

OFFICE DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE  
OUTRE-MER

CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

SECTION D'HYDROLOGIE

EVALUATION DE LA RUE CENTENAIRE

DU SAHRARA A SANDA

NOV 1961

PUBLICATION N°

61 40

CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

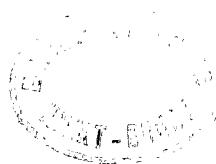
SECTION HYDROLOGIE

VALUATION DE LA RUE CENTENAIRE

DU 1<sup>er</sup> AVRIL 1960 A 31/12/1960

(Réestimation à la suite de la forte crue de 1961)

B. BILLON



D.8  
A.L.  
Novembre 1961

12.9 NOV 1961

N° 61-46

4133 2/1

Cette étude est faite par anticipation sur le programme de la convention qui sera passée ultérieurement avec la Direction des Travaux Publics du Tchad pour "Données de bases hydrologiques pour des projets de ponts", F.A.C. 1961 (pour la campagne 1962).

Les dépenses afférentes à la présente étude seront donc imputées ultérieurement sur les crédits de cette convention.

I - RAPPEL DES ETUDES ANTERIEURES A 1961.-

Le programme de la convention signée en 1960 entre les Travaux Publics et l'O.R.S.T.O.M. prévoyait, entre autres choses, l'étude de la traversée du Bahr SARA dans la région de FORT-ARCHAMBAULT.

Trois emplacements étaient envisagés pour l'établissement d'un pont, soit d'amont en aval : NGABOU, DOBA-KEMRIMBE et MANDA. En 1960 les prospections et mesures ont porté surtout sur les deux premiers emplacements. Le site de MANDA ne faisait pas partie du programme des études, nous y avons néanmoins effectué des mesures de vitesses et débits.

Bien que la crue 1960 ait été peu importante, cette première campagne permettait d'éliminer l'emplacement situé le plus à l'amont : NGABOU. En effet, une petite partie de l'ancienne digue était seule utilisable et nécessitait en outre une surélévation importante pour ne pas être submergée en forte crue. D'autre part la largeur du lit imposait un ouvrage beaucoup plus important qu'à KEMRIMBE ou MANDA.

La comparaison des sections du chenal principal des deux autres emplacements donnait, pour une cote à MANDA de 4,64 m :

.../...

STATIONS	Débit m <sup>3</sup> /s	V. max. m/s	V. moy. m/s	Largeur m	Profondeur moyenne en m
MANDA	1600	1,36	0,99	286	5,65
DOBA	1420	1,44	0,93	266	5,76

Les caractéristiques sont donc assez voisines. Notons que, à DOBA-KEMRIMBE, un bras secondaire parallèle au chenal principal, large de 60 m environ, débitait 130 m<sup>3</sup>/s pour une cote de 7,55 m par rapport à la borne hydro du village de DOBA.

A MANDA, la section de jaugeage se trouvait à 50 m en amont du bac et sa largeur est inférieure à ce que l'on trouve au droit du bac, soit un peu plus de 300 m.

Avant 1960 des mesures de débit avaient été faites jusqu'à la cote 3,95 m (échelle de MANDA). En 1960 la crue n'était pas très forte et des mesures étaient faites à 4,64 m.

Pour estimer ce qui se passait au cours d'une crue centenaire (cote 6,54 m) il fallait donc extrapoler les résultats sur près de 2 m, ce qui était tout de même un peu aléatoire et devait être confirmé par des mesures faites en très hautes eaux.

.../...

II - 1961 : TOURNEE DU 24 AU 27 OCTOBRE.-

En 1961 l'absence de crédits d'études ne permettait pas de signer une nouvelle convention. Mais la crue 1961 était très forte; aussi dès le retour des Hydrologues de l'O.R.S.T.O.M. en mission dans l'Est du Tchad, le Service des Travaux Publics demandait-il à l'O.R.S.T.O.M. d'effectuer des mesures de débit à MANDA et DOBA-KEMRIMBE.

Les routes étant coupées, le seul moyen d'accès rapide à FORT-ARCHAMBAULT était l'avion. Malgré le coût élevé de cette mission (90.000 F. C.F.A.) celle-ci était tout de même décidée en raison de son importance. Le matériel de mesures fut fourni par l'O.R.S.T.O.M. et la baleinière et une partie du personnel africain par les Travaux Publics de FORT-ARCHAMBAULT.

La tournée s'est déroulée selon le programme prévu :

24 Octobre - Arrivée à FORT-ARCHAMBAULT - Préparation de la baleinière - Voyage en baleinière de FORT-ARCHAMBAULT à MANDA.

