

Biogéochimie de la matière organique des suspensions du Congo et de ses affluents : approche par les marqueurs moléculaires.

P. Scribe, C. Pepe, Patrick Albéric, Ch. Barreau, J. Fillaux, A. Saliot, J.P. Bricquet

▶ **To cite this version:**

P. Scribe, C. Pepe, Patrick Albéric, Ch. Barreau, J. Fillaux, et al.. Biogéochimie de la matière organique des suspensions du Congo et de ses affluents : approche par les marqueurs moléculaires.. 1993, pp.83-95. hal-00078093

HAL Id: hal-00078093
https://insu.hal.science/hal-00078093

Submitted on 2 Jun 2006

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

BIOGEOCHIMIE DE LA MATIERE ORGANIQUE DES SUSPENSIONS DU CONGO ET DE SES AFFLUENTS : APPROCHE PAR LES MARQUEURS MOLECULAIRES

P. SCRIBE, C. PEPE, P. ALBERIC, CH. BARREAU,
J. FILLAUX, A. SALIOT & J.P. BRICQUET J.P.

ABSTRACT

Sterol, pigment and elemental carbon and nitrogen compositions are reported for surface suspended particulate materials collected along 1200 Km reach of the Ubangui and Congo rivers from Bangui to Brazzaville during the high flood period of 1989. Rock-Eval pyrolysis and amino-acid datas of monthly sampling at Brazzaville are also related. Particulate organic matter associated to surface suspended particles transported in the mainstem is mainly originated from soils and characterized by a low content of algal carbon (< 2 % of POC) evaluated by measurements of chlorophyll a concentrations. The ratios of cuticular plant sterols (stigmastérol/sitostérol) of surface particles indicate rather homogenous input of organic matter from soils in the Ubangui river, whereas this ratio point out complexe and heterogenous input of detritical organic matter in the Congo river. Some tributaries: Lobaye, Motaba and Sangha, Likouala, Alima, have been characterized by extreme acidic waters and by particulate organic matter almost exclusively from allochtonous origin.

1 INTRODUCTION

Jusqu'à une époque récente, on supposait que la majeure partie de la matière organique du sédiment des marges continentales était d'origine marine (HOLLAND, 1978). Un grand nombre d'études ont montré que la matière organique d'origine terrestre constitue une part substantielle du carbone total enfoui sur les marges continentales (ITTEKOT, 1988 ; BERNER, 1982).

Le transfert de la matière organique des bassins versants aux fleuves reste une étape-clé pour la compréhension du cycle du carbone en raison de la préservation des résidus végétaux terrestres dans les environnements sédimentaires récents (HEDGES, 1992). D'une observation globale sur l'accumulation du carbone organique d'origine terrestre dans les zones d'estuaires et de deltas, on a cherché à mieux connaître la nature de la matière organique continentale, son origine, sa composition, son évolution diagénétique et prédiagénétique et ce qui la différenciait de la matière organique océanique (GAGOSIAN et PELTZER, 1986 ; SALIOT et al., 1988 ; HATCHER et al., 1983 ; MEYERS-SCHULTE et HEDGES, 1986).

La matière organique biogénique des fleuves peut avoir plusieurs origines: une origine autochtone due à la végétation aquatique (phytoplancton et macrophytes) et une origine détritique allochtone due essentiellement à la matière organique issue de la décomposition des plantes cuticulaires terrestres au cours d'une succession de transformations chimiques dans les sols (dégradation par les microorganismes, oxydo-réduction...). Ces stocks de matière organique sont enrichis en permanence d'une biomasse bactérienne hétérotrophe qui peut représenter des fractions substantielles du carbone organique total (RELEXANS et al.,1988).

Dans cette article, nous présentons les premiers résultats d'une approche globale et moléculaire de la composition de la matière organique associée aux particules en suspension des fleuves Oubangui et Congo, afin de préciser sa nature et ses origines. Deux stratégies d'échantillonnage ont été suivies: 1) un suivi mensuel de l'Oubangui à Bangui et du Congo à Brazzaville en 1988 et 1989 pour la pyrolyse Rock-Eval et les teneurs en acides aminés et de Janvier à Décembre 1989 pour les stérols; 2) un suivi de la crue de l'Oubangui-Congo de Bangui à Brazzaville (Novembre 1989) qui a permis d'effectuer des prélèvements sur les axes fluviaux ainsi que sur un certain nombre d'affluents: Lobaye, Motaba, Likouala, Sangha, Alima et Kasaï.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 Description du site

La crue de l'Oubangui présente son maximum fin Septembre début Octobre (Q_{pointe}† = 10000†$m^3.s^{-1}$). Elle précède celle du Congo (Q = 60 000 $m^3.s^{-1}$) de 2 mois environ (Figure 1), ce qui situe la mission Bangui-Brazzaville sur la partie descendante de la première et ascendante de la seconde. Par ailleurs, le Kasaï présente à cette période un débit liquide relativement élevé (12 500 m^3), 26†% des débits cumulés à la station C4 (Tableau 1).

Tableau 1

Caractéristiques générales des prélèvements de la mission Oubangui-Congo (3-18 Novembre 1989). **O1**: 3 Nov., PK0 ; **O2**: 6 Nov., PK0 ; **O3**: 8 Nov, PK 203 ; **O4**: 11 Nov, PK 577. **Lo**: Lobaye, 7 Nov., 2 km en amont ; **Mo**: Motaba, 9 Nov., 2 km en amont ; **C1**: 12 Nov., PK 518 ; **C3**: 15 Nov., PK 907 ; **C4**: 17 Nov., PK 1150 ; **Li**: Likouala, 13 Nov., 2 Km en amont ; **Sa** : Sangha, 14 Nov., 2 Km en amont ; **Al** : Alima, 14 Nov., confluence; **Ka**: Kasaï, 15 Nov., confluence.

	O1	O2	O3	O4	Lo	Mo	C1	C3	C4	Li	Sa	Al	Ka
Débits ($m^3.s^{-1}$)		6300			300	200	21000		47600	1700	4200	800	12500
pH	6,8	6,8	7,2	6,9	6	4,4	7	6,4	6,6	4,7	5,9	5	6,3
MES ($mg.l^{-1}$)	27,9	25,8	30,4	27,7	13,1	1,5	22,2	13,9	11,7	3	7,3	13,5	38,0
C (%)	4,3	4,6	2,5	3,7	5,5	13,1	4,6	5,3	5,1	13,5	1,1	6,8	4,9
C/N	13	7,3	12,9	9	10,1	11,1	11,6	9,7	11,3	11	11,7	9,4	13,4

2.2 Prélèvements

2.2.1 Prélèvements mensuels à Bangui et Brazzaville

Les prélèvements d'eau ont été effectués mensuellement (Janvier 1988-Décembre 1989) à deux stations à l'aide d'une bouteille de type Niskin: en amont de Brazzaville sur le Congo, et de Bangui sur l'Oubangui. Pour chaque échantillon, 180 litres d'eau environ, préalablement tamisés à 50µm ont été centrifugés. Les culots obtenus ont été congelés à - 20°C jusqu'au laboratoire où ils ont été lyophilisés.

