

CARACTERISATION CHIMIQUE DE LA FRACTION ORGANIQUE DES SUSPENSIONS DU FLEUVE CONGO.

F. GADEL, L. SERVE & A. BRUCHET

RESUME :

Dans la perspective de l'étude d'un bilan de l'apport du Congo au milieu océanique, les paramètres généraux, matières en suspension (MES) et carbone organique particulaire (COP), ont été déterminés à partir d'échantillons d'eau filtrée et centrifugée. Les variations par rapport à leur moyenne des débits solides et liquides, correspondant aux périodes de crue et d'étiage du fleuve et de ses principaux affluents, sont représentées et servent de référence à l'étude des variations des différents paramètres de la matière organique (MO). On note alors un comportement différent selon la crue et l'étiage de composés labiles comme les sucres (polysaccharides) et des composés réfractaires comme les phénols. Les classes principales de composés organiques (Py-CG-SM) traduisent également un apport autochtone en période de calme et un apport allochtone, en provenance des horizons pédologiques du bassin versant, en période de crue. Les crues du Kasai apportent un matériel de nature différente de celle des suspensions de l'Oubangui. L'analyse qualitative (CLHP) des particules de nature ligneuse permet de préciser et de reconnaître, dans l'apport solide, la nature taxonomique de la végétation dominante du bassin versant.

ABSTRACT :

In order to study the input of the Congo to the oceanic environment, general parameters, i.e. particulate suspended material and particulate organic carbon, have been determined from previously filtered and centrifuged water samples. Variations of these parameters are compared to the average of solid and liquid flows corresponding to both flood and low water periods of the river and its main tributaries. Liquid and solid flow variations are presented and used as references for the seasonal variations of qualitative organic matter parameters. Then, we can note a different behaviour of labile compounds like carbohydrates (polysaccharides) or refractory compounds like phenols. The main classes of organic compounds also emphasize an autochthonous input during the low water period and an allochthonous input from the pedogenic horizons of the watershed during the flood period. The flooding of Kasai provides a material which presents compositional characteristics different from the suspensions from Oubangui. The qualitative analyses of ligneous suspended particles allows one to specify and to recognize in the solid input the taxonomical composition of the prevailing vegetation of the watershed.

INTRODUCTION

Le fleuve Congo, deuxième du monde par l'importance de son bassin versant ($3,6 \cdot 10^6 \text{ km}^2$) présente un débit moyen de $40 \cdot 600 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ à Brazzaville (Laraque et al., 1993). Les programmes PIRAT - PEGI-GBF soutenus par l'INSU, le CNRS et l'ORSTOM ont eu pour objectifs les études hydrologiques, géochimiques et minéralogiques de la charge en suspension exportée depuis le continent centro-africain jusqu'au domaine marin de l'Atlantique (Kinga Mouzeo, 1986 ; Bricquet, 1987 ; Nkounkou et Probst, 1987 ; Olivry et al., 1988 ; Giresse et al., 1990).

Dans ce cadre-là, (Fig. 1), les objectifs du groupe d'étude de la matière organique (MO) étaient essentiellement :

- * L'analyse des variations quantitatives et qualitatives de la MO transportée par le fleuve au cours des différentes phases de son cycle hydrologique annuel. Dans ce but, la détermination de l'évolution quantitative de la MO à partir de la mesure du carbone organique particulaire (COP) est couplée à son analyse qualitative : polysaccharides (colorimétrie), composés phénoliques (chromatographie liquide à haute performance : CLHP) et classes de composés organiques (pyrolyse - chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse : Py-CG-SM).

- * Les données d'ordre quantitatif, basées sur le carbone organique, doivent alors permettre d'évaluer les flux de MO en vue d'une modélisation de ce système hydrologique, les résultats d'ordre qualitatif pour les paramètres précités apportant toutes les informations utiles sur l'origine des apports et les conditions de milieu en fonction de l'état de dégradation de la MO.

