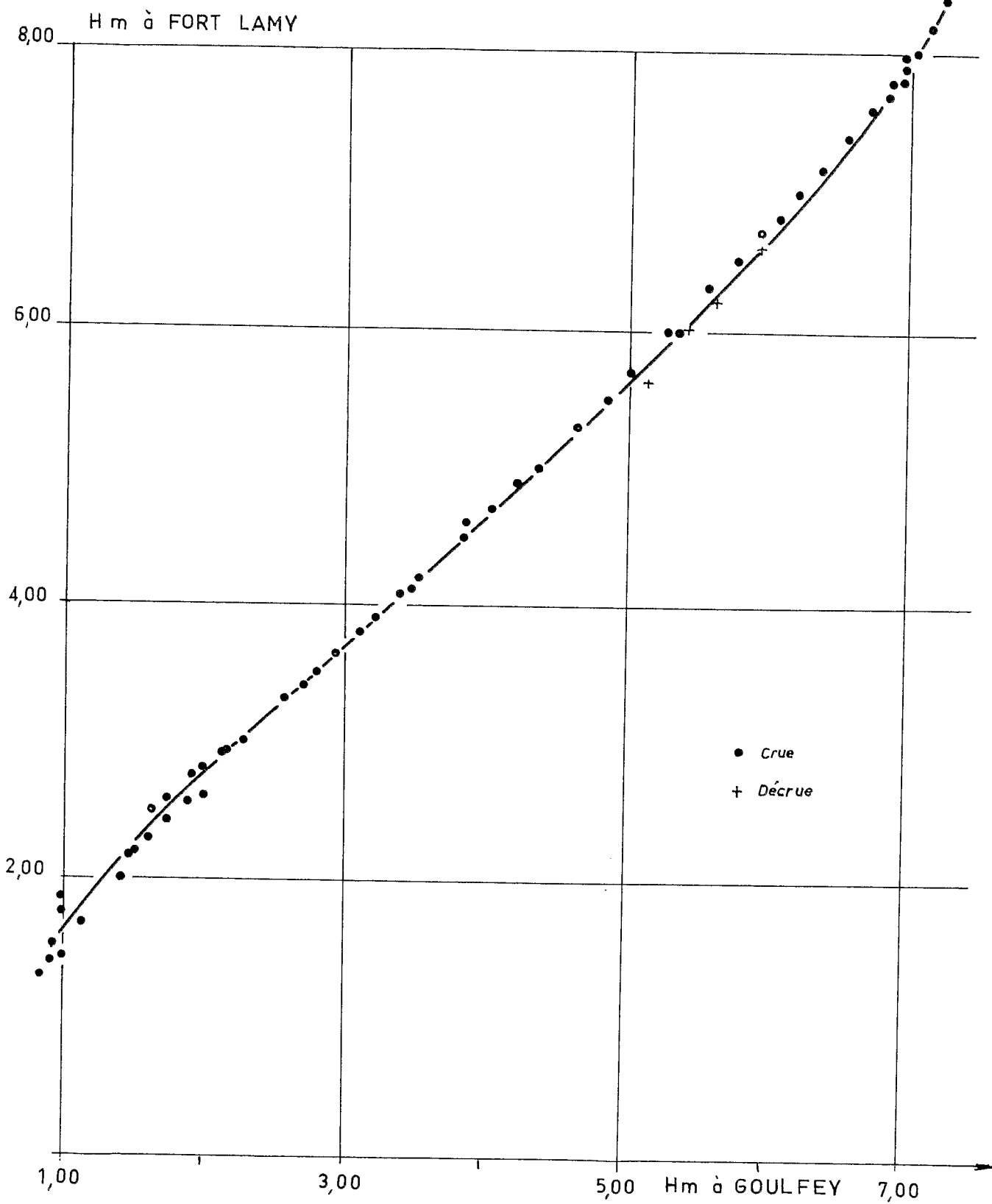
La méthode, en éliminant les pertes de débits par déversement autre que celles de la Serbeouel aboutit probablement à une légère surestimation systématique des débits.

Les coefficients des équations d'étalonnage en hautes eaux sont les suivants (Remarque p. 17).

L (m)	C (1,L)	C (2,L)	C (3,L)
4,40	0,2343752.10 ²	0,5562495.10 ³	0,1810000.10 ⁴
6,00	0,9375017.10 ²	0,6375002.10 ³	0,2760000.10 ⁴
6,80	0,6805547.10 ³	0,6416663.10 ³	0,3330000.10 ⁴
8,00			

Fig. 3

Corrélation des cotes à FORT LAMY (le jour j)
et à GOULFEY (le jour j + 1)



3.- LE CHARI A DOUGUIA (Fig. 2 en annexe)

Par $12^{\circ}38'$ de latitude nord et $14^{\circ}50'$ de longitude est, située sur le bras principal du delta du Chari, à 90 kms en aval de Fort-Lamy, à mi-chemin entre cette ville et le lac Tchad, la station se trouve entre Goulfey et la naissance d'un petit effluent du nord - Cameroun , le Taf - Taf.

L'altitude du zéro de l'échelle serait 281,49 m IGN 56.

Lue de 1953 à 1957 l'échelle a ensuite été abandonnée, sauf pour une courte période en 1962. Quelques lectures ont été effectuées en 1968 où le maximum a été de 539 cm à l'échelle.

3.1.- Jaugeages

N°	Date	H (cm)	Q (m ³ /s)
1	24-07-53	139	570
2	31-10-53	634	3300
3	02-04-54	032	192
4	24-08-54	357	1570
5	09-09-54	475	2270
6	23-11-54	680	3670
7	27-05-55	107	340
8	01-08-55	263	970
9	15-11-55	689	3900

3.2.- Étalonnage

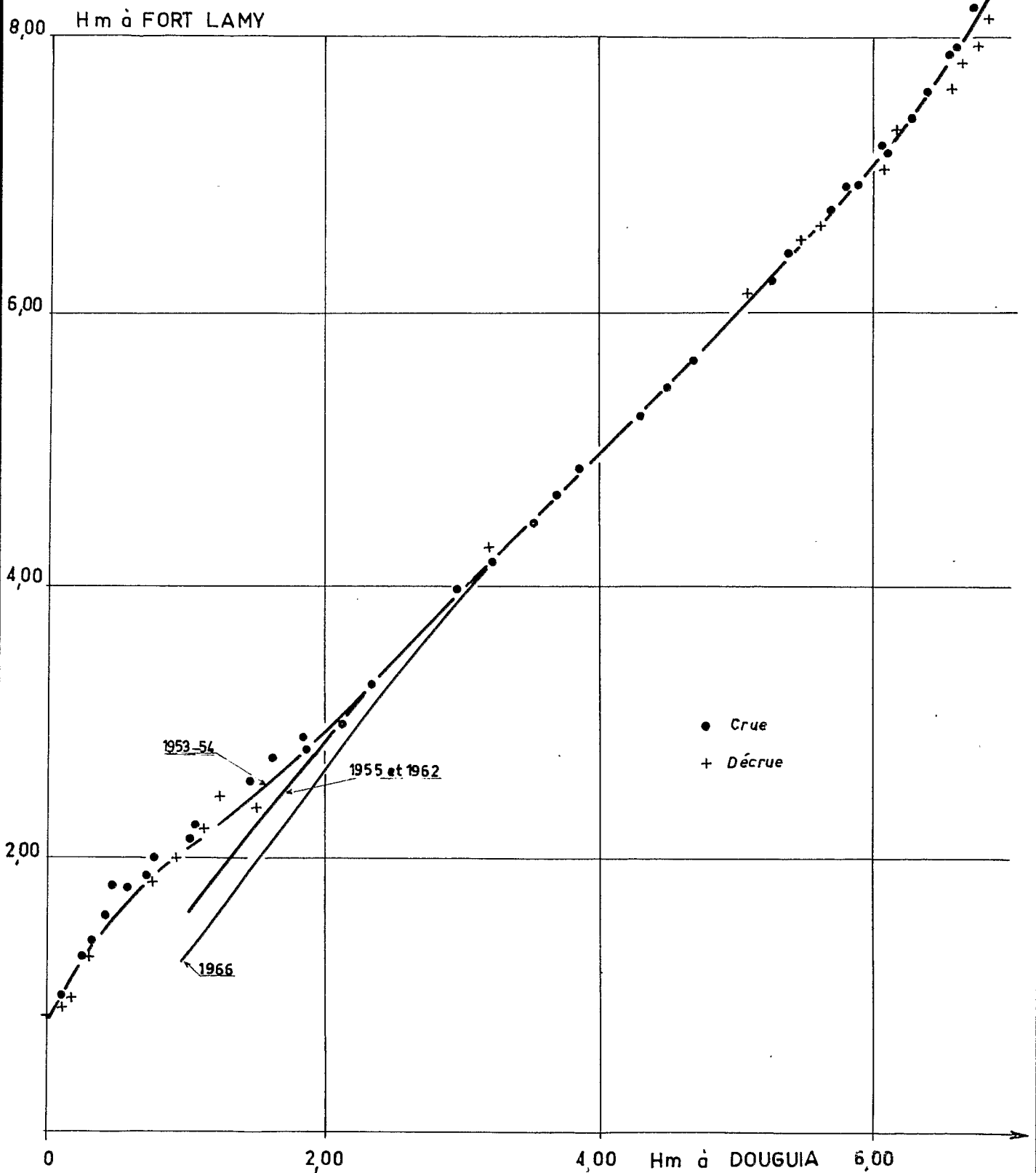
L'extrapolation de la courbe vers les hautes eaux est réduite, un jaugeage ayant été exécuté très près du maximum connu.

