

REPUBLIQUE DU NIGER
MINISTERE DE L'HYDRAULIQUE
ET DE L'ENVIRONNEMENT

DIRECTION DES RESSOURCES
EN EAU

LE NIGER A KANDADJI

ETALONNAGE DES STATIONS
DU MODELE D'ENTREE

R. GALLAIRE
P. RIBSTEIN

ORSTOM Octobre 1984

PRESENTATION

Dans le cadre de l'étude de faisabilité du barrage de KANDADJI, il était prévu la mise au point d'un modèle de l'ouvrage.

L'objet de ce rapport est la présentation de l'étalonnage des différentes sections d'entrée, pour lesquelles l'échelle Amont a été prise comme référence.

La plupart des mesures ont été effectuées en 1982 par les équipes ORSTOM dirigées alternativement par R. GALLAIRE ET P. RIBSTEIN auxquelles se sont associées à plusieurs reprises les équipes de la Direction des Ressources en Eau .

Ce document est rédigé par R. GALLAIRE.

LE CHOIX DES SECTIONS DE MESURES :

L'aménageur ayant fixé sur carte la position approximative de l'entrée du modèle sous la forme d'une ligne de direction SW - NE prenant naissance au Sud ouest du relief résiduel tabulaire de l'OUROUBA il convenait de déterminer sur cette ligne, ou le plus près possible, les sections jaugeables des hautes aux basses eaux, ou paraissant telles !

Opération peu commode et qui a nécessité une prospection des profils optimums en particulier au niveau du bras 3. Quatre sections hydrologiquement peu satisfaisantes ont finalement été retenues sur ce site imposé. La figure 1 présente la position des différentes sections.

LE MATERIEL ET LES MESURES :

Au cours de la plupart des opérations de terrain 2 équipes de jaugeage ont travaillé simultanément sur les 6 sections déterminées :

- . 4 sections à l'amont sur l'entrée du modèle
- . 2 sections au niveau de l'échelle aval, lieux de contrôle normal des débits à KANDADJI. (fig. 1)

La grande section aval et les sections S_1 et S_3 ont été jaugées grâce au cercle hydrographique; les sections plus réduites, aval et S_2 , S_4 , ont été jaugées à partir d'un câble matérialisant la section. Toutes les mesures ont été effectuées aux moulinets OTT C_{31} ou Neyrtec montés sur saumons de 25 ou 23 kg mis en action sur potences installées à bord de Zodiacs.

Les hélices le plus couramment employées avaient un pas de 0,25 (les vitesses excédant peu 1 m/s en hautes eaux), un pas de 0,125 en basses eaux.

Etant donné le nombre de jaugeage (6) à effectuer chaque fois les mesures ont toujours été menées sur 2 jours; le contrôle aval étant généralement effectué le premier jours, l'entrée du modèle étant jaugée le second.

Neuf ensembles de jaugeages ont ainsi été entrepris sur le site dont

- 1 en 1981, incomplet
- 7 en 1982, 3 étant incomplets,
- 1 en 1983

Le tableau 1 présente la liste des mesures effectuées à partir desquelles ont été établies les courbes d'étalonnage des figures 2, 3, 4, 5.

Enfin les tableaux 2 à 5 présentent les caractéristiques hydrauliques des différentes sections pour chacune des mesures effectuées.

COMMENTAIRES :

- La double mesure des 4 bras à l'amont et des 2 bras aval avait pour but de vérifier la cohérence des débits mesurés à l'entrée du modèle par rapport à ceux de la section normalement jaugée. La relation $Q_{CA} = \sum Q_S$ devant être vérifiée -

avec :

$$Q_{CA} = \text{Débit de Contrôle Aval}$$
$$\sum Q_S = Q_{S1} + Q_{S2} + Q_{S3} + Q_{S4}$$

L'observation du tableau 1 montre que la double mesure n'a en fait été réalisée que lors de 5 opérations sur les 9.

Dans tous les cas le $\sum Q_S$ est supérieur au Q_{CA}

Dans 2 cas cette différence $\sum Q_S / Q_{CA}$ apparait cohérente dans la mesure où les cotes des jaugeages différaient d'un jour sur l'autre :

- le 2/2/82 en décrue les 4 bras du modèle ont été jaugés à la cote 475. Le lendemain le contrôle aval était effectué à la cote 470.
- le 2/12/82 en fin de phase de crue le contrôle aval a eu lieu la veille, ce qui est suffisant pour expliquer la différence de $35 \text{ m}^3/\text{s}$ entre les 2 mesures.

D'une manière générale il est à remarquer que la différence entre les deux types de mesure n'excède pas 5,5 % puisque les 7 % du 2/2/82 correspondent à une différence de cote de 5 centimètres. Mise à part l'imprécision inhérente à ce type de mesure, qui peut atteindre 5 à 6 %, la grande variabilité des fonds rocheux peut expliquer les différences enregistrées.

En basses eaux l'observation du paysage extrêmement tourmenté des profils fait ressortir que le moindre décalage dans l'installation des balises au niveau des 3 grandes sections au cercle, Aval et Amont, peut engendrer des différences très sensibles de section mouillées. (La recherche d'un bon étalonnage, sur ces sections imposées, de médiocre qualité hydrologique, obligeait les équipes à décaler ne serait-ce que de quelques mètres la position de la section, d'un jaugeage à l'autre, en fonction de la cote à l'échelle, afin d'éviter les affleurement rocheux.) Plus important encore, l'allure du profil en travers qui est fonction de la position des différentes verticales, dont le nombre est compris entre 12 et 20 suivant la largeur des sections. Il est évident que l'on ne peut attendre une même précision sur une section de 400 mètres (Contrôle Aval) où l'on effectue 16 à 20 verticales, et sur une section de 30 mètres (S_2) où l'on effectue 8 à 10 verticales. (Le positionnement des verticales sur les grandes sections ne peut être programmé précisément, car il dépend de l'appréciation des distances du pilote du bateau.)

En fonction de ces conditions peu favorables on peut donc considérer qu'un écart de 3 à 5 % entre les débits Amont et le contrôle Aval ne puisse constituer une incohérence,

- Ces mesures de débits (6 à 9, suivant les sections) produisent, liées aux hauteurs d'eau, des courbes d'ajustement autour desquelles la dispersion des points reste faible; mis à part peut-être la courbe de la figure 2 (bras 1) pour laquelle une certaine incertitude existe en moyennes hautes eaux,

- Les tableaux 2 à 5 présentent les caractéristiques hydrauliques principales de chacune des sections, dégagées à partir des 7 jaugeages effectués; à savoir :

- la section mouillée : S_m
- le périmètre mouillé : P_m
- la vitesse moyenne dans la section : U
- la vitesse moyenne de surface V_m S

- le rapport $K = \frac{U}{V_m S}$
- le coefficient de MANNING $K \sqrt{i}$
- le rayon hydraulique $R_h = \frac{S_m}{P_m}$ qui peut être assimilé sur ce genre de section où la largeur est très supérieure à la profondeur, à la profondeur moyenne.

Ainsi les figures 6 à 9 illustrent-elles l'évolution des différentes caractéristiques en fonction des hauteurs à l'échelle Amont.

Le tracé des courbes a parfois présenté quelques difficultés en raison de l'inégale répartition des points et de la faible représentation des points de moyennes et basses eaux qui sont souvent déterminants dans la direction de la courbe; ex : $P_m = f(H)$ de la figure 8.

Quelques points apparaissent aberrants; sur la figure 6, 2 valeurs du rayon hydraulique, sur la figure 7 une valeur de k et de $K \sqrt{i}$...

