

XIV. STATION DE OUARAN SUR LE TINKISSO, EN GUINEE

Coordonnées 11° 22', 5 N 9° 23', 2 W Bassin de 18 760 km².

14.1 ECHELLE SECTION

14.1.1 L'échelle a été mise en place en mai 1954 par la MEAN en rive droite et se compose de 4 tronçons : 0-2 m, 2-4 m, 4-6 m et 6-8 m. Cote du zéro 336,90 m IGN. Elle a été submergée à la crue de 1954 et un tronçon 8-9 m a été ajouté le 4 mai 1955 puis un tronçon 9-10 m posé le 25 mai 1970.

L'échelle a été dénoyée en 1962, en 1973 - 1974 - 1975 - 1976 - 1977 et 1980 aux étiages.

14.1.2 La section se trouve à environ 4 km à l'aval d'un coude à 30° et à environ 3 km en amont d'un coude à 90°. Le lit mineur est bien encaissé et bien propre. Il n'y a pas de débordement en rive gauche, mais en rive droite il existe une zone d'inondation derrière un petit bourrelet de berge très boisé ; elle se met en eau vers 8 m échelle.

Par bonheur nous avons le dépouillement graphique du jaugeage du 17 septembre 1954 effectué "au droit de l'échelle" à la cote échelle 776 cm. D'après ce graphique (largeur 135 m, 13 verticales, profondeur moyenne 9,17 m, profondeur maximale 10,90 m) on peut admettre que la section mouillée au droit de l'échelle est donnée en m² par la formule choisie pour la commodité des calculs :

$$S = 0,43 (h + 300)^{8/7}$$

h = hauteur à l'échelle en cm, formule valable pour -100 < h < 800. On admettra que les débordements sont relativement peu importants. L'échelle se trouve à une section d'une mouille profonde (point le plus bas -315 cm à l'échelle) où les vitesses sont faibles, inobservables pour les petits débits (à la hauteur échelle zéro section mouillée de 290 m², débit de l'ordre de 2 à 3 m³/s).

Aucun affluent important du TINKISSO ne s'y jette à l'aval de la section, mais le TINKISSO conflue avec le NIGER (dont le bassin est de 48 120 km² juste à l'amont de la confluence) à 32 km en aval de la station. Etant donné la très faible pente du lit du TINKISSO la cote du plan d'eau du NIGER au confluent conditionne pour un débit donné la hauteur à l'échelle de OUARAN.

14.2 HAUTEURS LIMNIMETRIQUES

Quelques corrections ont été apportées aux hauteurs à la suite d'examens des limnigrammes, bien que n'ayant eu en mains aucun document original.

Quelques compléments de hauteurs moyennes journalières ont été effectués pour des journées non observées ou oubliées dans les recopies. Les hauteurs non observées aux étiages (échelle dénoyée) ont été reconstituées à l'aide de celles des stations de TIGUIBERY et de DIALAKORO : par malheur les observations faites à la station de KAMAKAN présentent, pour la période commune d'observations, plus de lacunes que celles faites à OUARAN.

14.2.1 Du 20 mai 1954 (première observation disponible) au 30 septembre 1964 exploitation de l'échelle assurée par la MEAN : lectures (en principe deux fois par jour) en cm, de bonne qualité et quasi-complètes. L'échelle a été submergée quelques jours à la crue de 1954 mais le maximum de la crue a pu, après enquête, être rattaché à l'échelle, avec sa date. L'échelle a été dénoyée quelques jours en 1962.

14.2.2 Les lectures reprennent le 30 octobre 1967 (exploitation de l'échelle par le SHG) et nous les avons jusqu'au 31 décembre 1980. Elles sont de bonne qualité et assez complètes en dehors de la période du 1er novembre 1971 au 31 mai 1972. L'échelle a été dénoyée pendant 2 mois en 1973, pendant 2 mois et demi en 1974, pendant un mois et demi en 1975, pendant un mois en 1976, quelques jours en 1977 et en 1980.

14.2.3 La hauteur maximale relevée correspond à la crue de 1967 : 11,60 m à l'échelle le 8 octobre d'après témoignages et rattachement ultérieur, cette hauteur semble beaucoup trop forte.

L'étiage le plus bas de la période d'observation n'est pas connu, échelle dénoyée. Il peut être estimé à -25 cm échelle en fin mars 1975.