25 Octobre - Jaugeage du chenal principal du Bahr SARA à MANDA - Jaugeage du Bahr SARA à DOBA-KEMRIMBE.

26 Octobre - Jaugeage de la plaine d'inondation à MANDA et des ouvrages de la digue.

27 Octobre - Retour à FORT-ARCHAMBAULT et FORT-LAMY.

.../...

MANDA.-

La crue du Chari à FORT-ARCHAMBAULT a été vraiment exceptionnelle en 1961 puisqu'elle dépasse de 0,65 m la crue de 1955. (Relevés des mois d'Octobre 1955 et Octobre 1961 page 6)

Par contre la crue du Bahr SARA a été très forte sans toutefois dépasser la crue de 1955. (Relevés page 7)

Si nous classons les plus fortes crues connues, nous avons :

Années	1955	1961	1954	1956	1960
Cote maxima MANDA	6.32	6.17	5.67	5.64	5.34
Débits en m <sup>3</sup> /s	3140	2970	2430	2390	2095
Etalonnage 1961					

Le maximum de la crue a eu lieu le 10 Octobre avec 6,17 m à l'échelle. La décrue s'est amorcée immédiatement mais assez lentement et lorsque nous avons fait les jaugeages le 25 Octobre la cote était à 5,88 m.

.../...

- Le Chari à FORT-ARCHAMBAULT -

Relevés d'échelles

JOURS	OCTOBRE 1955	OCTOBRE 1961
1	4.70	5.56
2	4.73	5.62
3	4.78	5.70
4	4.82	5.71
5	4.85	5.86
6	4.90	5.92
7	4.95	6.00
8	5.03	6.04
9	5.10	6.08
10	5.16	6.14
11	5.25	6.18
12	5.31	6.20
13	5.38	6.22
14	5.43	6.26
15	5.48	6.28
16	5.54	6.28
17	5.57	6.28
18	5.60	6.28
19	5.62	6.26
20	5.63	6.24
21	5.63	6.22
22	5.63	6.20
23	5.61	6.18
24	5.60	6.14
25	5.58	6.10
26		
27		
28		
29		
30		
31		



- Le Bahr SARA à MANDA -

Relevés d'échelles

JOURS	1955		1961	
	SEPTEMBRE	OCTOBRE	SEPTEMBRE	OCTOBRE
1	4.80	5.80	3.70	5.89
2	4.90	5.90	3.86	5.92
3	4.90	6.00	3.90	5.95
4	4.90	6.02	3.98	5.99
5	5.00	6.05	4.09	6.00
6	5.00	6.10	4.17	6.04
7	5.00	6.20	4.25	6.09
8	5.00	6.20	4.34	6.10
9	5.00	6.20	4.40	6.13
10	5.00	6.21	4.49	6.15
11	5.00	6.21	4.57	6.14
12	5.00	6.22	4.65	6.13
13	5.00	6.23	4.73	6.12
14	5.00	6.30	4.80	6.10
15	5.00	6.30	4.88	6.00
16	5.01	6.32	4.99	5.90
17	5.02	6.34	5.10	5.99
18	5.05	6.30	5.18	5.98
19	5.09	6.29	5.26	5.97
20	5.20	6.28	5.30	5.96
21	5.20	6.28	5.38	5.95
22	5.25	6.27	5.40	5.94
23	5.28	6.27	5.47	5.92
24	5.28	6.27	5.56	5.90
25	5.30	6.26	5.60	5.88
26	5.35		5.68	
27	5.40		5.70	
28	5.65		5.78	
29	5.70		5.82	
30	5.80		5.86	
31				

Nous avons obtenu :

A/ Chenal principal (Section à l'emplacement du bac)

Hauteur à l'échelle	H = 5,88 m
Débit mesuré	Q = 2280 m <sup>3</sup> /s
Largeur	L = 310 m
Profondeur moyenne	6,80 m
Vitesse moyenne	1,08 m/s
Vitesse maxima	1,58 m/s

La répartition des vitesses est donnée sur le graphique page 9.