Les coefficients de la courbe d'étalonnage sont les suivants.

L (m)	C _(1,L)	C _(2,L)	C _(3,L)
4,40	$10,3125002 \cdot 10^2$	$10,6124995 \cdot 10^3$	$10,2040000 \cdot 10^4$
6,00	$10,2187486 \cdot 10^3$	$10,6625020 \cdot 10^3$	$10,3100000 \cdot 10^4$
6,80	$10,6875051 \cdot 10^3$	$10,1199995 \cdot 10^4$	$10,3770000 \cdot 10^4$
7,60			

Fig. 10

Corrélation des cotes à FORT LAMY (le jour j)
et à DOUGUIA (le jour $j + 2$)



3.3.- Corrélation Fort-Lamy - Douguia

Elle est représentée sur la figure 10. Les cotes sont prises le jour j à Fort-Lamy et le jour j+2 à Douguia.

Au dessus de 7,50 m à Fort-Lamy la décrue ne suit plus la courbe de crue et il faudrait porter l'écart à 4 jours au lieu de 2.

4.- LE TAF - TAF A KOBRO (Fig. 2 en annexe)

Par 12°41' de latitude nord et 14°42' de longitude est le Taf - Taf prend naissance juste en amont du village de Kobro, rive gauche, à 8 kms en amont de Mani.

Les jaugeages effectués ont été rattachés à la cote du Chari à Douguia le même jour.

N°	Date	Hauteur Douguia (cm)	Débit m ³ /s
1	02-11-53	638	107
2	10-09-54	478	69
3	16-11-55	689	89

L'un des résultats des deux jaugeages 1 et 3 est probablement erroné.

5.- LE CHARI A MANI (Fig. 2 en annexe)

Par 12°44' de latitude nord, 14°41' de longitude est, elle est située sur le bras principal du delta du Chari, à une quarantaine de kms du lac Tchad et à une quinzaine de kms en aval de l'embouchure du Taf - Taf.

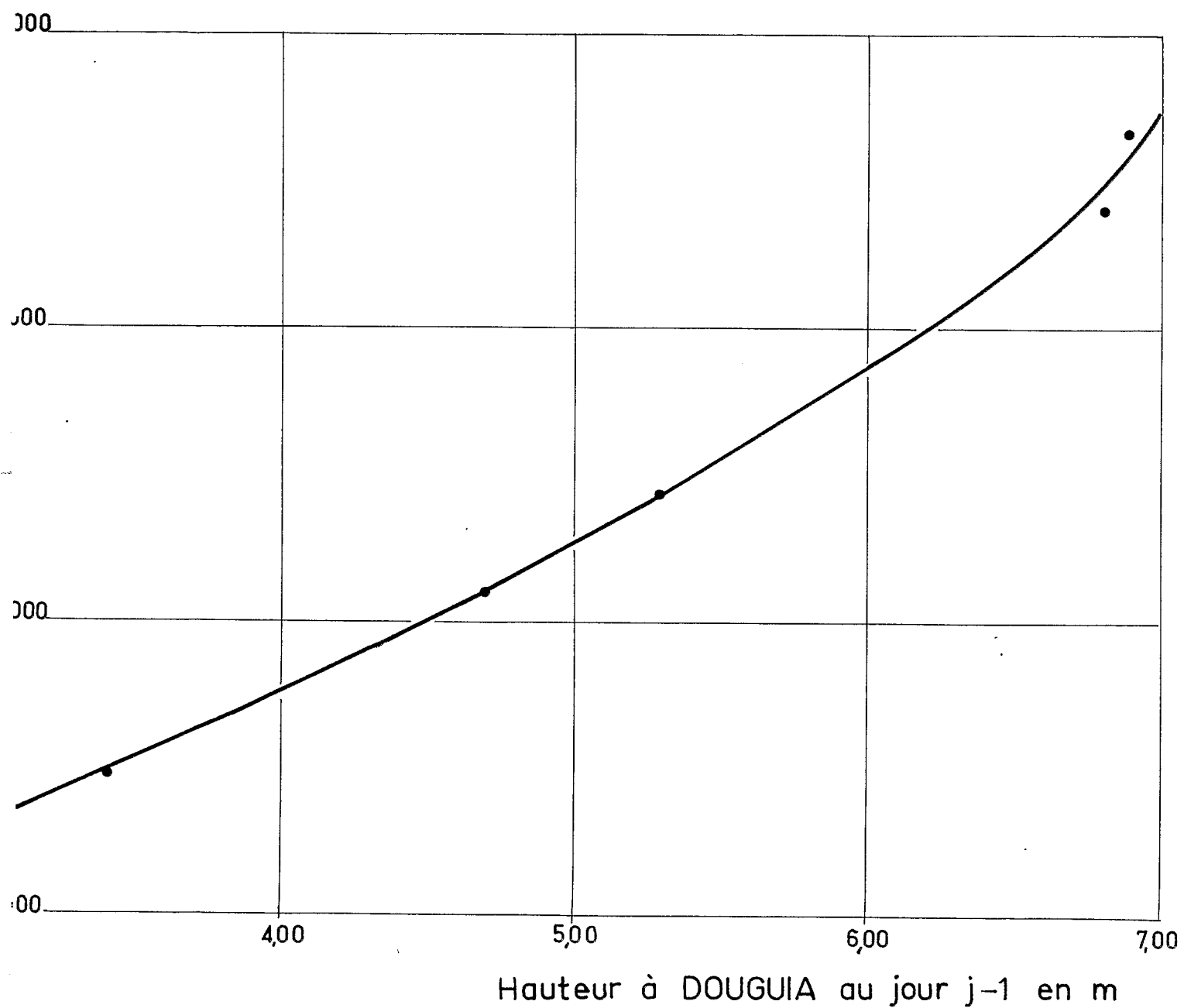
Posée le 5 juillet 1954 et non rattachée au nivellement général, l'échelle a été lue irrégulièrement entre juillet 54 et novembre 55. puis a disparu.

Parmi les jaugeages effectués, deux n'ont pas été rattachés à l'échelle. Aussi les avons nous également rattachés à la cote à Douguia au jour j.

LE CHARI à MANI

Courbe de tarage

ébit au jour j
à MANI
en m^3/s



N°	Date	Mani Hj (cm)	Q (m ³ /s)	Douguia Hj-I (cm)
1	22-08-54	310	1465	341
2	10-09-54	418	2090	470
3	18-09-54	468	2430	529
4	16-11-54	?	3390	680
5	31-07-55	252	805	(260)
6	16-11-55	?	3660	689

Sur la figure 11 a été tracée l'ésquisse de la courbe de tarage par rapport à la cote à Douguia.

5.- ECHELLE N° 1 (Fig. 2 en annexe)

En 1968 à 26 kms de Djermaia, à la digue et juste avant d'arriver à Abou Goyé, l'eau de la crue du Chari est venue au niveau de la route protégée par un talus mis en place par les Travaux Publics . . .