14.3 J A U G E A G E S T A R A G E

14.3.1 Il n'y a eu que 20 jaugeages effectués

Hauteur minimale jaugée 28 cm débit 6,30 m³/s minimal jaugé
Hauteur maximale jaugée 776 cm débit 1170 m³/s maximal jaugé.

Nous en donnons une liste chronologique et une liste rangée en hauteurs croissantes.

Ces jaugeages ne sont pas très bien répartis en hauteur, et très mal répartis dans le temps : aucun depuis février 1959.

14.3.2 La station n'est manifestement pas univoque, et pour une hauteur échelle donnée à OUARAN la pente de la ligne d'eau est sous la dépendance de la hauteur d'eau du fleuve NIGER à la confluence avec le TINKISSO.

La valeur exacte de la pente instantanée locale à OUARAN ne pouvant être connue, nous l'avons remplacée par un indice Δ calculé de la façon suivante :

$\Delta = \text{hauteur à l'échelle du jaugeage} + \text{cote IGN du zéro de l'échelle à OUARAN},$

- (hauteur moyenne journalière + cote IGN du zéro de l'échelle à TIGUIBERY le même jour).

TIGUIBERY se trouve sur le NIGER, juste au confluent TINKISSO-NIGER.

14.3.3 Pour les 19 jaugeages dont la valeur de Δ est connue (cf. liste de jaugeages rangés) les vitesses moyennes u ont été calculées d'après le débit jaugé et la surface de la section mouillée "au droit de l'échelle". Nous avons choisi a priori une relation de la forme

$$u = c \sqrt{\Delta + K}, \quad u \text{ en m/s}$$

K devant être un entier exprimé en cm compte tenu des imprécisions sur les valeurs de Δ . L'ajustement (méthode des moindres carrés sur les logarithmes) conduit à

$$c = 0,0661 \text{ et } K = 1 \quad (\text{figure 25})$$

Pour chacun des jaugeages le débit "Barème" a été calculé d'après la section mouillée et la formule donnant la vitesse moyenne : la dispersion des jaugeages est très acceptable : de 3,2 % en valeur absolue relative pour la moyenne de 16 jaugeages (ceux des 16 juillet 1954, 8 août 1954 et 5 février 1958 n'ayant pas été pris en compte).

14.3.4 On trouve en basses eaux des Δ négatifs. Il est peu probable que le TINKISSO s'arrête de couler à OUARAN, car à la station de TINKISSO l'écoulement ne s'arrête pas : d'une part le rattachement de l'échelle de OUARAN à celle de TIGUIBERY n'est peut-être pas parfait, d'autre part Δ n'est qu'un indice et n'est pas la pente exacte de la ligne d'eau à l'échelle de OUARAN.

Nous n'avons qu'un seul jaugeage à Δ négatif : celui du 26 avril 1957. Nous l'utilisons en prenant comme expression de la vitesse moyenne pour $\Delta < 0$ et $h < 330$ cm

$$u = 0,0661 - \frac{(330 - h)^2}{1400}$$

u en m/s et h : hauteur à l'échelle de OUARAN en cm. Cette expression conduit à une vitesse nulle pour $h = -30$ cm (et $\Delta < 0$).

14.3.5 Faute de jaugeages en nombre suffisant, nous admettrons que l'indice Δ est indépendant des variations de hauteurs (cf. mouvements dans la liste des jaugeages rangés) aux stations de OUARAN et de TIGUIBERY : ces variations sont pratiquement toujours de même sens et de même ordre de grandeur, et très lentes comptées en cm par jour.

Nous admettrons aussi la stabilité de la station. La très forte crue de 1967 (vitesse moyenne dans la section à l'échelle 1,37 m/s au plus fort de la crue) a peut-être modifié des seuils entre les mouilles du TINKISSO à l'aval de la section, mais cette modification ne doit pas avoir beaucoup d'influence sur la représentativité de l'indice Δ par rapport à la pente locale instantanée à OUARAN.

14.3.6 Nous insistons sur le fait que les débits d'étiage sont très mal connus, leur calcul se faisant par calage d'une formule, choisie a priori, sur un seul jaugeage, et sur le fait que les vitesses moyennes dans la section supérieures à 1 m/s sont des extrapolations.