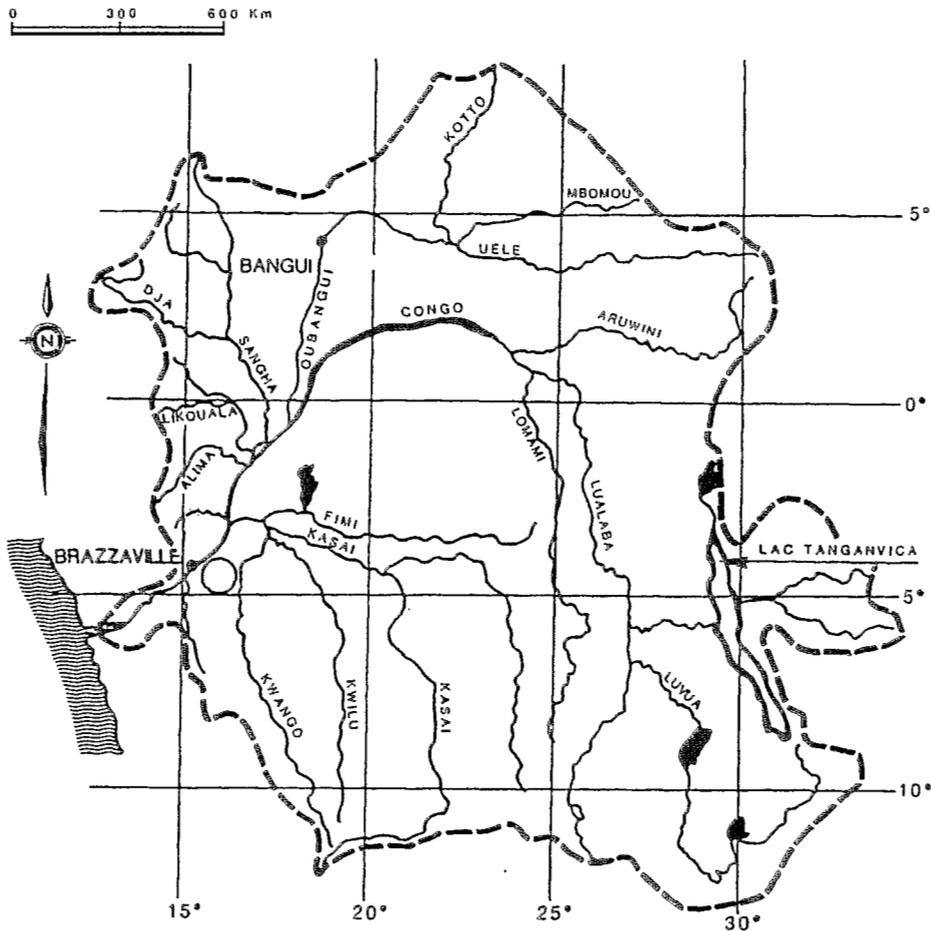


Figure n° 1

Le bassin du Congo : point de prélèvement à Brazzaville.

Les périodes étudiées et les échantillons analysés recouvrent les périodes du 16/5/87 au 15/12/87 et du 15/7/88 au 14/6/89 et sont répertoriés de 6 CNG à 31 CNG. Les prélèvements ont donc manqué pour le premier semestre 1988.

Les fluctuations saisonnières du débit du fleuve et de la charge en suspension (MES) traduisent une grande variabilité d'une année à l'autre. Les courbes de débit établies à partir des données de Olivry et al. (1988) montrent l'incidence de la crue du Kasai, d'avril à juin, et celle de l'Oubangui, de septembre à décembre. La période d'étiage se situe généralement en juillet-août.

L'évolution parallèle entre débit et charge (Laraque et al., 1993) présente toutefois un léger décalage : en début de crue de l'Oubangui, l'augmentation de la charge accompagne celle du débit, signe d'une érosion active du bassin versant en début de crue, mais la charge décroît ensuite bien que la crue se poursuive.

Nous présenterons nos résultats concernant les variations du carbone organique total, des polysaccharides totaux, des composés phénoliques (dont les composés phénoliques significatifs de la lignine) et des différentes classes de composés organiques en les superposant aux courbes de variation des débits liquide et solide du fleuve pour la période étudiée.

MATERIEL ET METHODES

Les prélèvements ont eu lieu à Brazzaville. Les échantillons ont été obtenus par centrifugation d'un grand volume d'eau (200 l) prélevé mensuellement au cours des années 1987, 1988 et 1989.

Le carbone organique particulaire (POC) a été analysé par combustion sèche des sédiments après décarbonatation par HCl 2N avec un analyseur Leco CS 125.

L'analyse des polysaccharides a été réalisée par colorimétrie avec le réactif anthrone selon Gallali (1972).

L'analyse des composés phénoliques a été effectuée, après oxydation alcaline au CuO, par chromatographie liquide haute performance (Charrière et al., 1986). La détermination qualitative a été réalisée par comparaison des temps d'éluion de chaque produit avec ceux de substances commerciales. Deux standards internes ont permis l'évaluation quantitative. Deux gradients de pression ont été utilisés, avec deux éluants ternaires : eau, acétonitrile, acide acétique (Gadel et al., 1990). La méthode d'oxydation retenue libre, à partir des restes de polymères de lignine, humifiés ou non, présents dans les suspensions, les acides, aldéhydes et cétones des phénols de la série benzoïque (C6-C1) : p-Hydroxyphényls (H) (acide p-hydroxybenzoïque, p-Hydroxybenzaldéhyde, p-Hydroxyacétophénone), Guaiacyl=Vanillyl (V) (acide vanillique, Vanilline, Acétovanillone, Syringyl (S) (acide syringique, Syringaldéhyde, Acétosyringone) et les acides de la série cinnamique (C6-C3) : Cinnamyl (C) (acide p-Coumarique et acide Férulique).

L'analyse par pyrolyse a été réalisée avec une pyrosonde 1% couplée directement à un chromatographe en phase gazeuse équipé d'une colonne capillaire Supelcowax 10. La pyrolyse est effectuée à 700°C durant 10 s ; les produits de pyrolyse sont identifiés par Py-CG-SM. Parmi tous les produits séparés et identifiés, seuls 15 sont retenus et correspondent à 5 familles de composés organiques. Les classes principales de composés organiques et les composés individuels retenus sont les suivants :

Composés azotés : *pyridine, pyrrole, méthyl-pyrrole, indole, benzonitrile*

Phénols : *phénol, p-crésol et m-crésol, di-méthyl phénol*

Hydrocarbures aromatiques : *benzène, toluène*

Sucres : *5-méthyl 2-furfural, acide acétique, furfural*

Sucres aminés : *acétamide*

Plusieurs rapports caractéristiques ont été utilisés :

(furfural + acide acétique) / pyrrole

acétonitrile / pyrrole

benzène / toluène

phénol / crésols

RESULTATS ET DISCUSSION

1 - Variations du carbone organique particulaire (COP %) :

En 1987, les teneurs sont élevées dans la fraction <50µm en début d'année mais une décroissance se manifeste durant la période de crue de fin d'année. Un effet de dilution de la MO par la charge minérale doit alors intervenir (Fig. 2). L'évolution est similaire dans la fraction >50µm, mais les valeurs plus élevées soulignent l'abondance des débris végétaux.

