

RÉPUBLIQUE du TCHAD

Présidence du Gouvernement

Ministère de l'Agriculture  
et des Eaux et Forêts

Direction de l'Agriculture

Sous - Direction du Génie Rural

NAVIGATION entre FORT-LAMY  
et les CUVETTES LACUSTRES

SONDAGES

CAMPAGNE 1962

B. BILLON

E. BOULIN

O. R. S. T. O. M.  
CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES  
SECTION HYDROLOGIE  
*Avenue du Général TILHO*  
FORT-LAMY

Octobre 1962

62. 10

D8  
BIL

REPUBLIQUE DU TCHAD  
-----  
PRESIDENCE DU GOUVERNEMENT  
-----  
MINISTERE DE L'AGRICULTURE  
-----  
SOUS-DIRECTION  
DU GENIE RURAL  
-----

NAVIGATION ENTRE FORT-LAMY ET  
LES CUVETTES LACUSTRES

-----  
SONDAGES  
CAMPAGNE 1962  
-----

B. BILLON

E. BOULIN

D-8  
BIL



15 FEV. 1963

OCTOBRE 1962  
62-10

4699 ep 1

- SOMMAIRE -

=====

I/ - GENERALITES

A - PRODUCTION DE BLE DANS LA REGION DE BOL	p.	I
B - EVACUATION DE LA PRODUCTION DE BOL		I
C - NAVIGATION ENTRE FORT-LAMY ET BOL		3

2/ - LAC TCHAD

A - HYDROLOGIE		4
B - ESSAI DE RECONSTITUTION DES NIVEAUX DU LAC DEPUIS 1870		10
C - INCIDENCES SUR LA NAVIGATION		11
D - VITESSES ET COURANTS DANS LE LAC		16

3/ - CHARI INFERIEUR

A - HYDROLOGIE		24
B - ETIAGES		25
C - PREVISION DES ETIAGES		31
D - DEBITS ET VITESSES		34

4/ - SONDAGES

A - PROFILS EN LONG DU CHARI		42
B - PROFILS EN LONG DES BRAS DU DELTA ET DU CONTOUR DU DELTA		46
C - PROFILS EN LONG SUR LE LAC TCHAD		49
D - LEVERS HYDROGRAPHIQUES SUR CERTAINS SEUILS DU CHARI		55

5/ - CONCLUSIONS

## CHAPITRE I - GENERALITES

### A/ - LA PRODUCTION DE BLE DANS LA REGION DE BOL

L'étude de la navigation sur le Chari inférieur et le Lac Tchad, entre FORT-LAMY et les cuvettes lacustres a vu le jour en raison du développement prévu dans quelques années de la production de blé dans toute la zone côtière du lac située entre BAGA SOLA et MASSAKORY.

Actuellement, les polders voisins de BOL : BOL-GUINI et BOL-BERIM représentent les plus grandes surfaces cultivées : 450 ha, alors que de BAGA SOLA à ISSEROM, le total des surfaces cultivées sur une trentaine de polders est de 810 ha (rapport SOGETHA Mai 1962).

Les terrains mis en culture ne constituent qu'un faible pourcentage des possibilités offertes, puisque les surfaces isolées du lac susceptibles d'être cultivées dépassent actuellement 8.000 ha.

Avec quelques aménagements les surfaces cultivées et parallèlement, la production de blé pourront donc s'accroître dans des proportions intéressantes.

### B/ - EVACUATION DES PRODUCTIONS DE BOL

Il y a deux possibilités : voie routière ou voie fluviale.

.../...

La première présente plusieurs inconvénients. La portion de route MASSAKORY-FORT-LAMY n'est pas praticable en toute saison et selon l'abondance des pluies, la circulation est interdite aux camions de fort tonnage pendant deux à quatre mois. La construction et l'entretien d'une route permanente coûtent cher et ne sauraient être justifiés par le seul accroissement du trafic routier BOL - FORT-LAMY.

L'évacuation de produits relativement lourds est souvent plus onéreuse par la route que par voie fluviale. Or dans le cas de la liaison BOL - FORT-LAMY deux faits rendent encore plus précaire la rentabilité de la solution routière.

L'état de la route entre NGOURY et BAGA SOLA et particulièrement aux environs de BOL : la piste traverse une région de dunes où le sable est très fluent; la circulation des véhicules chargés ne s'y fait qu'aux heures fraîches de la nuit ou de la matinée et la consommation de carburant atteint des valeurs très élevées :

pour un véhicule Land-Rover chargé, la consommation d'essence passe de 20 litres aux 100 km sur bonne piste à 45 - 50 litres entre ISSEROM et BOL.

La distance entre BOL et FORT-LAMY par la route est de 330 km environ, contre 250 par le fleuve. Le trajet par route est donc de 30 % plus long que le trajet par bateau.

Si la solution routière est handicapée par des difficultés auxquelles il semble difficile (et surtout onéreux) de remédier actuellement, la navigation entre BOL et FORT-LAMY ne comporte pas que des avantages. Quelques aménagements simples peuvent améliorer et faciliter la navigation, mais celle-ci reste soumise aux aléas de la climatologie. Les étiages du Chari seront toujours des moments difficiles pour elle et si la traversée du lac ne pose pas de difficultés en ce moment, il suffit de quelques années sèches successives pour que le lac ne puisse plus être emprunté que par des bateaux de très faible tirant d'eau.

.../...

C/ - NAVIGATION ENTRE FORT-LAMY et BOL

Cette étude sommaire aura pour premier but d'exposer les problèmes d'ordre hydrologique posés par l'amélioration de la navigation entre FORT-LAMY et les cuvettes lacustres.

Elle comportera tout naturellement deux parties : le Lac Tchad (ch.2) et le Chari inférieur (ch.3). Une dernière partie (ch.4) traitera des conditions hydrographiques de la navigation et exposera les résultats des sondages effectués sur le Chari et sur le Lac.

-oOo-

.../...

## CHAPITRE 2 - LAC TCHAD

=====

Une étude très précieuse en a été faite par MM. BOUCHARDEAU et LEFEVRE et a été publiée sous la forme de Monographie. Nous en utiliserons de larges extraits et de nombreux résultats.

### A/ - HYDROLOGIE DU LAC TCHAD

Le lac Tchad est une cuvette fermée. La variation de niveau du lac est donc le résultat d'un équilibre constant entre les apports de différentes rivières et les précipitations, d'une part, les pertes par évaporation, infiltration, et le stockage, d'autre part.

Les variations du niveau du lac peuvent donc être expliquées, voire même déterminées par l'analyse de ces différents facteurs.

#### I - APPORTS DES RIVIERES

##### a) le Chari

Les apports du Chari peuvent être déterminés de façon assez précise à l'aide des relevés de FORT-LAMY, car ils ne subissent pas de modifications très sensibles entre cette station et l'embouchure du Chari dans le lac Tchad.

Les observations hydrométriques de FORT-LAMY montrent que le régime du Chari appartient au type tropical, caractérisé par une crue annuelle bien individualisée et un étiage prolongé.

.../...

Cependant il s'en distingue par une alimentation du type "tropical de transition" concernant la plupart des branches méridionales du Haut-Chari et du Haut-Logone et enfin par de très vastes zones d'inondations qui jouent un rôle régularisateur très accentué.

Il en résulte pour le Chari inférieur une crue annuelle relativement étalée, qui se caractérise par une montée puis une décroissance des débits très progressive.

De 1933 à 1957, la répartition moyenne des débits mensuels ( $m^3/sec$ ) est la suivante :

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
821	461	271	192	187	247	507	1210	2393	3327	3322	1840

L'adjonction des années 1958 à 1961 ne modifie que très légèrement les chiffres ci-dessus; cette période comprend, en effet, deux années à peu près normales 1959 à 1960, une année très forte 1961 et une année très faible 1958.

Le module annuel est de :

1200  $m^3/s$

et le volume annuel écoulé de :

38 milliards de  $m^3$  .

.../...



Le graphique n° 7822 donne la courbe de variations des débits journaliers en 1943, année très proche de l'année moyenne.

b) l'El Beïd

Le régime de cet émissaire du lac est très complexe. Il est alimenté par :

- les précipitations sur son bassin versant **propre**
- les apports des mayos du Nord-Cameroun
- les déversements du Logone
- les déversements du Chari

Ces deux derniers facteurs étant les plus importants.

Les relevés de GAMBAROU pour la période de 1953-1955 permettant d'estimer à 67 m<sup>3</sup>/s le module de l'El Beïd, ce qui représente un volume annuel de 2,1 milliards de m<sup>3</sup>.

La répartition mensuelle des débits est en moyenne la suivante :

: J	: F	: M	: A	: M	: J	: J	: A	: S	: O	: N	: D	:
: I62:	69:	8	: I.3:	0	: I	: 6.2:	63	: 63	: 71	: I3I:	222:	:

On peut estimer que sur une période de longue durée, le module de l'El Beïd serait voisin de :

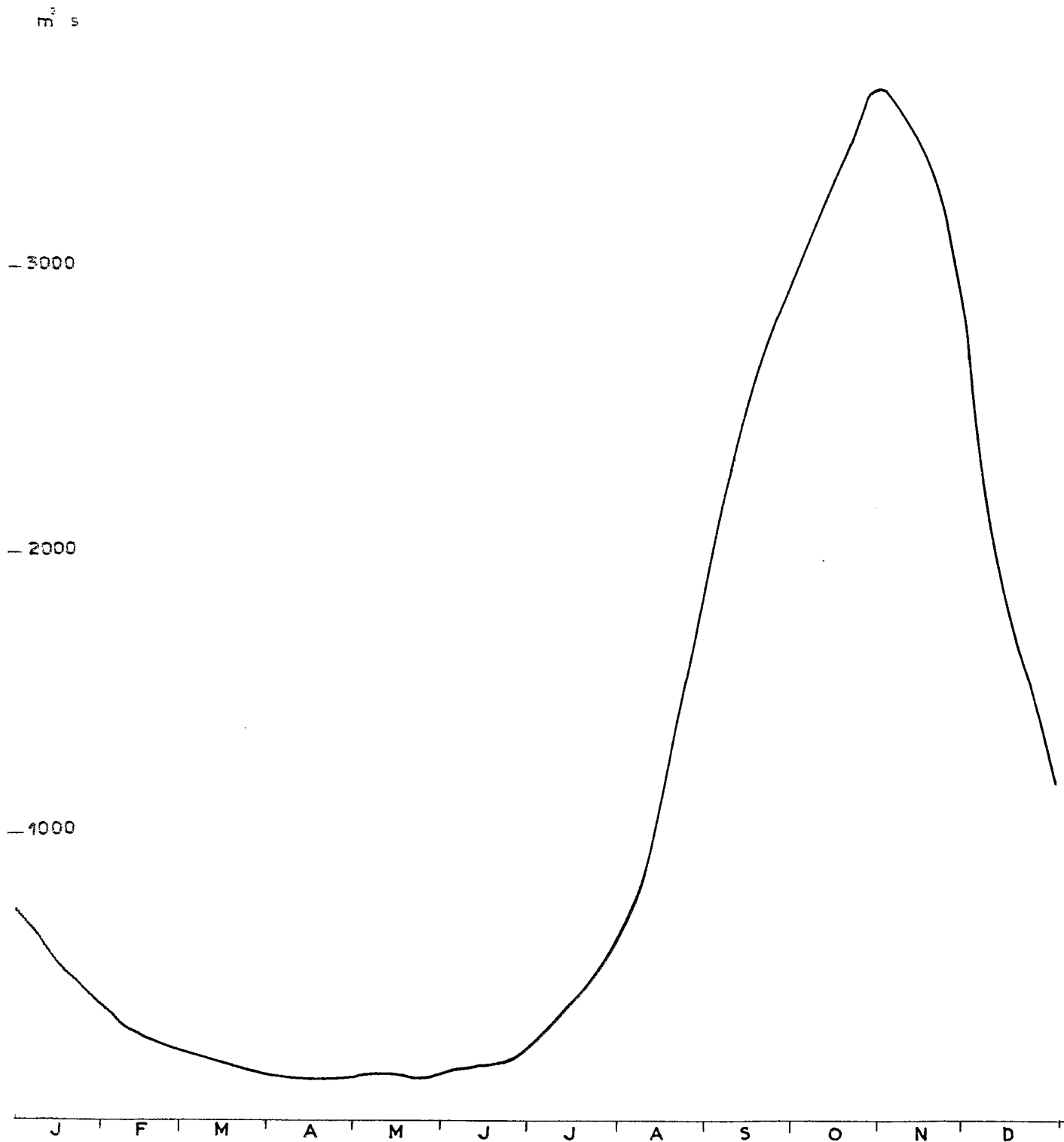
50 m<sup>3</sup>/s

correspondant à un volume de :

1.6 milliards de m<sup>3</sup>

.../...

Débits du CHARI à FORT-LAMY  
en 1943



CRT 7822

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1°	LE: 27-8-62	DES: L. TRENOU	VISA:	TUBE N°	H
--------	-------------	----------------	-------	---------	---

c) la KOMADOUGOU YOOBE

Ce fleuve, affluent de la partie nord du lac, a un bassin versant considérable, aussi important que celui du Chari mais situé en régime sahélien. La dégradation des cours d'eau est totale et en saison des pluies seules quelques rares crues atteignent le lac Tchad. Le volume annuel écoulé à BOSSO a pu être évalué à un peu plus de 100 millions de m<sup>3</sup>.

d) le YEDSERAM

Situé en Territoire nigérien, ce cours d'eau dans sa partie supérieure a un régime analogue à celui des mayos du Nord-Cameroun. Par analogie avec la TSANAGA à MAROUA, on peut estimer à moins de 300 millions les apports du cours supérieur. Mais à partir de DIKOUA, il traverse une zone marécageuse qui réduit fortement les apports. Le volume parvenant au lac peut être estimé à 100 millions de m<sup>3</sup>.

CONCLUSIONS

Sur un total de 40 milliards de m<sup>3</sup> apportés chaque année au lac Tchad, le Chari en fournit 95 % environ, l'El Beïâ 4 %, la KOMADOUGOU et le YEDSERAM 1 %.

2 - APPORTS DES PRECIPITATIONS

Pour déterminer la moyenne des précipitations annuelles sur le lac, il faudrait un réseau assez dense de pluviomètres répartis sur tout le pourtour du lac.

Les stations officielles sont au nombre de 8, mais parfois assez éloignées du Lac (MOUSSORO est à 150 km). La répartition n'étant pas assez dense, l'O.R.S.T.O.M. a complété le réseau par 7 pluviomètres totalisateurs installés sur la périphérie du lac et qui ont permis de tracer les isohyètes avec plus de précision.

Pluviométrie sur le Lac Tchad - 1956

Stations	P mm	Services
NGUIGMI	376	Météo A.O.F.
GUESKEROU	324	Météo A.O.F.
WULGO	535	Météo NIGERIA
DIKOA	541	Météo NIGERIA
MAO	271	Météo A.E.F.
MOUSSORO	434	Météo A.E.F.
MASSAKORY	437	Météo A.E.F.
FORT - LAMY	607	Météo A.E.F.
RIG - RIG	285	O.R.S.T.O.M.
KAYA	375	O.R.S.T.O.M.
BOL	376	O.R.S.T.O.M.
TAGAGA	455	O.R.S.T.O.M.
DOUGUIA	623	O.R.S.T.O.M.
KOUKAOUA	550	O.R.S.T.O.M.
MAIDUGURI	636	O.R.S.T.O.M.

Pour 1956, la pluviométrie moyenne du lac est de 420 mm. Elle est plus forte pour cette année sur l'ensemble du lac qu'aux postes de BOL et NGUIGMI.

Les relevés de NGUIGMI sont effectués depuis 1921, ceux de BOL depuis 1946.

.../...

Diverses considérations amenèrent A. BOUCHARDEAU à évaluer la hauteur moyenne des précipitations annuelles à :

330 mm

### 3°) PERTES PAR EVAPORATION ET INFILTRATION

Dans de nombreux cas d'études de réservoir, le volume perdu par évaporation est un terme secondaire par rapport aux apports, de sorte qu'il est presque du même ordre de grandeur que les erreurs faites dans les estimations de volume arrivant au réservoir ou en sortant.

Dans le cas du Lac Tchad au contraire, le volume évaporé est au moins égal aux apports des cours d'eau tributaires. L'étude du bilan effectué mois par mois montre que l'effet des infiltrations est faible; les conditions sont donc favorables pour déterminer la hauteur d'eau évaporée à partir du bilan hydrologique.

Celui-ci se traduit par quatre éléments :

- variation du niveau du Lac
- apports du Chari
- précipitations
- pertes par évaporation et infiltration.

Nous n'entrerons pas ici dans le détail des calculs qui sont exposés dans la Monographie du Lac Tchad.

Les résultats montrent des évaporations totales annuelles remarquablement cohérentes.

.../...

2.316 mm en 1954  
2.334 mm en 1955  
2.246 mm en 1956

et la moyenne estimée à :

2,30 m par an.

B/ - ESSAI DE RECONSTITUTION DES NIVEAUX DU LAC DEPUIS 1870

L'existence du Lac Tchad résulte d'un équilibre entre les pertes par évaporation (les autres étant négligeables) les apports du Chari et les précipitations sur le lac lui-même.

Après avoir examiné comment variaient les différents facteurs de cet équilibre, il est possible par le bilan hydrologique, de reconstituer les niveaux du lac en dehors des périodes d'observations.

L'étude des facteurs du bilan hydrologique montre que l'évaporation varie très peu d'une année à l'autre. D'autre part les conditions climatiques ont peu changé depuis 50 ans : en 1908 les mesures de températures faites par le Général TILHO conduisent aux mêmes moyennes que celles effectuées en 1958. La hauteur d'évaporation est donc admise comme étant constante et égale à 2,30 m.

Les précipitations sont mal connues pour la période antérieure à 1946, pour laquelle les estimations de la pluviométrie moyenne sur le lac sont faites à partir de 1 ou 2 pluviomètres. Les valeurs isolées peuvent donc être entachées d'erreurs importantes; par contre, la valeur moyenne sur plusieurs années sera acceptable. D'autre part, l'imprécision des données pluviométriques ne peut pas avoir de graves conséquences, puisque les précipitations sur le lac ne représentent que 12 % des apports.

.../...

L'étude des crues du Chari et du Nil pour la période 1933 - 1945 montre une bonne concordance entre les crues des deux fleuves. Et comme les relevés du Nil remontent à 1870, il est possible de reconstituer approximativement les crues du Chari, et, partant, les niveaux du lac, depuis cette date.

Les calculs ont été faits par A. BOUCHARDEAU qui a donné les niveaux mesurés et reconstitués du lac depuis 1870 (graphique n° 7825).

De 1933 à 1952 les niveaux ont été reconstitués à partir des crues du Chari et de 1870 à 1933 à partir des crues du Nil, en admettant la même hydraulicité pour le Nil et le Chari.

Ces évaluations concordent avec les observations et mesures faites par le Général TILHO au début du siècle. On peut donc considérer que, dans ses grandes lignes, le graphique représente bien les variations de niveau du lac de 1870 à nos jours.

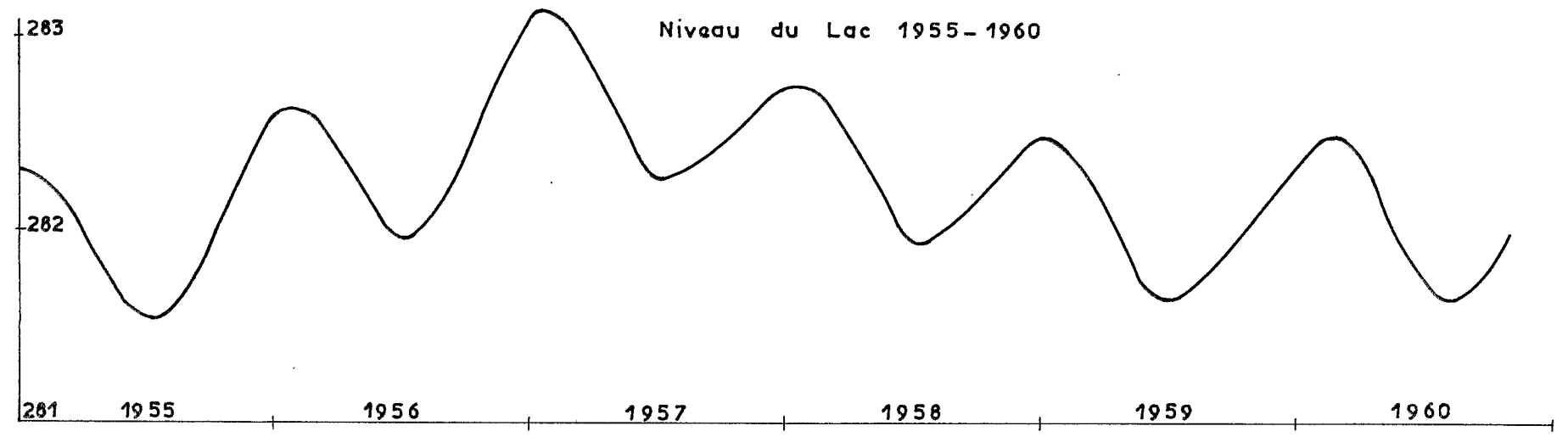
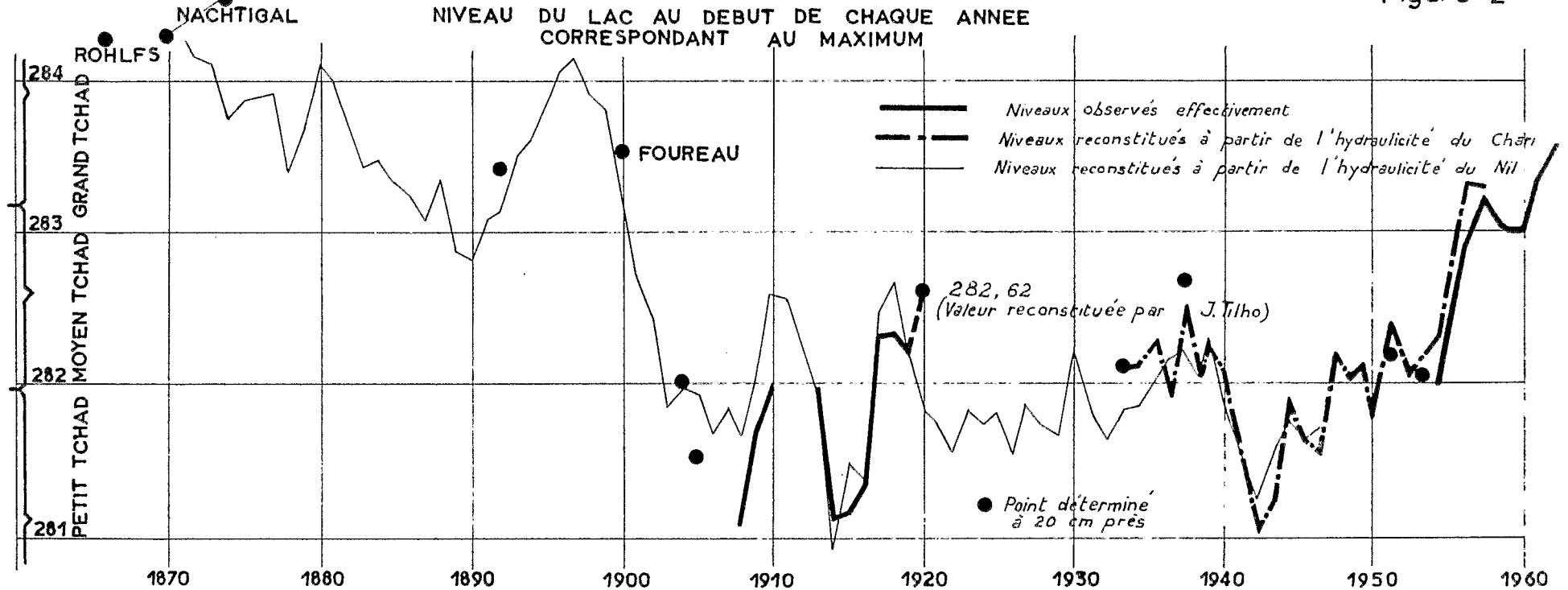
#### C/ - INCIDENCES SUR LA NAVIGATION

Le Lac Tchad est un lac de très grande superficie mais très peu profond puisque, actuellement, sa profondeur moyenne est de quatre mètres.

Ces profondeurs sont suffisantes et la navigation sur le lac ne pose, en ce moment, que peu de problèmes (balisage des itinéraires, coups de vent brusques amenant des gênes passagères : immobilisation de quelques heures à l'embouchure du Chari ou dans l'archipel).

