

Variations annuelles des concentrations en matières en suspension et estimations des débits solides des fleuves Maroni et Mahury (Guyane Française).

J.M. JOUANNEAU(1), M. PUJOS(1)

Mots-clés : Matière en suspension, Variation saisonnière, Cours d'eau, Débit (Débit solide)
Guyane Française (Fleuve Maroni, Fleuve Mahury).

Résumé

Les matières en suspension ont été recueillies deux à trois fois par semaine pendant une année (juin 1984 à mai 1985) à Cacao sur la Comté (principal affluent du Mahury) et à Apatou sur le Maroni. Cette série de mesures est la plus longue jamais effectuée en Guyane Française.

Les concentrations en MES, plus faibles sur le Mahury que sur le Maroni, montrent de sensibles variations saisonnières. 55% des valeurs sont comprises entre 0,1 et 5 mg l^{-1} et 36% entre 5 et 10 mg l^{-1} .

Les valeurs de la turbidité, étudiées en relation avec la pluviométrie et les modules spécifiques des bassins versants concernés permettent de proposer une estimation des apports solides en suspension de l'ordre de 560.000 tonnes/an pour le Maroni, et de 39.000 tonnes/an pour le Mahury. Ces valeurs correspondent à une année de mesures au cours de laquelle les débits liquides annuels ont été de 20 à 30% inférieurs aux moyennes interannuelles.

Abstract

Suspended matter was collected two or three times a week over one year (June 1984 to May 1985) at Cacao, on the river Comté (the main tributary of the Mahury) and at Apatou, on the Maroni. This constitutes the longest series of readings ever taken in French Guyana.

Concentrations of suspended matter, lower in the Mahury than in the Maroni, show noticeable seasonal variations. 55% of readings range from 0.1 to 5 mg l^{-1} , and 36% from 5 to 10 mg l^{-1} .

Turbidity levels, studied in relation to rainfall, and the specific modules of the drainage basins concerned, have enabled us to estimate suspended solids at some 560,000 tonnes per year for the Maroni, and 39,000 tonnes per year for the Mahury. These values correspond to a year of readings during which total liquid discharges were 20 to 30% lower than the annual average.

I - Introduction

L'influence des apports solides en provenance de l'Amazonie sur la sédimentation côtière des côtes de Guyane depuis le Brésil jusqu'au Venezuela est un fait reconnu depuis fort longtemps (Gibbs, 1967a).

Il existe cependant entre l'Amazonie et l'Orénoque un certain nombre de rivières guya-

naises susceptibles elles-aussi d'apporter leur contribution à cette masse d'eau chargée en matières en suspension (MES) qui se déplace vers le Nord-Ouest sur une largeur de 20 à 40 km.

Une première synthèse des estimations de ces apports solides en suspension fut présentée par D. Eisma et H.W. Van Der Marel en 1971. Ces auteurs estimaient alors que l'ensemble des apports des rivières guyanaises ne représentait que 2% des apports de l'Amazonie et 5 à 10% de la plume turbide se déplaçant vers le Nord-Ouest le long des côtes guyanaises.

Il apparaissait cependant que, d'une part, ces estimations étaient essentiellement établies sur les rivières du Surinam et du Guyana et non sur celles de la Guyane Française et que, d'autre part, aux

(1) Département de Géologie et Océanographie - Institut de Géologie du Bassin d'Aquitaine, Avenue des Facultés - 33405 Talence Cedex.