Les cotes sont exprimées par rapport à un repère sur un arbre du coté du Chari.

le 24 octobre 1968, H = 000 cm

maximum de 1968, H = 007 cm

maximum de 1967, H = (117 cm) d'après renseignements

En 1968 les débits de déversement sont restés inexistantes à cet endroit ainsi qu'à la digue.

6.- ECHELLE N° 2 (Fig. 2 en annexe)

Un élément 7 à 8 m a été implanté le 24 octobre 1968 à 20 m de la route, coté Chari, à 2 kms 500 au sud de Douguia. La cote 7,00 m était à 12 cm du sol naturel.

Le 24 octobre 1968 la route, remblayée du coté du fleuve était légèrement en charge depuis trois ou quatre jours par suite des débordements du fleuve.

le 24 octobre 1968, H = 700 cm

le maximum 1968, H = 704 cm

La route n'a pas été traversée par les déversements en 1968 en cet endroit.

8.- ECHELLE N° 3 (Fig. 2 en annexe)

A 13 kms au sud de Mani, et à 2 kms au sud d'Aboulela, le long de la route et du côté du fleuve un élément d'échelle de crue a été implanté le 24 octobre 1968. La cote 6,00 de l'échelle, et à 35 cm environ du sol naturel, serait à + 4,14 m à l'échelle de Douguia d'après le profil en long de la route actuelle au bord du fleuve établi en janvier 1969. (voir annexe Fig. 11)

Le 24 octobre 1968 H = 610 cm à la n° 3

le maximum de 1968 H = 614 cm --"

le 5 novembre 1968 H = 590 cm --"

Par suite des remblaiements effectués il n'y a pas eu de déversement à cet endroit au travers de la route en 1968.

9.- ECHELLE N° 4 (Fig. 2 en annexe)

A 3 kms au nord de Mani sur la route de Djimtilo, l'échelle n° 4 (élément 3,00 à 4,00), implantée le 24 octobre 1968, contrôle les déversements du Chari par l'intermédiaire du bras d'Ouroula.

La cote 300 de la n° 4 est à la cote 252 à l'échelle de Douguia (Profil en travers de la route en annexe Fig. 11).

le 24 octobre 1968 H = 305 cm à la n° 4

le maximum de 1968 H = 334 cm --"

le 5 novembre 1968 H = 299 cm --"

Le débit maximum déversé n'a pas dû dépasser deux ou trois cent litres seconde en 1968 où la hauteur d'eau sur la route est restée inférieure à 35 cm.

10.- ECHELLE N° 5 (Fig. en annexe)

Implantée à 500 m au nord de la précédente l'échelle n° 5 (élément 000 à 100) avait un rôle analogue puisque mesurant les cotes du plan d'eau d'Ouroula à une trentaine de mètre de la route. La cote du 000 à l'échelle n° 5 serait 2,74 m à l'échelle de Douguia.

Le 24 octobre 1968 H = 010 cm à la n° 5
le maximum de 1968 H = 013 cm -"-
le 5 novembre 1968 H = 002 cm -"-

Ces données sont tout à fait cohérentes avec celles de l'échelle n° 4
(Profil en long de la route - Annexe Fig. 11).

Le débit maximum déversé en 1968 a dû être de l'ordre du demi mètre cube
par seconde.

CHAPITRE - IV

DEVERSEMENT DU CHARI EN AVAL DE FORT-LAMY, RIVE DROITE

En 1968 le débit maximum déversé sur la totalité de l'itinéraire n'a pas dépassé 1 m³/s, au voisinage d'Ourooula (Ech. 4 et Ech 5).

Le rang de l'année d'observation, 32 sur 37, l'écart des cotes maximums du plan d'eau 1968 avec celles reconnues lors des P.H.E. (- 2,50 m à Fort-Lamy, - 1,60m à Goulfey et à Douguia) en même temps que l'accroissement rapide des sections mouillées avec la cote, écartent d'emblée toute tentative d'extrapolation aux crues exceptionnelles.

Il n'en est pas moins possible de dégager certains éléments susceptibles de faciliter l'élaboration d'un projet routier.

A - COTES DE CRUES LE LONG DU BIEF DU CHARI ET DE L'ITINERAIRE PROCHE DU FLEUVE.

A.1.- Profil en long de la route Douguia Amalget et PHE.

En avril 1962 un profil de la route entre Djennaia et Douguia avait été établi par l'A.T.G.T. Les renseignements concernant les PHE et portés sur le profil apparaissent d'autant plus intéressants qu'ils furent recueillis à la suite de la crue de 1961, la plus forte observée en 37 ans et de fréquence probablement cinquantenaire (chap. II -).

Une étude des P.H.E. et des sections mouillées correspondantes a été entreprise en janvier 1969, d'après renseignements oraux, entre Douguia et Amalget. Compte-tenu de l'extension présentée par les zones inondées, il a paru intéressant d'étendre les contrôles topographiques des renseignements aux rares zones exondées, sans accroissement notable du travail de nivellement. L'établissement d'un profil en long permettait par ailleurs le recouplement de proche en proche des renseignements concernant les différentes sections mouillées, ainsi qu'une bonne détermination de la pente moyenne en aval de Douguia.

Effectué à l'aide d'un niveau Wild à retournement NK2, par visées de 50 m, le nivellement a été fermé à 8 cm près sur les 33 kms du profil présenté en annexe Fig. 11 et rattaché à l'échelle de Douguia.

Les principaux éléments en sont les suivants :

Section	route mouillée (km)	section mouillée (m ²)	route mouillée %
Dougouia Aboulela 77 11 kms	8	4000	72
Aboulela Mani 77 11 kms	9,5	5600	86
Mani vers Amalget sur 11 kms	5,6	2600	51

Sur les 18 kms au sud de Dougouia, jusqu'après la digue d'Abougoyé la route serait inondée à 80 % et les sections mouillées de l'ordre de 7 à 9000 m².

Sur 50 kms, le long de l'itinéraire actuel, les sections mouillées sont donc de l'ordre de 20.000 m² tandis que le pourcentage de route inondée voisine 75 %.

Dans les dépressions les hauteurs d'eau peuvent atteindre 3 m. mais la hauteur d'eau moyenne reste faible, de l'ordre de 50 cm.

Compte tenu de l'absence de relief ces valeurs peuvent être considérées comme assez représentatives des caractéristiques correspondantes de tout tracé empruntant le bourrelet de berge du Chari.

La comparaison avec les niveaux de 1968 apparaît cohérente aux échelles de Dougouia, échelle 3, échelle 4 et échelle 5.

Pour ces trois dernières échelles la Fig. 11 fait apparaître l'amplitude de variation de niveau correspondant aux années 1961 et 1968 à Fort-Lamy (l'amplitude est la même à l'échelle 4 et à l'échelle 5, proches de 500 m l'une de l'autre).

Les éléments sont insuffisants pour tracer la courbe de correspondance entre Fort-Lamy et chacune de ces échelles. L'allure de la courbe, écrasement des Δh sur les échelles aval par rapport aux Δh correspondants à Fort-Lamy mis en évidence pour les stations de Dougouia et Goufey, est néanmoins probable à partir d'une certaine cote à Fort-Lamy

A.2.- Fréquence de la crue et durée du dépassement d'une cote le long du bief en aval de Fort-Lamy.

Sur la Fig. 12 l'allure de la correspondance des maximums à Fort-Lamy et respectivement, aux échelle 1, 3 et 5 a été esquissée (voir A.1.).

Sur la Fig. 13 ont été portés en ordonnée le nombre de jours où une certaine cote à été dépassée à une échelle de crue pour les années caractéristiques.

Les abscisses sont les cotes à Fort-Lamy, Goufey, Echelle 1, Dougouia Echelle 3, Echelle 5.

Tableau 4 Cotes maximales annuelles aux stations du
Bas-Chari pour les années " caractéristiques ".

échelle	1961	1962	1963	1968
Ft-Lamy T.P. (cm)	910	883	784	658
Goufey (cm)	(754)	(745)	(690)	(590)
éch. 1 (cm)			((107))	007
Dougouia (cm)	700	691	(638)	(539)
éch. 3 (cm)	((772))			614
éch. 5 (cm)	((137))			013

Les emplacements des échelles et leurs caractéristiques sont définis au chapitre III.

