

GRANULOMETRIE ET MINERALOGIE DES SUSPENSIONS PARTICULAIRES DES FLEUVES CONGO ET OUBANGUI

M. Delaune, J.M. Jouanneau & J. Harle

RESUME :

Un suivi mensuel de la granulométrie des matières en suspension (MES) des fleuves Oubangui et Congo a été effectué sur six années, de 1988 à 1993, à Bangui et Brazzaville.

La médiane des sédiments transportés se situe entre 0,16 et 3 μm . Les MES des périodes de crues sont les plus grossières. La fraction grossière (éléments de taille $> 50\mu\text{m}$) de ces MES comprend une part importante d'éléments organiques. Leur teneur augmente fortement en période d'étiage, plus légèrement au moment des crues.

Les MES sont composées presque exclusivement de kaolinite et de produits amorphes. S'y ajoutent des illites et, sur le Congo à Brazzaville, des smectites qui proviennent de la cuvette congolaise.

La comparaison des observations obtenues sur le bassin de l'Oubangui et sur la partie aval du Congo, à Brazzaville, montre que les variations annuelles et interannuelles des MES sont plus visibles au niveau d'un bassin de taille réduite.

ABSTRACT :

Microgranulometry and mineralogy of suspended loads from Congo and Ubangui rivers - Measurements of the granulometry of suspended loads carried by Congo and Ubangui rivers were made monthly during the years 1988 to 1993.

Median particle diameters range between 0,16 and 3 μm . The suspended loads are more coarse during flood period.

The coarse fraction (size up to 50 μm) of these matters contains abundant organic fragments. Their concentration shows two peaks : during the low-flow period and at the flood period.

These suspended matters contain an admixture of kaolinite and amorphous components with additional illite and iron oxyhydroxydes. In the lower Congo river, the smectites come from the Congo basin.

Comparison of datas obtained for the two rivers shows that the annual and interannual variations are more visible in the small basins.

1 - INTRODUCTION

Dans le cadre de l'évaluation des fluctuations interannuelles des éléments minéraux exportés du continent africain vers l'océan, en solution et en suspension, nous avons été amenés à suivre l'évolution de la granulométrie et de la minéralogie des matières en suspension solide (MES) et "sables" transportées par les fleuves Oubangui et Congo ainsi que de certains de leurs affluents.

Ces variations du flux sédimentaire ont été déterminées par deux approches différentes :

- par un suivi régulier (journalier, hebdomadaire et mensuel) dans des stations fixes sur l'Oubangui, à Bangui (station BGP) et sur le Congo, à Brazzaville (station CNG dans le couloir de Maluku à l'amont de Brazzaville, et station BAD à l'aval de Brazzaville, au confluent du Djoué) (Fig.1).

Pour ces stations fixes, l'évolution mensuelle de la granulométrie a été enregistrée pendant sept années consécutives, de 1987 à 1993 (Tabl. I).

- au cours de campagnes de prélèvements (1988, 1989 et 1992) qui se sont déroulées en période de hautes eaux (novembre- décembre) entre Bangui et Brazzaville, afin d'apprécier la variation longitudinale des suspensions et d'identifier la part et la nature des apports des affluents de l'Oubangui et du Congo.

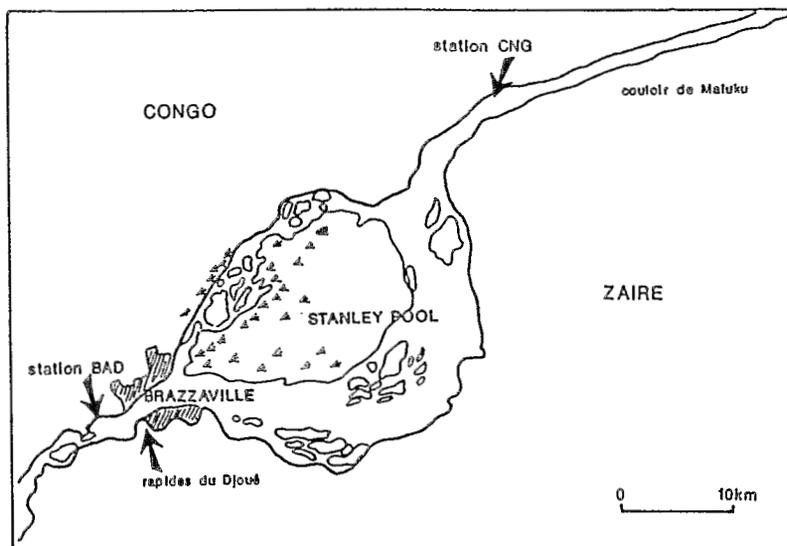


Figure n° 1
Localisation des stations de prélèvement à Brazzaville

Tableau 1

Tableau récapitulatif des suspensions analysées pour les sites fixes à Bangui et Brazzaville. Le signe + correspond aux années de mesures ; pour l'année 1987, la microgranulométrie des MES a été effectuée au microgranulomètre LASER.

			1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Oubangui		MES	+	+	+	+	+	+	+
		Sables		+	+	+	+	+	+
C	CNG	MES		+		+	+	+	+
		Sables					+	+	+
g	BAD	MES		+		+	+	+	
		Sables		+		+	+	+	

2 - METHODOLOGIE

2.1 - Prélèvements

Cinq prélèvements sont effectués à différentes profondeurs le long d'une même verticale et les résultats discutés dans cette note se rapportent à la somme de ces prélèvements.

Les analyses ont porté sur deux types de matériel :

1 - un résidu grossier ("sables") obtenu par filtration sur tamis de 50 microns, d'un volume d'eau de 20 à 25 litres pour le Congo, de 10,5 à 13 litres pour l'Oubangui.

2 - un résidu fin correspondant à la filtration d'un litre d'eau sur filtres de pores 0,2 µm.

Compte tenu de la grande disparité des volumes d'eau traités, MES et "sables" ont été étudiés séparément ; les résultats correspondent aux mesures d'une journée par mois.

2.2 - Mode analytique

L'analyse granulométrique a été menée dans deux laboratoires différents et avec deux types de granulomètres automatiques : un Sedigraph dans le laboratoire des formations superficielles de l'ORSTOM (Bondy) et un microgranulomètre à rayon laser au laboratoire du Dépt. de Géologie et Océanographie (Bordeaux)

2.2.1 - MES

Les matières solides déposées sur les filtres sont récupérées dans de l'eau permutée. L'analyse au microgranulomètre Sedigraph 5000 ET se fait, après destruction de la matière organique à l'eau oxygénée à 30 volumes à chaud, sur la suspension dispersée aux ultra-sons et tamisée à 50 microns.