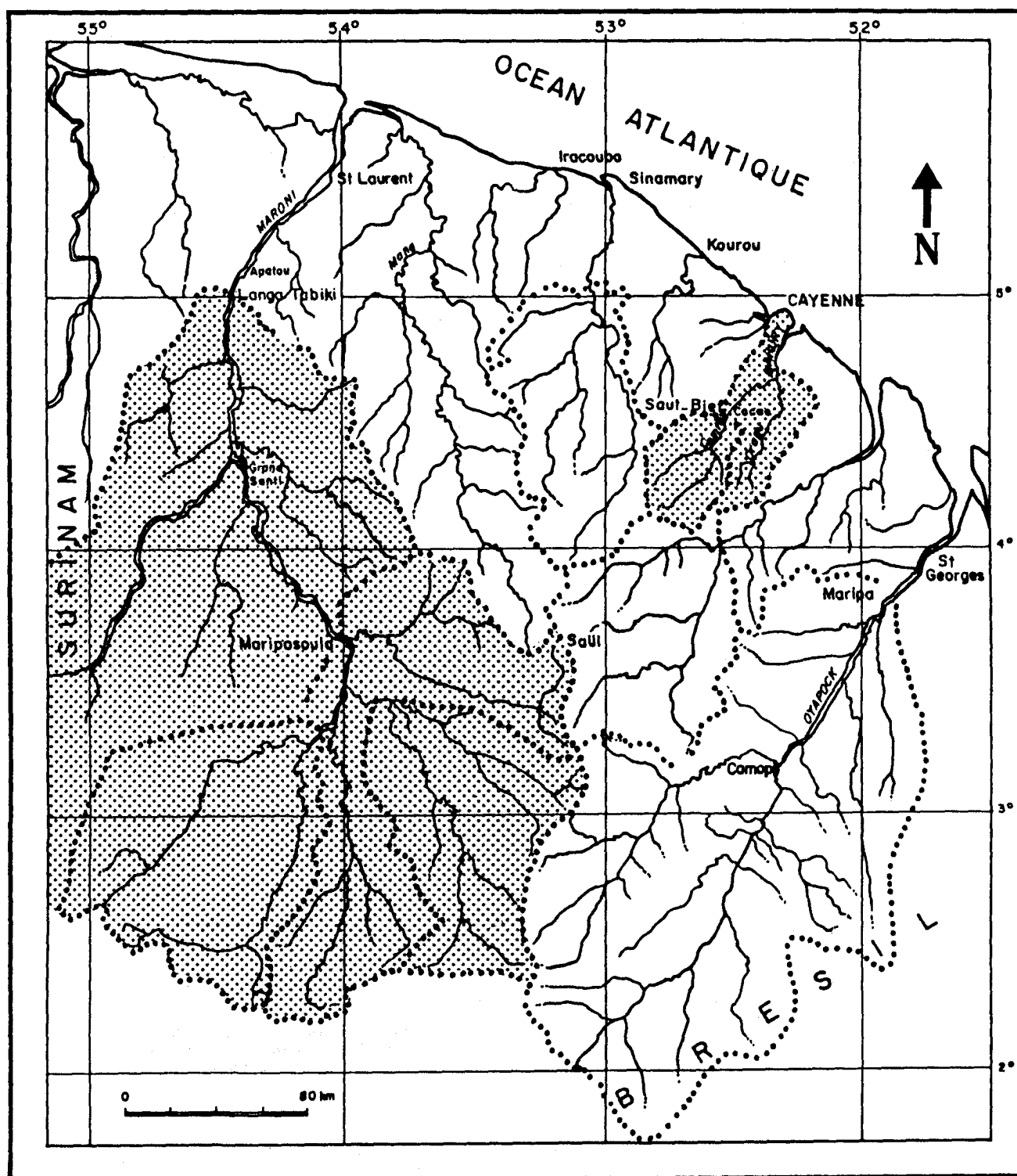


Fig. 1.- Plan de situation. Bassins versants du Mahury et du Maroni.
Location map. Catchment area of Mahury and Maroni rivers.

dières mêmes des auteurs, l'établissement de ces estimations avait été rendu très difficile à cause de la rareté des mesures directes des charges solides en suspension dans les rivières des Guyanes.

De ce fait, les valeurs proposées ne pouvaient être considérées que comme des ordres de grandeur.

L'ensemble de ces considérations nous a donc amenés à étudier d'une façon plus précise les variations des concentrations des MES dans deux fleuves de la Guyane Française et ceci pendant une année pratiquement complète ce qui représente une des plus longues séries de mesures réalisées en

milieu intertropical et sans doute la plus longue en Guyane Française.

II - Méthodologie et matériels

1 - Prélèvements*

Les prélèvements ont été réalisés en surface près des berges en deux stations (fig. 1) :

* Prélèvements réalisés par les postes de Gendarmerie Nationale de Cacao et d'Apatou.

a) à *Cacao* sur la Comté, principal affluent du Mahury. Celui-ci change de nom à vingt kilomètres en amont de l'embouchure : il devient l'Oyack dont les deux principaux tributaires sont la Comté et l'Orapu. Cacao est pratiquement placé à la limite de la remontée de la marée dynamique qui se situe légèrement plus en amont (Saut Bief où ont été mesurés les débits liquides correspondants).

b) à *Apatou* sur le Maroni, légèrement en aval de la limite amont de la marée dynamique (Langa Tabiki).