2.2.2 Mission sur l' Oubangui-Congo et leurs affluents

L'eau est prélevée d'un zodiac opérant à partir du bateau "Ville de l'Improfondo" au cours d'un de ses trajets Bangui-Brazzaville (3-18 Novembre 1989). Les prélèvements ont été effectués au milieu du fleuve pour l'Oubangui et le Congo (à l'exception des stations O1 et O2, prélevées du bord), en maintenant manuellement le goulot des flacons de verre (10 et 20 litres) 10 cm au-dessous de la surface. Sur la Lobaye, la Motaba, la Likouala, la Sangha, les points de prélèvement se situent à 2 km en amont de leur confluence. Pour l'Alima et le Kasaï, les prélèvements ont eu lieu sur l'axe fluvial du Congo en aval de la confluence mais dans les masses d'eau des affluents comme le confirme les dosage du strontium et du néodyme (NEGREL, communication personnelle). L'eau est filtrée directement sur des filtres (293 mm de diamètre) en fibre de verre (Whatman GF/F) de 0,7 µm de porosité sans préfiltration préalable, le maximum de charge solide se situant autour de 15 mm (JOUANNEAU et al. 1988). Les filtres sont alors congelés jusqu'à leur lyophilisation au laboratoire.

2.3 Analyse.

2.3.1 Chlorophylles et pigments

Les filtres (Whatman GF/F, 0.7 µm de porosité, 47 mm de diamètre, préalablement rincés pendant 24 heures à l'acétone à l'aide d'un soxhlet) sont conservés dans des tubes de verre à - 20°C jusqu'au laboratoire. Ils sont alors broyés dans le tube et extraits avec 3 ml d'un mélange d'acétone-eau (Milli Q) (9:1, v/v) en lumière inactinique. On prélève 500 µl de l'extrait à l'aide d'une seringue auquel on ajoute 150µl d'une solution (1,5 g d'acétate de tétrabutylammonium et 7,7 g d'acétate d'ammonium dans 100 ml d'eau). La séparation et l'identification des chlorophylles et des pigments ont été effectuées selon la méthode mise au point par MANTOURA et LLEWELLYN (1983) et modifiée par DENANT et al. (1991).

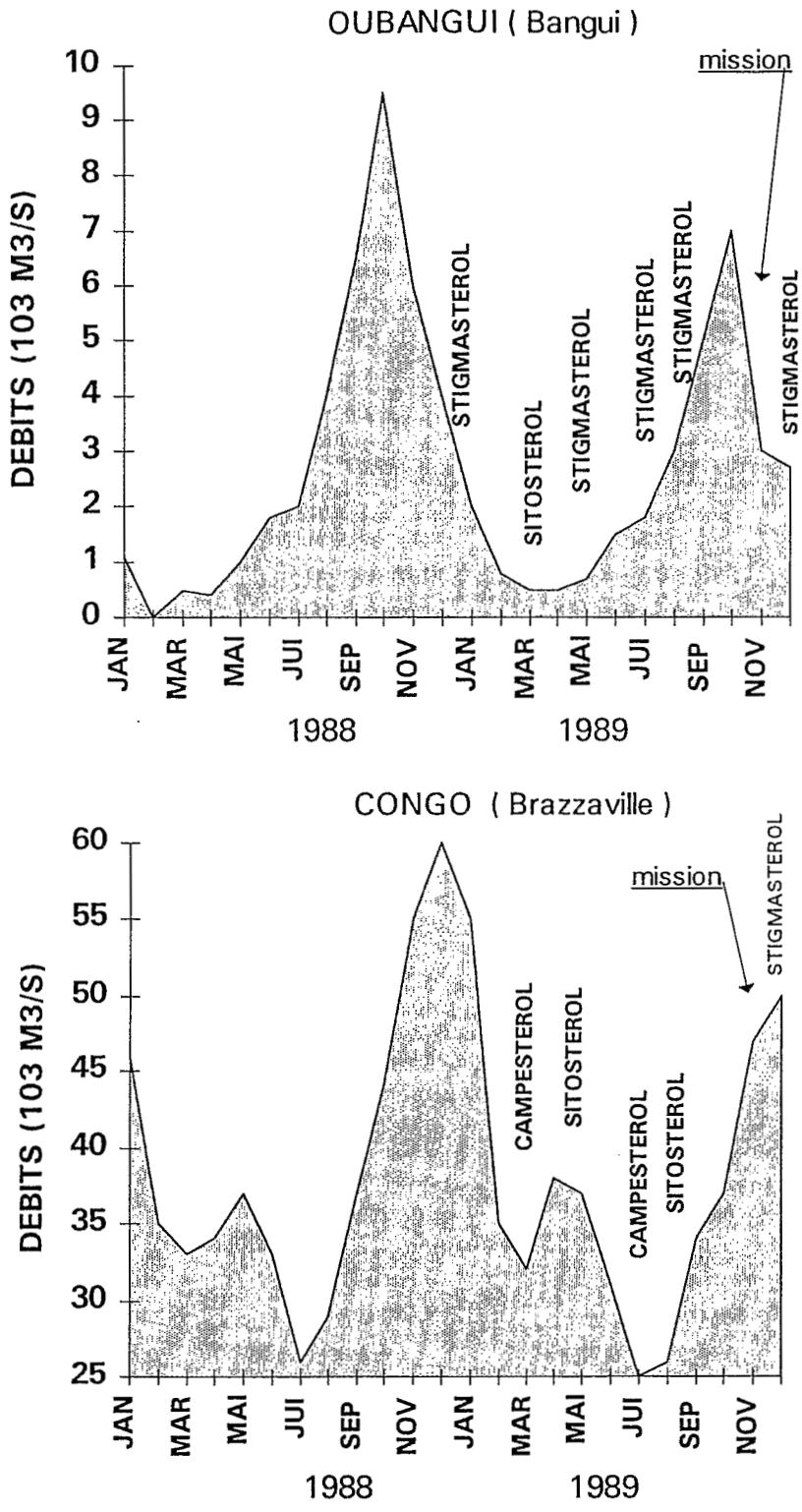


Figure n° 1

Débits liquides (10^3 $m^3.s^{-1}$) enregistrés à Bangui (A) et Brazzaville (B) en 1988 et 1989 (OLIVRY et al., 1989) et stérols majoritaires des particules en suspension.

2.3.2 Stérols

La procédure analytique des stérols est identique pour les filtres et les culots de centrifugation et ne varie que par l'appareil utilisé pour l'extraction au dichlorométhane: le soxhlet, dans le premier cas, et un flacon équipé d'une agitation magnétique dans le second. Le solvant de l'extrait lipidique est ensuite réduit à l'aide d'un évaporateur rotatif puis sous courant d'argon. On procède ensuite à une chromatographie sur couche mince pour isoler la fraction des stérols selon la technique déjà décrite (LAJAT, 1991). Un mélange éluant hexane-éther (9:1, v/v) permet d'isoler une fraction stérol (Rf = 0.06) et de récupérer les stérols par grattage de la bande et élution avec 10 ml d'un mélange dichlorométhane-méthanol (2:7, v/v). Les échantillons sont silylés (TMCS + BSTFA, 20:80, v/v) et quantifiés par chromatographie gazeuse capillaire (CGC) et d'un détecteur à ionisation de flamme (FID) après ajout d'un standard externe (cholestane) ou par spectrométrie de masse. Les spécifications des appareils utilisés sont les suivants: CGC/FID (DELSI,DI 330 équipé d'une colonne capillaire SE 54 de 50 m de longueur et 0,25 mm de diamètre intérieur; gaz vecteur: l'hélium; débit : 25 ml/min; pression d'entrée: 1,5 bar; température injecteur de Ross : 310°C ; température du détecteur : 320°C , température du four isotherme : 290°C) ; CGC/SM (Girdel 32/Nermag R10-10C ; mode : impact électronique à 70 eV ; température de la source: 150°C ; température de l'interface: 300°C).