Pour l'analyse au microgranulomètre Laser les matières en suspension sont récupérées après passage dans une cuve à ultra-sons et il n'y a pas élimination de la matière organique (Jouanneau *et al.*, 1990).

2.2.2- Fraction sableuse

Pour chaque prélèvement mensuel on effectue :

- une description de la fraction grossière recueillie à la station par observation rapide à la loupe binoculaire - pesée de cette fraction - destruction de la matière organique par attaque à l'eau oxygénée à 30 volumes, d'abord à froid, puis à chaud - séchage à l'étuve et pesée pour avoir une estimation, par différence de la teneur en matière organique. La fraction grossière (>50µm) est de nouveau observée à la loupe binoculaire ce qui permet d'apprécier la granulométrie, la forme et l'aspect des quartz.

3 - RESULTATS OBTENUS A LA STATION BGP - OUBANGUI

On dispose, pour cette station sur l'Oubangui, d'un suivi mensuel depuis 1987. Les granulométries ont été effectuées au microgranulomètre Sedigraph sauf pour l'année 1987 où elles ont été faites au microgranulomètre Laser. Pour 1989 nous disposons de deux séries de mesures, Sedigraph et Laser.

L'évolution de la granulométrie et de la minéralogie le long d'une verticale à Bangui (Août 1989), montre qu'entre 2m et 10 m de profondeur la médiane granulométrique reste relativement constante. Les suspensions sont légèrement plus sableuses en profondeur et plus riches en micas (Tabl. II).

Tableau 2

Répartition de la granulométrie le long de la verticale de prélèvement à Bangui (Août 1989). Les coupures granulométriques sont les suivantes : argiles (particules < 2 µm) - limons fins (2 à 20 µm) - limons grossiers (20 à 50 µm) - sables (particules > 50 µm).

Profondeur	% Argiles	% Limons fins	% Limons grossiers	% Sables	Médiane en microns
2 m	80,20	13,69	3,91	2,20	0,47
2,5 m	83,37	10,92	4,96	0,75	0,35
5,2 m	73,97	21,41	1,95	2,67	0,60
9 m	75,64	16,49	4,85	3,02	0,50
10 m	83,73	9,62	2,87	3,78	0,30

3.1 - Evolution des MES

Les histogrammes de répartition des classes granulométriques confirment l'importance de la fraction fine, inférieure à 2 microns ; les teneurs en limons fins (20-2µm) sont variables, au cours de l'année et d'une année sur l'autre. En règle générale il y a toujours un à deux mois où l'on constate un enrichissement en limons (septembre - octobre en 1989, novembre - décembre en 1990, août en 1991, juillet - août en 1992, octobre-novembre en 1993). Ainsi, les matières en suspension sont plus grossières en périodes de hautes eaux. En basses eaux, de janvier à avril, les très faibles concentrations en matières minérales ne nous ont pas permis de faire l'analyse granulométrique. L'année 1988 est caractérisée par les teneurs les plus faibles en limons grossiers.

Les médianes sont comprises entre 2,50 et 0,16 µm. Les valeurs maxima se répartissent entre août et novembre (hautes eaux), toutefois certaines années (1988 - 1992) les variations de la médiane entre basses eaux et hautes eaux sont peu marquées (Fig. 2)