Les prélèvements se sont étalés entre juin 1984 et mai 1985 : 114 prélèvements de MES ont été réalisés sur le Maroni et 157 sur le Mahury, soit donc environ 1 prélèvement tous les 2 ou 3 jours.

Ces prélèvements ont constitué en une prise d'eau de 0,5 à 1 l filtrée immédiatement sur filtre Millipore de 0,45 µm prépesé. La pesée du filtre chargé a été effectuée à la balance de précision en laboratoire.

2 - Estimation du débit solide

Le débit solide en suspension est calculé chaque jour : concentration en MES x débit liquide.

Dans la mesure où les relevés n'ont pas été effectués tous les jours mais tous les 2 ou 3 jours seulement, les débits solides mensuels ont été estimés de deux façons :

— d'une part en prenant, pour les jours dépourvus de mesures, la moyenne arithmétique entre deux valeurs réellement calculées et en faisant ensuite la somme des débits journaliers mois par mois.

— d'autre part en faisant la moyenne arithmétique des mesures calculées pendant un mois et en multipliant cette moyenne par le nombre de jours correspondant pour obtenir un débit moyen mensuel.

Ces deux techniques d'estimation ont donné des résultats très proches, inférieurs assurément aux erreurs qui sont inhérentes aux incertitudes sur les mesures des débits liquides et à la variabilité des concentrations en MES au cours d'une même journée, ainsi que nous avons pu le vérifier dans d'autres systèmes fluvio-estuariens (J.M. Jouanneau, 1982).

III - Résultats et discussion

1 - Régimes pluviométriques et hydrologiques*

a) Les pluviosités (fig. 2)

Le Maroni

Pendant la durée de la campagne, les mois de forte et de faible pluviosité à Apatou et Grand Santi sont les mêmes que ceux définis par les moyennes pluri-annuelles précisées dans les bulletins météorologiques. Cette année de mesures s'avère cepen-

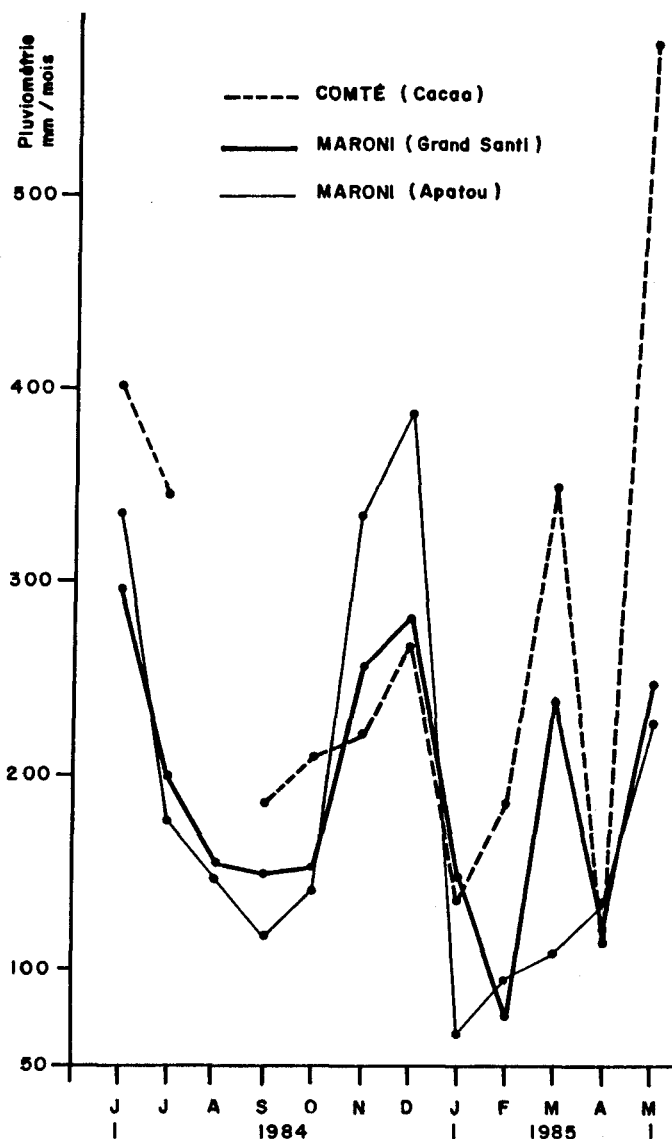


Fig.2.- Pluviosités à Grand Santi et Apatou (Maroni) et Cacao (Comté) (données extraites des bulletins météorologiques de la Guyane).
Rainfall at Grand Santi and Apatou (Maroni) and at Cacao (Comté).

dant originale par l'extension anormale des saisons sèches :

— une *saison sèche* plus longue qu'à l'accoutumée (de juin à octobre) surtout bien représentée à Apatou;

— un "*petit été de mars*" auquel correspondent des minima de pluviosité de janvier à avril et qui en 1985 fait figure de *vraie saison sèche*. Remarquons cependant l'insolite mois de mars à Grand Santi où l'écart à la moyenne montre un léger excédent de pluies.