2.3.3 Acides aminés

Le pourcentage de carbone aminé a été déterminé par analyse et somme des acides et des sucres aminés individuels à l'aide d'un auto-analyseur type Beckman 118BL (ALBERIC ET KHRIPOUNOFF, 1984).

2.3.4 Pyrrolyse Rock-Eval

La proportion de produits pyrolysables hydrocarbonés a été déterminée par pyrolyse Rock-Eval (Espitalié et al., 1985) au moyen d'un appareil de type Oil Shown Analyzer placé en cycle 3 (30°/min de 200 à 600°C).

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 Axe fluvial Oubangui-Congo

3.1.1 Suivi mensuel des suspensions de l'Oubangui et du Congo

A Brazzaville, le suivi mensuel de la fraction organique des MES (C org., C/N, acides aminés, fraction pyrolysable) de Janvier 1988 à Décembre 1989 (ALBERIC ET BRICQUET en préparation) confirme le peu de variation saisonnière présentée par la charge organique et minérale en suspension du fleuve Congo (OLIVRY et al., 1988; KINGA-MOZEO, 1986; BARUSSEAU et al., 1989).

Malgré la gamme étroite de variations, deux paramètres montrent cependant une tendance commune, liée au régime du fleuve (Figure 2). Il s'agit de la fraction aminée qui représente un compartiment important de la fraction labile de la matière organique associée aux particules en suspension (ITTEKKOT, 1988 ; SPITZY et ITTEKKOT, 1991) et de la fraction pyrolysable qu'on définit comme la quantité de produits de pyrolyse hydrocarbonés exprimée par rapport au C org. total en terme d'index d'hydrogène IH (ESPITALIE et al., 1985). Les deux paramètres sont déprimés (IH baissant de 250 à 150) au moment de la crue hivernale, ce qui pourrait correspondre à un accroissement relatif des apports détritiques terrigènes ou à une diminution de la biomasse algaire, en particulier des diatomées, comme cela à été observé sur les mêmes échantillons pour l'année 1987 par BARUSSEAU et al., (1989). Cette hypothèse est fondée sur ce qui est connu en Loire: l'été, l'IH est compris entre 500 et 800 pour un matériel essentiellement algaire, alors qu' en période de crue et pour un matériel terrigène, l'IH varie de 270 à 350 (ALBERIC ET LEPILLER, en préparation). De plus SIGLEO et al., (1983) a montré la relation des diatomées et la composition de la matière organique particulaire en raison de leur forte teneur en acides aminés. A cette tendance générale décelée par le suivi mensuel des MES du Congo, se surimposent les pics de ces deux paramètres qui peuvent être rapportés, au moins qualitativement grâce à l'observation microscopique, à la présence de quantités importantes de diatomées, en particulier d'une forme cylindrique de petite taille.

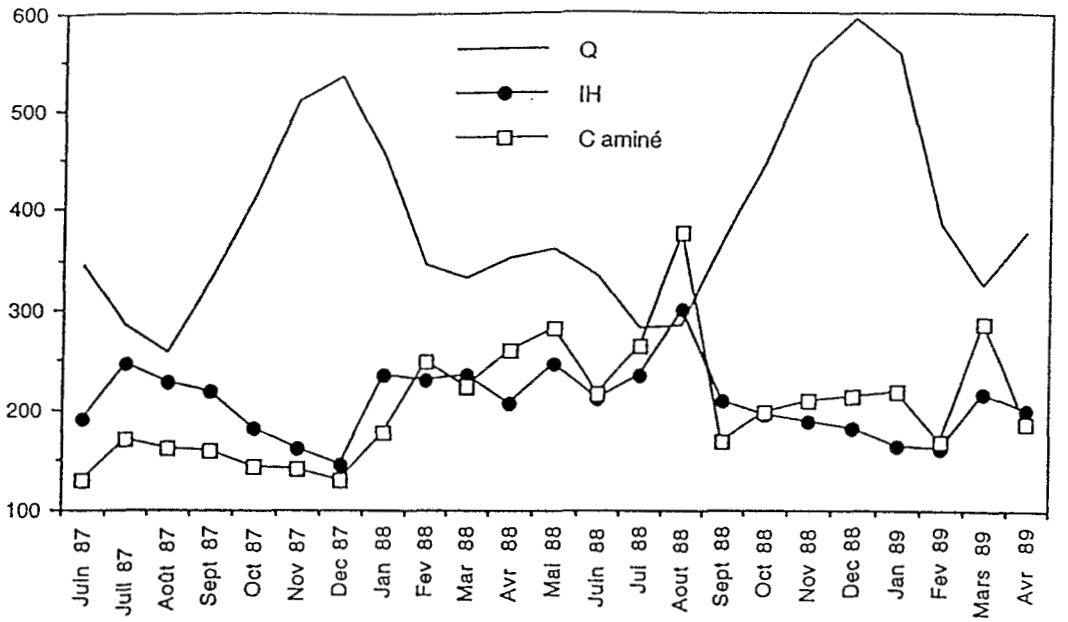


Figure n° 2

Variation saisonnière à Brazzaville de la teneur des MES du Congo en composés aminés et en produits pyrolysables. (Q : débit en $10^2.m^3.s^{-1}$; IH : index d'hydrogène en 10^{-2} mg de composés hydrocarbonés pyrolysables par g de C org. total; C aminé en mg par g de C org. total).

A Bangui, 10 stérols ont été identifiés et quantifiés; les pourcentages des stérols (C29) marqueurs de la végétation supérieure (stigmastérol + sitostérol) par rapport aux stérols totaux, sont à leur maximum pendant l'étiage (Mai: 56 %) et à leur minimum pendant la montée des eaux (Septembre: 34 %). Le stigmastérol domine toute l'année les stérols terrigènes sauf en Avril où le sitostérol devient majoritaire. En revanche, sur le Congo, bien que le pourcentage de stérols terrigènes ne varie que faiblement, le stérol majoritaire est sans cesse différent d'un mois à l'autre (Figure 1). La stabilité de l'empreinte des stérols à Bangui tendrait à montrer une certaine homogénéité des apports en matière organique détritique au cours d'un cycle saisonnier, alors que la variabilité observée à Brazzaville pourrait s'expliquer par la multiplicité des apports à l'approche de son exutoire.

3.1.2 L'Oubangui-Congo en période de hautes-eaux

Teneur en carbone organique (Corg.) des matières en suspension (MES)

Les concentrations en carbone organique particulaire (COP) sont faibles et varient peu dans l'ensemble, (COP = 0,6-1,2 mg/l) en raison de la stabilité de la charge en MES surtout pour l' Oubangui (25,8-30,4 mg/l) et des teneurs en carbone organique (Corg. = 2,5-5,3%). On relève néanmoins une diminution de la charge en MES entre la première station du Congo (C1) à la confluence de l'Oubangui et la station en amont de Brazzaville (C4) (Figure 3).