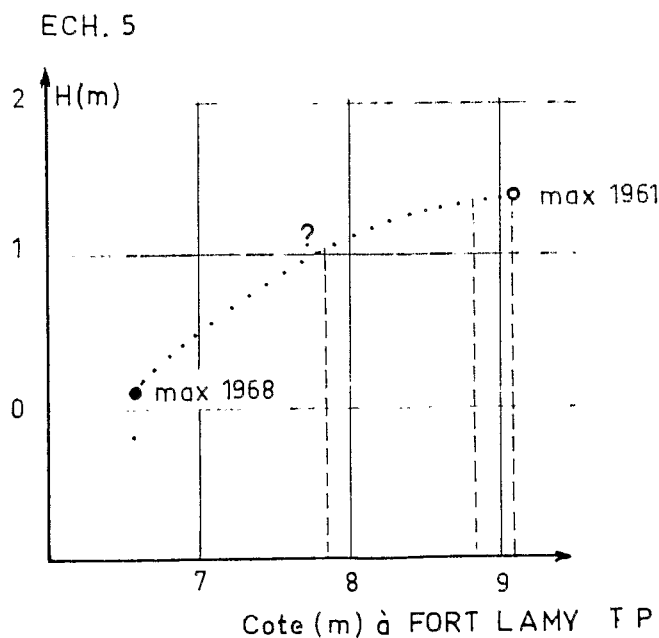
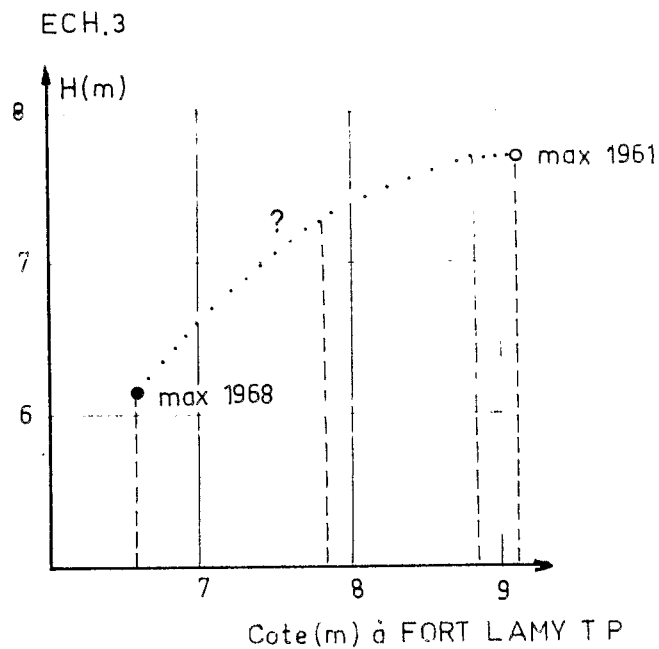
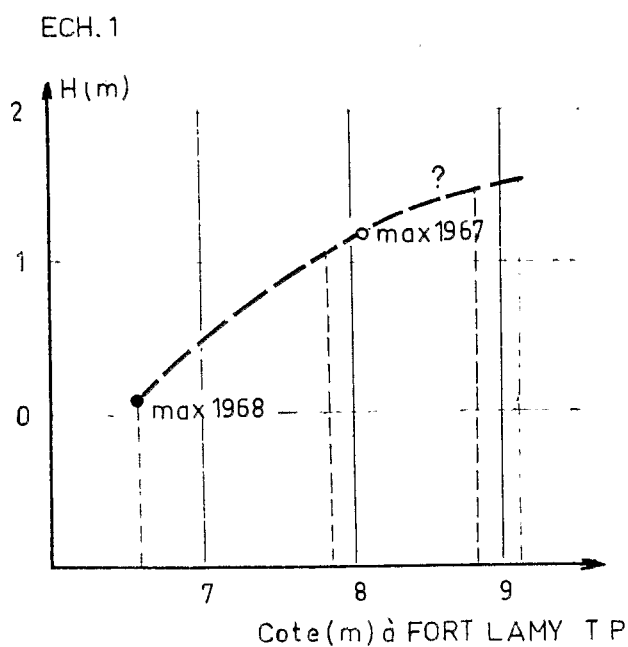
910 = valeur observée

(754) = valeur déduite de la corrélation des hauteurs entre station

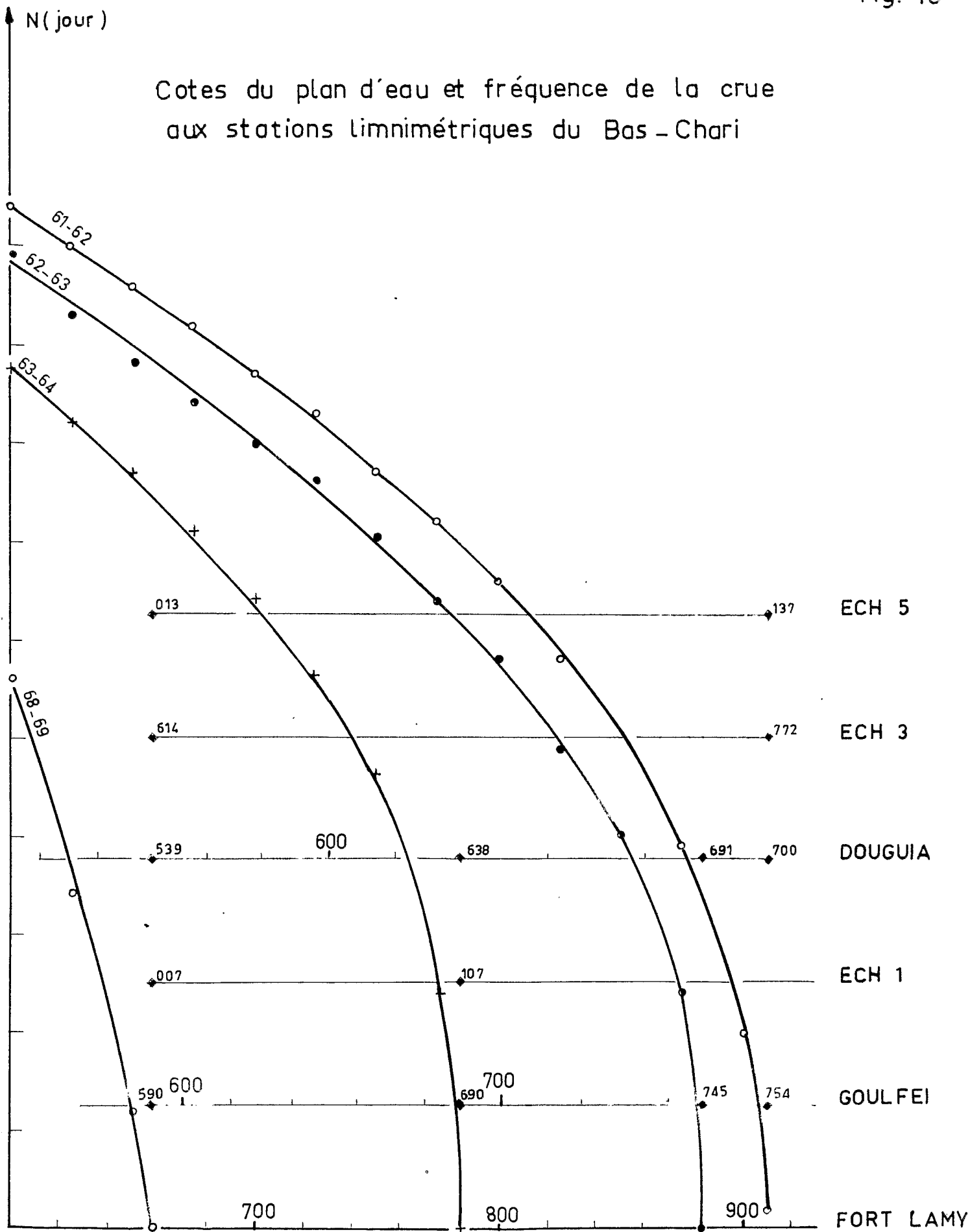
((772)) = valeur déterminée après enquête.