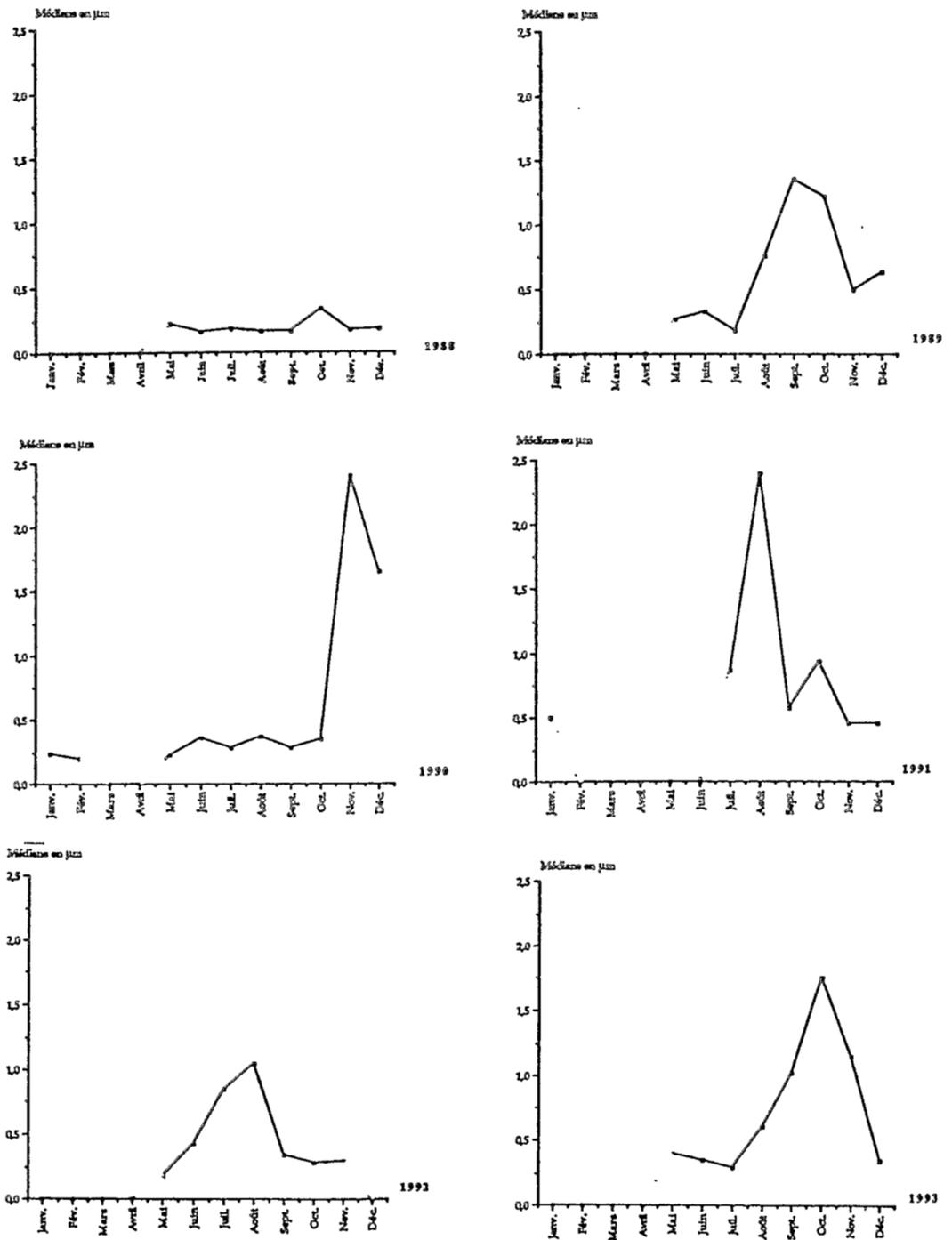


Figure n° 2
Evolution annuelle de la médiane granulométrique des MES à Bangui.

La corrélation sur 5 années de la médiane avec la vitesse, le débit et la concentration montre que ces paramètres évoluent parallèlement mais les valeurs maxima ne sont pas toujours en concordance. Ainsi, les valeurs les plus élevées de la médiane sont toujours postérieures aux concentrations maximales et sont plus ou moins en concordance avec le débit et la vitesse. Par contre, il n'y a pas de corrélation avec la pluviométrie enregistrée à Bangui.

La fraction grossière (> 50µm) des MES montre toujours un maximum bien marqué le plus souvent avant le débit maximum (en mai ou juin). L'évolution de cette fraction grossière ne se corrèle à aucun des paramètres suivants : débit, vitesse, concentration et pluviométrie.

3.2 - Evolution des "sables"

Le mode de prélèvement de la fraction grossière des matières solides fait que l'on peut avoir une estimation des teneurs en particules organiques, dont la destruction à l'eau oxygénée libère une fraction minérale fine avec laquelle elle se trouvait agrégée.

3.2.1 - Nature des "sables"

La fraction grossière, supérieure à 50µ est composée essentiellement de quartz fins (50 à 100µm), muscovite, phytolites, de rares concrétions ferrugineuses et de petits filaments. L'importance des quartz augmente brutalement vers le mois de mai et se maintient jusqu'en septembre ainsi que celle des micas et de la goéthite.

Des quartz de grande taille peuvent se trouver mélangés aux quartz fins ; il s'agit de deux populations différentes car il n'y a pas de transition entre les fins et les très gros ; leur présence ne se corrèle ni aux plus forts débits ni à la vitesse. Toutefois on ne les observe que pendant les hautes eaux. Il sont absents en 92, année où parallèlement on constate le plus faible pourcentage en fraction grossière (9,95%).

Ces gros quartz sont en majorité légèrement usés et luisants ; il n'y a pas de variation de la nature de ce stock d'une année à l'autre (Fig. 3).

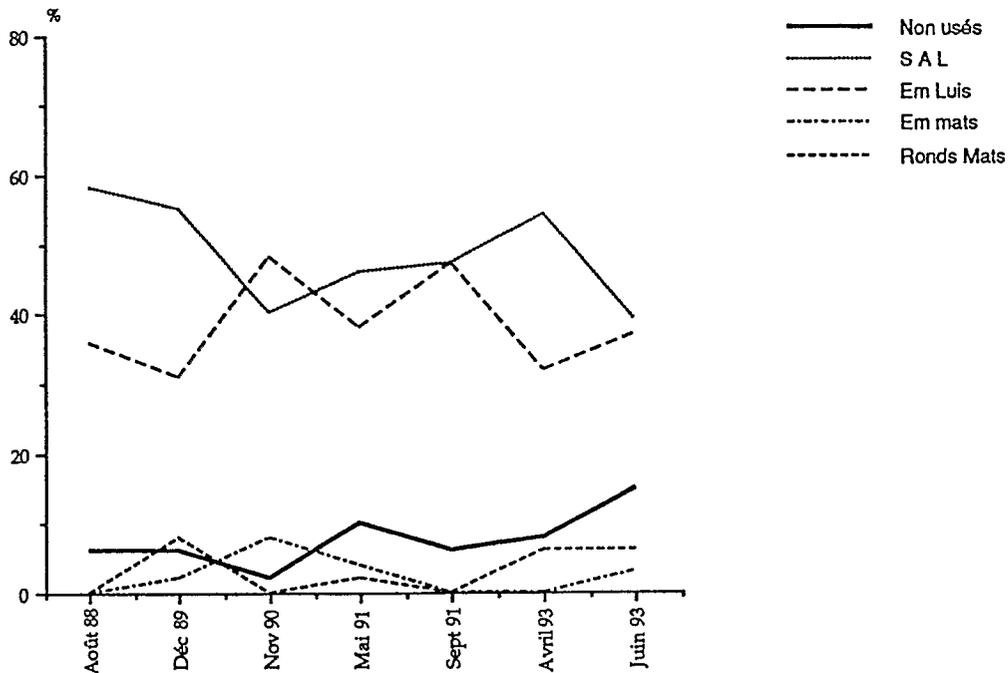


Figure n° 3
Morphoscopie des quartz de taille supérieure à 100 µm des « sables » prélevés à Bangui.

3.2.2 - Evolution de la matière organique

Les teneurs moyennes en produits organiques pour les six années d'observation vont de 11,75% à 38,92%. Elles varient énormément d'une année à l'autre.

Les minima ont été enregistrés le plus souvent entre mai et septembre, au début des hautes eaux et les maxima de février à avril, parfois en janvier (Tabl. III). La matière organique présente donc toujours les valeurs les plus fortes en période d'étiage ; on observe un second maximum au moment des hautes eaux, soit en même temps que le débit maximum, soit légèrement avant, parfois ce maximum est très peu marqué (1992 et 1993).

Tableau 3

Evolution annuelle des teneurs en matière organique et fraction grossière des "sables" à Bangui, de 1990 à 1993. Les teneurs les plus élevées de la fraction > 50 µm et de la matière organique sont observées en période de basses eaux (valeurs soulignées).

