

# Premiers jaugeages précis réalisés par l'O.R.S.T.O.M. sur le Congo à Maluku-Tréchet

B. POUYAUD,  
Chargé de Recherches O.R.S.T.O.M., à Brazzaville.

## RÉSUMÉ

Les mesures de débit sur des grands fleuves où le module dépasse plusieurs dizaines de milliers de m<sup>3</sup>/s posent de nombreux problèmes, nécessitant une méthodologie et un appareillage parfaitement adaptés. Le présent rapport montre quelques-unes des difficultés rencontrées au cours de jaugeages sur le Congo par les hydrologues de l'O.R.S.T.O.M. à Brazzaville et les moyens mis en œuvre.

## ABSTRACT

The measurements of discharge about large rivers where the mean annual discharge exceeds several tens of thousands m<sup>3</sup>/s set many problems and a perfect adaptation of methodology and equipment is required. The present paper shows some difficulties occurring during the stream gauging of the Congo river by the hydrologists of O.R.S.T.O.M. from Brazzaville and the use of means.

Le fleuve Congo draine à Brazzaville un bassin d'environ 2,5 millions de kilomètres carrés, qui s'étend de part et d'autre de l'équateur sur des zones soumises à de fortes pluviosités.

Aux abords de Brazzaville, le fleuve présente une morphologie qui varie très vite de l'amont vers l'aval.

— A l'amont de Brazzaville, une profonde vallée, nommée le « couloir » lui permet de traverser les plateaux Batekes qui surplombent la vallée de plusieurs centaines de mètres. Le fleuve y est très profond (puisqu'il dépasse couramment 50 m), et peu large (de l'ordre du km).

— A 50 km de Brazzaville, il s'étale en une multitude d'îles et d'îlots instables, sur une quarantaine de kilomètres de large, que l'on nomme le Stanley Pool. Sa profondeur y est très faible puisqu'elle n'atteint que rarement 5 m.

— Il se resserre alors en un bief unique entre Brazzaville et Kinshasa, large d'environ 3 km et au plus profond d'une quinzaine de mètres.

— Il aborde enfin les premières barres rocheuses de la série gréseuse des rapides du Djoue. Jusqu'à Matadi, rapides impressionnants, biefs étroits et extrêmement profonds aux courants violents, se succèdent.

Le jaugeage d'un tel cours d'eau présente évidemment un bon nombre de problèmes majeurs.

Les ingénieurs belges choisirent pour leurs premiers jaugeages du fleuve le bief séparant Brazzaville et Kinshasa. Les courants n'étaient point excessifs, et la profondeur raisonnable. Par contre, la section était difficile à définir, ainsi que les directions des courants parfois variables sur une même verticale.

Environ 80 jaugeages, répartis sur la totalité de l'amplitude du cours d'eau, furent néanmoins réalisés avant 1960 sur cette section dite de Kalina.

Lorsque le Service hydrologique du Centre O.R.S.T.O.M. de Brazzaville décida la reprise de ces jaugeages, nous disposions, outre les résultats belges précités, d'un jaugeage partiel de M. AIME, hydrologue de l'O.R.S.T.O.M. qui avait pu mesurer les vitesses de surface, et tracer un profil en travers du Congo à la section dite de Maluku-Tréchet, située dans le couloir, 60 km en amont de Brazzaville.

Le choix de cette section fut décidé.

La section fut déterminée de façon précise sur photo aérienne, en nous aidant des sondages approximatifs publiés par les voies navigables. Nous admettions une profondeur maximale de 30 m, et choisîmes une section située à l'extrémité aval d'une partie rectiligne du « couloir » d'environ 10 km de longueur, quelques kilomètres à l'amont d'un élargissement de ce couloir. Nous pensions avoir ainsi restreint les variations de direction des courants. Ce choix se révéla effectivement satisfaisant sur ce plan.

Nous avons éprouvé par contre de grosses difficultés pour ancrer solidement notre bateau. Le poids de l'ancre était en effet limité puisqu'elle devrait être relevée à la main. Enfin, la profondeur nécessitait une grande longueur de chaîne, dont la traînée, ajoutée à celle du bateau et du matériel de jaugeage, était très importante. Tous ces problèmes furent résolus grâce à l'entraînement intensif de notre personnel ; nous avons atteint le rythme de 12 verticales par jour, soit une verticale par heure.