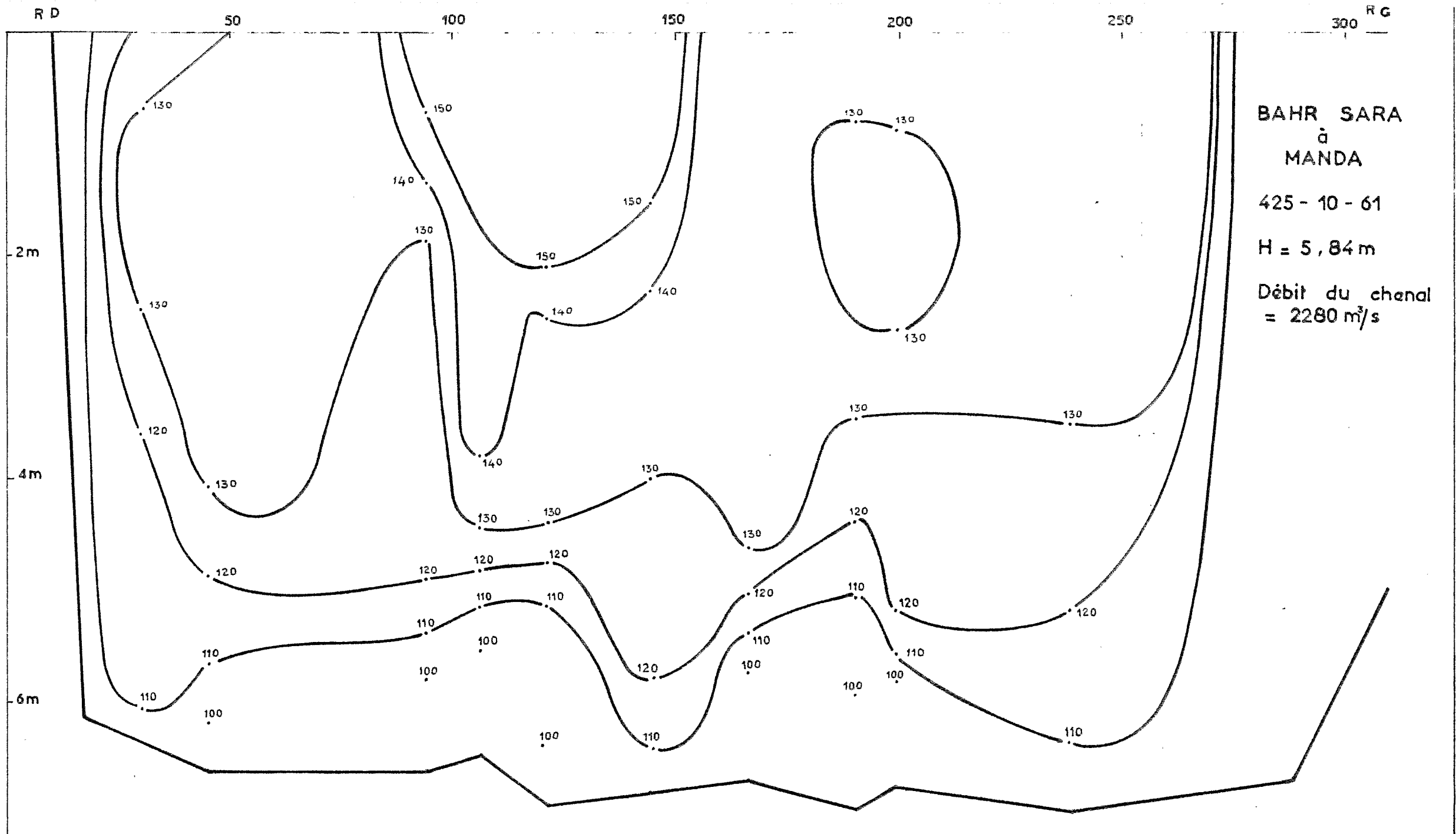
B/ Déversements sur la digue -

Le zéro des distances est pris au droit de la pancarte "Bahr SARA" sur le bord de la rive gauche.

De km 0,0 à km 0,450	Débit	<u>58 m<sup>3</sup>/s</u>
	Hauteur d'eau maxima au-dessus de la digue	0,60 m
	Hauteur d'eau moyenne	0,23 m
	Vitesse maxima	1,22 m/s
	Vitesse moyenne	0,56 m/s

Km 0,450 à 0,600                      Digue exondée

.../...



BAHR SARA  
à  
MANDA

425 - 10 - 61

$H = 5,84 \text{ m}$

Débit du chenal  
 $= 2280 \text{ m}^3/\text{s}$

Km 0,600 à 0,740	Débit	<u>11 m<sup>3</sup>/s</u>
	Hauteur d'eau maxima au-dessus de la digue	0,28 m
	Hauteur d'eau moyenne	0,14 m
	Vitesse maxima	0,96 m/s
	Vitesse moyenne	0,55 m/s

Km 0,740 à 0,900                      Digue exondée

Km 0,900 à 1,330	Débit	<u>33 m<sup>3</sup>/s</u>
	Hauteur d'eau maxima au-dessus de la digue	0,19 m
	Hauteur d'eau moyenne	0,14 m
	Vitesse maxima	1,16 m/s
	Vitesse moyenne	0,55 m/s

Km 1,330 à 1,420                      Digue exondée

Km 1,420 à 1,560	Débit	<u>18 m<sup>3</sup>/s</u>
	Hauteur d'eau maxima au-dessus de la digue	0,25 m
	Hauteur d'eau moyenne	0,15 m
	Vitesse maxima	1,61 m/s
	Vitesse moyenne	0,80 m/s

Km 1,560 à 1,620                      Digue exondée

.../...