	1990			1991			1992			1993		
	% < 50µ	% > 50µm	% MO	% < 50µ	% > 50µm	% MO	% < 50µ	% > 50µm	% MO	% < 50µ	% > 50µm	% MO
Janv.	71,99	10,54	17,47	41,82	14,77	43,41	54,91	6,05	39,04	69,25	11,91	18,84
Févr.	5,43	19,02	75,54	21,05	7,52	71,43	33,72	18,60	47,67	58,23	31,01	10,76
Mars	31,93	43,70	24,37	16,48	9,89	73,63	18,57	12,86	68,57	63,78	18,11	18,11
Avril	40,54	39,64	19,82	24,34	24,34	51,32	69,78	8,69	21,53	59,12	29,08	11,80
Mai	79,25	4,64	16,11	18,15	71,76	10,09	87,01	2,68	10,30	74,80	13,91	11,29
Juin	72,96	5,30	21,74				79,61	8,50	11,89	73,95	15,71	10,34
Juil.	75,53	4,89	19,58	70,94	11,39	17,67	80,96	7,00	12,04	63,96	28,27	7,77
Août	83,06	4,21	12,73				76,52	10,38	13,10	73,17	16,80	10,03
Sept.	69,92	11,82	18,26	44,77	30,19	25,04	72,33	12,37	15,30	54,21	37,35	8,44
Octo.	65,87	10,02	24,11	54,35	15,28	30,38	75,23	12,18	12,58	58,08	33,00	8,92
Nove.	34,05	16,67	49,29	59,20	12,33	28,47	67,96	14,12	17,91	51,67	38,00	10,33
Déce.	36,79	11,16	52,06	56,62	5,63	37,75	74,69	5,95	19,36	66,67	7,34	14,38

3.2.3 - Evolution de la fraction > 50µm

Les variations du pourcentage moyen en fraction minérale grossière vont de 9,95% en 1991 à 23,37% en 1993 ; pour les autres années les valeurs sont respectivement de 15,11% en 1988, 20,83% en 1989, 15,13% en 1990 et 20,31% en 1991. Comme pour les produits organiques les variations de teneurs sont importantes d'une année à l'autre (Tabl. III).

Le maximum d'arrivée de matériel grossier se produisent le plus souvent de février à mai et le minimum au début des hautes eaux. Cette fraction ne présente pas de relation significative avec la pluviométrie.

Quant à la fraction fine, argilo-limoneuse, associée à la matière organique, ses valeurs moyennes sont de 69,93% en 1988 - 61,81 en 1989 - 55,61 en 1990 - 40,77% en 1991 - 65,94% en 1992 - 64,88% en 1993. Ces teneurs, plus élevées que celles des sables et de la matière organique sont aussi plus régulières d'une année sur l'autre. Les variations annuelles et interannuelles interviennent donc surtout au niveau de ces deux derniers constituants.

3.3 - Comparaison de ces résultats avec ceux obtenus par granulométrie Laser

Les résultats granulométriques obtenus par ce procédé pour les deux années 1987 et 1989 sont très différents de ceux des MES étudiés au Sedigraph (Fig. 4a). Les valeurs de la médiane sont toujours beaucoup plus élevées (4,10µm à 12,40µm en 1987 - 9,30 à 17,10µm en 1989). L'évolution annuelle de la médiane montre deux maxima, le plus important en période d'étiage (avril et mars), le second moins marqué se situe en septembre. Cette évolution est comparable à

celle de la matière organique des "sables" (Fig. 4b). Ainsi, les différences observées entre les deux types de granulométrie sont dues d'une part au mode de détection des appareils (le Sedigraph, basé sur l'application de la loi de Stokes, mesure la vitesse de sédimentation des particules alors que le rayon laser enregistre des formes) et d'autre part à la préparation des échantillons (absence de destruction de la matière organique pour la microgranulométrie laser). L'analyse granulométrique au rayon laser surestime le pourcentage en particules grossières (limons et sables fins), par contre la méthodologie adoptée pour la granulométrie Sédigraph ne rend pas compte de l'état réel dans lequel les matières solides sont transportées. Cette granulométrie est plus proche de celle des sols érodés. Ce phénomène avait déjà été soulignée par Giresse *et al.* (1990) pour les MES du Congo. Toutefois, la méthode d'analyse du laboratoire de Géologie et Océanographie de Bordeaux confirme les résultats obtenus par l'analyse des "sables" en ce qui concerne le comportement de la matière organique.

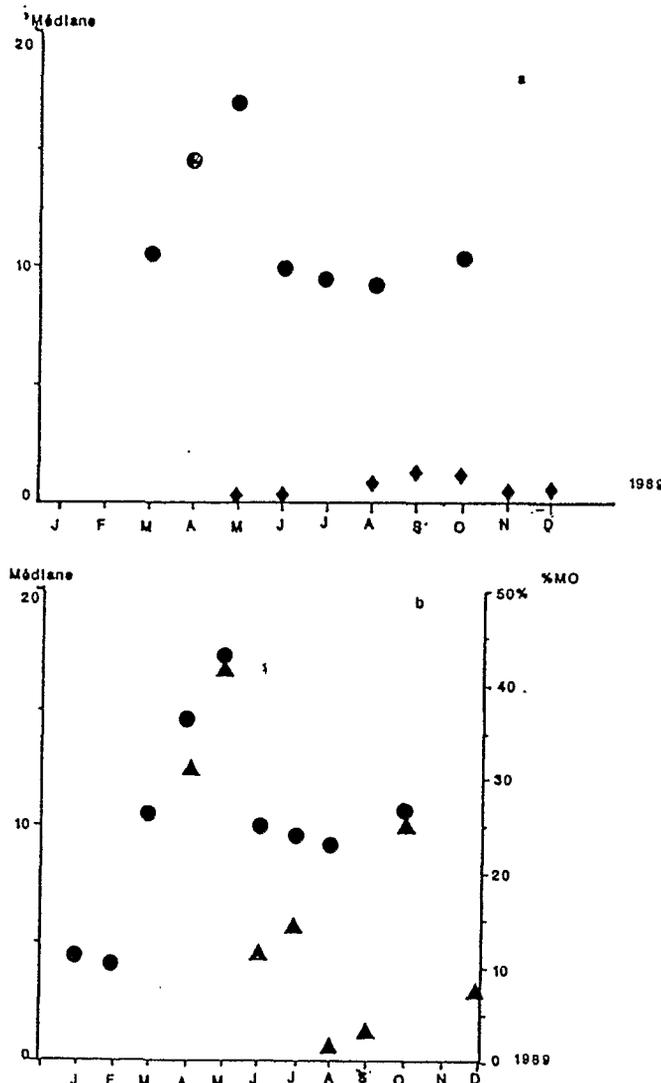


Figure n° 4

Comparaison des résultats granulométriques obtenus au Sedigraph et au microgranulomètre Laser.
 a : comparaison des médianes ; cercles = microgranulomètre et triangles = Sédigraph
 b : comparaison des valeurs des médianes obtenues par granulométrie Laser avec les teneurs en matière organique des "sables" ; cercles = médianes et triangles = % matière organique

4 - RESULTATS OBTENUS AUX STATIONS CNG ET BAD - BRAZZAVILLE.