Nous ne fûmes par contre jamais très confiants sur les moyens mis en œuvre pour éviter les obstacles flottants. La surface du fleuve est en effet parfois envahie par des herbes flottantes, appelées jacinthes d'eau ; ces végétaux, croissant sur les bords du fleuve dans la zone de la « cuvette congolaise », sont arrachés aux rives par les tornades et entraînés au gré des courants. Ils peuvent atteindre plusieurs dizaines de mètres cubes et cacher parfois des épaves : arbres, billes de bois détachées des convois, etc.

Le jaugeage le plus élevé effectué ( $37\,800\text{ m}^3/\text{s}$ ) est sans doute de l'ordre du module du fleuve, alors que le plus faible ( $28\,600\text{ m}^3/\text{s}$ ) correspond à un débit d'étiage nettement inférieur à l'étiage moyen. Nous fûmes malheureusement interrompus lors de notre sixième jaugeage (le plus important) par une vedette de la marine zaïroise, qui nous arraisonna.

Les jaugeages du fleuve Congo sont donc suspendus *sine die*, sans qu'il nous ait été permis un seul jaugeage de hautes eaux. Nous ne pensons pas cependant que les courants de hautes eaux puissent être un obstacle aux jaugeages dans cette section. Il conviendra seulement de traiter avec encore plus de respect les îlots de jacinthes.

## 1. MATÉRIEL MIS EN ŒUVRE.

### 1.1. EMBARCATION.

Il s'agit d'une pinasse métallique de 12 m, de construction locale assez originale ; 12 fûts de 100 l, vaguement profilés, lui confère une meilleure stabilité ; remplis d'essence, ce sont les réservoirs supplémentaires qu'exige la forte consommation du moteur à essence de 155 CV équipant la pinasse.

### 1.2. ANCRAGE.

Une ancre de fabrication locale O.R.S.T.O.M., sur une idée de M. Chartier, à base d'IPN 80, basculante et à manille coulissante, nous a donné toutes satisfactions après la perte d'une ancre conventionnelle au 2<sup>e</sup> jaugeage.

La chaîne d'amarrage mesure 90 m et peut, en principe, résister à une tension de 3 t.

Le budget réduit de ces jaugeages ne nous a pas permis l'achat d'un treuil de relevage de l'ancre (qui comporte d'ailleurs plusieurs inconvénients que nous examinerons ultérieurement). Aussi, utilisons-nous l'énergie produite par huit manœuvres congolais qui hissent ces 90 m de chaîne en une dizaine de minutes, aidés, bien sûr, par le moteur.

### 1.3. MATÉRIEL DE JAUGEAGE.

Nous employons un treuil OTT de type Volga avec ralentisseur équipé de 50 m de câble de 4 mm supportant un saumon de 100 kg. Nous utilisons un moulinet C31 avec hélice à pas de 0,25 (nous avons en réserve une hélice à pas de 1 m pour les jaugeages de crue). Les tours sont enregistrés avec des batteries OTT F6 et Z41.

Le support du treuil, de fabrication locale en IPN de 80, est fixé à babord, avec un porte à faux court et bas. Cela nous permet de lutter efficacement contre les bancs de jacinthes.

Le plus souvent la machette suffit à déchiqeter les amas de jacinthes qui s'accrochent au câble. Les bancs de plus forte taille ou les troncs d'arbre sont écartés du câble de jaugeage à la gaffe.

Pour les îles flottantes et les très gros arbres, nous nous en remettons dans l'ordre, au hasard, et à la sagacité du pilote qui doit en principe pouvoir éviter des obstacles au moteur en pivotant autour de l'ancre.

Pour les cas désespérés un dispositif permet de larguer la chaîne d'ancre après l'avois attachée à une bouée constituée par un fût de 150 l.

Nous n'avons jamais utilisé ce va-tout. J'ai d'ailleurs des doutes sérieux sur la flottaison de cet ensemble (90 m de chaîne, 30 m de fond, 1,4 m/s) et ne crois pas qu'il serait très facile de récupérer l'ensemble flottant, le cas échéant, entre deux eaux.

## 2. TECHNIQUES DU JAUGEAGE.

### 2.1. CHOIX DE LA SECTION DE JAUGEAGE.

Nous avons choisi l'endroit le plus resserré du couloir, en nous limitant cependant à un lieu où la profondeur maximum serait de 30 m.

La section choisie répond à ces critères, les berges sont de plus relativement régulières, et les directions de courant assez constantes, si on en croit les vitesses de surface.

