

Note sur les débits et la qualité des eaux du Congo à Brazzaville

M. MOLINIER

Chargé de Recherche Hydrologue
Directeur du Centre ORSTOM de Brazzaville

RÉSUMÉ

Cet article rend compte des mesures de débits et de qualité des eaux effectuées sur le Congo, en amont du Stanley-Pool, par l'équipe d'hydrologues du Centre ORSTOM de Brazzaville. La courbe d'étalonnage obtenue est comparée à celle calculée par les ingénieurs belges en 1959. A priori, il semble qu'au cours de ces vingt dernières années, il y ait eu un détariage dû certainement à l'érosion du seuil des rapides du Djoué, situé à quelques kilomètres en aval de la section de contrôle. Cependant, le nombre de jaugeages est encore insuffisant pour conclure dans ce sens. L'analyse des échantillons d'eau prélevés montre que les teneurs en éléments dissous et les apports en suspension restent assez faibles et constants au cours de l'année.

ABSTRACT

This paper deals with discharge and water quality measurements carried out on the Congo River, upstream the Stanley-Pool, by the hydrologist team of Brazzaville ORSTOM Research Centre (P.R. of Congo). The rating curve drawn up is compared with the belgian engineers calibration calculated in 1959. At first sight, it seems to have been, during the last twenty years, a shift certainly due to the erosion of Djoue rapid shoal located a few kilometres downstream the control section. Nevertheless, the number of stream gaugings is still inadequate to conclude in this way. The analysis of collected water samples shows that dissolved solid concentration and sediment loads were found to be rather low and constant throughout the year.

1. INTRODUCTION

Avec une superficie de plus de 3,6 millions de km², le bassin du Congo est le deuxième bassin mondial en importance, après celui de l'Amazonie. Réparti de part et d'autre de l'équateur, il draine des zones soumises à une très forte pluviosité, ce qui explique l'importance des apports qui viennent également à la deuxième place après ceux de l'Amazonie.

En aval de Brazzaville, situé à 500 km de l'embouchure, le fleuve ne reçoit plus que des affluents mineurs dont les bassins versants ne totalisent que 70 000 km², soit 2% de la superficie de l'ensemble du bassin. Les débits transités à cette station sont donc pratiquement identiques à ceux restitués à l'embouchure. Les mesures de débits aussi élevés posent donc de sérieux problèmes techniques et exigent un matériel parfaitement adapté à ces conditions inhabituelles.

Un premier jaugeage partiel avait été effectué en 1951 par J. Aimé, hydrologue de l'ORSTOM, à la section de Maluku-Tréchet située à 60 km en amont de Brazzaville. De plus, entre 1955 et 1958, 77 mesures de débit ont été réalisées par le Service des Voies navigables et l'Institut national d'Etudes pour le Développement du Bas-Congo du Congo-Léopoldville (Zaire-Kinshasa).

Lorsque la Section hydrologique du Centre ORSTOM de Brazzaville entreprit en 1971 une nouvelle série de mesures, il fut décidé que celle-ci aurait lieu à la section initialement choisie par J. Aimé, et non à la section de

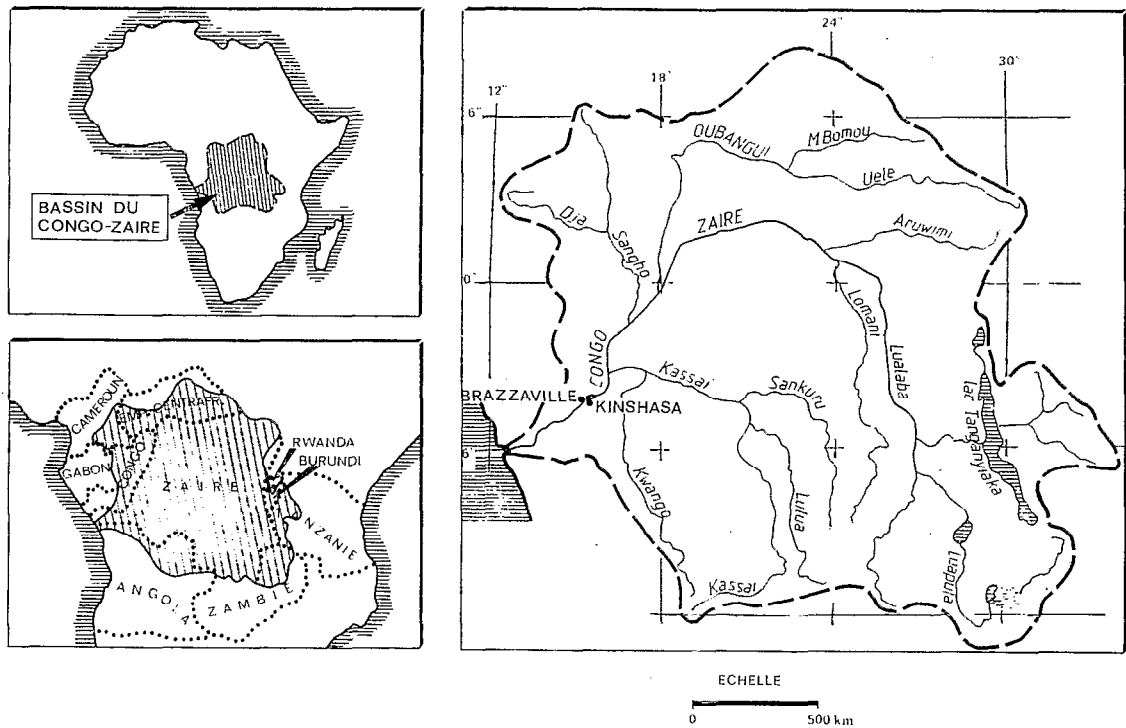


Fig. 1. — Bassin du Congo-Zaïre

Kalina retenue par les ingénieurs belges à proximité des rapides du Djoué. En effet, la section de Maluku-Tréchet, située dans le couloir en amont du Stanley-Pool, présentait l'avantage d'être placée à l'aval d'un bief rectiligne d'une vingtaine de kilomètres et à l'amont d'un élargissement du couloir. On pouvait donc espérer avoir des vitesses relativement régulières sans trop de variations dans les directions du courant, avantages que ne possédait pas la section de Kalina.