La Comté

Pendant la durée de la campagne, la saison sèche "classique" (août à octobre) est sensiblement plus humide qu'à l'ordinaire alors qu'à partir de décembre, le fort déficit des pluies - comparable aux observations effectuées sur le Maroni - confirme l'existence anormale d'un "*long petit été de mars*" (janvier à avril), ou le "*break*" du mois de mars ressemble à celui précédemment décrit à Grand Santi. Cette *saison sèche* culmine en avril où l'écart à la moyenne atteint le déficit record de - 421. La reprise des pluies est très violente en mai.

* Données extraites des Bulletins météorologiques mensuels de la Guyane et des annales hydrologiques de l'ORSTOM.

b) Les débits (fig. 3)

Le Maroni

Pendant l'année de campagne, le débit moyen annuel (1330 m³/sec.) est inférieur aux moyennes interannuelles (1668 m³/sec.).

Le régime hydrologique se caractérise par :

– une crue (mai/juillet 1984). Le débit moyen pour cette période est de 2719 m³/sec. proche du débit moyen pluriannuel (2981 m³/sec.). On retrouvera ces forts débits à la fin de la campagne (mai 1985) ;

– une longue période de basses eaux (août 1984/avril 1985) correspondant :

* à la saison sèche (septembre/novembre 1984) où le débit moyen atteint 784 m³/sec., supérieur de près de 30% aux moyennes interannuelles (561 m³/sec.)

* à un petit été de mars particulièrement étendu (février/avril 1985) et très peu pluvieux. Le débit moyen (950 m³/sec.) est beaucoup plus faible (60%) que celui donné pour les moyennes interannuelles au cours de la même période (2056 m³/sec.)

La Comté

Pendant l'année de campagne, le débit moyen annuel (71 m³/sec.) est inférieur aux moyennes interannuelles (110 m³/sec.).

Le régime hydrologique est voisin du précédent :

– pendant la crue annuelle (mai/juillet 1984), le débit moyen (189 m³/sec.) est voisin des moyennes interannuelles (161 m³/sec.) ;

– le régime des basses eaux s'installe dès le mois d'août correspondant :

* à la saison sèche (septembre/novembre 1984) où le débit moyen (65 m³/sec.) est comme pour le Maroni supérieur de près de 30% aux valeurs interannuelles (44 m³/sec.) ;

* au petit été de mars (février/avril 1985) où le débit moyen pour ces trois mois (49 m³/sec.) est de 70% inférieur aux valeurs moyennes interannuelles (154 m³/sec.).

Si nous comparons les valeurs des débits obtenus sur les deux fleuves pendant l'année de campagne avec les moyennes pluriannuelles, le régime hydrologique de juin 1984 à mai 1985 est marqué par l'étendue de la saison des basses eaux (septembre/avril). Les faibles débits enregistrés entre février et avril correspondent au petit été de mars de 1985 : ils sont inférieurs de 60% (Maroni) et 70% (Comté) aux moyennes pluriannuelles.

Ce déficit se retrouve pour les deux fleuves dans la moyenne annuelle (20% pour le Maroni, 35% pour la Comté). Il apparaît également que la Comté plus que le Maroni présente un régime irrégulier qui peut se traduire, à l'échelle journalière, par l'arrivée brutale de forts débits.