Elle présente cependant de nombreux inconvénients par rapport à une section de rivière normale. On note en effet de très violents tourbillons épisodiques. De

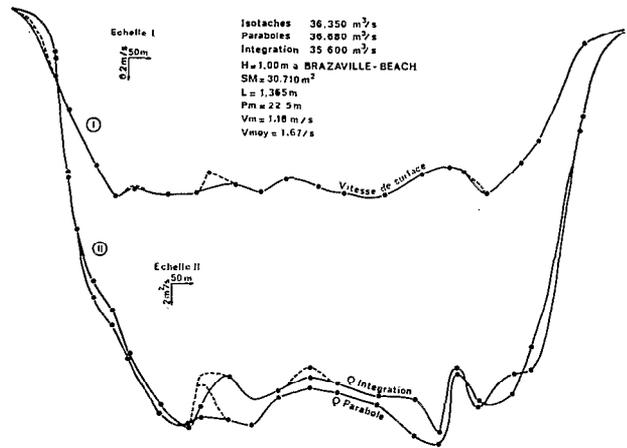
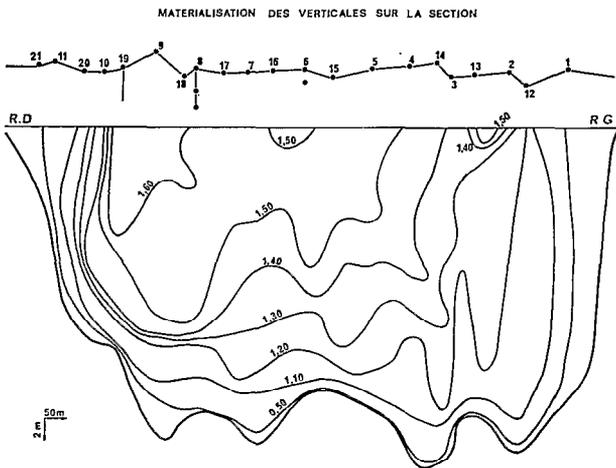


Fig. 1 et 2. — 4<sup>e</sup> jaugeage. Courbes d'égale vitesse et résultats des dépouillements.

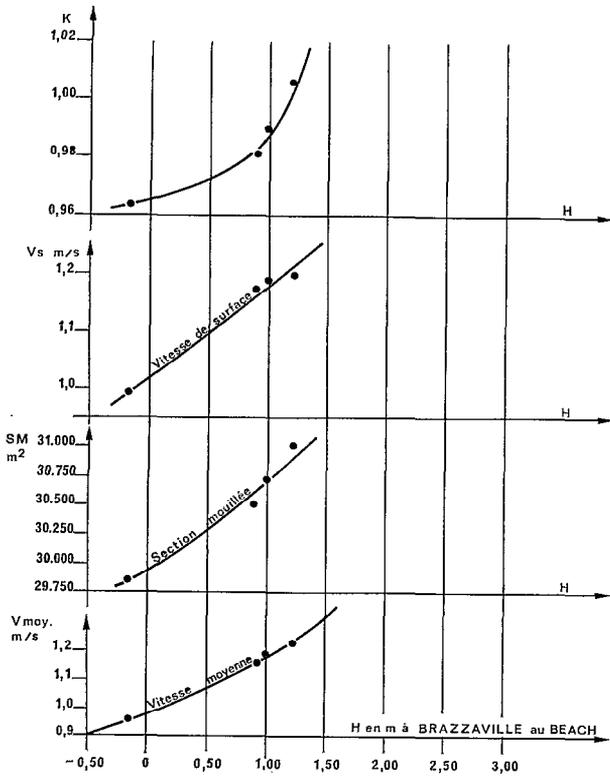


Fig. 3. — Variations de  $V_s$  : Vitesse de surface,  $SM$  : Section mouillée,  $V_{moy}$  : Vitesse moyenne,