14.3.7 Le débit maximal de la période d'observation serait de l'ordre de 2 430 m³/s le 8 octobre 1967 et le débit minimal de l'ordre de 0,5 m³/s à l'étiage de 1975.

14.4 DÉBITS

14.4.1 Les débits moyens journaliers donnés en annexe (3.K.07) ont été calculés d'après les hauteurs moyennes journalières à l'échelle de OUARAN (et à celle de TIGUIBERY, pour obtenir le Δ) : la plupart du temps nous ne possédons pas de copies des deux relevés journaliers.

14.4.2 Nous donnons une liste de débits moyens mensuels et annuels (modules en années hydrologiques) d'après ces débits moyens journaliers. La période la plus récente des relevés semble très sèche par rapport à la période la plus ancienne et cela est encore plus accusé qu'à la station de TINKISSO : le rapport des modules 1954-1963 aux modules 1968-1978 est de 31/24 à KOULIKORO mais de 40/24 à OUARAN et environ 35/24 à TINKISSO : l'explication se trouve probablement dans des changements de cote du zéro de l'échelle de TIGUIBERY.

14.4.3 Nous donnons également une liste de débits moyens journaliers minimaux et maximaux par année calendaire, avec les dates auxquelles ces débits ont été calculés pour la première fois dans l'année. Contrairement à ce qui se passe pour la station de TINKISSO, la série des débits minimaux 1968-1978 ne semble pas systématiquement faible par rapport aux débits minimaux 1955-1964.

STATION DE OUARAN SUR LE TINKISSO

Liste chronologique de 20 jaugeages

Date	Hauteur cm	Débit m ³ /s	Nota	Ecart / Barème en %
16 07 1954	324	126	2	- 26,9
05 08 1954	502	571	1	+ 22,4
17 09 1954	776	1 170	1	- 1,9
15 12 1954	270	164	1	- 3,6
10 10 1956	732	1 127	1	- 0,4
11 10 1956	722	1 111	1	- 0,3
13 10 1956	705	1 094	1	- 1,1
15 10 1956	684	1 052	1	- 3,5
19 10 1956	637	1 026	1	- 1,1
20 10 1956	622	1 029	1	+ 3,4
23 10 1956	586	917	1	- 3,1
25 10 1956	562	828	1	- 4,9
29 10 1956	506	740	1	+ 6,1
30 10 1956	496	678	1	- 1,0
26 04 1957	28	6,30	1	0
28 06 1957	197	59,0	1	- 0,7
04 10 1957	698	815	1	+ 7,7
05 12 1957	274	178	1	- 6,1
05 02 1958	124	37,0	1	- 35,3
11 02 1959	109	41,0	1	+ 5,6

- NOTAS : (1) - Hauteur fournie par le jaugeur compatible avec celle du lecteur d'échelle
- (2) - Jaugeage effectué au droit de l'échelle avec des vitesses très faibles, peut facilement être sous-évalué.

STATION DE OUARAN SUR LE TINKISSO

Liste de 20 jaugeages rangés

Date	Hauteur cm	Débit m ³ /s	u m/s	Mouvement (nota 1)	Δ (2)	Mouvement (nota 3)	Débit Barème	Ecart/Barème en %
26 04 1957	28	6,30	,020	0	-5 ?	0 ?	6,30	0 ?
11 02 1959	109	41,0	,099	- 1	1	- 2	38,80	+ 5,6
05 02 1958	124	37,0	,085	- 2	3	- 2	57,20	- 35,3
28 06 1957	197	59,0	,114	- 8	2	- 6	59,40	- ,7
15 02 1954	270	164	,270	- 5	17	- 4	170	- 3,6
05 12 1957	274	178	,289	- 5	21	- 5	190	- 6,1
16 07 1954	324	126	,187	0	14	+ 4	172	- 26,9
30 10 1956	496	678	,767	- 14	135	- 10	685	- 1,0
05 08 1954	502	571	,641	+ 12	61	+ 5	467	+ 22,4
29 10 1956	506	740	,826	- 15	136	- 10	698	+ 6,1
25 10 1956	562	828	,858	- 12	182	0	870	- 4,9
23 10 1956	586	917	,921	- 12	202	- 5	946	- 3,1
20 10 1956	622	1 029	,988	- 14	204	- 10	995	+ 3,4
19 10 1956	637	1 026	,967	- 14	214	- 10	1 038	- 1,1
15 10 1956	684	1 052	,938	- 13	211	- 15	1 090	- 3,5
04 10 1957	698	815	,715	0	98	0	757	+ 7,7
13 10 1956	705	1 094	,952	- 7	207	- 10	1 106	- 1,1
11 10 1956	722	1 111	,948	- 10	202	- 10	1 114	- ,3
10 10 1956	732	1 127	,951	- 7	204	- 10	1 132	- ,4
17 09 1954	776	1 170	,940	- 10	206	- 4	1 193	- 1,9