En 1971, quatre jaugeages seulement ont pu être effectués. Ceux-ci ont été interrompus en septembre pour diverses raisons, dont la principale fut la destruction de l'embarcation lors d'une mission dans le nord du pays. Les mesures de débits n'ont repris qu'en 1975 avec une nouvelle pinasse construite localement. Jusqu'en juin 1978, le rythme des tournées de jaugeages a été beaucoup plus lent que celui prévu par le programme d'origine par suite du mauvais fonctionnement du système de propulsion de la pinasse. Une transformation complète de celui-ci au cours de l'année 1978 a permis de reprendre ces mesures en décembre de la même année à raison d'un jaugeage par semaine, jusqu'à la fin du mois de février.

A partir du mois de janvier 1978, des prélèvements d'eau ont été effectués en certains points de la section pour évaluer les apports en suspension et dissous.

2. MATÉRIEL

2.1. MATÉRIEL DE NAVIGATION

Actuellement, le matériel de navigation comprend une vedette de 13 m de long et de 6 tonnes, équipée d'un moteur Renault Marine Couach type RC 80 D de 80 CV. Le système d'ancrage, avec l'expérience acquise, ne pose plus de problème majeur ; le positionnement dans la section s'effectue dans la plupart des cas à 5 m près. Jusqu'en

février, l'ancre était relevée à la main par une équipe de dix manœuvres. A partir de mars, un treuil manuel permettra de réduire cette équipe à deux manœuvres. En 1975, un écho sondeur Simrad a permis d'effectuer plusieurs profils en travers continus. Cependant, la précision de cet appareil étant assez faible, ces profils n'apportent guère d'amélioration par rapport aux profils effectués point par point.

Un système mobile fixé à l'avant de l'embarcation permet d'éloigner la plupart des bancs de jacinthes du câble électroporteur, la machette suppléant à l'efficacité relative de cet ensemble. Cependant, aucun remède n'a pu être mis au point contre les îles flottantes parmi lesquelles se trouvent souvent des arbres. La méthode la plus efficace consiste à attendre sagement le passage de ces îles avant de reprendre les mesures.

2.2. MATÉRIEL DE JAUGEAGE

Les mesures de vitesses s'effectuent avec un moulinet OTT type C 31 équipé pour les hautes et moyennes eaux d'une hélice de pas 0,50 et pour les basses eaux d'une hélice de pas 0,25. Deux types de treuil ont été utilisés alternativement : un treuil OTT type Gran et un treuil type Volga. Ces deux appareils sont équipés d'un régulateur de descente pour les mesures par intégration. L'ensemble est fixé à un support en porte-à-faux sur la plage avant babord de la vedette.

2.3. MATÉRIEL DE PRÉLÈVEMENT

Deux méthodes ont été employées. Dans un premier temps, faute de matériel approprié, les échantillons d'eau étaient prélevés en surface, en plusieurs points de la section, à l'aide de bidons de 10 l. Ensuite, deux séries ont été effectuées à l'aide d'une bouteille de 9 l, fabriquée par notre Service, lestée d'un saumon de 50 kg. De nombreuses difficultés nous ont obligé à abandonner ce procédé par la suite, les prélèvements étant effectués uniquement en surface. A partir du mois d'avril 1979, les échantillons d'eau seront prélevés à l'aide de bouteilles beaucoup mieux adaptées à ce genre de travail. Ces bouteilles nous ont été aimablement prêtées par le Centre ORSTOM océanographique de Pointe-Noire.

3. TECHNIQUE DES JAUGEAGES

La section choisie est située dans le couloir à une soixantaine de kilomètres de Brazzaville. Elle se trouve à l'aval d'une section rectiligne de près de 20 km et juste à l'amont d'un élargissement du fleuve. Malgré les très nombreux petits tourbillons observés, ces conditions hydrauliquement satisfaisantes permettent d'avoir dans la section des vitesses relativement régulières (cf. fig. 2).

La nature du fond reste difficile à définir. Des profils en long faits à l'écho sondeur montrent qu'il existe de nombreux rochers dont le pendage a une direction générale nord-est. L'ouverture entre les sommets de ces rochers est de l'ordre de 100 m et la hauteur de ceux-ci varie entre 5 et 7 m. Cet aspect chaotique explique les difficultés que nous avons eues à définir le profil en travers exact de la section. Cette accumulation de rochers est localisée de préférence vers la rive gauche où les fonds sont les plus importants (36 m en hautes eaux entre 400 et 500 m de la rive zaïroise). Près de la rive droite, bien que l'on rencontre encore de nombreux rochers, il existe de nombreuses nappes de sable qui rendent le fond instable.

Le calcul de l'emplacement exact de la verticale est fait à l'aide des angles sous lesquels sont vus deux repères situés en rive droite de part et d'autre de la section. La section elle-même est matérialisée par trois panneaux alignés, deux en rive droite et un en rive gauche.

A chaque verticale, une mesure de vitesse par intégration est effectuée à la descente du moulinet et une autre série de mesures ponctuelles, tous les 3 à 5 m, est faite à la remontée. Les profondeurs réelles ainsi que la dérive du moulinet sont calculées après détermination de l'angle observé entre le câble et la verticale. La première correction est importante puisqu'elle peut atteindre et même dépasser 1,5% en hautes eaux ; par contre la deuxième correction est négligeable dans la plupart des cas.

A chaque jaugeage, le nombre de verticales varie de 20 à 24, soit une verticale tous les 60 à 70 m pour une section de 1 400 m environ. Ceci représente, suivant les difficultés rencontrées, deux à trois jours de travail.