$$K = \frac{V_{moy}}{V_s} \text{ en fonction de } H.$$

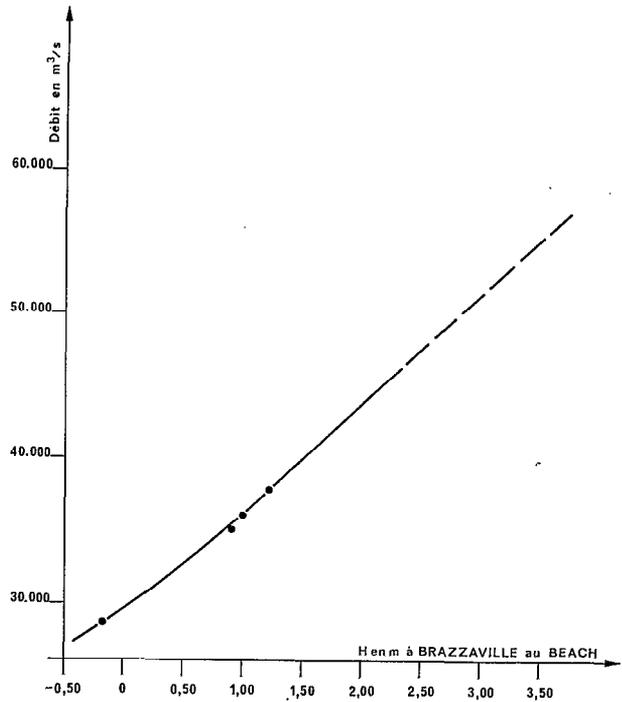


Fig. 4. — Etalonnage provisoire du Congo à Maluku Trechot.

plus, dès que le vent se lève, apparaissent sur toute la largeur du fleuve des vagues de résonance presque stationnaires. Par temps de tornades (qui arrivent très vite), le vent soufflant de l'aval crée de véritables tempêtes avec des vagues atteignant 1,50 m. Lors de notre deuxième jaugeage, nous eûmes de graves inquiétudes de ce fait.

Ces inconvénients ne sont pas l'exclusivité de cette section, mais propres à l'ensemble de couloir.

La nature du fond reste assez problématique. Il existe des bancs de rochers, qui ne sauraient être que du grès. Ailleurs nous croyons en la présence de nappes de sable, plus ou moins bouillant, avec des ondulations importantes et rapprochées, qui expliqueraient la mauvaise prise de l'ancre en certains endroits.

## 2.2. REPÉRAGE DES VERTICALES.

Nous avons matérialisé la section de jaugeage par un panneau ( $O_1$ ) sur un palmier en rive gauche (Zaire). En rive droite (Congo-Brazzaville), la section est dans l'alignement de deux panneaux triangulaires et équilatéraux ( $O_2$  et  $O'_2$ ) de 1 m de côté, rouge sur fond blanc, inversés, situés à 50 m l'un derrière l'autre. Le bateau se trouve sur la section, lorsque les deux pointes des triangles sont en correspondance.

Nous avons également fait deux repères supplémentaires en rive droite :

— repère amont : roche caractéristique peinte en blanc (A),

— repère aval : palmier peint en blanc (B), les visées sur ces deux repères varient de  $40^\circ$  en rive gauche à  $180^\circ$  en rive droite.

La triangulation de ces repères a été faite à partir d'une base de 200 m construite en rive droite sur la plage découverte en basses eaux.

Les coordonnées des différents repères sont, en prenant pour origine le centre de cette base :

$O_1$	$x = 0$	$y = - 18,6$ m
$O_2$	$x = + 57,2$ m	$y = + 1 392,1$ m
A	$x = + 702,7$ m	$y = + 1 281,6$ m
B	$x = - 323,0$ m	$y = + 1 478,4$ m

Afin de faciliter le positionnement en cours de jaugeage de la pinasse, nous avons construit une carte sur laquelle figurent les familles de cercles d'où l'on voit les points AB et  $O_1O_2$  sous des angles donnés.

Cette carte permet en outre la détermination du point où est lâchée la chaîne, qui doit se trouver environ 90 m en amont du point de la section où l'on désire faire une verticale.

Les courants et la tension de la chaîne, sont en effet tels qu'il est préférable de ne pas jouer sur la longueur de chaîne, si l'on ne veut pas courir le risque de déraper.

## 2.3. TECHNIQUE DU JAUGEAGE EN LUI-MÊME.

Nous profitons de la descente du saumon pour faire un jaugeage par intégration. La vitesse de descente est d'environ 4 cm/s. Nous notons de plus au vol le nombre de top toutes les 10 secondes au cours de cette descente de façon à avoir un profil continu des vitesses, ce qui permet de se faire une idée de la pulsation du courant. L'angle du câble est mesuré à la profondeur maximale, et donne lieu à la correction habituelle :

Profondeur vraie = Profondeur mesurée (1 - k).

Nous ne faisons pas la correction de vitesse de fond ( $< 1\%$ ) rendue négligeable par la profondeur (25 à 30 m).

Nous faisons, par contre, une correction sur la dérive du moulinet : en effet, entre la surface et le fond, le saumon ne reste pas sur la même verticale. L'angle du câble permet de chiffrer la dérive du saumon par rapport au bateau.

De plus la traînée du câble et du saumon, font que la chaîne s'allonge et que, par conséquent, le bateau recule entre le début et la fin de la descente du saumon. Cette dérive de l'ensemble peut être chiffrée par triangulation directe. Il convient donc d'ajouter ces deux dérives et de corriger d'autant la vitesse moyenne du courant sur la verticale. Avec 30 m de fond et 1,5 m/s, cette correction atteint 1%.