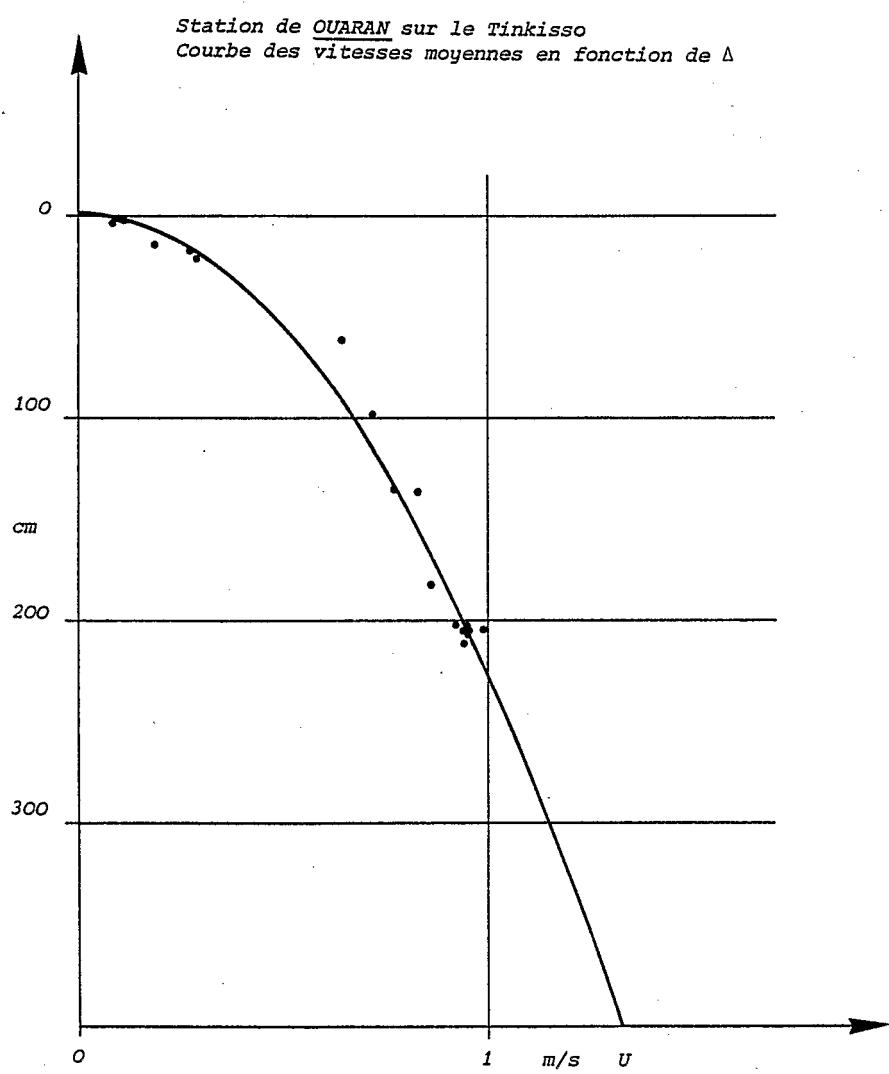
NOTAS : (1) - Variation approximative de la hauteur à l'échelle de OUARAN, d'après le lecteur en cm par jour.

(2) - Δ : différence donnée en cm = hauteur échelle + cote IGN du zéro à OUARAN moins (hauteur échelle + cote IGN du zéro à TIGUIBERY, le même jour qu'à OUARAN).

? jaugeage du 26-4-1957 échelle dénoyée à TIGUIBERY, pas de lecture

(3) - Variation approximative de la hauteur à l'échelle de TIGUIBERY, d'après le lecteur, en cm par jour.