Cotes maximums aux échelles 1_3_5 et à FORT LAMY

- Observation
- D'après renseignements



Cotes du plan d'eau et fréquence de la crue
aux stations limnimétriques du Bas - Chari



Les courbes de corrélation, lorsqu'elles existent, déterminent la graduation de 20 cm en 20 cm propre à chaque échelle (Fort-Lamy, Goulfey, Douguia).

En l'absence de courbes de correspondance des hauteurs avec Fort-Lamy autre que celles esquissées Fig. 12, les graduations intermédiaires n'ont pas été portées pour les autres échelles.

exemple - Soit à déterminer pendant combien de jours la cote 620 cm a été dépassée à Douguia durant les années caractéristiques.

En élevant à partir de la cote 620 cm à Douguia une parallèle à l'axe des ordonnées.

H \leq 620 cm en 1968 où le maximum a été de 539 cm.

H > 620 cm pendant 41 jours en 63-64 (max 638 cm)

pendant 68 jours en 62-63 (max 691 cm)

pendant 75 jours en 61-62 (max 700 cm)

Nous rappelons que pour les crues décennales et cinquantenaires, on devra considérer 2 courbes voisines des courbes 1961-62 et 1962-63, avec le décalage indiqué page 13.

B. LES DEBITS DEVERSES

B.1. - Différences des débits maximums entre stations du bief aval après soustraction des prélèvements du Serbeouel et du Taf - Taf.

Sur les Tableaux 5 et 6 p. 29 ont été portés, pour 1961 et 1962, sur une première ligne, les débits maximums à chaque station et l'incertitude absolue sur chacun, d'après la qualité du tarage.

Compte tenu du nombre de jaugeages effectués à Fort-Lamy (Fig....) lors des plus hautes eaux, il est possible d'admettre une précision de l'ordre de 5 % sur les traductions.

Pour des débits du même ordre les barèmes à Goulfey, Douguia, Mani donneront les valeurs à 10 % près.

Les débits à Maltam sont connus à 5 % près (étalonnage satisfaisant en hautes eaux) et à 30 % près sur le Taf - Taf à Kobro.

Les lignes suivantes des tableaux 5 et 6 p. 29 font apparaître l'écrêtement ΔQ des débits entre deux stations du bief du Chari, après soustraction des prélèvements de la Serbeouel et du Taf-Taf; ce chiffre peut fournir, faute de mieux, un ordre de grandeur de la somme des débits déversés rive droite et rive gauche entre les stations en dehors des gros défluent.

Malheureusement l'erreur relative maximum possible atteint et dépasse souvent 100 %.

exemple : Soit à calculer les limites inférieures et supérieures de l'écrêtement entre Fort-Lamy et Mani en 1961.

ΔQ = débit à Fort-Lamy - débit à Maltam - débit du Taf-Taf - débit à Mani.
L.M.

Tableau 5 Débits maximums aux stations du Bas-Chari en 1961.
Ecrêtement des débits entre stations après soustraction des prélèvements de la Serbeouel et du Taf-Taf.

	Ft-Lamy	Maltam	Goulfey	Douguia	Taf-Taf	Mani
Maximum à	5160 ±250	(460) ±20	(4180) ±400	4040 ±400	110 ±30	3740 ±400
ECRETEMENT	entre Fort-Lamy et		520 ± 670	660 ± 670		850 ± 700
	entre Goulfey et			140 ± 800		330 ± 830
	entre Douguia et					190 ± 800

Tableau 6 Débits maximums aux stations du Bas-Chari en 1962.
Ecrêtement des débits entre stations après soustraction des prélèvements de la Serbeouel et du Taf-Taf.

	Ft-Lamy	Maltam	Goulfey	Douguia	Taf-Taf	Mani
Maximum à	4610 ±250	(430) ±20	(4030) ±400	3910 ±400	100 ±30	3610 ±360
ECRETEMENT	entre Fort-Lamy et		150 ± 670	270 ± 670		470 ± 660
	entre Goulfey et			120 ± 800		320 ± 790
	entre Douguia et					200 ± 790

Les débits et leurs écarts maximums possibles sont en m³/s.

limite supérieure.

Elle est obtenue en remplaçant le terme positif par son majorant et les termes négatifs par leurs minorants.

$$\begin{aligned} \text{débit à Fort-Lamy} &= 5160 + 250 \text{ m}^3/\text{s} \\ \text{débit à Maltam} &= 460 - 20 \text{ m}^3/\text{s} \\ \text{débit du Taf-Taf} &= 110 - 30 \text{ m}^3/\text{s} \\ \text{débit à Mani} &= 3740 - 400 \text{ m}^3/\text{s} \\ \Delta Q_{LM} &\leq 1550 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

limite inférieure.

Elle est obtenue en remplaçant le terme positif par son minorant et les termes négatifs par leurs majorants

$$\begin{aligned} \text{débit à Fort-Lamy} &= 5160 - 250 \text{ m}^3/\text{s} \\ \text{débit à Maltam} &= 460 + 20 \text{ m}^3/\text{s} \\ \text{débit à Taf-Taf} &= 140 + 30 \text{ m}^3/\text{s} \\ \text{débit à Mani} &= 3740 + 400 \text{ m}^3/\text{s} \\ 150 \text{ m}^3/\text{s} &\leq \Delta Q_{LM} \end{aligned}$$

$$/ 150 \text{ m}^3/\text{s} \leq \Delta Q_{LM} \leq 1550 \text{ m}^3/\text{s} \text{ noté } \Delta Q_{LM} = 850 \pm 700 \text{ m}^3/\text{s} /$$

ΔQ_{LM} est une variable aléatoire qui peut prendre toutes les valeurs de 150 à 1550 m³/s.

La fonction densité de probabilité vaut zéro à chaque extrémité et présente un maximum au centre de l'intervalle, 850 m³/s, valeur la plus probable.

L'intervalle de confiance à 70 % est certainement beaucoup plus réduit (variation de 600 à 1100 m³/s peut être ?) mais il est malaisé de l'évaluer.

Dès que l'intervalle de confiance à 100 % exprimé dans les tableaux 5 et 6 p. 29 devient trop important par rapport à la valeur centrale, la plus probable, les chiffres perdent beaucoup de leur intérêt.

Les limites de vraisemblance devront être revues à la lumière des renseignements de tout ordre susceptibles d'éclairer la question.

B.2.- Défluent de rive droite en aval de Fort-Lamy et propagation des volumes déversés en 1961.

La rareté du phénomène, qui par suite n'a pu modeler le paysage, l'importance de l'incertitude relative sur les gradients topographiques, entraînent le recours systématique aux souvenirs (hauteur d'eau, longueur inondée, sens d'écoulement) des populations locales pour étudier la propagation des volumes déversés au travers d'un certain nombre de pistes.

Carrière (km 0) à Mani (km 7)

Les petits mayos coulent en direction de l'Irredip.

Au km 3 la profondeur d'eau atteint 1,50 m alors que généralement elle n'a pas dû dépasser 1,00 m sur le même itinéraire.

Les vitesses signalées apparaissent modestes.

Sur les 7 kms, 30 % ont été inondés, les sections mouillées étant de l'ordre de 800 m².

Carrière (km 0) à Karal (km 11)

Au km 0,8 la route franchit l'Irredip. En 1961 la profondeur d'eau a dû atteindre 3 m au milieu de la rivière tandis que la largeur de l'écoulement, strictement contenu entre les bourrelets de berges ne dépassait pas 150 m pour une section utile de 220 m² environ. Les vitesses d'écoulement apparaissent fortes : bruit du courant, difficulté de la traversée à la nage sont signalés.

Le fond du lit de l'Irredip peut être au dessous du niveau du lac et des remontées mettent le phénomène en évidence avant les déversements annuels du Chari.

Du km 6,2 au km 7,6 la route a été submergée en 1961 sous une hauteur d'eau pouvant atteindre au maximum 1,20 m. L'arrivée des eaux du Chari à cet endroit pourrait être considérée comme un phénomène exceptionnel qui se serait produit une seule fois depuis une soixantaine d'année au moins.

Enfin, avant Karal la route a été submergée sous 0,7 m d'eau au maximum sur environ 300 m.