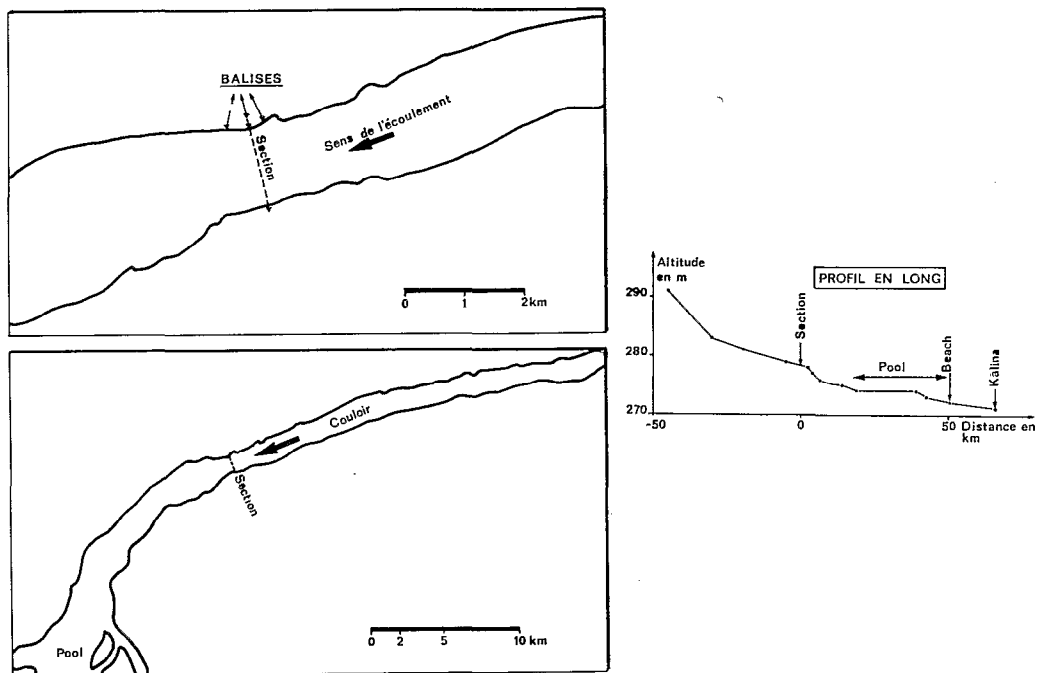


Fig. 2. — Emplacement des mesures et profil en long

4. RÉSULTATS DES JAUGEAGES

Les résultats des 26 jaugeages effectués par l'ORSTOM depuis mai 1971 sont portés dans le tableau I, avec les notations suivantes :

colonne 1 : N° du jaugeage

— 2 : Date

— 3 : H Brazza = hauteur limnimétrique à l'échelle du Beach à Brazzaville (en cm)

— 4 : H Maluku = hauteur limnimétrique à l'échelle de Maluku-Tréchet (en cm)

— 5 : Q = Débit en m³/s

— 6 : S = Section en m²

— 7 : V_m = Vitesse moyenne dans la section en m/s

— 8 : V_s = Vitesse moyenne de surface en m/s

— 9 : K = Rapport V_m/V_s

— 10 : L = Largeur de la section en m

— 11 : P_m = Profondeur moyenne en m

4.1. PROFIL EN TRAVERS

Les profils en travers sont déterminés lors de chaque jaugeage, grâce aux mesures de profondeurs faites sur chaque verticale. Le relief tourmenté du lit, conjugué au fait que le saumon n'est que rarement dans l'axe de la section, entraîne une grande variation dans les profondeurs observées à une même distance de la berge. Sur la

TABLEAU I
CONGO A MALUKU
RÉSULTATS DES JAUGEAGES

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
N ^o	Date	H Brazza	H Maluku	Q	S	V _m	V _s	K = V _m /V _s	L	P _m
1	21-22/05/1971	122	—	37 800	31 000	1,22	(1,20)	(1,017)	(1 410)	(22,0)
2	7-8/06/1971	93	—	35 200	30 500	1,154	1,173	0,984	1 360	22,42
3	5-6/07/1971	16	—	28 600	29 850	0,958	0,994	0,964	1 359	21,96
4	2-3-4/09/1971	100	—	36 100	30 710	1,176	1,187	0,990	1 365	22,50
5	8-9/09/1975	53-47	100-94	32 000	30 790	1,039	1,084	0,959	1 345	22,89
6	29-30/07/1975	13-14	62-63	29 600	29 990	0,987	0,979	1,008	1 340	22,38
7	7-8/10/1975	250-255	283-288	47 600	32 850	1,449	1,411	1,027	1 365	24,07
8	13-14/02/1976	138-139	182-183	38 380	30 580	1,252	1,322	0,947	1 355	22,57
9	27-28/05/1976	165-161	207-203	40 200	31 675	1,269	1,306	0,972	1 355	23,38
10	22 au 29/07/1976	53-51-60	100-109	31 920	29 540	1,081	—	—	1 345	21,96
11	11-12/01/1978	336-330	365-360	54 850	33 250	1,650	1,735	0,951	1 375	24,18
12	19-20-21/01/1978	295-285	332-322	51 060	32 830	1,555	1,544	1,007	1 370	23,96
13	22-23/02/1978	105	156	35 650	30 470	1,170	1,181	0,991	1 350	22,57
14	10/05/1978	205	250	42 800	32 200	1,329	1,368	0,971	1 360	23,68
15	24-25/05/1978	200-198	244-243	42 450	31 660	1,341	1,360	0,986	1 360	23,28
16	1-2/06/1978	200	244-243	41 300	31 740	1,301	1,332	0,977	1 360	23,34
17	13-14-15/06/1978	206-205	252-251	41 760	31 100	1,343	1,380	0,973	1 360	22,87
18	20-21/06/1978	197-191	241-235	41 100	30 900	1,330	1,330	1,000	1 360	22,72
19	27-28/12/1978	383-378	416-411	57 950	34 150	1,697	1,735	0,978	1 380	24,75
20	4-5/01/1979	348-338	381-372	55 900	33 760	1,656	1,660	0,998	1 375	24,55
21	11-12-13/01/1979	319-316	355-353	53 500	33 550	1,595	1,670	0,955	1 375	24,40
22	18-19/01/1979	298-294	338-335	51 400	33 380	1,539	1,600	0,962	1 375	24,28
23	25-26/01/1979	277-274	322-320	49 400	33 600	1,470	1,527	0,963	1 370	24,53
24	9-10/02/1979	250-248	296-294	46 540	32 520	1,431	1,490	0,960	1 370	23,74
25	13-14/02/1979	238-233	287-282	45 900	31 400	1,462	1,496	0,977	1 370	22,92
26	21-22/02/1979	216-214	264-263	44 050	30 900	1,426	1,473	0,968	1 370	22,55

figure 3 on a reporté pour les jaugeages n^o 5 à 26 les différentes profondeurs observées tous les 50 m pour une hauteur du plan d'eau ramenée à H Brazza = 5 m. La dispersion est assez importante puisque l'on obtient pour l'ensemble des 27 verticales choisies un écart-type moyen de 1,54 m, allant de 0,61 à 500 m de la rive droite à 3,05 m à 100 m de la rive gauche.