ESSAI DE RECONSTITUTION DES NIVEAUX DU LAC TCHAD

Figure 2





NIVEAU DU LAC EN 1962

Le lac a atteint en 1962 la cote de 2,17 m à l'échelle de BOL. En comparant les relevés antérieurs on trouve le 7 Janvier 1957 une cote de 2,20 m. Cependant cette cote n'est absolument pas représentative de la crue du lac en Janvier 1957. En effet, la cote 2,10 m à l'échelle a été dépassée pendant :

I jour en Janvier - Février 1957  
24 jours en Janvier - Février 1962

La cote de 2,20 m obtenue en 1957 est tout à fait isolée et a probablement été l'effet d'un coup de vent anormal en cette saison. La comparaison des niveaux relevés au moment du maximum de la crue Décembre-Janvier-Février montre que la crue du lac en 1962 est plus forte que celle de 1957. (Tableau page suivante) :

: Jours :	: I956 :		: I957 :		: I96I :		: I962 :	
	: D :	: J :	: F :	: D :	: J :	: F :	: D :	: F :
: I :	: 204 :	: 2I0 :	: 203 :	: I80 :	: 2I2 :	: 2II :	:	:
: 2 :	:	: 209 :	: 203 :	: I93 :	: 206 :	: 2I2 :	:	:
: 3 :	:	: 2I0 :	:	: I95 :	: 208 :	: 2I0 :	:	:
: 4 :	:	: 208 :	: I90 :	: I94 :	: 2I3 :	: 209 :	:	:
: 5 :	:	: 209 :	: I9I :	: I96 :	: 2II :	: 203 :	:	:
: 6 :	: 206 :	: 2I0 :	: I92 :	: I92 :	: 2I4 :	: 208 :	:	:
: 7 :	: 2II :	: 220 :	: I95 :	: I96 :	: 2I4 :	: 209 :	:	:
: 8 :	: 207 :	: 209 :	: I95 :	: 202 :	: 2I5 :	: 202 :	:	:
: 9 :	: 205 :	: 208 :	: I94 :	: 205 :	: 2I4 :	: 207 :	:	:
: IO :	:	: 207 :	: I9I :	: 207 :	: 2I5 :	: 206 :	:	:
: II :	:	: 207 :	:	: 20I :	: 2I6 :	: 207 :	:	:
: I2 :	: 200 :	: 2I0 :	:	: I98 :	: 2I5 :	: 2I0 :	:	:
: I3 :	:	: 203 :	: I9I :	: 203 :	: 2I3 :	: 206 :	:	:
: I4 :	: I99 :	: 207 :	: I93 :	: 203 :	: 2II :	: 203 :	:	:
: I5 :	: I98 :	: 206 :	: I94 :	: 206 :	: 2I0 :	: 207 :	:	:
: I6 :	:	: 204 :	: I95 :	: 2II :	: 206 :	: 209 :	:	:
: I7 :	:	: 206 :	: 202 :	: 2I2 :	: 2I0 :	: I98 :	:	:
: I8 :	:	: 208 :	: I95 :	: 2I3 :	: 2I2 :	: I92 :	:	:
: I9 :	: 202 :	: 208 :	: I95 :	: 2I3 :	: 2I2 :	: 202 :	:	:
: 20 :	: 205 :	: 205 :	: I94 :	: 2I2 :	: 209 :	: 202 :	:	:
: 2I :	: 204 :	:	: I94 :	: 2I6 :	: 2I2 :	: I98 :	:	:
: 22 :	: 205 :	: 207 :	: I94 :	: 2I2 :	: 2I5 :	: I96 :	:	:
: 23 :	: 206 :	:	: I93 :	: 2I2 :	: 2I7 :	: 203 :	:	:
: 24 :	: 208 :	: 208 :	: I94 :	: 2I3 :	: 208 :	: 202 :	:	:
: 25 :	: 207 :	: 206 :	: I93 :	: 2I3 :	: 2I4 :	: 202 :	:	:
: 26 :	: 209 :	: 205 :	: I92 :	: 2I6 :	: 2I4 :	: 202 :	:	:
: 27 :	: 207 :	: 208 :	: I9I :	: 2I2 :	: 208 :	: 206 :	:	:
: 28 :	: 2I0 :	:	: I94 :	: 208 :	: 209 :	: 206 :	:	:
: 29 :	: 209 :	: 204 :	:	: 2I5 :	: 209 :	:	:	:
: 30 :	: 208 :	: 205 :	:	: 2I3 :	: 2I3 :	:	:	:
: 3I :	: 209 :	: 206 :	:	: 200 :	: 2I2 :	:	:	:
: Moyenne :	: 2,06 :	: 2,08 :	: I,95 :	: 2,06 :	: 2,I2 :	: 2,05 :	:	:

Le niveau moyen du lac est, au moment du maximum de la crue de :

2,08 m en Janvier 1957  
2,12 m en Janvier 1962

Ces niveaux sont les plus élevés que l'on ait enregistré depuis 60 ans. Ils correspondent respectivement aux cotes

283,20 m (I.G.N. 1954)  
283,24 m (I.G.N. 1954)

Notons enfin que, au moment où nous publions ce rapport (Octobre 1962) la crue du Chari s'annonce très forte (équivalente à celle de 1955) et que la cote du lac en Janvier 1963 dépassera largement celle de Janvier 1962 pour atteindre vraisemblablement une cote voisine de 2,40 m à l'échelle de BOL - (283,52 - I.G.N. 1954).

#### Variations annuelles et interannuelles

Depuis 1954, année où le lac a commencé à dépasser son niveau moyen, l'amplitude annuelle de la crue du lac est comprise entre 0,50 m et 1 mètre. Si le lac se maintient à son niveau moyen actuel, les variations annuelles ne représentent aucun ennui pour la navigation, les profondeurs étant en ce moment toujours très supérieures aux tirants d'eau des bateaux en service.

Par contre, si le niveau s'abaisse de façon sensible, la navigation risque de devenir difficile voire impossible en étiage.

.../...

L'examen des niveaux du lac relevés ou évalués pour les 90 dernières années montre que les dangers sont réels. Au cours de la période 1900-1962 les niveaux maximaux du lac ont été pendant 18 ans inférieurs à 281,70 m, ce qui donne pour les étiages un niveau inférieur à :

281,00 m

soit 2,20 m en dessous du maximum 1962.

En 1907 - 1908 - 1914 - 1915 - 1942 les étiages ont été très voisins, sinon inférieurs à la cote 280.00

L'abaissement du plan d'eau du lac ne peut être prévu, que dans la mesure où peuvent être déterminées à l'avance les crues du Chari. Or actuellement rien ne permet de prévoir ce qui va se passer. Tout au plus peut-on remarquer que les périodes de faible ou de forte pluviométrie ont duré plusieurs dizaines d'années. Avant 1900 et sur au moins 30 ans les niveaux du lac se sont maintenus à une cote très élevée; de 1900 à 1950 les niveaux ont été bas ou très bas mais depuis 1942 on assiste à une montée régulière et puissante des niveaux du lac, qui semble indiquer que l'on s'achemine à nouveau vers une période de hautes eaux.

L'indice est favorable, mais rien ne permet d'en supputer la durée et les baisses du plan d'eau peuvent être très rapides :

3 mètres entre 1898 et 1908  
1,5 m      entre 1911 et 1914  
1,5 m      entre 1937 et 1942

Nous ne sommes donc pas à l'abri d'une baisse spectaculaire du plan d'eau dans les années à venir.

.../...

## D/ - VITESSES ET COURANTS DANS LE LAC

Certains phénomènes peuvent localement et temporairement, ou de façon permanente, créer un mouvement d'ensemble d'une partie des eaux et provoquer des oscillations de faible amplitude du niveau du lac (seiches).

### Différences de pressions atmosphériques

Une dépression située en un point du lac, conjuguée (ou non) avec une surpression dans une autre partie amènera un léger gonflement de la masse liquide dans la première partie et une petite dépression du plan d'eau dans la seconde. Cependant les différences de pression qui engendrent ces mouvements sont très faibles (quelques millimètres de mercure) et s'appliquent à des masses d'eau considérables; d'autre part, les particules d'eau déplacées reviendront à leur place première, dès que les pressions se seront à nouveau égalisées. Ce phénomène ne peut donc donner lieu qu'à des oscillations très limitées ne dépassant pas quelques centimètres d'amplitude et ne provoquant que des courants minimes.

Le vent peut lui aussi provoquer un abaissement du niveau du lac sur une rive et une surélévation sur les rives opposées. Comme dans le cas précédent les mouvements des masses liquides dûs au vent restent limités pour l'ensemble du lac; l'amplitude des oscillations excède rarement une dizaine de centimètres. Dans quelques cas particuliers, ce phénomène peut provoquer en des points privilégiés des vitesses non négligeables.

En effet, près de la cote dans la région de BOL, certains cordons dunaires isolent de grandes masses d'eau qui ne sont reliées au lac que par une ou deux passes assez étroites. Un abaissement de 10 cm du niveau du lac amènera une vidange partielle de ces réservoirs par ces goullets. Nous avons observé le phénomène en Juin 1962 à FIDIAROM. Le vent avait soufflé toute la journée dans la direction S.W - N.E entraînant des îles flottantes contre la cote.

.../...

Au milieu de la nuit, alors que le vent était nul, les îles flottantes regagnaient le Lac entraînées par le courant provoqué dans le goulet par la vidange des eaux. La vitesse des îles flottantes était de 200 à 300 mètres par heure, soit 5 à 10 cm/s.

Les pluies peuvent, à l'inverse du cas précédent provoquer des déplacements irréversibles mais pratiquement limités à la durée de la pluie. Pour évaluer leur influence, nous prendrons le cas schématique suivant d'une tornade couvrant 50 km<sup>2</sup> avec une intensité de 50 mm/h. Le débit de cette tornade est :

$$Q = 50 \times 10^6 \times \frac{50}{3600} \times \frac{1}{10^3} = 700 \text{ m}^3/\text{s}$$

En supposant cette tornade fixe nous arrivons au schéma d'une source ponctuelle (car à l'échelle du Lac, 50 km<sup>2</sup> constituent en première approximation une source ponctuelle) débitant 700 m<sup>3</sup>/s dans un réservoir de grande superficie.

Cette source peut se trouver soit au milieu du Lac soit sur un des bords et nous rejoignons alors le cas du Chari, que nous examinerons plus loin, à ceci près que les débits du Chari varient de 100 à 4.000 m<sup>3</sup>/s et qu'ils créent dans le Lac un mouvement permanent, ce qui n'est pas le cas de la tornade. Les vitesses seront, dans une estimation large, du même ordre de grandeur.

Le Chari crée, par ses apports permanents, un mouvement d'ensemble des eaux qui part de l'embouchure du Chari pour se propager dans toutes les directions vers les extrémités du Lac.

.../...

L'étude de la salinité du lac (par A. BOUCHARDEAU) montre que les courbes d'égale salinité sont concentriques à l'embouchure du Chari dans le lac à l'écoulement d'une source ponctuelle dans un réservoir de grande surface.

Les rives du lac font, de part et d'autre de l'embouchure, un angle entre elles voisin de 135 °.

Dans ces conditions, la vitesse de l'eau à une distance R de l'embouchure est donné par la relation

$$Q = V \times S$$

$$Q = V \times \frac{5}{4} \pi R.H$$

exprimant que le débit de la source est également réparti suivant une section circulaire de rayon R et d'ouverture  $\frac{5}{4} \pi$ . On en tire

$$V = \frac{Q \times 4}{H \times 5 \pi} R$$

Cette relation n'est évidemment exacte qu'à partir d'une certaine distance de l'embouchure qui dans ce cas est de l'ordre de 10 km.

En prenant  $Q = 1.000 \text{ m}^3/\text{s}$  et  $H = 4 \text{ mètres}$ , nous avons

A 1 km de l'embouchure

$$V = 6 \text{ cm/s}$$

A 10 km de l'embouchure

$$V = 0,6 \text{ cm/s}$$

A 60 km de l'embouchure

$$V = 0,1 \text{ cm/s}$$

.../...

Donc dans la presque totalité du lac, les vitesses sont nettement inférieures à 1cm/s.

Cette vitesse est évidemment plus faible que la vitesse d'écoulement du débit maximal du Chari à travers le lac, qui est environ quatre fois plus forte mais reste de l'ordre de quelques centimètres/seconde.

Ces vitesses sont trop faibles pour faire dévier de sa trajectoire un bateau naviguant au compas, d'autant plus que les itinéraires suivis par les bateaux partent de l'embouchure pour aller soit à BOL soit à BAGA SOLA et suivent par conséquent les lignes de courant du Lac

Par contre les vents constituent une gêne beaucoup plus importante par la création sur les eaux libres et même dans l'archipel d'une houle courte qui, même en l'absence de tornade, peut atteindre 50 à 80 cm de creux. En cas de tornade violente la navigation sur les eaux libres comporte des risques certains (naufnage en 1956 de la pinasse du douanier BOURIT) si le bateau n'est pas conçu pour supporter de fortes houles.



DIRECTION DES VENTS  
A LA STATION DE BOL (dunes)

EN 1957

Observations brutes - fréquences

	6 h.						12 h.						18 h.						Total:							
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N	NE		E	SE	S	SW	W	NW	
JANVIER	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
FEVRIER	:	I:22	:	0:	0:	0:	0:	0:	0:	0:	2I:	0:	0:	0:	0:	0:	0:	3:	I4:	0:	0:	0:	3:	0:	I:	65
MARS	:	3:22	:	I:	2:	0:	0:	0:	2:	3:20	:	0:	5:	0:	0:	3:	3:	8:	0:	I:	I5:	0:	0:	3:	93	
AVRIL	:	I:	I9:	:	0:	2:	0:	2:	2:	I:	0:	6:	I:	II:	0:	9:	0:	3:	0:	4:	0:	0:	I2:	9:	3:	90
MAI	:	0:	I:	0:	3:	I:	9:	6:	4:	0:	0:	0:	2:	4:	I9:	4:	2:	I:	0:	0:	I:	3:	I6:	2:	I:	93
JUIN	:	0:	0:	0:	3:	3:	I8:	5:	I:	0:	0:	0:	0:	I:	I7:	I0:	I:	0:	0:	0:	I:	I:	I7:	6:	I:	90
JUILLET	:	0:	0:	0:	2:	3:	I3:	8:	5:	I:	0:	0:	0:	0:	I4:	6:	I0:	0:	I:	0:	2:	I:	I3:	6:	3:	93
AOÛT	:	I:	0:	0:	I:	2:	I3:	5:	5:	0:	I:	0:	0:	I:	II:	I0:	7:	0:	I:	0:	0:	I:	6:	4:	8:	93
SEPTEMBRE	:	0:	2:	0:	3:	2:	I4:	0:	0:	0:	0:	0:	I:	3:	20:	2:	0:	0:	I:	0:	0:	5:	8:	4:	2:	90
OCTOBRE	:	I:	9:	I:	0:	2:	I0:	0:	2:	I:	4:	2:	6:	0:	I7:	0:	0:	0:	2:	0:	I:	2:	2I:	2:	I:	93
NOVEMBRE	:	4:	20:	2:	0:	2:	0:	0:	2:	0:	I4:	I:	I3:	0:	2:	0:	0:	2:	2:	0:	I:	0:	I4:	I0:	I:	90
DECEMBRE	:	3:	I7:	0:	I:	0:	0:	0:	8:	4:	20:	0:	5:	0:	I:	0:	I:	6:	8:	0:	0:	0:	I2:	2:	3:	93

DIRECTION DES VENTS  
 A LA STATION DE BOL (Dune)  
 EN 1957

Récapitulation des trois lectures journalières

	:N	:NE	:E	:SE	:S	:SW	:W	:NW	:Nul:	Total
: JANVIER	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
: FEVRIER	: 4:	: 56:	: 0:	: 0:	: 0:	: 3:	: I:	: I:	: 0:	: 65
: MARS	: 9:	: 50:	: I:	: 7:	: I:	: I5:	: 0:	: 8:	: 2:	: 93
: AVRIL	: I:	: 29:	: I:	: I3:	: 0:	: 23:	: II:	: 7:	: 5:	: 90
: MAI	: I:	: I:	: 0:	: 6:	: 8:	: 44:	: I2:	: 7:	: I4:	: 93
: JUIN	: 0:	: 0:	: 0:	: 4:	: 5:	: 52:	: 2I:	: 3:	: 5:	: 90
: JUILLET	: I:	: I:	: 0:	: 4:	: 4:	: 40:	: 20:	: I8:	: 5:	: 93
: AOUT	: I:	: 2:	: 0:	: I:	: 4:	: 30:	: I9:	: 20:	: I6:	: 93
: SEPTEMBRE	: 0:	: 3:	: 0:	: 4:	: I0:	: 42:	: 6:	: 2:	: 23:	: 90
: OCTOBRE	: 2:	: I5:	: 3:	: 7:	: 4:	: 48:	: 2:	: 3:	: 9:	: 93
: NOVEMBRE	: 6:	: 36:	: 3:	: I4:	: 2:	: I6:	: I0:	: 3:	: 0:	: 90
: DECEMBRE	: I3:	: 45:	: 0:	: 6:	: 0:	: I3:	: 2:	: I2:	: 2:	: 93

MOYENNE JOURNALIERE DE  
LA VITESSE DU VENT A BOL (Dune)  
EN 1957

Jours	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
I		6,I	2,7				4,4	4,2	4,2	4,I	4,2	4
2		5,4	2,I				4,2	6,8	4,4	8,6	4,8	4,I
3		5,9	3,2				3,8	5,6	6,3	5,6	3	4
4		6	3,4				4,8	5,4	5,3	5,I	2,7	4,8
5		4,9	4,5				4,I	4,3	6	5	4,9	5,5
6		4,6	5,3				4,6	5,2	4,3	5	4,7	5,I
7		4,8	4,2				4,8	5,9	3,7	4,2	4,9	5,3
8		6,3	3,3				5,3	5	4,4	4,3	4,7	5,I
9		6	3,7				5,3	7,2	3,8	5,I	3,9	5,5
10		6	3,7				6,2	6,8	3,2	6,2	3,6	5
11		5,I	2,9				5,7	5,2	5,4	4,5	5,4	5,2
12		5	2,8				5,I	5	3,3	4,4	4,4	5,4
13		5,2	3,6				5,5	4,8	4,7	5,I	5	4,3
14		5,3	4,3				5,3	5,2	6,3	4,3	4,8	5,4
15		4,7	4,8				5,I	5,4	4,4	4,4	4,5	4,8
16		3,5	3,8				5,5	5,5	3,7	4,8	4,6	4,4
17		3,9	3				5,7	5,3	4,4	4,7	4	4,2
18		4,8	5,I				4,4	4,9	4,3	4,7	3,9	5,I
19	3	4,2	5,3				4,8	4,8	4,7	4,4	3,7	5,6
20	3	4,9	3				6	5,I	3,4	4,6	4,5	5,2
21	4,6	3,5	3,9				6,3	5,3	4	4,9	4,6	5,5
22	4,8	4,I	4,7				5,5	5,4	5	4,7	4,5	6
23	3,9	4	5				5,8	4,5	4,2	4	4,I	5,9
24	4	4,8	4,7				6,3	4,9	3,6	4,6	4,2	6,7
25	3,7	4,9	5				5,8	4,6	4,I	3,6	4,2	5,I
26	2	4,I	3,5				5	5,I	3,3	3,7	4,3	4,6
27	2,9	3,5	3,5				5,3	4,8	4,I	4,4	4,5	4,9
28	4,2	3,I	3,5				4,I	6,2	5,5	4,3	4,I	5,5
29	3,9		4,9				3,7	4,4	4,7	4,8	4,I	4,3
30	4,4		4,9				3,5	6	3,6	4,6	4,6	3,9
31	6		4				4,7	4,6		4,6		4,I

.../...

VITESSE MAXIMA DU VENT  
 A BOL (Dune)  
 EN 1957  
 -----

Jours	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
I		I2,3	5,9				4,8	6,5	5	6,5	4,3	4,2
2		9,9	6,6				4,5	8	5,5	I7	6	5
3		9,I	7,7				4	6,5	I0,2	II,5	3,7	4
4		I2,I	7,8				6	6	8	6	4	6
5		I0,I	8				4,7	5	I0	7	8	6,8
6		9	9,8				5,4	6	6	6	7	6
7		9	8,8				5,5	6,6	4,4	5	6,7	7,7
8		II,3	7,5				6	5,2	5	5	5,3	7
9		II,9	9,I				5,8	I0	4,0	6	4	6,6
I0		I3,7	8,8				8	I0	3,3	7,5	4	7
II		II,I	6,7				6,5	5,6	9	5	9	6,5
I2		I0	6,9				6,5	5,2	4	4,7	4,4	6,2
I3		9,5	9,3				6,2	4,8	6	5,3	7	4,4
I4		9,9	9				5,5	5,9	9	4,7	6	8,2
I5		9,2	8,4				5,8	5,7	5,2	5,4	6	6,3
I6		7,4	8				6,4	6,5	4,6	6,6	4,6	4,5
I7		8	6,6				6	5,5	5	5,4	4,5	4,3
I8		8	9				4,8	5	5	5,6	4,3	6,7
I9	5,7	7,7	I0,7				5,3	5,2	6	4,7	3,7	7
20	9	8,6	7,5				6,5	5,4	4,I	5	6	7
2I	I0	9	7,8				6,7	5,5	4,5	6,2	6	7,8
22	9,6	8,2	II,3				6	6,5	6	6,2	6	8,7
23	7,I	7,5	I2,9				7,3	4,8	5,5	4,2	5	8,4
24	9	I0	9,I				7	5,5	5	5	6	9,I
25	7,7	9,5	II				7	5	6	4	4,6	6,8
26	3	9,5	8,5				7	5,5	3,7	4,5	5,3	5,8
27	7,I	9	6,I				7	5	5,5	4,5	5	6
28	7,8	7,5	7				5	8	7,4	4,6	4,8	8,2
29	8,8		8,0				5	5	4,8	6	5	4,4
30	8,2		7,8				5,6	7,6	5	6	6,2	4
3I	I0,3		7,2				5,5	5		5		4,4

### CHAPITRE 3 - CHARI INFERIEUR

=====

#### A/ - HYDROLOGIE

Le Chari inférieur a été étudié sommairement à propos de l'alimentation du lac Tchad, en se basant sur les relevés à FORT-LAMY. Mais pour l'étude du lac c'est le volume de la crue qui est le facteur essentiel, alors que pour une étude de la navigation ce sont les étiages qui retiendront notre attention.

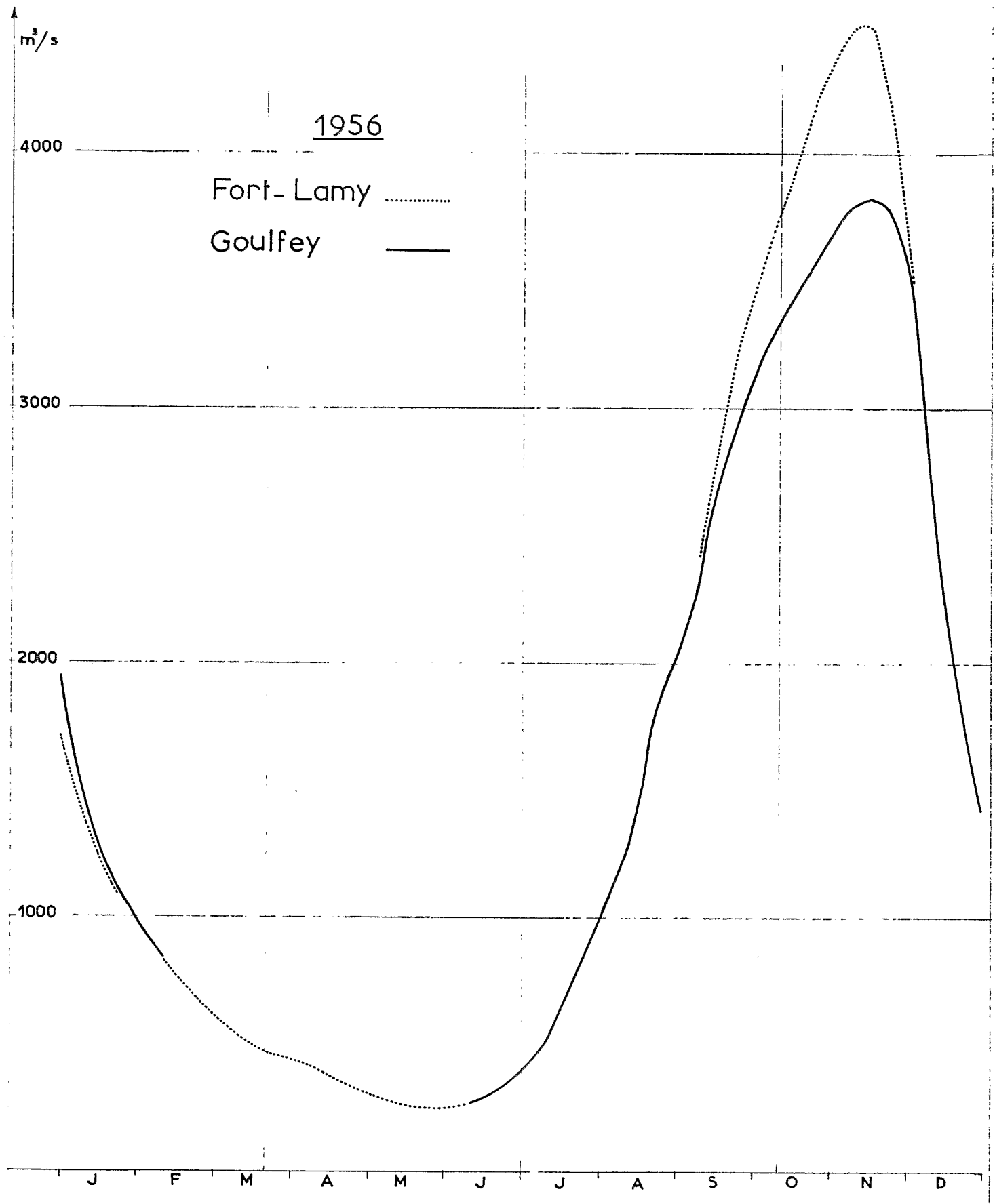
#### La Serbewel

En aval de FORT-LAMY, le Chari a un défluent important : la Serbewel qui se situe un peu après le village de MESKIN à 20 km environ de FORT-LAMY. Avant que le Chari n'atteigne 3.000 m<sup>3</sup>/s les débits de la Serbewel restent inférieurs à 100 m<sup>3</sup>/s et n'ont que peu d'influence sur les débits d'étiage du Chari. A la station de MALTAM sur la Serbewel, située à quelques km du Chari les débits d'étiage sont inférieurs à 10 m<sup>3</sup>/s. Par contre pour les cotes élevées du Chari les débits augmentent rapidement pour atteindre 500 m<sup>3</sup>/s en forte crue.