Fig. 25



Exemple de calcul de débits sur une station non univoque avec Hydrom 3

Ouaran sur le Tinkisso (Guinée)

11715 02505

Le Tinkisso constitue le principal affluent en rive gauche du fleuve Niger en Guinée. La station de Ouaran, installée en 1954, est située non loin de la confluence de ces deux cours d'eau.

Lors de l'élaboration de la Monographie du Niger parue en 1986, cette station a été identifiée par les auteurs de ce document (Brunet-Moret *et al.*) comme étant non univoque et influencée par le régime du Niger.

La méthode préconisée par Brunet-Moret pour le calcul des débits du Tinkisso à Ouaran est une simplification de la méthode de la dénivellation normale, utilisant les hauteurs d'eau des stations de Ouaran et de Tiguibery sur le Niger. Les principes de calcul adoptés sont détaillés dans la Monographie du Niger et repris, à titre d'exemple, par Jaccon dans le manuel d'hydrométrie, tome 5, consacré aux courbes de tarage.

Les débits à Ouaran ont été calculés, pour la période 1954-78, à partir de deux relations, l'une donnant la valeur de la section mouillée en fonction de la hauteur à l'échelle de Ouaran, l'autre la valeur de la vitesse moyenne en fonction de la différence de cotes absolues entre les échelles de Ouaran et de Tiguibery :

$$S = 0.43 (h + 300)^{8/7}$$

$$U = 0.0661(D + 1)^{0.5} \quad \text{pour } D > 0$$

$$U = 0.0661 - [(330-h)/1400]^2 \quad \text{pour } D < 0 \text{ et } h < 330 \text{ cm}$$

D est la différence absolue (ou dénivellation) entre les hauteurs d'eau à Ouaran et à Tiguibery

La Monographie du Niger ne fournit pas de données concernant Ouaran après 1978.

Depuis la parution de ce document, nous avons pu collecter les hauteurs d'eau à Ouaran et Tiguibery jusqu'en 1986, année au delà de laquelle ces stations ne paraissent plus avoir été exploitées régulièrement.

Il nous a semblé intéressant de calculer les débits pour la période 1979-86, en utilisant la méthode complète de la dénivellation normale à partir du logiciel hydrom3 qui offre cette opportunité.

Nous nous sommes pour cela reportés au manuel d'hydrométrie de Jaccon, cité plus haut, qui analyse l'application de cette méthode à la station de Ouaran (pp A8-1 à A8-16).

La relation permettant l'obtention des débits est alors la suivante :

$$Q = a \cdot Q_n \cdot (D/D_n)^N \quad \text{avec } a = 0.93$$

$$N = 0.35$$

$$D_n = 100 \text{ cm}$$

D_n est la valeur de dénivellation la plus fréquente, appelée dénivellation normale.

Q_n est le débit issu du barème Q_n (H). Ce barème correspond à la courbe de tarage à dénivellation normale tracée par Jaccon à partir des valeurs de jaugeages corrigées (figure A8-5), reproduite ci-après.

Les paramètres a et N ont été déterminés grâce à la courbe Q/Q_n = f(D/D_n) fournie par Jaccon (figure A8-6, deuxième tracé), et reproduite ci-après.

La différence d'altitude (IGN) entre les zéros des échelles de Ouaran et de Tiguibery est de - 43 cm. Par conséquent, à un instant donné, la valeur de D provient de la relation suivante :

$$D = H_{\text{Ouaran}} - H_{\text{Tiguibery}} - 43 \text{ cm}$$

Pour le traitement par Hydrom3, il convient d'établir un étalonnage en entrant dans la grille de saisie les couples de valeurs H/Qn du barème de référence, ainsi que les informations suivantes dans la fenêtre correspondant au code d'univocité 4 (dénivelée normale) :

- la valeur du coefficient a,
- la valeur de l'exposant N,
- la valeur de la dénivelée normale D_n ,
- la valeur d'ajustement, c'est à dire la différence d'altitude des zéros d'échelles,
- le numéro du deuxième capteur.

Une des contraintes majeures dans l'application de cette méthode est la nécessité de disposer des données de hauteurs d'eau aux deux stations simultanément. En dehors du fait que la moindre lacune sur l'un ou l'autre capteur interdit le calcul du débit, cela signifie également que les échelles doivent conserver le même calage durant la période traitée.