Afin de préciser la forme de la section, au cours du jaugeage n^o 10, les profondeurs ainsi que les vitesses moyennes ont été mesurées en 149 points de cette section, soit une verticale tous les 9 m. Sur la figure 4, on a comparé ce profil moyen obtenu avec les 22 jaugeages n^o 5 à 26, et aux différents profils continus relevés à l'écho sondeur en juillet 1975 (un exemple des relevés obtenus est donné sur la figure 5). Le résultat est loin d'être satisfaisant et il est illusoire d'envisager l'utilisation d'un profil définitif pour augmenter la précision des jaugeages. Il faut cependant noter que l'écho sondeur SIMRAD mis à notre disposition est un appareil à vocation océanographique trop peu précis pour notre étude, les oscillations de la coque et l'horizontalité approximative du sabot émetteur-récepteur entraînent une trop grande dispersion dans les mesures. Un petit écho sondeur portatif, d'un coût nettement inférieur serait beaucoup mieux adapté à nos besoins. Pour le moment, il est donc préférable de déterminer ce profil en travers à chaque jaugeage.

Pour les 26 jaugeages, la corrélation entre l'aire de la section et la hauteur limnimétrique à Brazzaville est assez lâche. La relation linéaire entre ces deux grandeurs est donnée par la relation suivante :

$$S = 1\,176\,H + 29\,460 \text{ avec un intervalle de confiance à } 80\% \text{ de } \pm 675\,m^2 \text{ pour une moyenne de } 31\,700\,m^2.$$

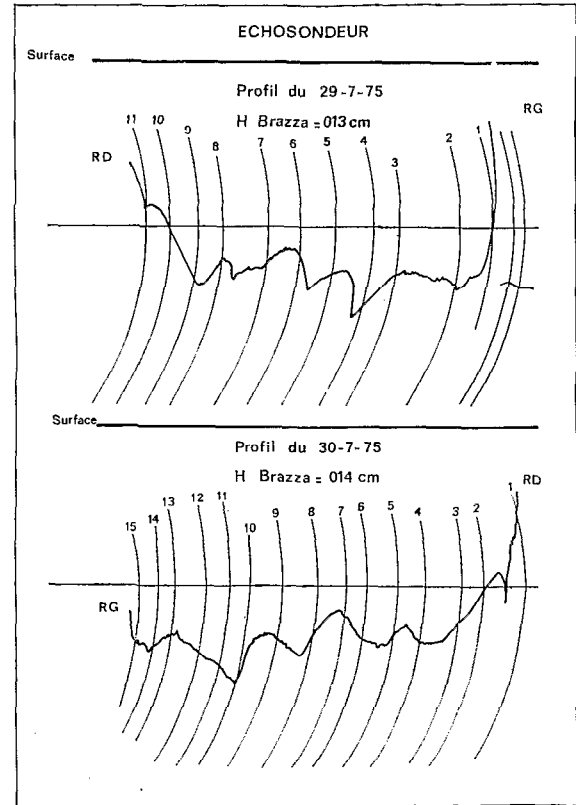
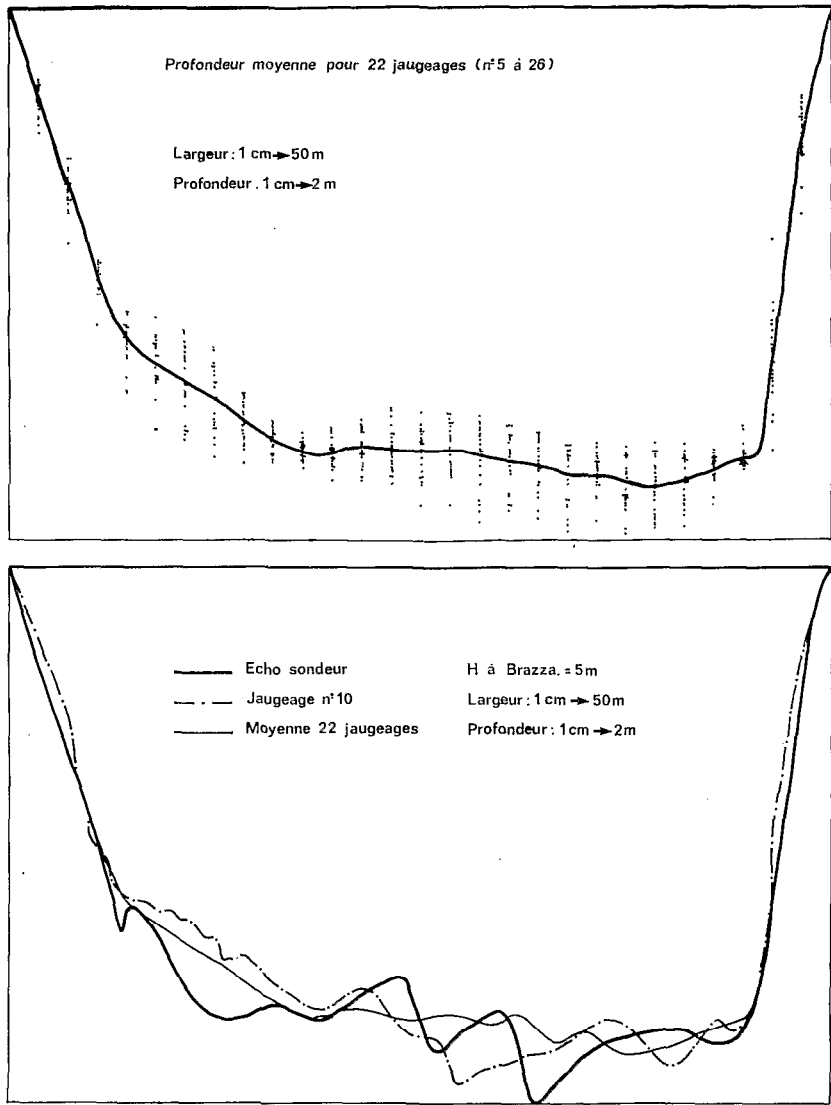


Fig. 3, 4, 5. — Profils en travers

4.2. VITESSE DU COURANT

L'accroissement des vitesses en fonction de la hauteur limnimétrique n'est pas constant sur toute la section. La figure 6, où sont représentées les vitesses moyennes observées au cours de cinq jaugeages, montre que cet accroissement est beaucoup plus rapide dans la partie droite du fleuve, la moins profonde, que dans sa partie gauche. Cette différence provient certainement de la légère courbure à gauche présentée par le fleuve quelques kilomètres en amont de la section. La plus forte vitesse moyenne a été observée lors du jaugeage n° 20 (H = 348/338), elle était de 2,86 m/s à 340 m de la rive droite. C'est en général à cette distance que l'on rencontre les plus fortes vitesses. Une extrapolation des vitesses moyennes obtenues au cours des différents jaugeages dans cette partie de la section, permet d'estimer la vitesse moyenne maximale pour la cote la plus haute observée à Brazzaville (H = 555 le 27-12-1961) : cette vitesse était certainement comprise entre 4,2 et 4,4 m/s. Il est évident qu'avec de telles vitesses, les jaugeages doivent poser de sérieux problèmes, et il est à craindre que le système d'ancrage actuellement utilisé manque d'efficacité.