En 1988, l'évolution des teneurs est irrégulière mais montre un accroissement en fin d'année.

En 1989, les valeurs décroissent en mars-avril, tout-à-fait en fin de crue de l'Oubangui.

D'une année à l'autre, si l'évolution des débits est assez voisine, les teneurs en carbone particulaire demeurent donc assez variables. Toutefois, en 1987-89 les teneurs sont maximales durant les crues du Kasai centrées sur le mois de mai. En juillet-août, à l'étiage, les valeurs seraient minimales.

En raison, d'une part de l'importance très variable et ici non mesurée du carbone organique dissous, d'autre part de l'interruption des mesures de COP au cours d'une même année, les analyses du carbone organique ne permettent pas, à elles seules, d'obtenir les valeurs totales des flux de matière organique particulaire apportée par le fleuve.

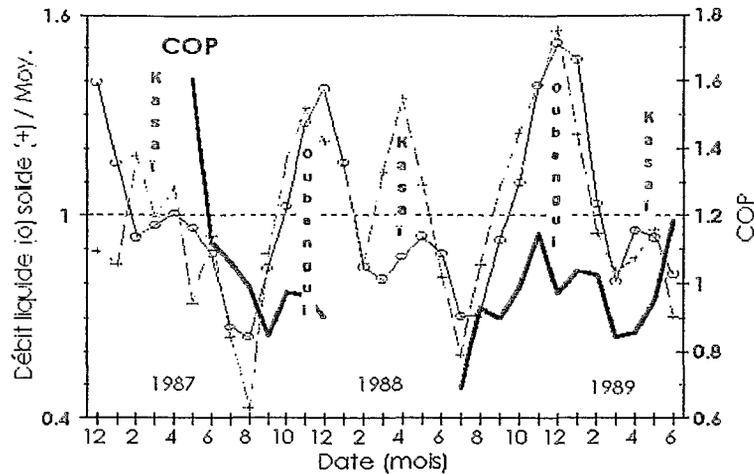


Figure n°2

Variations du Carbone Organique Particulaire (COP) et corrélation avec les variations des débits liquide et solide. Le COP est exprimé en cg/g de suspension et les variations des débits par le quotient : valeur instantanée / valeur moyenne annuelle.

2 - Variations des teneurs en Polysaccharides :

En 1987, les teneurs (mg/g) sont supérieures dans la fraction $<50\mu\text{m}$ comparativement à la fraction $>50\mu\text{m}$. Plus élevées qu'en 1988, elles décroissent en fin d'année certainement par suite de la dilution par la charge minérale.

La distribution du carbone polysaccharidique, rapportée au COP (Fig. 3), varie entre 1987 et 1988. Le maximum accusé en juillet 87 et 88 (étiage) est suivi d'une baisse en fin d'année (cru). Le matériel végétal apporté par la crue semble alors appauvri en sucres. Une certaine opposition se manifeste donc entre la distribution des sucres et le débit liquide. Contrairement aux périodes de crue, les polysaccharides s'accroissent dans la MO en période d'étiage (juillet-août), probablement par suite du développement du phytoplancton. Toutefois, par opposition avec la crue de l'Oubangui, ils s'accroissent lors de la crue du Kasaï : ce qui pourrait justifier un apport végétal enrichi en sucres (Graminées). Dans ce cas également, et pour les mêmes raisons que celles qui ont été invoquées pour le COP, l'analyse des polysaccharides dans les deux fractions granulométriques, prises séparément, n'a pas permis d'obtenir les valeurs totales des flux de sucres.

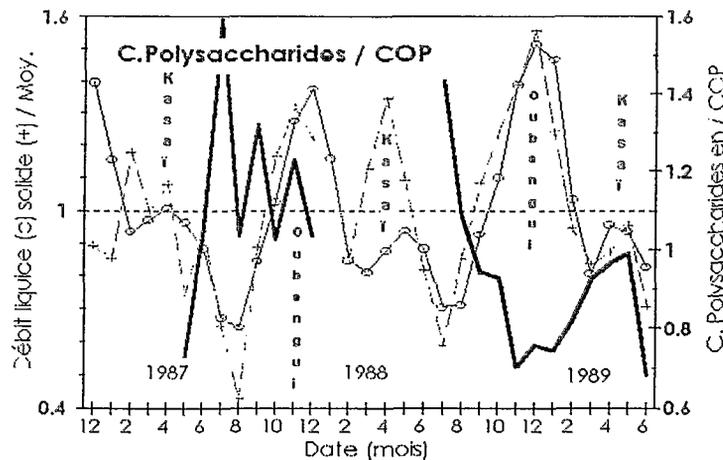


Figure n°3

Variations des teneurs en carbone des polysaccharides (% du COP) durant la période étudiée et corrélation avec les variations des débits liquide et solide. Les définitions sont les mêmes que pour la Figure 2.

3 - Variations des composés phénoliques (Oxydation alcaline - CLHP) :

Composés phénoliques totaux :

- * En 1987, les teneurs s'accroissent dès la fin de la crue du Kasai et atteignent leur valeur maximale au mois de septembre qui correspond au départ de la montée de la crue de l'Oubangui : en début de crue (Oubangui) le matériel apporté par le fleuve est riche en phénols inclus dans les débris ligneux (Tabl. 1 et Fig. 4). En juillet-août (étiage) les teneurs sont plus faibles.
- * En 1988, un maximum se manifeste en juillet. L'accroissement des valeurs au début de la crue du Kasai est beaucoup moins importante qu'en 1987. Le maximum de la crue de l'Oubangui correspond à des teneurs en phénols assez basses.
- * En 1989, les valeurs maximales sont relevées en avril, ce qui correspond au maximum de la crue du Kasai.