Km 1,620 à 2,300	Débit	<u>33 m<sup>3</sup>/s</u>
	Hauteur d'eau maxima au-dessus de la digue	0,60 m
	Hauteur d'eau moyenne	0,32 m
	Vitesse maxima	1,05 m/s
	Vitesse moyenne	0,15 m/s
Km 2,300 à 2,530	Débit	<u>70 m<sup>3</sup>/s</u>
	Hauteur d'eau maxima au-dessus de la digue	0,63 m
	Hauteur d'eau moyenne	0,45 m
	Vitesse maxima	1,01 m/s
	Vitesse moyenne	0,68 m/s
Km 2,530 à 2,690	Digue exondée	
Km 2,690 à 2,780	Débit	<u>17 m<sup>3</sup>/s</u>
	Hauteur d'eau maxima au-dessus de la digue	0,40 m
	Hauteur d'eau moyenne	0,21 m
	Vitesse maxima	1,51 m/s
	Vitesse moyenne	0,90 m/s

Entre le pont de GUERE et le village de GUERE la digue est encore inondée sur plusieurs centaines de mètres mais les vitesses sont très faibles - inférieures à 5 cm/s, les profondeurs d'eau également faibles; le débit déversé est négligeable.

Le débit déversé au-dessus de la digue s'élève donc au total à :

220 m<sup>3</sup>/s

.../...

C/ Débit des ouvrages de la digue -

Nous avons jaugé successivement :

1<sup>o</sup> - 5 ponceaux ayant une section totale de 44 m<sup>2</sup>.

Vitesse maxima	1,29 m/s
Vitesse moyenne	0,70 m/s
Débit des 5 ouvrages	<u>30 m<sup>3</sup>/s</u>

Ces ouvrages fonctionnaient en charge avec formation d'un puissant vortex à l'entrée.

Pendant le maximum de la crue ils ont été entièrement recouverts par les eaux.

2<sup>o</sup> - 2 buses de grande section (2 x 5 m<sup>2</sup>).

Débit des buses	<u>11,5 m<sup>3</sup>/s</u>
Vitesse maxima	1,38 m/s
Vitesse moyenne	1,15 m/s

Les buses fonctionnaient également en charge.

3<sup>o</sup> - Pont du km 1,600 (environ).

Débit	<u>36 m<sup>3</sup>/s</u>
Vitesse maxima	1,77 m/s
Vitesse moyenne	1,20 m/s

Ce pont est constitué de 2 travées de 5 mètres, fers à I et platelage bois. Le niveau d'eau se situait à 30 cm au-dessous du platelage. Le pont a été submergé au cours du maximum de la crue.

.../...

4° - Pont du km 2,900 (environ).

Débit	<u>25 m<sup>3</sup>/s</u>
Vitesse maxima	1,48 m/s
Vitesse moyenne	0,83 m/s

Ce pont n'a pas été submergé au cours de la crue.

5° - Pont de GUERE.

Débit	<u>91 m<sup>3</sup>/s</u>
Vitesse maxima	1,84 m/s
Vitesse moyenne	1,14 m/s
<u>Débit des ouvrages</u>	: <u>193 m<sup>3</sup>/s</u>

Pour l'ensemble du Bahr SARA nous obtenons :

Chenal	2280 m <sup>3</sup> /s
Débit au-dessus de la digue	220 m <sup>3</sup> /s
Ouvrages	<u>190 m<sup>3</sup>/s</u>
Total	: <u>2690 m<sup>3</sup>/s</u> =====

Niveaux dans la plaine -

Entre le 10.10.61 et le 25.10.61 nous avons à  
MANDA (échelle) une baisse de niveau de :

$$6,17 - 5,88 = \underline{0,29 \text{ m}}$$

.../...

Entre les PHE et le 25.10.61 nous notons que près du pont de GUERE l'eau a baissé de : 0,31 m.

Le niveau d'eau dans la plaine semble suivre d'assez près les niveaux d'eau de l'échelle de MANDA.

