

Flux de la matière en suspension du fleuve Comoé dans la zone littorale ivoirienne

AFFIAN K.¹, KADIO B.², DJAGOUA E.V.¹, DIGBEHI ZELI B.², MONDE S.², WOGNIN AMA V.², ADONIS KROU D.¹, MOBIO A.¹

RESUME

La matière en suspension (M.E.S.), un vecteur essentiel du transport des métaux lourds, constitue une source importante de la pollution dans la zone littorale.

Ce travail présente les résultats préliminaires d'une étude destinée à quantifier les matières en suspension du fleuve Comoé qui transitent par la lagune Ebrié en Côte d'Ivoire.

L'approche méthodologique utilisée a consisté en l'étude du régime hydrologique du fleuve Comoé d'une part et la quantification des M.E.S basée sur le filtrage des échantillons d'eau sur des filtres watman d'autre part. Les résultats de ces analyses ont montré que :

-les débits du fleuve Comoé sur une période de 7 ans (1995 à 2002) ne sont pas réguliers et s'organisent autour d'une crue unique dont le pic s'observe en septembre ou octobre de chaque année ;

-la quantité de matière en suspension varie non seulement d'une saison à l'autre mais aussi d'une année à l'autre. Ainsi en période d'étiage (Février à mars) de l'année 1995 la quantité de M.E.S qui est estimée à 4,37 tonnes passe à 1497,97 tonnes au cours de la période de décrue allant de novembre à Décembre ;

-en 1996, en étiage (Février à mars), la quantité de matière en suspension se chiffrait à 41,54 tonnes ;

-une corrélation nette n'a pu être établie ni entre les flux liquides et les matières en suspension, ni entre le carbone organique et la matière en suspension. Il a été mis en évidence par contre les liens complexes qui existent entre ces différents paramètres.

Mots clés : Matière en suspension, Débit fluvial, carbone organique, Fleuve Comoé, Côte d'Ivoire, littorale

ABSTRACT

Suspended matter constitute an essential vector of the transport of heavy metals, which are mainly responsible for pollution in the coastal zone. The objective of this work is to propose a preliminary result related to the quantification of the suspended matter of the Comoé river entering into the Ebrié lagoon.

The methodological approach used consisted of the study of the Comoé river flow on the one hand and the determination of the suspended matter by the filtering of the water samples on filters (watman) on the other hand.

The results of these analyses showed that:

- the flows of the Comoé river over 7 years period (1995 to 2002) are not regular, a single peak can be observed in September or October each year;

- the quantity of suspended matter varies not only within one year, from one season to another but it varies also from one year to another. Thus in 1995 during the period of low water level (February to March), the quantity of suspended matter which is estimated at 4,37 tons passes to 1497,97 tons during the period of flooding (November to December)

-In 1996, in the period of low water level, (February to March) the quantity of suspended matter is estimated to 41,54 tons.

-during this study, a clear correlation could be established neither between liquid flows and the suspended matter, nor between organic carbon and the suspended matter. It was highlighted also the complex relationship which exists between these various parameters.

Key words: Suspended matter, fluvial flow, organic carbon, Comoé River, Côte.d'ivoire, littoral

INTRODUCTION

Les apports globaux à l'océan des flux de matières dissoutes et particulaires sont énormes. Ils sont estimés à 22,6 10⁹ t / an d'après MEYBECK (1977). Sur ce total, l'auteur évalue à 86 % la part qui provient des sources fluviales, 13% des glaciers et 1% de la poussière atmosphérique. Cette disproportion est rapportée par d'autres auteurs (Martin et Meybeck, 1979 ; Milliman, 1981 ; Ierman, 1981 ; Meybeck, 1984).

En Côte d'Ivoire, l'apport des volumes d'eau à la lagune Ebrié qui se déverse à son tour à la mer est dominé par le fleuve Comoé (Affian, 2003), ce qui fait de ce fleuve, en principe, le principal pourvoyeur en matière en suspension (MES).

La connaissance des flux de particule à la lagune Ebrié est d'autant plus importante que les métaux d'origine naturelle ou anthropique, sont principalement convoyés par le biais de la matière en suspension. Ces métaux ainsi apportés, bien qu'indispensables dans les cycles biologiques, peuvent constituer toutefois, une source de pollution lorsqu'ils se retrouvent à des taux supérieurs à leurs concentrations normales (Elderfield et al., 1971 ; Copin-Montegut, 1973).