Ces anomalies sont liées le plus souvent à une légère variation dans l'emplacement de la section jaugee.

Ainsi pour la section 3 le jaugeage du 9/3/1982 est-il effectué en 2 bras, ce qui n'a pas permis la détermination des caractéristiques souhaitées.

Compte tenu de tous ces aléas, les représentations n'apparaissent pas toujours aussi précises qu'on aurait pu les espérer en fonction de la bonne qualité des courbes d'étalonnage.

Néanmoins il semble que dans l'ensemble l'évolution des tracés soit représentatif d'un comportement hydraulique "cohérent" .

CONCLUSION :

Malgré le nombre relativement restreint de mesures, on peut considérer que l'objectif qui était de produire un premier étalonnage des bras d'entrée du modèle est atteint. Il aurait néanmoins été utile de posséder quelques mesures complémentaires en moyennes et surtout basses eaux sur les 4 sections. Le fait que les sites de jaugeage aient été imposés explique le flou qui est apparu parfois dans la détermination des caractéristiques hydrauliques des sections plutôt médiocres.

Le site de KANDADJI étant essentiellement rocheux, on peut être tenté de penser que l'étalonnage de ces 4 bras restera stable; c'est sans doute vrai pour les deux plus petites sections S_2 et S_4 dont les lits sont entièrement rocheux. Il conviendra d'être plus prudent pour les sections S_1 et S_3 pour lesquelles une observation des lits en très basses eaux montre la présence d'importants bancs de sable au milieu des chaos rocheux.

La mouvance de ces bancs sableux pouvant provoquer des détarages, comme il en a été constaté à l'aval au niveau de la station de contrôle.

TABLEAU N° 1

LE NIGER A KANDADJI
 Jaugeages effectués à l'entrée du modèle et
 contrôles Aval

DATE	H Amont cm	Q ₁ m ³ /s	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q TOTAL	Q Aval
19/3/81	280	-	-	-	16,5	-	
5/1/82	541	-	-	-	127	-	
14/1/82	525	726	35,1	731	119	1611	
2/2/82	475	603	18,9	531	82	1235	1150 (H=470)
16/2/82	409	393	7,7	359	63	823	800
9/3/82	310	151	0,11	(111)	28,6	(291)	291
27/10/82	496	600	25,2	-	91,7	-	
2/12/82	512	680	30	712	104	1526	1491
15/12/83	488	608	23,4	620	95,5	1347	1272

Q₁ = débit de la section 1

Q₂ = " " " " 2

Q₃ = " " " " 3

Q₄ = " " " " 4

Q TOTAL = Q_i

Q Aval = débit contrôlé à la section Aval

() = débit déduit

TABLEAU N° 2

CARACTERISTIQUES HYDRAULIQUES DE LA SECTION 1

pour différentes cotes à l'échelle

DATE	H (en m)	Q (en m ³ /s)	Largeur (en m)	S _m en (m ²)	P _m en (m)	U en (m/s)	V _{mS} (en m/s)	k = $\frac{U}{V_m S}$	K \sqrt{i}	Rh = $\frac{S_m}{L}$ (en m)
14/1/82	525	726	327	1114	327	0,652	0,749	0,871	0,29	3,41
2/2/82	475	603	322	1058	322	0,570	0,589	0,967	0,26	3,29
16/2/82	409	393	308,5	960	309	0,409	0,421	0,971	0,19	3,11
9/3/82	310	151	251	(930)	251	0,160	0,119	1,34	0,07	3,71
27/10/82	496	600	320	1050	320	0,582	0,628	0,926	0,27	3,28
2/12/82	512	680	326	1204	326	0,565	0,638	0,885	0,24	3,69
15/12/82	488	608	308	1010	308	0,602	0,612	0,98	0,27	3,28

H = Hauteur à l'échelle Amont

Q = Débit dans la section

L = Largeur de la section

S_m = Surface mouilléeP_m = Périmètre mouillé

V = Vitesse moyenne dans la section

V_{mS} = Vitesse moyenne en surface

K = Coefficient de MANNING - STRICKLER

L = La pente de la ligne d'eau

Rh = Rayon hydraulique

TABLEAU N° 3

CARACTERISTIQUES HYDRAULIQUES DE LA SECTION 2

DATE	H	Q	L	Sm	Pm	U	Vm S	K	$K\sqrt{i}$	R h
14/1/82	525	35,1	34	62	34,1	0,566	0,511	1,107	0,38	1,82
2/282	475	18,9	25	33,8	25	0,56	0,648	0,864	0,46	1,35
16/2/82	409	7,7	28	33,3	28	0,231	0,257	0,898	0,21	1,19
9/3/82	310	0,106	3,5	0,65	3,42	0,16	0,150	1,07	0,49	0,19
27/10/82	496	24,5	30,6	47,4	32	0,52	0,58	0,90	0,398	1,48
2/12/82	512	30,6	30,5	52	30,6	0,59	0,59	1,00	1,41	1,70
15/12/83	488	23,4	24,4	43	24,4	0,59	0,598	0,987	0,37	1,76

TABLEAU N° 4

CARACTERISTIQUES HYDRAULIQUES DE LA SECTION 3

DATE	H m	Q m ³ /s	Largeur m	Sm m ²	Pm m	U m/s	Vm S m/s	$K = \frac{U}{VmS}$	$K \sqrt{i}$	Rh = $\frac{Sm}{L}$ m
14/1/82	525	731	341,4	1139	341	0,560	0,600	0,933	0,289	3,34
2/2/82	475	531	402,7	(1232)	(402,6)	0,431	0,467	0,923	0,206	3,06
16/2/82	409	359	373	1042	374	0,344	0,375	0,916	0,175	2,79
9/3/82	310	91,9								
27/10/82	496	718	380	1156	380	0,621	0,764	0,81	0,298	3,04
2/12/82	512	712	378	1250	378	0,57	0,566	1,01	0,259	3,31
15/12/83	488	620	420	1144	421	0,542	0,597	0,908	0,278	2,72

+ Jaugeage effectué en deux bras -

TABLEAU N° 5

CARACTERISTIQUES HYDRAULIQUES DE LA SECTION 4

DATE	H	Q	L	S _m	P _m	U	V _m S	K	$K \sqrt{i}$	$R_h = \frac{S_m}{P_m}$
14/1/82	525	118,4	71	153	71,1	0,776	0,90	0,86	0,465	2,15
2/2/82	475	82	69	113	68,9	0,725	0,99	0,73	0,522	1,64
16/2/82	409	63	54,5	119	54,6	0,529	0,57	0,93	0,314	2,18
9/3/82	310	28,6	51	78	51	0,367	0,38	0,97	0,062	1,53
27/10/82	496	88,6	68	120	69,2	0,74	1,06	0,70	0,514	1,73
2/12/82	512	104	67	130	67	0,80	1,04	0,77	0,517	1,94
15/12/83	488	95,5	58	165	58,1	0,577	0,655	0,88	0,291	2,84