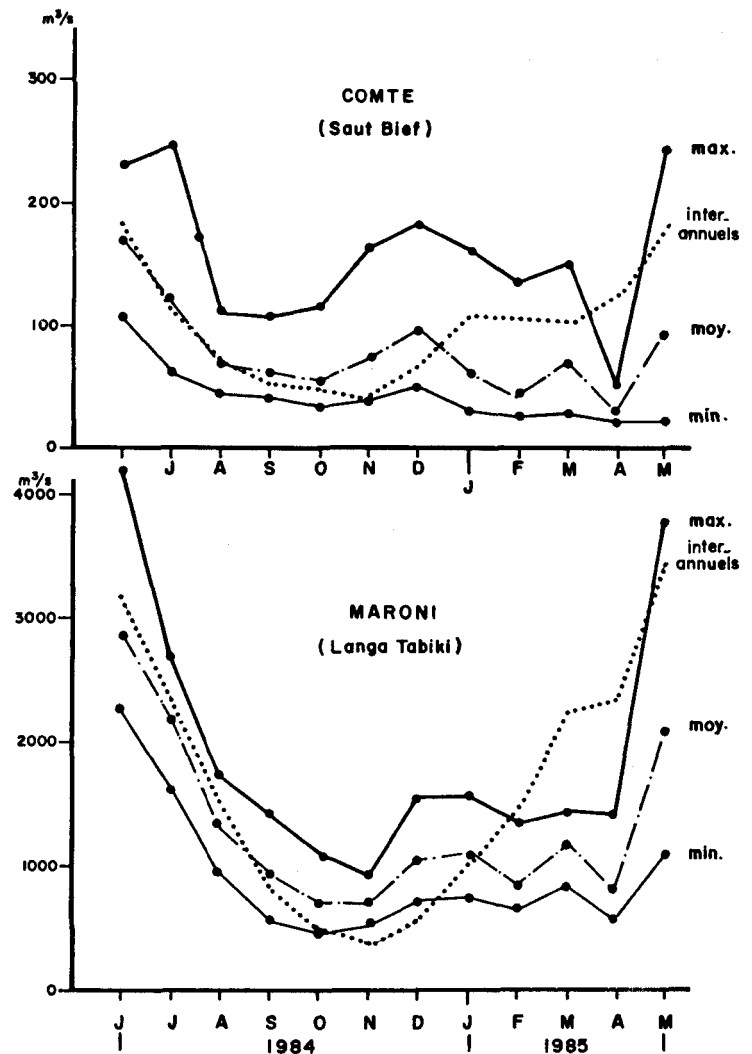


Fig. 3.- Débits liquides mensuels de la Comté à Saut Bief et du Maroni à Langatabiki (moyennes mensuelles, minimums et maximums journaliers au cours du mois, moyennes interannuelles). Données extraites des annuaires hydrologiques de la Guyane (ORSTOM, 1984 et 1985) et de l'Atlas de la Guyane (1978). Monthly river discharge of the Comte river at Saut Bief and of the Maroni river at Langatabiki.

2 - Variations saisonnières des concentrations en MES

Le Maroni

La concentration minimale mesurée a été de 0,8 mg.l⁻¹. Sa concentration maximale : 27,4 mg.l⁻¹. La concentration moyenne des eaux du Maroni (moyenne des 114 mesures) s'établit à 9 mg.l⁻¹.

Les moyennes mensuelles des turbidités varient dans un rapport voisin de 1 à 2,5, soit 5,5 mg.l⁻¹ en octobre et 14 mg.l⁻¹ en mai (fig. 4).

Pendant 6 mois de l'année (mars, avril, mai, juin, juillet, août), les turbidités moyennes mensuelles sont supérieures à 9 mg.l⁻¹.

Si on considère par ailleurs la fréquence relative des concentrations (fig. 5), il peut être souligné que :