1 Centre Universitaire de Recherche et d'Application en Télédétection CURAT, UFR STRM Université de Cocody 22 BP 801 Abidjan 22 e-mail : k_affian@yahoo.fr

2 Unité de Formation et de Recherche des Sciences de la Terre et des Ressources Minières 22 BP 582 Abidjan 22

Titre courant : Flux des particules fluviales en lagune Ebrié

Dans le souci d'étudier les causes de la pollution de la lagune Ebrié, le CURAT a entrepris, dans le cadre d'un de ses axes de recherche, de quantifier les particules en suspension apportées par le fleuve Comoé (principal pourvoyeur de M.E.S. à la lagune) et source principale de l'alimentation de la vase située sur le plateau continental entre Grand-Bassam et Port-Bouet ; (Aka, 1995).

I-SITE DE L'ÉTUDE

Cette étude porte sur le fleuve Comoé dont le bassin versant est de forme allongée orientée dans le sens N-S, et couvre une superficie de 78.000 km² (Figure 1). Le grau de Grand-Bassam a constitué l'exutoire naturel de ce fleuve en mer jusqu'en 1951.

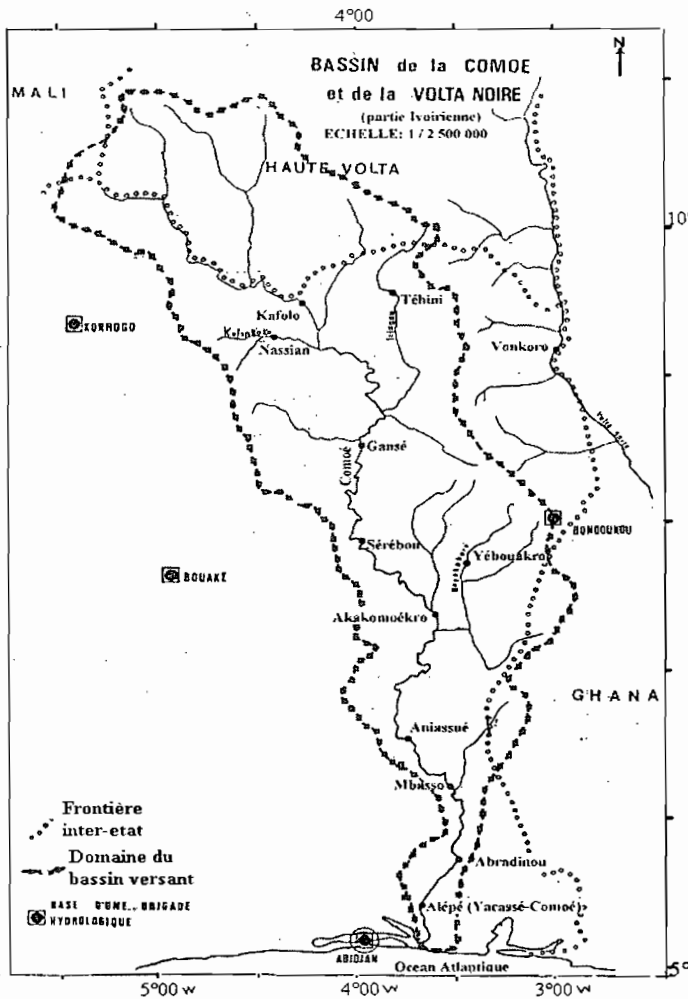


Figure 1 : Bassin versant du fleuve Comoé

A partir de cette date, et suite au creusement du canal de Vridi, l'essentiel des eaux du fleuve comoé transite par ce canal. En conséquence, son embouchure naturelle à Grand Bassam s'est progressivement fermée (Figure 2).