LE NIGER A KANDADJI

Echelle: 1 / 10.000

Site des échelles limnimétriques

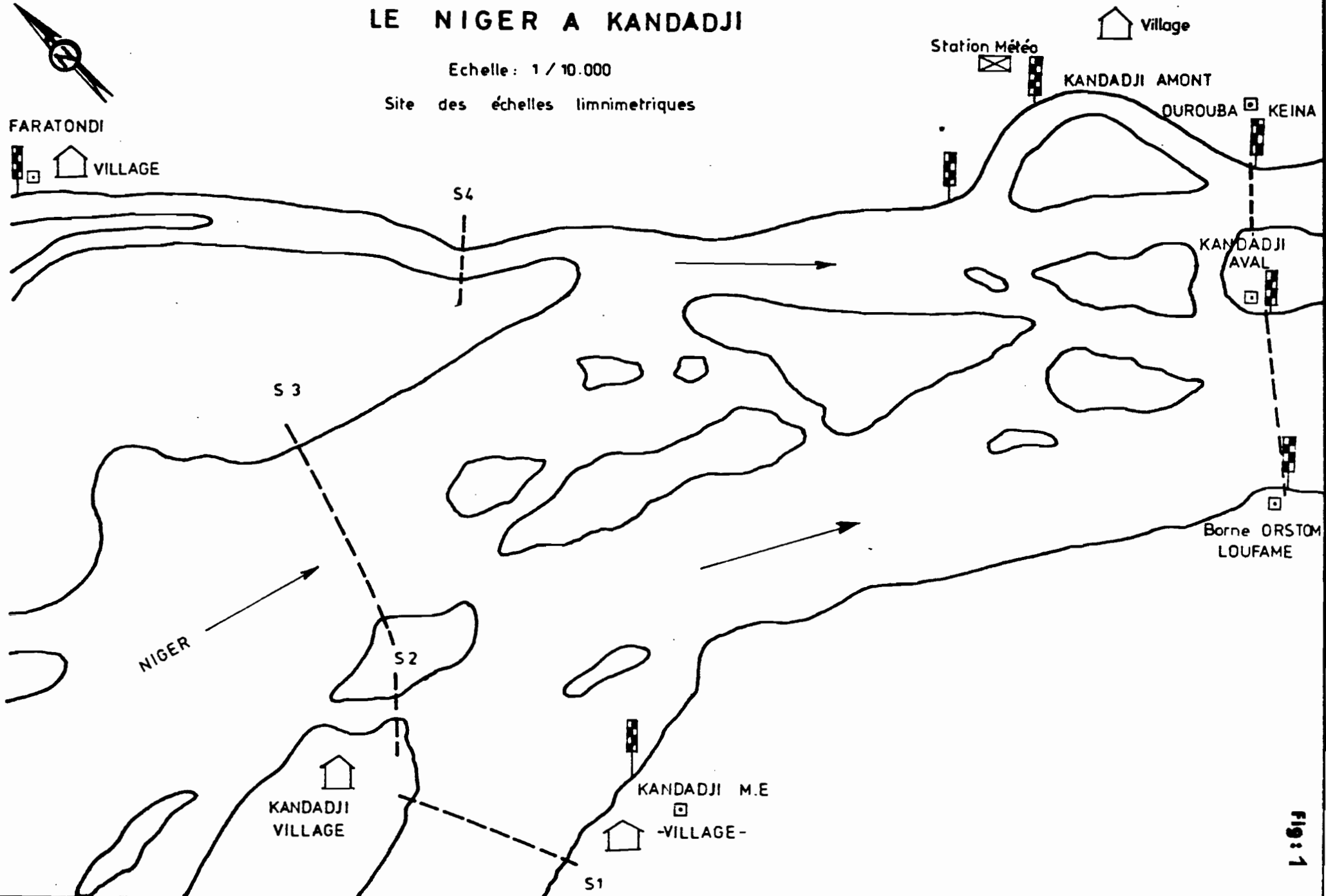