Analyse qualitative des dérivés de la lignine :

L'analyse par CLHP permet de préciser la distribution des composés phénoliques spécifiques de débris ligneux (Tabl. 1) : série syringyl (S), série vanillyl (V), série cinnamyl (C), série p-hydroxyphényl (en partie) ainsi que de leur origine taxonomique (Towers & Gibbs, 1953 ; Hedges & Mann, 1979 ; Serve et al., soumis à publication) :

- * les composés S sont bien représentés chez les Angiospermes Dicotylédones,
- * les composés C caractérisent les Angiospermes Monocotylédones.
- * dans l'hémisphère N, les composés V caractérisent les Gymnospermes.

La flore africaine comprend des espèces ligneuses de Dicotylédones qui contiennent des quantités importantes de phénols de cette série (Serve et al., en cours).

Variations des dérivés de la lignine (Tabl. 1) :

- * S : En général, les teneurs les plus élevées correspondent aux maximums des crues, ce qui correspond à un enrichissement des suspensions en débris ligneux.
- * V : En 87 et 88 les valeurs maximales correspondent à la montée de la crue, période où les apports de matériel ligneux sont plus conséquents.
- * C : contrairement aux séries S et V, et malgré une absence relative des composés C en 87, les teneurs maximales correspondent, pour 88 et 89, aux périodes d'étiage (20CNG, 28CNG). La participation des végétaux supérieurs aquatiques ou de ceux (essentiellement des Monocotylédones) qui peuplent les rives marécageuses du fleuve pourrait être ici prépondérante : elle peut d'ailleurs être associée à une production phytoplanctonique libérant des composés hydroxybenzéniques. Il est possible d'envisager l'écoulement retardé de ces zones marécageuses par rapport au maximum de la crue pour expliquer l'augmentation des valeurs de la série C aux périodes d'étiage. Les valeurs des rapports C/V, très élevées pendant la période d'étiage qui suit la crue de l'Oubangui (écoulement des zones marécageuses) et en période de crue du Kasai (bassin versant de savanes) correspondraient à la signature de lignines de Monocotylédones.

D'autre part, chaque échantillon, correspondant à une période de crue ou d'étiage, peut être défini par le couple de valeurs des rapports S/V et C/V. (Hedges et Mann, 1979). Du fait de l'abondance de V dans les bois de certaines espèces arborescentes africaines, il apparaît, pour l'instant, assez difficile d'établir les diagrammes S/V vs. C/V selon Hedges & Mann (1979). Un étalonnage de ces valeurs en fonction des végétaux et des horizons humifères des sols du bassin versant est indispensable.

De plus, l'abondance des formes acides en période de crue de l'Oubangui par rapport aux formes aldéhydes (Gadel et al., 1989) pourrait rendre compte de conditions plus oxygénées ou d'un état plus dégradé de la MO. A l'étiage (juillet-août) la relative abondance des phénols p-hydroxybenzoïques témoignerait de l'activité phytoplanctonique.

Tableau 1

Analyse quantitative et qualitative par CLHP des composés phénoliques de la lignine : Total % c. org. = somme des phénols exprimés en % du COP ; V = somme des composés vanillyl (acide vanillique, vanilline, acétovanillone) ; S = somme des composés syringyl (acide syringique, syringaldéhyde, acétosyringone) ; C = somme des composés cinnamyl (acide p-coumarique, acide férulique) ; S/V et C/V = rapports caractéristiques des composés de la lignine d'après Hedges & Mann (1979) ; Somme H / Total = somme des composés hydroxyphénols (acide p-hydroxybenzoïque, p-hydroxybenzaldéhyde, p-hydroxyacétophénone) sur somme des phénols ; Somme ac. / Somme (ald.+cét.) = somme des composés acides / somme des composés aldéhydes et cétones.

Période de crue	Kasaï	Kasaï	8CNG	9CNG	10CNG	Oubangui	Oubangui	Oubangui
N° Echantillon	6CNG	7CNG				11CNG	12CNG	13CNG
Date de prélèvement	16/5/87	16/6/87	27/7/87	20/8/88	15/9/87	18/10/87	13/11/87	15/12/87
TOTAL % C. org	0.56	0.85	0.92	0.11	1.40	0.85	1.16	0.25
V	0.00	0.00	0.00	0.03	0.37	0.00	0.00	0.21
S	0.00	0.05	0.09	0.00	0.04	0.08	0.08	.00
C	0.04	0.09	0.00	0.00	0.08	0.09	0.08	0.04
S / V	--	--	--	0.00	0.10	--	--	0.00
C / V	--	--	--	0.00	0.22	--	--	0.18
Somme H / TOTAL	0.93	0.84	0.90	0.68	0.65	0.80	0.87	0.01
Somme Ac / Somme (ald.+Cét.)	9.37	3.17	8.74	0.1	2.37	3.41	6.54	--
Période de crue	Oubangui						Oubangui	Oubangui
N° Echantillon	20CNG	21CNG	22CNG	23CNG	24CNG	25CNG		
Date de prélèvement	15/7/88	18/8/88	15/9/88	14/10/88	17/11/88	15/12/88		
TOTAL % C. org	5.64	3.23	3.50	8.00	6.51	3.57		
V	0.60	0.13	1.85	13.14	2.45	0.13		
S	0.00	0.00	0.00	8.85	1.16	0.02		
C	7.15	2.44	2.35	3.98	3.16	1.09		
S / V	0.00	0.00	0.00	0.67	0.47	0.15		
C / V	11.97	19.49	1.27	0.30	1.29	8.35		
Somme H / TOTAL	7.12	5.89	6.33	4.81	8.50	8.36		
Somme Ac / Somme (ald.+Cét.)	6.34	25.53	6.89	2.02	4.15	11.73		
Période de crue	Oubangui		Kasaï	Kasaï				
N° Echantillon	26CNG	27CNG	28CNG	29CNG	30CNG			
Date de prélèvement	13/1/89	10/2/89	17/3/89	14/4/89	16/5/89			
TOTAL % C. org	22.43	16.99	18.12	7.93	3.92			
V	4.02	6.87	6.65	0.81	0.25			
S	0.00	2.94	5.59	0.62	0.00			
C	6.35	4.96	9.01	4.35	2.72			
S / V	0.00	0.43	0.84	0.76	0.00			
C / V	1.58	0.72	1.36	5.36	10.94			
Somme H / TOTAL	7.82	5.91	7.73	7.46	7.71			
Somme Ac / Somme (ald.+Cét.)	4.26	3.08	3.97	10.61	16.08			