Les études des suspensions prélevées à Brazzaville pour l'année 1988 ont montré que les matériaux argileux représentent plus de la moitié des matières en suspension transportées par le Congo (KINGA MOUZEO, 1986 ; OLIVRY et al., 1988 ; GOMA, 1988, MOUKOLO et al., 1990). Mais les minéraux amorphes (oxydes et hydroxydes de fer) s'avèrent aussi très importants dans les MES puisqu'ils représentent toujours entre 4% et 10% de la totalité des suspensions (JOUANNEAU, 1990). La composition minéralogique des suspensions reflète la composition de sols essentiellement ferrallitiques dans lesquels la kaolinite est le minéral le plus abondant, les suspensions de surface ne contenant que très peu de quartz.

Les rapports C/N ont des valeurs souvent rencontrées pour les MES des fleuves tropicaux et sont peu variables sauf pour un des deux prélèvements de Bangui. Les valeurs (C/N = 13.0 et 9.0) correspondent bien à des particules d'origine allochtone (ETCHEBER, 1983 ; HEDGES et al. 1986).

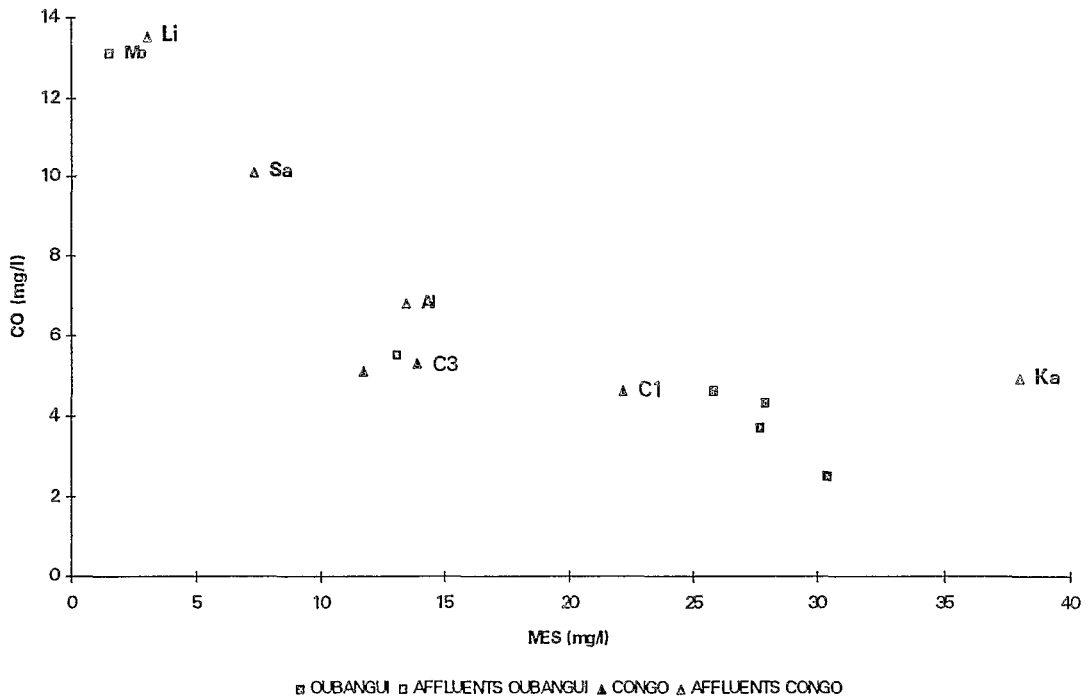


Figure n° 3

Corrélation entre les teneurs en carbone organique particulaire (% des MES) et la charge en MES (mg.l^{-1}) (mission Nov. 1989).

Matière organique autochtone et allochtone: analyse des pigments

L'analyse par HPLC des pigments et des chlorophylles présente le double intérêt de permettre d'évaluer le carbone organique algale vivant par une mesure directe de la chlorophylle a (RELEXANS et al., 1988) et d'estimer la composition des populations phytoplanctoniques (MANTOURA et LLEWELLYN, 1983 ; DENANT et al.,1991; SCRIBE et al., 1991b).

La faible concentration en chlorophylle a, sur les axes fluviaux (<5 µg/l), laisse prévoir à cette période, une concentration en carbone organique d'origine algale inférieure à 200 µg/l , c'est-à-dire inférieures à 2% du carbone organique particulaire (COP). Ces valeurs sont conformes aux valeurs déjà publiées pour le Congo par CADEE (1984). Pour comparaison, la concentration moyenne de la Chlorophylle a relevée en été sur la Loire, fleuve de forte production primaire, peut atteindre des valeurs de l'ordre de 150µg/l (SCRIBE et al., 1991a). Les eaux du Congo et de l'Oubangui sont relativement peu productives en cette période de hautes-eaux (Tableau 2). Le groupe phytoplanctonique dominant reste néanmoins les bacillariophycées comme l'atteste la présence de la fucoxanthine, pigment majoritaire détecté à toutes les stations et qui représente de 10 à 60% des pigments totaux (Tableau 2). Néanmoins, dans les eaux du Congo, à partir de la confluence avec l'Oubangui, une partie de la production autotrophe est due aux jacinthes d'eau, abondantes même en cette saison et qui n'est pas prise en compte dans notre évaluation de la matière organique autochtone.

Caractérisation de la composante détritique de la matière organique

Douze stérols ont été identifiés et sont présents de façon permanente dans les prélèvements des suspensions de la crue hivernale de 1989 (Tableau 3). Quatre stérols prédominent: cholestérol (2), campestérol (6), stigmastérol (8), sitostérol (10). On trouve également dans des proportions moindres, le brassicastérol (4), le 22-déhydrocholestérol (1) et le fucostérol (12).

De nombreuses études ont utilisé les stérols comme biogéomarqueurs pour reconnaître l'origine de la matière organique, en particulier dans les sédiments marins (BRASSELL et EGLINTON, 1983). Ils sont relativement stables et leurs structures chimiques très diversifiées peuvent parfois être attribuées à des groupes restreints d'organismes végétaux (VOLKMAN,

1986). En particulier, il est bien connu que le campestérol (6), le stigmastérol (8) et le sitostérol (10) sont les stérols majoritaires des plantes cuticulaires à tous les stades de leur maturité (TULLOCH, 1978). Néanmoins, le campestérol, le stigmastérol et le sitostérol ont été trouvés, soit individuellement soit de façon concomitante, dans certaines espèces de bacillariophycées, chlorophycées, chrysophysées, cryptophycées, dinophycées, euglénophycées et cyanobactéries dans des proportions très variables (de 1 à 99% des stérols totaux). De plus, la stéréoisomérie du carbone 24, qui n'est que laborieusement résolue (MAXWELL et al., 1980) ne suffit pas à résoudre complètement cette ambiguïté puisqu'on sait que certaines espèces de diatomées biosynthétisent comme les plantes vasculaires, les isomères 24α des stérols en C29, et certaines espèces de dinoflagellées ou d'algues vertes, les mêmes stérols d'isomérie β (NES et al. 1977). Cependant, cette ambiguïté n'a été mise en évidence que sur un nombre restreint d'espèces; une dizaine d'espèces environ sur une quarantaine étudiées synthétisent un ou plusieurs stérols en C28 et C29, représentant plus de 10% des stérols totaux (VOLKMAN, 1986) .

