

THÈSE de DOCTORAT de L'UNIVERSITÉ PARIS 6

Pour obtenir le grade de DOCTEUR de l'UNIVERSITÉ PARIS 6

Spécialité : Océanologie Biologique et Environnement Marin

par

Carlos J. MAIA DE OLIVEIRA

Soutenance : 23 juin 2000

**Le phytoplancton estuarien de deux fleuves de Guyane française
(l'Iracoubo et le Sinnamary) : caractérisation du milieu,
composition et diversité spécifique**

JURY

M. A. Couté, Directeur de Thèse, Directeur du Laboratoire de Cryptogamie, MNHN

M. J. Clavier, co-Directeur de Thèse, Professeur, UBO

M. P. Nival, Professeur, Directeur, École Doctorale d'Océanographie Biologique, Paris 6

Mme. Y. Schaeffer-Novelli, Rapporteur, Professeur, Universidade de São Paulo, Brésil

M. D. Guiral, Rapporteur, Chargé de Recherche, Centre IRD de Cayenne

M. F. A. S. Sterreburg, Examineur, Netherlands Institute of Ecology, Pays Bas

*(...) du courage. Je n'en ai guère, mais je fais comme si j'en avais,
ce qui revient peut-être au même.*

FLAUBERT, Correspondance, t. IV, p. 19.

À tous ceux qui m'ont fait confiance.

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier le Professeur Alain **COUTÉ** qui a accepté d'être mon directeur de thèse et qui m'a accueilli, dans le dernier tiers de ce travail, au sein de son Laboratoire (Cryptogamie, MNHN). Merci pour son aide et son expérience.

J'adresse aussi mes plus sincères remerciements à Jacques **CLAVIER** (UBO, IRD), co-directeur de ce travail. Son soutien et son aide m'ont été précieux, aussi bien sur la partie méthodologique que pendant la rédaction. Merci pour l'immense disponibilité, l'encouragement et la patience que vous m'avez accordé.

Je remercie sincèrement Paul **NIVAL** (École Doctorale d'Océanographie Biologique, Paris 6) et **F. A. S. STERREMBURG** (Netherlands Institute of Ecology) d'avoir accepté de faire partie de mon jury et également Yara **SCHAEFFER-NOVELLI** (Professeur de l'Universidade de São Paulo, Brésil) et Daniel **GUIRAL** (Responsable du programme PNEC en Guyane) d'avoir accepté d'être rapporteurs.

Ce travail s'inscrivait dans le cadre du PNEC (ex PNOC) et a pu être réalisé avec une bourse de l'IRD (ex ORSTOM). Mes sincères remerciements aux équipes administrative et technique, au directeur et aux chercheurs du Centre IRD de Cayenne, qui m'ont aidé directement ou indirectement pendant mon séjour en Guyane.

Certains ont particulièrement compté :

- Marie-Françoise **PRÉVOST** pour ses réflexions pertinentes ;
- Fred **HUYHN** pour la mise en disposition du matériel du Laboratoire de Télédétection et du personnel lors des missions ;
- Denis **LOUBRY** pour la détermination des graines et des fruits des débris végétaux ;
- Jean François **TERNON** et Jean Pierre **LEFEBVRE** de l'équipe du laboratoire d'Écologie Littorale ;

- **Jean-Luc BETOULLE**, pour nos innombrables discussions à propos de la mangrove guyanaise, par ses idées, son aide et son amitié.
- **Kathy PANECHOU** et **Benoît HERNANDEZ**, première équipe qui m'a aidé sur le terrain, ainsi que toutes les autres personnes (VATs, étudiants, stagiaires, techniciens, thésards, chercheurs) qui m'ont donné un grand coup de main, sous le soleil ou sous la pluie, à l'estuaire de l'Iracoubo ou du Sinnamary. Une petite pensée pour nos balades sur la vasière ;
- **Pascal PETRONELLI**, responsable du carbet de Paracou (CIRAD), pour l'accueil et la découche pendant la durée des missions ;
- **Georges ELFORT** pour la confection des flotteurs des filets, avec les contreforts (racabas) du moutouchi ;
- **Jean François GEUGAN**, **Renaud CASTET**, **Francisco Leonardo GARRO** et **Patrick FROUIN** pour leur aide et leurs conseils au cours du traitement statistique des données ;
- **Stéphane RINGUET** pour son éclairage et pour les corrections de la dernière partie des résultats (diversité) ;
- **Kamila Trojankova** pour l'aide à la détermination des Desmidiacées.

Je tiens à rendre un hommage particulier à **Arnaud BERTRAND**. Son soutien, ses encouragements, ses réflexions ont été sans failles depuis la maîtrise à Marseille jusqu'à aujourd'hui. Il restera une de ces personnes qui seront toujours présentes dans mon esprit. Qu'il trouve ici l'expression de mon immense gratitude et de mon amitié. *Muito obrigado, meu amigo.*

Enfin, un grand merci à mes parents restés au Brésil et à mes ami(e)s, pour le témoignage de leur confiance.

RÉSUMÉ

L'objectif de ce travail est de caractériser l'environnement estuarien du phytoplancton dans deux fleuves (L'Iracoubo et le Sinnamary) de Guyane française, à partir de l'étude des paramètres abiotiques et biotiques. Les deux fleuves sont localisés dans une même zone géographique mais le Sinnamary se distingue de l'Iracoubo par la présence d'un barrage hydroélectrique (EDF). Les observations ont été menées entre décembre 1996 et février 1998, période qui couvre les deux principales saisons (sèche et pluvieuse).

Notre travail s'articule en quatre parties.

La première section présente les principaux traits de la Guyane française et de la zone d'étude, avant de détailler les caractéristiques des deux estuaires.

La seconde section décrit les moyens et les méthodes requis par cette étude, ainsi que le protocole d'échantillonnage mis en œuvre.

La troisième section traite de la variabilité des paramètres physico-chimiques, des matières en suspension, de la chlorophylle et du phytoplancton. Une analyse multivariable a permis d'établir les relations entre les différents facteurs. La salinité, qui est soumise à l'amplitude de marée et au débit des fleuves, apparaît comme le meilleur marqueur des apports continentaux véhiculés par les eaux douces dans les estuaires. La fluctuation de la charge en matériel particulaire joue un rôle complexe au niveau de l'interface continent-océan en Guyane ; elle est plus élevée en étiage qu'à la période des pluies. La turbidité et la salinité sont associées et influent sur la teneur en chlorophylle : les concentrations en chlorophylle **b** sont plus fortes dans l'estuaire du Sinnamary alors que la chlorophylle **c** domine dans l'estuaire de l'Iracoubo. L'analyse de la composition des espèces montre une communauté dominée par les Diatomophycées, surtout par *Skeletonema tropicum*, dans les deux estuaires. L'indice de diversité de Shannon est important (supérieur à 4) et significativement différent dans les deux fleuves. Le maintien artificiel d'un fort débit au barrage de Petit Saut (Sinnamary), en saison sèche, permet l'arrivée des espèces d'eau douce jusqu'à l'estuaire. Cette situation a modifié la composition spécifique du peuplement en affectant l'intrusion et le développement de la flore marine. Ces espèces d'eau douce sont les très abondantes, même en saison sèche.

La quatrième section synthétise les résultats et discute des caractéristiques respectives des peuplements phytoplanctoniques des deux estuaires. Globalement, la mise en eau du barrage de Petit Saut a entraîné une modification du transit des sédiments, de la salinité et de la teneur en oxygène dissous dans l'estuaire du Sinnamary. Le débit a été régulé et accru, notamment pendant la saison sèche, limitant l'influence marine ; il n'est plus influencé par les variations saisonnières, mais seulement par son niveau de remplissage. Les conséquences biologiques sont localement importantes, avec une évolution notable de la végétation des berges et l'arrivée des espèces phytoplanctoniques présentes dans le barrage. L'Iracoubo, fleuve ne subissant pas d'influence anthropique forte, est plus soumis aux variations saisonnières que le Sinnamary. Globalement, les concentrations en chlorophylles indiquent une biomasse phytoplanctonique élevée (plus de 75 % des Diatomophycées), liée à de forts indices de diversité dans les deux sites d'étude. La connaissance des relations entre ces divers paramètres pourra permettre la mise en évidence d'un gradient phytoplanctonique dans la rivière et par conséquent, prévoir le flux d'énergie et d'autres phénomènes comme l'eutrophisation. L'étude de la composition et de la diversité du phytoplancton met donc en relief l'importance des particularités climatiques et hydrologiques de la région.

Mots clefs : température, salinité, oxygène dissous, pH, matières en suspension, chlorophylles, phytoplancton, échelle spatio-temporelle, indice de diversité, estimation d'abondance, composition, estuaire, Iracoubo, Sinnamary, Guyane Française.

ABSTRACT

The objective of this work is to characterize the environment of the phytoplankton in two estuaries (the Iracoubo and the Sinnamary) of French Guiana, starting from the study of the abiotic and biotic parameters. The two rivers are localised in a same geographical area but Sinnamary differs from Iracoubo by the presence of a hydroelectric dam (EDF). The observations were carried out between December 1996 and February 1998, period which covers the two principal seasons (dry and rainy). Our work is articulated in four parts.

The first section presents the principal features of the French Guiana and the zone of study, before detailing the characteristics of the two estuaries.

The second section describes the materials and the methods required by this study, as well as the protocol of sampling implemented.

The third section presents the variability of the physicochemical parameters, the suspended matter, chlorophyl and the phytoplankton. A multivariable analysis made it possible to establish the relations between the various factors. The salinity, which is subjected to the range of tide and the flow of the rivers, seems the best marker of the continental contributions conveyed by fresh waters in the estuaries. The fluctuation of the load in particulate sediments plays a complex role on the level of the interface continent-ocean in Guyana; it is higher in dry season than at the period of the rains. Turbidity and salinity are associated and influential on the content chlorophyl: the chlorophyl B concentrations are stronger in the estuary of Sinnamary whereas chlorophyl C dominates in the estuary of Iracoubo. The analysis of the composition of the species shows a community dominated by Diatomophycées, especially by *Skeletonema tropicum*, in the two estuaries. Diversity index of Shannon is high (superior to 4) and significantly different in the two rivers. The artificial maintenance of a strong flow to the dam of Petit Saut (Sinnamary), in dry season, allows the arrival of the fresh water species to the estuary. This situation modified the specific composition of the community by affecting the intrusion and the development of the marine flora. These fresh water species are very abundant, even in dry season.

The fourth section synthesizes the results and discusses the respective characteristics of the phytoplanktonic community of the two estuaries. Generally, the setting in water of of Petit Saut dam involved a modification of the transit of the sediments, salinity and dissolved oxygen content in the estuary of Sinnamary. The flow was controlled and increased, in particular during the dry season, limiting the marine influence; it is not influenced any more by the seasonal variations, but only by its level of filling. The biological consequences are locally significant, with a notable evolution of the vegetation of the banks and the arrival of the phytoplanktonic species present in dam. Iracoubo, river not being subject to a strong anthropic influence, is subjected to the seasonal variations than Sinnamary. As a whole, the chlorophyl concentrations indicate a high phytoplanktonic biomass (more than 75 % of Diatomophycées), related to strong indices of diversity in the two sites of study. The knowledge of the relations between these various parameters will be able to allow the highlighting of a gradient phytoplanktonic in the river and consequently, to envisage the flow of energy and other phenomena like eutrophication. The study of the composition and the diversity of the phytoplankton thus highlights the importance of the climatic and hydrological characteristics of the area.

Keywords : temperature, salinity, dissolved oxygen, pH, suspended matter, chlorophyls, phytoplankton, space-time scale, diversity indices, estimate of abundance, composition, estuary, Iracoubo, Sinnamary, French Guiana.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ.....	6
INTRODUCTION.....	12
Première Partie :	16
Présentation de la Guyane française et des sites d'étude	16
1.1 DESCRIPTION DE LA GUYANE	18
1.1.1 CADRE GÉOGRAPHIQUE	18
1.1.2 CLIMAT	20
1.1.3 HYDROLOGIE.....	22
1.1.4 OCÉANOGRAPHIE DU PLATEAU CONTINENTAL.....	23
1.1.5 SÉDIMENTOLOGIE ET GÉOMORPHOLOGIE LITTORALE.....	25
1.1.6 VÉGÉTATION LITTORALE	28
1.1.7 CARACTÉRISTIQUES DES ESTUAIRES	30
1.2 PRÉSENTATION DES SITES D'ÉTUDE	31
1.2.1 ESTUAIRE DE L'IRACOUBO	34
1.2.2 ESTUAIRE DU SINNAMARY	35
Seconde Partie :	40
Matériel et méthodes.....	40
2.1 MATÉRIEL ET MÉTHODES	41
2.1.1 FACTEURS PHYSICO-CHIMIQUES	41
2.1.2 MATIÈRE PARTICULAIRE TOTALE.....	41
2.1.3 PARAMÈTRES BIOLOGIQUES.....	42
2.1.3.1 <i>Pigments chlorophylliens</i>	43
2.1.3.2 <i>Phytoplancton et phytobenthos</i>	44
2.1.4 TRAITEMENT DES DONNÉES	46
2.1.4.1 ANOVA.....	46
2.1.4.2 <i>Indices de diversité</i>	46
2.1.4.3 <i>Analyses multivariées</i>	47

Troisième Partie :	50
Résultats	50
3.1 VARIABILITÉ DES FACTEURS PHYSICO-CHIMIQUES	51
3.1.1 ESTUAIRE DE L'IRACOUBO	51
3.1.1.1 <i>Température</i>	51
3.1.1.2 <i>Salinité</i>	52
3.1.1.3 <i>Oxygène</i>	54
3.1.1.4 <i>pH</i>	56
3.1.2 ESTUAIRE DU SINNAMARY	58
3.1.2.1 <i>Température</i>	58
3.1.2.2 <i>Salinité</i>	59
3.1.2.3 <i>Oxygène</i>	61
3.1.2.4 <i>pH</i>	63
3.1.3 COMPARAISON ENTRE LES DEUX ESTUAIRES.....	65
3.1.4 DISCUSSION.....	66
3.2 VARIABILITÉ DU MATÉRIEL EN SUSPENSION	69
3.2.1 ESTUAIRE DE L'IRACOUBO	69
3.2.1.1 <i>Matière particulaire totale</i>	69
3.2.1.2 <i>Matière organique particulaire</i>	71
3.2.1.3 <i>Matière inorganique particulaire</i>	72
3.2.1.4 <i>Débit solide</i>	74
3.2.1.5 <i>Matière végétale flottante</i>	74
3.2.2 ESTUAIRE DU SINNAMARY	77
3.2.2.1 <i>Matière particulaire totale</i>	77
3.2.2.2 <i>Matière organique particulaire</i>	78
3.2.2.3 <i>Matière inorganique particulaire</i>	80
3.2.2.4 <i>Débit solide</i>	82
3.2.2.5 <i>Matière végétale flottante</i>	83
3.2.3 COMPARAISON ENTRE LES DEUX ESTUAIRES.....	85
3.2.4 DISCUSSION.....	86
3.3 VARIABILITÉ DES PARAMÈTRES BIOLOGIQUES.....	90
3.3.1 CHLOROPHYLLE	90

3.3.1.1 Estuaire de l'Iracoubo.....	90
3.3.1.2 Estuaire du Sinnamary.....	91
3.3.1.3 Comparaison entre les deux estuaires	93
3.3.1.4 Discussion	94
3.3.2 PHYTOPLANCTON	95
3.3.2.1 Description taxinomique	97
3.3.2.1.1 CYANOPHYTA	97
3.3.2.1.2 DINOPHYTA.....	97
3.3.2.1.3 CHLOROPHYTA	98
3.3.2.1.4 EUGLENOPHYTA.....	98
3.3.2.1.5 HETEROCONTOPHYTA	98
3.3.2.2 Liste des espèces rencontrées au cours de l'étude.....	99
3.3.2.3 Estuaire de l'Iracoubo.....	104
3.3.2.3.1 Indices de diversité spécifique	104
3.3.2.3.2 Abondance des taxons.....	106
3.3.2.3.2.1 Variabilité saisonnière.....	107
3.3.2.3.2.2 Variabilité selon un cycle de marées.....	110
3.3.2.4 Estuaire du Sinnamary.....	111
3.3.2.4.1 Indices de diversité spécifique	112
3.3.2.4.2 Abondance des taxons.....	113
3.3.2.4.2.1 Variabilité saisonnière.....	115
3.3.2.4.2.2 Variabilité selon un cycle de marées.....	118
3.3.2.5 Comparaison entre les deux estuaires	119
3.3.2.6 Discussion	125
3.4 RELATIONS ENTRE LES VARIABLES BIOTIQUES ET LES PARAMÈTRES DE L'ENVIRONNEMENT	129
3.4.1 RÉSULTATS DES ANALYSES 1.....	130
3.4.2 RÉSULTATS DES ANALYSES 2.....	132
3.4.3 CORRÉLATIONS	134
Quatrième Partie :.....	138
Discussion générale	138
4.1 DISCUSSIONS	139

CONCLUSION	143
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	146
LISTE DE FIGURES	170
LISTE DE TABLEAUX	174
LISTE DE SYMBOLES ET ABRÉVIATIONS	177
ANNEXES	180

INTRODUCTION

Historiquement, les fleuves ont toujours servi de source d'eau potable ou d'irrigation, de sites de pêche et de voies de transport ou d'approvisionnements ; ils ont aussi été utilisés pour l'évacuation des déchets produits par les activités humaines. La civilisation humaine a donc causé beaucoup de transformations dans ces écosystèmes. Les premières indications remontent à plus de 5 000 ans, lorsque les Égyptiens ont construit des barrages sur le Nil pour fournir de l'eau pour les plantations et pour la consommation humaine.

Aujourd'hui, la gestion des fleuves vise un équilibre entre les besoins humains et l'intégrité écologique, aspect dont la prise en compte est récente (Edwards, 1995). Beaucoup d'études documentent les effets des perturbations humaines sur diverses communautés fluviales, mais peu de ces résultats ont été convenablement valorisés et utilisés pour la gestion du milieu (Petts *et al.*, 1995). Cette réalité écologique existe pourtant, malgré le fait que la plupart des grands fleuves du monde sont ou seront substantiellement modifiés par des activités humaines (Sparks, 1995). Ces perturbations incluent la construction des chenaux d'irrigation, la navigation, les barrages hydroélectriques, le déplacement ou la modification des zones humides, les polluants toxiques et l'eutrophisation.

Par exemple, la présence d'un barrage altère profondément la structure d'un fleuve. En amont, au moins deux éléments sont sévèrement altérés : les berges sont submergées par le réservoir et l'écosystème original du fleuve est noyé dans la retenue. Le flux de l'eau, l'oxygénation et la pénétration de la lumière sont sérieusement modifiés après la formation du lac artificiel. Cela entraîne un ralentissement du cours des affluents ainsi qu'une accumulation des sédiments, perturbant l'écoulement de l'eau. De même, en aval, l'altération du régime du fleuve affecte inévitablement les organismes (animaux ou plantes), bien qu'ils soient déjà adaptés à des fluctuations du milieu. Les effets peuvent également s'étendre aux eaux côtières par une modification des flux de sels nutritifs et altérer ainsi le développement de certaines espèces. Ces phénomènes ont déjà causé des perturbations majeures dans plusieurs zones de pêche (Pielou, 1998). De par la nature même des fleuves, ces problèmes sont plus difficiles à contrôler que dans les lacs (Wehr & Descy, 1998). Les perturbations affectent, le long du fleuve, les processus physiques, chimiques, biologiques de l'écosystème et les réseaux d'interactions qui en découlent.