Le saumon est ensuite remonté en effectuant des mesures de vitesse point par point.

Le temps de mesure est de 100 secondes. Nous faisons environ 8 à 10 points par verticale.

## 3. DÉPOUILLEMENT DES MESURES.

Toutes corrections faites, ces différentes mesures donnent divers résultats, obtenus par plusieurs méthodes de dépouillement.

— Résultat du jaugeage par intégration Q int,

— Résultat du jaugeage point par point :

dépouillement par méthode des paraboles Q par

dépouillement par méthode des isotaches Q iso

le profil de vitesse continu lors de la descente est comparé au profil obtenu point par point.

Nous fournissons ci-après les résultats des 4 jaugeages.

Le premier de ces jaugeages qui n'était qu'une expérience, manque de précision, avec seulement 12 verticales.

Les trois suivants sont beaucoup plus corrects, ils comportent 16 à 21 verticales, ce qui, à raison d'une heure par verticale correspond à environ deux journées de travail.

	1 <sup>er</sup> jau- geage	2 <sup>e</sup> jau- geage	3 <sup>e</sup> jau- geage	4 <sup>e</sup> jau- geage
Date	21-22/5 (1971)	7-8/6 (1971)	5-6/7 (1971)	2-3-4/9 (1971)
Cote à Brazza-Beach (m)	1,22	0,93	-0,16	1,00
Q moyen (m <sup>3</sup> /s)	37 800	35 100	28 600	36 100
Q int (m <sup>3</sup> /s)	—	34 900	28 700	35 600
Q par (m <sup>3</sup> /s)	37 800	35 200	28 600	36 700
Q iso (m <sup>3</sup> /s)	—	35 100	28 300	36 300
Section mouillée (m <sup>2</sup> )	(31 000)	30 500	39 850	30 710
Largeur (m)	(1 410)	1 360	1 359	1 365
Profondeur moyenne (m)	(22,00)	22,42	21,96	22,50
Profondeur maximum (m)	30,00	30,75	29,40	30,25
Vitesse moyenne (m/s)	(1,22)	1,151	0,958	1,176
Vitesse maximum (m/s)	1,640	1,62	1,31	1,67
Vitesse moyenne de surface (m/s)	(1,199)	1,173	0,994	1,187
$K = \frac{\text{Vitesse moyenne}}{\text{Vitesse surface}}$	(1,015)	0,981	0,964	0,990

## CONCLUSION.

Nous n'avons réussi à terminer que 4 seulement des 6 jaugeages entrepris, et ce pour des causes diverses allant de la perte d'une ancre et de 90 m de chaîne en pleine tempête, à l'arraisonement par une vedette militaire du Congo-Kinshasa.

Les bancs de jacinthes et les billes de bois nous ont donné de nombreuses frayeurs, le bras arrière et le sabot d'hélice n'ont pas résisté à leur rencontre avec une bille de bois immergé lors d'une manœuvre délicate.

Malgré ces petits avatars, nous pensons que la méthode est maintenant suffisamment précise et sûre (si l'on excepte les ingérences des personnes étrangères au service), pour que ces jaugeages soient continués, dès que nous aurons reçu les autorisations nécessaires.

Ces quatre jaugeages se groupent assez bien. Il faut cependant remarquer que pour cette partie de l'étalonnage, nous avons obtenu des résultats supérieurs d'environ 3% aux résultats belges vieux de dix ans, ce qui est significatif. Si l'on écarte les erreurs systématiques qui pourraient exister aussi bien sur l'ensemble des jaugeages belges que sur les nôtres (mauvaise section, etc.), il convient de s'interroger sur une variation des conditions hydrauliques de la section de contrôle des échelles de référence : Brazzaville et Kinshasa, situées à quelques kilomètres seulement à l'amont des premiers rapides constituant cette section de contrôle. Il faudrait alors admettre que ce serait le seuil rocheux, qui en s'abaissant entre 1960 et 1970 aurait provoqué ce détarage mis en évidence par cette différence de 3% entre les jaugeages belges et les nôtres. Nous pensons aux débits solides, certainement importants, transportés par un tel fleuve, et, en particulier à la crue exceptionnelle de 1962, qui se trouve précisément dans la période considérée. Enfin le seuil des rapides du Djoue résulte d'un épisode géologique assez récent pour qu'on ne s'étonne point de la relative rapidité de l'érosion à son égard.