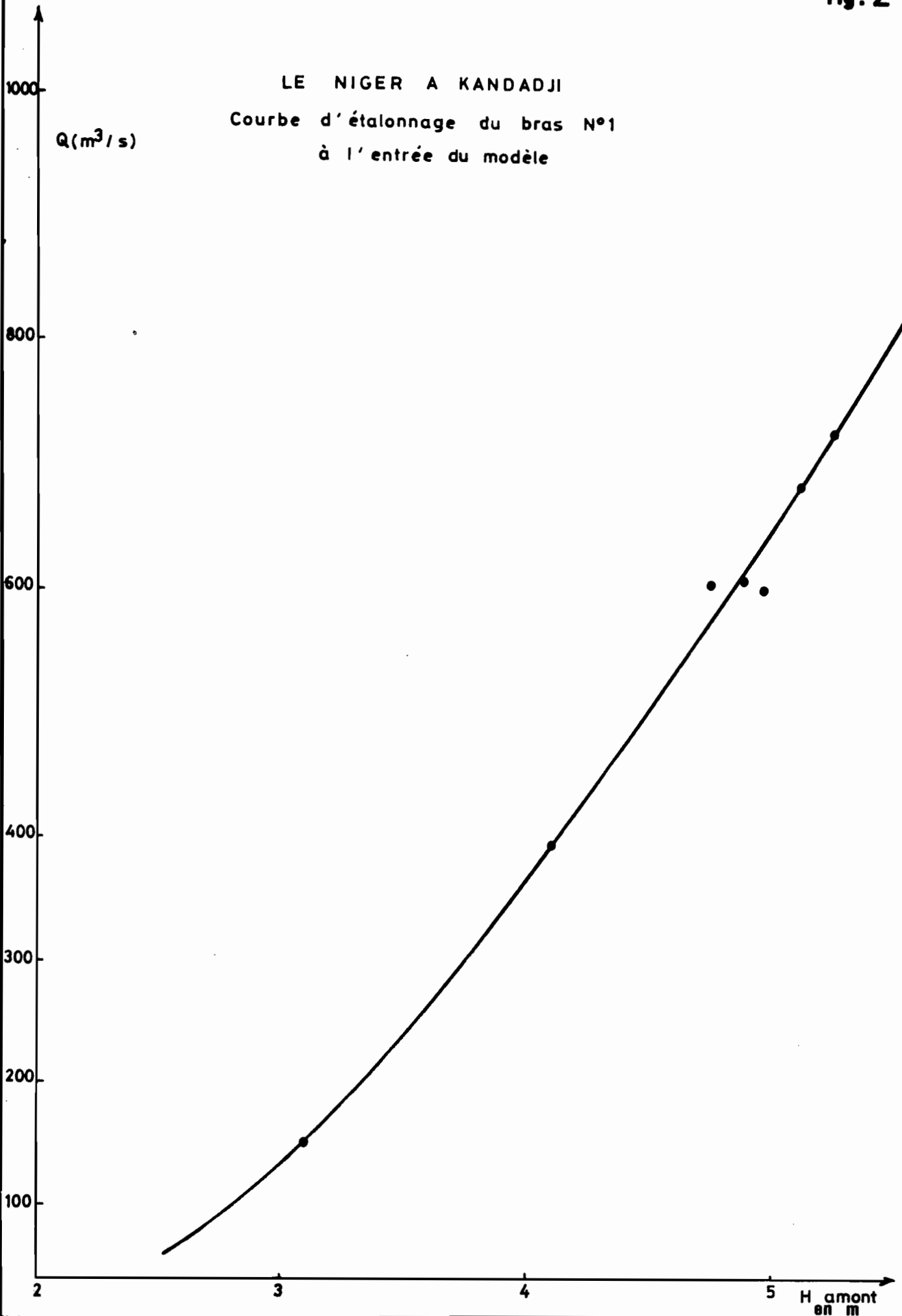
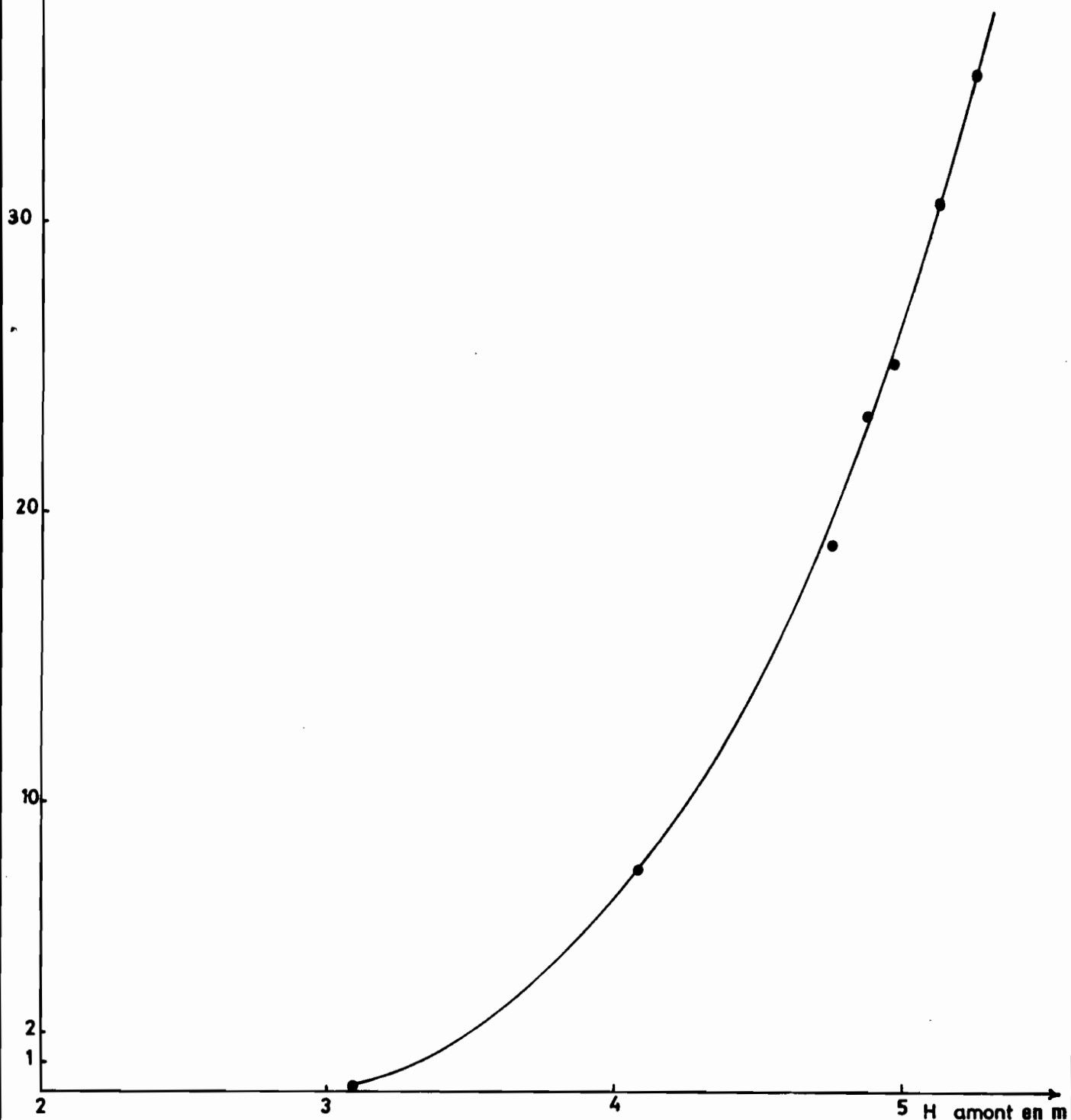