Sur les 11 kms, 15 % ont été inondés, et les sections mouillées ont atteint environ 1200 m². Les formations sableuses de couverture prennent une grande extension.

Carrière (km 0) à Guitté (km 12) (piste plein nord)

La route suit d'abord la ligne de crête contenant l'Irredip et reste exondée.

Les eaux n'inondent pas le village de Malmouri (km = 2,2) mais sont parvenues à 500 m à l'ouest de la route, venant du Chari. En direction de Djimtilo l'inondation est très importante.

Au km 4,7 la dépression de la Yaga, sur 200 m, est marquée par des bourrelets.

A Guitté, bâti il y a sept ans, les eaux du lac en 1964 auraient inondé le village pendant une nuit (basculement du lac par suite de tempête ?).

Sur les derniers kms les formations sableuses prennent une grande extension en couverture.

Karal (km = 0) à Bledaya (km = 35)

Les écoulements signalés (3 % de route mouillée), sont localisés au lit d'une dizaine de petits mayos où les vitesses sont faibles et les profondeurs ne dépassent pas 1,50 m. Au nord de la route les débits se perdent dans les sables très abondants en surface.

Bledaye - Djernaia

Les trois principaux écoulements signalés à 4 kms au nord de Bout el Fil dans le lit des mayos couvrent la route sur des longueurs réduites et des hauteurs d'eau de 0,30 à 1,40 m.

Djernaia (km = 0) à Tom Morfin (km = 18)

L'inondation en provenance de Sagour parvient à Tom Morfin, remonte vers Djernaia par le Mimerdi et atteint Risé à l'Est. Les hauteurs d'eau ne dépassent pas 60 cm sur la route.

Bledaya (km = 0) à Douguia (km = 14)

Sur les sept premières kms les écoulements sont dirigés nord-sud.

Au km = 4 le lit du Moghouat apparait bien marqué (1,50 m de profondeur, 75 m² de section).

Au km 7 la route traverse un bras de la Ngatoya encore plus important (3,00 de profondeur, 150 m² de section) puis est inondée jusqu'à Alali sous des profondeurs d'eau pouvant atteindre 1 m.

Sur les cinq derniers kms, les écoulements dirigés sud-nord apparaissent importants, notamment dans le lit du Guilelé (km 9), bien marqué (3 m de profondeur, 150 m² de section) où les vitesses sont réputées assez fortes.

Douguia - Carrefour d'Adrik.

Les écoulements au travers de la route apparaissent modestes sur les 12 premiers kms.

Une demie-douzaine de petits mayos coulant ouest-est semblent avoir présenté une certaine activité sur les derniers kms.

La profondeur peut atteindre 1,20 m et la section mouillée 20 m² pour le plus important.

Les formations sableuses de couverture présentant une grande extension en arrivant vers Adrik.

Il est possible de dégager certaines conclusions concernant la propagation des déversements en 1961. (Fig. 2 en annexe)

B.2.1. - Le Taher Guren à la digue d'Abou Goyé, l'Irredip à la Carrière, le Guilelé et la Ngatoya près d'Alali et enfin l'Aif, apparaissent, dans l'ordre, comme les drains les plus actifs des débits déversés : les hauteurs d'eau peuvent atteindre trois mètres et les vitesses signalées sont réputées relativement importantes (bruit du courant, absence de végétation arbustive).

B.2.2. - L'itinéraire intérieur Djernaia - Bledaya - Karal - Carrière apparait remarquablement peu affecté par les inondations du Chari les écoulements étant localisés au lit des mayos.

Le total des sections mouillées et le pourcentage de route inondée ne dépasse peut-être (1) pas le 10e des valeurs correspondantes rencontrées le long du fleuve depuis la digue d'Abou Goyé jusqu'à Amalget, sur 50 kms environ : l'éloignement du Chari, la faiblesse des pentes, l'extension des formations sableuses de couverture, le stockage dans les zones basses en arrière du bourrelet de berge, jouent à plein.

(1)-Les chiffres ne présentent pas la même précision dans les deux cas, puisque les contrôles topographiques n'ont pas été effectués sur l'itinéraire est. Cependant la différence d'ordre de grandeur est suffisamment significative pour conclure.

B.2.3. - Les déversements en amont de Danouna envahissent principalement la dépression d'Abou Goyé, se propagent vers Tom Morfin et Rizé ou au nord vers le Guilelé.

De Danouna à Douguia les eaux de déversement empruntent la dépression d'Alali pour se diriger ensuite vers l'est par la Ngatoya et la Moghouat ou en direction du lac, à l'est de la piste Douguia - Adrik.

L'Irredip, rejoint par une partie des eaux déversées à Ouroula, joue le rôle de grand collecteur des déversements entre Douguia et Mani, qui sont aussi parvenues exceptionnellement au lac près de Karal et d'Adrik.

Enfin l'Aif reçoit le plus gros des apports des déversements entre Ouroula et Amalget.

B.2.4. - Alors que les vitesses dans la majorité des zones inondées restent très faibles et probablement non mesurables, elles atteindront peut-être des valeurs de 0,5 à 0,6 m/s dans les chenaux les plus actifs. Même là il est tout à fait improbable que la vitesse moyenne de l'écoulement dépasse le m/s. Ce résultat peut être utilisé pour donner la valeur probable et la limite supérieure de vraisemblance du débit transité par l'Irredip en 1961, à la Carrière, où la section mouillée de 220 m² environ apparaît comme le collecteur des déversements sur les 22 kms entre Douguia et Mani (B.2.3.).

valeur la plus probable autour de 110 m³/s soit 5 m³/s/km

valeur limite supérieure de vraisemblance 220 m³/s soit 10 m³/s/km

Ces valeurs sont à rapprocher de la valeur de ΔQ en 1961, Tableau 5 p. 29 entre Douguia et Mani, et définie en B.1.

$$\Delta Q = 190 \pm 800 \text{ m}^3/\text{s}$$

B.3. Débits déversés en 1961

B.3.1. Itinéraire proche du fleuve au voisinage du maximum.

Les sections mouillées entre Douguia et Mani sont exceptionnellement importantes (A1 et Fig. 11). En adoptant les valeurs 5 m³/s/km et 10 m³/s/km (B.2.4.) comme représentatives des valeurs moyennes des débits sur tout l'itinéraire les valeurs correspondantes à prendre en considération sur la totalité de l'itinéraire proche du fleuve sont

400 m³/s valeur la plus probable

800 m³/s valeur limite maximum de vraisemblance.

à rapprocher avec les ΔQ entre Fort-Lamy et Mani et de Goulfei à Mani (Tableau 5 p. 29)

Pour ce qui est de la répartition des débits, les chiffres ΔQ , tableau 5 l'importance relative des sections mouillées (A1) et le tracé hydrographique (B.2.1.- B.2.2. - B.2.3. - B.2.4. et Fig. 2) sont les seuls éléments susceptibles d'éclairer la question.

B.3.2. Propagation des débits maximums

La topographie, l'éloignement du Chari, l'absorption par les sables, le stockage des volumes d'eau en contrebas du bourrelet de berge entraînent un étalement probablement très important des débits à travers le tracé est actuel par Bledaya.

Cependant, par suite de la durée du maximum dans le bief en 1961 (Tableau 2 p. 12 et Fig. 13), il est à craindre que la saturation et la submersion pratiquement totale des parties basses argileuses proches du fleuve, ne permettent pas d'envisager comme évidente une réduction très notable des débits de pointe (B.3.1.) au travers d'un tracé intermédiaire encore proche du fleuve et dont les cotes naturelles ne seraient pas par ailleurs nécessairement plus favorables que celles des bourrelets de berge du Chari.

C. CONCLUSIONS.

L'absence de mesures, la difficulté de définition des sections mouillées utiles comme de la pente des lignes d'eau de déversement, l'extrême complexité du réseau hydrographique, ont conduit en B.3.1. à une estimation très large des débits déversés en 1961 sur un itinéraire suivant le fleuve.

Pour la crue décennale et sur le même trajet il ne faudra pas espérer une réduction très sensible des débits dans la partie aval : la différence de cote à Dougua est de - 10 cm seulement. Le phénomène est d'ailleurs apparent en comparant les valeurs correspondantes ΔQ des tableaux 5 et 6 p. 29 malgré l'imprécision sur les chiffres.