Dans le cas qui nous intéresse, on enregistre un décalage de +100 cm sur l'échelle de Tiguibery à partir du 25 février 1980. Ce décalage est dû à un changement des éléments d'échelle, effectué dans le but d'éviter les cotes négatives.

Pour pouvoir calculer les débits à partir de notre étalonnage à dénivelée normale, nous avons été contraints d'appliquer une correction aux hauteurs d'eau de Tiguibery, opération effectuée grâce au logiciel HYDROLIS.

Par ailleurs, Jaccon précise que cet étalonnage à deux échelles ne permet pas d'estimer correctement les débits de basses eaux (cotes inférieures à 200 cm) pour lesquelles la dénivelée est faible voire négative. Il propose d'utiliser pour ces cotes un étalonnage univoque de basses eaux calé sur quatre jaugeages d'étage.

En résumé, le calcul des débits à Ouaran nécessite deux étalonnages, l'un bi-univoque pour les cotes inférieures à 200 cm, l'autre non univoque pour les cotes supérieures à 200 cm. Ces deux étalonnages ayant par ailleurs des périodes de validité identiques, nous nous trouvons dans un cas non prévu dans Hydrom3.

Pour pouvoir traiter l'intégralité des débits de Ouaran avec hydrom3, la solution consiste à calculer les débits de basses eaux dans un répertoire, et les autres débits dans un autre répertoire, avec à chaque fois l'étalonnage approprié.

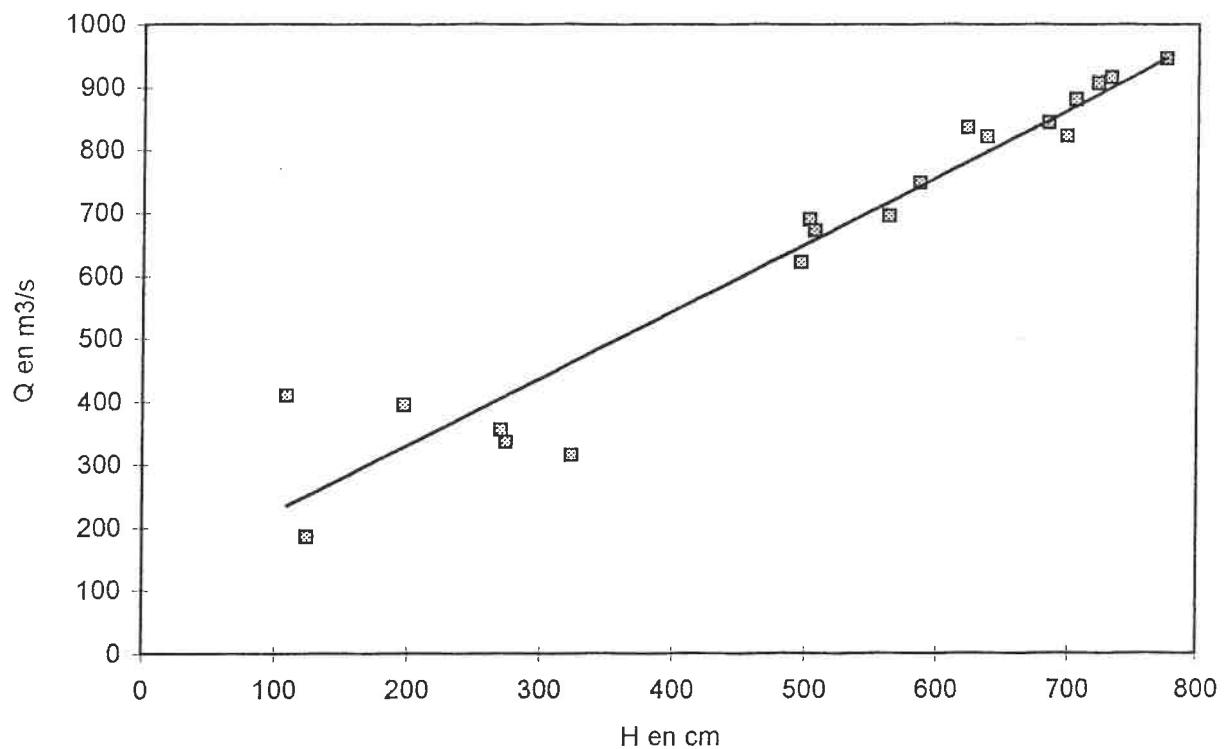
Pour reconstituer l'ensemble de la chronique de débits, il ne reste plus ensuite qu'à regrouper les données au moyen de la commande « Transferrer » du menu « Utilitaires ».