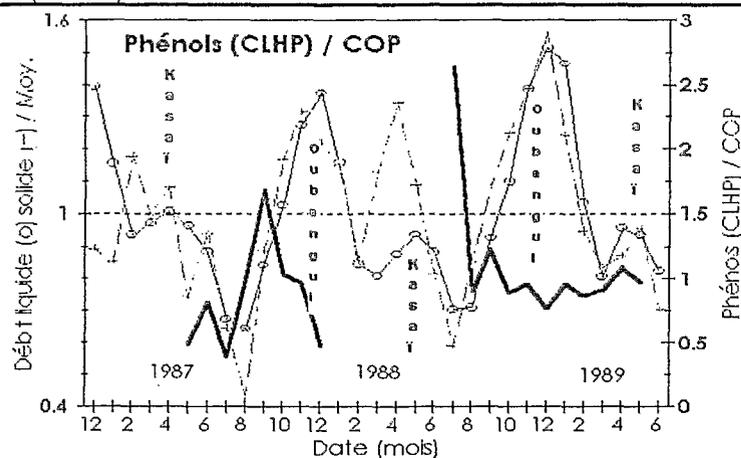


Figure n° 4

Variations des teneurs en Phénols totaux (% du COP) durant la période étudiée et corrélation avec les variations des débits liquide et solide. Les définitions sont les mêmes que pour la Figure 2.

Les fortes teneurs en phénols totaux quelquefois enregistrées à l'étiage (juillet 1988) correspondent à des phénols d'origine non ligneuse. Par contre, au moment de la montée des crues, tant de l'Oubangui que du Kasai, les composés phénoliques dosés sont issus de la lignine (S+V+C), montrant toute l'importance de l'érosion des sols du bassin versant au tout début du phénomène hydrologique.

4 - Distribution des classes principales de composés organiques (PY-CG-SM) :

Ce type d'analyse permet, par la détermination des fragments de pyrolyse, l'évaluation possible de l'importance relative des classes principales de composés organiques (hydrocarbures aromatiques, composés azotés, sucres, phénols, sucres aminés) et le suivi, en cours d'année, de l'évolution de certains composés individuels.

Eléments d'interprétation (Py-CG-SM) :

Plusieurs types d'informations sont apportées par la pyrolyse en fonction de l'abondance des diverses classes de composés (Bruchet et al., 1990).

- L'abondance des composés azotés traduit une forte activité biologique et la présence d'une MO peu dégradée.
- Le rapport acétonitrile / pyrrole révèle une relation entre les structures aliphatiques et hétérocycliques : il augmente dans les fractions dégradées (Trasar-Cepeda et al., 1992).
- L'accroissement des phénols et crésols constitue un indice de la participation de matériel ligneux, mais ces fragments peuvent également provenir de protéines et de sucres.
- L'abondance des hydrocarbures aromatiques traduit une MO dégradée.
- Le rapport benzène / toluène serait un indice du degré de condensation des noyaux aromatiques : il s'accroît dans la MO humifiée (Trasar-Cepeda et al., 1992).
- L'abondance des sucres serait directement liée à l'activité biologique : ce sont des marqueurs d'origine et de l'état de dégradation de la MO.
- Le rapport (furfural + acide acétique) / pyrrole élevé révèle une MO fraîche (Bracewell et Robertson, 1984).
- Les sucres aminés, représentés par l'acétamide, sont indicateurs, par leur abondance, d'une MO fraîche, d'origine aquatique (phytoplancton).

Distribution des classes principales de composés en périodes de crue et d'étiage :

La distribution des classes principales de composés organiques déterminées par la pyrolyse et exprimées en pourcentages relatifs du total des composés identifiés peut apporter des informations sur la nature et l'origine de l'apport ainsi que sur les conditions de conservation, du reste souvent liées à l'origine, de la MO en suspension.

La lecture des diagrammes sectoriels (Fig. 5) permet les observations suivantes : dans une MO où les sucres et secondairement les sucres aminés présentent un pourcentage relatif à peu près constant (sauf à l'étiage de 1988 pour les sucres aminés), les variations les plus significatives concernent :

- En 1987, alors que les composés azotés demeurent constants en période de crue et d'étiage, les phénols accusent des différences de proportions considérables. Ils sont plus réduits à l'étiage et plus abondants pendant la crue, traduisant l'importance des apports ligneux. Les hydrocarbures aromatiques, par contre, sont plus abondants en période d'étiage (matériel dégradé) qu'en période de crue (matériel plus frais).
- En 1988, les résultats sont sensiblement différents de ceux de 1987 et montrent des proportions d'hydrocarbures aromatiques à peu près constantes pour les deux périodes de 1988 et beaucoup plus réduites qu'en 1987. A l'étiage, sucres, sucres aminés et composés azotés sont plus abondants, signifiant une production fluviale allant de pair avec des teneurs faibles en phénols. Par contre, en période de crue, les proportions relatives de ces mêmes composés sont inversées et traduisent la prépondérance de l'apport allochtone, d'origine pédologique.