Les estuaires sont caractérisés par des variations à court terme (courants de marée) et à long terme (saisonniers ou interannuelles) provoqués par des modifications météorologiques ou de la décharge des fleuves. Les estuaires sont aussi spatialement hétérogènes et les propriétés de l'eau présentent souvent des gradients horizontaux ou verticaux (salinité, matières en suspension, biomasse de phytoplancton), résultant des variations locales de bathymétrie, de circulation, d'échanges actifs et de mélange avec les intrants océaniques (Eisma, 1997).

Les bilans de transfert du matériel en suspension du continent vers l'océan montrent que le flux de carbone organique représente un peu plus de la moitié du flux total transporté par les fleuves, surtout ceux de la ceinture intertropicale (Stein, 1981 *in* Seyler *et al.*, 1993). Cette matière organique est encore peu intégrée dans les bilans d'exportation (Briand *et al.*, 1993). L'action régulière de la marée est une composante dynamique importante des écosystèmes estuariens ; elle permet l'importation et l'exportation des sédiments, détritiques et nutriments (Woodroffe, 1985). D'après Meybeck (1982), la contribution des rivières à l'océan représente un flux annuel de carbone égal à 10^9 , dont 60% minéral et 40% organique.

Les processus sédimentaires dans les estuaires tropicaux sont bien moins connus (Wolanski, 1988, 1992), que leurs homologues des régions tempérées (Nichols, 1977 ; Jago, 1980 ; Zarillo, 1985 ; Cooper *et al.*, 1990 ; Sondi *et al.*, 1995 ; Fenster & Fitzgerald, 1996). Les études tropicales se sont concentrées sur la géomorphologie et la stratigraphie liées à l'élévation postglaciaire du niveau de la mer (Wright *et al.*, 1973 ; Thom *et al.*, 1975 ; Woodroffe *et al.*, 1989, 1993 ; Chappell, 1993 ; Woodroffe & Chappel, 1993 ; Jones *et al.*, 1993 ; Wolanski & Chappel, 1996) ou aux configurations hydrodynamiques (Odum *et al.*, 1982 ; Woodroffe, 1985 ; Froidefond *et al.*, 1985, 1986, 1987, 1988 ; Boto & Wellington, 1988 ; Dessier, 1991 ; Orange *et al.*, 1993 ; Winter *et al.*, 1996) et aux dépôts de sédiments (Tucker, 1973 ; Wolanski *et al.*, 1990, 1992 ; Wolanski & Ridd, 1986 ; Wolanski & Gibbs, 1995 ; Fisher, 1994 ; Larcombe & Ridd, 1995, 1996 ; Eisma, 1997 ; Furukawa *et al.*, 1997).

Il existe peu d'études sur la dynamique des estuaires en Guyane (Lescure, 1977 ; Lointier & Prost, 1988 ; Peltier, 1993 ; Charron *et al.*, 1997). Quelques travaux ont été menés sur les charges en matières en suspension et sur certains paramètres physico-chimiques (Berthois & Hoorelbeck, 1968 ; Roche *et al.*, 1974 ; Roche, 1978 ; Fritsch, 1984, 1990 ; Lointier, 1984, 1990 ; Fritsch & Sarraillh, 1986 ; Humbel, 1989).

Les algues planctoniques sont un élément important des milieux aquatiques en raison de leur rôle central dans le fonctionnement écologique des écosystèmes, en tant que

principaux producteurs de carbone organique. Les algues sont donc la base de la nourriture pour les consommateurs primaires mais elles peuvent représenter la source primaire de l'oxygène dans beaucoup de fleuves à faible débit (Thorp & Delong, 1994 ; Köhler, 1995 ; Reynolds & Descy, 1996). Elles sont sensibles aux approvisionnements excessifs en matériel inorganiques et peuvent poser des problèmes au niveau de l'eutrophisation. Les communautés algales des fleuves sont formées non seulement d'algues planctoniques, mais également d'un assemblage benthique de diverses origines : des formes macrophytiques, des espèces épilithiques, épiphytes et des formes associées aux sédiments (Reynolds & Descy, 1996).

Dans les lacs, la biomasse du phytoplancton a été employée pendant des décennies pour évaluer la chaîne trophique et pour identifier l'eutrophisation artificielle induite par des activités humaines (Wetzel, 1983 ; Harper, 1992). Dans les fleuves, la dynamique, la composition et la production des communautés d'algues sont moins bien comprises, ce qui constitue un frein à l'utilisation de ces organismes pour la gestion du milieu. Cette dynamique phytoplanctonique répond d'abord à l'influence des facteurs physiques et peut fluctuer considérablement dans l'espace et dans le temps. L'abondance du phytoplancton des grands fleuves n'est souvent pas corrélée fortement avec la teneur en nutriments chimiques, comme cela a été observé sur la Severn (Ruse & Love, 1997) ; elle peut même être corrélée négativement, comme dans le fleuve Ohio (Wehr & Thorp, 1997). Cela peut être un élément explicatif du fait que les modèles prédictifs de la production du phytoplancton ou de la composition des espèces, n'ont rencontré qu'un succès modeste (Billen *et al.*, 1994). Pourtant, les études menées sur le long terme sur la biomasse phytoplanctonique et la composition taxinomique ont prouvé que les organismes sont, en général, des indicateurs sensibles aux divers changements environnementaux (Maberly *et al.*, 1994).

Comparés aux animaux, les peuplements algaux représentent un très bon outil pour appréhender la biodiversité, la dynamique spatio-temporelle et le fonctionnement des écosystèmes aquatiques. En effet, du fait de leur faible longévité et de leur taux élevé de multiplication, les algues intègrent un pas de temps très court et permettent une saisie quasi immédiate des changements écologiques naturels (ou provoqués).

Les études menées sur le phytoplancton sont rares en Guyane ; citons Bourrelly et Couté (1982), Thérézien (1985) et Vaquer *et al.* (1997) pour les algues d'eau douce ; Nogues (1984) et Paulmier (1993) pour les algues saumâtres et marines.

L'écologie aquatique des estuaires reste encore mal connue, en particulier en ce qui concerne les peuplements végétaux. Premier maillon trophique, les algues ont, bien entendu, une influence considérable sur les autres organismes ; leur étude, associée à celles des

paramètres physico-chimiques et à la circulation de la matière en suspension sont une base à la compréhension de ce type d'écosystème. Le résultat du suivi de ces populations pourra servir de base aux travaux futurs sur les niveaux trophiques supérieurs. Ceci pourra permettre d'accroître l'efficacité des futurs modèles de gestion appliqués aux ressources naturelles de la région telles celle des crevettes, dont la pêche active constitue une importante ressource pour le Département.

Cette thèse s'inscrit dans la logique du PNEC¹ (ancien PNOC), élargi géographiquement en Guyane française pour répondre aux attentes des populations locales en termes de ressources et d'environnement côtier. Ce programme s'organise sur quatre thèmes principaux : la connaissance écologique du plateau continental, la dynamique des bancs de vase littoraux, la structure et le fonctionnement des mangroves et les relations environnement-ressources.

Le présent travail s'articule sur **l'étude de la diversité phytoplanctonique associée à la variabilité spatio-temporelle** de certains paramètres **physico-chimiques et biologiques** dans la zone estuarienne de deux fleuves en Guyane : le Sinnamary et l'Iracoubo. Nous avons comparé différentes variables dans ces deux fleuves localisés dans une même zone géographique. Toutefois, le Sinnamary se distingue par la présence d'un barrage hydroélectrique (EDF), mis en activité depuis 1995.

Nos travaux sont présentés en quatre temps.

La première partie décrit la zone d'étude, afin de cibler ses principales caractéristiques, telle que le climat, l'hydrologie, l'océanographie du plateau continental, la sédimentologie, la végétation et les caractéristiques des estuaires. La présentation des deux estuaires étudiez clôture cette section.

La deuxième partie présente le protocole d'échantillonnage et la méthodologie appliquée pour étudier les facteurs biotiques et abiotiques du milieu. Il s'agit de définir les échelles d'étude afin de préciser les mécanismes susceptibles d'être décrits.

La troisième partie traite des résultats obtenus pour la variabilité des paramètres physico-chimiques, des matières en suspension, de la chlorophylle et du phytoplancton. L'objectif est de décrire les relations entre les paramètres étudiés.

La quatrième partie synthétise les résultats et propose des perspectives de recherche à développer dans ce domaine.

¹ La liste des abréviations utilisées apparaît en fin de document.

Première Partie :

**Présentation de la Guyane
française et des sites d'étude**

1.1 DESCRIPTION DE LA GUYANE

1.1.1 Cadre géographique

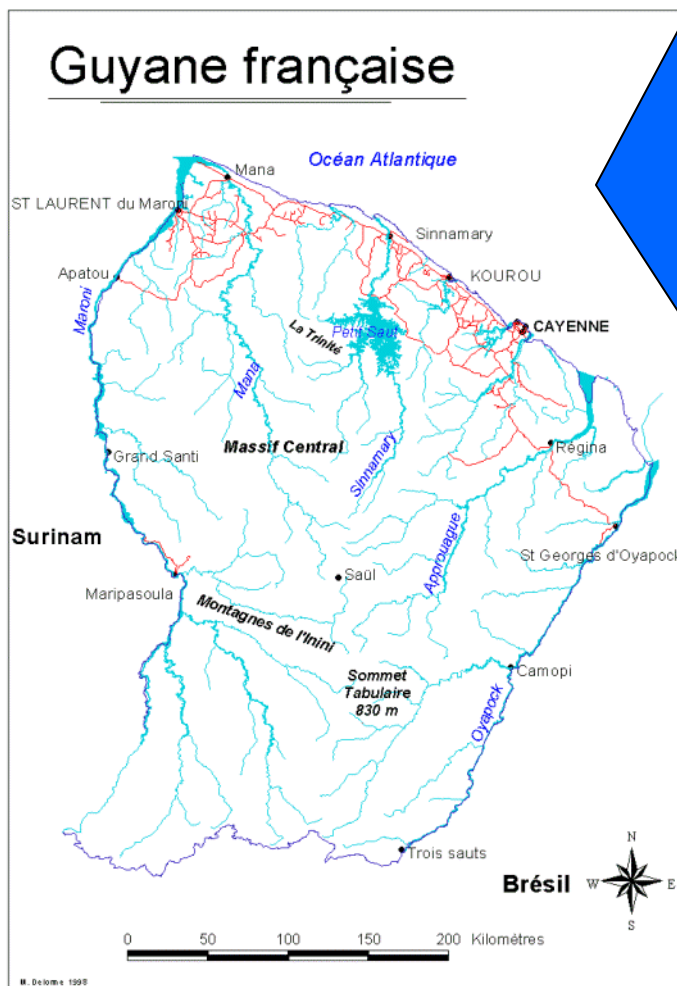
La Guyane française est située au Nord de l'Amérique du Sud entre 2° et 6° de latitude Nord et entre 51° et 54° de longitude ouest ; elle est limitée au nord-ouest par le fleuve Maroni, au sud-est par l'Oyapock et au nord par l'océan Atlantique (Figure 1). Les frontières de la Guyane s'étendent sur 673 km au SE avec le Brésil et sur 510 km au NO avec le Suriname ; sa façade atlantique est de 378 km. Elle occupe environ 91 000 km², dont 89 150 km² de terre ferme (atlas des DOM). La population de Guyane est évaluée à 163 000 habitants et se concentre à plus de 90% sur la bande côtière ; c'est le département français le plus faiblement peuplé. Les neuf dixièmes de la superficie du pays sont occupés par la forêt équatoriale, le reste étant le domaine des marais, des savanes et de la mangrove.

Le relief de pénéplaine constitué de collines ou de crêtes séparées par des vallées, ne représente que 6% d'une unité géographique et géologique plus vaste : le bouclier guyanais. Il est constitué d'un ensemble de roches cristallines précambriennes, de sillons de roches vertes volcano-sédimentaires séparés par des grands ensembles granito-gneissiques (Testard & Pequignot, 1986). Le département est composé de "Terres Hautes" (94%) et de "Terres basses" (précambrien) séparées au nord par une chaîne montagneuse (quaternaire). Le point le plus élevé est la Montagne de Bellevue de l'Inini (851 m). La bordure atlantique est couverte de terrains marins tertiaires et quaternaires qui proviennent de l'érosion de la cordillère des Andes et de la chaîne caraïbe.

Le plateau continental, d'une surface de 48 000 km² s'étend jusqu'à 80 milles au large; il est limité dans sa partie côtière par un littoral de terres basses et dans sa partie océanique par une rupture de pente entre -100 et -120 m (Bertrand, 1994). Sa plate-forme est régulière avec une très faible déclivité (0.6-0.7 m/km), ce qui est favorable au stockage de sédiments (Turenne, 1979).



(a)



(b)

Figure 1 : Cadre géographique (a) et hydrologique (b) de la Guyane française.

1.1.2 Climat

Le climat de la Guyane française est du type équatorial humide avec deux saisons déterminées par le cycle de précipitations : une saison des pluies (de janvier à juillet), entrecoupée par une courte période d'étiage (petit été de mars-avril) et une saison sèche (de juillet à décembre) (Figure 2). Il est caractérisé par une température moyenne annuelle de 26°C à 28°C, une pluviométrie moyenne de 2000 à 4500 mm.an⁻¹ induisant plus de 80% d'humidité.

La Guyane est soumise à des variations saisonnières rythmées par les passages de la Zone Intertropicale de Convergence (ZIC) et par l'influence des alizés du NE et du SE. La ZIC représente une bande de basses pressions de 10 à 100 km de large. Elle forme des perturbations d'air chaud et humide instable, qui se déplacent entre 15°N et 3°S. Les alizés de NE prédominent entre décembre et mai avec des averses modérées à fortes lorsque la ZIC est au sud de la Guyane. Lorsque la ZIC remonte et stationne sur le pays, elle est d'abord inactive (petit été de mars-avril) puis évolue vers une période d'averses abondantes. Le régime des alizés SE donne ensuite un beau temps, clair et sec, entre août et novembre. La ZIC se trouve alors au nord de la Guyane.

La pluviométrie présente un intérêt tout particulier pour la présente étude et nous allons détailler le phénomène de 1996 à la fin de 1998. La moyenne des précipitations, mesurée depuis 1950 sur Cayenne, est de 2928 mm ; la figure 2 présente les moyennes mensuelles de référence et celles couvrant les années de l'étude (1996, 1997 et 1998).

L'année 1996 peut être considérée comme une année typique sur la majeure partie de la Guyane à l'exception d'un excédent observé sur l'extrême nord-ouest (3760 mm). Le mois de janvier fut celui le plus pluvieux et le plus sec fut septembre (Figure 2). La température moyenne a varié entre 26.5 °C et 28.2 °C avec des valeurs maximales enregistrées près de Cayenne (à l'aéroport de Rochambeau) en janvier et en juin (31.6°C et 32.9°C). La durée annuelle d'ensoleillement a varié entre 1632 h à St Georges et plus de 2400 h à Cayenne-Suzini ; elle reste cependant déficitaire de 3 à 7 % par rapport à la moyenne dans l'ensemble du département (Anonyme, 1996).

En 1997, la météorologie en Guyane a été comparable à celle de l'année 1976 où la saison des pluies fut la plus intense depuis 1949 et la saison sèche particulièrement aride. La pluviométrie a été comprise entre 1656 mm et 4248 mm. Janvier a été le mois le plus pluvieux avec des précipitations allant de 300 à 900 mm suivant les régions ; septembre a été le mois le

plus sec avec des précipitations comprises entre 0 et 45 mm. La température moyenne, qui a varié entre 26.6 et 28.2°C, a été supérieure aux moyennes annuelles de référence avec des maxima de 30.0°C et 33.9°C (Mana). Les durées annuelles d'ensoleillement ont été de : 1679 h à St Georges et 2453 h à Cayenne-Suzini : elles étaient toutes excédentaires sur l'ensemble de l'année (Anonyme, 1997). En dépit de ces particularités, l'année 1997 reste une année proche de la normale.

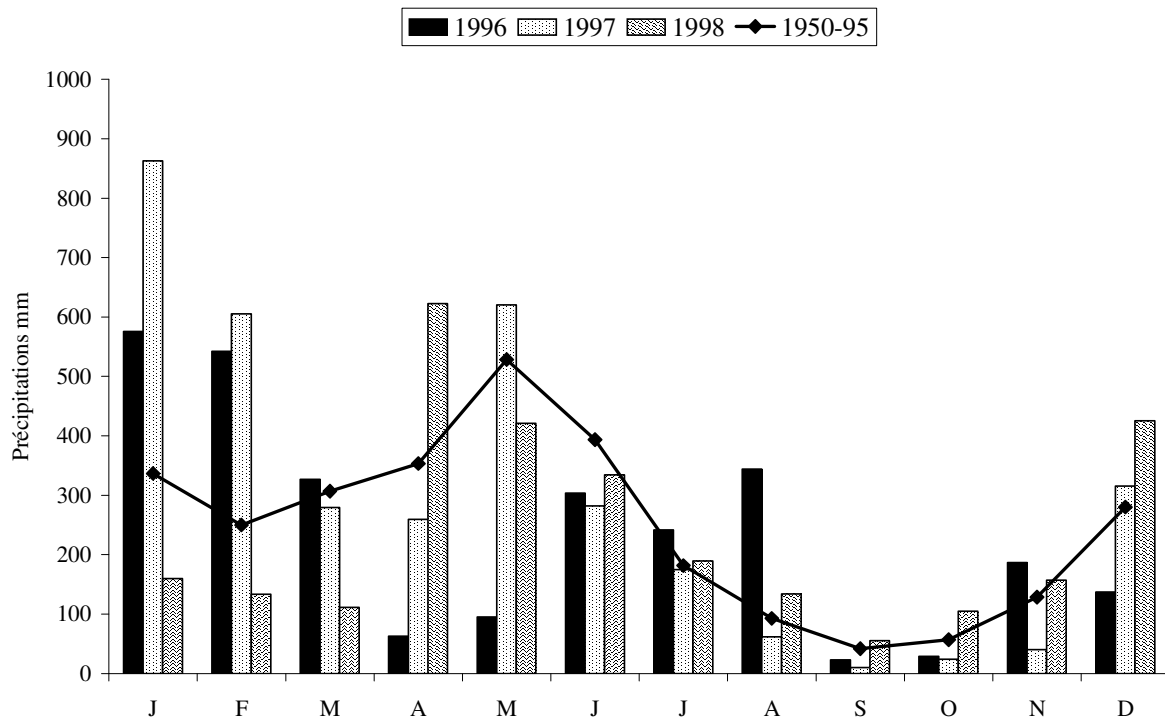


Figure 2 : Comparaison des précipitations moyennes mensuelles des années 1996, 1997 et 1998 et de la moyenne de référence 1950-1995 (données Météo France pour Cayenne).

Les deux premiers mois de l'année correspondent habituellement à 19 % du total des pluies annuelles. Pour les trois premiers mois de l'année 1998, le déficit a cependant atteint presque 50 %. Ce déficit n'a jamais été totalement comblé et l'année s'est achevée avec un peu moins de 90 % des précipitations normales. La pluviométrie a été comprise entre 1270 mm et 3329 mm. Les températures moyennes ont varié entre 26.2°C et 28.8°C (écarts compris entre 0.9 et 1.7°C), avec un minima de 21.3 et un maxima de 33.8°C. Les durées d'ensoleillement ont varié entre 1808 h (St Georges) et 2530 h (Cayenne-Suzini), avec un léger déficit de l'ordre de 4 à 9 % par rapport aux moyennes de référence.

La sécheresse de 1997 s'est prolongée en 98 ; elle est étroitement liée à la manifestation du phénomène El Niño qui a affecté les conditions météorologiques sur

l'ensemble du globe. 1998 a connu une longue période de sécheresse entrecoupée de précipitations importantes en avril et mai, mais insuffisantes pour assurer une pluviométrie normale sur l'année (Anonyme, 1998).