Enfin il est évident que seules des mesures complémentaires directes pourraient permettre d'évaluer avec une précision intéressante les débits déversés en année moyenne : ceux-ci sont trop faibles par rapport aux débits du bief pour que les ΔQ puisse présenter alors la moindre valeur, même indicative.

Tableau 7 - Le Chari à Fort-Lamy - (1961-1962)

Cotes à l'échelle en cm.

altitude du zéro 285,82 m.

Jours	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A
1	131	131	200	373	570	808		831		302	232	
2	131	130		384	580	812	906	823	430	300	228	190
3	130	130	224	394		817	906		424	298	227	190
4	130		227	400	595	820	907	805	418			189
5	130	122	229	416	608	825	908	794	412	292	226	189
6	132	120	231		619	830	908	783	406	290	224	189
7		119	232	434	629	832	909	770		285	222	188
8	131	119	235	445	638		910	766	396	282		
9	135	118		453	648	840	910	742	390	281	218	184
10	137	122	241	462		847			386	280	216	185
11			252		664	850	908	711				186
12	132	120	260	476	670	859		695		274	212	189
13	132	120	265		680	862	907	676	370	272	210	192
14		121		495	690	869		657		270	208	196
15	134	120	275		695	870	905	637	360	268	206	
16	133	121		510	706	870	902	618	356	264	204	198
17	133	120	288	520		876	899		352	262	202	199
18	132		291	528	719	879	897	590	348			201
19	132	120	300	531	726	881		575	345	257	198	203
20	131	120	304		735	885	891	560	342	254	196	205
21		127	308	535	742	887	889	548		250	195	
22		130	315	533	749	889	886	534	335	247	194	
23	129	147		530	756	890	882	522	330	245	192	
24	129	156	323	530		895	877	510	328	243	191	196
25	129		329	530	770	896	872		324			193
26	129	160	330	535	776	898		485	320		189	
27	129	166	339		783	898	861	475	316	235	188	187
28		169	343	532	790	900		466		234	188	186
29	129	171	348	540	795		847	457	310		187	
30	130	186		550	801	902	839	450	308		187	182
31	131		364	559		903			305		187	

Tableau 8 - Le Chari à Fort-Lamy - (1962 - 1963)

Cotes à l'échelle en cm.

altitude du zéro 285,82 m.

Jours	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A
1			238	345	489	748		834		340	263	200
2	179	208	244	346		758	881		480	336	260	199
3			256	348	510	766	881	821	473			197
4	182	204	265	351	519	774		813	463	330		
5	184	200	267		526	780	882	804	459	326		193
6		198	269	354	532	786	882			324		191
7	185	200	275	355	540		883		446	322	248	
8	185	198		355	546	796	883		440	318	245	187
9	184	202	288	355		800	883		435	316	242	
10			292	353	559	803	883		428		238	
11			295		566	808			422	312	235	180
12	179	200	300		573	812	883	737	418	308	233	178
13		201	304		581	816	883	725		306	231	178
14	177	201	307	359	594		883		409	304	230	
15		201			600	826	883	700	405	302	229	177
16	179	200	312	365		830	883		398	300	228	176
17		199	312	370	611	836	883	674	394	297		176
18	184	197	312	383	619	840		660	390	293	226	175
19	188	196	312		627	847	881	645	386	289	225	174
20		197	316		638	852	879	629		287	223	
21	199	197	318	404	647		878	613	378	284	223	172
22	202	198		407	656	858	875	600	376	281	222	170
23	206	201	330			863	872		370	278	221	171
24	208	204	334		675	866	869		366			171
25	211	208	334	430	685	868			364	272	217	172
26	214	212	335		695	870	861	552	360		215	
27		218	337	449	705	872	859	541		268	214	
28	216	222	337	457	715			530	354	265	211	179
29	215	226		468	725	874	846	520	350		208	179
30	214	231	338	475		878	841		347		205	180
31			341	482		878			344			

Tableau 9 - Le Chari à Fort-Lamy - (1963-1964)

Cotes à l'échelle en cm.

altitude du zéro 285,82 m.

Jours	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A
1	183	251	224	342	611	779	765	568	344	258	186	134
2	185	251	228	349	618	781	764	560	341	254	185	132
3	188	250	229	357	626	783	763	552	338	250	184	131
4	188	249	231		635	783	760	545	335	246	183	131
5	192	247		376	643	784	758	537	331	244	180	130
6	202	243	233	387	653	782	754	529	328	242	178	127
7	210	242		395	661	780	750	520	325	240	176	126
8	215	255	235	406	669	779	746	512	322	237	174	123
9	217	233	235	419	675	778	741	503	318	235	172	122
10	216	229	235	428	682	777	736	494	315	233	170	122
11	219	224			689	777	730	485	312	230	168	122
12	222	217		447	696	778	724	476	309	228	167	122
13	221	213	235	459	704	778	716	466	306	226	165	121
14	221	211		470	710	778	709	456	303	224	163	123
15	220	209	237		717	778	700	447	300	222	162	127
16	218	208	238		724	779	694	436	297	220	161	125
17	216	208	240	498	729	779	686	426	295	217	158	130
18	212	209	246	508	733	779	677	418	293	215	156	127
19	210	206	254	517	737	779	668	410	291	213	154	125
20	212	203	264	525	742	779	660	404	289	210	152	127
21	212	203	275	535	744	778	651	396	287	210	151	126
22	204	202	281	540	747	777	641	389	285	208	149	125
23	202		288	545	750	775	633	382	282	205	148	126
24	203	215	294	549	754	774	623	378	279	202	147	127
25	205	220	300	555	757	774	615	374	276	200	146	132
26		223	307	562	762	771	606	370	273	198	143	134
27	221	222		570	767	770	597	366	270	196	142	136
28	232	220	318		770	769	590	360	267	193	141	139
29	240	219		585	773	768	583	355	264	190	140	145
30	246		330	593	775	767	575	350	262		139	152
31	249		335	603		766		348	260		136	

Tableau 10 - Le Chari à Fort-Lamy - (1968-1969)

Cotes à l'échelle en cm.

altitude du zéro 285,82 cm.

Jours	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A
1		146	210			623	649			207	166	
2	106		211	351	562	624	645	446	282		165	
3	108		213	355	566	626	640	437	278	205	164	
4	109	143	218		569	628	635	427	275	201	162	
5		143	225	365	573	629	630	419	271	199	160	
6	114	143	233	369	576		624	410	268		158	
7	116	144		373	580	632	618	403	266	197	157	
8	119	149	250	377		635	612		261	195	156	
9	126		257	383	587	637	608	385	258		155	
10	134	158	259	391	590	640	603	380	255	192	154	
11	139	161	262		592	643	598	374	252	190	153	
12		161	265	410	594	643	594		250	189	152	
13	145	164	272	419	597		593	366	248	188	151	
14	146	167		426	599	644	590	360	247			
15	148	170	283			644	587		243		149	
16	150		290	442	602	645	581	351	241		148	
17	153	173	291	452	604	646	575	345	239		147	
18	154	175	293		604	648	568	340	236	181	147	
19		180	299	467	605	650	562	336	234	179	148	
20	151	185	299	475	605	653	555	331	231	178	149	
21	150	193		483	606	655	548		230	176	151	
22	149	197	312	494		656	540		228	174	152	
23			314	500	607	657	531	323	225	173	154	
24	151	202	318	507	609	657	523	316	222	172	158	
25		200	322		611	657	515		221	171	163	
26		201	325	521	613	658	504	307	219	170	171	
27	147	202	330	528	615		498	302	217		176	
28	146	202		535	617	657		302	216	168	177	
29	146	205	338	543		656	475		211		176	
30	147		343	550	621	655	466	294	208		175	
31	148		346	554		652		290	208		176	

LISTE DES TABLEAUX

- Tableau 1 (p.10) Distribution des maximums annuels du Chari à la station de Fort-Lamy
- Tableau 2 (p.12) Fréquence de la crue et cote du plan d'eau à Fort-Lamy T.P.
- Tableau 3 (p.15) Les hauteurs maximums annuelles à l'échelle de Djimtilo (1953 - 1968).
- Tableau 4 (p.27) Cotes maximums annuelles aux stations du Bas-Chari pour les années caractéristiques.
- Tableau 5 (p.29) Débits maximums aux stations du Bas-Chari en 1961.
Ecrêtement des débits entre stations après soustraction des prélèvements de la Serbeouel et du Taf-Taf.
- Tableau 6 (p.29) Débits maximums aux stations du Bas-Chari en 1962
Ecrêtement des débits entre stations après soustraction des prélèvements de la Serbeouel et du Taf-Taf.
- Tableau 7 (p.35) Le Chari à Fort-Lamy. Cotes à l'échelle (1961 - 1962).
- Tableau 8 (p.36) Le Chari à Fort-Lamy. Cotes à l'échelle (1962 - 1963).
- Tableau 9 (p.37) Le Chari à Fort-Lamy. Cotes à l'échelle (1963 - 1964).
- Tableau 10 (p.38) Le Chari à Fort-Lamy. Cotes à l'échelle (1968 - 1969).