Le coefficient $K = V_m/V_s$ étant proche de 1, les vitesses de surface sont assez voisines des vitesses moyennes et ont évidemment la même distribution le long de la section, avec un maximum autour de la verticale 350 m. La vitesse de surface la plus élevée a été mesurée lors du jaugeage n° 19 (H = 383/378), elle était de 2,90 m/s à 370 m de la rive droite. En extrapolant on trouverait comme valeur maximale de la vitesse de surface, à la cote H = 555, une fourchette identique à celle estimée pour la vitesse moyenne. On aurait donc à cette cote, à 5 ou 6 m de profondeur, une vitesse de près de 5 m/s ! Ces quelques chiffres peuvent donner une idée de la puissance de ce fleuve, quand on sait que ces vitesses passent dans une section de 36 000 m².

Sur la figure 6 bis, on a donné un exemple de l'allure des « paraboles de vitesses » pour deux jaugeages effectués à des cotes différentes. Les vitesses sont, en général, relativement constantes le long d'une verticale ; ce qui se traduit graphiquement par une forme aplatie de ces paraboles.

Afin de connaître l'évolution de la courbe des débits unitaires, tout au long de la section, en fonction de la hauteur du plan d'eau, on a tracé, pour un certain nombre de verticales données (tous les 50 m), la courbe de variation des débits unitaires en fonction de la hauteur à partir des valeurs expérimentales obtenues lors des jaugeages. Ces 27 courbes moyennes ont permis de tracer sur la figure 6 les variations des débits unitaires pour une hauteur donnée H. Ce graphique montre que, en très hautes eaux, 40% du débit passent dans le quart de la section.

Comme pour les aires des sections mouillées, on peut représenter les vitesses moyennes ainsi que les vitesses de surface en fonction de la hauteur limnimétrique par une relation linéaire. La représentation graphique de ces relations est donnée sur la figure 7.

— Vitesse moyenne dans la section = $V_m = 0,195 H + 0,964$

Coefficient de corrélation : 0,993
Intervalle de confiance à 80% : $\pm 0,032$ m/s

— Vitesse moyenne de surface = $V_s = 0,203 H + 0,978$

Coefficient de corrélation : 0,984
Intervalle de confiance à 80% : 0,055 m/s

4.3. COURBE D'ÉTALONNAGE

Les points représentatifs des couples (H, Q) sont portés sur la figure 8. Pour déterminer la correspondance hauteur-débit on peut soit tracer une courbe moyenne au milieu du nuage de points, soit rechercher une fonction limnimétrique de débit. C'est cette deuxième solution que nous avons adoptée. Il est possible d'ajuster ces valeurs soit à une fonction de type parabolique, soit à une fonction de type puissance. Tous calculs faits, les résultats sont les suivants :

— Fonction parabolique :

$$Q = 632,3 H^2 + 5 466 H + 29 235 \quad (1)$$

avec un écart quadratique moyen de 647 m³/s qui représente 1,5% du débit moyen (42 808 m³/s) mesuré au cours des 26 jaugeages.

— Fonction puissance :

$$Q = 263,9 (H + 9,30)^{2,100} \quad (2)$$

écart quadratique moyen = 711 m³/s, soit 1,7% du débit moyen.

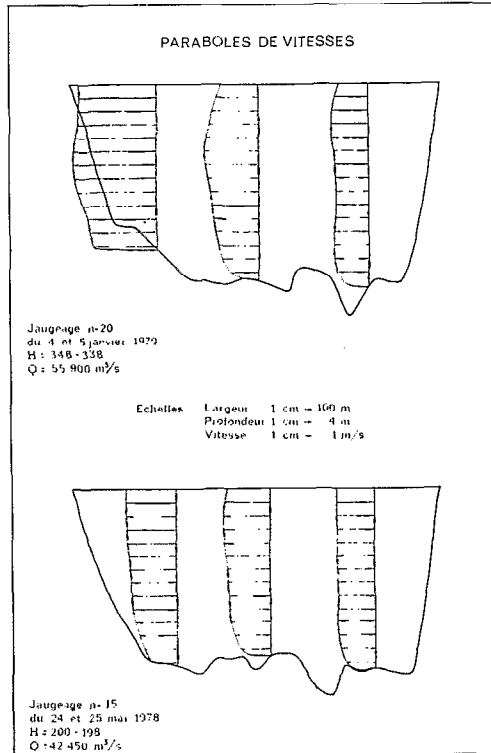
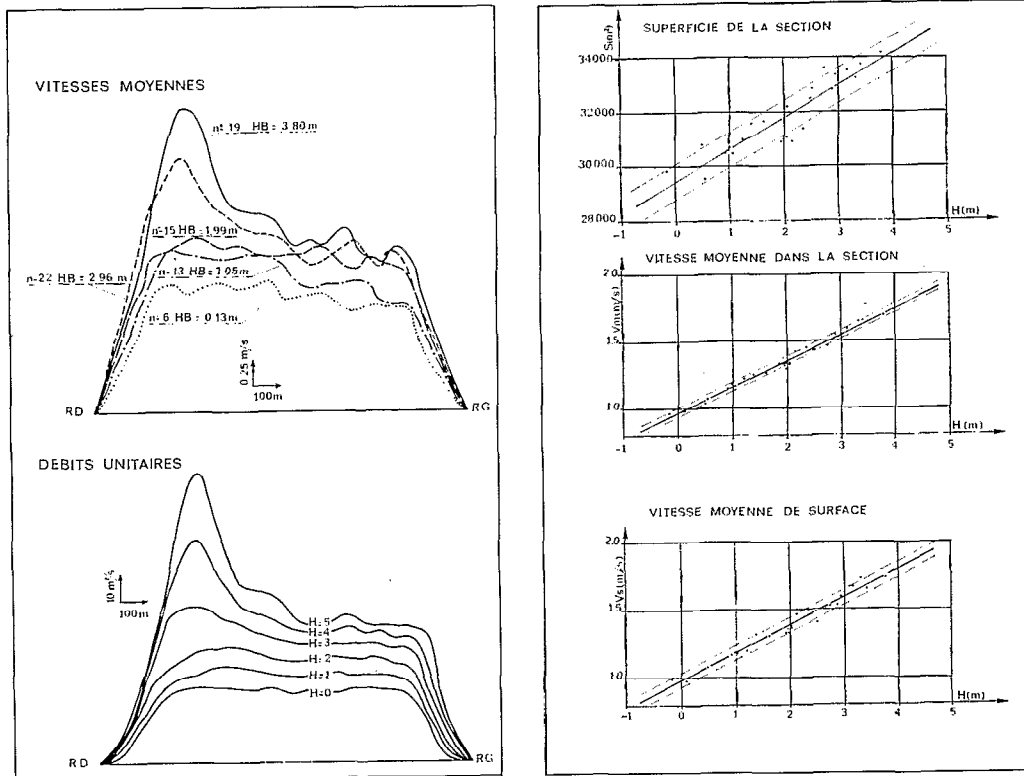


Fig. 6, 6 bis, 7

Il semble donc que l'ajustement parabolique soit plus précis que l'ajustement puissance. En fait, celui-là donne trop d'importance au jaugeage n° 3 qui paraît surestimé.