1.1.3 Hydrologie

Le réseau hydrographique de la Guyane comporte un bassin de drainage très dense (Figure 1) dû à l'abondance des précipitations et à l'imperméabilité de la plupart des roches. Il résulte d'une faible déclivité fréquemment entrecoupée par des barrages rocheux ("sauts"). En raison du climat (équatorial de transition australe), la période des crues apparaît de décembre à mai et la décrue de mai à novembre.

L'étude du réseau hydrologique en Guyane a commencé vers 1950. Entre 1953 et 1962, onze stations étaient opérationnelles. Un réseau de base a été constitué durant cette période afin d'aboutir à une synthèse sur les régimes hydrologiques du département. Actuellement, ce réseau comporte 14 stations réparties sur les bassins des fleuves Maroni (4), Mana (1), Sinnamary (4), Mahury (2), Approuague (2) et Oyapock (1) (Vauchel *et al.*, 1995). Le tableau 1 présente le débit des principaux fleuves de Guyane ainsi que celui de l'Amazone à titre de comparaison.

Tableau 1 : Caractéristiques hydrographiques des principaux fleuves de Guyane et de l'Amazone (source IRD Cayenne, 1994).

Fleuves	Bassin Versant (Km ²)	Longueur (Km)	Débites (m ³ .s ⁻¹)
Maroni	65 830	520	1 840
Oyapock	26 860	370	897
Mana	12 090	430	377
Approuague	10 250	270	369
Sinnamary	6 565	262	288
Iracoubo	1 480	140	100*
Counamama	945	90	45*
Amazone	7 000 000	6 275	1 750 000

* estimations

Les eaux des fleuves de Guyane française se placent parmi les moins minéralisées du globe (Roche *et al.*, 1974). Le tableau 2 présente les moyennes des quelques paramètres physico-chimiques des eaux des rivières guyanaises, près de l'embouchure en dehors de l'influence marine (Anonyme, 1975).

Tableau 2 : Caractéristiques physico-chimiques et teneurs en éléments (mg.L⁻¹). Les teneurs en NH₄⁺, NO₃⁻, NO₂⁻ sont toujours inférieures à 0.05, 0.10 et 0.01.

Rivières	T°C	pH	C	S	Fe ⁺³	Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₃ H ⁻	PO ₄ ⁻	SiO ₂
Oyapock	-	6.2	28.0	11.7	0.19	0.15	0.64	0.47	2.6	1.0	5.17	0.32	(3.50)	0.09	14.2
Approuague	26.6	6.6	19.1	15.1	0.23	-	0.6	0.49	2.9	0.7	4.27	(0.30)	5.79	<0.05	12.0
Mahury	25.4	6.2	19.4	15.2	0.21	-	0.57	0.55	3.3	0.5	3.92	(2.26)	4.78	<0.05	4.9
Sinnamary	25.2	6.8	19.4	15.0	0.15	0.12	0.48	0.47	2.8	0.6	4.87	0.2	5.75	<0.03	9.7
Mana	26.4	7.3	33.3	21.1	0.28	0.83	0.76	0.75	4.1	1.4	5.29	0.59	8.17	0.2	26.6
Maroni	27.5	6.9	21.8	19.7	0.15	0.05	0.7	0.6	3.1	1.2	4.95	0.16	8.99	0.06	17.8
Kourou	-	6.0	33.9	-	0.38	-	1.2	0.51	2.85	0.6	4.1	0.9	4.1	-	-
Kourou*	-	8.1	-	-	0.05	-	243	1017	8177	410	14.87	2017	97.7	-	-

*Estuaire du Kourou (Roche, 1977).

1.1.4 Océanographie du plateau continental

L'origine et la circulation des eaux sur le plateau continental de Guyane sont sous l'influence directe de la circulation océanique dans l'Atlantique équatorial et des apports de l'Amazonie (Figure 3).

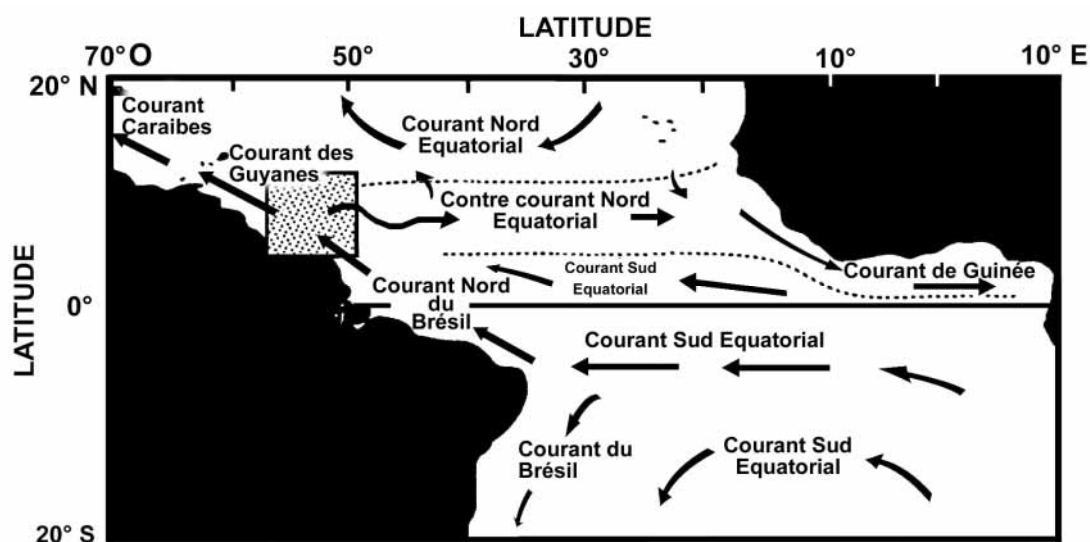


Figure 3 : Illustration schématique des courants en surface de l'océan Atlantique tropical Ouest (d'après Richardson & Walsh, 1986).

La circulation maritime est liée aux mouvements des alizés et à la position de la ZIC. Le courant sud-équatorial venant de l'Afrique se divise en deux à proximité du cap São Roque : une partie va vers le NO (Courant Nord du Brésil, CNB) et l'autre vers le sud (courant du Brésil, CB). Le CNB gouverne l'ensemble du système ; de janvier à juillet, il se dirige vers le NO et se prolonge par le courant des Guyanes (CG) avec une vitesse maximale de 2 m.s^{-1} (Richardson & Reverdin, 1987). D'août à septembre, le CNB connaît une retroflexion (Müller-Karger *et al.*, 1988) vers le NO par l'action des alizés et par l'aspiration du contre courant nord équatorial (Figure 4). Au cours du premier semestre, le CG est soumis à un flux permanent de direction SSE-NNO entraînant les apports d'eaux douces des fleuves de Guyane et principalement de l'Amazone ; au cours du second semestre, les vents sont plus faibles, la mer calme et la vitesse du CG se voit diminuée (Prost, 1990).

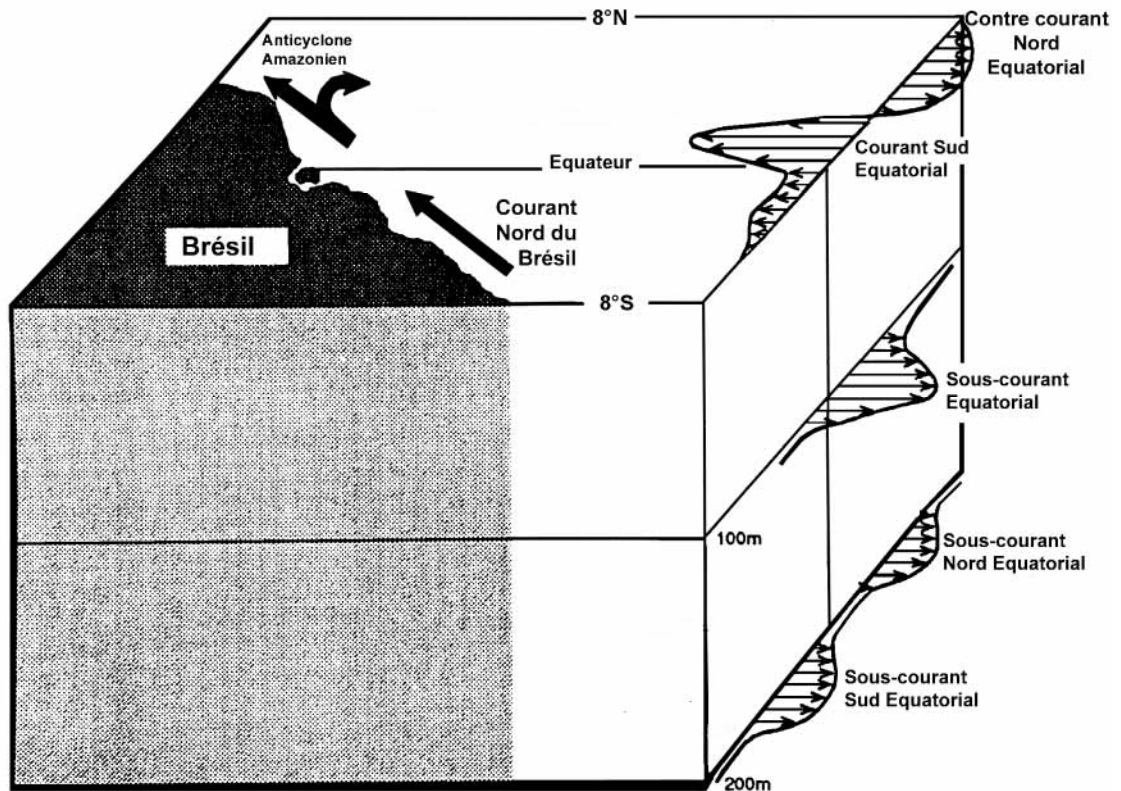


Figure 4 : Représentation schématique de la circulation des masses d'eau dans l'océan atlantique tropical d'après Philander & Pacanowski (1986) In Wilson *et al.*, 1994.

L'Amazone est le plus grand fleuve du monde et déverse $6.3 \times 10^{12} \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$ d'eau douce et $1.3 \times 10^9 \text{ t} \cdot \text{an}^{-1}$ de sédiments dans l'Atlantique (Meade *et al.*, 1979). Le pic maximum de décharges sédimentaires (février-mars) précède le débit maximum (mai-juin) ; le débit minimum est en octobre-novembre (Oltman, 1968 ; Richey *et al.*, 1986 ; Nittrouer *et al.*,

1991). L'Amazone apporte environ 20% de l'eau fluviale dans l'océan mondial. Son action se fait sentir au-delà de la mer des Caraïbes, principalement, pendant l'hiver boréal (Prost, 1990). Son estuaire est le siège d'un bouchon vaseux (80 % de vase et d'argile - Gibbs, 1967, 1977) entretenu par l'hydrodynamisme. La concentration des particules en suspension fluctue avec la marée : elle est plus stratifiée en mortes-eaux. La fraction mobile de cette vase peut varier selon la marée entre 10-100 mg.L⁻¹, les valeurs les plus fortes correspondant aux périodes de courants maxima (55 cm.s⁻¹ - Kineke & Sternberg, 1995) qui induisent une forte resuspension. La portion qui excède 100 mg.L⁻¹ contient des salinités et des températures distinctes dans la colonne d'eau. Dans ce panache, les eaux dessalées de l'Amazone sont de bons marqueurs par rapport aux masses d'eau du large (> 36 ‰) (Geyer, 1995 ; Geyer & Kineke, 1995). Le courant des Guyanes, qui agit sur une bande de 150 à 200 km de large, entraîne environ 20 % du total des sédiments déchargés par l'Amazone (Eisma *et al.*, 1991), dont 1 % se déposerait sur les côtes de la Guyane.

1.1.5 Sédimentologie et géomorphologie littorale

La plaine côtière de la Guyane présente une morphologie caractéristique de sédimentation estuarienne et marine, avec progression de la côte et colmatage. Les sédiments ont une double provenance : les sables d'origine locale proviennent du socle précambrien affleurant dans la région, et les argiles sont de souche amazonienne. La composition des sédiments est directement liée aux mouvements du niveau de la mer. Pendant son élévation au Quaternaire, les dépôts hétérogènes se mettent en place en eaux saumâtres (sables, argiles marines bleues à gris-bleu riches en matières organiques, recouvertes d'une couche de tourbe acide). Lors de la stabilisation du niveau marin au cours des derniers millénaires, les vases argilo-limoneuses se sont accumulées le long du rivage, toujours en progression. La plaine côtière des Guyanes possède trois unités morphologiques : la plaine côtière ancienne (barres sablo-argileuses à savanes et à marécages subcôtiers), la plaine côtière récente (argiles marines intercalées de cordons sableux - cheniers), et le socle précambrien (forêt dense humide) ou bouclier guyanais (atlas des DOM).

La sédimentation fine provient de l'Amazone. Celle-ci forme, sur les côtes de Guyane, des bancs de vase d'une longueur de 20 à 40 km qui se déplacent à une vitesse moyenne de 1 km.an⁻¹ vers le nord-ouest. L'essentiel du phénomène s'arrête près du delta de l'Orénoque, mais une petite partie des bancs traverse le golfe de Paria vers le nord du Venezuela (Eisma *et*

al., 1978 ; Milliman *et al.*, 1982). Le tracé du rivage résulte d'un phénomène d'interface océan-continent, conditionné par la houle incidente SE et l'onde réfléchiée par la côte (Bertrand, 1994). Les dépôts récents sont constitués d'illite (33 %), de chlorite (13 %), d'argile andine et de kaolinite (28 %) et smectite (26 %) issus des llanos (basses terres du bassin amazonien) et du bouclier guyanais (Pujos *et al.*, 1995).

Les côtes basses et marécageuses des Guyanes sont caractérisées par des changements morphologiques considérables à court et à moyen termes résultant de la dispersion des rejets amazoniens (Figure 5). Quelques observations faites sur la côte montrent que les dépôts (0.5 à 4 cm.an⁻¹) se font entre janvier et juin, sous l'action des alizés, période où les concentrations en matières particulaires sont les plus élevées. Ces vases sont ensuite remises en suspension par les courants de marée et par les vagues qui les fluidifient ; les concentrations peuvent alors dépasser les 10 g.L⁻¹ (Well, 1983).

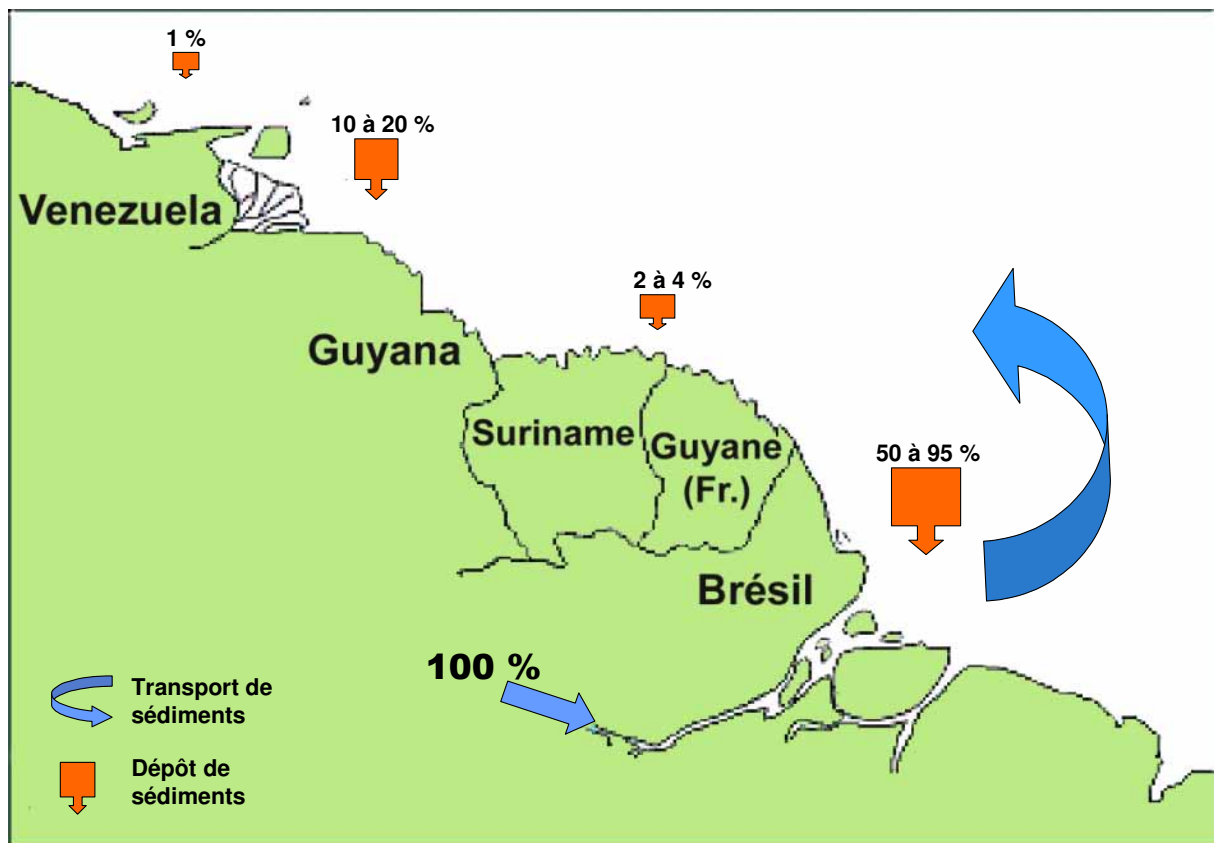


Figure 5 : Situation générale du système de dispersion amazonien. (d'après Charron *et al.*, 1997).

Ces changements morphologiques favorisent, d'une part, une progradation (Figure 6A) de la côte et la colonisation d'une végétation de mangrove (*Avicennia*) et d'autre part, l'installation des zones interbanco (Figure 6B) occupées, soit par la mangrove en recul

(érosion), soit par des cheniers (Figure 6C). Les périodes d'accrétion et d'érosion sont égales sur environ 30 ans, reflétant la migration des bancs (Eisma & Van Der Marel, 1971). Au deuxième semestre, une partie peut être transportée en direction du NO.