Tableau 2 :

Concentrations des pigments (ng/l) aux stations de la mission Oubangui-Congo (3-18 Novembre 1989)

	O1	O2	O3	O4	Lo	Mo	C1	C3	C4	Li	Sa	Al	Ka
chlorophylle a	645	424	830	2826	499	353	1851	4773	615	84	159	592	-
chlorophylle b	-	-	-	613	-	-	-	-	-	-	-	-	-
chlorophylle c	-	332	660	650	-	-	2251	1133	1101	-	-	-	-
allomère chl. a	-	-	-	686	-	-	493	1374	522	-	-	-	-
chlorophyllide a	-	204	190	-	-	-	2138	1560	1174	-	-	-	-
fucoxanthine	149	389	572	604	92	-	3172	1904	1319	67	382	229	110
fucox. dérivé	54	170	174	249	-	-	328	201	246	26	-	-	86
diadinoxanthine	45	92	102	155	-	-	634	333	264	44	-	-	-
alloxanthine	53	50	75	-	-	-	254	196	143	-	-	-	-
zéaxanthine	147	180	196	349	90	-	1026	623	428	72	104	169	174

Tableau 3 :

Distribution des stérols en pourcentages des stérols totaux et concentrations totales (ng/l) aux stations de la mission Oubangui-Congo (3-18 Novembre1989). Noms usuels: 1. 22-déhydrocholestérol ; 2. cholestérol ; 3. cholestanol ; 4. brassicastérol ; 5. brassicastanol ; 6. campestérol ; 7. campestanol ; 8. stigmastérol ; 9. stigmastanol ; 10. sitostérol ; 11. sitostanol ; 12. fucostérol.

	sterols	O1	O2	O3	O4	Lo	Mo	C1	C3	C4	Li	Sa	Al	Ka
1	cholesta-5,22dien-3ß-ol	1,9	1,8		1,1	2,5	2,1	1,6	1,7	2	3,2	3,9	3,2	1,7
2	cholest-5-en-3ß-ol	28,	24,	36,	27,	2	44,	2	20,	28,	24,	18,	2	25,8
3	5a-cholestan-3ß-ol	4,		4,	4,	3,	2,	2,	3,	3,	2,	2,		3,1
4	24-methyl-cholesta-5,22-dien-3ß-ol	7,	8,	8,	8,	7,	5,	6,	7,	7,	4,	6,	7,	8,
5	24-methyl-5a-cholest-22-en-3ß-ol	1,	1,		1,	0,	1,	1,	1,	1,	0,		1,	1,
6	24-methyl-cholest-5-en-3ß-ol	8,	9,	8,	12,	7,	7	23,	23,	16,	8,	8,	9,	1
7	24-methyl-5a-cholestan-3ß-ol	1,	1,	1,	1,	1,	0,	1,	1,	1,	1,	1,	1,	1,
8	24-ethyl-cholesta-5,22-dien-3ß-ol	23,	23,	20,	21,	24,	17,	20,	20,	1	38,	35,	3	19,
9	24-ethyl-5a-cholest-22-en-3ß-ol	2,	2,	1,	2,		0,	2,	1,	2,	2,	2,	2,	3,
10	24-ethyl-cholest-5-en-3ß-ol	15,	17,	13,	13,	23,	15,	15,	15,	14,	12,	15,	15,	18,
11	24-ethyl-5a-cholestan-3ß-ol	4,	5,	3,	5,	3,	1,	2,	3,	3,	1,	2,	2,	4,
12	24-ethyl-cholesta-5,24(28)-dien-3ß-ol							0,						
	concentrations (ng/l)	43	32	7	45	44	27	174	31	58	35	137	73	116

En ce qui concerne les échantillons étudiés, une différence apparait entre le stigmastérol et le sitostérol (C29), non corrélés avec les concentrations totales en pigments et le campestérol (C28)

qui se corrèle positivement (Figure 4), tendant a montrer que ce dernier profite d'apports vraissemblablement autochtones en relation avec la biomasse algale.

La somme des quatre stérols en C29: stigmastérol et sitostérol et leur stanol correspondant (8+9 et 10+11), en pourcentages des stérols totaux, se trouvent d'ailleurs grossièrement corrélées à la teneur en carbone organique des MES (Figure 5), ce qui semble bien indiquer que les apports majoritaires de matériel organique sont d'origine végétale terrestre. L'histogramme en pourcentages des stérols totaux du stigmastérol (22,7-25,9%), du sitostérol (17,2-22,5%) et du campestérol (10,1-14,5%), addition faite de leur stanol correspondant (Tableau 3), montrent pour les quatres stations de l'Oubangui une empreinte stable (Figure 6). La distance séparant les points O1 et O2 de la station O4 étant de 600 Km environ, ces résultats suggèrent des apports de matière organique détritique homogènes en cette période de décrue de l'Oubangui.

Les stations C1, en aval de la confluence de l'Oubangui et du Congo et C3 (Figure 6) montrent des distributions très voisines où le campestérol est prédominant alors que la station C4 voit une augmentation sensible du stigmastérol et du sitostérol dont les apports de matière organique du Kasaï pourraient être responsables. Il faut noter qu'à cette période de l'année, le débit de cet affluent est de 12 500 $m^3.s^{-1}$ représentant environ 26% de celui du Congo à la station C4 avec des eaux relativement turbides (38 mg/l) et un pourcentage de C organique voisin de celui du Congo.

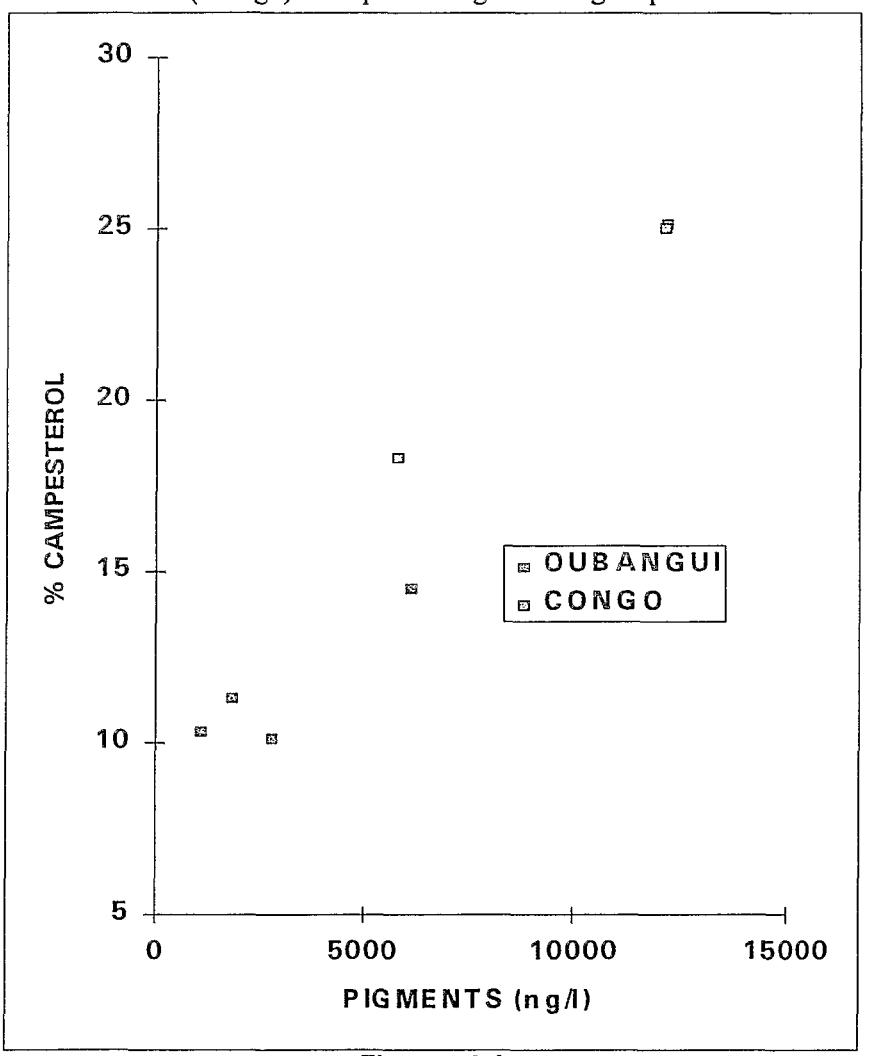


Figure n° 4

Corrélation entre les teneurs en campestérol (% des stérols totaux) et les concentrations en pigments totaux (ng/l) (mission Nov. 1989).