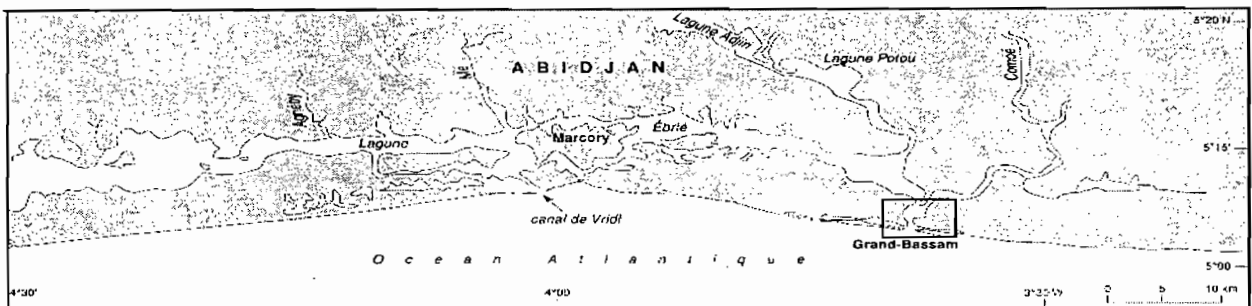


Figure 2 : Carte de localisation de l'exutoire de la lagune Ebrié

Au plan géologique, les roches rencontrées dans le bassin versant sont essentiellement des roches magmatiques (les granites à deux micas, les granites à amphibole, et des filons de pegmatites), des roches métamorphiques et des roches vertes (Tagini, 1971).

La majeure partie des provinces cristallines est recouverte par un épais manteau d'altération kaolinique (Tastet, 1979). Celui-ci résulte d'une longue évolution à travers des épisodes climatiques qui ont modelé le paysage. Ces couches latéritiques sont couronnées par les cuirasses ferrugineuses qui ont des aspects différents selon leur position topographique. L'érosion de ces altérites issues du socle précambrien (Tagini, 1971), constitue une source considérable d'apport de matériaux détritiques par les fleuves dans le bassin sédimentaire.

Dans sa partie aval, le fleuve Comoé coule sur des formations sédimentaires composées de sables tertiaires plus ou moins argileux et de sables marins quaternaires.

II. MATERIELS ET METHODES

Les prélèvements d'eau en vue de la détermination des M.E.S, ont été effectués en surface à l'aide de bouteilles de 10 litres. Le site d'Abradinou a été retenu car il est situé à la limite de la remontée de la marée dynamique et il est pourvu en plus, d'une station de mesure de débit.

Les prélèvements manuels sont réalisés à partir d'un ponton et à l'aide d'une perche sur laquelle est disposée la bouteille de prélèvement. Ce dispositif a pour avantage de permettre le prélèvement dans une masse d'eau homogène et significative.

Transférée au laboratoire, cette quantité d'eau est filtrée sur des filtres Whatmann GF/F et GF/C (0,45 µm) pré pesé à l'aide d'une balance de précision. Après filtration, les filtres sont mis à l'étuve à 50°C durant 12 h. et ensuite repesés. La différence de poids rapportée au volume filtré (en litre) donne la concentration des M.E.S. en mg/l.

Les échantillons destinés à des mesures en Carbone Organique Particulaire (COP), ont été filtrés sous vide sur des filtres Wattman GF/F en fibre de verre de porosité 0,70 µm (préalablement brûlés à 500°C afin d'éliminer toute trace organique). Après séchage à l'étuve à 60°C pendant deux heures, les filtres sont pesés sur une balance de précision Sartorius. Les concentrations des MES sont alors déterminées. Les filtres sont décarbonatés à l'aide d'acide chlorhydrique 2N puis séchés durant 12 heures sous une hotte. La mesure est faite à l'aide d'un analyseur à carbone et soufre LECO CS 125.

Les débits du fleuve Comoé sur le site d'Abradinou sont obtenus à partir de la mesure de la hauteur d'eau effectuée par la Direction de l'Hydraulique humaine. L'évaluation de la quantité de Matière en suspension sur une période donnée en un point du fleuve, a été obtenu par la multiplication de la concentration (Mg/L) de la matière en suspension calculée par le volume d'eau en litre transitée en ce point.

III. LES RESULTATS

3.1- Variabilité des débits liquides du fleuve Comoé

3.1.1-Evolution des débits mensuels à la station d'Abradinou

Les débits mensuels des années 1995 à 2002 enregistrés dans cette station sont portés dans le tableau I.