– 2,6% des turbidités ont été > 20 mg.l⁻¹

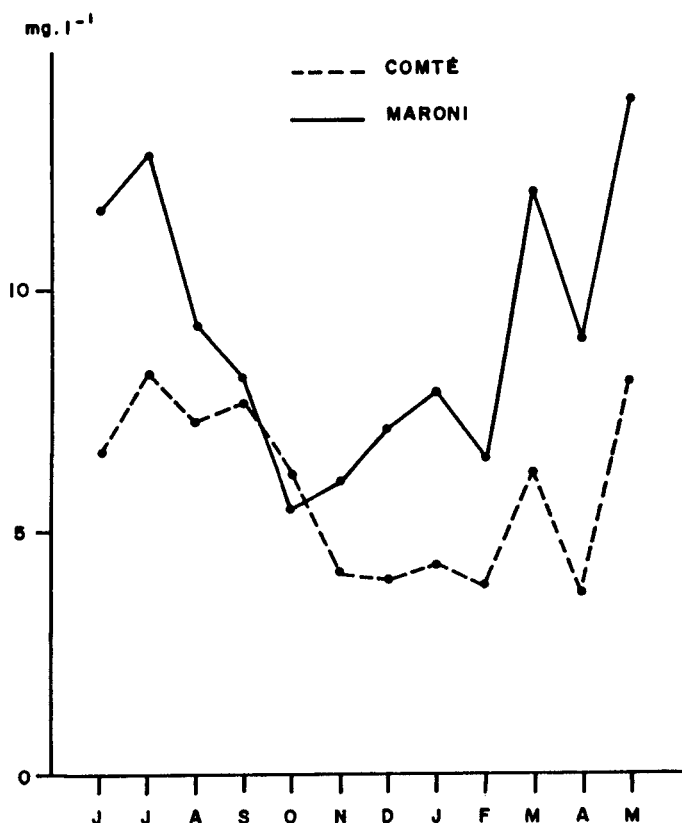


Fig. 4.- Concentrations moyennes mensuelles en matières en suspension de la Comté et du Maroni (1984-1985).
Mean monthly suspended matter concentration of the Comte and Maroni rivers.

- 38,6 % des turbidités ont été > 10 mg.l⁻¹ et < 20 mg.l⁻¹
- 48,2% des turbidités ont été > 5 mg.l⁻¹ et < 10 mg.l⁻¹
- 10,6% des turbidités ont été > 0,1 mg.l⁻¹ et < 5 mg.l⁻¹

La Comté

La concentration minimale mesurée a été de 0,7 mg.l⁻¹. La concentration maximale : 51,5 mg.l⁻¹. La concentration moyenne des eaux de la Comté (moyenne des 157 mesures) s'établit à 5,8 mg.l⁻¹.

Les moyennes mensuelles des turbidités varient dans un rapport de 1 à 2 au cours de l'année, soit environ 4 mg.l⁻¹ en novembre, décembre, janvier, février et avril et 8 mg.l⁻¹ en juillet et mai (fig. 4).

Les mois pendant lesquels les concentrations en MES ont été les plus fortes étant juillet, août, septembre et mai.

La fréquence relative des concentrations permet également d'apprécier les variations de ces turbidités (fig. 5). C'est ainsi que :

- 1,3% des turbidités ont été > 20 mg.l⁻¹
- 8,9% des turbidités ont été > 10 mg.l⁻¹ et ≤ 20 mg.l⁻¹
- 35,7% des turbidités ont été > 5 mg.l⁻¹ et ≤ 10 mg.l⁻¹

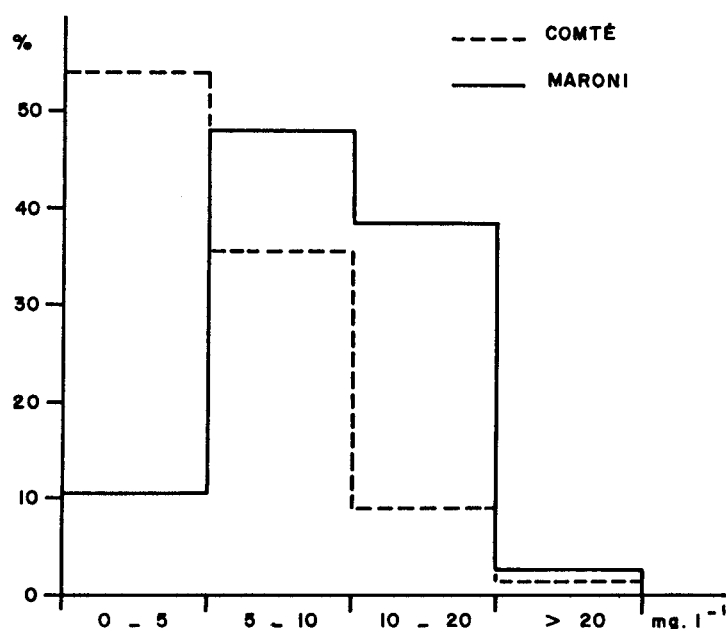


Fig. 5.- Histogrammes de fréquences des concentrations en matières en suspension de la Comté et du Maroni (1984-1985).
Histogram of the suspended matter concentrations frequency in the Comte and Maroni rivers.

- 54,1% des turbidités ont été > 0,1 mg.l⁻¹ et ≤ 5 mg.l⁻¹

La comparaison des concentrations en MES des deux fleuves et de leurs variations saisonnières amènent les remarques suivantes :

- les eaux du Maroni sont toujours plus chargées que celles de la Comté;
- dans les deux fleuves, il existe des variations saisonnières sensibles;
- les concentrations supérieures à 20 mg.l⁻¹ sont toujours relativement exceptionnelles au cours de l'année.