Les données concernant les deux stations BAD et CNG sont moins complètes que celles de l'Oubangui, notamment pour les "sables" (tableau I).

4.1 - Evolution des MES

En amont de Brazzaville (station CNG) les médianes varient de 0,25 à 2,10 μ m mais les valeurs supérieures à 2 μ m sont rares. Elles présentent deux maxima, le premier vers le mois de juin, le second en septembre/octobre ; ils correspondent respectivement à la première période de hautes eaux et au début de la période de très hautes eaux (Fig. 5).

Ces médianes sont comparables à celles observées à Bangui, toutefois, à la lecture des histogrammes de répartition des classes granulométriques les sédiments apparaissent dans l'ensemble plus limoneux ce qui explique aussi que les médianes soient toujours supérieures à 0,2 μ m alors qu'à Bangui elles peuvent descendre jusqu'à 0,16 μ m ; les teneurs en limons augmentent en avril, mai et juin (hautes eaux) et de septembre à novembre, avant le maximum des hautes eaux.

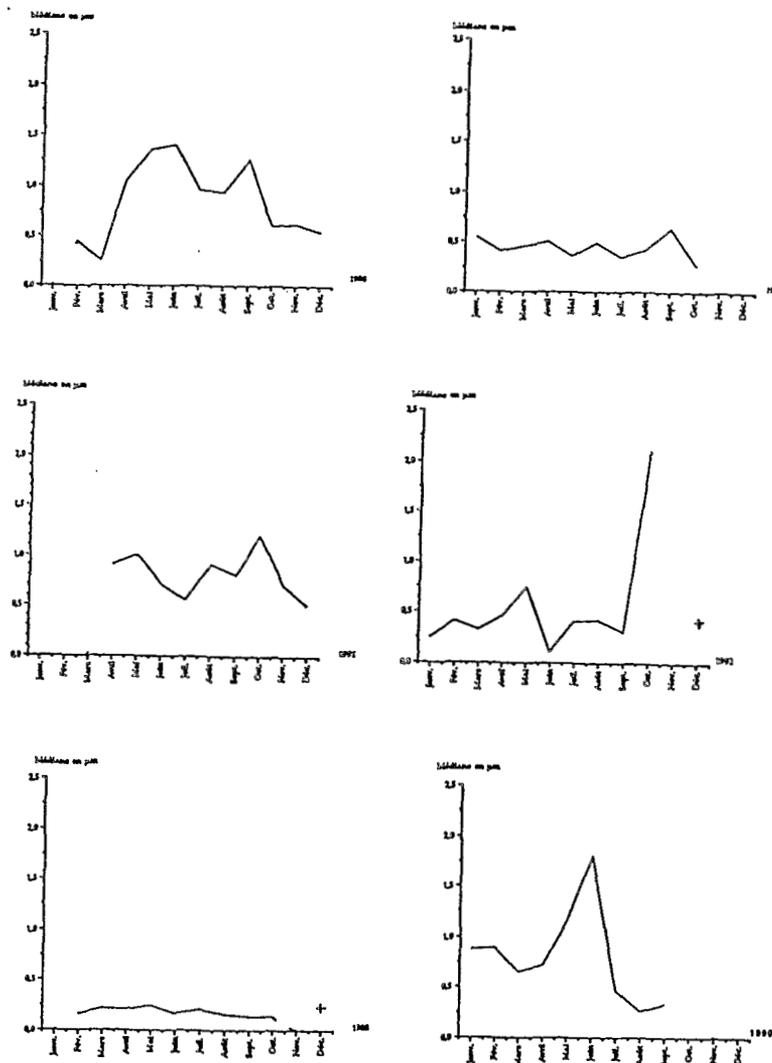


Figure n° 5

Evolution annuelle de la médiane granulométrique des MES du Congo à Brazzaville, pour les stations CNG et BAD.

Les médianes évoluent parallèlement à la vitesse et au débit sauf pour la période des très hautes eaux où elles diminuent quand vitesse et débit augmentent. Elles évoluent également parallèlement aux concentrations mais, comme à Bangui, avec un décalage d'un mois pour les valeurs maximales : les concentrations maximales sont enregistrées un mois avant les valeurs les plus élevées de la médiane.

Les pourcentages en sables des MES ne se corrélaient pas aux concentrations mais suivent le débit et la vitesse. On note les teneurs maximales au moment des hautes eaux.

A la station BAD les médianes calculées sur deux années (1988 et 1990) sont relativement faibles : elles varient de 0,12 à 0,24 μm en 1988 et de 0,18 à 1,80 μm en 1990.

Elles sont plus basses qu'en amont du Stanley pool et plus basses également que les valeurs données pour la même station par Giresse *et al.* (1990), soit 0,5 à 2,75 μm pour la période allant d'octobre 88 à juin 89.

La fraction sableuse de ces MES a une répartition assez aléatoire.

4.2 - Evolution des sables

4.2.1 - Nature des sables

Dans les deux stations la fraction grossière des suspensions est composée majoritairement de quartz, fins à moyens. Les quartz de grande taille peuvent se rencontrer, comme dans les suspensions de l'Oubangui, mais indifféremment en hautes et basses eaux. Les micas sont moins abondants que dans l'Oubangui. Il faut noter en période de hautes eaux, surtout en avril- mai et en janvier, de gros agrégats composés de fibres végétales silicifiées piégeant de petits quartz. Ce phénomène ne s'observe pas dans les suspensions de l'Oubangui vraisemblablement du fait que le bassin de ce fleuve se situe en zone de savanes alors qu'à Brazzaville les eaux drainent des zones à végétation plus dense (forêt et cuvette congolaise).

Les quartz de grande taille sont différents de ceux observés à Bangui (Fig. 6). Ils sont en majorité émoussés luisants, ovoïdes ou ronds. Cela tient à leur origine : alors que les grains observés à Bangui proviennent du remaniement des formations du socle précambrien, les quartz des MES, à Brazzaville, hérités des sables Batéké et de la formation de Carnot ont déjà subi des remaniements synsédimentaires et sont beaucoup plus usés (Giresse *et al.*, 1990).