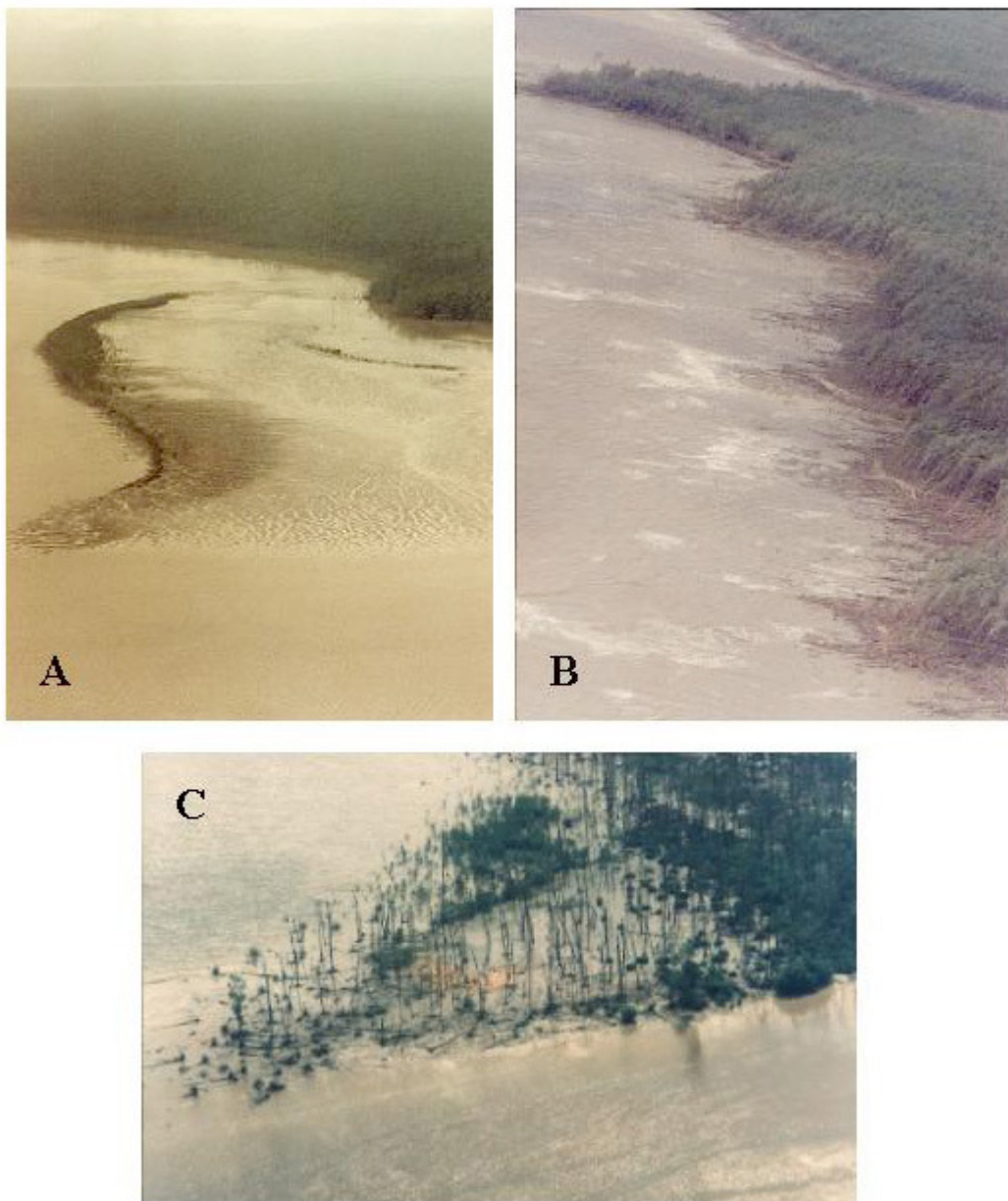


Figure 6 : A) Zone de progradation avec le début de la colonisation de la mangrove (estuaire de Kaw), B) Zone d'érosion sur les arbres en front de mer (estuaire de Karouabo), C) Formation de cheniers (estuaire du Sinnamary).

Djuwansah *et al.* (1990) ont effectué cinq carottages dans les dépôts littoraux de la Guyane. L'un, notamment, d'une profondeur de 11.9 m, a été foré dans le Marais Leblond, au bord de la Rivière de Cayenne. L'étude morphologique de cette carotte montre que les

couches superficielles ont une couleur gris foncé devenant gris en profondeur. La partie superficielle est un sédiment très fin (plus de 50 % des particules sont de taille inférieure à 2 µm), argilo-limoneux, non structuré et son épaisseur est d'environ 2.5 m. En profondeur, la structure est stratifiée avec des alternances de lits sableux et de lits de matière organique. Ces auteurs ont constaté tout au long du sondage, des alternances de sables avec des associations typiques qui seraient d'origine amazonienne. De plus, la proportion de kaolinite, à peu près comparable à celle de l'association smectites/interstratifiés, montre qu'il y a eu, respectivement, des périodes de dépôts où l'influence continentale était prédominante et des périodes de dépôts influencées par les courants marins. Les caractères granulométriques de ce sondage montrent donc que ces dépôts (en zone calme) sont soumis à l'influence des courants côtiers et de la marée.

1.1.6 Végétation littorale

Les neuf dixièmes du territoire de la Guyane sont occupés par la forêt humide. Le reste est le domaine des savanes, des marais (3 000 km²) et mangroves (500 km²) (Granville, 1986). Les conditions climatiques, sédimentologiques et humaines sont favorables au développement de la mangrove entre les fleuves Oyapock et Maroni : l'alluvionnement est important même si la dynamique est forte. Le bilan entre les surfaces néoformées et les secteurs érodés s'est sensiblement équilibré (Blasco, 1991). L'amplitude thermique est faible ; la pluviosité et le débit des cours d'eau sont relativement réguliers. La pression anthropique est peu marquée, à l'exception des zones périurbaines (Cayenne, Kourou) et rizicoles (Mana) (Fromard *et al.*, 1996).

La mangrove côtière est constituée par les espèces suivantes :

- *Laguncularia racemosa* Linnaeus qui se trouve en situation pionnière en front de mer ainsi qu'en situation ripicole, sur une frange de 3 à 4 m, dans les bas estuaires. Ceci confirme le caractère héliophile de l'espèce ;
- *Rhizophora racemosa* (G. Meyer) Leachman se rencontre en situation ripicole dans les hauts estuaires et le long des criques subissant le marnage des marées. Il peut se retrouver également à l'intérieur des mangroves s'il existe des apports d'eau douce ;

- *Avicennia germinans* Linnaeus est le palétuvier dominant des mangroves de Guyane. Il constitue, le long de la côte, des formations souvent monospécifiques, de 25 à 30 m de hauteur pour les faciès adultes (Betoulle, 1998).

En ce qui concerne l'évolution ultime de la mangrove, les palétuviers (en zone d'estuaire) *Rhizophora racemosa* et *Avicennia germinans*, vont disparaître progressivement, pour laisser la place aux palmiers pinot (*Euterpe oleracea* Martius) auxquels vont se mêler des arbres d'eau douce comme *Symphonia globulifera* Linnaeus, *Virola surinamensis* (Rolander) Warburg. Ce type d'arrière mangrove s'observe à Kaw mais aussi dans l'île de Cayenne et à proximité de l'aéroport de Rochambeau.

La disparition de la mangrove peut s'effectuer beaucoup plus brusquement selon une ligne très droite, à cause de variations brutales le plus souvent édaphiques (avec formation d'un chenier) ou topographiques. La mangrove laisse alors la place à un marais à *Montrichardia arborescens* (Linnaeus) Schoot comme à Tonate, à *Typha angustifolia* Linnaeus (Kourou et environs de Cayenne), à une formation herbeuse périodiquement inondée ou subsiste des îlots de *Rhizophora racemosa* en formation dense et basse (route de l'Anse, Organabo), à des lagunes d'eau saumâtre avec une végétation flottante composée de Cyperaceae (Pointe Isère, Sinnamary), à une forêt marécageuse plus ou moins basse à *Pterocarpus officinalis* Jacquin (dignes de Corossony, crique Malmanoury ou Karouabo) ou encore à une végétation anthropisée sur cordon sableux (Counamama, Iracoubo, Brigandin) (Betoulle, 1998).

Les marais à végétation herbacée sont les formations les plus importantes de la plaine récente lorsque la tourbe est épaisse, dominées par des Cypéracées ou par des fougères ; on trouve des arbres comme *Chrysobalanus icaco* Linnaeus et *Pterocarpus officinalis*.

Les forêts marécageuses prédominent lorsque la couche de tourbe est mince. Elles sont caractérisées par des espèces comme *Virola surinamensis*, *Symphonia globulifera* et surtout par le palmier *Euterpe oleracea*. Dans les marais ou le long des berges des fleuves on note la présence de *Montrichardia arborescens* et du palmier *Mauritia flexuosa* Linnaeus. La végétation des plages actuelles est formée d'herbes rampantes à pouvoir colonisant important (*Ipomea pes-caprae* Sweet, *Canavalia maritima* (Aublet) Thouars, etc.) (Granville, 1990).

1.1.7 Caractéristiques des estuaires

Plusieurs définitions ont été données pour caractériser un estuaire (Nixon, 1980 ; Nixon *et al.*, 1984 ; Odum, 1983 ; Riaux-Gobin, 1987 ; Blasco, 1991). L'estuaire est la terminaison d'un cours d'eau par un seul bras, ayant plus au moins une forme d'entonnoir. En général, ce type d'embouchure est constitué par une masse d'eau semi-fermée qui possède une liaison avec la mer et qui est protégé par un type de barrière (cordon sableux, récifs coralliens, banc de vase). Day & Yáñez-Arancibia (1985) en présentent les caractéristiques physiques et écologiques :

- il y a un apport d'eau douce qui transporte des matériaux dissous et en suspension ;
- ceux-ci sont sous l'influence de la marée ;
- la pente est généralement faible et l'influence des turbulences de surface est forte ;
- la circulation des eaux est complexe et fortement affectée par les vents, les débits des fleuves, les courants de marée et la géomorphologie ;
- ce sont des zones d'évolution géomorphologique rapide, hautement productives, écologiquement complexes et stables.

En Guyane, la dynamique côtière est à l'origine de la déviation vers le NO d'un certain nombre d'estuaires. La pente, faible sur la bande côtière, permet une intrusion saline très loin en amont de l'estuaire, ce qui approfondit le lit des fleuves : les profondeurs peuvent atteindre 10 m avant la barre vaseuse, alors qu'au-delà elles sont parfois inférieures à 1 m.

La côte vaseuse et les estuaires sont le domaine des mangroves. C'est l'un des écosystèmes les plus mal connus sur le plan de la dynamique et du fonctionnement. Depuis les années 70, on note quelques publications concernant la biomasse, la productivité, la décomposition de la litière et autres paramètres permettant de caractériser la dynamique de cet écosystème (Lugo & Snedaker, 1974 ; Pool *et al.*, 1977 ; Christensen, 1977, 1978 ; Woodroffe, 1985 ; Mall *et al.*, 1991 ; Betouille, 1998). Les feuilles ou les fruits des palétuviers sont consommés par peu d'espèces d'herbivores ; la majeure partie de la matière organique circule sous la forme de détritiques après décomposition et fragmentation du matériel végétal (Rojas-Beltran, 1986). Ces particules sont constituées des molécules organiques adsorbées sur différents supports tels que des débris végétaux ou des polymères humiques (Nissebaum *et*

al. 1975). A tout ce matériel détritique, s'ajoute une importante quantité de matière vivante (phytoplancton, zooplancton, etc.).

Les estuaires à mangroves présentent les traits d'un écosystème soumis à des contraintes environnementales fortes, à savoir une diversité spécifique faible et une forte productivité. L'excédent de la production organique est utilisé par de nombreux organismes marins, notamment des poissons et des crustacés, qui vivent dans la mangrove au stade juvénile (Saenger & Bellan, 1995). En Guyane, la pêche crevettière représente l'une des premières ressources commerciales (environ 4 000 tonnes) (Dinther & Rose, 1986).

1.2 PRÉSENTATION DES SITES D'ÉTUDE

Plusieurs fleuves de Guyane française ont fait l'objet d'études hydrologiques et biologiques (Anonyme, 1967, 1978, 1986 ; Audige, 1986 ; Bellesort & Martin, 1968 ; Berthois & Hoorelbeck, 1968 ; Brugière, 1968, 1971 ; Charron & Lointier, 1990 ; Choubert & Boyé, 1959 ; Humbel, 1989 ; Jouanneau & Pujos, 1987, 1988a, 1988b ; Lhomme 1990, 1991, 1994 ; Lhomme *et al.*, 1992 ; Lointier, 1986, 1990, 1993 ; Nogues, 1984 ; Ponton & Tito de Morais, 1994 ; Pujos *et al.*, 1986, 1988 ; Roche *et al.*, 1974 ; Tito de Morais, 1993 ; Tito de Morais & Tito de Morais, 1994 ; Travassos, 1994). Les plus étudiés ont été le Mahury, la rivière de Cayenne (aménagements portuaires) et le Sinnamary (construction du barrage de Petit Saut). Les conséquences hydrodynamiques de l'action de ces fleuves n'ont que peu d'effets à l'échelle du plateau continental de la Guyane. C'est au niveau des estuaires que l'hydrodynamique fluviale joue un rôle prépondérant là où s'affrontent les ondes fluviales et les ondes marines. Ainsi, la plupart des cours d'eau côtiers présentent un coin salé : plus actif en vives-eaux avec la remise en suspension et charriage des sédiments, et plus stratifié en mortes-eaux.

Les données marégraphiques proviennent d'une part du Service Hydrographique de la Marine (SHOM), aux Îles du Salut, et d'autre part d'enregistrements limnigraphiques réalisés par Lointier, en 1990, dans l'estuaire du Sinnamary avant la mise en service du barrage de Petit Saut. Ce limnigraphe était situé à la Roche de Brigandin (sémaphore). Aux Îles du Salut, le graphe des niveaux est symétrique par rapport à la cote de 1.92 m. En revanche, on observe près du sémaphore une forte dissymétrie entre les niveaux de marée haute et de marée basse. La figure 7 montre l'effet de l'amortissement des ondes aux Îles du Salut et de l'estuaire du Sinnamary et la figure 8 montre les vraies hauteurs en superposition.

Selon Vauchel (1995), la diminution d'amplitude se fait par une sorte de troncature par le bas ; les niveaux de marée haute restent assez semblables à ceux observés aux Îles du Salut, tandis que l'amplitude de marée basse semble limitée. En effet, lors des basses mers de vive-eau, la faible profondeur au niveau de l'embouchure ne permet pas de descendre au-delà d'une certaine limite déterminée par le rapport entre le débit et la section. Dans ces circonstances, la profondeur du fleuve n'est plus contrôlée uniquement par la marée mais également par la géométrie de son lit. Ceci a permis de calculer le décalage de niveau entre les marées hautes mesurées sur l'Île Brigandín (sémaphore) et aux Îles du Salut : il convient d'enlever 191 cm aux cotes lues sur le limnigraphe du sémaphore pour retrouver des hauteurs aux Îles du Salut.

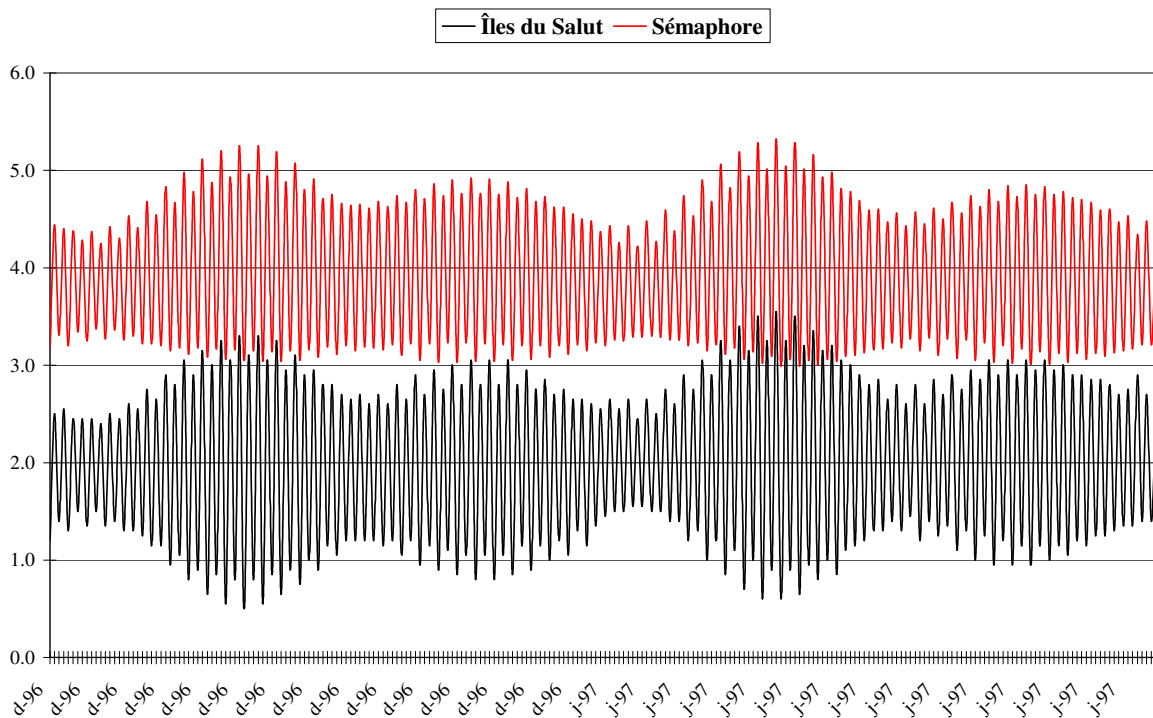


Figure 7 : Présentation des hauteurs d'eau journalières enregistrées aux Îles du Salut et à l'estuaire du Sinnamary, entre décembre 96 et janvier 97.

Les marées sont du type semi-diurne avec une amplitude comprise entre 1.2 et 2.8 m, pour les Iles du Salut et entre 2.9 et 5.4 pour l'estuaire du Sinnamary.

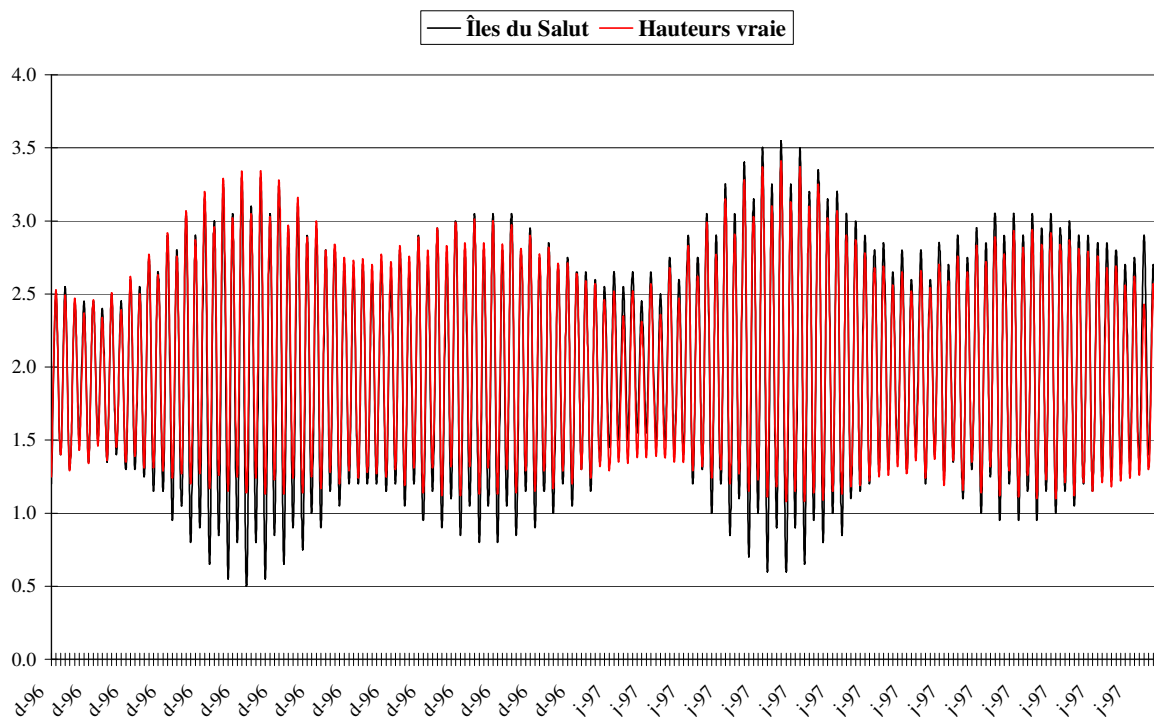


Figure 8 : Superposition des valeurs journalières, des vraies hauteurs d'eau à l'estuaire du Sinnamary (en rouge) et des Îles du Salut, entre décembre 96 et janvier 97.