Les courbes de crue de 1956, graphique n° 7160 du Chari à FORT-LAMY et GOULFEY mettent en évidence l'influence de la Serbewel. Les courbes des deux stations sont confondues jusque vers 2.500 m<sup>3</sup>/s donc les débits d'étiage enregistrés à FORT-LAMY sont valables pour toutes les stations situées en aval.

La pointe de crue du Chari est fortement écretée et le débit maximum à GOULFEY est inférieur de 700 m<sup>3</sup>/s à celui de FORT-LAMY.

.../...



CRT 7160

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1°	LE: 14-8-62	DES: L. Tréhou	VISA:	TUBE N°	H
--------	-------------	----------------	-------	---------	---

B/ - ÉTIAGES

Pour le Chari à FORT-LAMY, ils se produisent de Mars à Juin avec le minimum situé en Avril ou Mai selon les années.

La première échelle de crue de FORT-LAMY a été posée en 1933 mais remplacée en 1936 par une seconde échelle puis une troisième définitive en 1953.

S'il n'y a pas trop de lacunes dans les relevés des crues à FORT-LAMY, par contre les étiages, comme il arrive souvent, sont moins favorisés et sur 30 années d'observations les basses eaux ont été notées pendant 17 ans seulement.

Le graphique page suivante montre quelques étiages relevés entre 1942 et 1962.

L'étiage le plus sévère (1942) fait suite à la crue très faible de 1941 qui est la moins forte de ces 30 années. L'étiage 1962 qui fait suite à la très forte crue de 1961 s'est maintenu à des niveaux élevés.

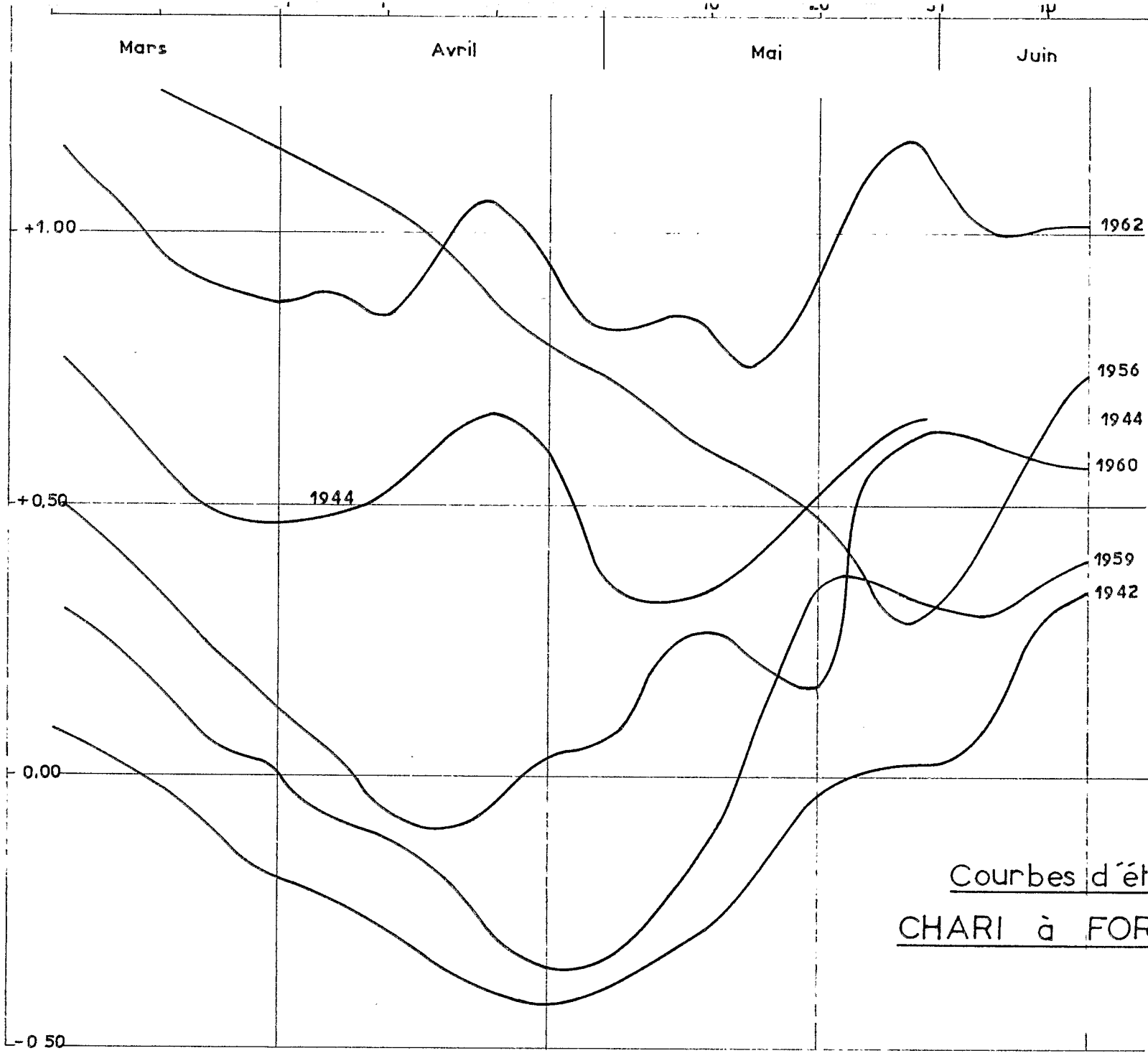
Les niveaux caractéristiques d'étiages ont été respectivement de :

- 0,41 m en 1942  
+ 0,76 m en 1962

correspondant à des débits caractéristiques d'étiage de :

98 m<sup>3</sup>/s en 1942  
305 m<sup>3</sup>/s en 1962.

.../...



Courbes d'étéage  
CHARI à FORT-LAMY



Les débits minimaux d'étiage varient donc dans une large bande.

L'étiage caractéristique n'est pas une donnée primordiale pour la navigation. Il est beaucoup plus intéressant de connaître pendant combien de jours le niveau du Chari se maintient en dessous d'une cote donnée.

Aussi, dans les pages suivantes nous avons dressé pour toutes les années connues, des tableaux indiquant pendant combien de jours le niveau du Chari se trouve au dessous d'une cote donnée, comprise entre - 0,50 m et 1,00 m (échelle des T.P.)

En 1956 l'étiage a été inférieur à celui de 1944=

H min. = 0,28 m en 1956

H min. = 0,32 m en 1944

mais le niveau du Chari a été inférieur à la cote 0,70 m pendant :

43 jours en 1956

115 jours en 1944

Les basses eaux ont été beaucoup plus gênantes pour la navigation en 1944 qu'en 1956.

CHARI à FORT-LAMY

ETIAGES

Nombre de jours où la cote est inférieure à une cote donnée.

Cote en :	1934 :	1935 :	1938 :	1940 :	1941 :	1942 :	1943 :	1944 :	1945 :
- 0,50 :	0 :	0 :	0 :	0 :	0 :	0 :	0 :	0 :	0 :
- 0,40 :	0 :	0 :	0 :	0 :	0 :	10 :	0 :	0 :	0 :
- 0,30 :	0 :	0 :	0 :	0 :	11 :	26 :	0 :	0 :	3 :
- 0,20 :	0 :	0 :	0 :	0 :	22 :	43 :	0 :	0 :	41 :
- 0,10 :	0 :	0 :	0 :	0 :	45 :	53 :	10 :	0 :	53 :
0,00 :	0 :	0 :	0 :	0 :	56 :	65 :	39 :	0 :	62 :
0,10 :	0 :	0 :	7 :	0 :	62 :	88 :	73 :	0 :	77 :
0,20 :	0 :	0 :	45 :	0 :	74 :	100 :	76 :	0 :	95 :
0,30 :	0 :	0 :	55 :	4 :	84 :	112 :	83 :	6 :	100 :
0,40 :	4 :	0 :	85 :	45 :	95 :	125 :	94 :	34 :	111 :
0,50 :	31 :	10 :	92 :	60 :	100 :	140 :	123 :	67 :	120 :
0,60 :	51 :	40 :	107 :	68 :	107 :	159 :	131 :	103 :	129 :
0,70 :	67 :	83 :	121 :	96 :	121 :	169 :	137 :	115 :	138 :
0,80 :	76 :	94 :	130 :	118 :	130 :	180 :	145 :	132 :	145 :
0,90 :	84 :	102 :	139 :	122 :	139 :	184 :	149 :	140 :	153 :
1,00 :	93 :	110 :	148 :	128 :	148 :	190 :	163 :	156 :	159 :

CHARI à FORT-LAMY

ETIAGES

Nombre de jours où la cote est inférieure à une cote donnée

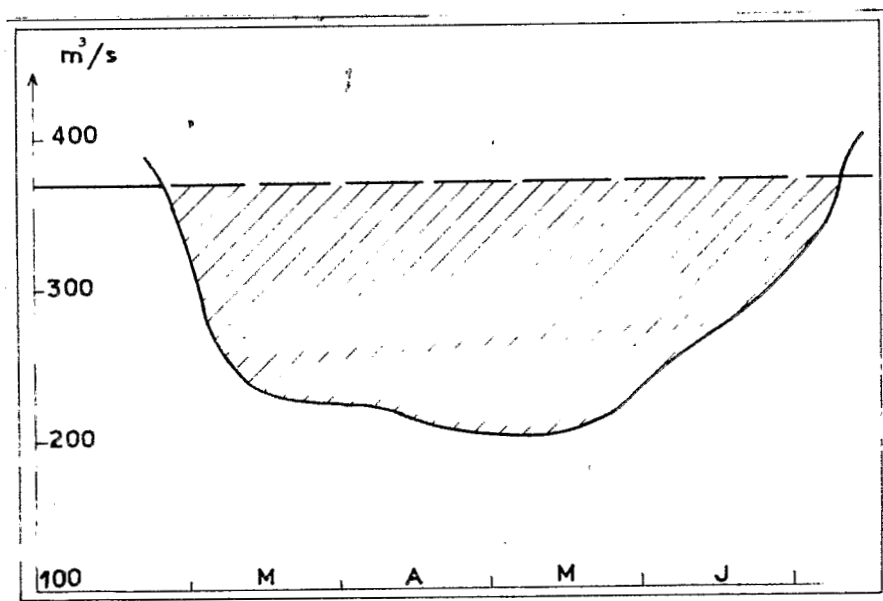
Cote en m	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962
- 050	0	0	0	0		0	0	0	0
- 040	0	0	0	0		0	0	0	0
- 030	0	0	0	0		0	0	0	0
- 020	I	0	0	0		2I	0	0	0
- 010	26	0	0	0		39	I	0	0
0.00	48	0	0	0		43	I5	0	0
0.10	58	0	0	0		53	3I	2	0
0.20	69	0	0	0		60	45	26	0
0.30	74	6	4	3		70	67	77	0
0.40	85	25	II	33		98	79	83	0
0.50	92	4I	I9	52		II7	93	88	0
0.60	I00	54	34	68		I23	II0	95	0
0.70	I05	65	43	78		I3I	I28	I0I	0
0.80	II0	74	60	84		I39	I32	I04	4
0.90	II6	92	67	89		I50	I36	I08	4I
I.00	I23	I00	72	93		I56	I39	II8	57

Définition d'une sévérité de l'étiage

Nous avons vu que l'énoncé du seul niveau minimal ne suffisait pas à rendre compte de l'importance de l'étiage; d'autre part, si les tableaux donnent une idée très précise de l'étiage, ces résultats ne se prêtent pas à la recherche d'une relation entre les crues et les étiages qui les suivent.

On constate en effet, que d'une façon générale, à une crue forte succède un étiage fort et à une crue faible succède un étiage faible. Mais pour établir une relation, il faut que les facteurs soient caractérisés par un seul paramètre, ce qui est facile pour les crues dont on prendra le débit maximal ou le volume, mais l'est moins pour les étiages.

Sur la figure ci-dessous nous avons tracé une courbe d'étiage quelconque, les débits étant exprimés en fonction du temps.



Choisissons une cote telle que tous les débits caractéristiques d'étiages se trouvent en dessous de cette ligne. Nous pouvons alors caractériser la sévérité de l'étiage par la surface hachurée sur le graphique. Plus cette surface sera importante, plus l'étiage sera sévère et inversement.

Cette surface sera exprimée par un volume en milliards de m<sup>3</sup>. La sévérité de l'étiage étant ainsi caractérisée par un seul paramètre, nous pouvons alors chercher si elle dépend de l'importance de la crue précédente qui sera fixée par son débit maximal.

Relation entre le débit maximal d'une crue et la sévérité de l'étiage suivant

Nous avons effectué les calculs en prenant comme ligne de base la cote de 1.00 m qui correspond à un débit de 370 m<sup>3</sup>/s et les résultats ont été portés sur le graphique n° 7161.

Il y a une relation très nette entre le débit maximal d'une crue et l'étiage qui la suit. De 1942 à 1962, sur 12 années d'observations II se trouvent sur la courbe ou très près de la courbe; seule l'année 1959 s'en écarte un peu.

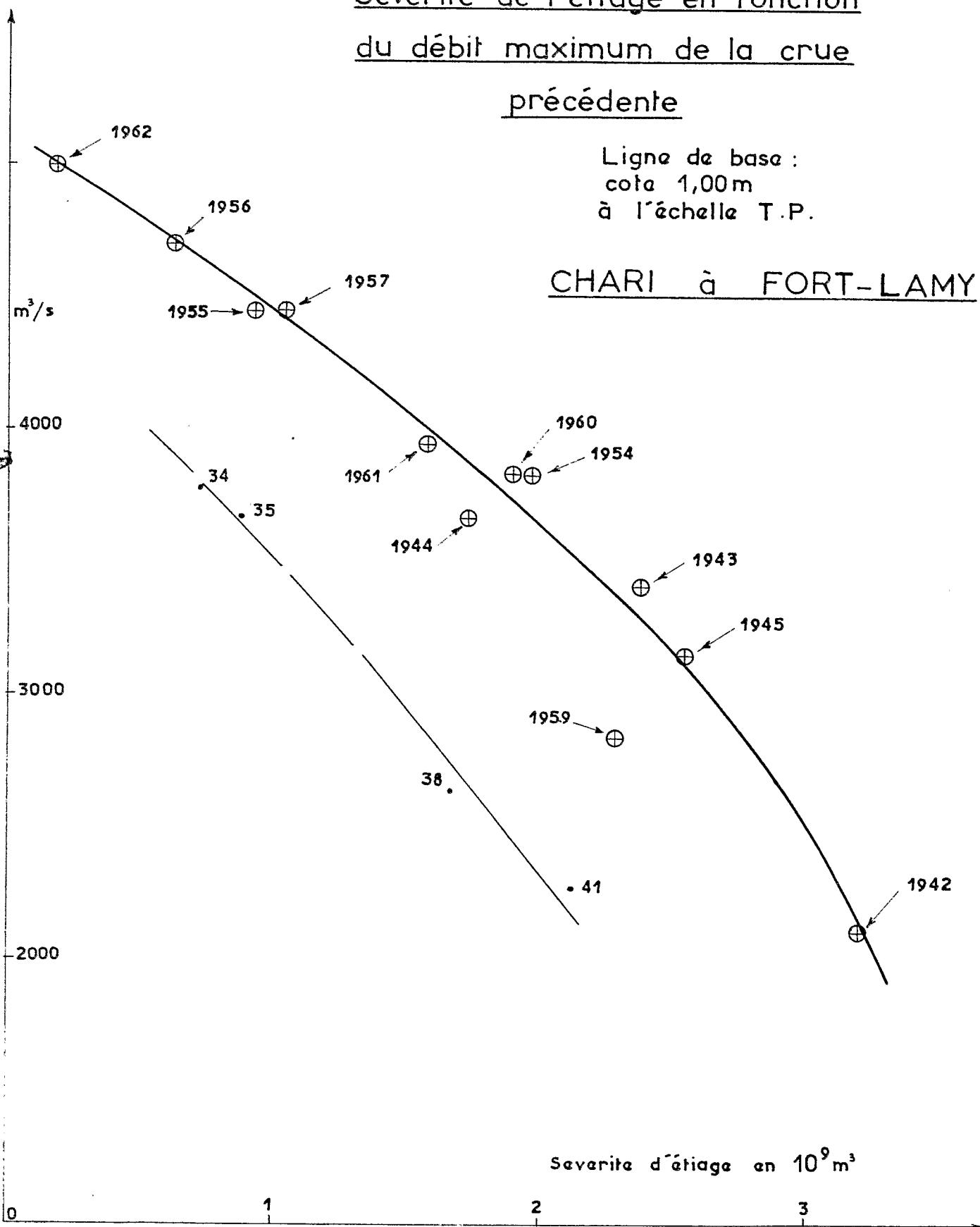
Nous constatons également que les années antérieures à 1941 se placent sur une seconde courbe parallèle à la première et décalée vers le bas. Or depuis 1942 et pour toutes les années d'observation postérieures à cette date, aucun point ne se trouve sur cette seconde courbe, mais tous se placent sur la courbe supérieure; la validité de cette courbe ne fait donc pas de doute.

Il a dû se produire entre 1941 et 1942 une modification de la courbe d'étalonnage dans la partie des basses eaux qui conduit pour la période antérieure à 1941 à des estimations de débits supérieurs aux débits réels. La sévérité de l'étiage s'en trouve nettement diminuée.

Severité de l'étiage en fonction  
du débit maximum de la crue  
précédente

Ligne de base :  
cote 1,00m  
à l'échelle T.P.

CHARI à FORT-LAMY



CRT 7161

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1°	LE: 8-8-62	DES: L. Trénoù	VISA:	TUBE N°	H
--------	------------	----------------	-------	---------	---

C/ - PREVISION DES ETIAGES

Le débit maximal d'une crue permet donc de connaître la sévérité de l'étiage suivant, laquelle, à son tour nous donnera sa physionomie. Reportons-nous au graphique n° 7I63. Les courbes qui y sont reproduites ont été déterminées en prenant une cote fixe, 0,50 m par exemple, et pour chaque sévérité d'étiage indiquée en abscisse, nous avons porté en ordonnée le nombre de jours où le niveau du Chari est inférieur à cette cote.

En faisant varier la cote on obtient un faisceau de courbes. Pour les courbes correspondant aux cotes comprises entre 0,30 m et 1 m la dispersion est faible. La position de chaque point n'a pas été représentée sur le graphique pour ne pas le surcharger inutilement, mais au-dessus de 0,30 m les écarts par rapport à la courbe sont inférieurs à 10 %.

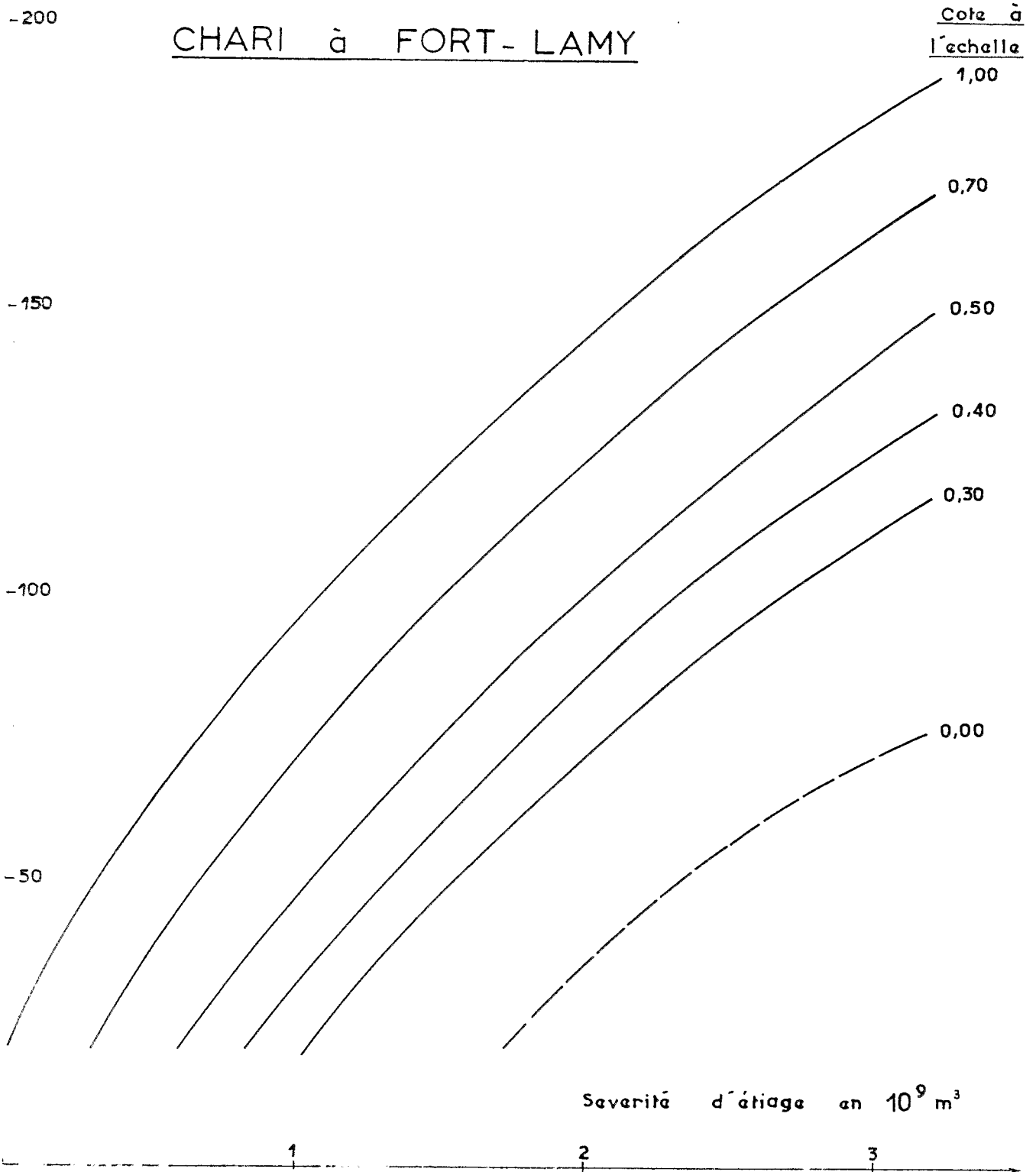
Par contre, pour les cotes inférieures à 0,30 m la dispersion s'accroît très vite. La cote 0,00 m est indiquée en pointillé à titre indicatif, car les écarts peuvent atteindre 30 à 40 %, ce qui est normal. Lorsque la cote de base s'abaisse, le nombre de jours où cette cote n'est pas dépassée, est lui aussi petit. Quelques averses plus précoces suffisent à faire remonter un peu la courbe d'étiage et modifier complètement la distribution.

Nous sommes maintenant en possession de tous les éléments pour déterminer un étiage.

La crue moyenne du Chari à FORT-LAMY a un débit maximal de 3.600 m<sup>3</sup>/s environ. L'étiage suivant aura une sévérité de 2 (en milliards de m<sup>3</sup>). Le graphique n° 7I63 donne pour cette valeur les résultats suivants :

.../...