Références bibliographiques :

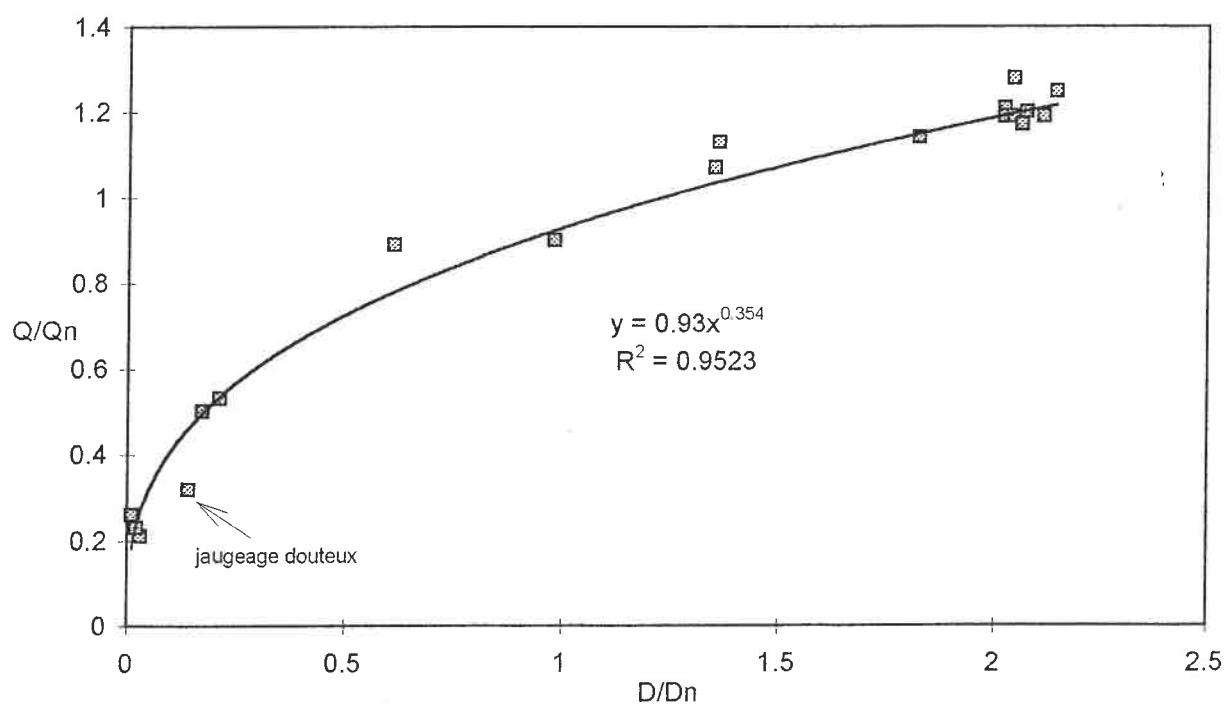
Monographie Hydrologique du Fleuve Niger, Tome 1 - Niger Supérieur, par Y. Brunet-Moret et al. ORSTOM Paris 1986.

Manuel d'Hydrométrie, tome V, « tracé de la courbe de tarage et calcul des débits », par G. Jaccon, ORSTOM Brasilia 1986.