Fig: 1



LE NIGER A KANDADJI
courbe d'étalonnage du Bras N°2
à l'entrée du modèle

Q m³/s



LE NIGER A KANDADJI
courbe d'étalonnage du Bras N°3
à l'entrée du modèle

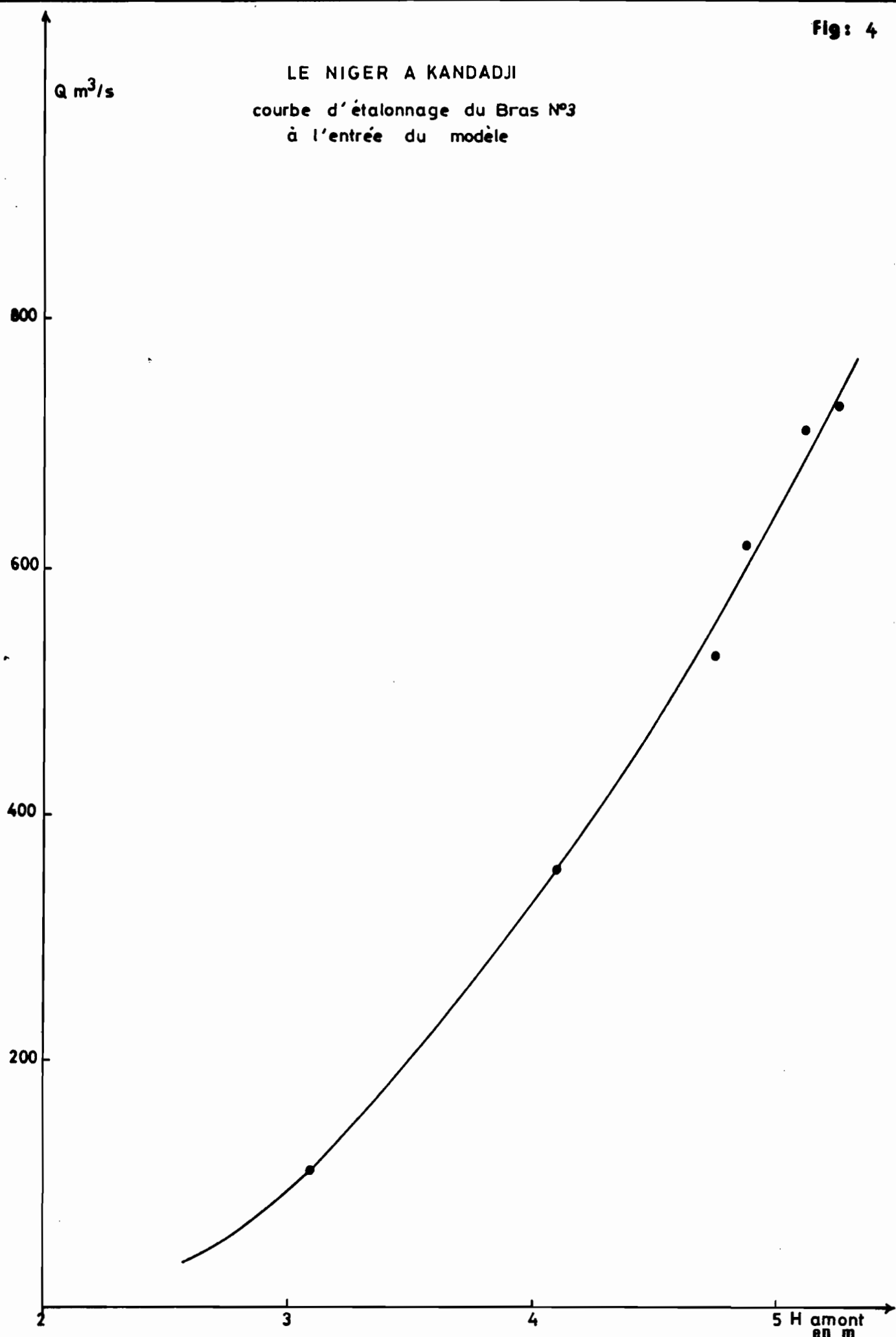
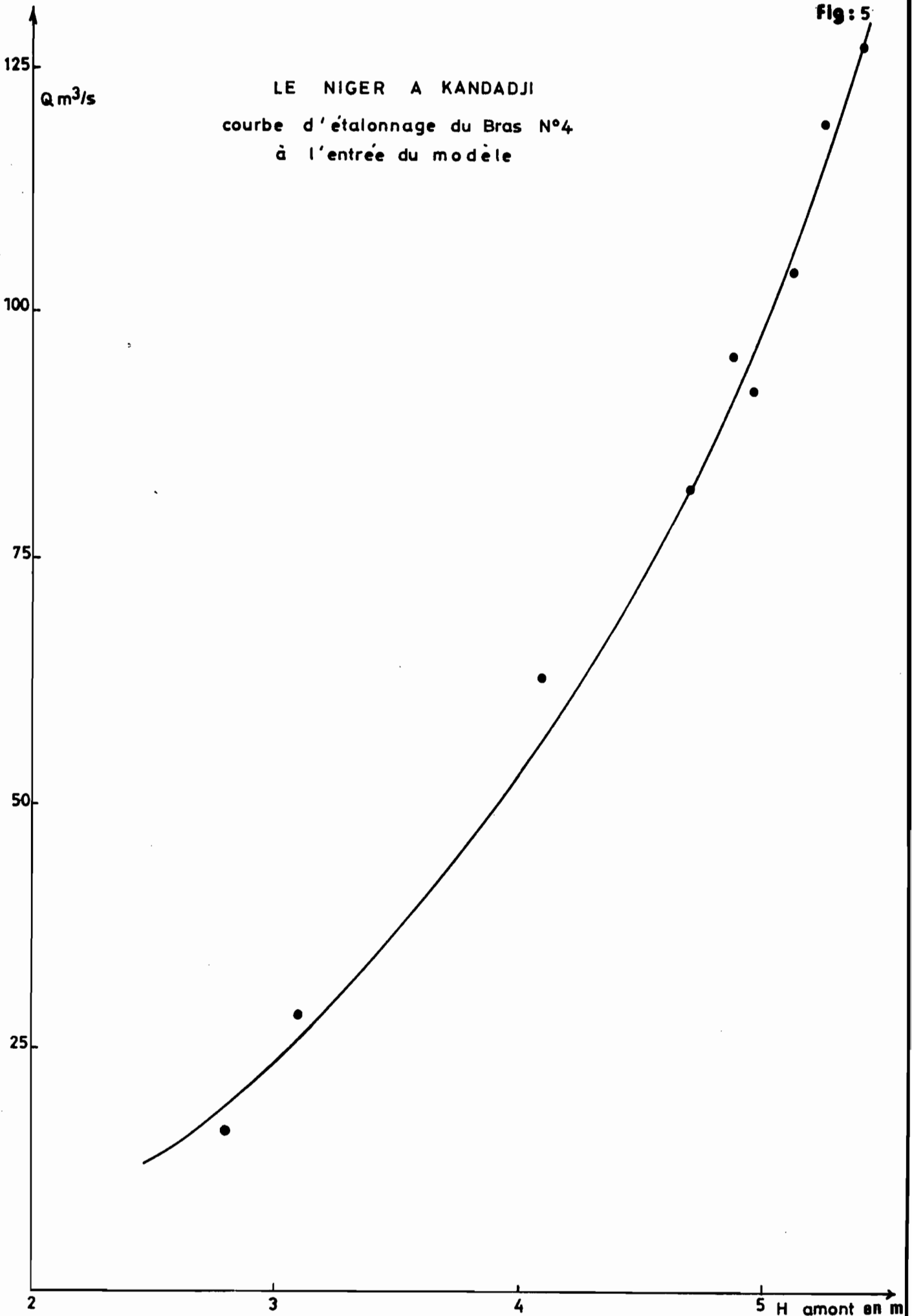