Tableau I : Débits mensuels de 1995-2002

	DEBITS MENSUELS (m ³ /s)											
	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUI	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
1995	10	3,13	1,78	17,5	103	77,1	97,2	173	474	599	169	34,7
1996	12	8,28	19,4	19,3	27,1	114	216	206	394	490	113	24,8
1997	9,68	3,16	0,619	6,33	21,1	161	115	101	265	314	102	18,4
1998	5,95	3,89	1,81	3,37	8,7	37,7	31,1	176	382	596	116	28,9
1999	10,5	3,45	2,68	4,8	15,5	53,4	122	167	479	556	201	37,1
2000	11,2	4,35	2,09	4,97	33,2	126	143	390	567	481	138	27,1
2001	8,88	3,75	1,439	25,6	29,9	73,3	145	232	409	342	44,2	23,3
2002	8,58	2,36	1,77	7,77	25,2	90,7	142	281	409	242	95,3	19,3

Les débits mensuels du fleuve Comoé de 1995 à 2002 (figure.3), montrent une allure en cloche, ce qui indique que le fleuve Comoé enregistre une crue unique dans l'année. De façon générale, cette crue s'observe du mois de juillet au mois de novembre avec des pics centrés sur les mois de septembre et d'octobre. En dehors de l'année 1997 qui a connu un pic en débit relativement faible (314 m³/s) les pics des autres années avoisinent les 500 m³/s.

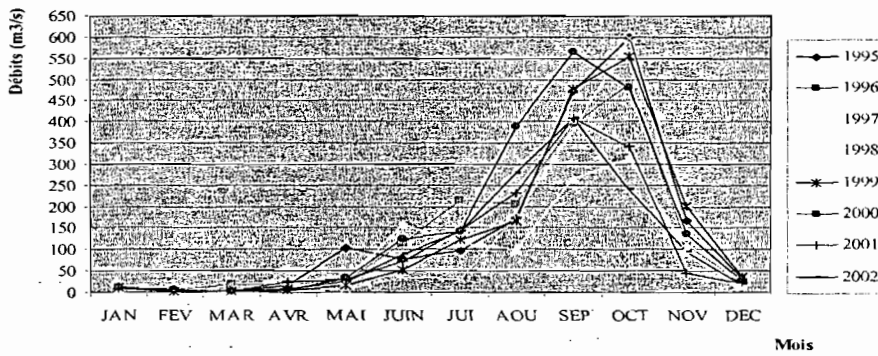


Figure 3 : Débits fluviaux de 1995 à 2002

L'étiage dure du mois de décembre au mois de mai ou juin. Les débits enregistrés peuvent chuter en dessous de 1 m³/s; ce qui indique que le fleuve Comoé a un régime très irrégulier. Par contre, lorsqu'on se place du point de vue des saisons, on arrive à la conclusion que le fleuve Comoé a un régime régulier, puis que les périodes de crue et d'étiage se distinguent nettement.

3.1.2-Débits annuels

Les débits annuels du Comoé sont reportés dans le tableau II.

La figure 4 qui représente la courbe de variation annuelle des débits montre que l'année 1995 a des valeurs plus importantes (année de forte pluviosité : 146,617 m³/s) alors que les estimations de l'année 1997 sont moins importantes (année marquée par la sécheresse : 93,107 m³/s) par rapport à la moyenne.

Tableau II : Débits moyens annuels

Année	Station d'Abraadinou
1995	146,617 m ³ /s
1996	136,99 m ³ /s
1997	93,107 m ³ /s
1998	115,951 m ³ /s
1999	137,702 m ³ /s
2000	160,659 m ³ /s
2001	111,530 m ³ /s
2002	118,698 m ³ /s

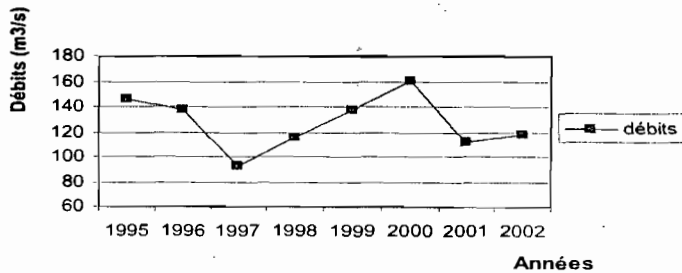


Figure 4 : Courbe des débits moyens annuels de 1995 à 2002

3.2- Apports solides du fleuve à la station d'Abraadinou

Cette analyse a porté sur les années 1995 et 1996, car ce sont ces deux années qui nous ont permis d'avoir des données au cours des mêmes périodes de l'année, en l'occurrence en étiage et en décrue.