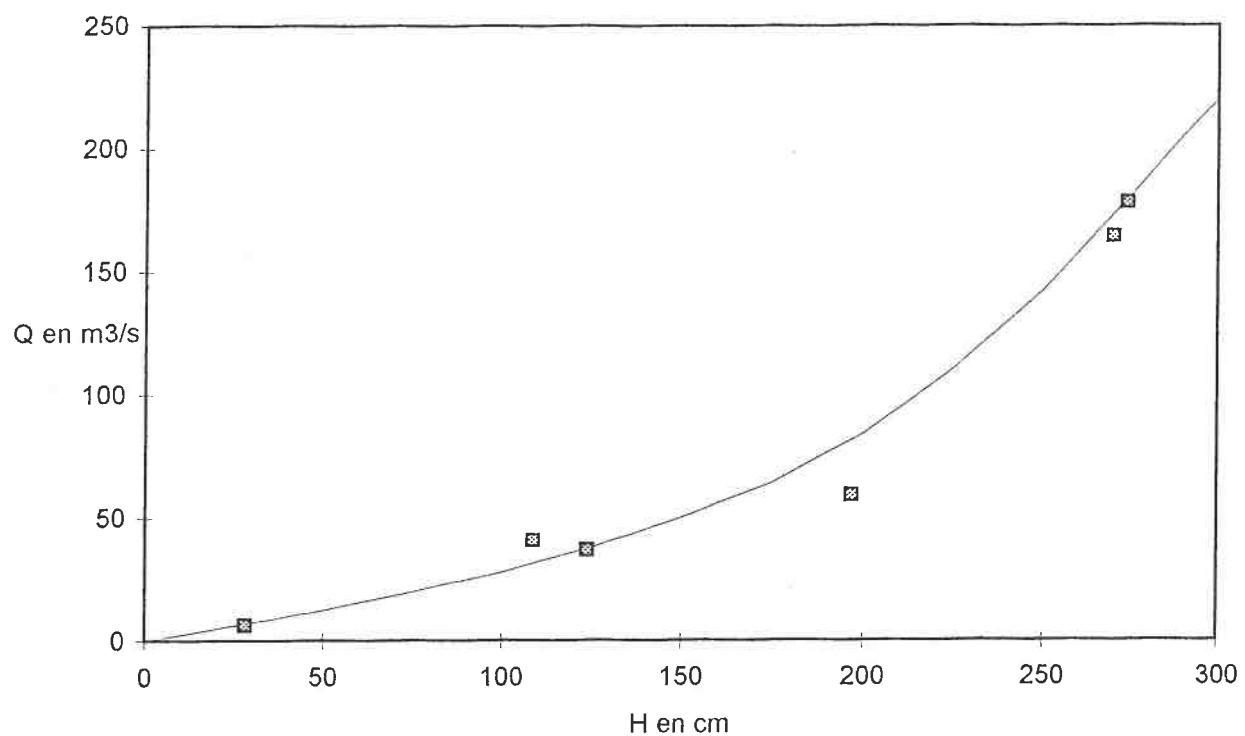
Etalonnage Qn (H)



Courbe de correction des débits



Etalonnage de basses eaux (bi-univoque)



Ouaran moyennes et hautes eaux

ORSTOM/Laboratoire d'Hydrologie

Affichage/Impression des étalonnages

Page :

Edition du 31/01/1996 à 17H

Capteur: 1171502505-1 Ouaran

Pays: Guinée

Bassin:

Superficie: 16400 km²

Latitude: N 11°22'0"

Longitude: 0 009°24'0"

Altitude: 337 m

Valide du 01/01/1979 à 00:00 jusqu'à nouvel ordre de 200 à 900 cm

double échelle

Etabli le 11/09/1995 par B Marieu avec 19 jaugeages

Commentaire: d'après Jacon (1986) et Brunet-Moret (1980)

Cote	Cotes en: centimètres		Débits en: m ³ par seconde		Débit
	Débit	Cote	Débit	Cote	
200	258				
300	367				
400	497				
500	633				
600	775				
700	900				
800	1030				
900	1160				

$$\alpha = 0,93$$

$$N = 0,35$$

$$D_n = 100 \text{ cm}$$

2^e capteur 1171500130-1

ajustement des cotés - 43 cm

$$Q = Q_0 \alpha \left(\frac{D}{D_n} \right)^N$$

Ouaran basses eaux

ORSTOM/Laboratoire d'Hydrologie

Affichage/Impression des étalonnages

Page :

Edition du 31/01/1996 à 17H

Capteur: 1171502505-2 Ouaran

Pays: Guinée

Bassin:

Superficie: 16400 km²

Latitude: N 11°22'0

Longitude: 0 009°24'0

Altitude: 337 m

Valide du 01/01/1979 à 00:00 jusqu'à nouvel ordre de -50 à 200 cm

biunivoque Etabli le 14/09/1995

Commentaire: basses eaux (d'après Jaccon 1986)

Cote	Cotes en: centimètres		Débits en: m ³ par seconde	
	Débit	Cote	Débit	Cote
-50		0		
0		0		
50		12.5		
100		28		
150		50		
200		83		