3.2 Les affluents de l'Oubangui (Lobaye et Motaba) et du Congo (Likouala, Sangha, Alima et Kasaï)

La mission de Novembre 1989 a permis d'effectuer certains prélèvements sur de petits affluents de l'Oubangui et du Congo en amont des confluences tels que la Lobaye, la Motaba, la Likouala et la Sangha. L'Alima et le Kasaï en revanche ont été prélevés sur l'axe fluvial du Congo mais dans la masse d'eau de l'affluent.

Les caractéristiques essentielles de ces eaux (Tableau 1) résident dans leur acidité, avec des valeurs extrêmes du pH pour certaines d'entre elles (4,4 pour le Motaba, 4,7 pour le Likouala) et en des teneurs élevées en carbone organique relevées pour les MES (13,1% pour la Motaba et 13,5 % pour la Likouala) (Figure 3). Dans ces deux cas, la charge en particules n'excède pas 3†mg/l et l'eau présente une coloration brune caractéristique des eaux riches en substances humiques.

On note que les concentrations en pigments sont quasiment nulles dans ces affluents: Lobaye, Motaba, Likouala et Sangha (< 1µg/l) (Figure 7). Une faible productivité phytoplanctonique est généralement la règle pour les petits affluents. Elle est sans doute accentuée ici par l'extrême acidité du milieu ou la turbidité dans le cas du Kasai. La Lobaye et la Motaba présentent des distributions de stérols voisines de l'Oubangui ; en revanche, la Likouala, la Sangha et l'Alima sont caractérisées par une forte prédominance du stigmastérol et se distinguent nettement des eaux du Congo (Figure 6). A l'exception de la Motaba, les teneurs culminantes en carbone organique coïncident avec des proportions élevées de stérols terrigènes (Figure 5). Les fortes teneurs en carbone organique des supensions dans ces affluents pourraient alors s'expliquer par des processus de floculation ou d'adsorption de la matière organique sur les particules.

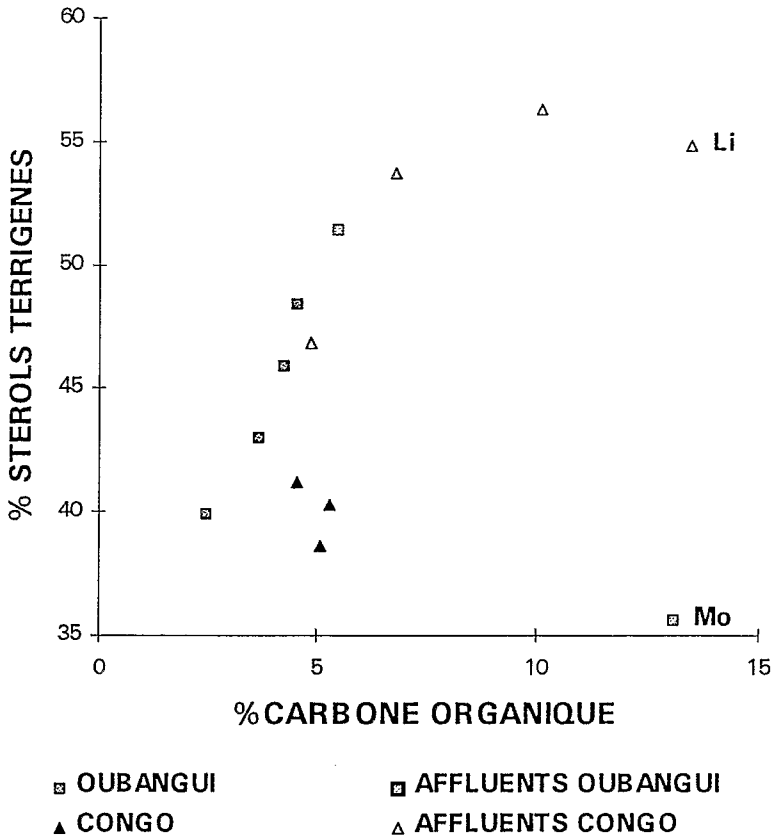


Figure n° 5

Corrélation entre les teneurs en stérols terrigènes (8+9+10+11 en % des stérols totaux) et les teneurs en carbone organique (% des MES) (mission Nov. 1989).