### III - EVALUATION DES CARACTERISTIQUES DE LA CRUE CENTENAIRE.-

Dans le rapport "Données de bases hydrologiques pour des projets de ponts" campagne 1960, l'estimation des caractéristiques de la crue centenaire avait été faite en partant des résultats obtenus pour des jaugeages effectués jusqu'à la cote 4,64 m, résultats qu'il fallait extrapoler jusqu'à la cote 6,54 m, ce qui représente une extrapolation importante.

Le jaugeage effectué à la cote 5,88 m va nous permettre d'évaluer avec plus de précision les caractéristiques de la crue centenaire.

Débit :

L'extrapolation de la courbe d'étalonnage montre que pour la cote 6,54 m le débit est maintenant de :

3400 m<sup>3</sup>/s

Nous l'avons évalué à 3300 m<sup>3</sup>/s en 1960, l'écart n'est donc pas très important : 3 %. (Graphique page 16)

.../...



Vitesse maxima :

Nous l'avions évaluée à 1,60 m/s en admettant que les vitesses subissent un fléchissement puisqu'elles sont fonction de la racine carrée du rayon hydraulique. En fait, nous constatons qu'en hautes eaux elles varient presque linéairement. (Graphique page 18)

L'extrapolation nous donne 1,68 m/s. Nous prendrons comme vitesse maxima pour la crue centenaire :

1,70 m/s

L'écart avec l'évaluation faite en 1960 reste petit (6 %).

Vitesse moyenne :

Même remarque que pour la vitesse maxima : la courbe de vitesse moyenne reste assez tendue alors que nous pensions qu'elle fléchirait davantage.

Avec cette nouvelle courbe nous obtenons pour la crue centenaire une vitesse moyenne de :