Pour cette raison, et aussi afin de pouvoir comparer cet étalonnage à celui calculé par les ingénieurs belges grâce aux 77 jaugeages effectués entre 1955 et 1958, on a préféré retenir la fonction puissance.

La relation trouvée par R. Van Ganse en 1959 en ajustant à ces 77 mesures une fonction puissance a la forme suivante :

$$Q = 253,0 (H_L + 8,736)^{2,106} \quad (3)$$

où H_L désigne la hauteur limnimétrique à Kinshasa (Léopoldville).

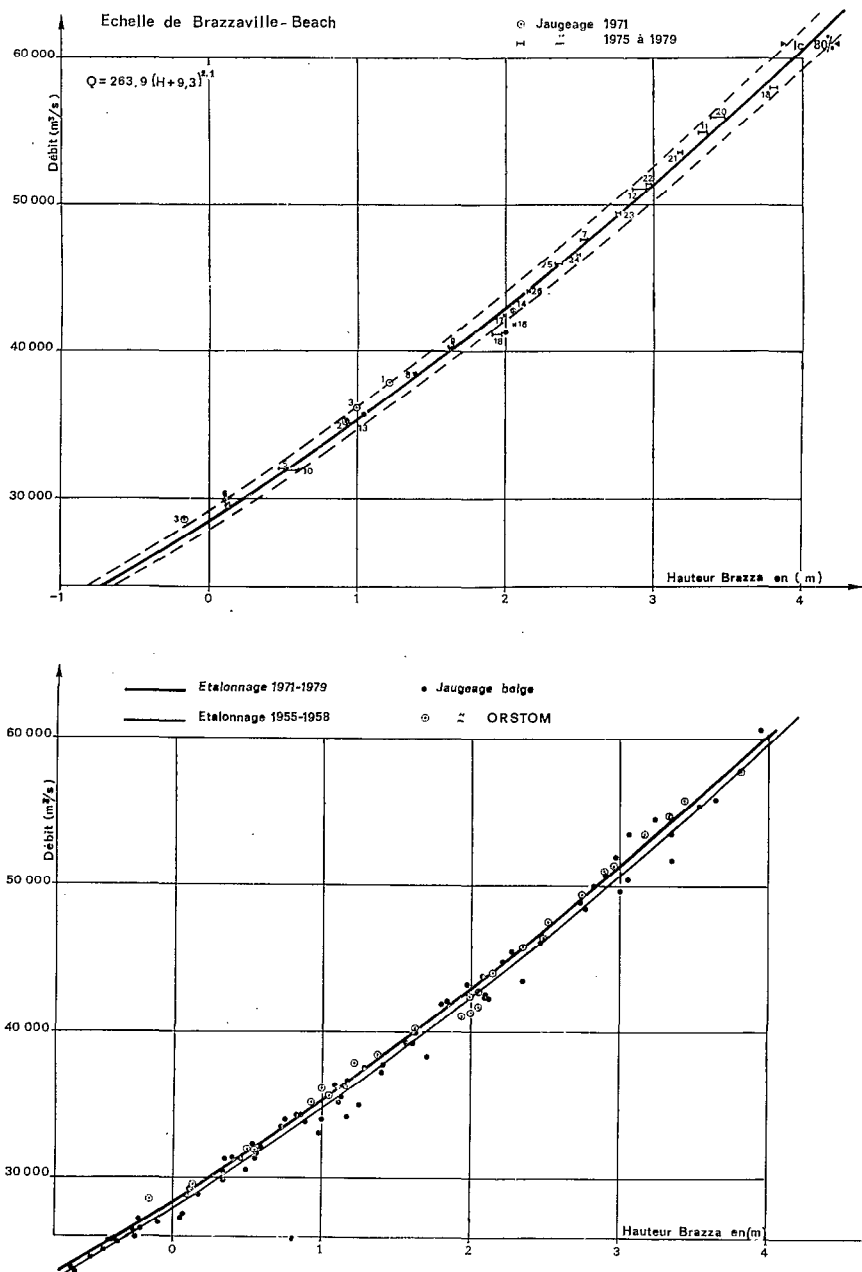


Fig. 8, 9. — Etalonnages du Congo

Les relevés limnimétriques effectués à Brazzaville à la même époque permettent de calculer la relation linéaire qui lie les hauteurs limnimétriques à Brazzaville (H_B) et à Kinshasa (H_L) pour ces 77 jaugeages. On trouve :

$$H_L = 1,01368 H_B + 0,61137 \quad (4)$$

avec un coefficient de corrélation de 0,9995.

En reportant cette valeur de H_L dans la relation (3), on obtient donc la courbe d'étalonnage en fonction de la hauteur à Brazzaville pour les années 1955 à 1958 :

$$Q = 260,4 (H_B + 9,222)^{2,106} \quad (5)$$

On voit donc que cette relation est très proche de la relation (2) donnée plus haut. Afin de pouvoir mieux comparer les deux étalonnages, on a recherché un nouvel ajustement pour les 26 débits mesurés entre 1971 et 1979 en imposant les coefficients de multiplication (260,4) et d'élévation à la puissance (2,106), ne faisant varier que la hauteur H_0 à ajouter à H_B . Le résultat est :

$$Q = 260,4 (H_B + 9,294)^{2,106} \quad (6)$$

avec un écart quadratique moyen de 713 m³/s qui est très proche des 711 m³/s trouvés pour (2).

Si l'on assimile la section des rapides du Djoué, située à 9 km des échelles limnimétriques, à une section de contrôle à seuil déversant, il apparaît, en comparant (5) et (6), que le niveau de ce seuil fictif se serait abaissé de 7,2 cm en quinze ou vingt ans, soit 4 à 5 mm par an.