L'asymétrie de l'onde de marée provoquée par sa rencontre avec les eaux du fleuve, a pour effet d'augmenter la durée du jusant par rapport à celle du flot, cet effet étant plus prononcé aux marées des vives-eaux. Le temps séparant l'heure de la pleine mer et l'heure de la renverse effective des courants de flot et de jusant (entre une et deux heures) est indépendant du coefficient de marée, à certaines périodes de l'année. Les renverses de courant s'effectuent sur une même verticale de manière asynchrone : selon l'heure de l'étale de la basse mer, les courants du flot s'activent par le fond tandis que le jusant est encore établi en surface. Quelle que soit la saison, les vitesses durant le jusant sont plus élevées en surface par rapport au fond ; par contre, pendant le flot, les vitesses sont très rapprochées aux deux niveaux (Lointier, 1990).

La figure 9 présente l'évolution saisonnière des moyennes pluviométriques. Selon Boyé (1982), en multipliant les températures moyennes mensuelles par 4, on obtient ainsi la courbe de pluviométrie qui délimite les saisons, pour les régions équatoriales. D'une manière générale, décembre 96 et juillet 97 sont des mois de transition entre les deux saisons ; en 1997, janvier, février, avril, mai, juin et décembre font partie des mois pluvieux et mars,

septembre, octobre et novembre font partie des mois d'été. 1997 reste une année normale en termes de pluviométrie, suivie d'une sécheresse en 98.

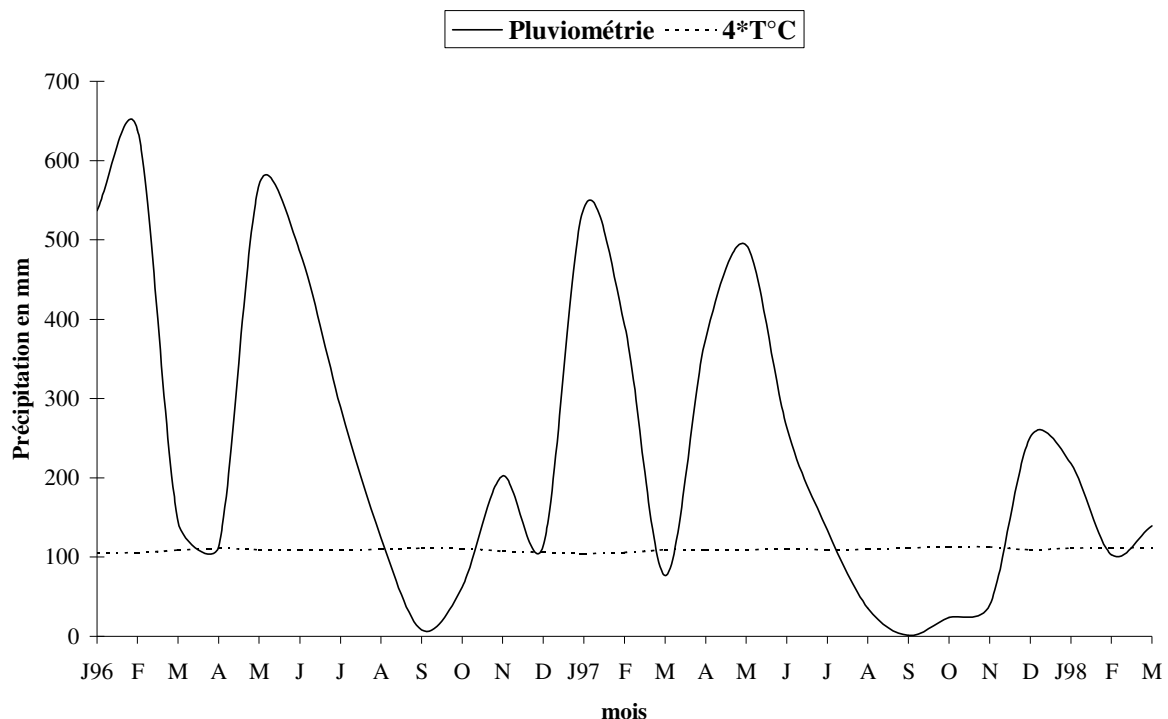


Figure 9 : Représentation des moyennes mensuelles pluviométriques (Cayenne) et d'un indice correspondant à quatre fois la moyenne mensuelle des températures ($4 \cdot T^{\circ}\text{C}$) entre janvier 96 et mars 98. Les moyennes de la pluviométrie situées en dessous des températures indiquent les mois de la saison sèche.

1.2.1 Estuaire de l'Iracoubo

Le fleuve Iracoubo rejoint la rivière de Counamama à 5 km de l'embouchure de l'estuaire ($5^{\circ}32'30''\text{N}-53^{\circ}16'14''\text{W}$) ; le bassin versant total est d'environ 2500 km^2 et le débit annuel est estimé à $150 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (Figure 10).

La mangrove côtière et celle des berges sont dominées par *Avicennia germinans* ; on retrouve également des espèces de *Rhizophora racemosa* et de *Laguncularia racemosa* mais en moins grand nombre. La végétation de mangrove s'étend sur 12 km en amont de l'estuaire, jusqu'au pont de la ville d'Iracoubo. On ne voit aucune apparition de cheniers proche de la berge et l'embouchure de l'Iracoubo est déviée vers le NO. Actuellement, il semble que l'estuaire soit en phase de progradation, avec tous les stades de développement d'une jeune mangrove et sans l'apparition des cimetières (arbres morts sur pied) de palétuviers.

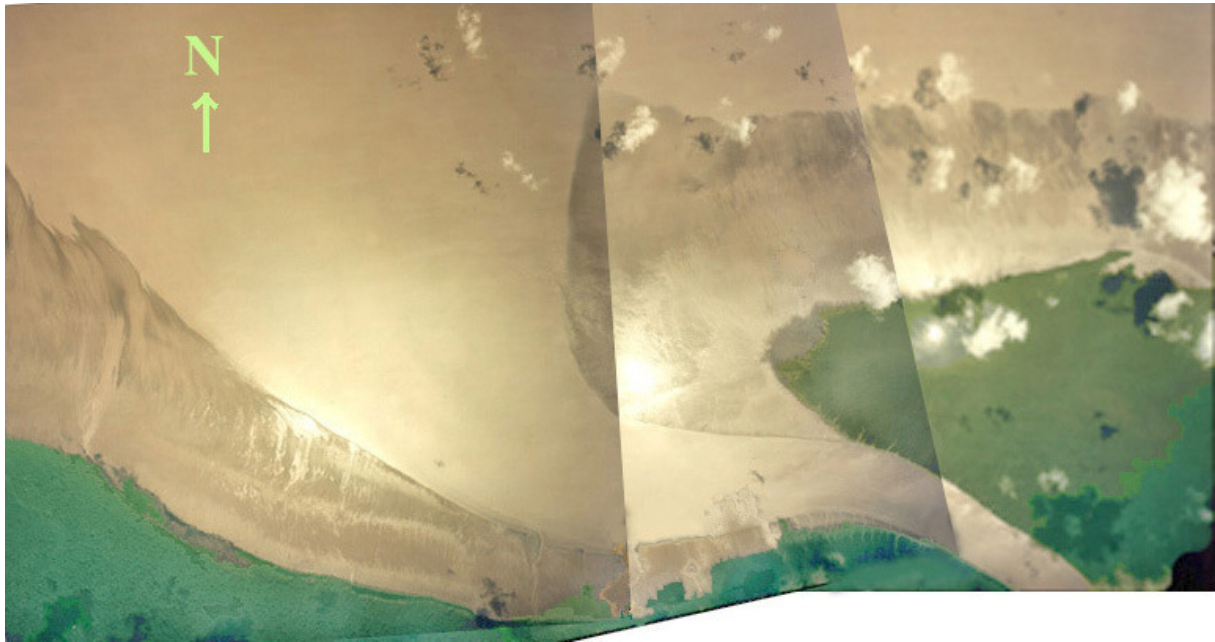


Figure 10 : Estuaire de l'Iracoubo (Source DDE, 1994).

La section moyenne de l'estuaire est de 1010 m² avec une largeur maximale de 460 m. La partie la plus profonde se trouve vers la rive droite, avec des bathymétries variant en moyenne entre 2.5 m en saison sèche et 4.5 m en saison des pluies. En amont, la pente reste douce : au confluent avec la rivière de Counamama, la profondeur varie entre 2.2 et 3.8 m tandis qu'au niveau du pont d'Iracoubo, elle oscille entre 3 et 5 m.

À l'estuaire, les vitesses du courant varient entre 0.6 (étiage) et 0.8 (pluie) m.s⁻¹, dépassant rarement 1.0 m.s⁻¹. Les vitesses du jusant sont plus fortes (0.9 m.s⁻¹) en moyenne pendant la saison des pluies et plus faibles (0.59 m.s⁻¹) que le flot (0.85 m.s⁻¹) en saison sèche.

En 1988, sept bancs de vase se trouvaient sur les côtes de Guyane française (Prost, 1988), dont celui de l'estuaire de l'Iracoubo. Ce banc de vase est supposé directement lié à celui du Sinnamary, car en cas d'érosion sur ce dernier, il y aura accumulation sur l'estuaire de l'Iracoubo.

1.2.2 Estuaire du Sinnamary

Avec 6565 km² de surface de bassin versant (annexe 3), le Sinnamary est le 5^{ème} fleuve de Guyane, avec un débit moyen annuel de 260 m³.s⁻¹. Son estuaire (5°26'23"N-52°59'46"W)

reflète diverses périodes de progradation et d'érosion avec une végétation de mangrove intercalée par des lignes de rivages assez nettes (Figure 11).

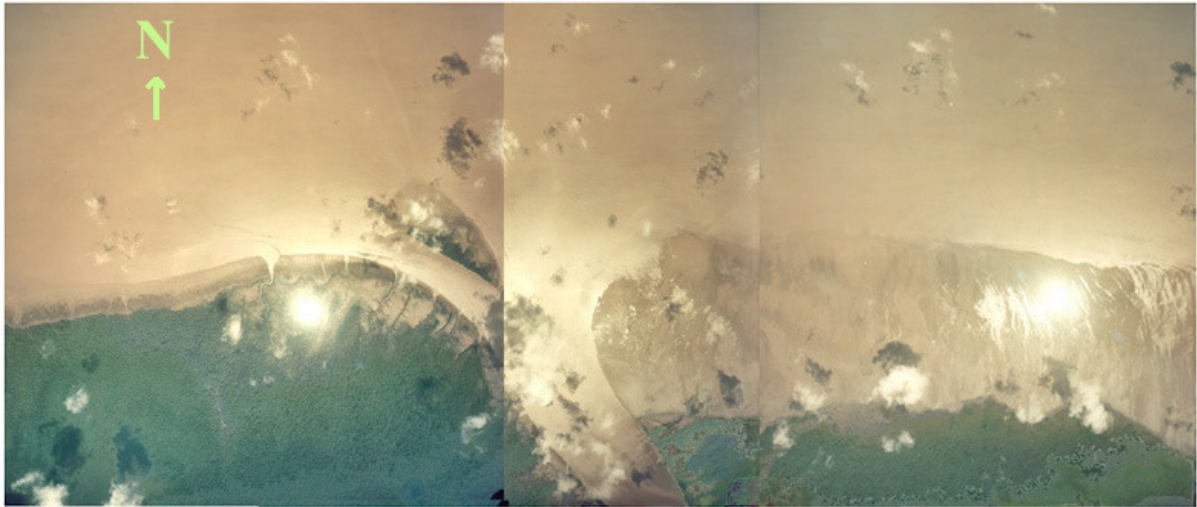


Figure 11 : Estuaire du Sinnamary (Source DDE, 1994).

La végétation de mangrove s'étend sur 5 km (canal Philippon) en amont de son estuaire. *Avicennia germinans* est en front de mer, tandis que *Rhizophora racemosa* se distribue sur les berges, ainsi que *Laguncularia racemosa*. Entre 5 km et 12 km en amont (pont sur la ville de Sinnamary), la végétation est mélangée avec des espèces de la forêt ripicole, telles que *Pterocarpus officinalis* et *Montrichardia arborescens*.

La section moyenne de l'estuaire est de l'ordre de 1830 m² avec une largeur maximale de 1100 m. La partie la plus profonde se trouve plus proche de la rive droite, avec une bathymétrie variant entre 1.8 et 3.2 m. Au niveau du canal Philippon, la profondeur atteint 6 m et au niveau du pont de Sinnamary (12 km en amont), elle est d'environ 10 m.

Les vitesses du courant à l'estuaire varient entre 0.7 (étiage) et 0.9 (pluie) m.s⁻¹, pouvant dépasser 1.0 m.s⁻¹. Quelle que soit la saison, les vitesses du jusant sont toujours supérieures à celles du flot en surface.

Les premières études effectuées sur le Sinnamary ont été réalisées en 1937 par le SHOM, sous la direction de Yayer (1937). Ce dernier a constaté qu'en 1763, l'estuaire se trouvait proche du cordon sableux holocène (canal Philippon) et que depuis, il s'était allongé de 6.5 km vers le NO. En 1987, une brèche ouverte sur la rive droite a donné naissance à une île actuellement en voie de disparition et a permis à la houle d'envahir et attaquer la mangrove de la rive gauche avec l'apparition de cimetières de mangroves et mise à nu de cheniers sur la rive droite (Charron *et al.*, 1997).

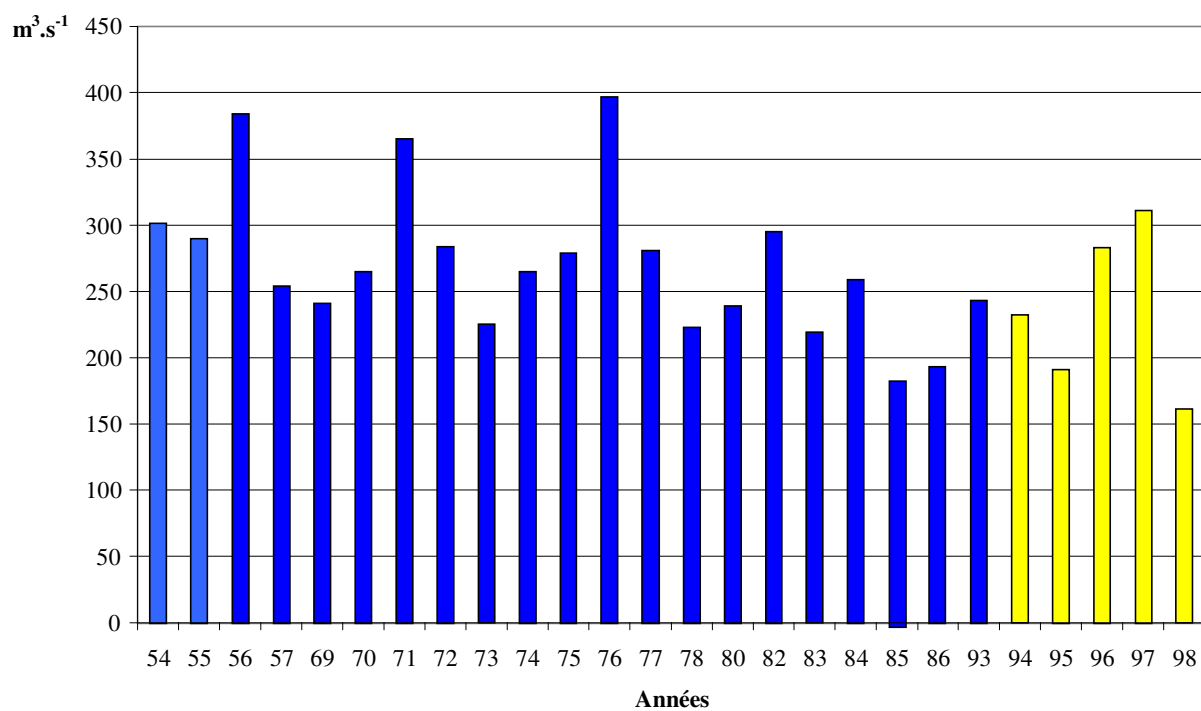


Figure 12 : Représentation du débit moyen annuel du fleuve Sinnamary avant (en bleu) et après (en jaune) la mise en eau du barrage de Petit Saut (Source EDF).

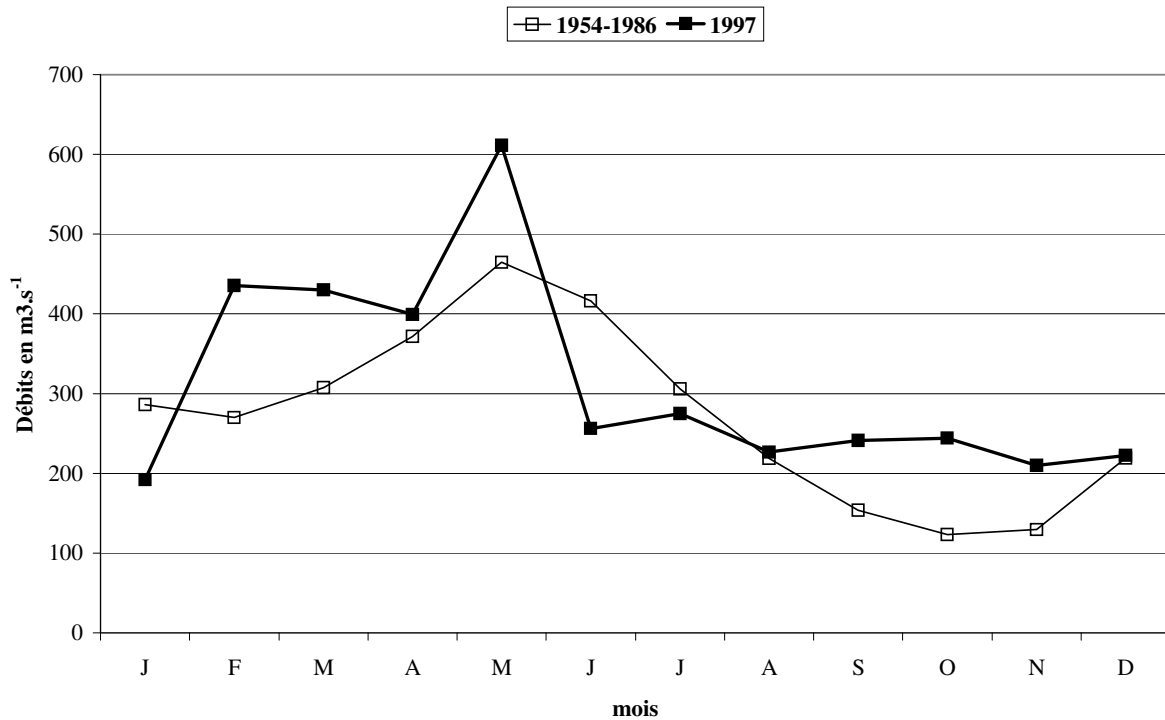


Figure 13 : Comparaison entre les débits moyens mensuels du fleuve Sinnamary avant (1954/1986) et après la construction du barrage (1996) dans le fleuve Sinnamary.

La figure 12 montre la variation du débit moyen annuel à la station Petit Saut Aval, avant la construction du barrage (1954 et 1986) et après sa construction (1994-1998). Le débit moyen total est de $260 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$; il ne diffère pas des valeurs observées actuellement, après la mise en eau du barrage d'EDF.

Il convient cependant de noter que le signal de marée, clairement ressenti avant le barrage a maintenant disparu et que le débit est devenu beaucoup plus stable alors qu'il variait auparavant (saison sèche) d'un facteur 2 (Figure 13).