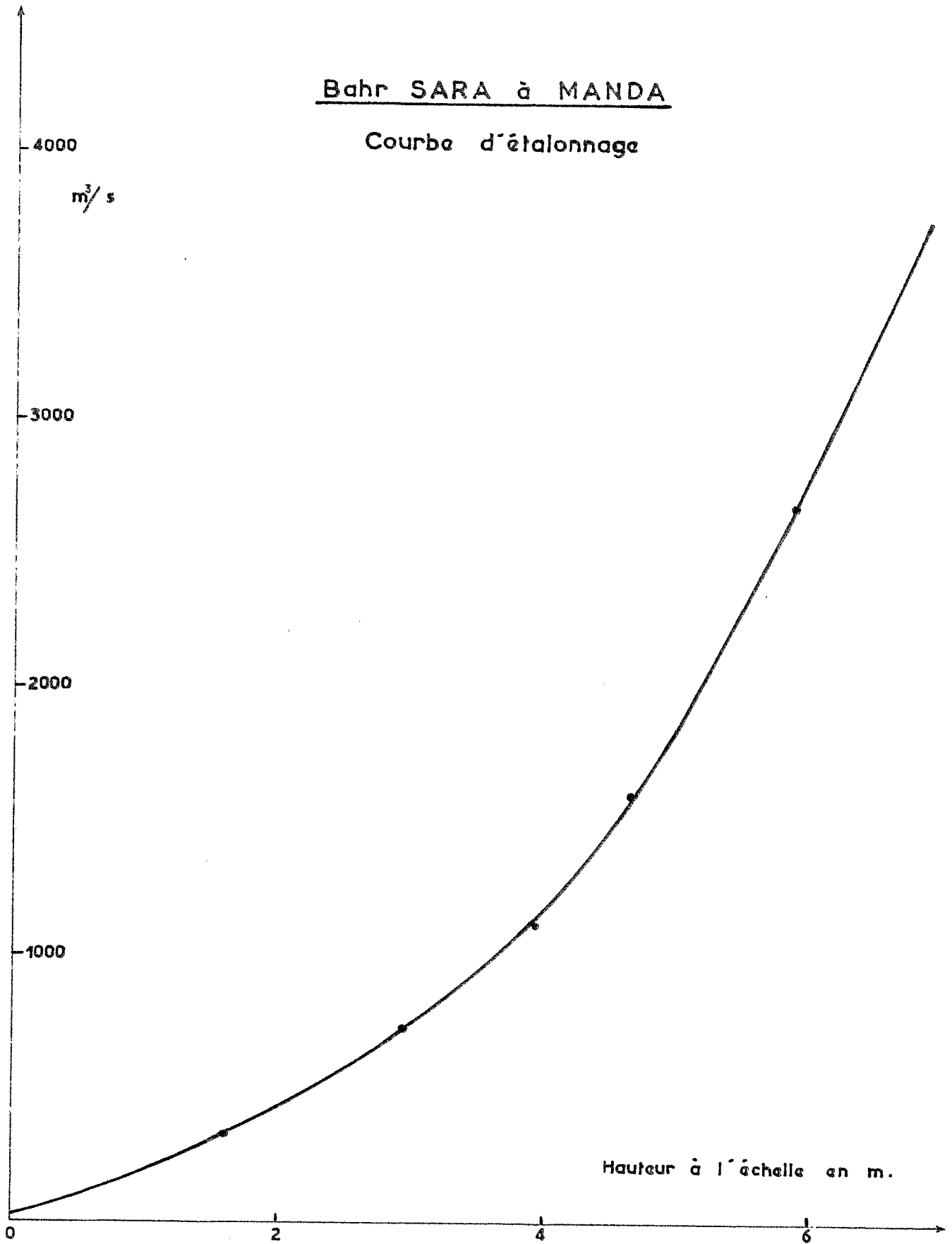
1,25 m/s

L'écart avec l'évaluation faite en 1960 est de 8 %.

.../...

Bahr SARA à MANDA

Courbe d'étalonnage



CRT 7077

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1 <sup>o</sup>	LE: 7-11-61	DES: L. TRENOU	VISA:	TUBE N°	H
--------------------	-------------	----------------	-------	---------	---

Nous aurons donc pour la crue centenaire :

H	6,54 m
Débit	3400 m <sup>3</sup> /s
Vitesse maxima	1,70 m/s
Vitesse moyenne	1,25 m/s

Les vitesses s'entendent pour le chenal seul.