Nombre de jours où la cote du Chari est inférieure à  
une cote donnée



CRT 7163

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1° | LE: 8-8-62 | DES: L. Trénou | VISA: | TUBE N° | H



Le Chari à FORT-LAMY aura une cote inférieure à :

0,00 m pendant	35 jours (très approximatif)
0,30 m pendant	72 jours
0,40 m pendant	85 jours
0,50 m pendant	100 jours
0,70 m pendant	123 jours
1,00 m pendant	145 jours

Date du début d'étiage

Si on cherche à prévoir à quelle date, par exemple, le Chari en décrue atteindra la cote 1,00 m, on se heurte à une dispersion assez grande.

La meilleure corrélation a lieu en faisant varier la date où le Chari en décrue atteint la cote 1.00 m, en fonction du débit maximal de la crue précédant l'étiage (graphique n° 7162).

Par rapport à la date prévue, les écarts maximaux sont de 15 jours pour les années 1962 - 1956 - 1943.

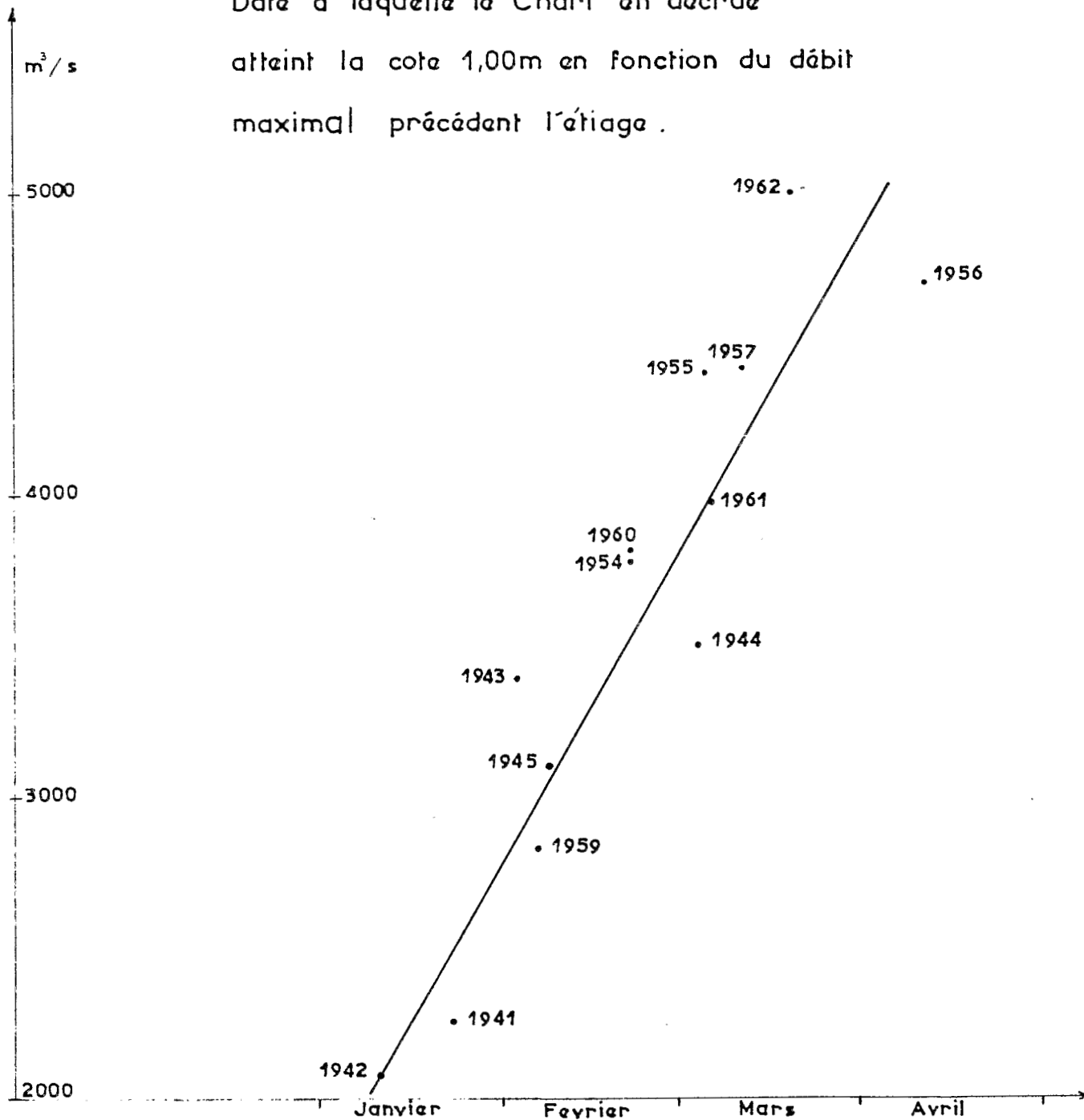
Années	1962	1961	1960	1959	1957	1956
Écarts à la	:	:	:	:	:	:
moyenne	15	1	8	4	6	15

Années	1955	1954	1945	1944	1943	1942	1941
Écarts à la	:	:	:	:	:	:	:
moyenne	12	7	1	11	15	0	7

.../...

# ETIAGES DU CHARI

Date à laquelle le Chari en décrue  
atteint la cote 1,00m en fonction du débit  
maximal précédant l'étiage .



Pour les 13 années observées, l'écart moyen par rapport à la date prévue est de 8 jours, et la valeur médiane de 7 jours.

Donc un étiage peut se déterminer à 8 ou 10 jours près, à partir du seul maximum de la crue qui précède l'étiage.

#### ETIAGES A GOULFEY ET DOUGUIA

Le graphique n° 7I64 donne pour les basses eaux la relation entre les relevés d'échelle de FORT-LAMY et GOULFEY. Jusqu'à la cote 0,20 m à FORT-LAMY, la relation est linéaire. Nous n'avons pas d'indications pour les cotes inférieures à 0,20 m; la droite a été extrapolée jusqu'à la cote 0,00 m, mais au dessous de cette cote rien ne prouve que la relation reste linéaire.

Cette relation permet de tracer le graphique n° 7I65 analogue au n° 7I63 donnant le nombre de jours où la cote du Chari à GOULFEY est inférieure à une cote donnée.

Les mêmes graphiques n° 7I66 et 7I67 peuvent être établis pour l'échelle de DOUGUIA. Dans ce cas la relation entre cette échelle et celle de FORT-LAMY n'est plus une droite, mais une courbe qui tend d'ailleurs à redevenir linéaire pour les cotes supérieures à 1 m à l'échelle de DOUGUIA.

Pour une crue moyenne de 3.600 m<sup>3</sup>/s à FORT-LAMY, l'étiage suivant présentera les caractéristiques ci-dessous:

.../...

3.00m

Fort - Lamy

2.00m

1.00m

0

Correspondance des  
Echelles de  
Fort - Lamy et Goulfey

Goulfey

1.00m

1m

2m

3m

CRT 7164

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1°

LE: 8-8-62

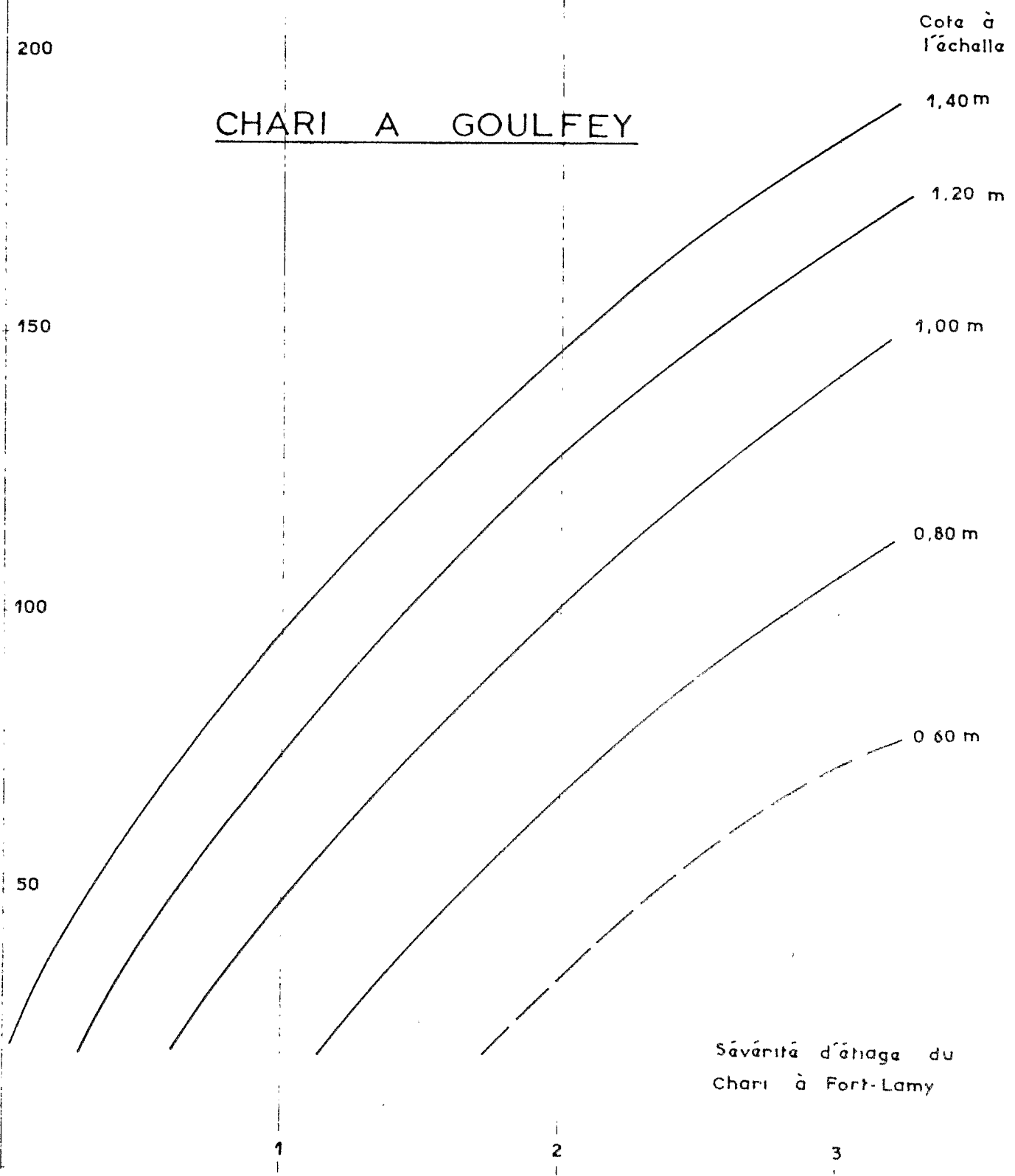
DES: L. Trénoù

VISA:

TUBE N°

H

Nombre de jours où la cote du Chari est inférieure  
à une cote donnée



CHARI A GOULFEY

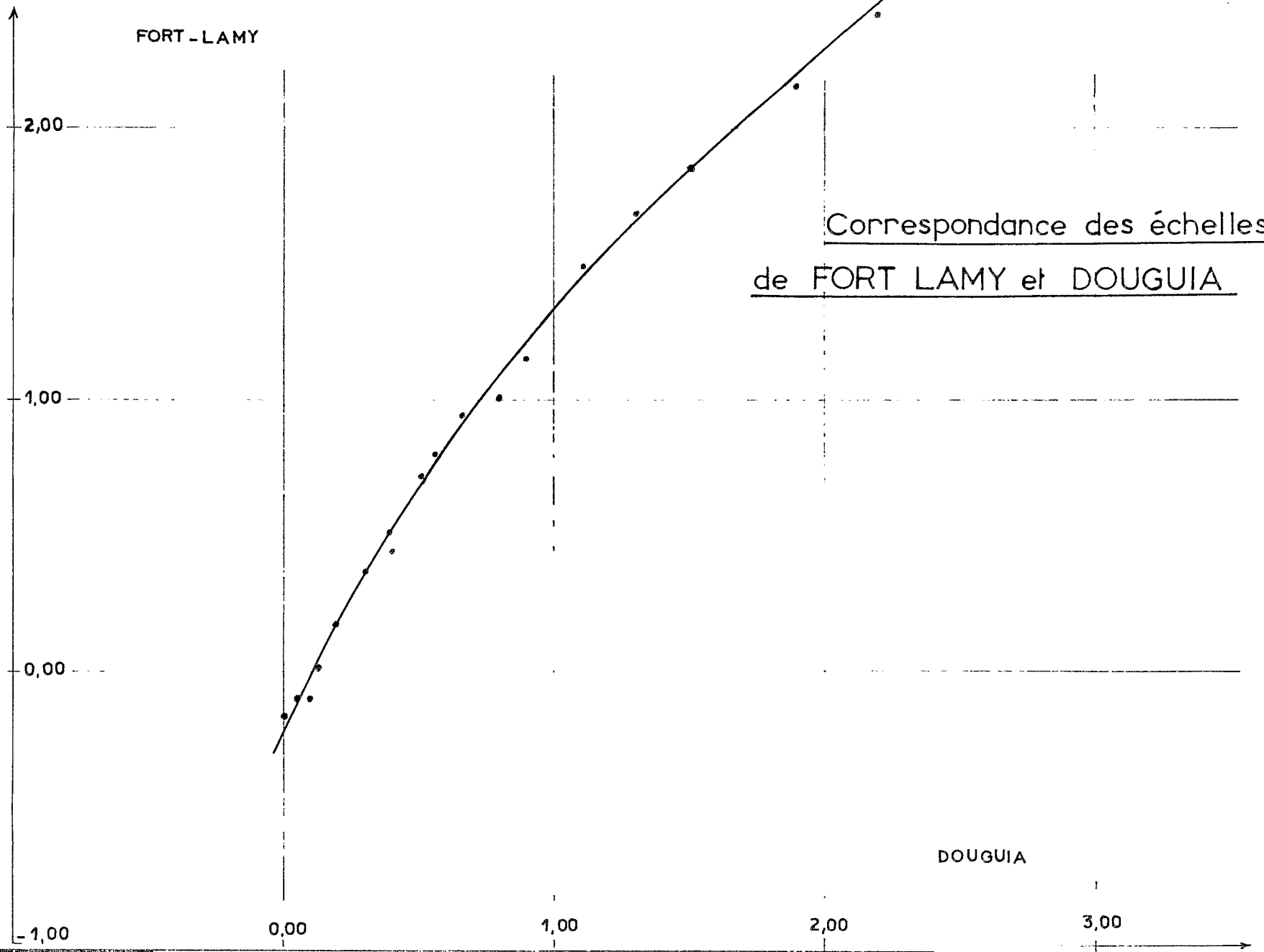
Cote à l'échelle

Sévérité d'atage du Chari à Fort-Lamy

CRT 7165

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1<sup>er</sup> | LE: 23 B-62 | DES: L. TRENOU | VISA: | TUBE N: | H:



CRT 7166

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED : 1

LE : 22-8-62

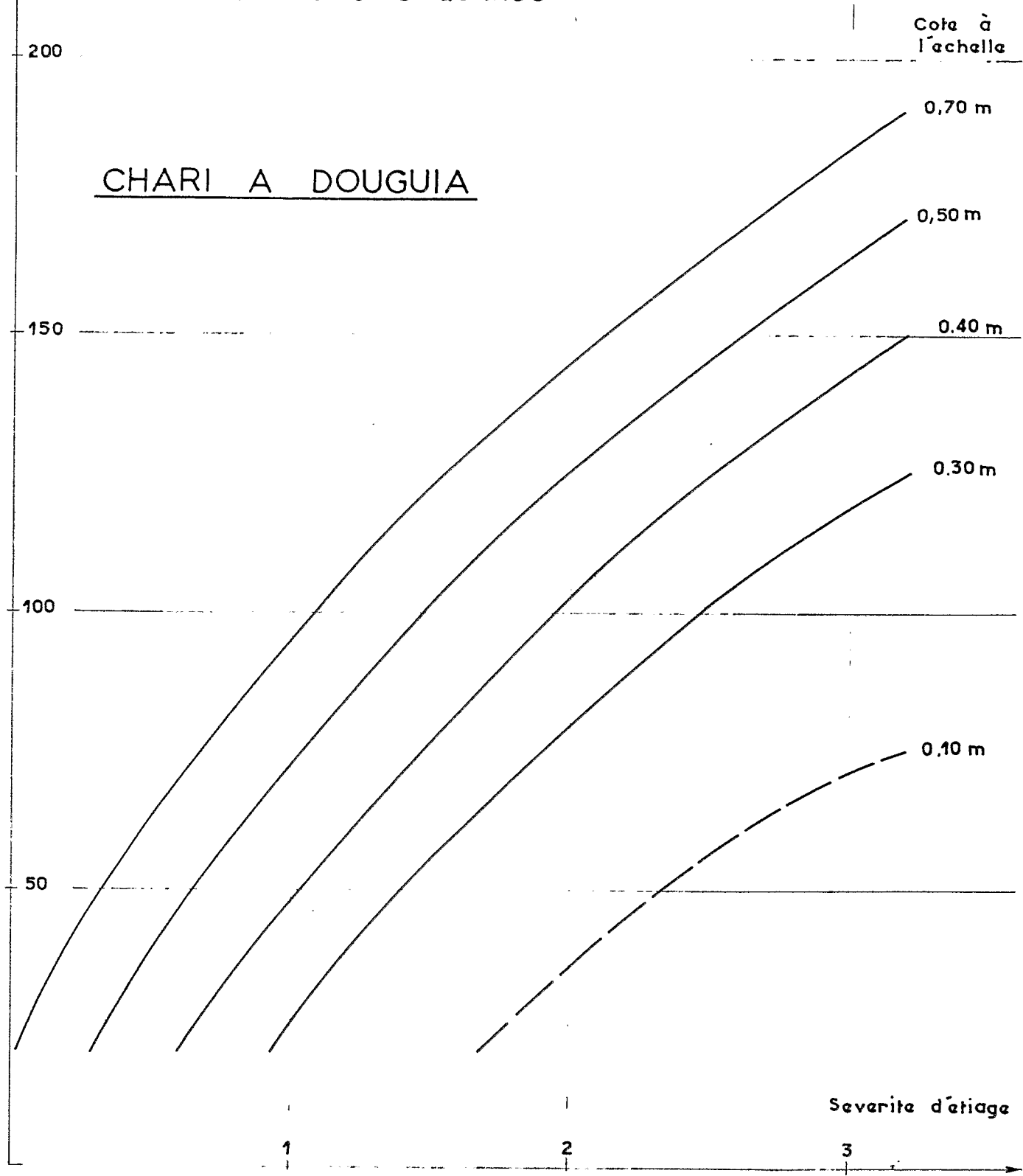
DES : L. Trenou

VISA :

TUBE N°

H

Nombre de jours où la cote du Chari est inférieure à une cote donnée



CRT 7167

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1°	LE: 23-8-62	DES: L. TRENOU	VISA:	TUBE N°	H
--------	-------------	----------------	-------	---------	---

GOULFEY

pendant 35 jours, cote inférieure à 0,60 m  
" 67 jours, cote inférieure à 0,80 m  
" 101 jours, cote inférieure à 1,00 m  
" 127 jours, cote inférieure à 1,20 m  
" 146 jours, cote inférieure à 1,40 m

DOUGUIA

pendant 36 jours, cote inférieure à 0,10 m  
" 80 jours, cote inférieure à 0,30 m  
" 101 jours, cote inférieure à 0,40 m  
" 125 jours, cote inférieure à 0,50 m  
" 145 jours, cote inférieure à 0,60 m

L'échelle de MANI (1954-1955) a été emportée. N'étant pas rattachée, les lectures ne peuvent être utilisées pour l'étude des étiages.

L'échelle de DJIMTILO a également été emportée par une crue. Cette échelle était rattachée à une borne, mais les relevés effectués de 1953 à 1955 sont trop peu nombreux pour être utilisables ici. Une nouvelle échelle provisoire a été placée en 1962.

D/ - DEBITS ET VITESSES

Les graphiques n° 7I68 à 7I74 donnent pour les quatre stations de :

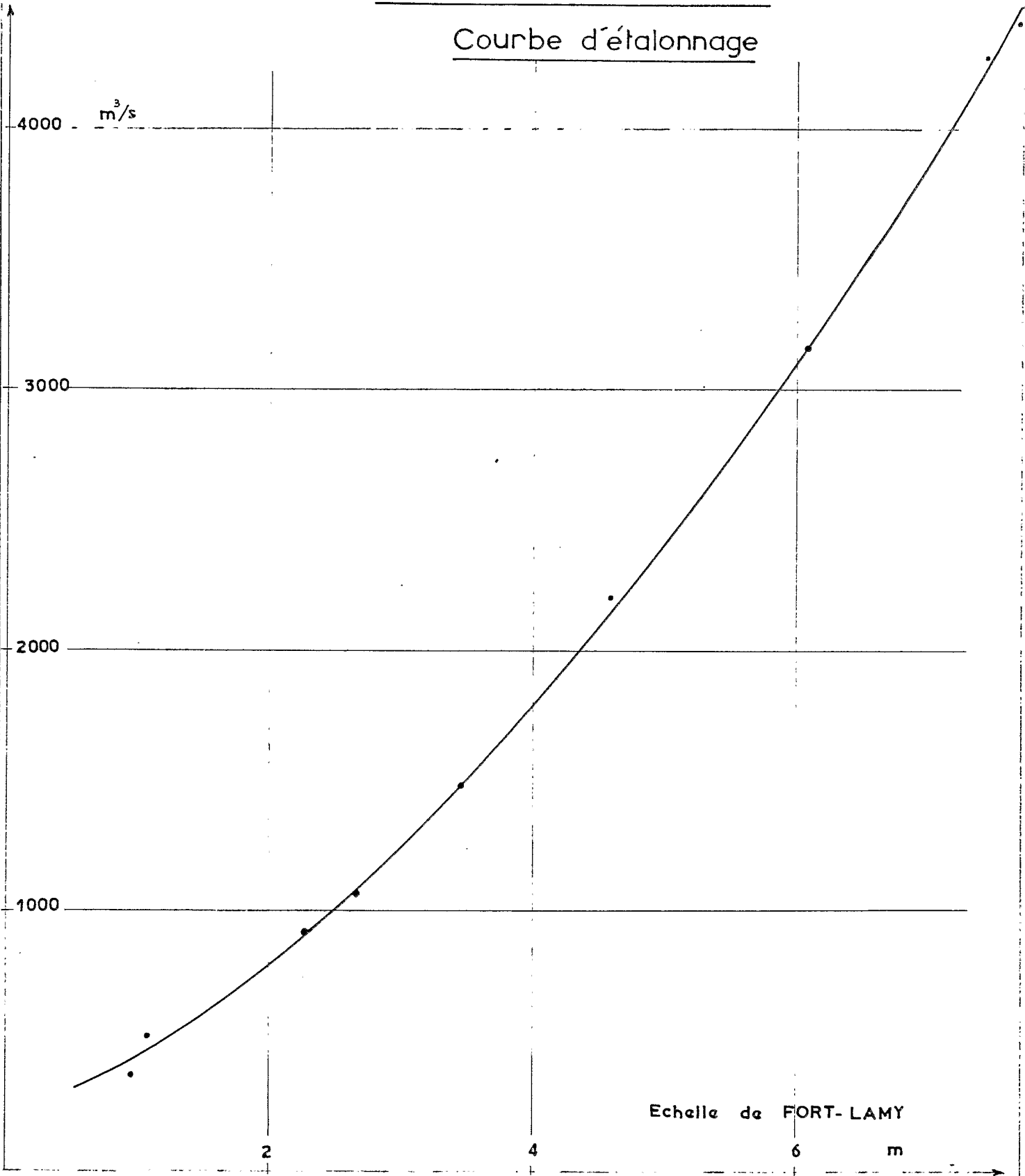
FORT-LAMY  
GOULFEY  
DOUGUIA  
MANI

.../...