Citons les valeurs rencontrées dans la littérature (portant sur la région) et qui correspondent à des données éparses et non à des séries de mesures comparables à celles présentées ici.

- 8 à 20 mg.l⁻¹ dans la rivière Surinam : A. Reyne (1961) dans D. Eisma et H.W. Van Der Marel (1971);
- 4 à 12 mg.l⁻¹ dans la Marowijne (Maroni) : Bennekomp et D. Eisma (1969) dans D. Eisma et H.W. Van Der Marel (1971).
- 30 mg.l⁻¹ dans la Corantijn : Jaarboek (1967) dans D. Eisma et H.W. Van Der Marel (1971).
- 21 mg.l⁻¹ dans les rivières du Guyana : Harrison in A. Reyne (1961).

Il apparaît que les valeurs proposées ici sont comparables à celles avancées pour les fleuves Surinam et Maroni (Marowijne).

1984	Mois	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Mahury	Qs Tot. T	4.995	4.810	2.590	2.160	1.570	1.570	2.035
Maroni	Qs Tot. T	95.000	81.000	39.000	18.000	6.600	6.000	11.200

1985	Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai		
Mahury	Qs. Tot. T	3.460	1.580	1.920	1.180	11.230		
Maroni	Qs. Tot. T	22.000	24.500	73.200	54.700	127.500		

Total annuel du Mahury : 39.100 t/an

Total annuel du Maroni : 558.700 t/an

Tab. 1.- *Débits solides mensuels en suspension du Mahury et du Maroni.*
Monthly suspended matter inputs in the Mahury and Maroni rivers.

3- Les débits solides annuels en suspension

Le Maroni

Le calcul des débits solides journaliers puis mensuels selon les méthodes présentées plus haut nous amène à proposer les valeurs suivantes (Tab.1).

Cette valeur de 558.700 tonnes peut être rapprochée de celles qui peuvent être estimées à partir des études hydrologiques de Hiez et Dubreuil (1964) et de la turbidité moyenne déduite de nos mesures (9 mg.l⁻¹). C'est ainsi que les apports solides en suspension seraient de :

– 478.000 t/an en année moyenne (module moyen 1.685 m³/sec.)

– 324.000 t/an en année sèche (module moyen 1145 m³/sec.)

– 631.000 t/an en année humide (module moyen 2225 m³/sec.)

Si par contre l'estimation du débit solide avait été faite directement à partir de la "dégradation spécifique" en climat équatorial, soit 4 t.km².an d'après Frécaut (1982) pour le bassin du Maroni (65.000 km²), une valeur de 260.000 t/an devrait être proposée, soit environ la moitié des apports effectivement calculés.

Le Mahury

Le calcul des débits solides du Mahury a nécessité des approximations plus grandes que celles du Maroni. En effet, en dépit du fait que le nombre de mesures de turbidités (157) au cours de l'année étudiée a été très suffisant, ces mesures n'ont porté que sur la Comté dont le bassin versant (1760 km²) ne représente que 54% du bassin versant du Mahury. Les débits solides calculés sur la Comté ont donc été multipliés par 1,85.

Cette démarche nous amène à proposer les valeurs inscrites dans le tableau 1.

Fleuves	Bassin versant km ² x10 ³	Module Annuel m ³ /an x 10 ⁹	Débits solides annuels T/an/10 ⁶	Coef. érosion t/km ² /an
Amazone	6.300	5.500	500,00	79
Araguari	23	16	0,50	22
Oyapock	27	19	0,50	19
Approuage	10	8	0,20	20
Sinnamary	7	3	0,10	14
Mana	12	8	0,20	17
Commewijne	7	3	0,10	14
Suriname	16	11	0,30	19
Saramacca	12	8	0,20	17
Coppename	20	14	0,40	20
Nickerie	10	6	0,20	20
Corantijn	69	47	1,10	20
Berbice	11	11	0,20	18
Demerara	5	7	0,10	20
Essequibo	164	178	4,50	27
Orinoco	950	946	86,00	91
Marowijne	70	54	1,40	20
Maroni*	65	53	0,60	9
Mahury*	3,2	6	0,03	9

Tab.2.- *Bassin versant, débits liquide et solide de l'Amazone et des principaux fleuves des Guyanes (d'après D. Eisma et H.W. Van Der Marel, 1971 et la présente étude (*))*
Catchment area, discharge and sediment load of the Amazon and the main guyanese rivers.