Seconde Partie :

Matériel et méthodes

2.1 MATÉRIEL ET MÉTHODES

La sélection des sites de collecte et la stratégie d'échantillonnage adoptée sont décrites et discutées en Annexe 1 et ne seront pas détaillées ici

2.1.1 Facteurs physico-chimiques

La mesure des paramètres physico-chimiques du milieu (salinité, température, oxygène dissous, pH et vitesse du courant) a été effectuée dans les estuaires du Sinnamary et de l'Iracoubo avec une fréquence mensuelle durant 15 mois, lors des vives-eaux. Ces paramètres ont été mesurés toutes les 2 heures pendant un cycle de marée, en surface et au fond, après validation du protocole d'échantillonnage.

La salinité et la température ont été mesurées à l'aide d'un thermosalinomètre (YSI333). Les valeurs d'oxygène dissous (mg.L^{-1}) ont été relevées sur un oxymètre YSI57. Le pH a été mesuré *in situ* grâce à un pH/mVmètre (IP67). La vitesse du courant (en cm.s^{-1}) a été mesurée à l'aide d'un courantomètre (General Oceanics).

D'autres paramètres, tels que la température de l'air et la pluviométrie, ont été obtenus à partir des bulletins de Météo-France (Cayenne). Le débit journalier du fleuve Sinnamary ainsi que la teneur en oxygène dissous en aval du barrage ont été extraits des données fournies par la station de Petit Saut (EDF).

2.1.2 Matière particulaire totale

Après la collecte, les échantillons ont été passés sur filtre (GF/F Whatman $0.7 \mu\text{m}$, $47 \text{ mm } \varnothing$) pré-pesés après séchage. Pour chaque niveau, trois échantillons ont été filtrés à l'aide de pompes manuelles à vide (pompe en PVC 36 ml/impulsion , 0.84 bar) et de deux unités de filtration PFS $500/500 \text{ ml}$. Le volume filtré a varié entre 50 et 300 ml , selon la charge en sédiments. Au laboratoire, les filtres ont été séchés à 60°C pendant 8 jours, pesés, puis calcinés à 500°C durant 2 heures et repesés.

Lors de la combustion, le filtre perd de son poids et change de texture, devenant cassant par fusion partielle des microfibrilles de verre constituant sa trame. Avec des filtres

vierges, une estimation de la perte du filtre (PF) a été faite après passage d'eau distillée. Le sel marin est par ailleurs une cause d'augmentation de poids lors du séchage du filtre et de perte lors de la calcination par évaporation de l'eau des cristaux. Un rinçage du filtre à l'eau distillée après filtration entraîne un risque d'éclatement des cellules par choc osmotique. En conséquence, une estimation de la quantité de sel rajoutée a été faite sur des filtres vierges après passage d'eau de différentes salinités (PS, R=0.9694). Nous avons ensuite calculé la perte du poids du filtre en le calcinant (PF, R=0.9539).

Les teneurs en matière particulaire totale (MPT), matière inorganique particulaire (MIP) et organique (MOP) sont données par les expressions (en g.L-1) :

- $MPT = P1 - P0 - PS$
- $MIP = P2 - P0 - PF$
- $MOP = MPT - MIP$

$P1$ = masse du filtre après séchage à l'étuve (g)

$P0$ = masse du filtre initial (g)

$PS = 0.0004 * \text{salinité de l'échantillon}$

$P2$ = masse du filtre après calcination (g)

$PF = 0.0004 * \text{salinité} - 0.0023$

Les végétaux flottants, composant le seston de surface, ont été collectés de décembre 96 à novembre 97. Notre collecteur était un filet à plancton en forme de cône tronqué, d'un diamètre de 30 cm et de 1 mm de vide de maille. Les filets, disposés sur un mouillage temporaire muni d'un débitmètre, ont été positionnés sur les cinq stations de collecte des matières en suspension. Ils ont été placés en surface sur chacune des stations ; des filets supplémentaires ont été disposés à 50 cm au-dessus du fond sur deux d'entre elles. Le matériel récolté a été tamisé (1 mm) et mis dans des sacs étiquetés. Au laboratoire, les échantillons ont été lavés puis séchés à 35°C pendant trois semaines, et pesés. Nous avons ensuite trié le matériel pour l'identification spécifique des graines et des feuilles.

2.1.3 Paramètres biologiques

Différentes méthodes permettent d'estimer la biomasse phytoplanctonique. Elles utilisent une mesure directe (volume total du phytoplancton après centrifugation, dénombrement cellulaire et estimation du biovolume) ou le dosage d'un constituant des cellules (pigments chlorophylliens ou ATP) (Rino, 1979 ; Delesalle, 1981 ; Lazzaro, 1982 ; Le Bouteiller & Herbland, 1984 ; Ricard, 1984). Nous avons utilisé le dosage des pigments complété par le dénombrement cellulaire et une identification des espèces prédominantes trouvées.

2.1.3.1 Pigments chlorophylliens

La chlorophylle a été échantillonnée toutes les deux heures (trois répliquats) sur la station située au milieu du fleuve. Le volume d'eau filtré a varié de 100 et 300 ml selon la charge particulaire. Après filtration, les filtres (Whatman GF/F ; 0.7 μm) ont été mis dans un cryotube numéroté enrobé par un papier aluminium, et stockés dans une glacière. Ils ont été congelés (-20°C) à l'arrivée au laboratoire. Les analyses ont été réalisées à l'aide d'un spectrophotomètre SECOMAN S-1000 dans un délai de 10 jours.

Entre les divers protocoles d'analyses spectrophotométriques (Richards & Thompson, 1952 ; Lorenzen, 1967 ; Strickland & Parsons, 1972 ; Jeffrey & Humphrey, 1975 ; Scor Unesco, 1966 ; Jeffrey *et al.*, 1997), nous avons choisi la méthode de Jeffrey & Humphrey (1975) qui permet les dosages des chlorophylles **a**, **b** et **c** avec un faible pourcentage d'erreur. Les teneurs en chlorophylles ($\mu\text{g.L}^{-1}$) sont ainsi obtenues à partir des formules suivantes :

- Chlorophylle **a** =
$$\frac{(11.85E_{664} - 1.54E_{647} - 0.08E_{630}) \times v}{V \times \lambda}$$
- Chlorophylle **b** =
$$\frac{(-5.43E_{664} + 21.03E_{647} - 2.66E_{630}) \times v}{V \times \lambda}$$
- Chlorophylle **c** =
$$\frac{(-1.67E_{664} - 7.60E_{647} + 24.52E_{630}) \times v}{V \times \lambda}$$

v = volume du solvant d'extraction

V = volume d'eau filtrée

λ = longueur du trajet optique de la cuve de mesure

Les dosages par spectrophotométrie permettent de connaître l'importance des chlorophylles **b** et **c**. Ces chlorophylles sont caractéristiques de certains groupes du phytoplancton. La chlorophylle **b** se trouve dans les Chlorophycées et les Euglénophycées ; la chlorophylle **c** caractérise les diatomées, les dinoflagellés et les Trybophycées.

L'évaluation des pigments, selon la méthode de Lorenzen (1967), est basée sur la transformation de la chlorophylle **a** en phéopigments (phéophytine et phéophorbide) après l'acidification (2.5 ml de HCl 0.3 mol.L⁻¹ pour 100 ml) de l'extrait. Les teneurs en phéopigments se calculent ainsi (µg.L⁻¹) :

- Phéopigments $a = \frac{26.7 \times (1.7E_{665f} - E_{665i}) \times v}{V \times \lambda}$

$E_{665}(i)$ = avant acidification

$E_{665}(f)$ = après acidification

2.1.3.2 Phytoplancton et phytobenthos

L'approche qualitative du peuplement a été menée, sur une durée de 15 mois avec une fréquence moyenne de 30 jours, pendant la période des vives-eaux. Les collectes ont été faites à l'aide d'un filet de vide de maille de 25 µm, de 30 cm de longueur et de 25 cm de diamètre. L'échantillonnage a consisté en un trait de 2-3 minutes en sub-surface.

Des échantillons du phytobenthos, mis en suspension par les courants de marée (Paulmier, 1993), ont également été piégés par le filet à plancton. Chaque échantillon a été séparé en deux sous-échantillons : l'un conservé pour l'analyse du matériel vivant (cellules flagellées) et l'autre fixé avec une solution aqueuse de formaldéhyde 4% neutralisée, pour l'analyse détaillée des structures cellulaires.

Les microalgues benthiques ont été collectées à basse mer par grattage en surface de la vase à l'aide d'une spatule. Le matériel a ensuite été fixé avec une solution aqueuse de formaldéhyde 4% neutralisée.

Pour compléter notre vision des peuplements phytoplanctoniques, des prélèvements complémentaires ont été effectués en amont tous les trois mois, au niveau du pont de chaque fleuve, près du barrage de Petit Saut et dans la crique Yiyi, marais intermédiaire entre les deux fleuves étudiés.

Au laboratoire, nous avons procédé à l'étude taxinomique. Nous avons utilisé d'abord une loupe binoculaire (Wild Heerbrug M5) pour trier les échantillons. À l'aide d'une pipette, les algues ont été séparées des particules en suspension puis examinées sous un microscope (Olympus BX40), équipé d'un appareil photo et d'une chambre claire. Certains échantillons ont été nettoyés à l'eau distillée ou à l'eau oxygénée pour éliminer les débris organiques. Chaque taxon a été dessiné, photographié, puis scanné pour faciliter l'identification. Certains ont été l'objet d'examen à l'aide du microscope électronique à balayage (M.E.B.).

L'étude quantitative du peuplement a été réalisée en deux étapes.

1. Méthode **A** : de décembre 1996 à février 1998, nous avons prélevé en sub-surface, 200 ml d'eau, au milieu de chaque fleuve, 2 heures après la pleine mer (jusant) (les échantillons de février 1997 ne sont pas disponibles) ;
2. Méthode **B** : de juin 1997 à février 1998, nous avons collecté un flacon de 200 ml en sub-surface, toutes les deux heures pendant un cycle de marée, soit une collecte pour la pleine mer, deux pendant le jusant, une pour la basse mer et deux pendant le flot.

Les échantillons ont été fixés à l'aide d'une solution aqueuse de formaldéhyde à 4% neutralisée. Les dénombrements de cellules ont été réalisés à l'aide d'un microscope inversé Olympus, grossissement 40x, selon la méthode de sédimentation en chambre d'Uthermöhl (1958). Pour chacun, trois réplicats ont été effectués, puis moyennés. Ils ont été pratiqués à l'aide d'une cuve d'un volume de 10 ml. Les espèces de petite taille ont été identifiées au microscope droit à la fin de chaque comptage. Nous avons considéré comme unités morphologiques (um) une cellule de protophyte, une colonie ou un filament. Les résultats sont exprimés en nombre d'um par litre d'eau : um.l^{-1} . Nous avons considéré que les comptages supérieurs à $6 \times 10^3 \text{ um.l}^{-1}$ (égale à moyenne du maximum des cellules), traduisaient des phénomènes d'efflorescence.

Nous n'avons pas fait de mesures de biovolume phytoplanctonique car la majeure partie des cellules étaient des diatomées, qui présentent des tailles variées pour une même espèce. Pour des raisons logistiques et, surtout, à cause de l'éloignement du laboratoire, nous n'avons pas fait de mesures de production primaire (^{14}C).

2.1.4 Traitement des données

2.1.4.1 ANOVA

Les données relatives aux paramètres physico-chimiques, au matériel en suspension et à la chlorophylle seront traitées par l'analyse de variance (ANOVA - Systat 7.0, SPSS), après vérification de l'homogénéité des données. Quatre facteurs seront étudiés : *fleuve* (l'Iracoubo et le Sinnamary), *date* (de décembre 1996 à février 1998), *marée* (jusant, basse mer, flot et pleine mer) et *niveaux* (surface et profondeur). Lorsque cela s'est avéré nécessaire, nous avons eu recours à une transformation des données $[\log_{10}(x+1)]$ pour minimiser l'hétérogénéité des variances.

2.1.4.2 Indices de diversité

Pour réaliser la description d'une communauté, les écologistes utilisent plusieurs indices qui expriment la diversité ou la régularité (Heip & Soetaert, 1998). Les indices sont des quantités d'information sur la structure du peuplement dont provient l'échantillon et sur la façon dont les individus y sont distribués entre diverses espèces. Toute variation des indices de diversité relatifs à des échantillons tirés d'un même peuplement et échelonnés dans le temps reflètent donc des modifications de la structure du peuplement et permettent de suivre globalement son évolution durant une certaine période ou durant un cycle de durée déterminée (Daget, 1976).

Nous avons choisi l'indice de Shannon-Weaver (H') qui est le plus communément utilisé. H' est exprimé en unités d'information par individu. Sa valeur représente la quantité moyenne d'informations apportée par l'attribution d'un individu à une espèce, les P_i étant connus (Frontier, 1983), soit :

$$H' = - \sum_{i=1}^{i=s} P_i \times \log_2(P_i),$$

avec :

s = nombre d'espèces,

P_i = nombre d'individus de l'espèce i dans l'échantillon (N_i) divisé par le nombre total d'individus dans l'échantillon (N).

Pour comparer les diversités des différents peuplements pour une même méthode, nous avons utilisé le test t de Hutcheson (Hutcheson, 1970).

Les mesures de diversité tiennent compte de deux facteurs : la richesse spécifique ou le nombre d'espèces et la régularité ou l'abondance des espèces (Magurran, 1988). Pour un nombre d'espèces données, un tel indice caractérise la façon plus au moins égale ou inégale dont les individus se répartissent au sein de ces différentes espèces (Frontier & Pichod-Viale, 1991), autrement dit le rapport de la diversité réelle à la diversité maximale. L'indice de Shannon-Weaver (H') et l'indice de régularité (J' - Pielou, 1969, 1975, 1984) sera calculé à travers le logiciel BioDiversityPro (Bêta 1).

$$J' = \frac{H'}{H'_{\max}} = \frac{H'}{\log_2 S}$$

avec :

H' = indice de Shannon-Weaver,

S = nombre d'espèces.

2.1.4.3 Analyses multivariées

Des analyses multivariées ont été réalisées afin de préciser les relations liant la composition des peuplements algaux aux paramètres de l'environnement. Les méthodes d'ordination en espace réduit permettent d'acquérir des connaissances quantitatives et d'établir des relations entre les objets (Frontier, 1983 ; Legendre & Legendre, 1984 ; Escofier & Pages, 1990) Ceci permet notamment de dégager les grandes tendances de la variabilité d'un échantillon.

Deux types de méthodes, successivement des Analyses en Composantes Principales (ACP) et des Classifications Ascendante Hiérarchique (CAH), ont été employés.

L'ACP est une méthode descriptive destinée à représenter, sous une forme graphique, le maximum d'informations contenues dans la matrice des données (Philippeau, 1986).

Chacun des plans de cet espace réduit est une combinaison linéaire (axe factoriel) des axes constitués par les descripteurs. La représentation des contributions des descripteurs sur ces axes factoriels permet d'interpréter la position des stations dans les plans factoriels respectifs. Les ACP ont été réalisés à l'aide du logiciel SPAD 3.5.

La Classification Ascendante Hiérarchique (CAH), une des méthodes de classification automatique, a pour but de regrouper les individus (ou les stations) en un nombre restreint de classes. Dans le cas présent, la CAH est appliquée aux coordonnées factorielles des individus obtenues sur les premiers axes de l'ACP. Le critère de classification utilisé est le critère de Ward qui consiste à minimiser l'inertie intra-classe et maximiser l'inertie interclasse (Saporta, 1990). Ainsi, l'analyse permet l'interprétation de l'information qui structure la matrice de données. Afin de minimiser les effets artefactuels, les CAH sont réalisées ici sur les coordonnées factorielles des axes des ACP reconnus comme étant les plus explicatifs. Les CAH ont été réalisées à l'aide du logiciel SPAD 3.5.

Deux séries (ACP puis CAH) d'analyses de données ont été réalisées. La description des paramètres est présentée dans le tableau 3.

La première (Tableau 3 ; analyses 1) a été réalisée à partir des comptages effectués selon la méthode **A**. Les variables actives sont alors la plupart des variables physico-chimiques et de la chlorophylle **a** et les variables illustratives, l'ensemble des autres variables et des espèces (nombre supérieur à 1.1 % du total) transformées par : $\log_{10}(x + 1)$ afin de minimiser l'hétérogénéité de la variance (Ibanez, 1971). Il faut noter que seuls les prélèvements effectués en surface ont été considérés comme actifs ; les prélèvements réalisés au fond n'ont été utilisés qu'à titre illustratif.

La seconde série (analyses 2) a été réalisée à partir des comptages effectués selon la méthode **B**, dans ce cas, les 36 espèces dont le nombre de cellules dépasse 1 % du nombre total de cellules dans chaque estuaire sont incluses comme variables illustratives (Tableau 3) après transformation par : $\log_{10}(x + 1)$.

Tableau 3 : Description des paramètres utilisés dans les analyses de données. Variables continues (C) ou codées en modalité (M).

Variables	Description	Type	Variables Active (A) et Illustrative(I)	
			Analyses 1	Analyses 2
T	Température	C	A	A
S	Salinité	C	A	A
PH	pH	C	A	A
OX	Oxygène dissous	C	I	I
OXSAT	Oxygène saturé	C	A	A
MPT	Matière particulaire totale	C	I	I
MOP	Matière organique particulaire	C	A	A
MIP	Matière inorganique particulaire	C	I	I
CHLOROA	Chlorophylle a	C	A	A
CHLOROB	Chlorophylle b	C	I	I
CHLOROC	Chlorophylle c	C	I	I
PHEO	Phéopigments	C	I	I
Espèces	n = 36 (nombre supérieur à 1 % du total)	C	I	I
IRAC, SINN	Fleuves : Iracoubo et Sinnamary	M		
1 à 12 6 à 14	Dates : Janvier à décembre 1997* Juin 97 à février 98**	M	*	**
HM, J, BM, F	Marées : Pleine mer, jusant, basse mer et flot	M		
SURF, FOND	Stations : Surface Fond	M	A I	A I

Troisième Partie :

Résultats

3.1 VARIABILITÉ DES FACTEURS PHYSICO-CHIMIQUES

3.1.1 Estuaire de l'Iracoubo

3.1.1.1 Température

La température moyenne de l'eau à l'estuaire a été de 29.2°C pendant toute l'étude. Les mois les plus pluvieux (premier semestre) correspondent à ceux où les températures sont les plus basses (moyenne de 28.1°C). A l'inverse, c'est à la saison d'étiage (second semestre) que les températures sont les plus élevées (moyenne de 30.1°C). Les variations entre le fond et la surface sont restées faibles ($\pm 0.2^\circ\text{C}$) et non significatives (ANOVA, $P > 0.05$).

L'évolution mensuelle des températures est présentée à la figure 14. Les températures moyennes sont significativement différentes ($P < 0.001$) selon le facteur *date*. La corrélation entre la température et la pluviométrie est de -0.71 ($P = 0.004$). Les températures de l'air et de l'eau à l'estuaire étaient, de même, bien corrélées ($r = 0.86$; $P = 0.001$).