# CHARI A FORT LAMY

## Courbe d'étalonnage



Echelle de FORT-LAMY

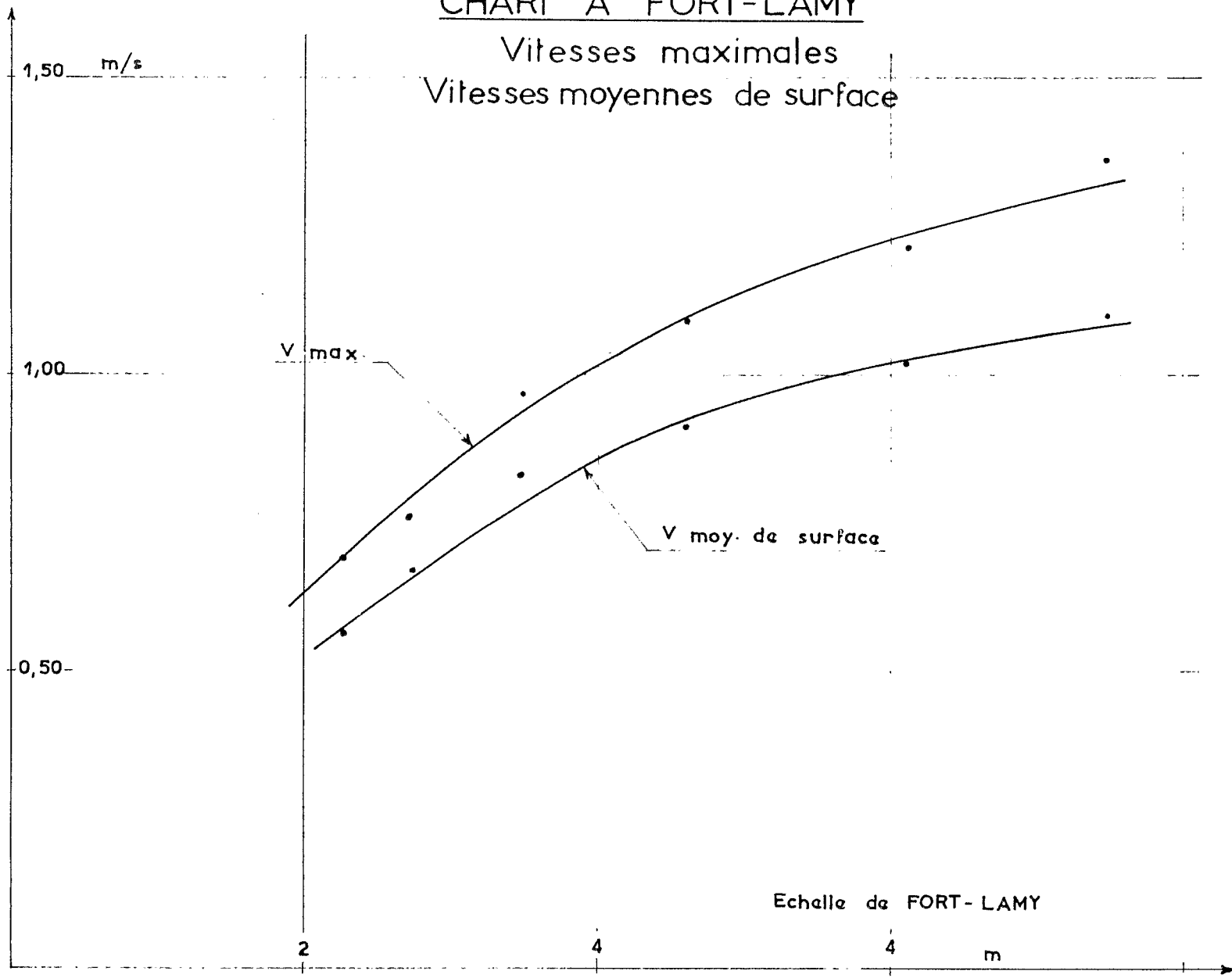
CRT 7168

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1 <sup>o</sup>	LE: 22-8-62	DES: L. TRENOU	VISA:	TUBE N°	H
--------------------	-------------	----------------	-------	---------	---

# CHARI A FORT-LAMY

Vitesses maximales  
Vitesses moyennes de surface



Echelle de FORT-LAMY

CRT 7169

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1°

LE. 22-8-62

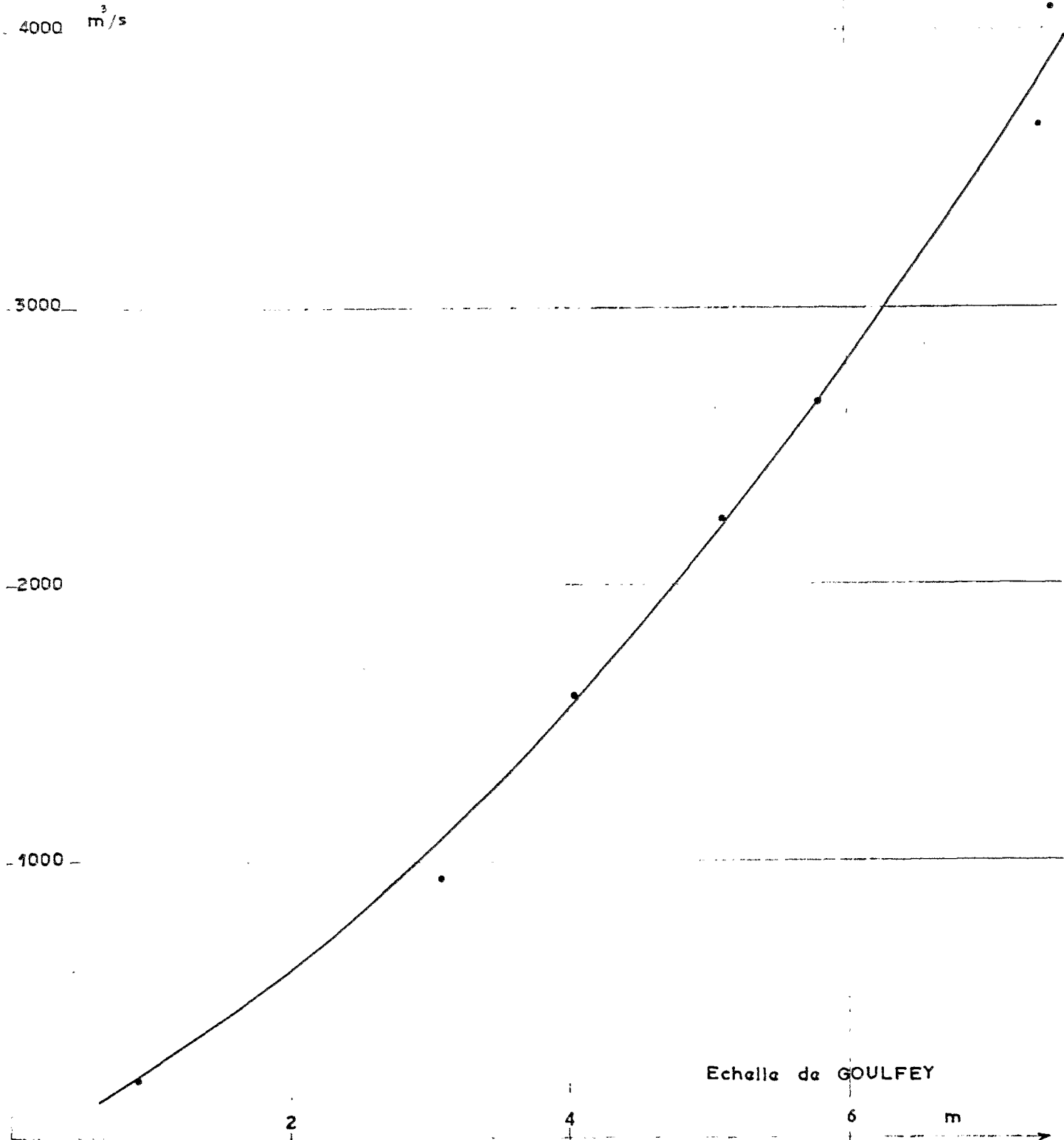
DES: L. TRENOU

VISA:

TUBE N°

H

CHARI A GOULFEY  
Courbe d'étalonnage



CRT 7170

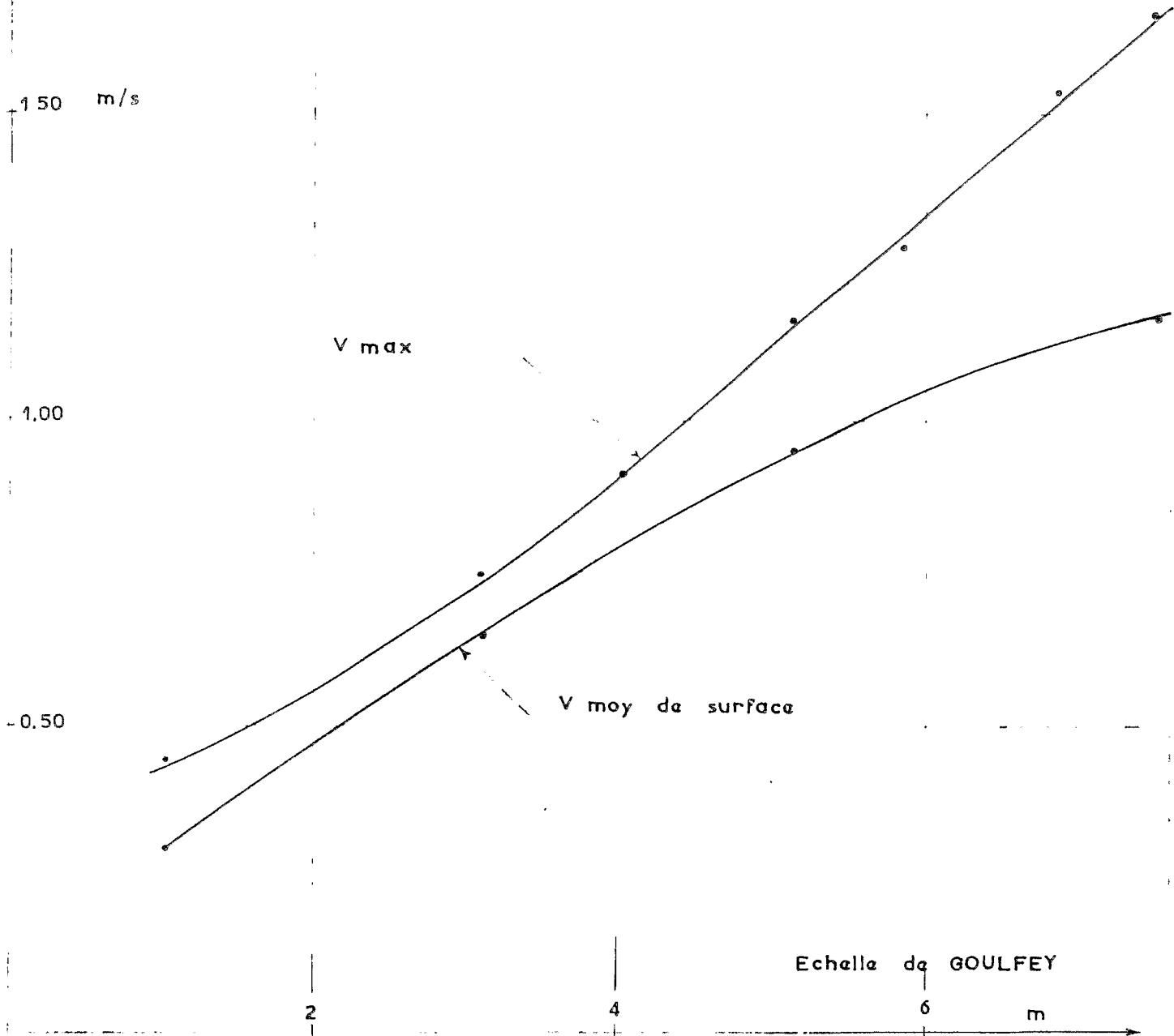
ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1<sup>o</sup> | LE: 22-8-62 | DES: L. TRENOU | VISA: | TUBE N<sup>o</sup> | H

# CHARI A GOULFEY

Vitesses maximales

Vitesses moyennes de surface



CRT 7171

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1°

LE: 23-8-62

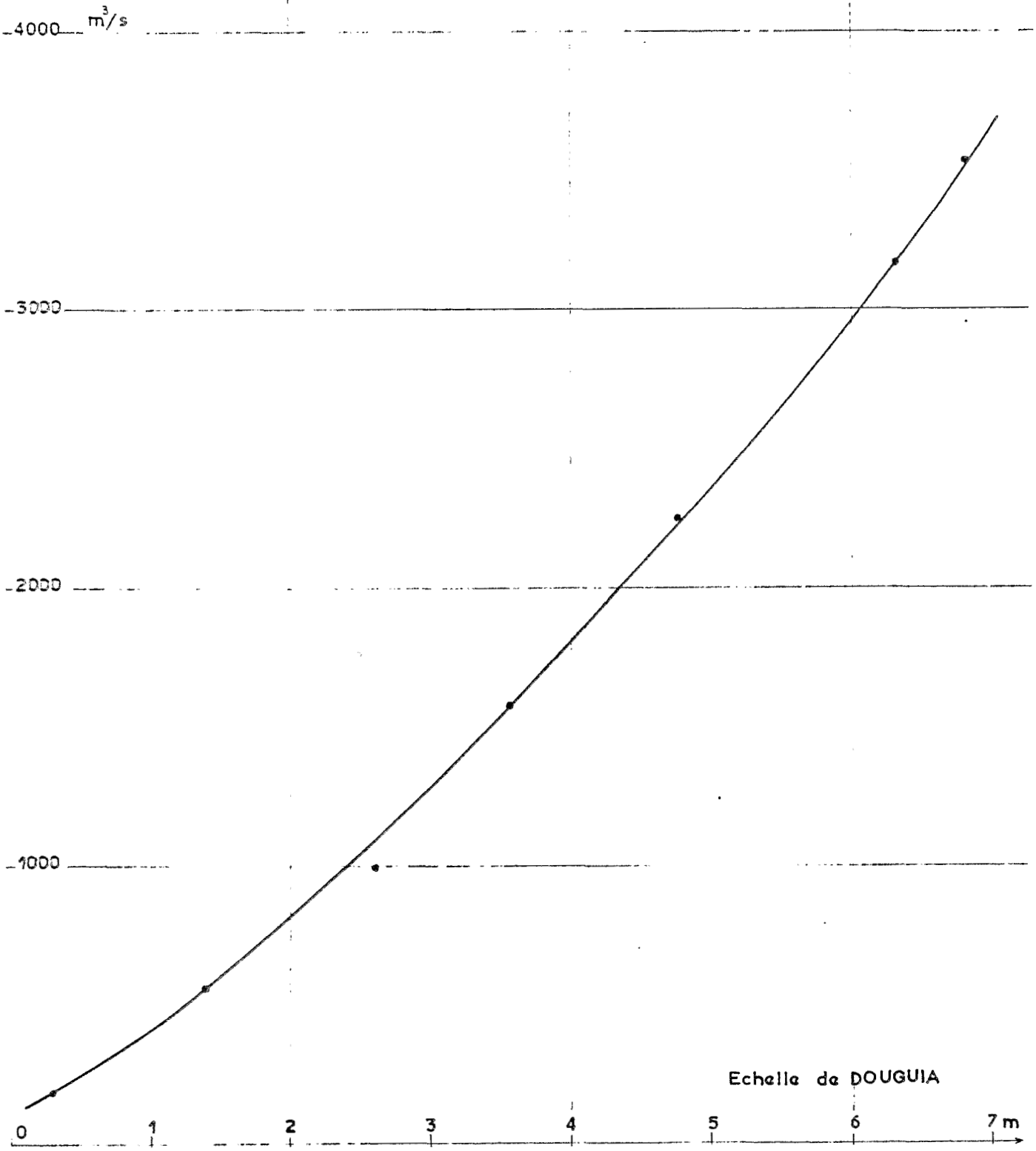
DES: L TRENOU

VISA:

TUBE N°

H

CHARI A DOUGUIA  
Courbe d'étalonnage



Echelle de DOUGUIA

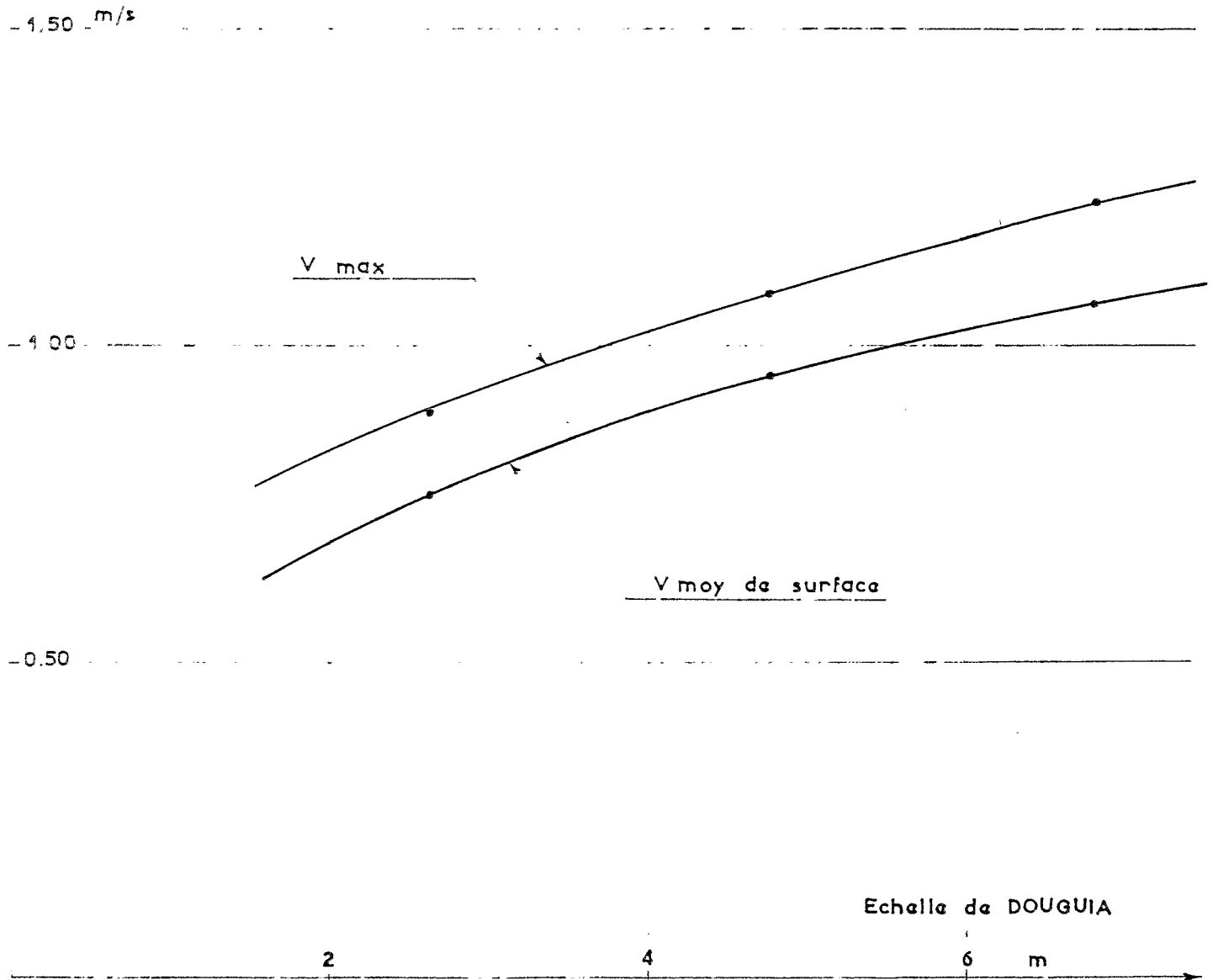
CRT 7172

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1°	LE: 22-8-62	DES: L. TRENOU	VISA:	TUBE N°	H
--------	-------------	----------------	-------	---------	---

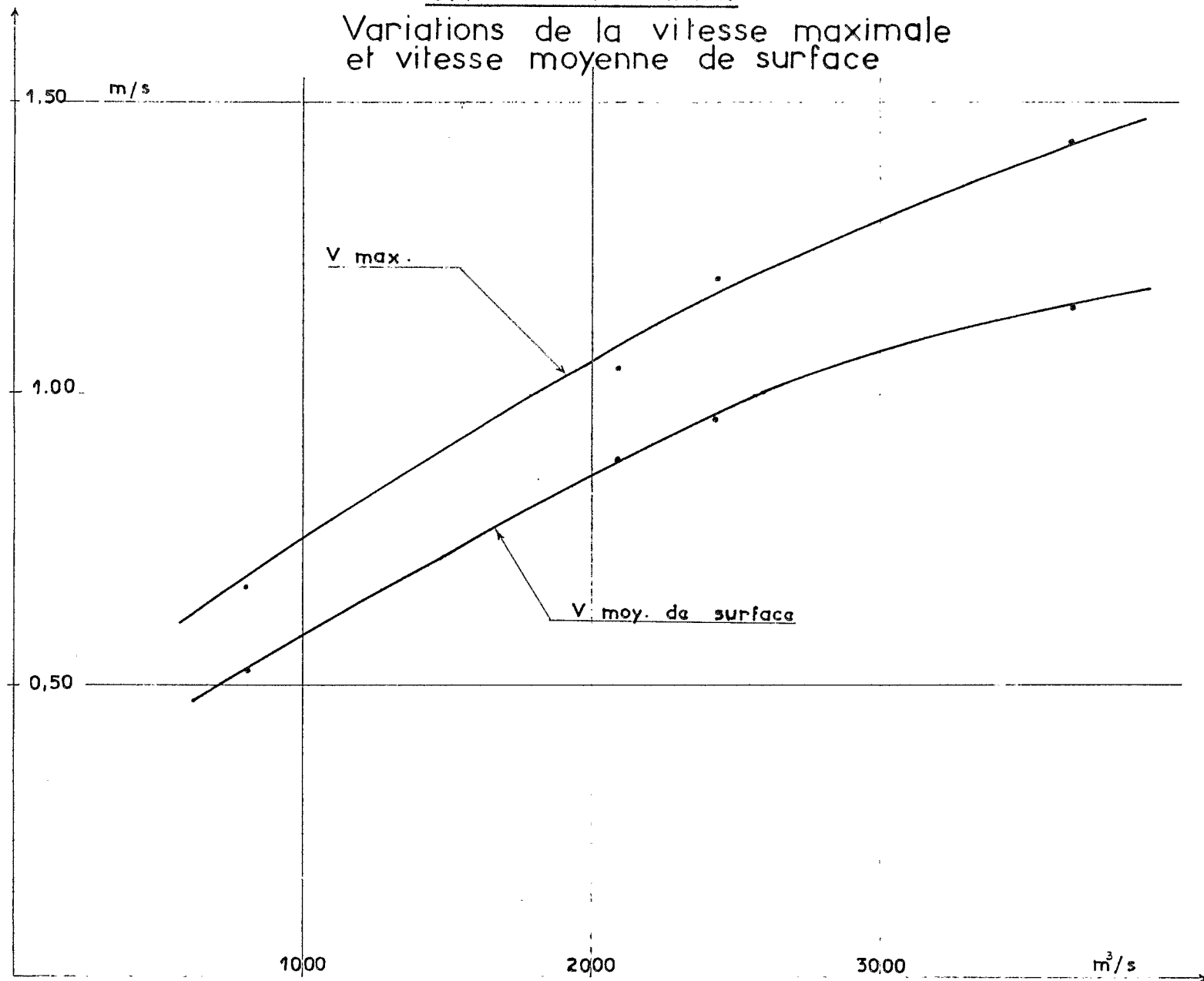
# CHARI A DOUGUIA

Vitesses maximales  
Vitesses moyennes de surface



# CHARI A MANI

Variations de la vitesse maximale  
et vitesse moyenne de surface



CRT 7174

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1°

LE: 22-8-62

DES: L. TRENOU

VISA:

TUBE N°

H

- les - courbes d'étalonnage
- courbes de vitesses maximales, en fonction des hauteurs à l'échelle
- courbes des vitesses moyennes de surface, en fonction des hauteurs à l'échelle.

Vitesses moyennes en surface

Sur le graphique n° 7175 nous avons comparé les variations pour les stations de la vitesse moyenne de surface en fonction des débits.

Nous constatons sur ce dernier graphique que les vitesses moyennes de surface sont très proches les unes des autres. Il a fallu distendre l'échelle des vitesses pour séparer plus nettement les quatre courbes.