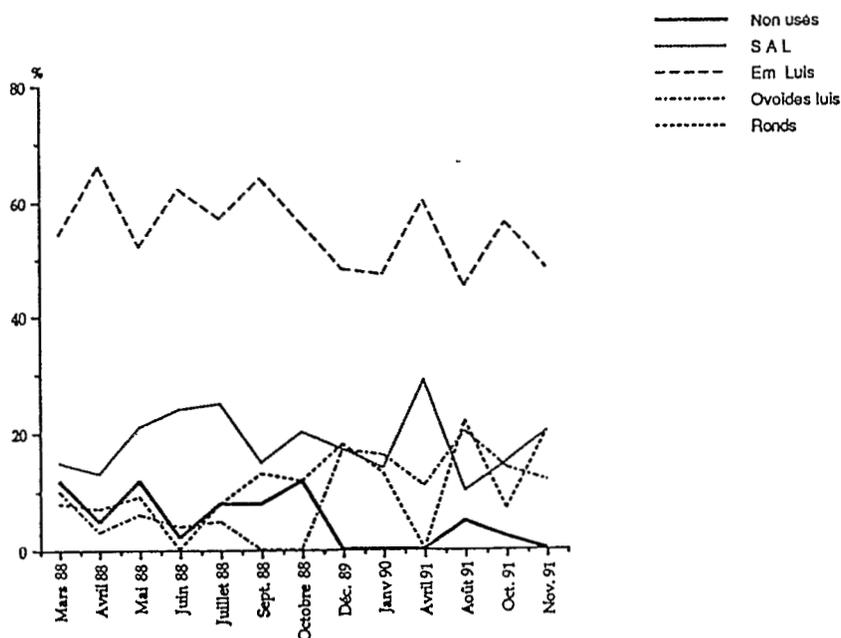


Figure n° 6
Morphoscopie des quartz de taille supérieure à 100 μm des « sables » prélevés à Brazzaville (Stations CNG et BAD).

4.2.2 - Evolution de la matière organique

CNG

Au vu des résultats des deux années et demi (1991, 1992 et Janvier à Juin 1993) il semble que les teneurs en produits organiques soient légèrement plus élevées en basses eaux. Les teneurs moyennes sont de 14,71% pour 1991 - 11,70% en 1992 et 18,08% en 1993. Ces valeurs sont sensiblement les mêmes d'une année sur l'autre mais les variations annuelles sont plus importantes (Tabl. IVa), moins qu'à Bangui cependant.

Tableau 4

Evolution annuelle des teneurs en matière organique et fraction grossière des "sables" à Brazzaville. A la station CNG les teneurs en matière organique sont plus élevées en basses eaux et les teneurs en fraction > 50 µm plus élevées en période de crue. A la station BAD les teneurs annuelles sont plus homogènes.

CNG	1991			1992			1993		
	% < 50µm	% > 50µm	Estimation % Mat. Org.	% < 50µm	% > 50µm	Estimation % Mat. Org.	% < 50µm	% > 50µm	Estimation % Mat. Org.
Janvier				65,51	20,14	14,35	53,75	37,34	8,91
Février				68,02	18,73	13,25	47,26	29,83	22,91
Mars				73,22	12,00	14,78	67,30	17,65	15,05
Avril	51,00	36,24	12,76	71,47	17,74	10,79	70,50	19,30	10,20
Mai	55,76	28,55	15,69	73,60	16,14	9,76	79,42	11,61	8,97
Juin	62,34	19,89	17,77	78,46	7,68	13,86			
Juillet	66,66	16,00	17,34	67,47	21,51	11,02			
Août	55,11	26,65	18,24	70,64	17,00	12,36			
Septembre	60,40	24,50	15,10	75,04	13,10	11,86			
Octobre	61,27	23,01	15,72	63,32	26,28	10,40			
Novembre	46,91	41,43	11,66						
Décembre	54,55	37,31	8,14	41,90	51,78	6,32			

BAD	1990			1991		
	% < 50µm	% > 50µm	Estimation % Mat.Org.	% < 50µm	% > 50µm	Estimation % Mat.Org.
Janvier	54,26	30,37	15,37			
Février	62,65	16,48	20,87			
Mars	64,38	15,56	20,35			
Avril	57,67	28,14	14,19	33,06	50,20	16,73
Mai	49,17	35,16	15,67	59,09	25,66	15,25
Juin	51,89	34,20	13,92	50,65	30,66	18,69
Juillet	66,48	15,06	18,46	63,70	14,77	21,53
Août	52,19	21,25	26,56	54,51	29,32	16,17
Septembre	60,77	21,32	17,90	60,54	22,32	17,14
Octobre	41,46	42,66	15,88	51,55	30,13	18,32
Novembre	53,81	14,83	31,36			
Décembre						

BAD

Les moyennes, pour trois années et demi de mesures (1988 - 1990 - 1991) sont relativement constantes et proches de celles enregistrées à la station CNG (17,63% - 16,27% - 13,42%) mais les écarts entre maxima et minima sont beaucoup plus faibles .

4.2.3 - Evolution de la fraction > 50µm

CNG

Comme pour la matière organique il y a peu de variation d'une année à l'autre (moyennes = 28,17% en 1991 - 20,24 en 1992 - 23,15 en 1993), par contre les variations annuelles sont

importantes. C'est en octobre et décembre (très hautes eaux) que l'on enregistre les plus forts pourcentages (Tabl. IVa).

BAD

Les valeurs moyennes sont de 25 - 29,96 et 31,82% et donc comparables à celles de CNG. Les maxima sont de 35,16 - 42,66 et 50,20 % et les minima de 14,83 - 14,77 %. Comme pour la matière organique les écarts entre les valeurs extrêmes sont plus faibles qu'à CNG.