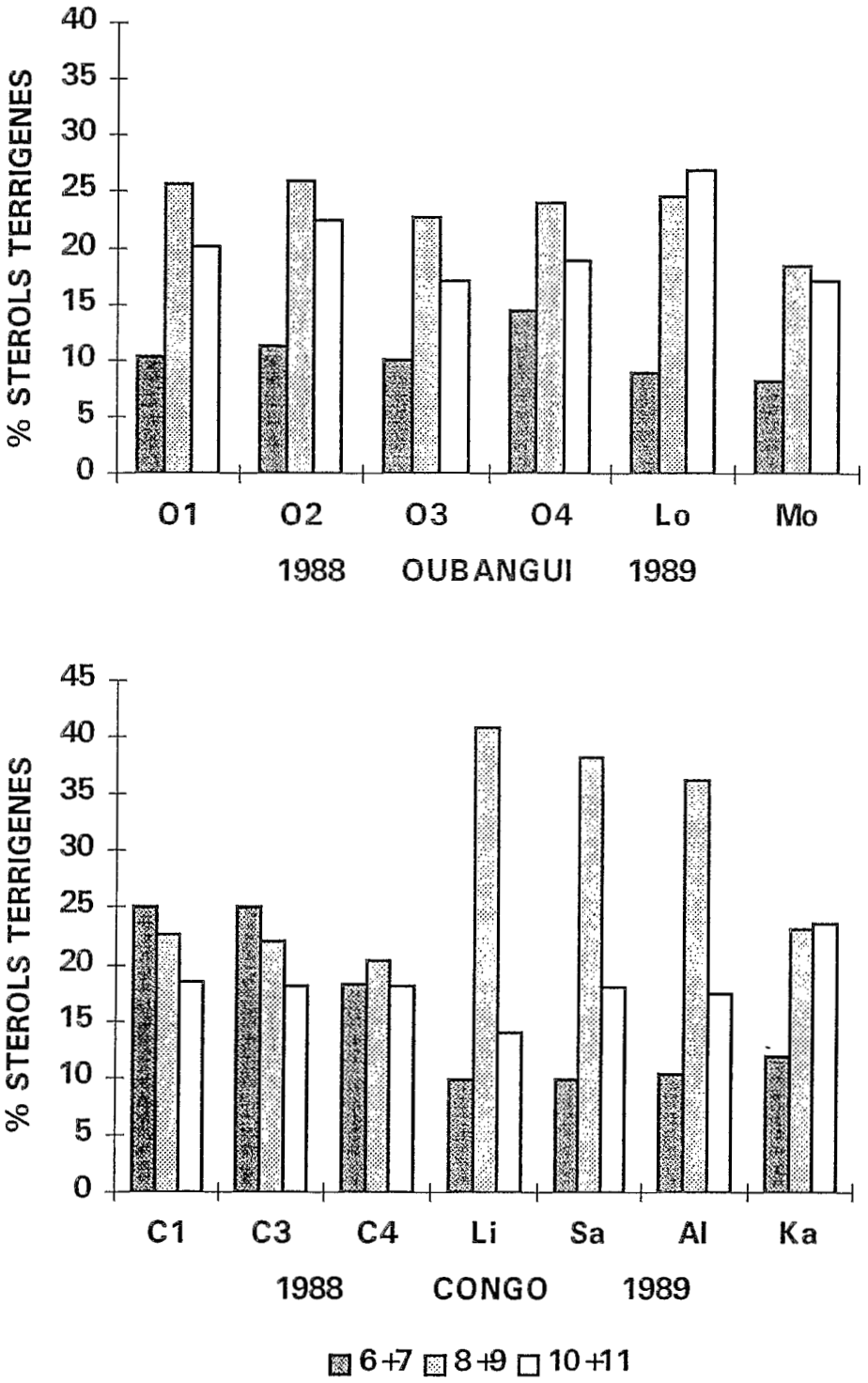


Figure n° 6

Histogrammes des proportions en pourcentages des stérols: campestérol + campestanol (6+7), stigmastérol + stigmastanol (8+9) et sitostérol + sitostanol (10+11) par rapport aux stérols totaux (mission Nov. 1989).

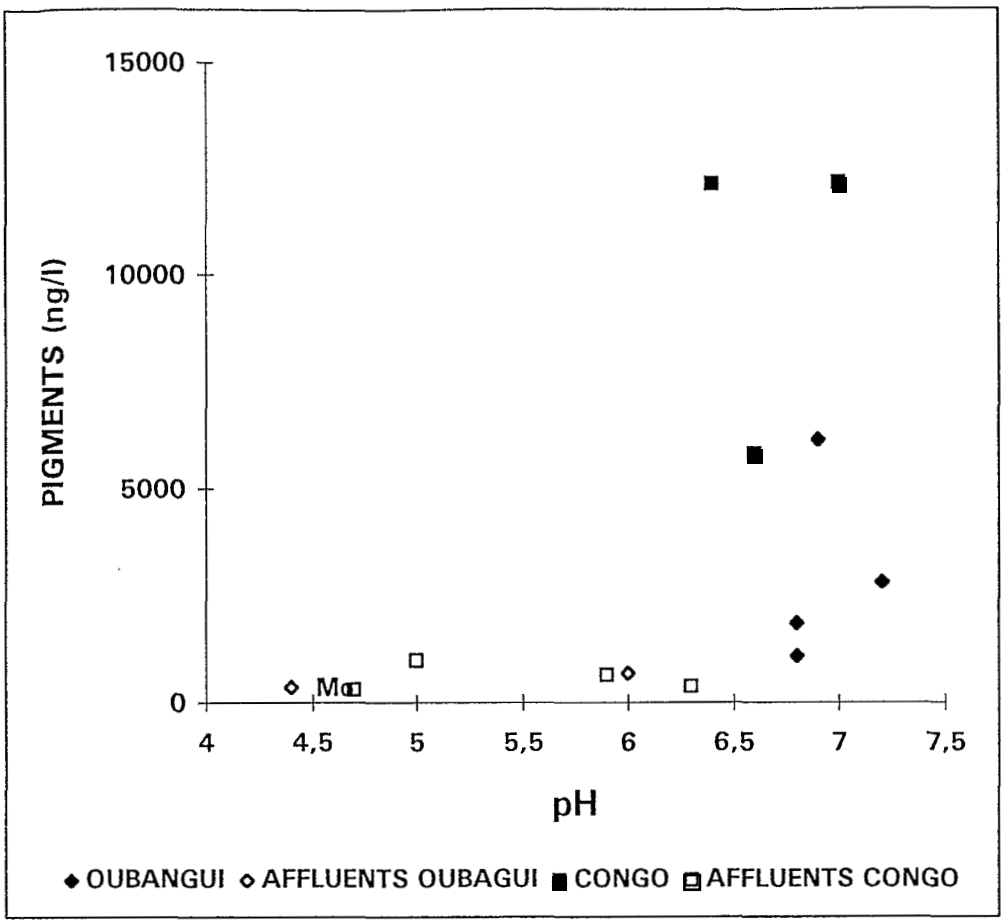


Figure n° 7

Corrélation entre la concentration en pigments (ng/l) et le pH de l'Oubangui, du Congo et de leurs affluents (mission Nov. 1989).

4. CONCLUSION

La matière organique associée aux particules en suspension du Congo, présente au cours de son cycle hydrologique annuel une variation visible sur l'indice d'hydrogène (IH) déterminé par pyrolyse Rock-Eval et les concentrations en acides aminées qui culminent aux périodes d'étiage et atteignent leurs minima aux périodes de crue. Ces variations, au moment de la montées des eaux hivernales pourraient correspondre à des apports de matière organique détritique due au lessivage des sols. La faible variation des empreintes de stérols à Bangui au cours d'un suivi de Janvier à Décembre 1989 suggère des apports plutôt homogènes dans le temps de matière organique détritique en provenance des sols. En revanche, la variabilité de ces empreintes à Brazzaville reflète la complexité des apports de matière organique au voisinage de l'exutoire du bassin. Le suivi des matières en suspension, au cours de la mission Oubangui-Congo (Novembre 1989), a permis d'appuyer ces hypothèses et de montrer par une analyse HPLC des pigments, le faible niveau de production de matière organique algale pendant la crue. L'empreinte des stérols suggère une certaine homogénéité des apports allochtones sur l'Oubangui dans la période des hautes-eaux et une contribution visible du Kasaï sur la station du Congo en amont de Brazzaville. Les petits affluents prélevés au cours de la mission: Lobaye, Motaba, Likouala, Sangha, Alima se distinguent par l'acidité de leurs eaux, et la nature d'une matière organique particulaire hautement détritique.

Ce travail a été effectué dans le cadre du programme INSU-ORSTOM PEGI dirigé par le Pr. J. Boulègue et du thème "Grands Bassins Fuviaux" animé par Jean Claude Olivry, Directeur à

l'ORSTOM, que nous remercions ici, ainsi que les chercheurs et le personnel de la Mission ORSTOM à Brazzaville et en particulier Jean Pierre Thiébaux, pour ses conseils et son aide lors de la campagne Oubangui-Congo de Novembre 1989.

REFERENCES

ALBERIC P. ET KHRIPOUNOFF A. (1984) Relations entre les compositions en acides aminés des particules en voie de sédimentation, du contenu intestinal des holothuries abyssales et du sédiment environnant. *Mar. Chem.*, 14, 379-394.

BARREAU Ch. (1992) Etude de la Matière Organique Associée aux Suspensions Fluviales : Application à des Fleuves de Climats Tempéré et Intertropical. Thèse de l'Université Pierre et Marie Curie, 167 pp.

BARUSSEAU J.-P., GIRESSE P. ET OUETININGUE R. (1989) Premières observations et analyses des suspensions et alluvions du bassin Oubangui-Congo. In: Note d'information n°3, Opérations Grands Bassins Fluviaux, Premiers Résultats (Année 1987 à 1989). PIRAT, INSU/ORSTOM.