Fig: 5

LE NIGER A KANDADJI
courbe d'étalonnage du Bras N°4
à l'entrée du modèle



LE NIGER A KANDADJI

Entrée du modèle - Caractéristiques hydrauliques de la section 1

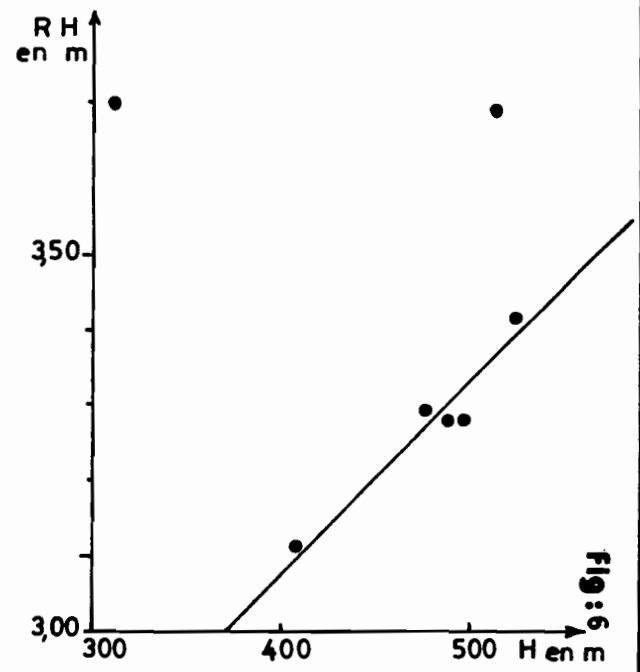
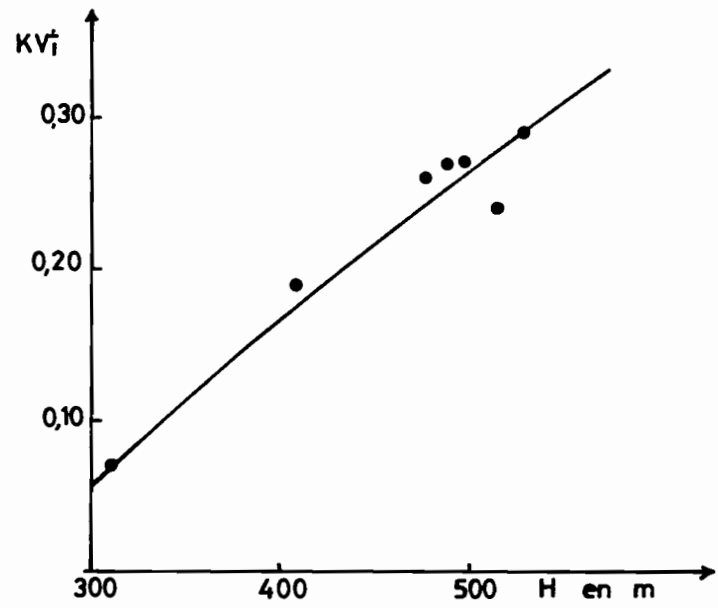
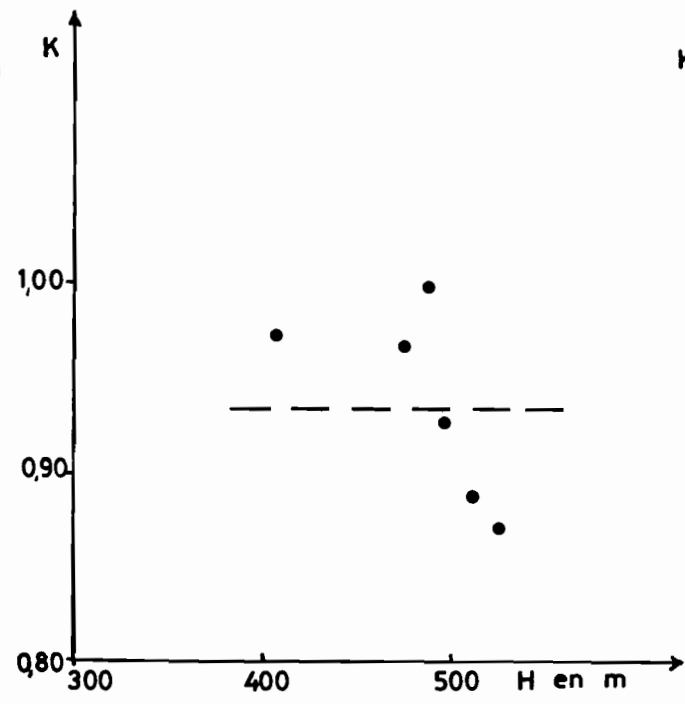
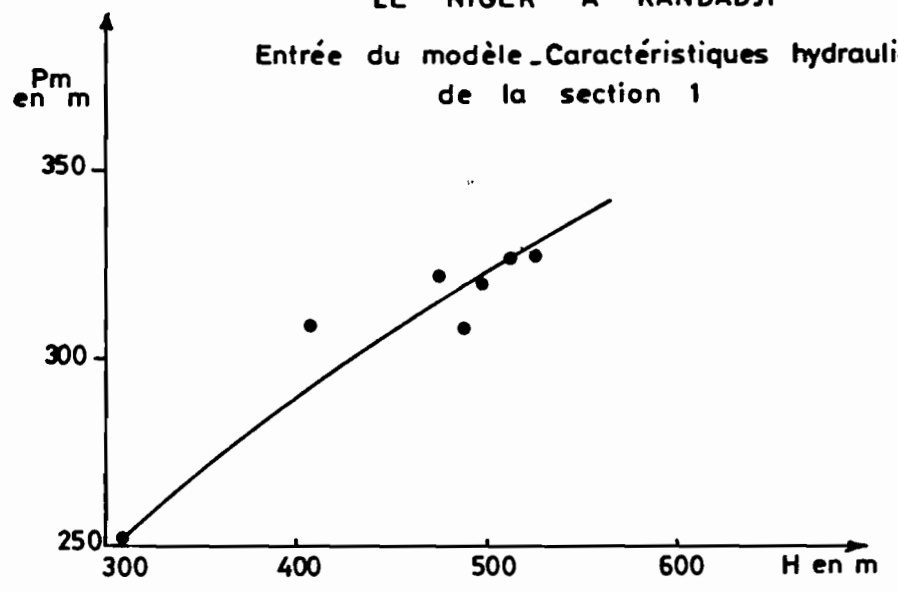
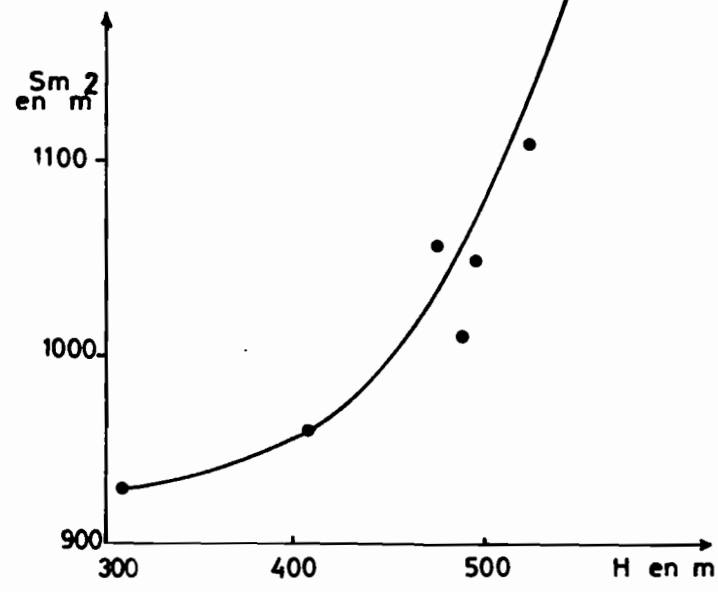


Fig: 6

LE NIGER A KANDADJI
 Entrée du modèle - Caractéristiques hydrauliques de la section 2