LISTE DES FIGURES

- Figure 1 Carte de Situation
- Figure 2 Hydrologie de la rive droite du Bas-Chari.
Réseau hydrographique - Equipement hydrométrique.
- Figure 3 Le Chari à Fort-Lamy - Courbe de tarage
- Figure 4 Le Chari à Fort-Lamy - Année sèche - Année humide
- Figure 5 Distribution des crues à Fort-Lamy
- Figure 6 Le lac Tchad - Hauteurs d'eau à l'échelle de Bol.
- Figure 7 Corrélation des hauteurs maximales annuelles à Djintilo et à Fort-Lamy.
- Figure 8 Corrélation des cotes du Chari à Fort-Lamy et de la Serbeouel à Maltam.
- Figure 9 Corrélation des cotes à Fort-Lamy (le jour j) et à Goulfey (le jour j + 2).
- Figure 10 Corrélation des cotes à Fort-Lamy (le jour j) et à Douguia (le jour j + 2)
- Figure 11 Profil en long de la route entre Douguia et Amalaget
- Figure 12 Cotes maximums aux échelles 1 - 3 - 5 et à Fort-Lamy.
- Figure 13 Cotes du plan d'eau et fréquence de la crue aux stations limnimétriques du Bas-Chari.

BIBLIOGRAPHIEETUDE PEDOLOGIQUE DU BASSIN ALLUVIONNAIRE DU LOGONE - CHARI

Erhart (H.) - Pias (J.) - Leneuf (N.)

O.R.S.T.O.M., Paris, 1954, 234 p., imprimées, 105 fig. 61 bibli., 1 carte HT.

MONOGRAPHIE DU LAC TCHAD - Bouchardeau (A.) - Lefèvre (R.)

O.R.S.T.O.M., Paris, 1957, 112 p., 13 graph. 19 pl., 4 croquis, 1 carte HT.

REGIMES HYDROLOGIQUES DE L'AFRIQUE NOIRE A L'OUEST DU CONGO - Rodier (J.)

O.R.S.T.O.M., Paris, 1964, 137 p. imprimées.

LA PREVISION DES CRUES DU LAC TCHAD - Billon (B.)

O.R.S.T.O.M., Fort-Lamy, février 1965, 41 p. ronéo., 16 graph. 7 tabl.,
d'échelle de crues.

MONOGRAPHIE HYDROLOGIQUE DU CHARIdeuxième partie : Equipement et mesures hydrométriques - Billon (B.) Herbaud (J.)

Oberlin (G.)

O.R.S.T.O.M., Paris, 236 p., 49 fig., 50 tabl.

troisième partie : Données de base - Billon (B.) Oberlin (G.)

O.R.S.T.O.M., Paris, 80 p., 11 fig., 70 tabl., annexe.

15° 10' Long. Est
+ 12° 50' Lat. Nord

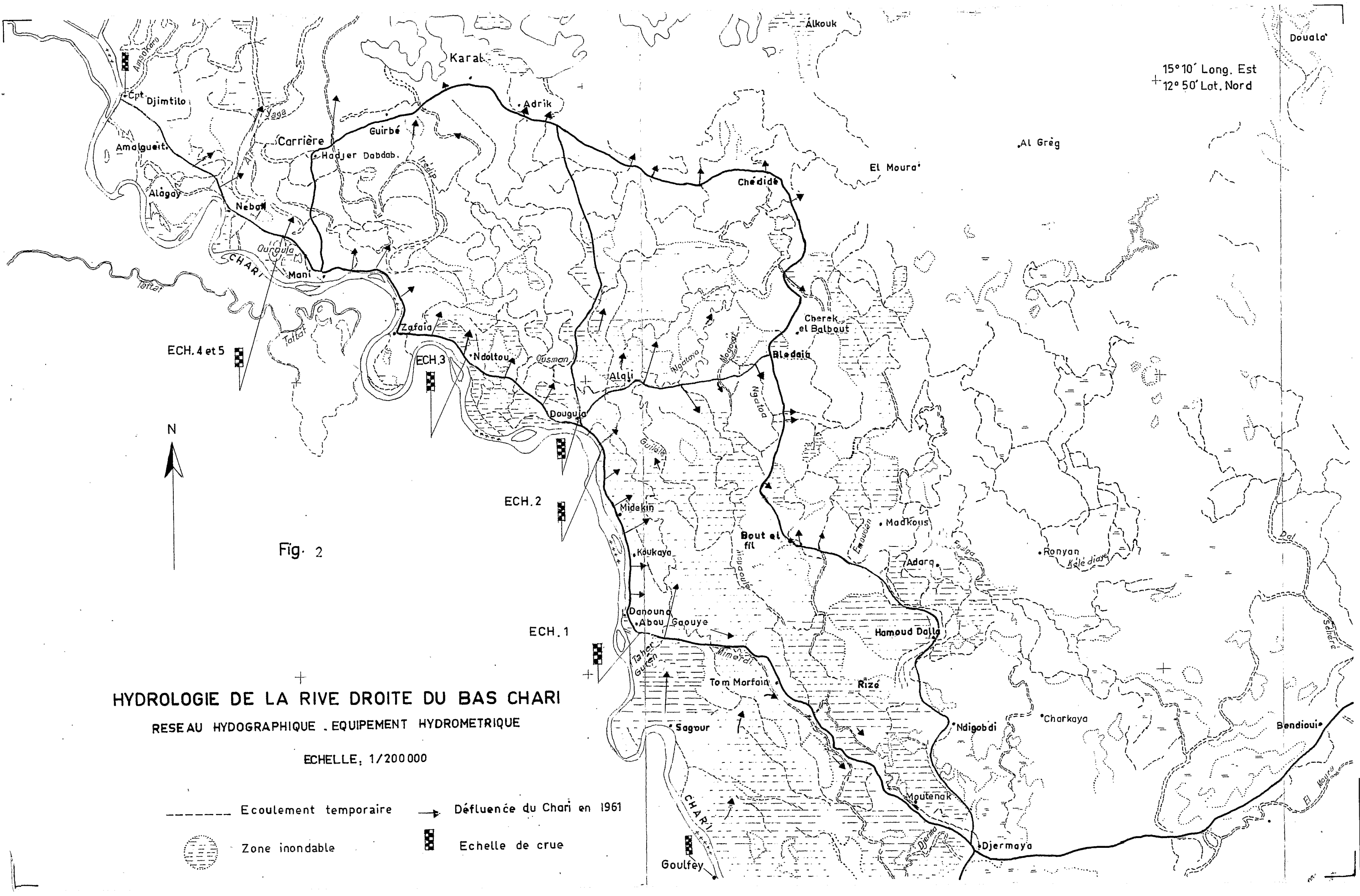


Fig. 2

HYDROLOGIE DE LA RIVE DROITE DU BAS CHARI
RESEAU HYDROGRAPHIQUE . EQUIPEMENT HYDROMETRIQUE

ECHELLE, 1/200 000

- Ecoulement temporaire
- Défluente du Chari en 1961
- ⊗ Zone inondable
- ⊞ Echelle de crue

PROFIL EN LONG DE LA ROUTE ENTRE DOUGUIA ET AMALGET

NIVEAU DES PLUS HAUTES EAUX SUR L'ITINAIRE