Ces résultats sont enregistrés dans le tableau III.

Tableau III : Turbidité à la station d'Abraadinou

Année	état	Concentration de MES (mg/L)	
		Date	
1995	Etiage	15/02	3,312
		29/03	3,64
	Décrue	04/11	30,866
		14/12	16,22
1996	Etiage	28/01	8,661
		24/02	3,927
		23/03	6,585
		28/04	10,28

3.2.1 - Apports solides

En prenant en compte les concentrations en MES et les débits mesurés au cours des mois de février, mars, novembre et décembre, les apports solides consignés dans le tableau IV ont été obtenus.

Le tableau 4 indique que pour l'année 1995, ce sont 4,37 tonnes de MES qui sont apportées pendant les deux mois d'étiage, alors que dans la même période en 1996, l'apport est dix fois plus élevé soit 41,54 tonnes. Dans la période de décrue, en 1995 l'apport de la matière en suspension est estimé à 1497,97 tonnes

Tableau IV : Les apports solides du fleuve Comoé (1995 - 1996) à la station d'Alépé

Année	Mois	apports solides (tonnes)	apports cumulés (tonnes)
1995	F	2,69	4,37
	M	1,68	
1996	N	1352,08	1497,97
	D	145,89	
	F	8,43	41,54
	M	33,11	

La comparaison des apports de la période de février à mars de l'année 1995 (4,37 tonnes) et de l'année 1996 (41,54 tonnes) nous a permis de noter la variation très importante de la quantité de suspension qui peut survenir d'une année à l'autre. L'insuffisance des données au cours de cette étude ne nous a pas permis de quantifier les apports annuels.

3.3- Apport du carbone organique

La proportion de carbone organique dans la matière en suspension ainsi que sa concentration dans les eaux du Comoé sur la période de mesure sont présentés dans le tableau V.

Tableau V : Turbidité, débits, fraction de C. org. et concentration de C. org.

Année-mois	Concentration de MES (mg/L)	débit liquide m ³ /s	% C.org.	concentration de C.org. (µg/L)	
1995	F	3,312	3,13	15,410	0,510
	M	3,640	1,78	10,970	0,399
	N	30,866	169	3,543	1,093
	D	16,220	34,7	3,767	0,611
1996	F	3,327	8,28	11,470	0,450
	M	6,585	19,4	18,880	1,243

3.3.1-Evaluation de la fraction de Carbone organique dans la matière en suspension pour l'année 1995

De façon générale, on note que le rapport entre la matière en suspension et le carbone organique est très complexe.

En effet, au cours de l'année 1995, pendant l'étiage et dans les mois de Février et mars, (figure 5), on note qu'à une croissance très faible du M.E.S. correspond une forte décroissance du pourcentage de carbone organique. Par contre, pendant la période de décrue (Novembre à Décembre), c'est-à-dire dans une période où le débit du fleuve demeure élevé, lorsque la turbidité décroît fortement, le carbone organique augmente légèrement.

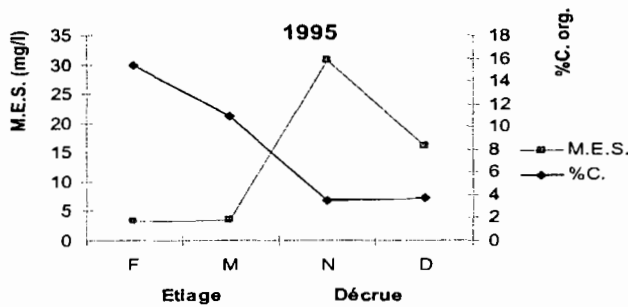


Figure 5 : Evolution des C.O.P. dans les suspensions (1995)

Au cours de l'année 1996, lors de l'étiage, dans la période allant de Février à Mars, (figure 6), à la forte croissance de la turbidité correspond également une forte croissance du C.org.