En 1987 et 1988, les variations sont très sensibles entre les mois d'étiage (juillet-août) et les mois de crue de l'Oubangui (septembre-octobre-novembre-décembre).

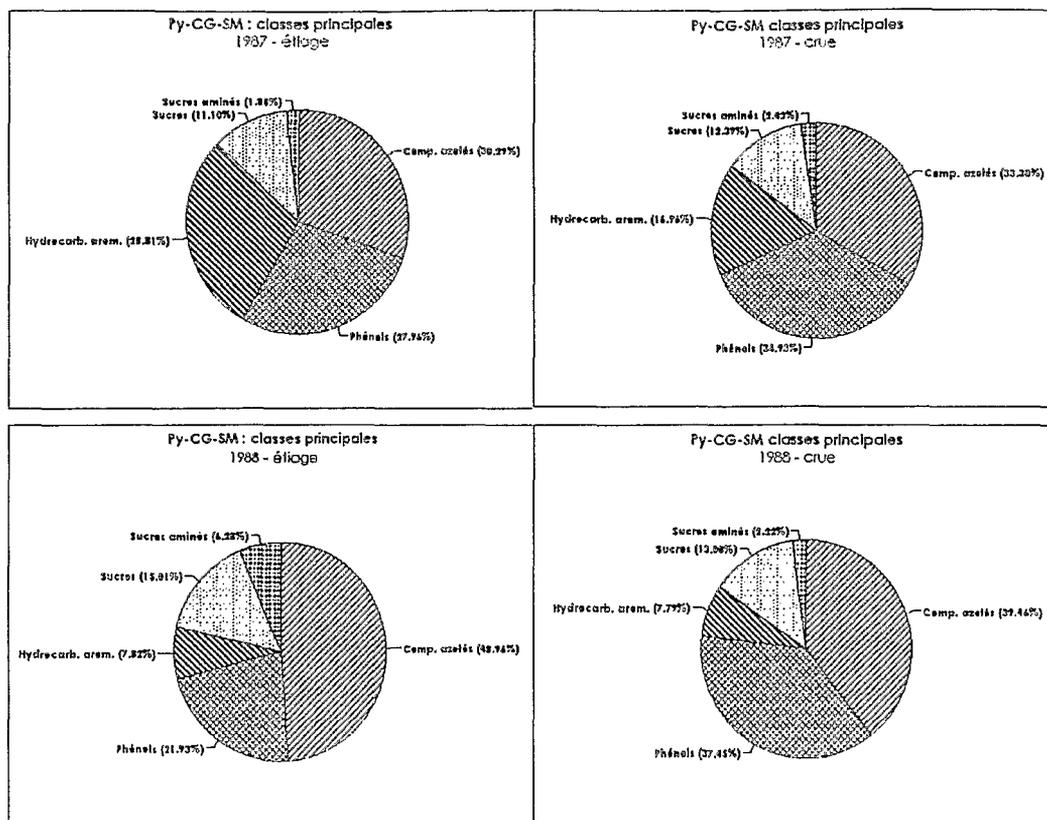


Figure n° 5

Diagrammes sectoriels de distribution des classes principales de composés organiques (Py-CG-SM) en fonction des périodes de crue et d'étiage (1987-1988).

Durant la période d'étiage de l'Oubangui, on observe un accroissement des hydrocarbures aromatiques et une baisse des composés azotés qui témoigneraient de l'état dégradé de la matière organique. On observe également une relative abondance de l'acide *trans*-2-buténoïque qui rendrait compte d'une plus forte activité bactérienne liée aux conditions de calme.

Durant la période de crue du Kasai, l'enrichissement en phénols et en composés azotés comme l'indole, qui proviendrait de la pyrolyse du tryptophane (Bruchet,), soulignerait l'état de fraîcheur du matériel apporté en début de crue.

L'accroissement du rapport phénol/crésols en octobre-novembre 87 pourrait traduire la participation de composés polyhydroxyaromatiques issus de la lignine comme l'ont montré Bruchet et al. (1990). Les valeurs plus réduites en étiage (juillet-août) pourraient au contraire être rapportés aux acides aminés aromatiques comme la tyrosine ou la phénylalanine.

Par ailleurs, en 1987 et 1988, un accroissement du rapport : (furfural + acide acétique) / pyrrole intervient au début de la crue de l'Oubangui : ce serait un indice de fraîcheur du matériel apporté par le fleuve. Les valeurs sont plus faibles durant la période d'étiage.

L'évolution du rapport : acétonitrile / pyrrole, qui s'accroît également lors de la crue de l'Oubangui, témoignerait de la plus grande abondance de l'azote aliphatique par rapport à l'azote hétérocyclique. Au contraire, la diminution du rapport benzène / toluène rendrait compte de la baisse du degré de condensation des noyaux aromatiques.

Analyse factorielle des correspondances :

Le traitement des données partielles de la pyrolyse a été effectué pour 1987 qui est considérée ici comme une année type. Il souligne assez fidèlement les particularités des périodes d'étiage et de crue.

En effet, les résultats apparaissent homogènes et se distribuent suivant deux ensembles correspondant à la période de crue et à celle d'étiage (Fig. 6).