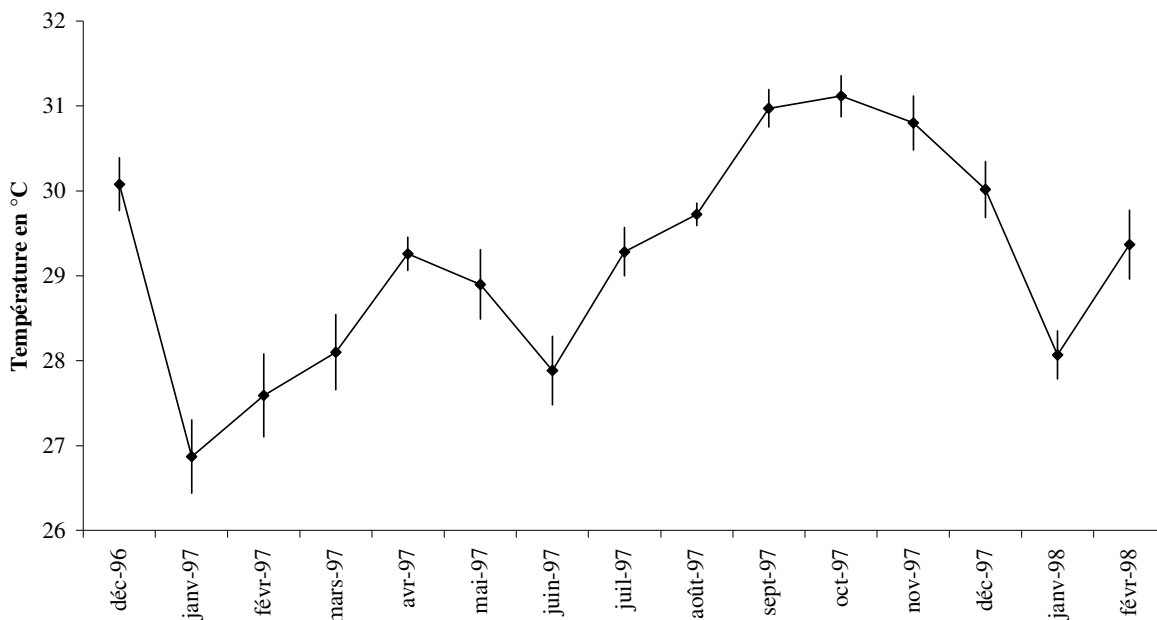


Figure 14 : Moyennes mensuelles (erreur standard) de la température dans l'estuaire de l'Iracoubo.

Le suivi journalier des températures montre que les valeurs les plus fortes sont relevées aux alentours de 15h (Figure 15). Notre échantillonnage étant réalisé en vives-eaux,

cela correspond, dans la plupart des cas, à la période de flot. La température a varié significativement selon le facteur *marée* (ANOVA, $P=0.02$). Les seules différences ont été relevées lors des pleines mers, avec des valeurs plus élevées au fond.

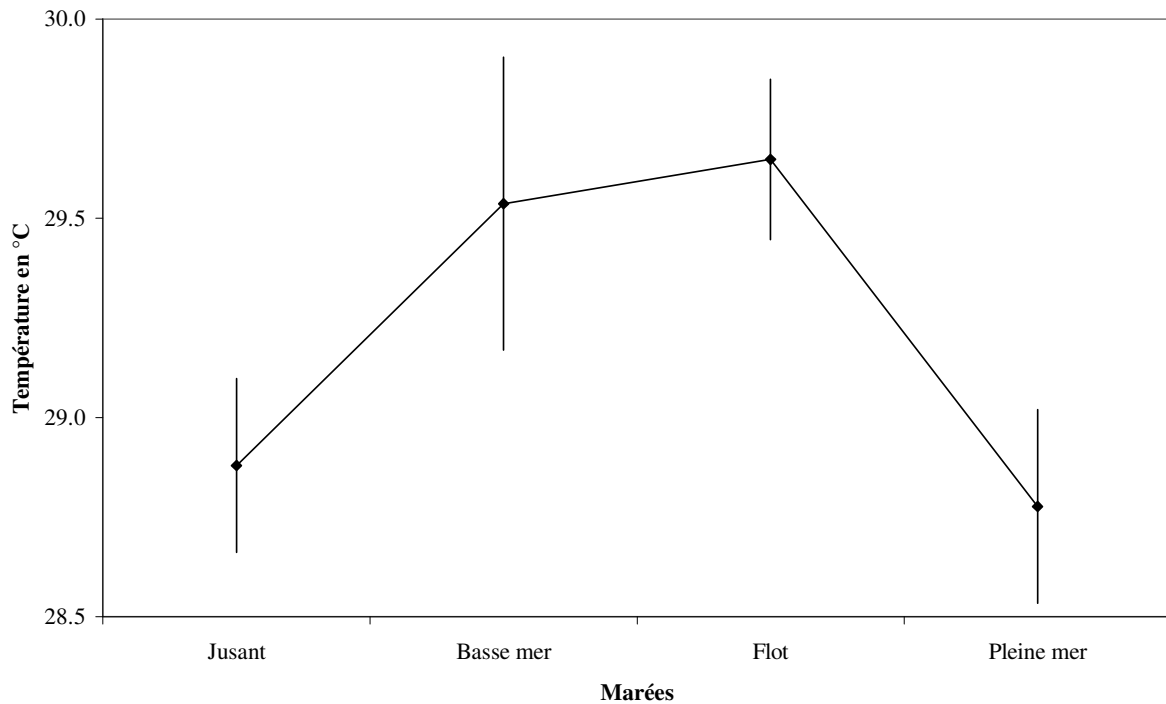


Figure 15 : Moyennes globales (avec erreur standard) des températures mesurées au cours d'un cycle de marées dans l'estuaire de l'Iracoubo.

3.1.1.2 Salinité

Les variations de la salinité en estuaire reflètent généralement bien les fluctuations de l'environnement. Pour décrire ces variations, nous reprendrons la terminologie adoptée par Kiener (1978) sur les eaux saumâtres. Nous distinguerons ainsi les eaux euhalines (30 à 40 ‰), mixohalines (0.5 à 30 ‰) et limniques (0-0.5 ‰). Les mixohalines peuvent être divisées en oligohalines (0 à 5 ‰), mésohalines (5 à 18 ‰) et polyhalines (18 à 30 ‰).

Sur l'Iracoubo, la salinité est le paramètre qui répond le mieux aux variations saisonnières. Ceci est confirmé par l'ANOVA ($P<0.001$). Les différences sont également significatives entre le fond et la surface ($P=0.04$), même si la masse d'eau peut s'homogénéiser à certaines périodes de la journée. La moyenne globale de salinité est de 11.2 ‰ (minimum : 0 ‰ et maximum : 33 ‰). La corrélation entre la salinité et la

pluviométrie est de -0.74 (P=0.003). La moyenne des valeurs en surface est de 10 ‰ et celle du fond de 12.5 ‰.

La salinité dans l'estuaire se classe généralement dans la catégorie des eaux mixohalines (0.5 à 30 ‰). Les moyennes mensuelles pour 97 peuvent néanmoins être divisées en oligohalines en janvier et février, mésohalines de mars à juillet et décembre, et polyhalines de septembre à novembre. La saison des pluies a été marquée par des eaux très dessalées en février. En étiage, la moyenne a été quatre fois supérieure à celle de la saison des crues (17.1 ‰), avec 15.6 ‰ et 18.6 ‰ respectivement en surface et au fond. Le mois le plus sec (octobre 97) présente logiquement les salinités les plus élevées (23.7 ‰ en surface et de 24.8 ‰ au fond). La saison des pluies étant arrivée en retard en 1998, les mois de janvier et de février 98 ont présenté de fortes concentrations en sel (mésohalines) comparées aux moyennes de l'année précédente (Figure 16).

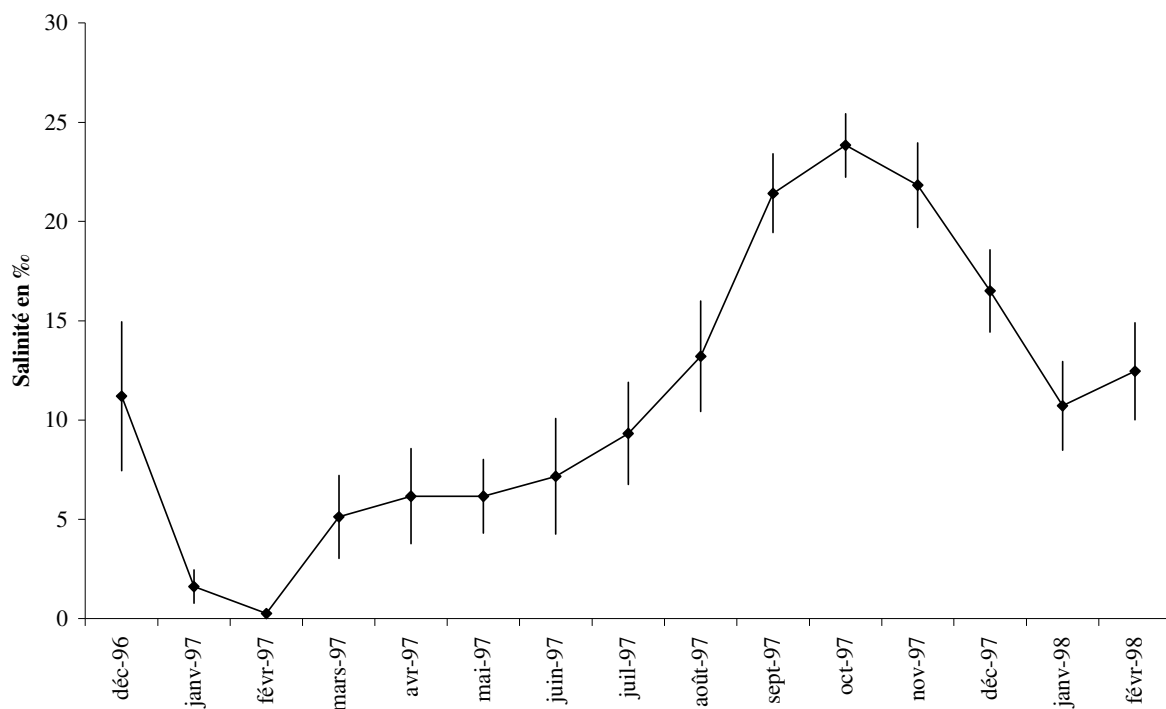


Figure 16 : Moyennes mensuelles (avec erreur standard) de la salinité dans l'estuaire de l'Iracoubou.

Nous avons observé une fluctuation significative de la salinité (P<0.001) selon l'heure de la marée (situation mixohaline). Février 97 a été le seul mois où nous avons trouvé des eaux limniques et octobre, des eaux polyhalines. Ainsi, les valeurs les plus faibles ont été relevées en basse mer (3.9 ‰) et les plus fortes en pleine mer (19.9 ‰) (Figure 17).

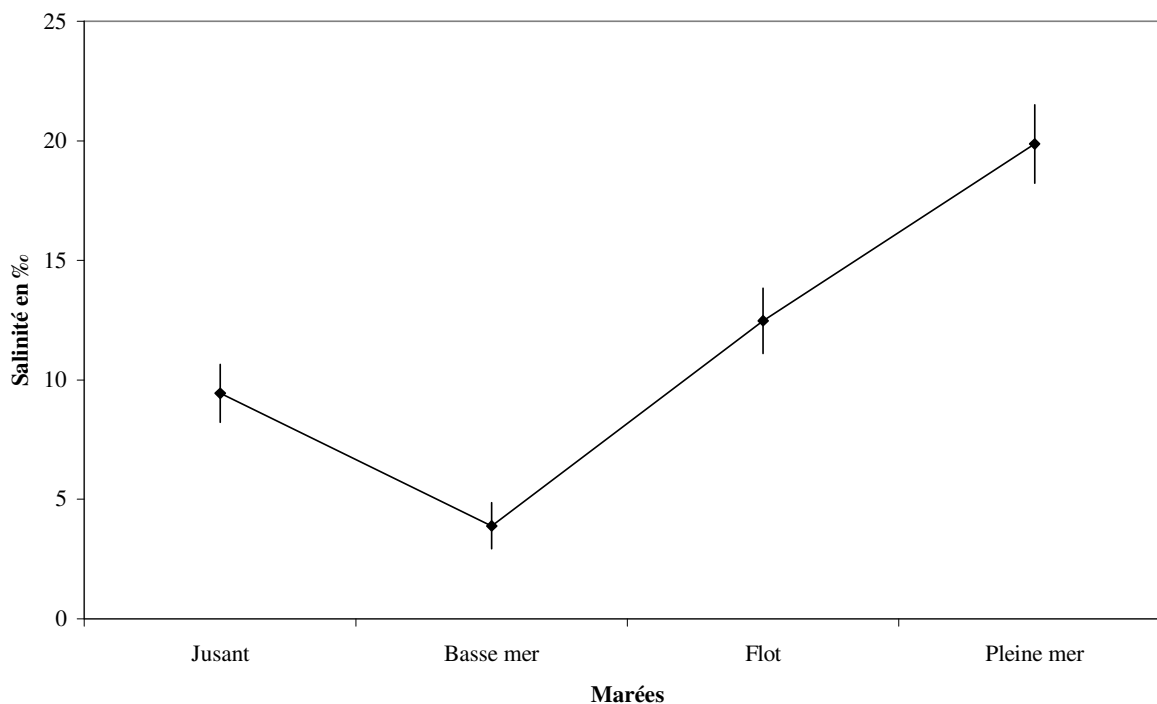


Figure 17 : Moyennes globales (avec erreur standard) des salinités mesurées au cours d'un cycle de marée dans l'estuaire de l'Iracoubo.

3.1.1.3 Oxygène

Les teneurs en oxygène dissous des eaux de l'estuaire de l'Iracoubo ont varié de 3.7 à 7.9 mg.L⁻¹ avec une moyenne de 5.2 mg.L⁻¹. Les moyennes entre la surface et le fond étaient très proches sur l'ensemble des données (± 0.2 mg.L⁻¹) et non significativement différentes ($P > 0.05$). En général, les valeurs étaient inférieures au seuil de saturation, avec une moyenne de 73 % (amplitude 59 et 121 %). Les fluctuations saisonnières ont cependant été sensibles ($P < 0.001$) : 85 % de moyenne pour les mois d'août à octobre, contre 62 % entre avril et juin. Les plus fortes amplitudes ont été observées en étiage et les plus faibles lors des mois les plus pluvieux. Les figures 18a et 18b présentent l'évolution des moyennes mensuelles de l'oxygène dissous et de la saturation.

En 1997, les moyennes entre la saison des pluies et la saison sèche ont été respectivement de 5.1 et 5.3 mg.L⁻¹ pour l'oxygène dissous et de 67 % et 77 % pour l'oxygène saturé. Le mois le plus sec (octobre 97) correspondait à la moyenne la plus haute. Nous n'avons pas trouvé de corrélation significative avec la pluviométrie. En 1998, les moyennes étaient légèrement plus fortes que celles des mois précédents.

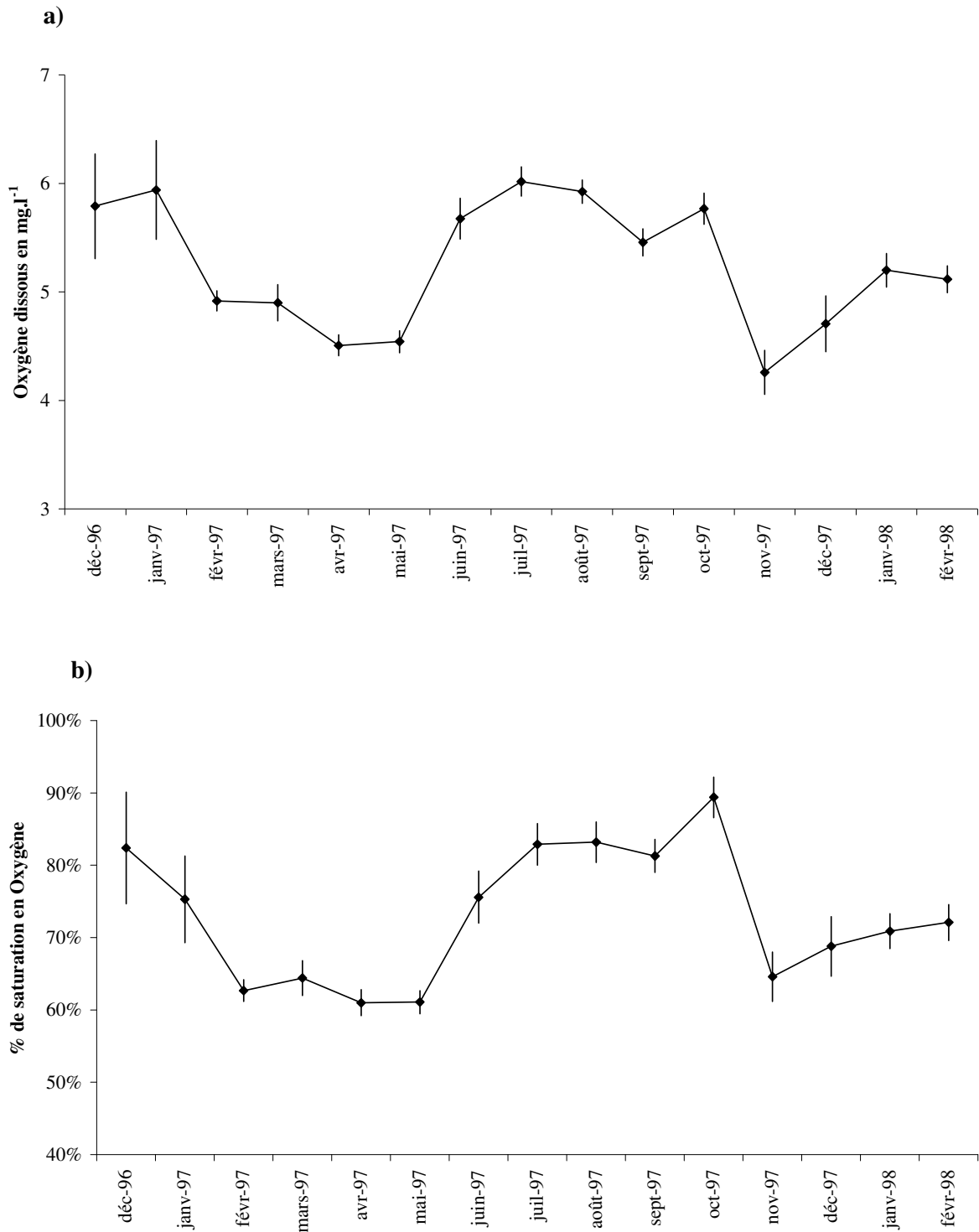


Figure 18 : Moyennes mensuelles (avec erreur standard) de la concentration en oxygène dissous (a) et du pourcentage de saturation (b) dans l'estuaire de l'Iracoubo.

Le taux d'O₂ dissous varie significativement (P<0.001) en fonction de la *marée* (Figure 19). Les concentrations en O₂ dissous sont généralement maximales à la pleine mer

(5.6 mg.L⁻¹, 81 % de saturation) et minimales en basse mer (4.7 mg.L⁻¹, 64 % de saturation). Il faut noter que nous avons observé quelques sursaturations en décembre 96 et octobre 97.