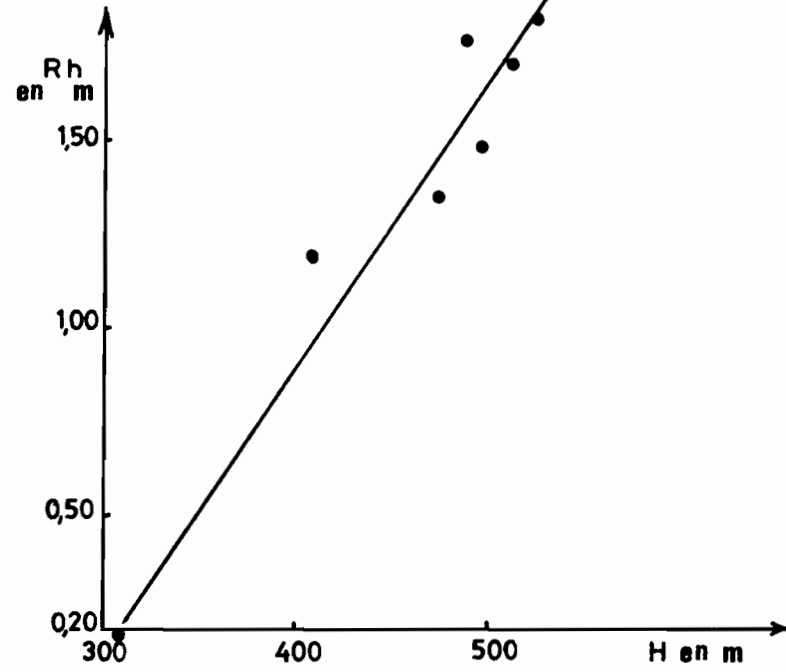
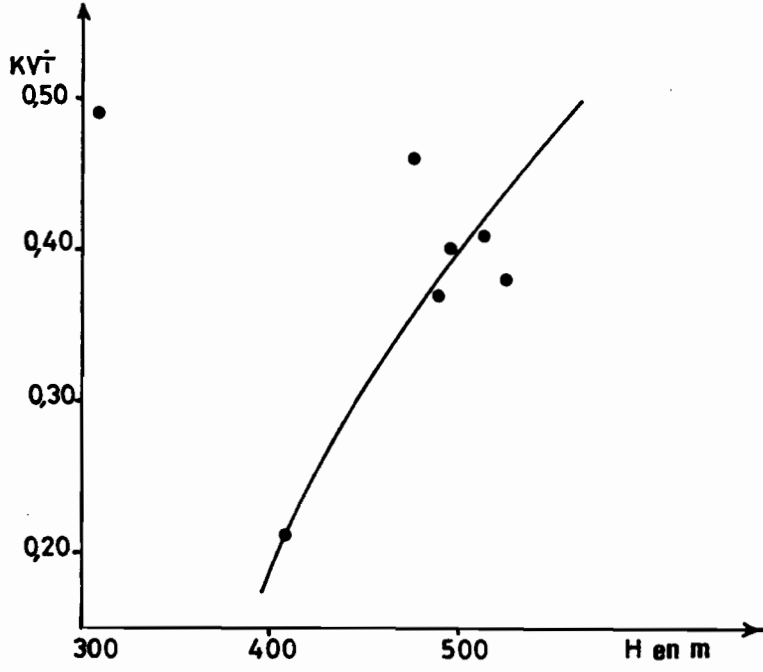
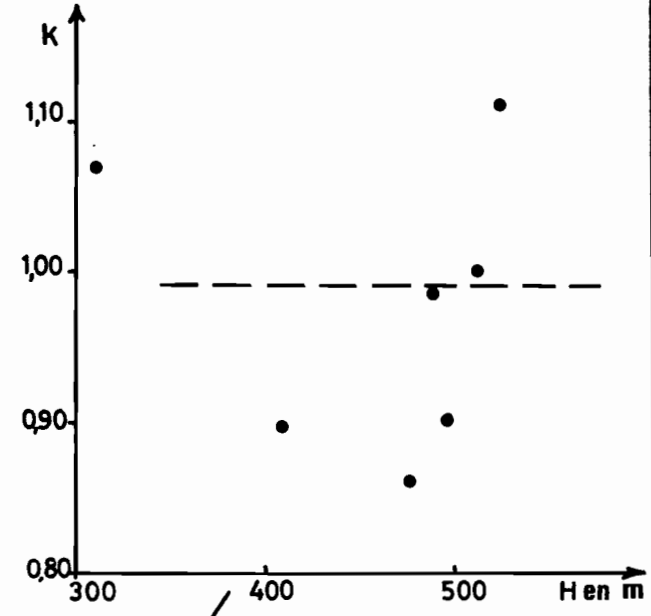
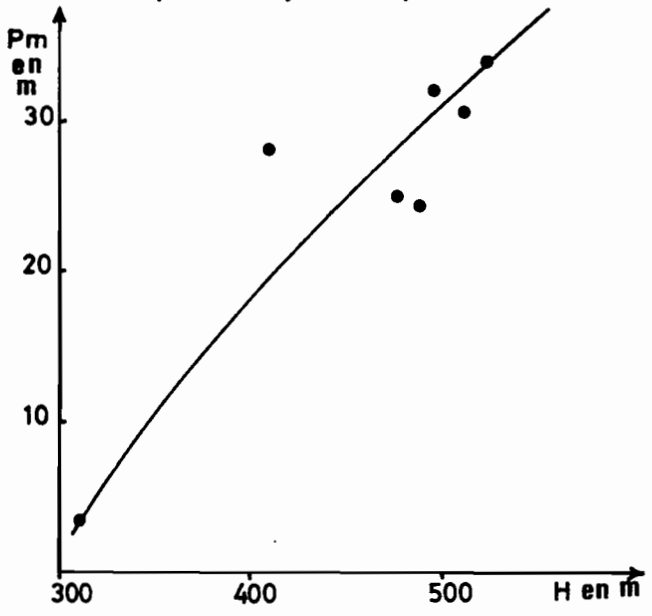
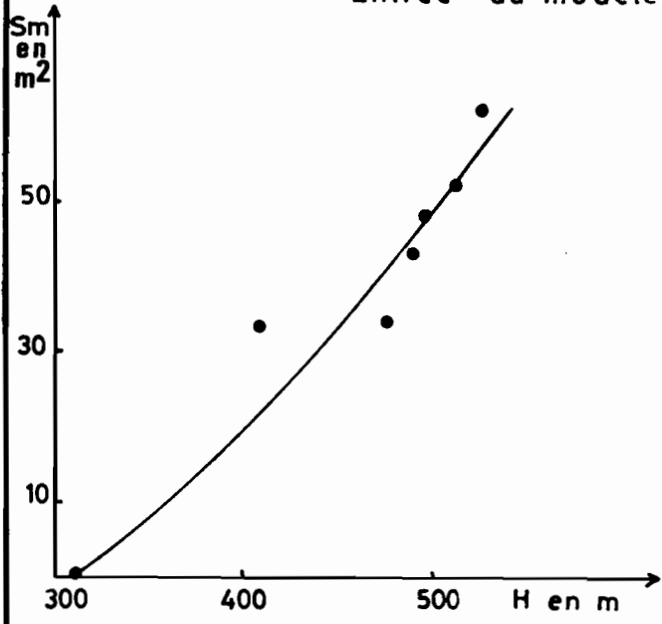