Les mois de mai et de juin correspondent à la crue du Kasai et se distinguent des autres mois. Il faut signaler les particularités du mois de juin (fin de la crue du Kasai) qui se caractérise par l'abondance du benzène, du benzonitrile, de l'acétonitrile ainsi que du phénol et du pyrrole.

Les mois de mai et de juillet, de positions assez proches sur le diagramme, se caractérisent par la relative richesse en acide acétique (fraicheur du matériel), en toluène et en acide *trans*-2-buténoïque (=acide crotonique, considéré comme un marqueur de l'activité bactérienne).

Les suspensions prélevées au mois d'août paraissent occuper une position intermédiaire, par leur composition, entre celles de la période de crue du Kasai et celles de l'Oubangui : aucun enrichissement en quelque composé n'est observé en cette période d'étiage, soulignant peut-être la faible abondance des apports.

On note par contre une nette évolution depuis le mois de septembre (début de la crue de l'Oubangui) jusqu'au mois de novembre, en effet, la matière organique paraît s'enrichir en phénols (phénol, crésols et diméthylphénol) qui traduiraient la participation de matériel ligneux apporté par le fleuve. L'enrichissement en furfural et en indole témoigneraient de la fraicheur du matériel transporté.

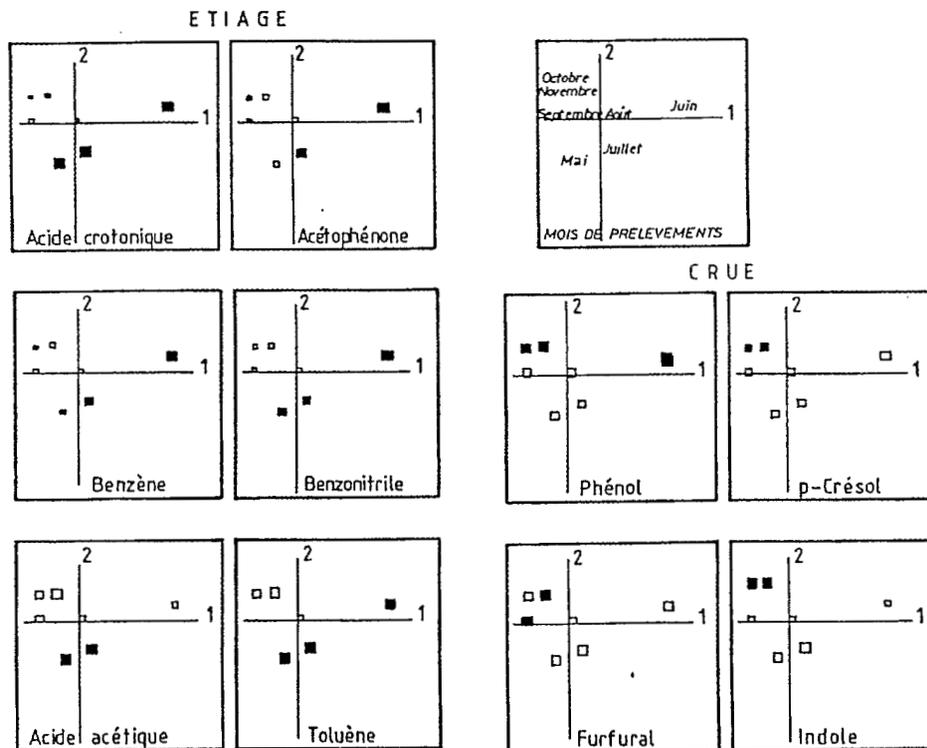


Figure n°6

Traitement par Analyse Factorielle des Correspondances des données de l'analyse par Py-CG-SM pour 1987. L'axe 1 correspond aux quantités mesurées et l'axe 2 aux périodes de prélèvements. Le graphe central traduit les analogies existant dans la composition des suspensions prélevées aux périodes indiquées. Les graphes établis pour les périodes d'étiage et de crue montrent les particularités de la composition chimique de la MO pour les mois correspondants.

CONCLUSIONS :

L'analyse de la composition de la matière organique particulaire dans les suspensions du Congo apporte des informations complémentaires aux résultats hydrologiques concernant les variations de débit du fleuve ou la charge en suspension (Laraque et al., 1993).

Si d'une année à l'autre les variations sont importantes, les périodes d'étiage et de crue semblent bien définies. La période d'étiage est centrée sur les mois de juillet et août. La crue du Kasai se manifeste en mai-juin, celle de l'Oubangui débute en septembre pour se terminer en janvier-février. L'évolution des débits en cours d'année conditionne les caractères propres de la matière organique transportée par le fleuve.

La période d'étiage est caractérisée par le développement du phytoplancton favorisé dans ces conditions de calme associées à une forte activité bactérienne marquée par l'abondance de l'acide *trans*-2-buténoïque qui peut traduire la dégradation de la matière organique soulignée par la richesse en hydrocarbures aromatiques. La matière organique est alors enrichie en sucres et en sucres aminés d'origine autochtone. On note par contre un fort appauvrissement en composés phénoliques à cette période.

Durant les périodes de crue, la nature de la matière organique change. Au début de la crue de l'Oubangui (septembre), l'abondance des composés phénoliques traduit un fort apport de débris ligneux à partir de l'amont.

La richesse relative en composés azotés comme l'indole, issu du tryptophane, composé instable, traduirait la fraîcheur du matériel apporté. Toutefois, l'abondance des phénols acides en période de crue comparativement aux formes aldéhydes en période d'étiage, rendraient compte, au contraire, de l'effet de conditions plus oxygénées sur la dégradation de la matière organique.