4.3 - Comparaison entre les stations BAD et CNG

Les mesures hydrologiques relevées sur ces deux stations (MOUKOLO *et al.*, 1993) montrent au niveau des débits et de la charge solide des résultats très comparables ce qui exclut toute sédimentation dans le Stanley pool. Il en va autrement pour la granulométrie. La station BAD est située au delà des rapides du Djoué (Fig. 1) et, même si en volume, les exportations mesurées en ce point donnent les mêmes résultats qu'en amont de Brazzaville, le matériel sédimentaire présente de légères différences. Les variations se manifestent au niveau de la fraction sableuse et du rapport limons/argiles. Les MES de BAD sont moins sableuses et plus argileuses et les "sables" sont plus homogènes ; les variations de la teneur en matière organique et en sables liées aux périodes de hautes et basses eaux sont estompées (Tabl. IVb)

4.4 - Microgranulométries Laser

A la station CNG, d'Avril 1989 à Mai 1990, les médianes évoluent entre 10,80 μm en Août (basses eaux) à 30 μm (Décembre - très hautes eaux) mais sur l'ensemble des mesures correspondant à une année hydrologique les alternances basses eaux / hautes eaux n'apparaissent pas nettement au niveau de la granulométrie. Ceci tient sans doute au fait que la matière organique n'a pas été détruite.

Pour la station BAD les médianes sont comparables à celles de CNG (de 14,5 μm - Septembre 1990 à 27,1 μm en Janvier 1991) et ne présentent pas de différences nettes entre hautes et basses eaux. Cependant on retrouve, comme pour les granulométries effectuées au Sedigraph des teneurs en fraction grossière plus faibles à BAD qu'à CNG.

5 - MINÉRALOGIE

De nouvelles analyses minéralogiques des MES (Tabl. V) viennent compléter les données de Jouanneau *et al.* (1990) sur l'évolution de la minéralogie entre Bangui et Brazzaville (Novembre 1988) et celles de Giresse *et al.* (1990) sur l'évolution annuelle au niveau de Brazzaville (année 1988 - station BAD).

Ce sont, soit des analyses ponctuelles, soit des suivis annuels sur les trois stations étudiées.

Les MES de l'Oubangui et du Congo renferment essentiellement des minéraux argileux et des produits amorphes ainsi que de faibles pourcentages de quartz et de feldspaths.

Le cortège des minéraux argileux est dominé par l'association kaolinite/illite. Les minéraux gonflants (smectites et interstratifiés smectites/illite) et la chlorite sont surtout bien représentés à BAD (Tabl. V).

Pour Giresse *et al.* (1990) ces derniers minéraux proviennent de la cuvette congolaise et sont apportés surtout pendant la période d'étiage. Les rivières qui drainent cette cuvette : Sangha (Sigha Nkamdjou, 1993) et Likouala (Jouanneau *et al.*, 1990) contiennent des smectites. La plus grande proportion de ces minéraux à la station BAD pourrait s'expliquer par la granulométrie plus fine des MES à cet endroit ou une reprise des sédiments du Stanley pool où la diminution de la vitesse du courant favoriserait le dépôt de ces minéraux de taille inférieure à celle des kaolinites.

A Bangui le cortège minéralogique est plus homogène (kaolinite, illite) et ne présente pas de variations saisonnières. Ces variations sont enregistrées au niveau des oxyhydroxydes de fer (Caillé, 1992). Bien que les MES de Bangui contiennent de 8 à 12% de Fe_2O_3 les oxyhydroxydes de fer sont difficilement détectés par diffractométrie. Goethite et hématite ont été mis en évidence par réflectance diffuse. La goethite est toujours plus abondante que l'hématite. En début et en fin de saison des pluies l'hématite est dominante alors que lorsque la pluviométrie est maximale et que les processus d'érosion sont importants c'est la goethite qui l'emporte (Caillé, 1992).

Tableau 5
Association des minéraux argileux à Bangui et Brazzaville.
++++ très abondant ; ++ abondant ; + minéral présent

	Kaolinite	Illite	Smectites	Chlorite	Interstratifiés
	%	%	%	%	%
Oubangui					
Nov. 88 (1)	80	19	1		
Août 89 (2)	++++	+			
Oct. 89 (2)	+++	++			
Congo					
CNG					
Oct 89 (2)	+++	++			
Juin 91 (1)	54	46			
Déc. 91 (1)	25	54	9	12	
BAD (1)					
1989 51-53	48	27	8	8	9
54-57	50	23	12	11	5
58-63	61	21	10	8	tr.
1990 1-5	53	21	13	13	tr.
7-12	60	18	8	8	6
13-16	47	13	10	1	29
17-19	48	18	14	11	9

6 - DISCUSSION

La granulométrie des MES et des "sables" de l'Oubangui et du Congo enregistre les variations hydrologiques annuelles des deux fleuves.

6.1 - Congo

Le fleuve Congo a un régime très régulier et les débits enregistrés à Brazzaville résultent du mélange d'apports d'origine australe et boréale. Le cycle annuel se traduit par :

- une période de basses eaux de juin à septembre
- une période de très hautes eaux d'octobre à janvier
- une seconde période de basses eaux en février -mars
- une seconde période de hautes eaux en avril-mai, de moindre importance qu'en décembre (Olivry *et al.* 1988 - Bricquet *et al.*, 1993).

L'évolution des éléments transportés en suspension est liée à ces fluctuations :

- les médianes et le pourcentage en sables des MES sont plus élevées en périodes de hautes eaux
- les teneurs en matière organique sont plus basses en hautes eaux ; ces observations rejoignent celles de Gadel *et al.* (1991, 1993) en ce qui concerne les teneurs en carbone organique particulaire et qu'ils attribuent à une dilution par la matière minérale.
- la fraction grossière des "sables" est plus élevée en hautes eaux.

Par comparaison entre les deux stations situées de part et d'autre du "pool" on constate que si ce dernier ne modifie pas le volume des exportations il se produit un effet de "lissage" vraisemblablement du au passage des rapides qui gomme les variations annuelles des teneurs en matière organique et en particules minérales grossières.

6.2 - Oubangui

Le fleuve Oubangui a un comportement de fleuve équatorial : les hautes eaux commencent en juin et durent jusqu'en décembre. Les basses eaux vont de janvier à mai (Olivry *et al.*, 1988)

Comme à Brazzaville les médianes granulométriques sont plus élevées en période de hautes eaux mais les variations saisonnières annuelles sont bien marquées au niveau de la nature et des teneurs des matières en suspension.

La fraction grossière est toujours plus chargée en produits organiques en période de basses eaux et il y a presque toujours un mois où elle atteint un très fort pourcentage ; puis cette teneur diminue pour remonter, mais dans des proportions moindres, au moment où le débit et la vitesse sont les plus importants.