A l'aide de cette estimation (39.100 t/an) du débit solide en suspension du Mahury, il est donc raisonnable d'envisager que, sur une période de temps significative (30 ans), ces débits solides oscillent entre 25.000 et 50.000 t/an.

4 - Conclusions

A l'issue de ces études, un certain nombre d'enseignements peuvent être soulignés :

– les concentrations en MES sont en moyenne plus faibles sur le Mahury que sur le Maroni;

– il existe des variations saisonnières importantes de ces concentrations de 1 à 2,5 en moyenne mensuelle et de 1 à 30 en valeurs journalières. Ces considérations rendent très aléatoires les estimations établies à partir de mesures insuffisantes et éparses et justifient pleinement ce type de suivi sur 1 an ;

en ce qui concerne les débits solides mensuels, la moitié environ des apports s'effectue en deux ou trois mois (avril, mai, juin ou mai, juin, juillet) ;

– les valeurs déduites de cette étude s'insèrent bien dans celles collationnées par D. Eisma et H.W. Van Der Marel (Tab. 2). Elles confirment la faible part des apports des fleuves guyanais en regard de ceux de l'Amazone qui sont responsables de l'envasement des côtes et du proche plateau des Guyanes (Gibbs, 1967 a et b). En effet, la majeure partie des apports solides en suspension des grands fleuves (Amazone, Orénoque) provient des massifs andins : ceux des petits fleuves côtiers tels que le Maroni ou le Mahury sont essentiellement issus du vieux socle guyanais sur lequel une couverture végétale importante limite l'érosion mécanique.

Cette faible contribution est d'autant plus assurée que les apports en suspension proposés ne

concernent que des estimations à la limite amont de la marée dynamique dans les fleuves et que ne sont donc pas pris en compte les piégeages qui interviennent dans la zone estuarienne proprement dite de ces fleuves, ce qui amènerait très certainement à minorer sensiblement les expulsions réelles en domaine océanique.

Remerciements

Nos travaux s'inscrivent dans un programme d'étude de l'environnement marin en mer des Antilles et en Guyane Française. La Commission Cordet a encouragé, grâce à son aide, la poursuite de cette recherche.

Nous remercions les compagnies de gendarmerie d'Apatou et de Cacao pour les prélèvements d'eau et les filtrations qu'elles ont réalisés pendant une année. Sans leur participation, ce travail n'aurait pu aboutir.

Nous remercions également la Direction de l'Équipement de la Guyane (Service maritime) dont la parfaite connaissance des problèmes d'envasement nous a été fort utile et qui a aimablement mis à notre disposition les moyens nautiques dont elle dispose tant sur le Maroni que sur le Mahury.

Références bibliographiques

ANNUAIRE HYDROLOGIQUE DE GUYANE, Année 1984. - ORSTOM, Cayenne, 34 p.

ATLAS DES DEPARTEMENTS FRANCAIS D'OUTREMER IV 1978 - La Guyane, CNRS et IGN, Bordeaux.

EISMA D., VAN DER MAREL H.W. (1971).- Marine muds along the Guyana Coast and their origin from the Amazon Basin. *Contr. Mineral. Petrol.*, 31, pp. 321-334, Springer Verlag Edt.

FRECAUT R. (1982).- Eléments d'hydrologie et de dynamique fluviales. Tome 1 : Hydrologie et dynamique fluviales des régions chaudes et humides des basses latitudes. *Publ. Univ. Nancy II*, 147 p.

GIBBS R.J. (1967a).- Amazon river : Environmental factors that control its dissolved and suspended load. *Science*, 156, pp. 1734-1737.

GIBBS R.J. (1967b).- The geochemistry of the Amazon river system : Part 1. The factors that control the salinity and the composition and the concentration of the suspended solids. *Bull. Geol. Soc. Am. Fr.*, 78, pp. 1203-1232.

HIEZ G., DUBREUIL P. (1964).- Les régimes hydrologiques en Guyane Française. *Annuaire hydrologique ORSTOM-IFAT*, 119 p.

JOUANNEAU J.M. (1982).- Matières en suspension et oligo-éléments métalliques dans le système estuarien girondin : comportement et flux. *Thèse Doct. ès-Sciences*, Univ. Bordeaux I, 732, 150 p.

REYNE A. (1961).- On the contribution of the Amazon river to accretion of the coast of the Guyanas. *Geol. en Mijnbouw*, 40, pp. 219-226.