Fig: 7

LE NIGER A KANDADJI

Entrée du modèle - Caractéristiques hydrauliques de la section 3

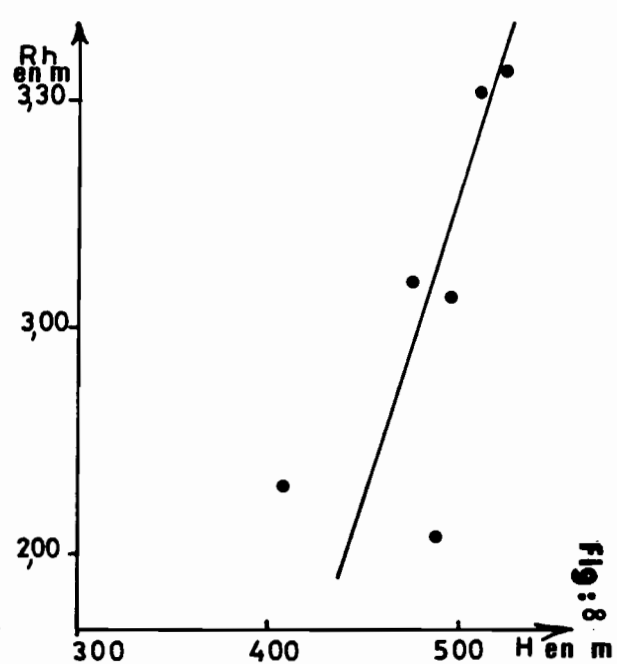
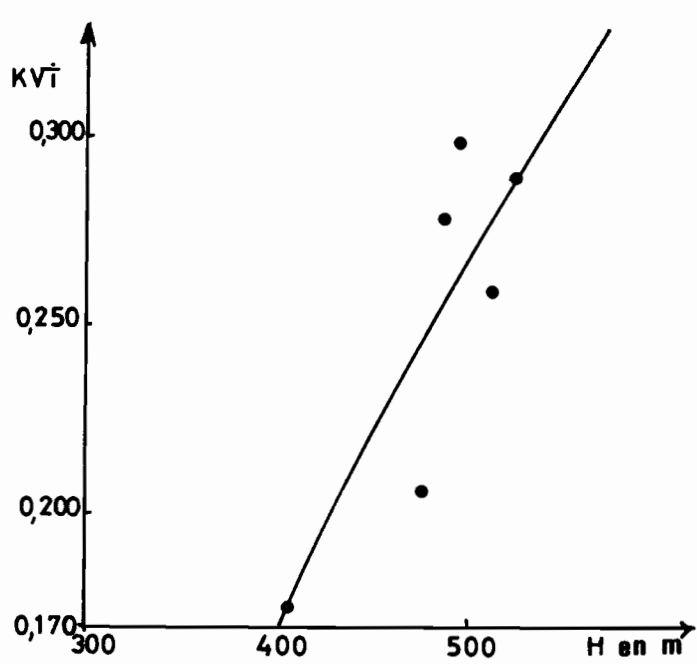
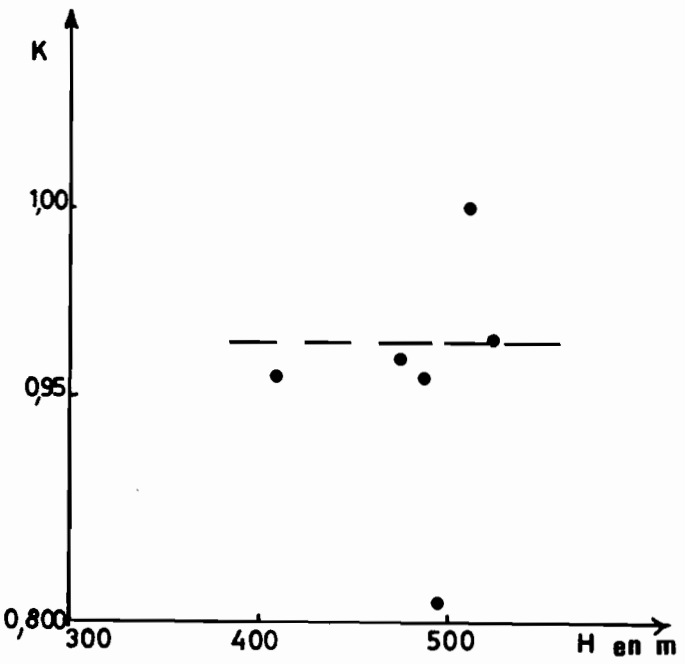
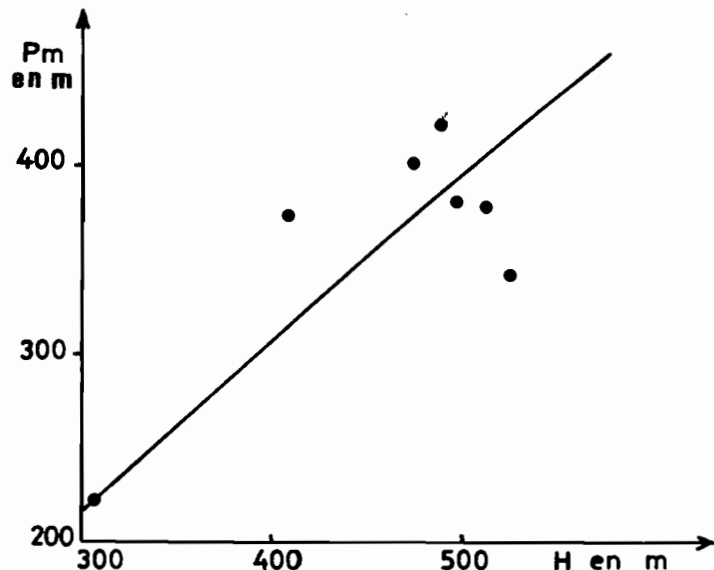
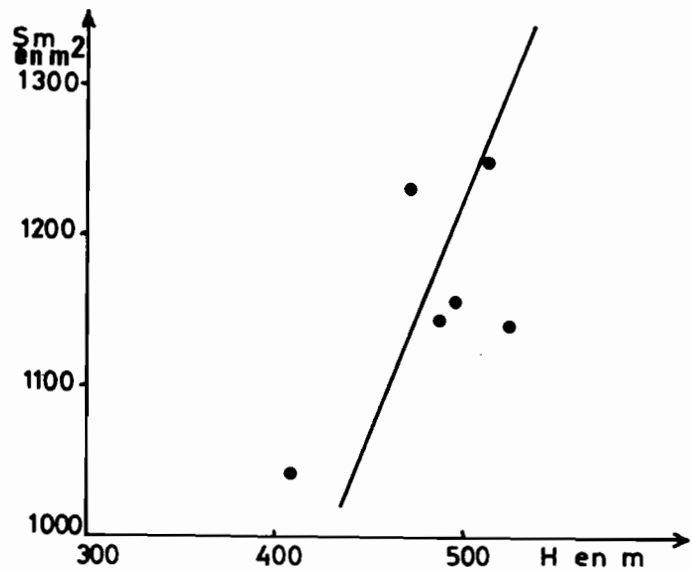


Fig: 8

LE NIGER A KANDADJI

Entrée du modèle - Caractéristiques hydrauliques de la section 4

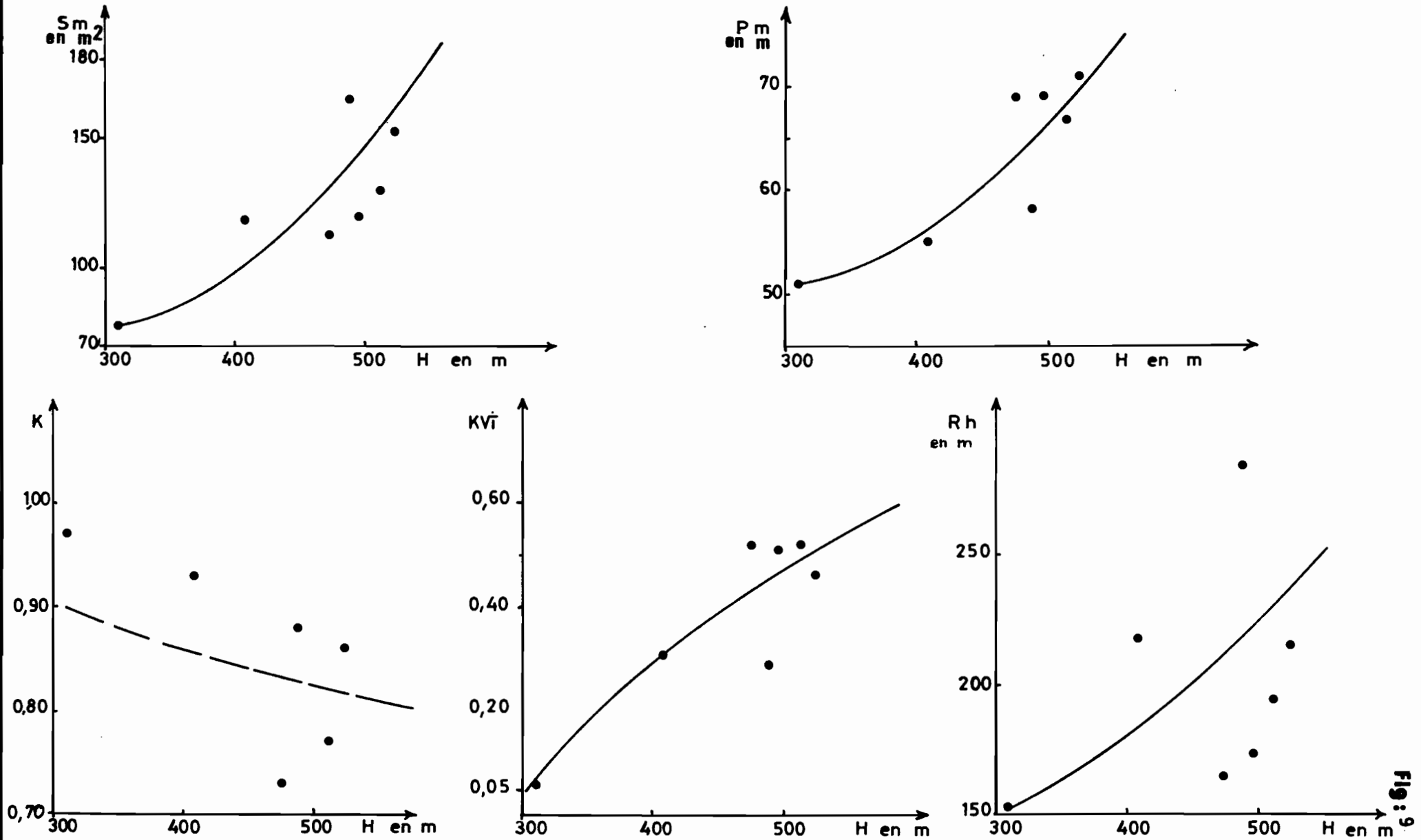


Fig: 9