Toujours en période de basses eaux on note une forte augmentation ponctuelle de la teneur en fraction sableuse quartzeuse qui, sauf en 1992, se produit après le "pic" des matières organiques.

Ces caractères peuvent s'interpréter comme ceux déjà décrits pour certains autres fleuves africains, au Cameroun (NOUVELOT, 1972), au Sénégal (KATTAN et al., 1987), en Centrafrique (GAC et PINTA, 1973) et au Tchad (GAC, 1980).

La relation entre la pluviométrie et les transports solides se traduit par :

- au début de la saison des pluies se produit une forte augmentation de la turbidité et de la concentration sans que les sédiments transportés soient plus grossiers. L'action des premières pluies sur un sol desséché et sans protection végétale enlève une pellicule superficielle plus sableuse qu'argileuse que l'on retrouve dans les pourcentages importants en quartz grossiers en mai et juin.

- pendant la saison des pluies l'érosion importante des reliefs amène une sédimentation plus limoneuse alors qu'en fin de saison des pluies la végétation freine le départ des particules les plus grossières, ce qui provoque une chute de la médiane à partir de novembre.

- en saison sèche l'alimentation en MES provient de l'érosion des berges et du lit : les teneurs en matière organique augmentent par quasi absence de produits solides et aussi peut être par un apport apport éolien des matières végétales détruites par les feux de brousse. Les forts pourcentages en fraction sableuse enregistrés en fin de saison sèche peuvent également provenir du remaniement des bancs de sables du lit de l'Oubangui qui sont le siège de phases d'érosion et de sédimentation (Feizoure *et al.*, 1993).

7 - CONCLUSION

Alors que sur le Congo, au niveau de Brazzaville, la granulométrie et la nature des matières transportées en suspension sont liées aux fluctuations du débit en fonction des hautes et basses eaux et permettent difficilement de retrouver l'origine des suspensions, sur l'Oubangui, l'influence de la pluviométrie sur les apports détritiques est beaucoup plus visible. Malgré le nombre restreint de mesures, la répétition, sur six années consécutives, des mêmes phénomènes, au site de BGP nous permet de considérer que l'on enregistre le cycle d'érosion sur le bassin situé à l'amont de Bangui. Le suivi annuel (en cours) des affluents de l'Oubangui devrait affiner ces premières observations.

REFERENCES :

J.P. BRICQUET, A. LARAQUE, J.C. OLIVRY, 1993 - Les écoulements du Congo à Brazzaville et la spatialisation des apports. Colloque "Grands Bassins Fluviaux" - 22, 23 et 24 Novembre 1993, Paris, abstracts : 9-12.

B. CAILLE, 1992 - Analyse par réflectance diffuse des matières en suspension dans un fleuve tropical (Oubangui). Rapport de DEA de Géosciences de l'environnement, Univ. Paris VI et VII. 48p.

C.T. FEIZOURE, C. CENSIER, J. LANG, J.C. OLIVRY, 1993 - Evolution interannuelle de la dynamique sédimentaire d'un fleuve de régime tropical humide : la barre sableuse de Pama sur l'Oubangui (République Centrafricaine). p. 39.

J.Y. GAC, 1980 - Géochimie du bassin du lac Tchad. Bilan de l'altération, de l'érosion et de la sédimentation. Trav. et Doc. ORSTOM, n°123, 250p.

J.Y. GAC, M. PINTA, 1973 - Bilan de l'érosion et de l'altération en climat tropical humide. Estimation de la vitesse d'approfondissement des profils. Etude du bassin versant de l'Ouham (République Centrafricaine). Cah. ORSTOM, sér. Géol., vol. V, n°1 : 83-96.

F. GADEL, B CHARRIERE, L. SERVE, A. BRUCHET, G. FILIPPI, 1991 - Evolution saisonnière de la distribution et de la nature de la matière organique dans les suspensions du fleuve Congo. Journée scientifique du Programme PIRAT; Strasbourg, 25 Mars 1991. Abstracts.

F. GADEL, L. SERVE, A. BRUCHET, 1993 - Caractérisation chimique de la fraction organique des suspensions du fleuve Congo. pages 22, 23.

P. GRESSE, R. OUETININGUE, J.P. BARUSSEAU, 1990 - Minéralogie et microgranulométrie des suspensions et des alluvions du Congo et de l'Oubangui. Sci. géol. Bull., 43, 2-4 : 151 - 173.

J.M. JOUANNEAU, Y. LAPAQUELLERIE, C. LATOUCHE, J.P. TASTET, 1990 - Résultats préliminaires de la campagne Oubangui-Congo de Novembre 1988. Microgranulométrie, minéralogie, analyses chimiques des matières en suspension. Sci. Géol. Bull., 43,1 : 3-14.

Z. KATTAN, J.Y. GAC, J.L. PROBST, 1987 - Suspended sediment load and mechanical erosion in the Senegal basin - Estimation of the surface runoff concentration and relative contributions of channel and slope erosion. Journal of Hydrology, 92 : 59-76.

L.I.G.U.S. - 1958 , Méthode améliorée pour l'étude des sables. Revue de Géomorphologie dynamique, t. IX : 43 - 54

MOUKOLO N., LARAQUE A., OLIVRY J.C. et BRICQUET J.C., 1993 - Transport en solution et en suspension par le fleuve Congo (Zaire) et ses principaux affluents de la rive droite. Hydrological Sciences, 38, 2 : 133 - 144.

J.C. OLIVRY, J.P. BRICQUET, J.P. THIEBAUX, L. SIGHA NKAMDJOU, 1988 - Transport de matières sur les grands fleuves des régions intertropicales : les premiers résultats des mesures de flux particuliers sur le bassin du fleuve Congo. Proc. of the Porto Alegre Symp. Dec. 1988. IAHS Publ., 174 : 509-521.

J.F. NOUVELOT, 1972 - Le régime des transports solides en suspension dans divers cours d'eau du Cameroun de 1969 à 1971. Cah. ORSTOM, sér. Hydrol., vol. IX, n°1 : 47-74.

D.ORANGE, J.C. OLIVRY, C. CENSIER, 1993 - Bilans et variations des flux de matières particulières et dissoutes de l'Oubangui à Bangui , de 1987 à 1992. 32- 34.

L. SIGHA NKAMDJOU, 1993 - Fonctionnement hydrochimique d'un écosystème forestier de l'Afrique centrale. La Ngoko à Moloundou (Cameroun). Nelle Thèse, Univ. Montpellier, 378p.