Les teneurs en composés phénoliques totaux (CLHP) montrent (Fig. 4) des valeurs très élevées au moment de la montée de la crue de l'Oubangui et des valeurs également élevées lors de la crue du Kasai, aussi bien en 1987 qu'en 1988. On constate que les très fortes valeurs mesurées en juillet 1988 correspondent à des composés d'origine non ligneuse.

Au moment de la montée de la crue, de nombreux débris végétaux ligneux sont transportés, alors que pendant l'étiage, les matières en suspension sont riches en débris végétaux non ligneux, probablement issus des végétaux aquatiques.

Les différences de nature de la matière organique entre les périodes de crue et d'étiage ressortent bien de l'analyse des données par traitement AFC des résultats en 1987 où les mois de septembre, octobre, novembre s'individualisent bien comparativement aux autres, qui sont dispersés sur le graphique. Certains composés individuels marquent bien, par leur abondance, les périodes de crue (phénols, crésols, furfural et indole) et d'étiage (acide acétique, acide *trans*-2-buténoïque et toluène).

Les pulsations saisonnières des apports organiques du fleuve et de ses affluents se marquent bien au niveau de la distribution des composés phénoliques, des composés azotés et des sucres comme biomarqueurs d'origine et de celle d'autres composés comme l'indole, l'acide acétique ou encore l'acide *trans*-2-buténoïque indicateurs de l'état de dégradation de la matière organique liée à l'activité bactérienne ou au degré d'oxygénation des eaux.

L'évaluation quantitative de la matière organique couplée à la connaissance de sa nature par l'application de techniques d'analyse adoptées permet de préciser la distribution, l'origine de la matière organique et l'influence des conditions de milieu, variables au cours des saisons.

REFERENCES :

- Bracewell J.M. et Robertson G.W., 1984. - Characters of soil organic matter in temperate soils by Curie-point pyrolysis - mass spectrometry. I- Organic matter variations with drainage and mull humification in A horizons. - *Journal of Soil Science*, 35 : 549-558.
- Bricquet J.-P., 1987. - Mesure des matières en suspension : le Congo à Brazzaville. - Rapport ORSTOM, Brazzaville, 13 p. multigr.
- Bruchet A., Rousseau C. et Mallevialle J., 1990. - Pyrolysis-GC-MS for investigating high-molecular weight THM precursors and other refractory organics. - *Journal AWWA* : 66-74.
- Charrière B., Sancho A., Serve L., Combaut G., Gadel F. et Piovetti L., 1986. - Les composés phénoliques dans un écosystème lagunaire méditerranéen : végétaux aquatiques, eaux, sédiments. - *Journées Internationales d'Etudes du Groupe Polyphénols*, Montpellier, 13 : 560-564.
- Gadel F., Puigbo A., Alcaniz J.M., Charrière B. and Serve L., 1990. - Tracers and constituents indicating the nature of organic fluxes, their origin and the effect of environmental conditions. - *Continental Shelf Research*, Ecomarge Special Issue, 10 : 1039-1062.
- Gadel F., Serve L., Charrière B., Bruchet A. et Filippi G., 1989. - Quelques résultats analytiques sur la matière organique des suspensions prélevées sur le Congo en 1987. In : *Opération "Grands bassins fluviaux" : Premiers résultats (années 1987 à 1989)*, n°3, ORSTOM, multigr.
- Gallali T., 1972. - Etude statique et dynamique des polysaccharides et des amino-polysaccharides au cours de l'humification. - Thèse de 3e cycle, Université de Nancy, Nancy, 93 p. multigr.
- Giresse P., Ouetiningue R. et Barusseau J.-P., 1990. - Minéralogie et microgranulométrie des suspensions et des alluvions du Congo et de l'Oubangui. - *Sciences Géologie, Bulletin*, Strasbourg, 43 : 151-173.
- Hedges J.I. et Mann D.C., 1979. - The characterization of plant tissues by their lignin oxidation products. - *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 43 : 1809-1818.
- Kinga Mouzeo, 1986. - Transport particulaire actuel du fleuve Congo et de quelques affluents : enregistrement quaternaire dans l'éventail détritique profond (sédimentologie, minéralogie et géochimie). - Thèse Doctorat Université de Perpignan, Perpignan, 251 p. multigr.
- Laraque A., Bricquet J.-P., Olivry J.-C. et Berthelot M., 1993. - Export of matter from the Congo river (PEGI Programme). - *First Intern. Symp. on Perspectives for Environmental Geochemistry in Tropical Countries*, Niteroi, Brazil, : 13 p. multigr.
- Nkounkou R.R. et Probst J.-L., 1987. - Hydrology and geochemistry of the Congo River System. - *Mitteilung Geologische und Palaeontologische Institut Universitaet Hamburg*, Hamburg : 483-508.
- Olivry J.-C., Bricquet J.-P., Thiébaux J.-P. et Nkamdjou Sigha, 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. In : *"Sediment Budgets"*, Intern. Symp. Porto Alegre, décembre 1988, IAHS, publ. n°174 : 509-521.
- Serve L., Icole M. et Blazi J.-L. - Lignin-derived phenolic monomers from sediments (Lac du Bouchet, Massif Central, France). Consequences for the clear understanding of the ancient biogeodynamical phenomena and the reconstruction of palaeoenvironments. - *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, Elsevier, soumis.
- Trasar-Cepeda M.C., Ceccanti B., Leiros M.C., Caccinai M. and Gil-Sotres F., 1992. - Characterization of organic matter in lignite mine soils at various ages by pyrolysis - gas chromatography. *6th Intern. Meeting International Humic Substances Society*, Bari.
- Towers G.H.N. and Gibbs R.D., 1953. - Lignin chemistry and the taxonomy of higher plants. - *Nature*, 172 : 25-26.