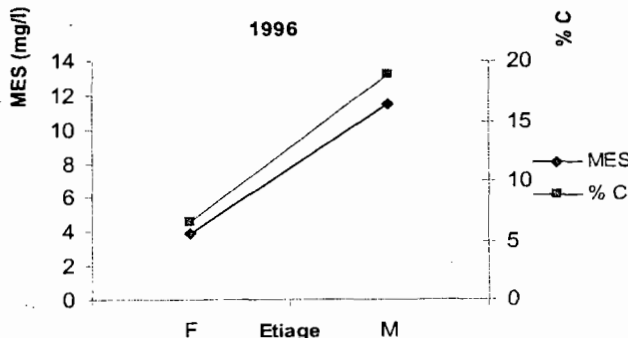


Figure 6 : Evolution des C.O.P. dans les suspensions (1996)

Les résultats des analyses montrent que, lorsque les M.E.S. augmentent fortement en faveur d'une augmentation du débit, le pourcentage en C.O.P. tend à diminuer. Selon Jouanneau (1982), cette décroissance du COP peut être attribuée à un processus de dilution de la phase organique dans la fraction inorganique détritique.

IV. DISCUSSIONS

Cette étude, bien que ne couvrant pas une année civile, ne demeure pas moins une importante contribution à la connaissance des flux de matière en suspension à l'océan. Une quantification annuelle des matières en suspension ne pourra se faire que si les données régulières sur les matières en suspension couvrent toute l'année.

La crue unique du fleuve Comoé avec des pics centrés soit sur les mois de septembre ou d'octobre mises en évidence est conforme à celui de Affian (2003) ; et Koffi et al 1991.

L'examen de l'évolution des concentrations de M.E.S. en période d'étiage, a montré une augmentation de la turbidité durant cette période. Ces résultats corroborent ceux de Latouche (1971). Cet auteur explique ce genre de variation par l'éboulement des berges des bassins versant, souvent de nature alluviale.

Migniot (1970) a montré que les données concernant les transports solides sont assez divergentes. Car, les estimations ne permettent pas de tenir compte des particularités du régime hydrologique de l'année.

Cette étude a montré la complexité des relations entre le débit liquide et la concentration en matière en suspension. Toutefois sur la courte période de l'étude une corrélation entre le débit et les matières en suspension a pu être établie. Les conclusions tirées par Etcheber (1986), Jouanneau (1982), Wood (1977) à partir des mesures de turbidité effectuées en France et en Grande Bretagne, montrent qu'en règle générale, les matières en suspension, présentent une allure traduisant la crue et la décrue.

Il a été montré au cours de cette étude que lorsque les M.E.S. croissent, le pourcentage en C.O.P. tend à diminuer. Etcheber et Jouanneau (1980) attribuent cette décroissance à un processus de dilution de la phase organique dans la fraction inorganique détritique.

CONCLUSION

L'étude des débits du fleuve Comoé sur une période de 7 ans (1995 à 2002) a montré que le fleuve Comoé a un débit irrégulier qui s'organise au tour d'une crue unique dont le pic s'observe en septembre ou octobre.

En période d'étiage (Février à mars) de l'année 1995 une quantité de 4,37 tonnes de M.E.S. transite à la station d'Abtradimou. Cette charge est passée à 1497,97 tonnes au cours de cette même année dans la période de décrue allant de novembre à Décembre.

En 1996, dans la période d'étiage, (Février à mars) la quantification de la matière en suspension a donné une valeur de 41,54 tonnes.