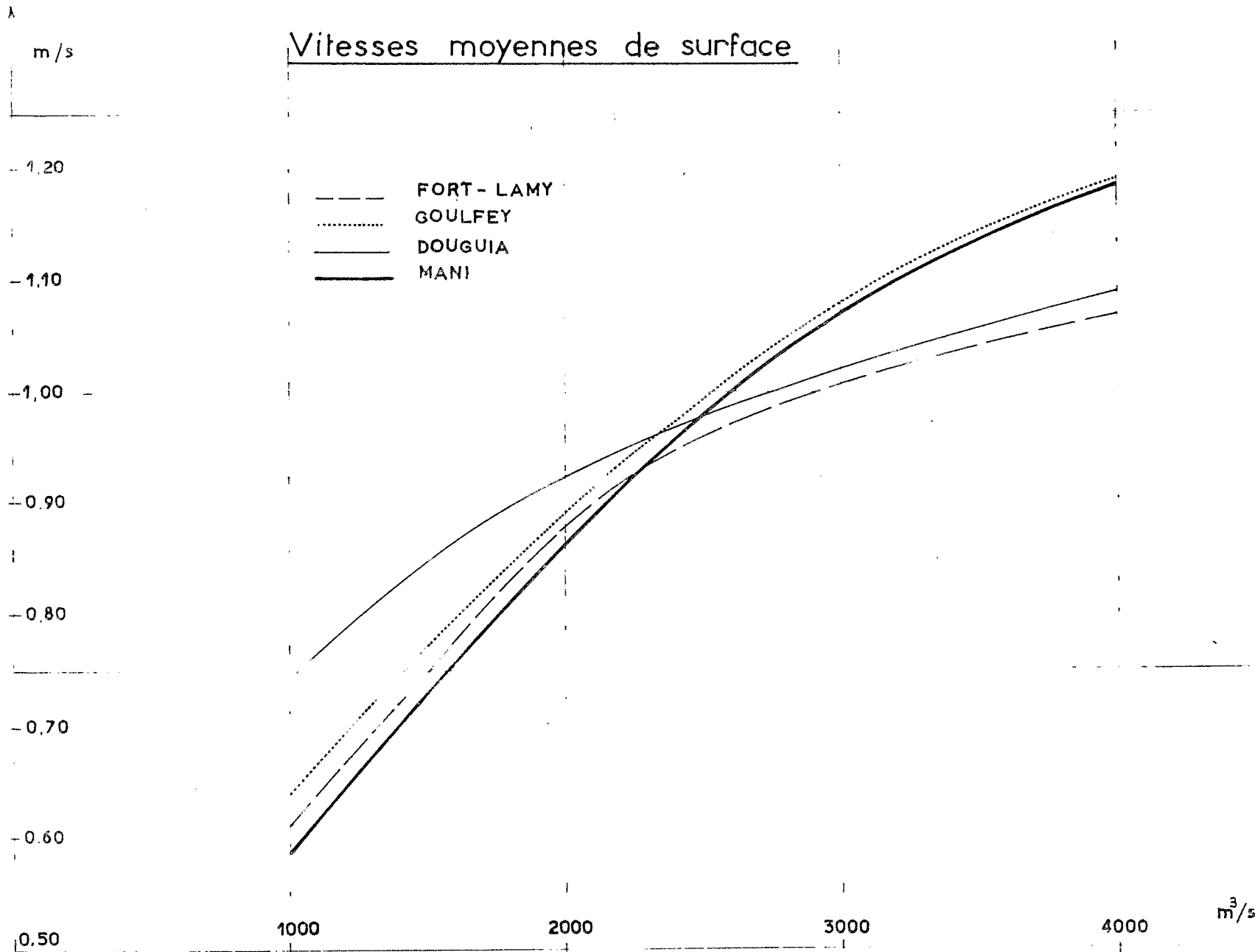
Pour différents débits les valeurs extrêmes sont:

1.000 m <sup>3</sup> /s	MANI	0,58 m/s
	DOUGUIA	0,74 m/s
2.000 m <sup>3</sup> /s	MANI	0,86 m/s
	DOUGUIA	0,92 m/s
3.000 m <sup>3</sup> /s	FORT-LAMY	1,01 m/s
	GOULFEY	1,08 m/s
4.000 m <sup>3</sup> /s	FORT-LAMY	1,07 m/s
	GOULFEY	1,18 m/s

Entre 2.000 et 3.000 m<sup>3</sup>/s, les vitesses moyennes de surface sont très proches les unes des autres pour toutes les stations.

.../...





CRT 7175

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1° LE: 23-8-62 DES L. TRENOU VISA TUBE N° H

En traçant une courbe moyenne passant au milieu des vitesses extrêmes, les écarts maxima par rapport à cette moyenne sont respectivement de :

12 %	à	1.000 m <sup>3</sup> /s
3 %	à	2.000 m <sup>3</sup> /s
3 %	à	3.000 m <sup>3</sup> /s
5 %	à	4.000 m <sup>3</sup> /s

On peut donc considérer que, avec une erreur généralement inférieure à 10 %, les vitesses de surface sont les mêmes pour toutes les stations entre FORT-LAMY et MANI, ces vitesses étant, pour un débit donné, égales à la moyenne des vitesses extrêmes des quatre stations.

Les vitesses moyennes de surface sont approximativement proportionnelles à  $\sqrt{R}$ , R étant le rayon hydraulique de la section considérée.

#### Vitesses maximales

Pour trois stations sur quatre, les courbes de vitesses maximales sont parallèles aux courbes de vitesses moyennes de surface et varient donc également comme  $\sqrt{R}$ . à GOULFEY l'allure de la courbe est différente, la concavité se trouvant au départ tournée vers le haut. A partir de 3 m à l'échelle la vitesse maximale varie linéairement en fonction de la cote à l'échelle.

La discordance n'est qu'apparente. En effet les vitesses ont été exprimées ici en fonction des hauteurs aux échelles pour plus de facilité d'emploi. En les exprimant en fonction des débits la courbe de GOULFEY retrouve son allure normale, car les débits ne sont pas proportionnels aux hauteurs à l'échelle.

Les vitesses maximales pour les différentes stations sont les suivantes (exprimées en m/s) :

Débits m/s	FORT-LAMY	GOULFEY	DOUGUIA	MANI
1.000	0,74	0,75	0,88	0,75
2.000	1,06	1,08	1,04	1,05
3.000	1,22	1,37	1,17	1,30
4.000	1,30	1,64	1,26	1,48

Jusqu'à 2.000 m<sup>3</sup>/s, les vitesses maximales sont très voisines, mais s'écartent sensiblement les unes des autres à partir de 3.000 m<sup>3</sup>/s.

#### Incidence sur la navigation

Les vitesses rencontrées sur le Chari ne sont pas suffisantes pour influencer de façon sensible la progression d'un bateau rapide. Par contre, elles peuvent modifier grandement l'allure des bateaux à vitesses lentes.

La distance entre FORT-LAMY et MANI est de 120 km. En forte crue la vitesse moyenne de surface est de 1,10 m/s soit 4 km/h.

Pour différentes vitesses de bateaux nous trouvons les durées de parcours indiquées dans le tableau suivant:

.../...

Vitesse du bateau par rapport à l'eau - km/h.	Trajet	Vitesse absolue km/h.	Durée du parcours en crue
30	Descente	34	3 h 30
	Remontée	26	4 h 30
20	Descente	24	5 h 00
	Remontée	16	7 h 30
10	Descente	14	8 h 30
	Remontée	6	20 h 00
8	Remontée	4	30 h
7	Remontée	3	40 h
6	Remontée	2	60 h

En basses eaux nous aurons une vitesse moyenne de surface de 0,6 m/s soit 2 km/h, qui nous donnera les durées de parcours suivantes :

Vitesse du bateau par rapport à l'eau - km/h	Trajet	Vitesse absolue km/h	Durée du parcours en basses eaux
30	Descente	32	3 h 45
	Remontée	28	4 h 20
20	Descente	22	5 h 30
	Remontée	18	6 h 40
10	Descente	12	10 h 00
	Remontée	8	15 h 00
8	Remontée	6	20 h 00
7	Remontée	5	24 h 00
6	Remontée	4	30 h 00

Lorsque la vitesse du bateau par rapport à l'eau descend au dessous de 10 km/h, le temps qu'il met pour remonter le fleuve entre MANI et FORT-LAMY croît très vite, surtout lorsque le Chari est en crue.

Pour la rentabilité d'une exploitation il y aura donc un compromis à rechercher entre l'accroissement du trafic réalisé par une rotation plus rapide des bateaux et l'augmentation des frais d'entretien et d'exploitation de bateaux plus puissants donc plus coûteux.

-oOo-

.../...

CHAPITRE 4 - SONDAGES

=====

Le programme des sondages a été fixé sur la demande du service du Génie Rural par M. CHABERT, Ingénieur SOGREAH, qui a effectué une reconnaissance préliminaire du Chari et du lac dans la seconde quinzaine du mois de Juin.

A l'issue de cette tournée, un programme de travail a été fixé à l'O.R.S.T.O.M. conformément aux dispositions prévues par la convention passée entre le Service du Génie Rural et l'O.R.S.T.O.M.

La campagne s'est déroulée en deux parties. Du 9 au 19 Juillet ont été relevés le profil en long du Chari de FORT-LAMY à DJIMTILO, celui de deux bras du delta et divers profils sur le lac Tchad. Au cours de la seconde tournée du 23 au 30 Juillet, des levés hydrographiques ont été effectués par sondages aux ultra-sons sur trois seuils du Chari.

Le matériel mis en oeuvre comprenait essentiellement une pinasse de l'O.R.S.T.O.M. sur laquelle était monté un sondeur ultra-son KELVIN-HUGUES et un dinghy avec moteur hors-bord aménagé pour l'exécution des sondages par ultra-sons.

M. CHABERT qui était à FORT-LAMY à ce moment-là a participé aux deux campagnes. Cette collaboration a été très fructueuse et une somme importante de levés a pu être exécutée.

.../...

RELEVES DES ECHELLES PENDANT LA PERIODE DE SONDAGE

	FORT-LAMY	GOULFEY	DOUGUIA	DJIMTILO	BOL
Jours	Juillet	Juillet	Juillet	Juillet	Juillet
1					
2			170		
3			176		
4			180		162
5	167				153
6	169				150
7	175		184		155
8			187		153
9	188	232	191		155
10			195		153
11	195		199	021	152
12	200		205	021	155
13	204		208	019	153
14	207		210	020	154
15			213	021	156
16	212		216	023	168
17	212		217	021	165
18	212	258	217	022	158
19	212		217	019	158
20	216		219	020	153
21	218		223	023	155
22			227	024	153
23	230		232	023	157
24	234		235	022	153
25	234		237	023	158
26	235		238	025	157
27	237		242	025	152
28	237		243	027	151
29			244	029	157
30		287	244	030	156
31			245	031	159

.../...

A/ - PROFIL EN LONG DU CHARI

Le profil en long du fleuve avait pour but de déterminer les principaux seuils rencontrés entre FORT-LAMY et l'embouchure, en dehors des seuils connus.

Il a été levé en suivant le chenal habituellement emprunté par la navigation, c'est-à-dire sur une trajectoire où se trouvent les plus grands fonds du Chari.

Ce profil au 50.000e ainsi qu'un plan de situation au 200.000e sont groupés dans un rapport annexe (graphiques n° 7176 à 7181). Nous allons examiner les différentes sections de ce profil en long.

SECTION FORT-LAMY - GOULFEY (graphique n° 7179)

Hauteur d'eau            H = 2 m 12, à FORT-LAMY  
 "                        H = 2 m 58, à GOULFEY

Dans le tableau suivant nous avons porté pour chaque seuil la longueur en mètres pour laquelle les profondeurs d'eau sont inférieures à une profondeur donnée.

Emplacement	km	0,2	9	12,5	16	19,5	22	33	42
P = 1,00 m		0	0	0	0	0	0	0	0
1,20		0	200	0	0	0	0	0	0
1,40		0	300	0	0	0	0	0	0
1,60	100	400	0	0	0	0	0	0	0
1,80	250	550	0	50	0	0	0	0	0
2,00	350	800	0	150	0	0	0	0	200
2,20	450	950	0	200	150	200	200	300	
2,40	550	1200	250	250	150	850	250	400	
2,60	650	1250	300	300	200	1000	600	500	
2,80	750	1300	300	350	250	1050	850	550	
3,00	1050	1350	350	400	700	1100	1000	600	



Entre FORT-LAMY et GOULFEY il y a donc huit emplacements qui de façons diverses sont susceptibles d'entraver la navigation, mais ne constituent pas obligatoirement un obstacle à la navigation. En effet, l'itinéraire choisi n'était pas forcément le meilleur et quelques profils-en-travers à ces emplacements montreraient peut-être l'existence d'un chenal plus profond.

Km 0 à km 9 : les hauteurs d'eau sont importantes, toujours supérieures à 3 mètres.

Km 9 à 24 : Le Chari est presque rectiligne et comme il arrive très souvent dans ce cas les profondeurs d'eau sont beaucoup plus petites; elles sont inférieures à trois mètres sur plus de 3 km.

Km 24 à 52 : Le fleuve est assez sinueux et d'une façon générale les hauteurs d'eau sont supérieures à 3 mètres. On distingue cependant un seuil assez long entre MARA et DRO GANA et un autre petit seuil au km 42 qui correspondent tous deux à des tracés plus droits du fleuve. A GOURMANDJO le rayon de courbure du méandre est petit, ce qui conduit à des profondeurs importantes (19 m). Nous retrouvons également de grandes profondeurs aux km 43 et 46-47.

SECTION GOULFEY - KOBRO (graphique n° 7180)

Hauteur d'eau	GOULFEY	2 m 32	
"	"	DOUGUIA	1 m 91
"	"	DJIMTILO	0 m 21

.../...

Longueur des seuils en fonction des profondeurs d'eau

:Seuil: km	: km	:	:	:	:	:	:	:	:	:
:P	: 52	: 57	: 60	: 61	: 79	: 86	: 88	: 97	: 99	:
:I,00m:	0:	0:	0:	50:	0:	0:	0:	0:	0:	:
:I,20 :	0:	0:	0:	150:	0:	0:	0:	0:	0:	:
:I,40 :	0:	0:	100:	200:	0:	0:	50:	0:	0:	:
:I,60 :	0:	0:	150:	250:	0:	0:	150:	0:	0:	:
:I,80 :	0:	0:	200:	300:	0:	0:	250:	0:	0:	:
:2,00 :	0:	0:	350:	300:	600:	0:	300:	50:	150:	:
:2,20 :	550:	0:	500:	350:	650:	0:	350:	200:	250:	:
:2,40 :	1000:	600:	550:	350:	750:	0:	450:	500:	400:	:
:2,60 :	1200:	1900:	600:	400:	800:	650:	500:	650:	500:	:
:2,80 :	1600:	2050:	650:	450:	900:	850:	550:	750:	600:	:
:3.00 :	1700:	2100:	750:	500:	950:	1050:	600:	800:	750:	:

Entre GOULFEY et SAGOUR, le Chari a un cours assez droit et les hauteurs d'eau sont en moyenne assez faibles. Sur la moitié du parcours (soit 5 km), les fonds sont inférieurs à 3 mètres. Au seuil de MAHAD EL FI, les fonds sont inférieurs à 2,60 m sur près de 2 km.

Entre SAGOUR et MALALIE, les méandres sont de nouveau très accusés, la profondeur moyenne est forte et certains fonds dépassent 20 mètres.

.../...

Entre MALALIE et DOUGUIA les hauts fonds redeviennent plus nombreux et on note des seuils aux km 79 - 86 - 88 91.

Le fleuve est ensuite assez profond jusqu'à KOBRO et les hauteurs d'eau dépassent fréquemment 10 mètres.

SECTION KOBRO-DJIMTILO (graphique n° 7181)

Hauteur d'eau à	DOUGUIA	1,95 m
"	DJIMTILO	0,21 m
"	BOL	1,53 m

Seuils situés	I20	I22	I35 - I36
au km			
1,50 m	0	0	0
2,00 m	0	200	0
2,50 m	550	400	200
3,00 m	900	500	800

Les seuils sont peu nombreux et peu importants et sont situés pour les deux premiers dans les 2 ou 3 km en aval de MANI.

Le fleuve est composé de méandres très accentués. A SERO ABOU ou ZAFALA, la boucle est presque refermée. Les plus grands fonds que nous ayons enregistrés sur le Chari se trouvent à SERO ABOU avec une profondeur de 27 mètres et les fonds supérieurs à 15 mètres sont assez fréquents.

.../...

## CONCLUSIONS

Les seuils, comme il est de règle générale sur tous les fleuves, se situent essentiellement aux points d'inflexion des méandres, aux emplacements où la courbure est nulle. Ils seront donc particulièrement fréquents sur les parties rectilignes du cours du fleuve, sur lesquelles la courbure est nulle ou très faible sur une grande longueur.

Entre MILESI et MESKIN, le Chari est rectiligne sur une distance de 12 km environ et nous trouvons d'après les profils en long du Chari, 5 seuils sur cette distance.

En aval de GOULFEY, quatre seuils sont concentrés sur 9 km. Au total les sondages ont relevé une vingtaine d'emplacements susceptibles d'être des obstacles à la navigation en étiage. Cependant, comme nous l'avons dit, il est vraisemblable que le bateau au cours de ces sondages n'est pas passé toujours aux meilleurs emplacements. Quelques profils en travers permettraient, notamment pour les seuils de courte longueur, de détecter un passage plus favorable, sans être obligé de procéder à l'aménagement du seuil.

### B/- PROFIL-EN-LONG DES BRAS DU DELTA ET DU CONTOUR DU DELTA

(graphiques n° 7178 et n° 7182).

.../...

Bras Nord - Itinéraire DJIMTILO - DEGHJ

Les longueurs des seuils (en mètres) en fonction des profondeurs d'eau sont données ci-dessous :

:Seuils situés :	:	:
: aux km :	km 3 :	km 19 :
: Profondeur :	:	:
: P = 1,50 m :	0 m :	0 m :
: 2,00 m :	250 m :	100 m :
: 2,50 m :	500 m :	200 m :
: 3,00 m :	600 m :	250 m :

Le niveau d'eau du Chari dans ces bras dépend essentiellement du niveau du lac. Or celui-ci étant très haut en ce moment, les seuils sont à peu près inexistants.

Bras Ouest - Itinéraire ABC

Les longueurs des seuils (en mètres) en fonction des profondeurs d'eau sont les suivantes :

:Seuils situés :	:	:
: aux km :	10 - 11 :	18 :
: P = 1,50 m :	50 m :	300 m :
: 2,00 m :	100 m :	550 m :
: 2,50 m :	200 m :	900 m :
: 3,00 m :	500 m :	950 m :

.../...

Pour une longueur à peu près équivalente, le bras Ouest est moins profond que le bras Nord. Nous trouvons en effet :

	<u>Bras Ouest</u>	<u>Bras Nord</u>
Fonds inférieurs à 3 m	1,45 km	0,85 km
" " à 4 m	3 km	2,5 km
" " à 5 m	7 km	5 km

D'autre part, le bras Ouest, comme le bras Nord, possède un seuil de 1 km de longueur environ situé juste avant que le bras ne débouche dans le Lac. Ce seuil est plus gênant dans le cas du bras Ouest, car les profondeurs d'eau sont inférieures à 1,5 m sur plus de 300 mètres.

Incidence des variations annuelles et interannuelles du niveau du Lac sur les profondeurs d'eau dans les bras du delta du Chari.

Les sondages ont été effectués du 11 au 12 Juillet 1962, période où la cote moyenne du Lac peut être prise égale à 1,53 m à l'échelle de BOL, soit une cote absolue du niveau du Lac de 282,65 m (I.G.N. 1954).

La cote du plan d'eau dans les bras du Chari est liée étroitement à celle du Lac; or nous avons vu que celle-ci s'est abaissée pendant 18 années à la cote 281,70 m pour atteindre 281,00 m pendant les étiages, soit une baisse de 1,65m par rapport à la cote à laquelle se sont effectués les sondages.

Si le Lac venait à baisser de façon aussi sensible, les seuils situés à l'entrée du Lac formeraient un barrage entre le Chari et le Lac. Mais ces seuils ne sont pas épaulés à l'amont où les fonds sont supérieurs à 5 m et étant de courte longueur ils ne pourraient résister à une certaine érosion qui créerait vraisemblablement un chenal suffisant pour la navigation.

.../...

Même un abaissement assez fort du plan d'eau ne gênerait guère la navigation dans le bras Nord du Chari. Il faudrait que la cote descende à 280,00 m pour que les difficultés plus sérieuses apparaissent, mais à cette cote bien des emplacements seraient déjà dans une situation très délicate.

Le contour du delta montre un profil sur lequel la hauteur d'eau est partout supérieure à 3 mètres pour atteindre au maximum 4,80 m. Quelles que soient les variations du plan d'eau, il sera toujours possible de trouver un chenal assez profond pour la navigation.

C/ - PROFILS-EN-LONG-SUR LE LAC TCHAD

Les parcours sondés sur le Lac Tchad sont portés sur le graphique n° 7177 (en annexe) - reproduction de la carte au 200.000e. Les sondages ont porté sur les itinéraires suivants :

- 1 - Pointe Ouest de l'île située au Nord-Est du delta (point S) à BOL
- 2 - BAGA SOLA - Ile de NGREA - Iles de KALOM - GOMIRON - ALIAROM - NGELEA
- 3 - BOL - DESSOULOM - MARGOU - KANTOUA - TATAVEROM.

L'itinéraire TATAVEROM - DJIMTILO en raison de l'imprécision des repères n'a pas été représenté. Les îles de roseaux et papyrus sont extrêmement denses et gênent considérablement la navigation, qui ne peut se faire que par des changements de cap très fréquents. D'autre part, elles sont toutes semblables et il est impossible de suivre un itinéraire donné.

.../...

I) Point S à BOL - Graphique n° 7183

km 0 à km 15 - Les fonds sont toujours supérieurs à 3 mètres et la plupart du temps supérieurs à 4 mètres.

km 15 à 39 - C'est une zone de hauts fonds. Les hauteurs d'eau sont supérieures à 2 mètres mais très souvent inférieures à 3 mètres.

longueur des seuils en fonction des profondeurs d'eau :

:Profondeurs d'eau	:	:	:	:	:	:	:
: m	:	2,00:	2,20:	2,40:	2,60:	2,80:	3,00:
:-----	:	:-----	:-----	:-----	:-----	:-----	:-----
:Longueur des seuils	:	:	:	:	:	:	:
: km	:	0,05:	0, 3:	0, 8:	4, 3:	8, 6:	12, 5:

Les fonds sont inférieurs à 2,60 m sur plus de 4 km et inférieurs à 3 mètres sur plus de 12 km.

Pour une cote du lac de 281.00 m qui a été atteinte nous l'avons vu, pendant les étiages de 18 années environ, comprises entre 1900 et 1962, les longueurs des seuils en fonction des profondeurs d'eau seraient :

:Profondeur d'eau	:	:	:	:	:	:	:
: m	:	0,30:	0,40:	0,60:	0,80:	1,00:	1,20:
:-----	:	:-----	:-----	:-----	:-----	:-----	:-----
:Longueur des seuils	:	:	:	:	:	:	:
: km	:	0	0,05:	0, 3:	1, 4:	5, 2:	9, 5:

.../...



Sur plus de 5 km les fonds seront compris entre 0,40 m et 1 mètre.

km 39 à BOL - Les fonds redeviennent plus importants et on note une fosse de 11 mètres à quelques km de BOL.

2) BAGA SOLA à NGELEA - (Graphique n° 7184)

km 0 à km 15 - Les hauteurs d'eau sont toutes comprises entre 3,5 m et 4 mètres. Le fond est très plat.

km 15 à km 35 - Les fonds remontent progressivement pour rester compris entre 2,5 m et 3 m entre les km 22 et 32.

: Profondeur	:	:	:	:	:
: d'eau m	:	2,40:	2,60:	2,80:	3,00:
:-----:	:	-----:	-----:	-----:	-----:
: Longueur des	:	:	:	:	:
: seuils km	:	0	: 1, 8:	5, 3:	9, 7:

Pour une cote du lac de 281,00 m on aurait :

: Profondeur	:	:	:	:	:
: d'eau m	:	0,80:	1,00:	1,20:	1,40:
:-----:	:	-----:	-----:	-----:	-----:
: Longueur des	:	:	:	:	:
: seuils km	:	0, 2:	2, 1:	5, 9:	9, 9:

km 35 à 52 - Les profondeurs sont comprises à une petite exception près, entre 3,5 m et 4 m.

.../...

km 52 à 83 - Les fonds se situent la plupart du temps entre 2,5 m et 3 m sauf entre les PK 65 et 75 où ils atteignent 3 à 4 mètres.

:Profondeur d'eau	:	:	:	:	:	:
: m	:	2,20:	2,40:	2,60:	2,80:	3,00:
:Longueur des seuils	:	:	:	:	:	:
: km	:	0, 1:	0, 9:	2, 5:	8, 1:	17, 0:

### 3) BOL - TATAVEROM - Graphique n° 7185

Cet itinéraire ne pose pas de problème, les fonds étant la plupart du temps supérieurs à 4 mètres. Les quelques hauts fonds sont dûs à des passages trop rapprochés du bord des îles (DESSOULOM au km 11, MARGOU au km 21, KANTOUA au km 43).

### CONCLUSIONS

Nous classerons les itinéraires en trois zones :

- a - les eaux libres du lac
- b - la zone de l'archipel où les îles émergent en permanence et sur lesquelles nous trouvons donc une certaine végétation arbustive. Ces îles sont celles qui se trouvent à une distance de 0 à 20 km de la côte.

.../...

c - la zone des îles intermédiaires entre la zone précédente b et les eaux libres. Ces îles sont submergées temporairement ou en permanence et leur végétation se compose exclusivement de roseaux ou papyrus.

Partant de cette classification, l'examen des graphiques montre que la navigation sera toujours possible dans les zones a - eaux libres  
b - archipel côtier  
où les profondeurs sont, sauf exception rare et sans conséquence, comprises entre 3,5 et 4,5 m.

Il faudrait une période de sécheresse tout à fait exceptionnelle pour que la navigation n'y devienne plus possible (du moins avec les tirants d'eau des bateaux actuellement en service).