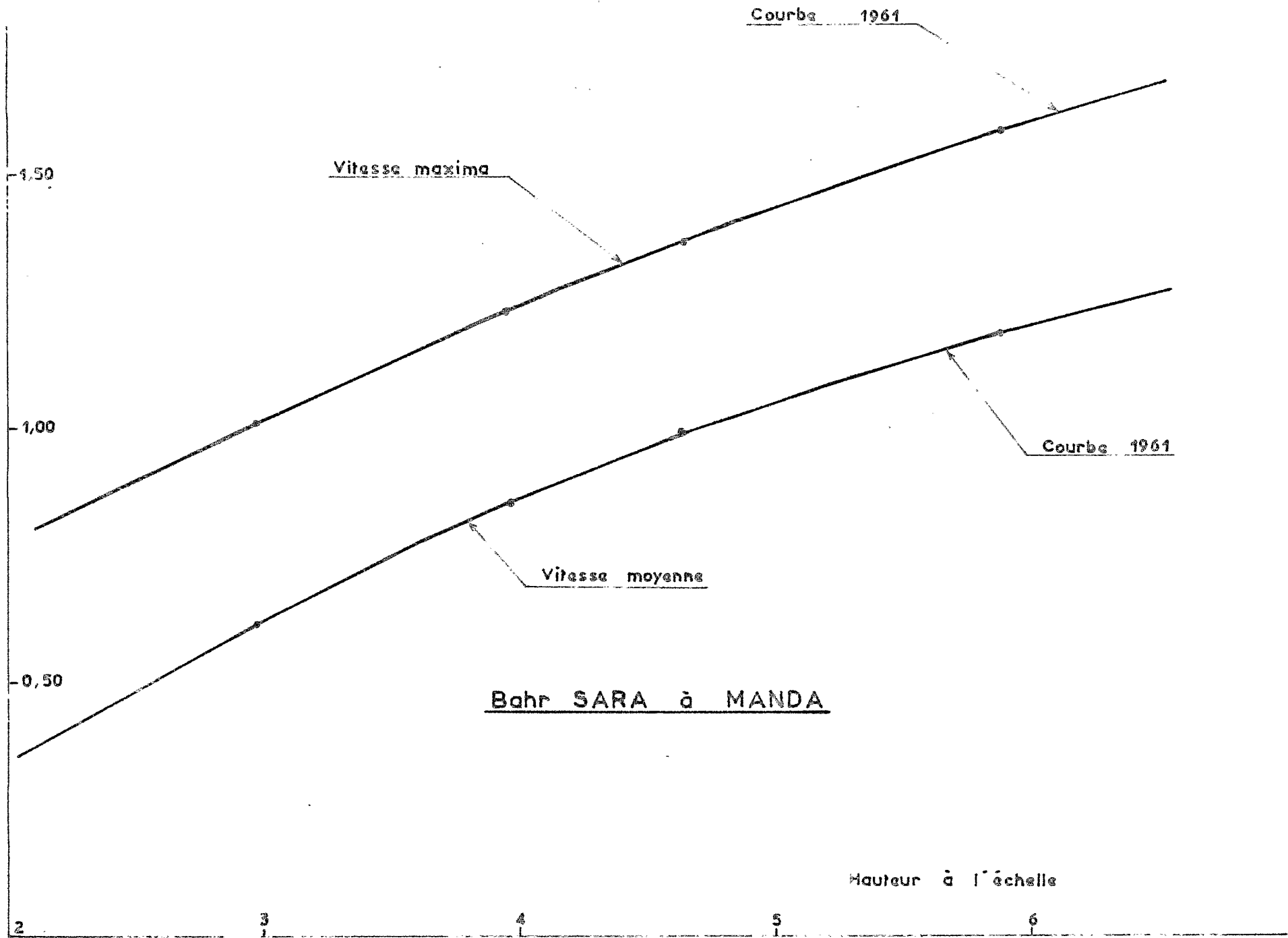
#### IV - DOBA - KEMRIMBE.-

Le jaugeage effectué le 25 Octobre à DOBA n'a concerné que le chenal principal.

Nous n'avions pas les moyens matériels de jauger la plaine d'inondation; d'ailleurs dans la grande majorité des cas ces mesures sont extrêmement difficiles et délicates, souvent même impossibles en raison de la très grande longueur de la section, de son encombrement par les herbes et les arbres et des très faibles vitesses que nous y trouvons.

Dans le cas de DOBA-KEMRIMBE nous avons la chance de pouvoir évaluer de façon assez précise le débit total du Bahr SARA; en effet c'est le même que celui de MANDA puisqu'aucun affluent n'aboutit au Bahr SARA entre MANDA et DOBA en dehors d'un petit marigot situé immédiatement à l'aval de DOBA et dont le débit n'excède pas 5 m<sup>3</sup>/s. Il est facile de mesurer le débit du chenal principal à DOBA et nous aurons par différence le débit de la plaine d'inondation.

.../...



CRT 7080

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES					
ED 1°	LE. 7-11-61	DES: L. TRENOU	VISA:	TUBE N°	H

Les résultats obtenus sont, pour une cote de 8,45 m par rapport à la borne hydro cotée 10.00 :

H	8,45 m
Débit	<u>1870 m<sup>3</sup>/s</u>
Vitesse maxima	1,69 m/s
Vitesse moyenne	1,05 m/s
Profondeur moyenne	6,60 m

Le bras secondaire a été évalué par rapport au jaugeage effectué le 8 Septembre 1960 à 170 m<sup>3</sup>/s.

Le débit de la plaine d'inondation est donc de 2690 - (1870 + 170), soit

$$\underline{650 \text{ m}^3/\text{s}}$$

La plaine inondée n'étant pas barrée par une digue, le débit est plus important qu'à MANDA où la route en remblais créait une perte de charge de 0,20 m environ.

Lors du jaugeage du 8.9.1960 la section de la plaine d'inondation était de 5200 m<sup>2</sup>. Avec une cote de 8,45 m la section mouillée passe à 8000 m<sup>2</sup> et la vitesse moyenne de l'eau dans la plaine d'inondation est de :  $\frac{470 \text{ m}^3/\text{s}}{8000}$  soit

$$\underline{0,06 \text{ m/s}}$$

Crue centenaire :

Le débit, comme nous l'avions admis, est celui de la crue centenaire à MANDA, soit 3400 m<sup>3</sup>/s.

.../...

Nous avons vu dans le rapport "Données de base pour des projets de ponts" que le niveau d'eau, pour les hautes eaux, montait moins vite à DOBA-KEMRIMBE qu'à MANDA. L'observation des maxima atteints en 1961 le confirme. En effet, nous avons :

Dates	8.9.60	PHE 60	PHE 61	25.10.61
Phase de la crue	Etale	Etale	Etale	Décruce
MANDA	4.62	5.34	6.17	5.88
DOBA - KEMRIMBE	7.55	8.17	8.78	8.45

Entre les PHE 60 et PHE 61, nous avons un écart de :

- 0,83 m à MANDA
- 0,61 m à DOBA-KEMRIMBE

Le graphique page 21 montre la variation des niveaux entre MANDA et DOBA-KEMRIMBE. Le 25.10.61 le point se trouve en dessous de la droite, ce qui est normal puisque le fleuve était en décrue ce jour là : la cote plus basse à DOBA qu'à MANDA.