Ceci n'a rien de surprenant lorsqu'on sait que ce seuil résulte d'un épisode géologique assez récent qui pourrait subir une érosion relativement rapide. Il semblerait donc que les jaugeages réalisés par l'ORSTOM confirment l'étalonnage établi par R. Van Ganse en 1959, mais avec un détarage progressif dû à l'érosion. Cependant, il convient d'être très prudent dans cette interprétation. En effet, cette légère différence pourrait provenir des fluctuations fortuites dues à l'imprécision relative des jaugeages. Pour s'en assurer, on a procédé à la comparaison des variances en appliquant le test de Snedecor. On a donc calculé les variances obtenues en comparant chaque série de jaugeages à la courbe (5).

$$77 \text{ jaugeages belges} = \sigma_B^2 = 630\,525$$

$$26 \text{ jaugeages ORSTOM} = \sigma_0^2 = 834\,961$$

$$\text{Rapport } (\sigma_0 / \sigma_B)^2 = 1,324$$

La table de Snedecor indique que, pour 25 et 76 degrés de liberté, la valeur limite de ce rapport au seuil de probabilité de 0,05 est de 1,80, soit une valeur supérieure à celle trouvée ci-dessus. Il n'y a donc pas de différence significative entre ces deux variances et on peut donc considérer que ces deux étalonnages sont identiques, et que ces différences obtenues sont dues à des fluctuations fortuites.

On s'aperçoit d'ailleurs que la courbe calculée par les Belges est comprise dans l'intervalle de confiance à 45% (forts débits) et 65% (faibles débits) de la courbe calculée avec nos 26 jaugeages. Ceci confirme donc les résultats du test ci-dessus.

Cependant, malgré les conclusions auxquelles nous venons d'aboutir, il apparaît que les jaugeages réalisés par l'ORSTOM sont en général supérieurs à ceux effectués par la brigade belge. C'est ce que montre le graphique de la figure 9, où sont portées les deux séries de jaugeages ainsi que les deux courbes d'étalonnage. Pour déterminer si cette tendance est systématique ou fortuite, il est indispensable de poursuivre les mesures afin d'obtenir un nombre de points suffisants, et notamment, de préciser l'étalonnage en très hautes eaux et en très basses eaux.

La courbe (2) : $[Q = 263,9 (H + 9,3)^{2,1}]$ que nous retiendrons comme étalonnage provisoire, donne comme valeurs du débit pour les cotes extrêmes observées à Brazzaville :

$$\text{— maximum le 27-12-1961 } H = 5,55 \text{ m } Q = 76\,200 \text{ m}^3/\text{s} \pm 1\,700 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{— minimum le 08-07-1959 } H = -0,78 \text{ m } Q = 23\,700 \text{ m}^3/\text{s} \pm 500 \text{ m}^3/\text{s}$$

L'intervalle de variation donné ci-dessus correspond à l'intervalle de confiance à 80%.

5. APPORTS EN SUSPENSION ET APPORTS DISSOUS

A partir de janvier 1978, 12 séries de prélèvements ont été effectuées au cours des jaugeages. Nous avons vu précédemment que deux méthodes avaient été employées, l'une consistait à faire des prélèvements en divers points

de la section et à différentes profondeurs (jaugeages nos 17 et 18). Dans l'autre méthode, les échantillons d'eau n'étaient prélevés qu'en surface.

Les résultats montrent que si les apports dissous sont à peu près constants, pour un débit donné, en tous les points de la section, il n'en est pas de même pour les transports en suspension. Ceux-ci varient aussi bien avec la distance horizontale qu'avec la profondeur.

Le tableau II donne les résultats obtenus. Afin d'homogénéiser les données, nous n'avons pris en compte que les prélèvements de surface, ce qui n'a aucune importance pour les apports dissous qui sont à peu près identiques le long d'une verticale, mais qui fausse les valeurs des apports en suspension qui semblent varier d'une façon importante dans la section. Malheureusement, le trop petit nombre de prélèvements en profondeur et leur dispersion ne permettent pas d'extrapoler sur toute la section. Les chiffres reportés dans ce tableau II représentent la moyenne des valeurs obtenues pour les différents échantillons de surface prélevés au cours d'une même série.

TABLEAU II

N°	Date	Q m ³ /s	Ts mg/l	Qs T/s	pH	Fe ₂ O ₃ mg/l	Si O ₂ mg/l
12	20-01-1978	51 060	40,0	2,042	6,5	1,42	23,3
13	22-02-1978	35 550	27,7	0,985	6,6	2,25	24,7
15	24-05-1978	42 450	22,2	0,942	7,2	0,65	34,1
16	01-06-1978	40 500	25,0	1,013	7,2	0,33	29,6
17	13-06-1978	41 050	23,6	0,969	7,3	0,39	32,4
18	20-06-1978	41 100	26,2	1,077	7,3	0,53	28,9
19	27-12-1978	57 950	23,6	1,368	7,3	0,51	25,5
20	04-01-1979	55 900	25,4	1,420	7,1	0,58	13,2
21	12-01-1979	53 500	22,8	1,220	6,9	0,54	24,2
23	25-01-1979	49 400	28,7	1,418	7,2	0,58	14,2
25	14-02-1979	45 900	27,6	1,267	7,3	0,39	15,1
26	22-02-1979	44 050	25,1	1,106	7,2	0,39	14,1

N°	Anions				Cations							
	H CO ₃		CL ⁻		Ca ⁺⁺		Mg ⁺⁺		K ⁺		Na ⁺	
	mg/l	me/l	mg/l	me/l	mg/l	me/l	mg/l	me/l	mg/l	me/l	mg/l	me/l
12	27,5	0,450	—	—	3,00	0,150	3,62	0,299	0,94	0,024	1,68	0,073
13	15,9	0,260	—	—	2,84	0,142	3,38	0,279	1,56	0,040	1,59	0,069
15	17,1	0,281	3,91	0,110	2,60	0,130	4,74	0,392	1,56	0,040	3,61	0,157
16	20,2	0,331	3,62	0,102	1,80	0,090	5,67	0,469	1,21	0,031	2,00	0,087
17	19,7	0,323	1,49	0,042	2,84	0,142	5,48	0,453	1,25	0,032	2,12	0,092
18	20,0	0,328	1,78	0,050	2,64	0,132	5,32	0,440	1,13	0,029	2,02	0,088
19	15,1	0,248	2,41	0,068	1,50	0,075	5,20	0,430	0,86	0,022	1,20	0,052
20	17,1	0,280	1,99	0,056	2,40	0,120	3,35	0,277	1,17	0,030	1,52	0,066
21	14,3	0,234	2,24	0,063	2,44	0,122	3,48	0,288	0,78	0,020	0,69	0,030
23	17,4	0,285	1,85	0,052	2,70	0,135	2,77	0,229	1,64	0,042	2,16	0,094
25	21,5	0,353	1,24	0,035	2,40	0,120	3,85	0,318	1,25	0,032	1,75	0,076
26	18,9	0,310	1,03	0,029	2,40	0,120	4,51	0,373	1,17	0,030	1,84	0,080