Par contre, chaque fois que l'on traverse l'archipel intermédiaire entre les eaux libres et l'archipel du bord de côte, les fonds se relèvent en moyenne de 1,00 m à 1,50 m.

Ce phénomène est très net sur tous les graphiques:

Itinéraire Point S à BOL - Les fonds sont beaucoup plus hauts entre les points kilométriques 15 et 39 qui correspondent à la traversée de cette zone intermédiaire.

Itinéraire BOL - TATAVEROM - Cet itinéraire ne traverse pas la zone intermédiaire et tous les fonds se situent vers 4 mètres.

Itinéraire BAGA SOLA - NGELEA - Au départ de BAGA SOLA (archipel côtier) les fonds sont compris entre 3,5 m et 4 m

.../...

Du PK 15 au PK 36, traversée de la zone intermédiaire, les fonds sont inférieurs à 3 m.

Du PK 36 à PK 52, eaux libres du lac, les fonds sont compris entre 3,5 m et 4 m.

Du PK 52 à 83 dans la zone intermédiaire, les fonds sont à nouveau généralement compris entre 2 et 3 m.

Ces hauts fonds se présentent donc sous la forme d'une portion de couronne dont le centre serait approximativement situé à l'extrémité du bras Nord du delta du Chari et dont la largeur serait de 10 à 20 km.

Des profils en travers exécutés entre les îles :

NGOUYA - KADOULOU  
et NGREA - RIDJIBO

ont montré qu'il n'y avait pas de chenal particulier entre les îles, la profondeur étant constante pour chaque profil en travers.

Un bateau ayant un tirant d'eau de 1 mètre ne passera sans ennui que si la cote du lac est supérieure à

281,15 entre BAGA SOLA et le Lac  
281,50 entre GOMIROM - BITCHILOM et le Lac  
281,60 entre BOL et le Lac

ce qui correspond à l'échelle de BOL aux cotes approximatives suivantes :

.../...

0,05 m BAGA SOLA - Lac  
0,40 m GOMIROM - Lac  
0,50 m BOL - Lac

Encore faudrait-il tenir compte d'une possibilité de variations journalières du Lac de 0,10 m.

Il suffit donc que le Lac s'abaisse de 1 mètre par rapport au niveau des basses eaux 1962 pour que commencent les difficultés.

Pour l'itinéraire BOL - Lac, le premier qui sera handicapé, il faudrait rechercher un passage à l'Est de l'itinéraire actuel ou sinon reprendre l'itinéraire BOL - NGUELEA - SEYROM - Lac utilisé avant 1953.

D/- LEVÉS HYDROGRAPHIQUES SUR CERTAINS SEUILS DU CHARI

Trois seuils ont été levés du 23 au 31 Juillet à

DRO GANA  
MAHAD EL FI  
à 4 km en amont de DOUGUIA

Ils ont été représentés au  $\frac{1}{2000}$  sur les graphiques n° 7186 à 7188.

Les sondages ont été faits selon un quadrillage comprenant 5 à 7 transversales et autant de longitudinales.

Quatre balises sur les rives matérialisent l'emplacement du seuil (A B C D). Les profils en travers sont réalisés en s'alignant sur les jalons posés sur les rives : R 1, R 2, J 1 - J 2, B 1 - B 2, etc... Toutes ces balises ou jalons sont levés (angles et distance) et reportés sur les graphiques.

.../...

Les profils en travers ont été obtenus en maintenant la pinasse dans l'alignement des jalons R I - R 2 ou J I - J 2 etc... et en prenant à plusieurs reprises l'angle : (Bateau - Point B), (Bateau - Point C)

Pour les profils en long, le bateau remontait le courant et au droit de chaque alignement R I - R 2 ou J I - J 2 etc... on prenait à nouveau l'angle (Bateau - Point B), (Bateau - Point C.)

Le sondeur à ultra-sons donne les profondeurs d'eau avec une précision de 0,10 m.

### CONCLUSIONS

Nous reprendrons les conclusions auxquelles nous avons abouti dans les paragraphes précédents.

Sur le Chari, les seuils, comme il est de règle générale sur tous les fleuves se situent essentiellement aux points d'inflexion des méandres, aux emplacements où la courbure est nulle. Ils seront donc particulièrement fréquents sur les parties rectilignes du cours du fleuve, sur lesquelles la courbure est nulle ou très faible sur une grande longueur.

Entre MILESI et MESKIN, le Chari est rectiligne sur une distance de 12 km environ, et nous trouvons d'après les profils en long du Chari, cinq seuils sur cette distance.

En aval de GOULFEY, quatre seuils sont concentrés sur 9 km.

.../...

Au total les sondages ont révélé une vingtaine d'emplacements susceptibles d'être des obstacles à la navigation en étiage. Cependant il est vraisemblable que le bateau au cours de ces sondages n'est pas toujours passé aux meilleurs emplacements. Quelques profils en travers permettraient, notamment pour les seuils de courte longueur de détecter un passage plus favorable sans être obligé de procéder à l'aménagement du seuil.

Le fond minimal rencontré au cours des sondages a été de 0,90 m, mais rappelons que, au cours de l'étiage 1962 le Chari s'est maintenu à une cote élevée, supérieure de 0,50 m environ à l'étiage du Chari en année moyenne.

L'étude des étiages du Chari a montré qu'il était possible de prévoir, en fonction de la crue précédente, la sévérité et la physionomie de l'étiage suivant avec une assez bonne précision. C'est ainsi que, pour une crue moyenne du Chari à FORT-LAMY, l'étiage suivant sera caractérisé par une cote du Chari à FORT-LAMY,

inférieure à 1,00 m pendant 145 jours  
inférieure à 0,50 m pendant 100 jours etc...

La navigation sur le lac ne pose en ce moment aucun problème de profondeur d'eau même en étiage puisque les fonds sont partout supérieurs à deux mètres. Mais quelques années sèches successives feraient baisser le niveau du lac suffisamment pour rendre la navigation difficile et même impossible sur certains itinéraires, notamment celui qui mène à BOL.

Dans ce cas il faudrait reprendre les anciens itinéraires utilisés avant 1953.

Par contre le vent crée sur les eaux libres une houle courte dont le creux peut dépasser un mètre en cas de violente tornade. Il conviendra de prévoir des bateaux capables de supporter une telle houle et de prendre des précautions, dans le cas d'un convoi poussé, pour l'attelage des barges entre elles.

RÉPUBLIQUE du TCHAD

Présidence du Gouvernement

Ministère de l'Agriculture  
et des Eaux et Forêts

Direction de l'Agriculture

Sous - Direction du Génie Rural

NAVIGATION entre FORT-LAMY  
et les CUVETTES LACUSTRES

SONDAGES

CAMPAGNE 1962

ANNEXE

*Graphiques N° 7176 à 7188*

B. BILLON

E. BOULIN

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

CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

SECTION HYDROLOGIE

Avenue du Général TILHO

FORT-LAMY

Octobre 1962

62. 10

D8  
BIL



LAC  
TCHAD

Djmitilo  
Km 150

Mehad  
el khal  
Km 130

Sero  
Abou  
Km 120

Mania  
Km 110

Kobroz  
Km 100

Zafala

Bedam  
Km 100

Douga

Seuil M  
Km 80

Aki  
Km 70

Km 60

Seuil E  
Mehad el  
Til

Gouffey  
Km 50

Km 40

Oro Gana

Seuil H

Mara

Km 30

CHARI  
Sourmedje

Km 20

Messan

Km 10

NORD

# LE CHARI entre Fort-Lamy et le Lac

ECHELLES 1/200 000

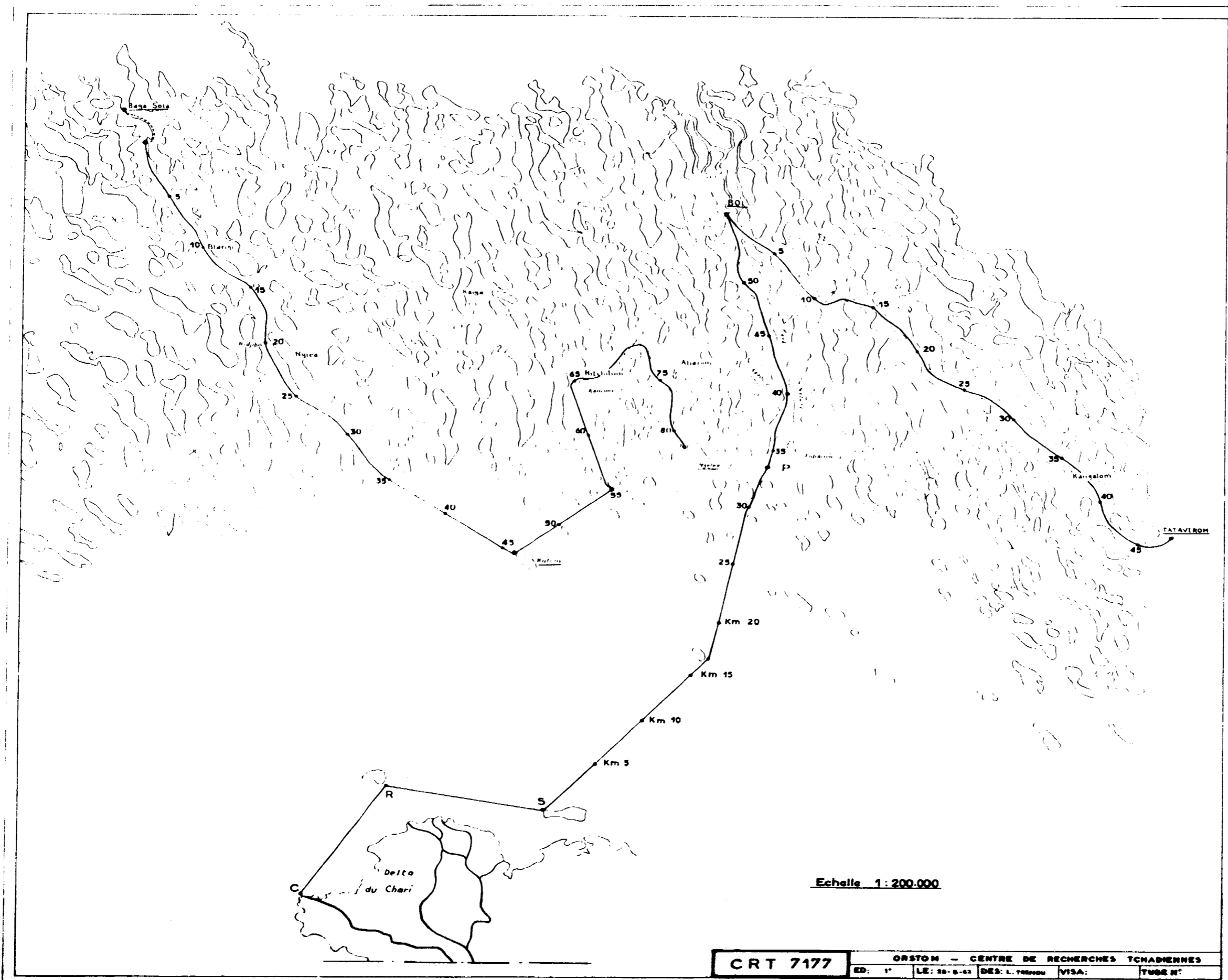
Cette mire doit être lisible dans son intégralité  
Pour AOUT: ABERPFFHLJDDGQVWVWNSZXXY  
zsaocmuvvnxr fkhbdpqqjlt 7142385690  
Pour A2A3A4: ABERPFFHLJDDGQVWVWNSZXXY  
zsaocmuvvnxr fkhbdpqqjlt 7142385690

140 640 00, N  
GAM-T-12

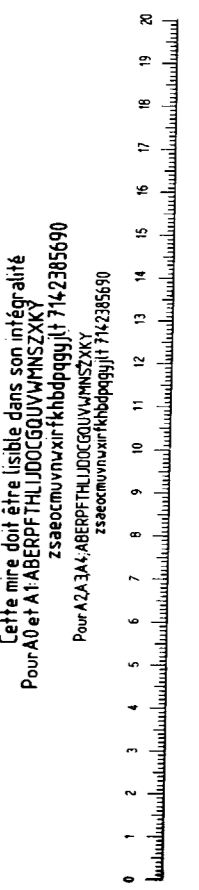


CRT 7176

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES  
ED 1" LE 30 8 62 DES. L. TRENDU VISA TUBE N° N



GAM-T-12  
N° 60 073 DM



Cette mire doit être lisible dans son intégralité  
 Pour A0 et A1 TABERPTLJDDCGUVMNSZXY  
 zsaecmuvnvxirfkhdpggjt 7142385690  
 Pour A2 A3 A4 TABERPTLJDDCGUVMNSZXY  
 zsaecmuvnvxirfkhdpggjt 7142385690

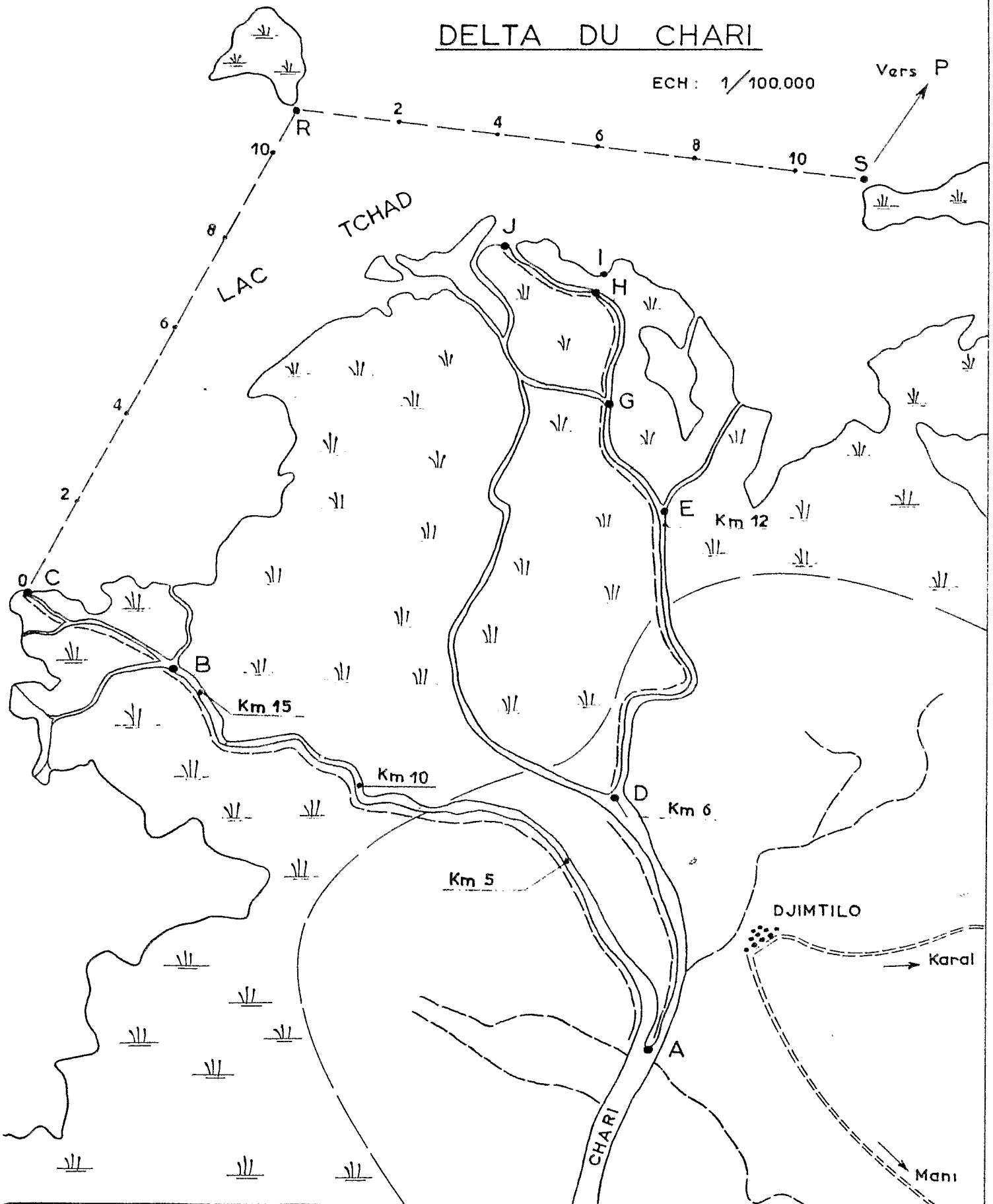
Echelle 1:200.000

<b>CRT 7177</b>					<b>ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES</b>				
ED:	1"	LE:	28-8-62	DES:	L. THEROU	VISA:		TUBE N°:	

# DELTA DU CHARI

ECH : 1/100.000

Vers P

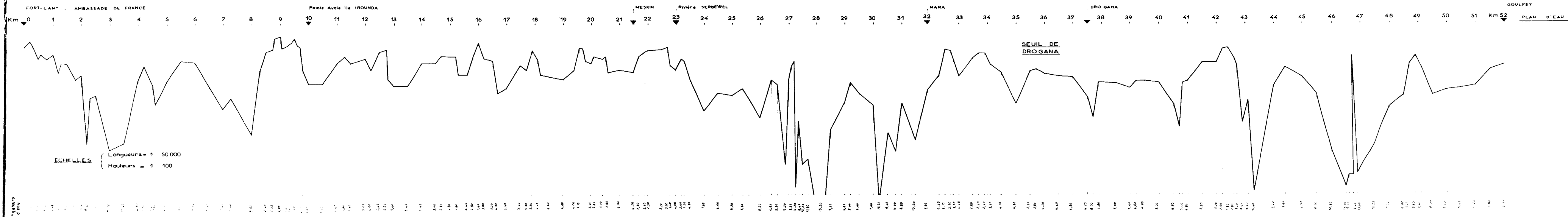


CRT 7178

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1 <sup>e</sup>	LE: 23-8-62	DES: L. TRENOU	VISA:	TUBE N°	H
--------------------	-------------	----------------	-------	---------	---

**PROFIL EN LONG DES FONDS DU CHARI – Section FORT-LAMY- GOULFEY**

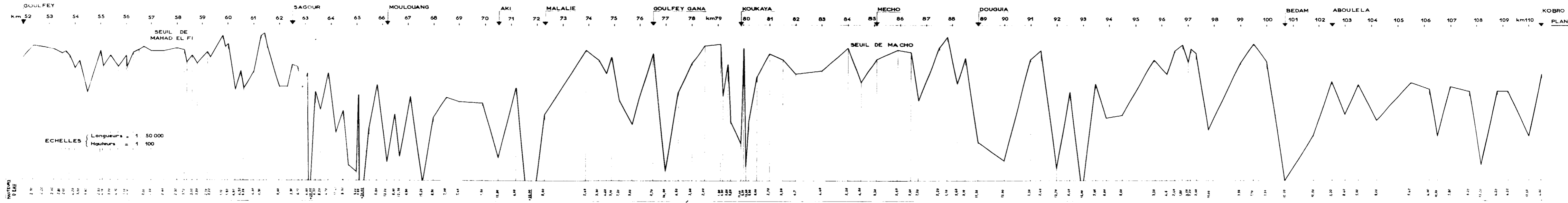


CRT 7179  
GRTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES  
LE FAZ DES CHILISIA  
TUBEN

Cette mire doit être lisible dans son intégralité  
 Pour A0 et A1 ABERPFTLJDOCGOUVWMNSZXKY  
 zsaeocmuvnxirfkhdpgyjl 7142385690  
 Pour A2A3A4 ABERPFTLJDOCGOUVWMNSZXKY  
 zsaeocmuvnxirfkhdpgyjl 7142385690

GAM 1.12  
N° 011 011

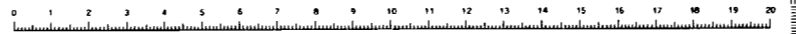
# PROFIL EN LONG DES FONDS DU CHARI - Section GOULFEY - KOBRO



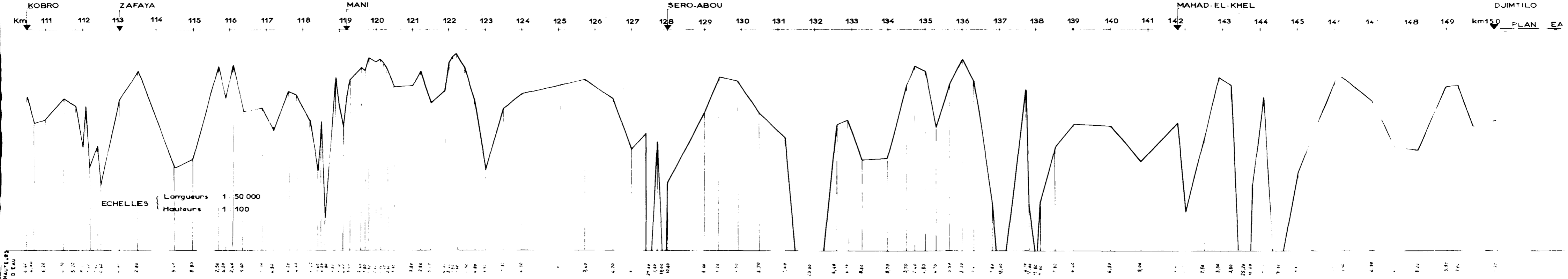
CRT 7180 ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES  
LE M.A. DES TRAVAUX TUBES

ECHELLES DE CRUE au 9 juillet 1962  
 Goulfey = 2.32  
 Douguia = 1.91  
 Djimito = 0.21  
 au 10 juillet 1962  
 Douguia = 1.95  
 Djimito = 0.21

Cette mire doit être lisible dans son intégralité  
 Pour A0 et A1: ABERPFTHLJDOCGOUVWPHNSZKXK  
 zsaocmuvnxrfkhdpggyjt 7142385690  
 Pour A2A3A4: ABERPFTHLJDOCGOUVWPHNSZKXK  
 zsaocmuvnxrfkhdpggyjt 7142385690



# PROFIL EN LONG DES FONDS DU CHARI - Section KOBRO - DJIMTILO



ECHELLES { Longueurs 1:50000  
Hauteurs 1:100

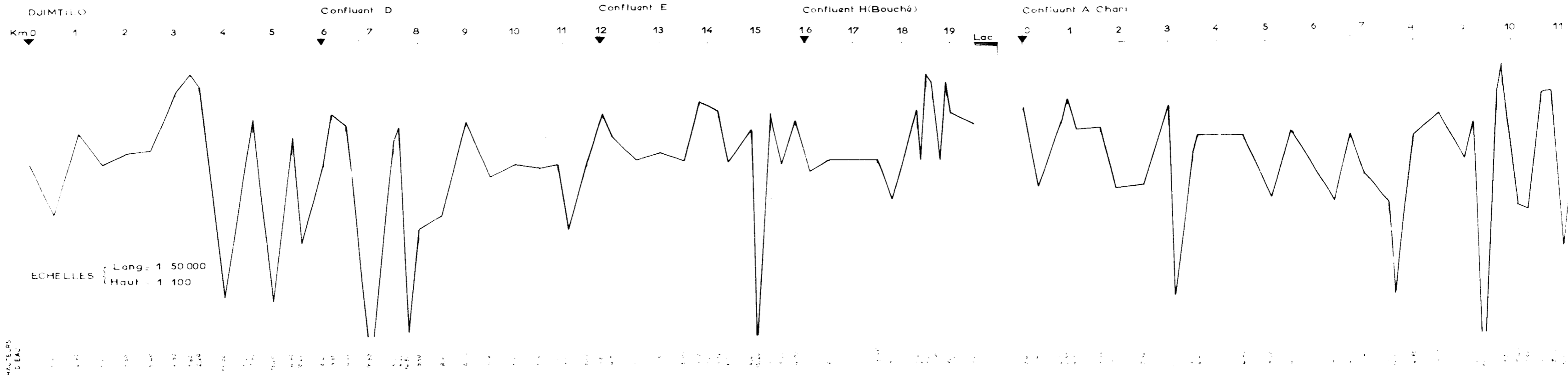
ECHELLES DE CRUE 10 juillet 1962 { Douguia = 1.95  
Djimitilo = 0.21 (Echelle provisoire)  
Bol = 1.53

CRT 7181 ORSTOM CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES  
LE 21 Mars 1962 DES L. TENDU VISA TUBE N°

Cette mire doit être lisible dans son intégralité  
 Pour A0 et A1: ABERPFTHLIJDCCGQUVWMNSZXY  
 zsaecmuvnxirfkhdppqgyjt 7142385690  
 Pour A2A3A4: ABERPFTHLIJDCCGQUVWMNSZXY  
 zsaecmuvnxirfkhdppqgyjt 7142385690

GAM-T-12  
N° 60 073 DPT

# BRAS DU CHARI ET



ECHELLES DE CRUE 12 juillet 1962 Djimtilo = 0.21  
Bol = 1.55

CRT 7132

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES  
BOULEVARD DE LA LIBERATION - N. 100 - NIAMEY (BURKINA FASO)