L'extrapolation de la courbe donne pour la crue centenaire la cote de 9,17 m; nous prendrons :

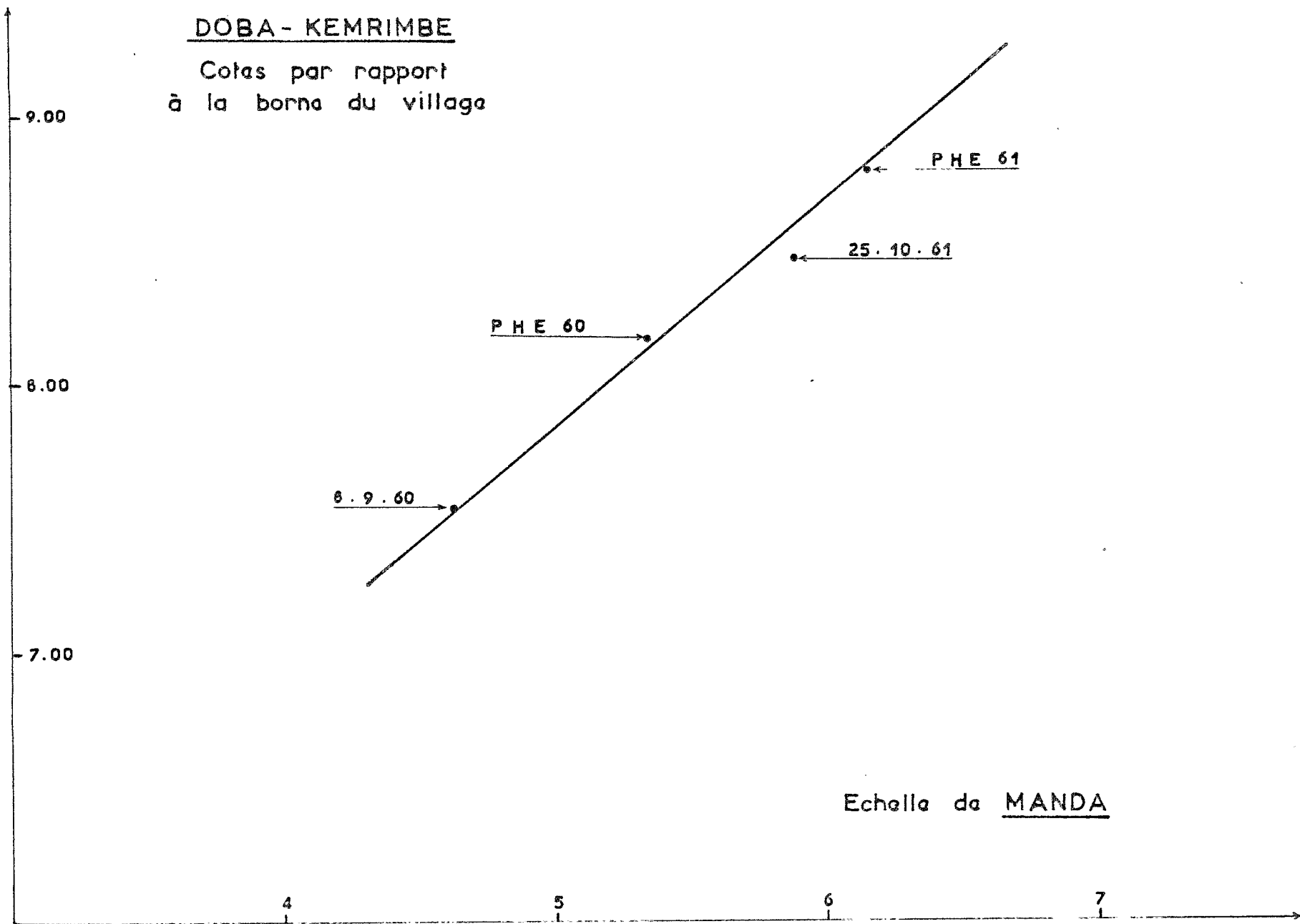
9,20 m

En 1960 nous avons évalué cette cote à : 9,30 m.

.../...

DOBA - KEMRIMBE

Cotes par rapport  
à la borne du village



Echelle de MANDA

CRT 7078

ORSTOM - CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ED: 1°

LE: 7-11-61

DES: L. TRENOU

VISA:

TUBE N°

H

A la cote 8,78 m le village de DOBA est inondé et ses habitants l'ont abandonné. Ils y reviendront dès que le niveau d'eau aura suffisamment baissé.

Vitesses maxima et moyenne :

Nous observons le même phénomène qu'à MANDA. Les vitesses, en fonction des hauteurs, ont augmenté un peu plus rapidement que nous ne l'avions estimé, et pour la crue centenaire elles sont évaluées respectivement à 1,80 m/s pour la vitesse maxima et 1,15 m/s pour la vitesse moyenne, contre 1,70 m/s et 1,10 m/s, évaluations faites en 1960.

En résumé, nous aurons :

Cote maxima	9,20 m
Débit	3400 m <sup>3</sup> /s
Vitesse maxima	1,80 m/s
Vitesse moyenne	1,15 m/s