Une corrélation nette n'a pu être établie ni entre les flux liquides et les matières en suspension, ni entre le carbone organique et la matière en suspension. Il a été mis en évidence les liens complexes entre ces différents paramètres.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AFFIAN K., 2003.** Approche environnementale d'un écosystème lagunaire microtidal (la lagune Ebrié en Côte d'Ivoire), par des études géochimiques, bathymétriques et hydrologiques. Contribution du S.I.G. et de la Télédétection. Thèse Doctorat d'état ès Sc. Nat. N° 380 Univ Abidjan, 225 p.
- AKA K. 1995.** Distribution des matières en suspension dans les eaux de la plate forme continentale de Côte d'Ivoire. *Journal of African earth Sciences*, vol. 20, No 1, pp. 29-35.
- CASTAING P.** Le transfert à l'océan des suspensions estuariennes. Cas de la Gironde. Thèse Doctorat ès Sciences, Univ. Bordeaux 1, n° 701, 530 p., 1 èç fig., 14 tabl.
- COPIN-MONTEGUT G., 1973.** Analyse de divers types de pollution pouvant affecter le milieu marin. U.O.F., Paris, V. 5, pp. 5-15.
- ELDERFIELD H., THORNTON L., WEBB J.S., 1971.** Heavy metals ant oyster culture in wales. *Mar. poll. Bull.*, London, V. 2 (3), pp. 44-47.
- ETCHEBER H., 1986.** Biogéochimie de la matière organique en milieu estuarien : comportement, bilan, propriétés. Cas de la Gironde. Mémoire de l'inst. Géol. Bassin d'Aquitaine, Bordeaux, n°19, 375 p.
- ETCHEBER H., JOUANNEAU J.M., 1980.** Cycle saisonniers des apports en zinc et en carbone organique associés aux matières en suspension du système Garonne-Gironde, enseignement et conséquences. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 290, série D, p. 735-738.
- GUIRAL D., 1992.** L'instabilité physique facteur d'organisation et de structuration d'un écosystème tropical saumâtre peu profond, la lagune Ebrié. *Vie milieu*, 42(2) : 73-92.
- JOUANNEAU J.M., 1982.** Matières en suspension et oligo-éléments métalliques dans le système estuarien Girondin : Comportement et flux. Thèse de Doct. d'Etat ès Sc. Nat., Université de Bordeaux I, 303 p.
- KOFFI K.Ph., ABE J., AMON K.J.B., 1991.** Contribution à l'étude des modifications hydro-sédimentaires consécutives à la réouverture artificielle de l'embouchure du Comoé à Grand-Bassam. *Journal Ivoirien d'Océanologie et Limnologie* : Vol.1, n°2, :47-60.
- LATOUCHED C., 1971.** Les argiles des bassins alluvionnaires aquitains et des dépendances océaniques. Contribution à l'étude d'un environnement. Thèse Doct. D'Etat ès Sciences, Univ. Bordeaux I, n°344, 2 t., 415 p.
- MARTIN J.M. et MEYBECK M., 1979.** Elemental mass-balance of material carried by world major rivers. *Marine chemistry*, Amsterdam, 7, P. 173-206
- MEYBECK, 1984.** Les fleuves et le cycle géochimique des éléments. Thèse Doctorat ès Sciences, Univ. Paris VI, n° 84-35, 437 P.
- MIGNIOT C., 1970.** L'évolution de la Gironde au cours des temps. *Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine, BORDEAUX*, n°11, p. 221-281.
- MILLIMAN, 1981.** Transfert of river-borne particulate materiel to the ocean. In *River input to the ocean system*, ed. UNESCO-UNEP-SCOR workshop, Rome, 1979 P.5-12
- TAGINI B., 1971.** Esquisse structurale de la Côte d'Ivoire. Essai géotechnique régional. Thèse, fac. Univ. Lausanne. Sodemi, Abidjan. 302 p.
- TASTET J.P., 1979.** Environnement sédimentaires et structuraux quaternaires du littoral du golf de guinée (Côte d'Ivoire-Togo-Bénin). Thèse doctorat d'Etat. ès sciences Nat., Univ. de Bx-1, n°621. 175 p.
- SNOUSSI M. 1988.** Nature, estimation et comparaison des flux de matières issus des bassins versants de l'Adour (France), du Sebou, de l'Omum-er-Rbia et du Souss (Maroc). Impact du cliamat sur les apports fluviatiles à l'océan. Mémoires n°22 de l'Institut de Géologie du Bassin d'aquitaine, Université de Bordeaux 1, 474 p.
- WOOD P.A., 1977.** Controls of variation in suspended sediment concentration in the river Rother, west Sussex, England. *Sedimentology*, 24, p 437 - 443.