5.1. TRANSPORTS EN SUSPENSION

A l'exception de la série du 20-1-1978, prélevée lors du jaugeage n° 12, la moyenne des apports en suspension en surface est relativement constante puisqu'elle varie de 22,2 mg/l le 24-5-1978 à 28,7 mg/l le 25-1-1979. Cependant, au cours d'une même série, les valeurs ponctuelles peuvent différer assez sensiblement d'un point à un autre de la section.

Si l'on considère que ces valeurs représentent les transports moyens au site de mesure, il transiterait à cet endroit entre 35 et 40 millions de tonnes de sédiments en suspension par an, soit 10 à 11,5 t/s . km².

Cependant, en ne prenant en compte que les échantillons prélevés en surface, il est à craindre que l'on arrive à des résultats erronés. En effet, des prélèvements faits à des profondeurs différentes au cours des jaugeages n^{os} 17 et 18 montrent que la teneur en sédiments peut varier assez considérablement sur une même verticale. Ainsi le 13-6-1978, à 150 m de la rive droite, la teneur en surface était de 21,3 mg/l, puis de 27,2 mg/l à 5 m, de 61,4 mg/l à 10 m et de 119,8 mg/l à 15 m. La profondeur totale n'étant que de 16 m, il est fort possible que cette dernière valeur corresponde plus au charriage ou à la saltation qu'au transport en suspension. D'autres prélèvements faits à des distances différentes de la berge, donnent des valeurs de 1,2 à 1,4 fois plus fortes à 5 m qu'en surface. Le 20-6-1978, des séries de prélèvements ont été faits à plusieurs profondeurs sur deux verticales différentes. Après dépouillement des résultats, on s'aperçoit que la moyenne sur une même verticale est à peu près identique au prélèvement de surface ou à peine supérieure.

Cependant, tous ces chiffres étant assez dispersés, il convient de poursuivre les mesures avec un matériel beaucoup plus approprié, ce qui, nous l'espérons, sera le cas dès le mois d'avril.

Il sera nécessaire aussi de vérifier s'il n'y a pas un piégeage au niveau du Pool, en effectuant d'autres mesures en aval des rapides du Djoué.

5.2. TRANSPORTS DISSOUS

La teneur en éléments dissous étant très homogène dans la section, on peut donc, sans grand risque d'erreur, prendre la moyenne des valeurs de surface comme teneur moyenne dans l'ensemble de la section.

Apparemment, l'examen des résultats montre qu'il n'existe aucune corrélation entre les diverses teneurs en éléments dissous, aussi bien avec les débits qu'avec la saison. Et pourtant, il est certain que l'importance des apports est liée à la quantité d'eau transitée et à la période de l'année. Celle-ci intervient par le biais du mode d'alimentation du fleuve qui est extrêmement varié. Les apports, à un moment donné, dépendent donc de l'origine des eaux prélevées. Il est évident que les eaux du Kasai drainant des sols sur sédiments sableux n'auront pas la même constitution chimique que les eaux de l'Oubangui et de l'Uelé qui proviennent des sols ferrallitiques sur cuirasses ferrugineuses. Ainsi, on constate que lorsque les eaux du Kasai sont prépondérantes, les apports en silice sont, en général, supérieurs à ceux du reste de l'année. C'est le cas en particulier pour les quatre prélèvements faits en mai et juin 1978 qui ont donné les quatre plus fortes teneurs en silice, de 28,9 à 34 mg/l.

En ce qui concerne les relations entre les teneurs et les débits, on constate seulement que la teneur en ions bicarbonates, ainsi que la teneur totale en anions et en cations, semblent varier en fonction inverse du débit, phénomène lié à la dilution de ces éléments.

Afin de vérifier ces différentes hypothèses, il paraît indispensable de continuer les mesures encore un certain temps, afin de pouvoir étudier séparément les apports de chaque période de l'année en éléments dissous, et ceci en fonction du mode d'alimentation du fleuve. Grâce aux différentes teneurs observées, il est peut-être possible de définir de quelle partie du bassin et dans quelle proportion proviennent les eaux recueillies au site de mesure.

6. CONCLUSION

Les résultats obtenus au cours de ces séries de mesures montrent donc qu'il est nécessaire, aussi bien pour la qualité des eaux que pour les débits, de poursuivre les travaux de terrain. Pour l'étalonnage, la courbe doit être précisée pour les hautes eaux et les basses eaux. Avec un peu de chance, il sera peut-être possible d'obtenir, dès 1979, ces points extrêmes au cours de l'étiage de juillet-août et au cours de la crue de décembre. Il faut aussi intensifier le nombre de jaugeages afin d'obtenir un échantillon suffisamment représentatif pour pouvoir être comparé à celui des Belges, pour vérifier s'il y a eu effectivement un détarage entre 1955-58 et 1971-79 ou si cette tendance n'est que fortuite et due à l'imprécision des mesures.

Les méthodes employées jusqu'à ce jour pour les prélèvements d'échantillons d'eau s'étant avérées encore trop peu précises, notamment pour les transports en suspension, il est donc préférable de les modifier par l'utilisation d'un matériel mieux adapté ; matériel qui devait être opérationnel dès le mois d'avril 1979. De plus, d'après certains prélèvements effectués dans l'estuaire du fleuve, il semblerait que les apports solides soient plus faibles à cet endroit qu'à la section de Maluku. Il conviendra donc de vérifier ces résultats et de déterminer dans quelle partie du Congo se situe le piégeage. Pour cela, d'une part, en coopération avec les océanographes de Pointe-Noire, une mission est prévue en avril 1979 dans l'estuaire et, d'autre part, des échantillons d'eau seront prélevés en aval de Brazzaville, immédiatement après les rapides du Djoué. Ainsi pourra-t-on voir si ce piégeage éventuel a lieu au niveau du Pool plutôt qu'en aval, ce qui semblerait plus logique.