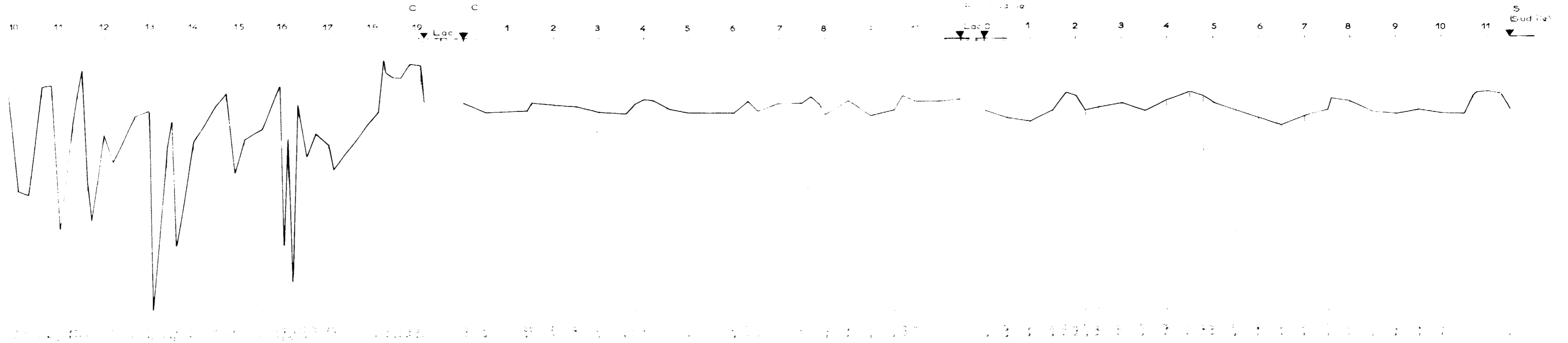


Cette mire doit être lisible dans son intégralité  
Pour A0 et A1: ABERPFTHLIJDOCGOUVWMSZXY  
zsaecmuvnwxfkhdppqyjlt 7142385690  
Pour A2, A3, A4: ABERPFTHLIJDOCGOUVWMSZXY  
zsaecmuvnwxfkhdppqyjlt 7142385690

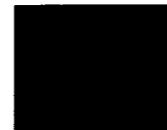


GAM-T-12  
N° 60 073 DNT

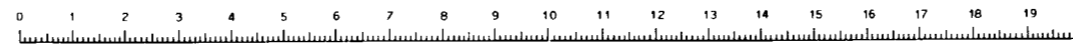
# ET CONTOUR DU DELTA



ECHELLES DE CRUE 11 juillet 1962 Djimilo = 0,21 Echelle provisoire  
 Bol = 1,52



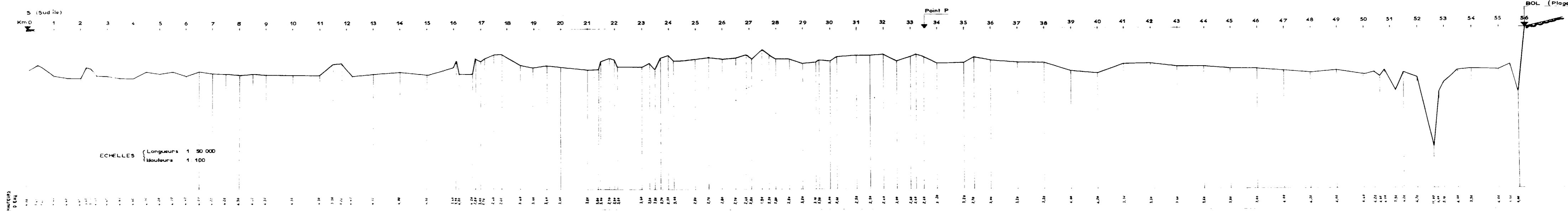
Cette mire doit être lisible dans son intégralité  
 Pour A0 et A1: ABERPFTHLIJDOCGOUVWMNSZXKY  
 zsaecmuvnwixirfkhdppqgyjl 7142385690  
 Pour A2A3A4: ABERPFTHLIJDOCGOUVWMNSZXKY  
 zsaecmuvnwixirfkhdppqgyjl 7142385690



GAM-T-12  
 N° 00 003 001



# LAC TCHAD - ITINERAIRE POINT S à BOL



ECHELLES { Longueurs 1 : 50 000  
Hauteurs 1 : 100

ECHELLES DE CRUE 14 juillet 1962 Djimito = 0.20 (Echelle provisoire)  
Bol = 1.54

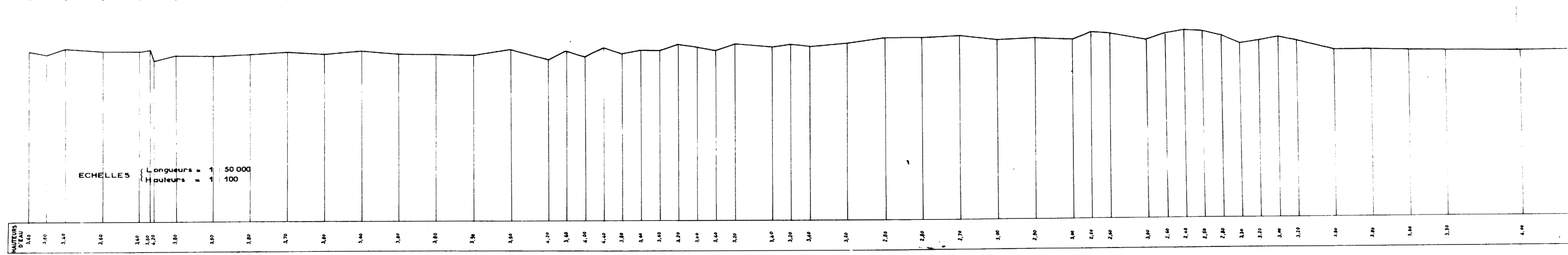
ART 7183

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES  
LE 26 AOUT 1962 TUBE N°

Cette mire doit être lisible dans son intégralité  
 Pour A0 et A1 ABERPFTLJDOCGLUVWVMSZXY 7142385690  
 Pour A2 A3 A4 ABERPFTLJDOCGLUVWVMSZXY 7142385690  
 Pour A5 A6 A7 ABERPFTLJDOCGLUVWVMSZXY 7142385690

# LAC TCHAD - ITINERAIRE BAGA

Départ de BAGA SOLA au droit de la case de la Douane  
 Passage à l'ouest de l'île Blarigi  
 Passage à l'ouest de l'île N'GREAH



ECHELLES  
 Longueurs = 1 : 50 000  
 Hauteurs = 1 : 100

ECHELLES DE CRUE au 13 juillet 1962

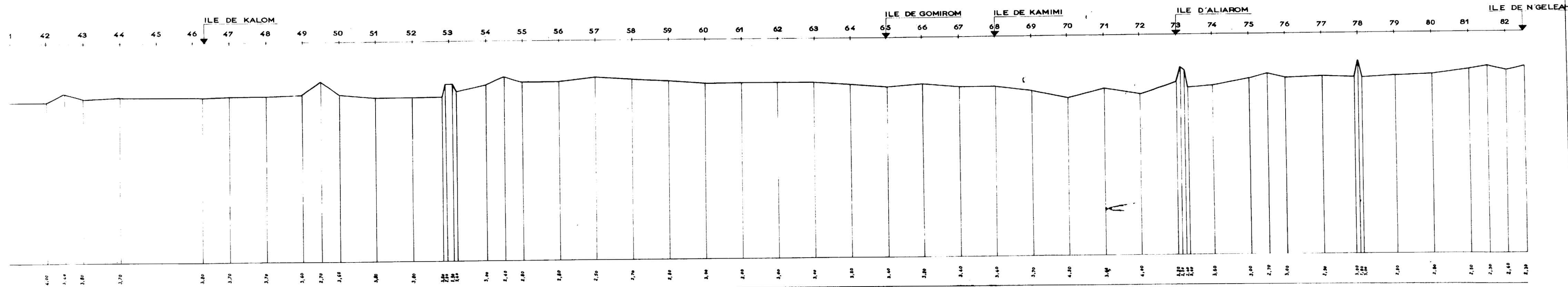
CRT 7184  
 ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES  
 LE: 27-8-62 DES: L. TREHOU VISA: TUBE N° H

Cette mire doit être lisible dans son intégralité  
 Pour A0 et A1: ABERPFTHLIJDOCGQUVWMSZXY  
 zsaecmuvnwixrfkhbdpqgjl 7142385690  
 Pour A2, A3, A4: ABERPFTHLIJDOCGQUVWMSZXY  
 zsaecmuvnwixrfkhbdpqgjl 7142385690

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

5AM-T-12  
 4 80 03 DM

# - SOLA - ILE DE N'GELEAH

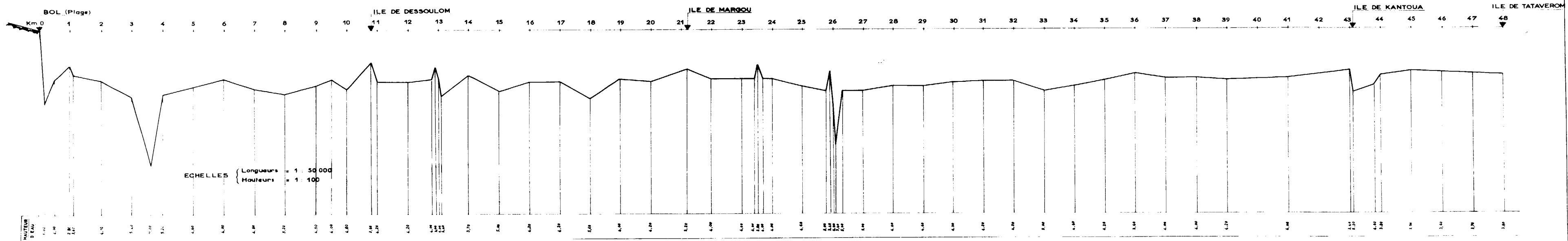


Djimitilo = 0,19 (Echelle provisoire)  
 Bol = 1,53

Cette mire doit être lisible dans son intégralité  
 Pour A0 et A1: ABERPFTHLJDCCGQUVWMNSZXY  
 zsaeocmuvnwixr fkhbdpqgyjlt 7142385690  
 Pour A2A3A4: ABERPFTHLJDCCGQUVWMNSZXY  
 zsaeocmuvnwixr fkhbdpqgyjlt 7142385690

GAM-T-12  
 N° 80 013 DTI

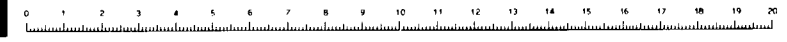
# LAC TCHAD - ITINERAIRE BOL - TATAVEROM



15 juillet 1962 Echelle de crue Djimito = 0,21 (Echelle provisoire)  
Bol

CRT 7185 ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES  
LE 10 11 62 DES 11 11 62 VISA TUBE H H

Cette mire doit être lisible dans son intégralité  
Pour A0 et A1 ABERPFTHLJDOCGUUVWMSZXY  
zsaeocmuvnxirfkhdpggjl 7142385690  
Pour A2A3A4 ABERPFTHLJDOCGUUVWMSZXY  
zsaeocmuvnxirfkhdpggjl 7142385690



SEUIL - E  
MAHAD-EL-FI - 27-7-62

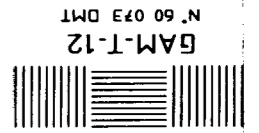
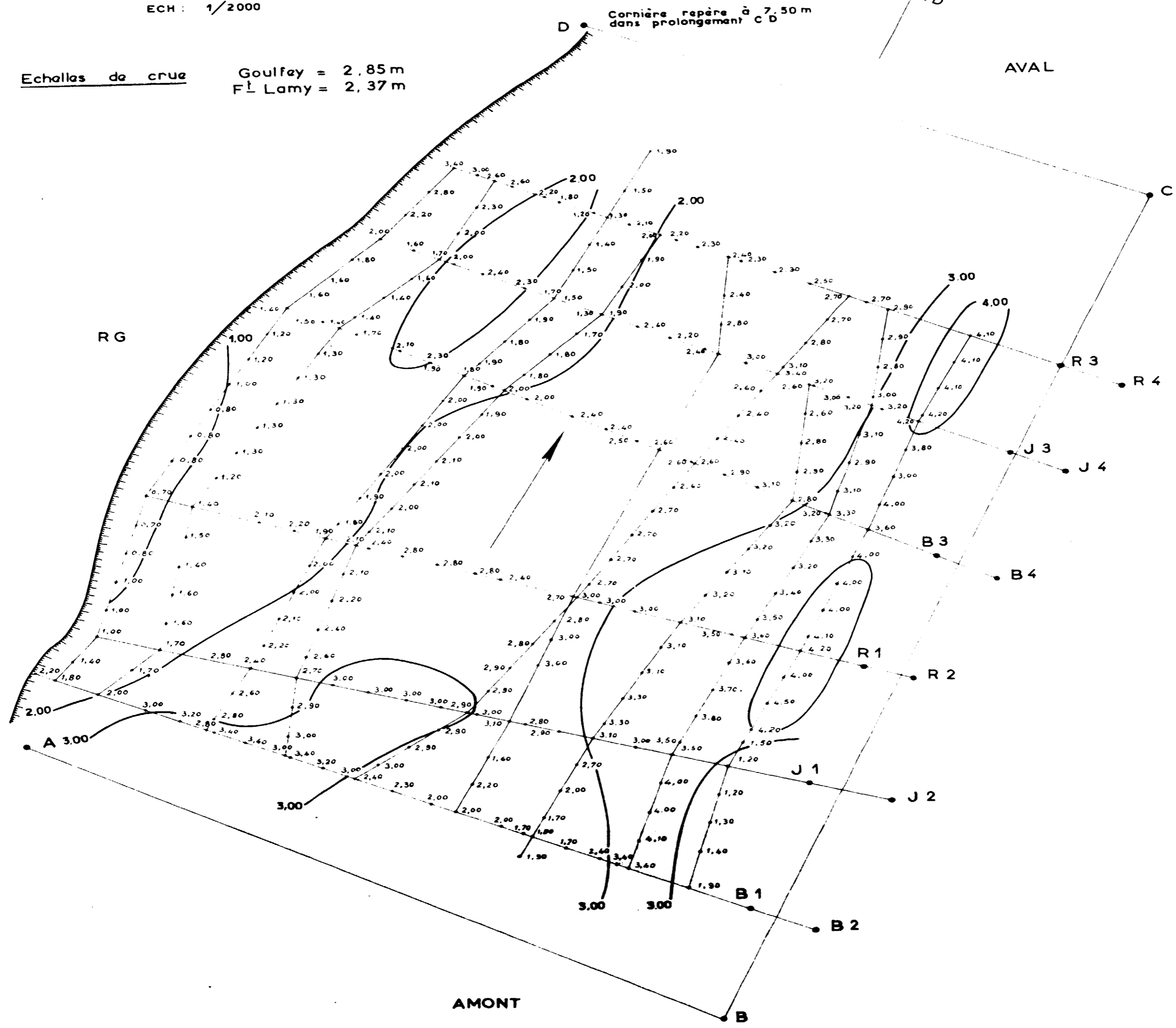
ECH : 1/2000

Echallas de crue

Gouffey = 2,85 m  
F<sup>1</sup> Lamy = 2,37 m



AVAL



GAM-T-12  
N 60 073 DM1



Cette mire doit être lisible dans son intégralité

Pour A0 et A1: ABERPFTLJDOCGUVWMSZKXK

zsaeocmuvnxirfkhdpggjjt 7142385690

Pour A2A 3A 4: ABERPFTLJDOCGUVWMSZKXK

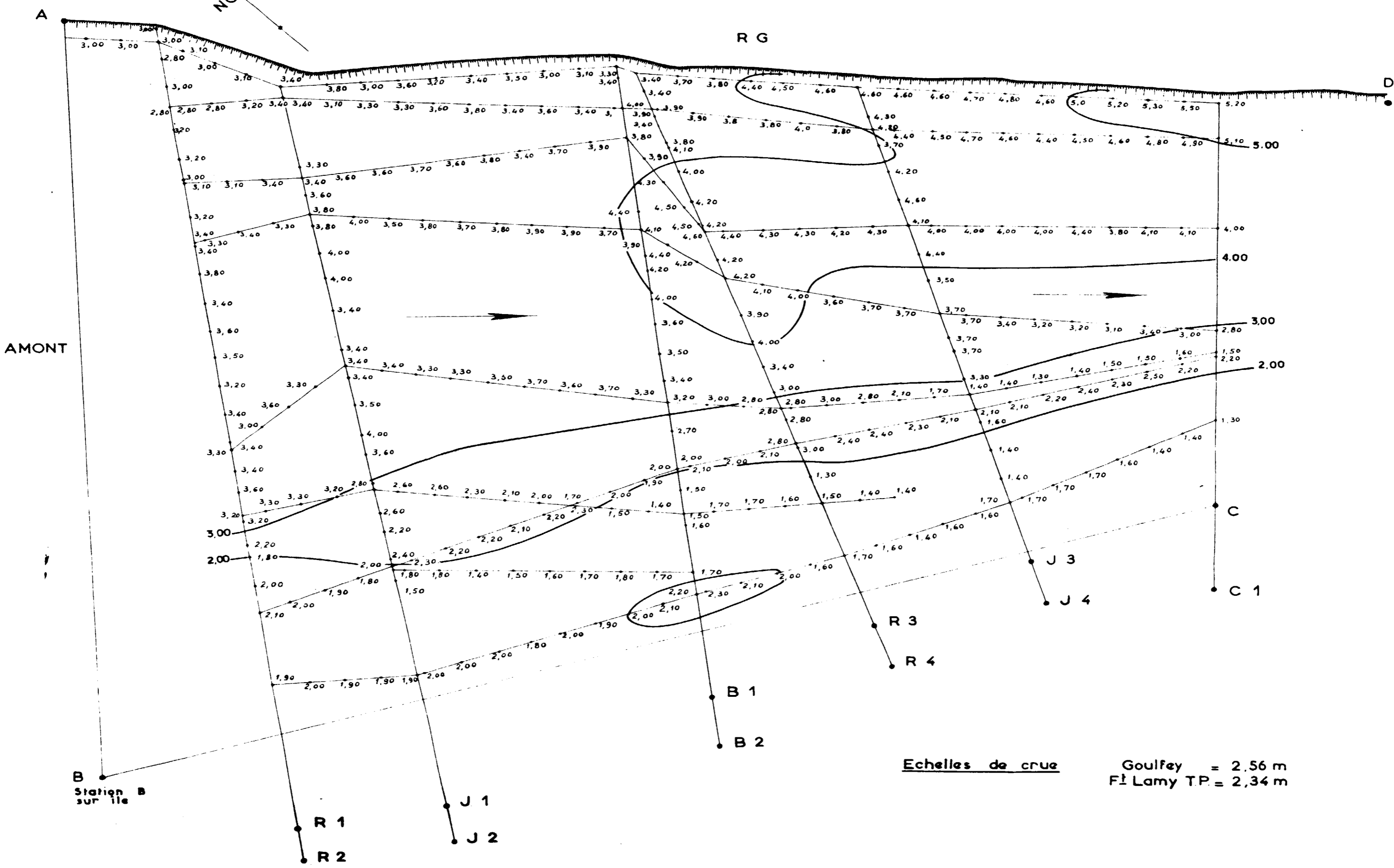
zsaeocmuvnxirfkhdpggjjt 7142385690

CRT 7186

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES					
ED: 1°	LE: 24 8-62	DÉS: L TRENOU	VISA:	TUBE N°	M

**SEUIL H**  
**DRO - GANA - 25-7-62**

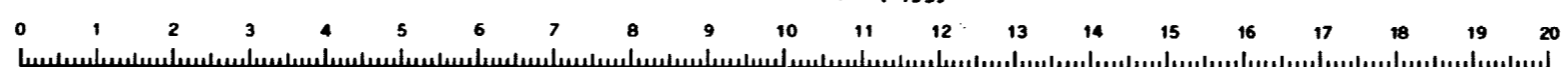
ECH : 1/2 000



Echelles de crue      Goulfey = 2,56 m  
Fi Lamy T.P. = 2,34 m

<b>CRT 7187</b>		<b>ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES</b>			
ED: 1°	LE: 25-8-62	DES: L. TRENOU	VISA:	TUBEN°	M

Cette mire doit être lisible dans son intégralité  
Pour A0 et A1: ABERPFTHLIJDOCGOUVWMSZXY  
zsaeocmuvnw xir fkhbdpgqjlt 7142385690  
Pour A2 A3 A4: ABERPFTHLIJDOCGOUVWMSZXY  
zsaeocmuvnw xir fkhbdpgqjlt 7142385690



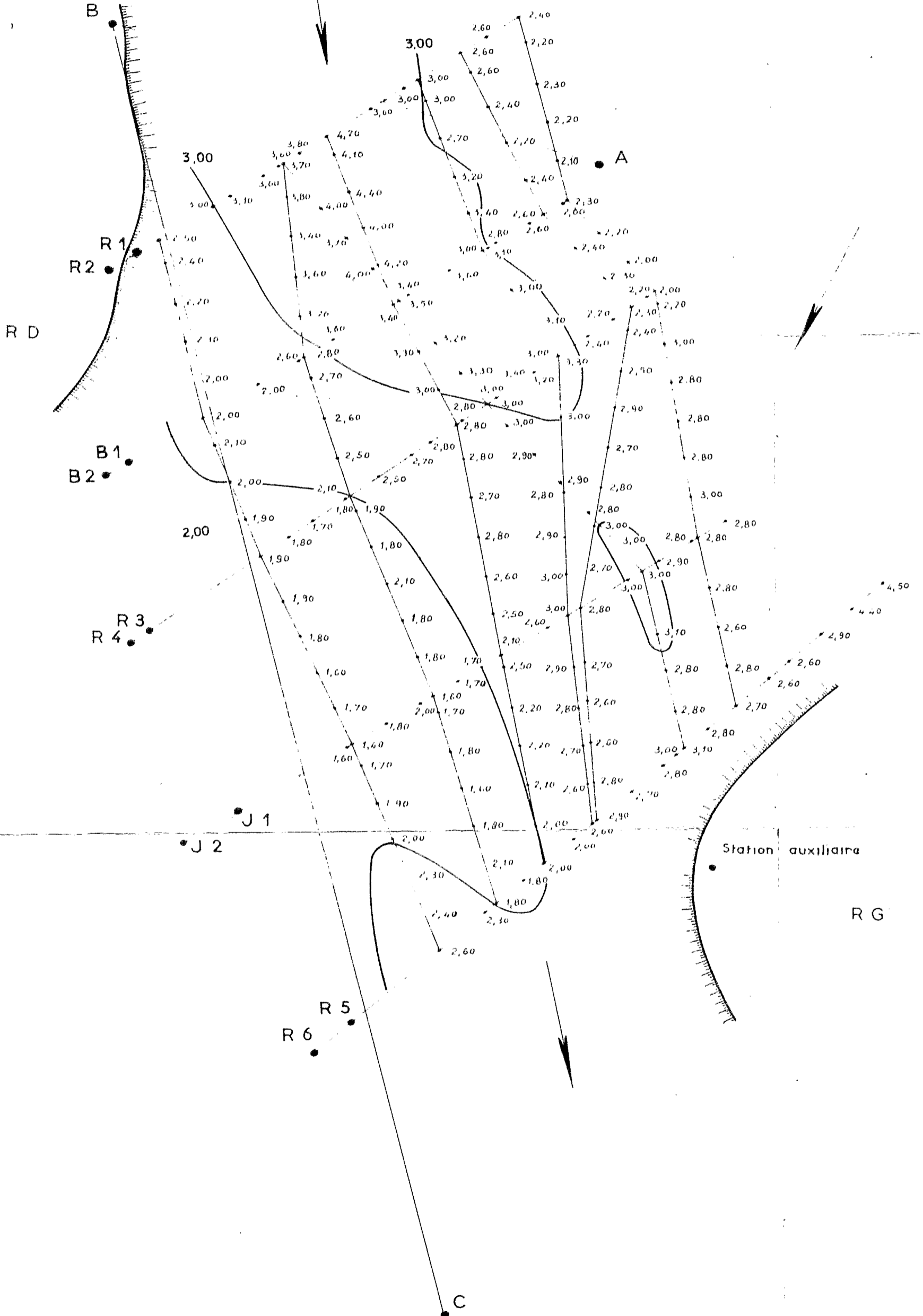
SEUIL M à 4 km  
en amont de DOUGUIA-29-7-62

ECH 1/2000

NORD

Echelles de crue Gouffey = 2,87  
Dougouia = 2,44

AMONT



CRT 7188

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1°	LE: 25-8 62	DES: L. TRENOU	VISA:	TUBE N°	H
--------	-------------	----------------	-------	---------	---