BERNER R.A. (1982) Burial of organic carbon and pyrite sulfur in modern ocean : its geochemical and environmental significance. *Am. J. Sci.*, 282, 451-473.

BRASSELL S.C. and EGLINTON G. (1983) Steroids and triterpenoids in deep sea sediments as environmental and diagenetic indicators. In : Advances in Organic Geochemistry, 1981, Bjoroy M. et al., eds., *Wiley, Chichester*, pp. 684-697.

CADEE G.C. (1984) Particulate and dissolved organic carbon and chlorophyll a in the Zaire River, estuary and plume. *Netherlands Journal of Sea Research*, 17, 426-440.

DENANT V., SALIOT A. and MANTOURA R.F. (1991) Distribution of algal chlorophyll and carotenoid pigments in a stratified estuary: the Krka River, Adriatic Sea. *Mar. Chem.*, 32, 285-297.

ESPITALIE J, DEROO G. ET MARQUIS F. (1985) La pyrolyse Rock-Eval et ses applications (1). *Rev. Inst. Fr. Pétrole*, 40, 563-579.

ETCHEBER (1983) Biogéochimie de la Matière Organique en Milieu Estuarien: Comportement, Bilan, Propriétés. Cas de la Gironde. *Thèse de l'Université de Bordeaux*, 262p.

GAGOSIAN R.B. and PELTZER E.T. (1986) The importance of atmospheric input of terrestrial organic material to deep sea sediments. *Org. Geochem.*, 10, 661-669.

HATCHER P.G., SPIKER E.C., SZEVERENYI N.M. and MACIEL G.E. (1983) Selective preservation and origin of petroleum-forming aquatic kerogen. *Nature*, 305, 498-501.

HEDGES J.I. (1992) Global biogeochemical cycles: progress and problems. *Mar. Chem.*, 39, 67-93.

HEDGES J.I., CLARK W.A., QUAY P.D., RICHEY J.E., DEVOL A.H., de SANTOS W. (1986) Compositions and fluxes of particulate organic material in the Amazon River. *Limno. Oceanogr.*, 31(4), 717-738.

HOLLAND H.D. (1978) The Chemistry of the Atmosphere and the Oceans. *Wiley, Toronto*, 351 pp.

ITTEKOT (1988) Global trends in the nature of organic matter in river suspensions. *Nature*, 332, 436-438.

JOUANNEAU J.M., LAPAQUELLERIE Y., LATOUCHE C. et TASTET J.P. (1990) Résultats préliminaires de la campagne Oubangui-Congo de Novembre 1988. Microgranulométrie, minéralogie, analyses chimiques des matières en suspension. *Sci. Géol., Bull.*, 43, 1-12.

KINGA-MOUZEO (1986) Transport particulaire actuel du fleuve Congo et de quelques affluents ; enregistrement quaternaire dan l'éventail détritique profond (sédimentologie, minéralogie et géochimie). *Thèse de l'Université de Perpignan*, 251 pp.)

LAJAT M. and SALIOT A. (1990) Sterol composition of suspended matter from the Changjiang Estuary and Adjacent East China Sea. In : Biogeochemical Study of the Changjiang Estuay (YU G.H., MARTIN J.M. et ZHOU J.Y., eds.) *China Ocean Press, Beijing*, pp. 642-666.

LAUREILLARD J. and SALIOT A. (1993) Biomarkers in organic matter produced in estuaries : a case study of Krka estuary (Adriatic Sea) using sterol marker series. *Mar. Chem.*, 43, 247-261.

MACKENZIE A.S., LAMB N.A. and MAXWELL J.R. (1982) Steroid hydrocarbons and the thermal history of sediments. *Nature*, 295, 223-226.

MANTOURA R.F. and LLEWELLYN C.A. (1983) The rapid determination of algal chlorophyll and carotenoid pigments and there breakdown products in natural waters by reverse-phase high-performance liquid chromatography. *Analytica Chimica Acta*, 151, 297-314.

MARIOTTI A., GADEL F., GIRESSE P., et KINGA-MOUZEO (1991) Carbon isotope composition and geochemistry of particulate organic matter in the Congo River (Central Africa). Application on the study of quaternary sediments of the mouth of the river. *Chemical geol.* (Isotope Geoscience Section) , 86, 345-357.

MAXWELL J.R., MACKENZIE A.S., VOLKMAN J.K. (1980) Configuration at C-24 in steranes and sterols. *Nature* , 286, 694-697.

MEYBECK M. (1981) River Transport of Organic Carbon to the Ocean. In : Flux of Organic Carbon by Rivers to the Oceans. LIKENS G.E., ed., Dept of Energy, NTIS Report, Conf-8009140, UC-11, *Springfield, Virginia*, pp. 219-269.

MEYERS-SCHULTE K.J. and HEDGES J.I. (1986) Molecular evidence for terrestrial component of organic matter dissolved in ocean water. *Nature*, 321, 61-63.

MOUKOLO N., BRICQUET J.P. et BIYEDI J. (1990) Bilans et variations des exportations de matières sur le Congo à Brazzaville. *Hydrol. Continent.*, 5:1, 41-52.

NES W.R., KREVITZ K., JOSEPH J., NES W.D., HARRIS B. and GIBBONS G.F. (1977) The phylogenetic distribution of sterols in tracheophytes. Lipids . *Lipids* , 12: 511-527.

OLIVRY J.C., BRICQUET J.P., THIEBAUX J.P. et SIGHA N. (1988) Transport de matière sur les grands fleuves des régions intertropicales : les premiers résultats des mesures de flux particulaires sur le bassin du fleuve Congo. Sédiment Budgets, *Proceeding of the Porto Alegre Symposium, December 1988 , IAHS pub.* n° 174, 509-521.

RELEXANS J.C. , MEYBECK M., BILLEN G., BRUGEAILLE M., ETCHEBER H. et SOMVILLE M. (1988) Algal and microbial processes involved in particulate organic matter dynamics in the Loire estuary. *Estuarine Coastal Shelf Sci.*, 27, 625-644.

SCRIBE P., BAROUXIS A., TRONCZYNSKI J. and SALIOT A. (1991)a. Application of Hydrocarbon Biochemical Markers to the Study of Particulate Matter in a High Turbidity Estuary. In: Diversity of Environmental Biogeochemistry. J. BERTHELIN Ed., Elsevier, Amsterdam, p.37-47.

SCRIBE P., FILLAUX J., LAUREILLARD J., DENANT V. and SALIOT A. (1991) b. Fatty acids as biomarkers of planktonic inputs in the stratified estuary of the Krka River, Adriatic Sea : relationship with pigments. *Mar. Chem.*, 32, 299-312.

SIGLEO A. C., HARE P. E. AND HELZ G. R. (1983) The amino acid composition of estuarine colloidal material. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 17, 87-96.

SPITZY A. AND ITTEKKOT V. (1991) Dissolved and Particulate Organic Matter in Rivers. In: R. F. C. Mantoura, J. M. Martin and R. Wollast (Eds), Ocean Margin Processes in Global Change; Wiley, New York, 5-17.

TULLOCH A. (1978) Epicuticular wax of Poa ampla leaves. *Phytochemistry*, 17, 1613-1615.

VOLKMAN J.K. (1986) A review of sterol markers for marine and terrigenous organic matter. *Org. Geochem.*, 9: 2, 83-99.