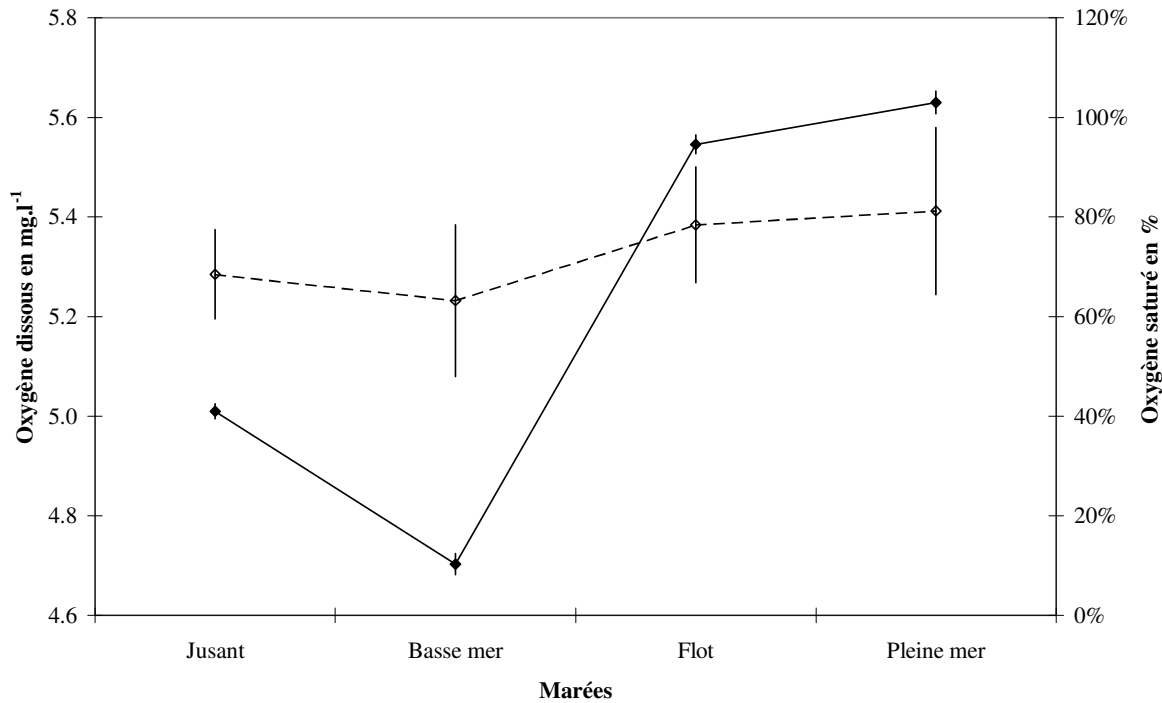


Figure 19 : Moyennes globales (avec erreur standard) de la concentration en oxygène dissous et saturé mesurées au cours d'un cycle de marées dans l'estuaire de l'Iracoubo.

3.1.1.4 pH

Les valeurs de pH ont été mesurées pendant un an (Figure 20) et leur variation était significative avec le facteur *date* (ANOVA, $P < 0.001$). La moyenne a été de 6.8, sans disparité significative entre la surface et le fond ($P > 0.05$). La valeur minimale du pH a été de 4.9 (décembre 96) et maximale de 8.2 (juin 97). L'acidité des eaux des marais drainées par les fleuves se fait donc ressentir en période des pluies, mais l'influence marine reste notable surtout en période d'étiage, où il existe une bonne corrélation avec la pluviométrie ($r = -0.88$; $P = 0.04$).

Au cours d'un cycle de marées, le pH a varié de 6.4 en basse mer à 7.1 en pleine mer (Figure 21). L'ANOVA montre que la *marée* a une influence significative sur le pH ($P < 0.001$). Le jusant et le flot présentent des valeurs proches.

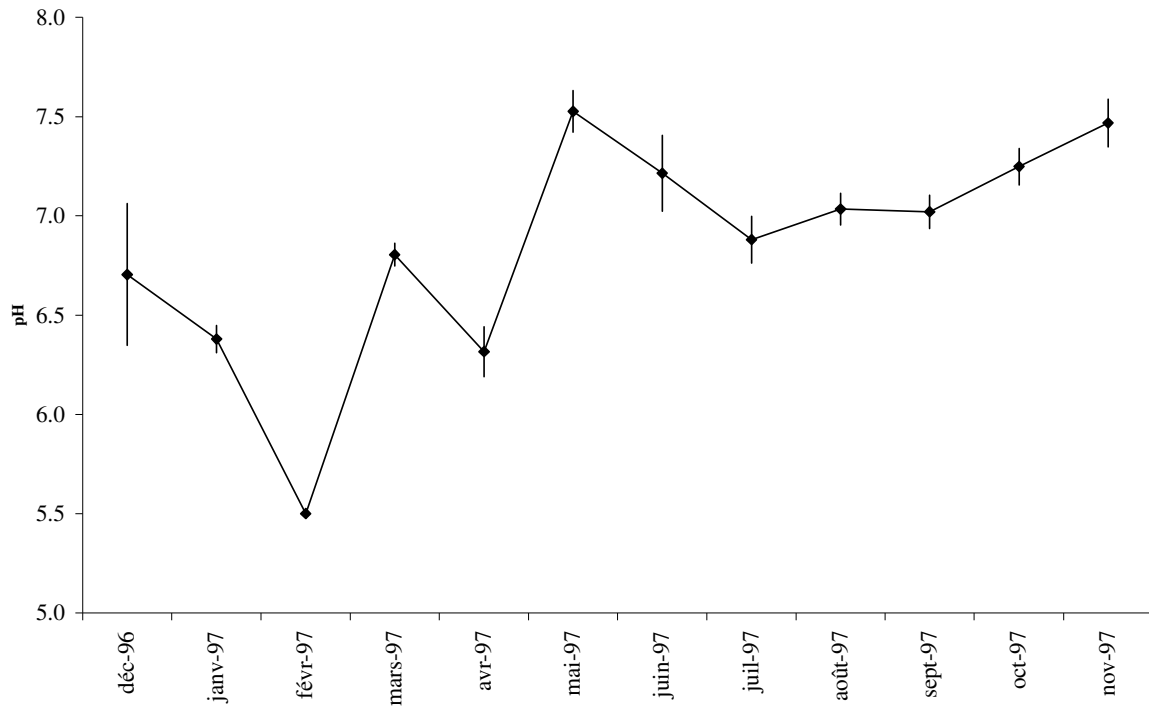


Figure 20 : Moyennes mensuelles (avec erreur standard) du pH dans l'estuaire de l'Iracoubo.

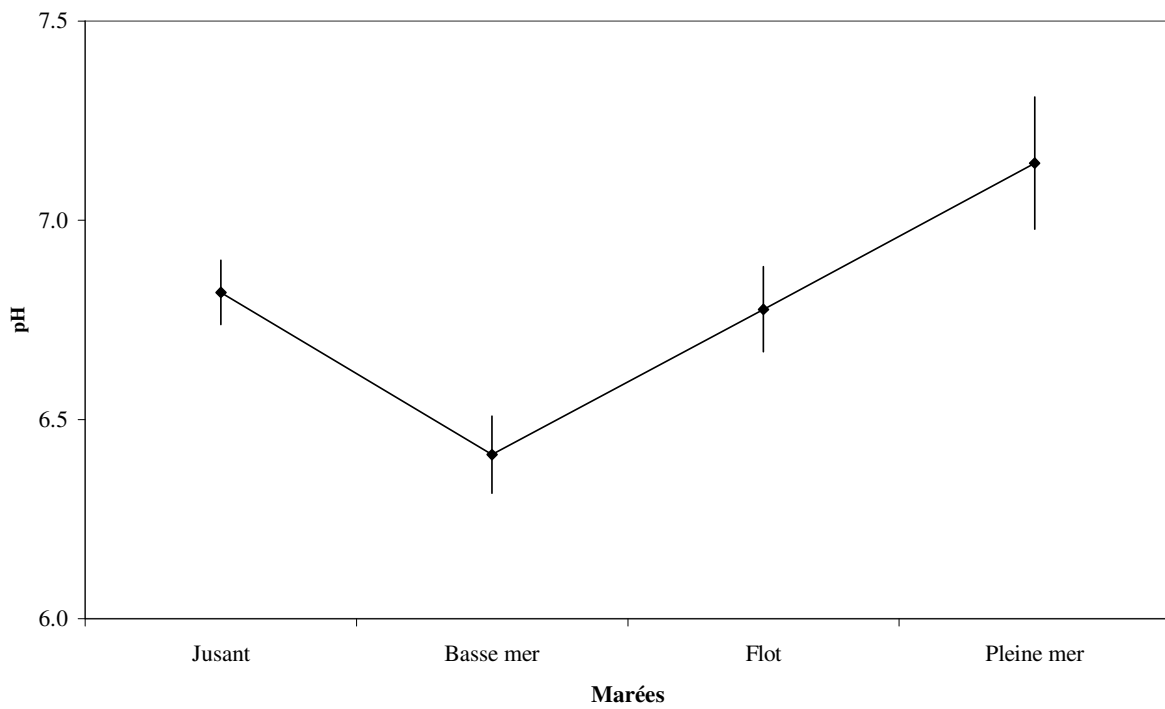


Figure 21 : Moyennes globales (avec erreur standard) du pH au cours d'un cycle de marées dans l'estuaire de l'Iracoubo.

3.1.2 Estuaire du Sinnamary

3.1.2.1 Température

La température moyenne de l'eau de l'estuaire du Sinnamary a été de 28.6°C. Cette température varie significativement en fonction de la *date* (ANOVA, $P < 0.001$) (Figure 22). Par contre, nous n'observons pas de différence significative ($P > 0.05$) entre les mesures faites en surface et au fond ($\pm 0.19^\circ\text{C}$). La température minimale correspond au mois le plus pluvieux (janvier 97) avec 25.2°C, et la maximale (32.0°C) au mois de février 98 où la pluviométrie était faible. Il existe une bonne corrélation entre les températures de l'eau et la pluviométrie ($r = -0.78$; $P = 0.004$). Les températures de l'air et de l'eau à l'estuaire étaient, de même, corrélées ($r = 0.61$; $P = 0.04$).

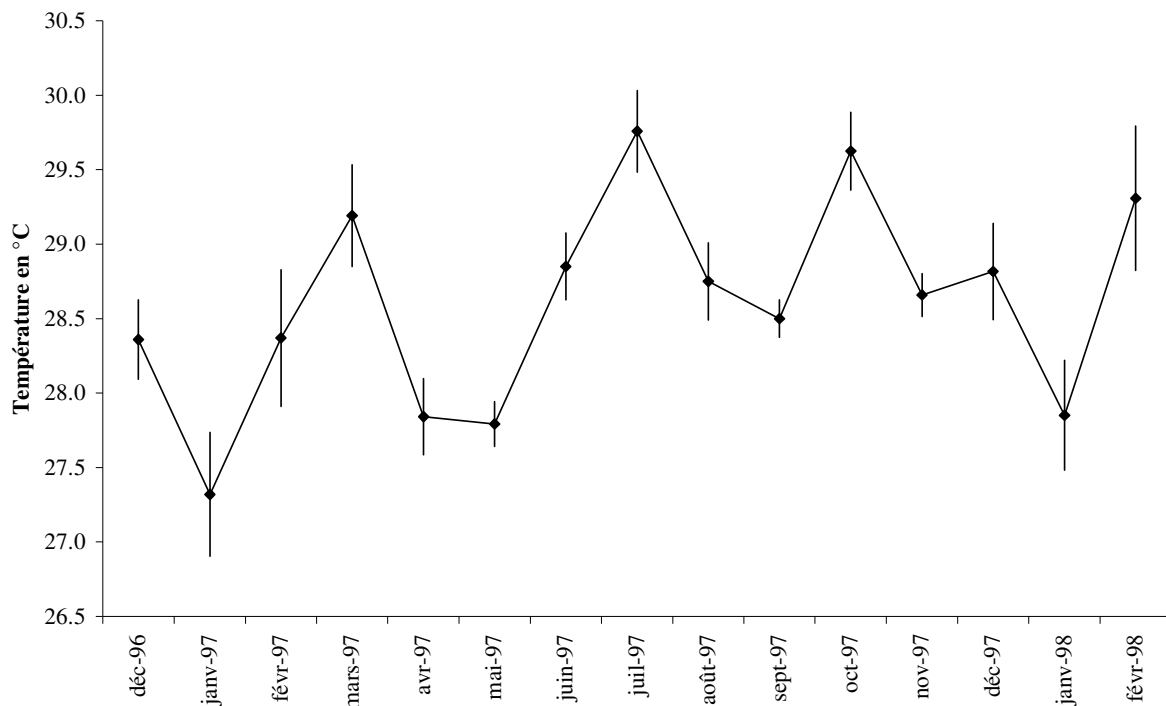


Figure 22 : Moyennes mensuelles (avec erreur standard) de la température dans l'estuaire du Sinnamary.

Les températures les plus fortes ont été relevées en milieu de journée, soit en période de flot. Les différences avec la basse mer sont cependant peu sensibles (Figure 23). L'ANOVA montre que la température varie significativement en fonction de la *marée* ($P < 0.001$).

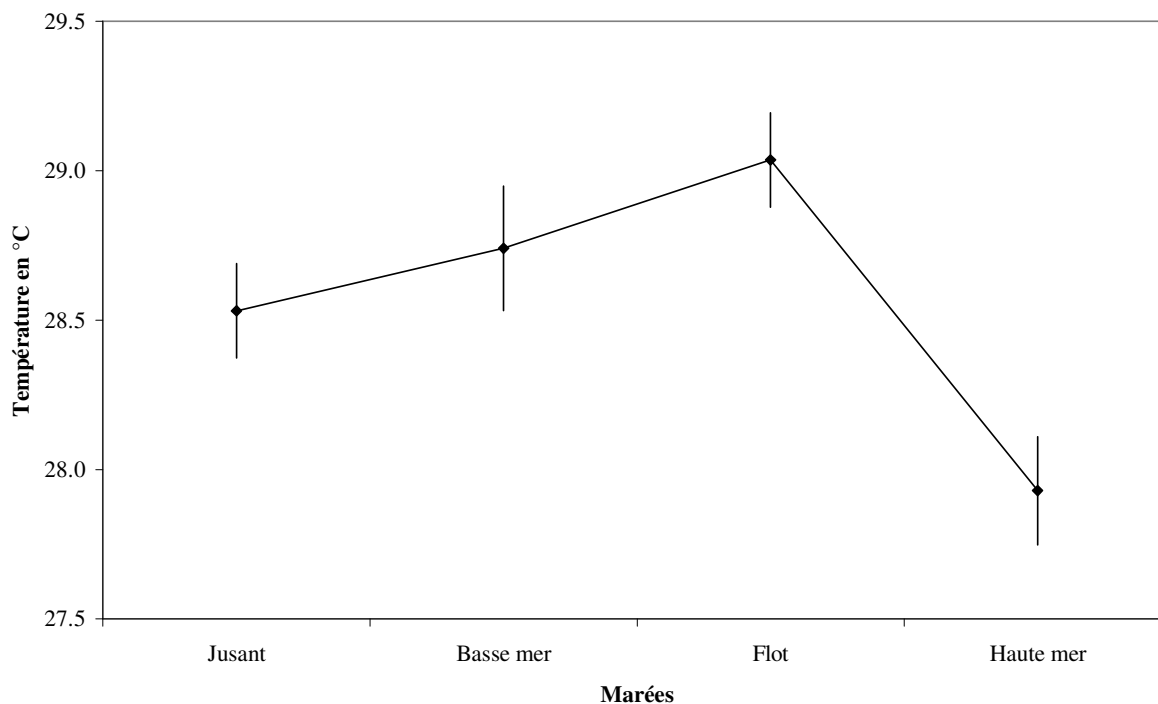


Figure 23 : Moyennes globales (avec erreur standard) de la température mesurées au cours d'un cycle de marées dans l'estuaire du Sinnamary.

3.1.2.2 Salinité

La variabilité saisonnière des salinités est moins marquée sur l'estuaire du Sinnamary que dans celui de l'Iracoubo (Figure 24). Le facteur *date* reste néanmoins significatif (ANOVA, $P=0.001$). La moyenne globale a été de 5.6 ‰, soit 2.7 ‰ en surface (eaux oligohalines) et 8.4 ‰ au fond (eaux mésohalines). La variation selon le facteur *niveaux* est hautement significative ($P<0.001$). L'amplitude la plus faible a été enregistrée en février 97, avec des salinités nulles en surface comme au fond, ainsi qu'en mai 97 où nous avons noté un bon mélange des deux couches (moyenne de 0.2 ‰). L'amplitude maximale a été relevée aux mois de décembre 96. La corrélation entre la salinité et la pluviométrie reste globalement faible, mais plus accentuée en saison des pluies ($r = -0.81$; $P=0.001$) ; cependant la relation est plus marquée avec le débit ($r = -0.63$; $P=0.013$), avec une corrélation toujours négative quelle que soit la saison.

La salinité moyenne dans l'estuaire correspond à des eaux mixohalines. Les moyennes mensuelles pour 97 peuvent néanmoins être divisées en oligohalines de janvier à mai et mésohalines de juin à décembre. La saison des pluies a été marquée par des eaux douces en février, avec une moyenne globale de 3.1 ‰ (1.4 ‰ en surface et 4.8 ‰ au fond). En étiage,

la moyenne a été de 4.8 ‰, avec 1.7 ‰ et 7.9 ‰ respectivement en surface et au fond. La saison des pluies étant arrivée en retard en 1998, les mois de janvier et de février 98 ont présenté des concentrations plus fortes en sel (mésahalines), comparées aux moyennes de l'année précédente.

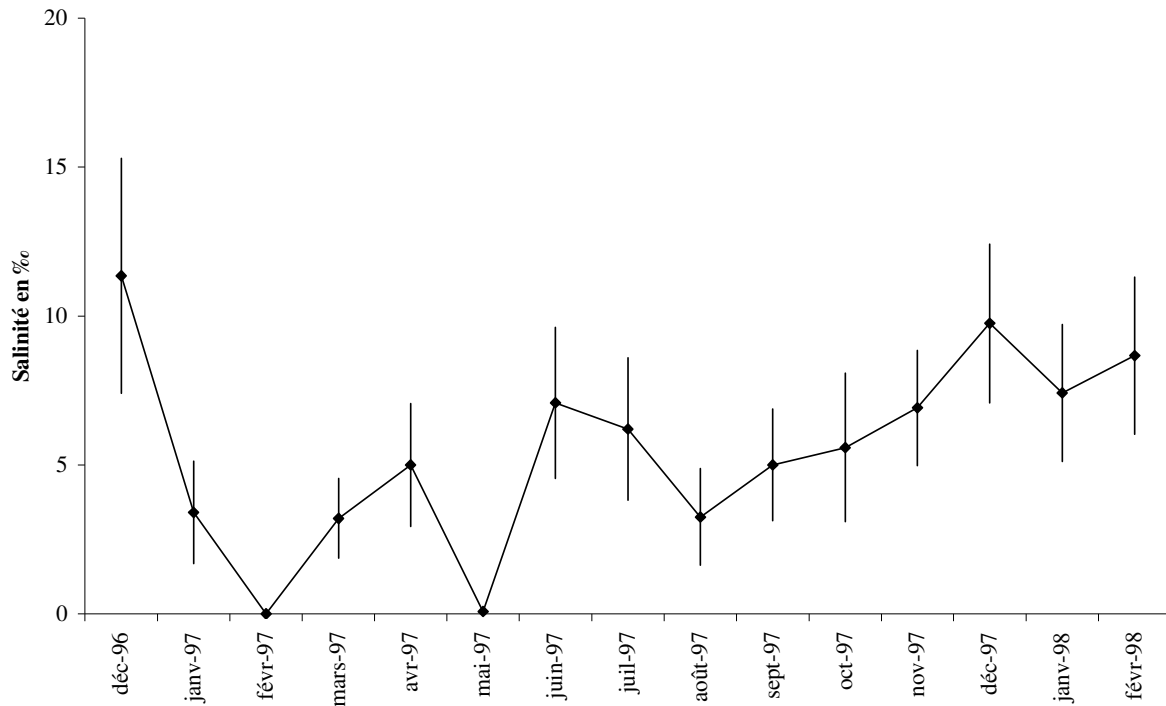


Figure 24 : Moyennes mensuelles (avec erreur standard) de la salinité dans l'estuaire du Sinnamary.

Nous avons observé une fluctuation significative de la salinité (ANOVA, $P < 0.001$), selon l'heure de la marée (situation oligohaline à mixohaline). Les moyennes, représentées sur la figure 25 montrent des différences entre la pleine mer (11.9 ‰) et la basse mer (0.3 ‰), le flot et le jusant étant en position intermédiaire. L'action maritime est moindre qu'à l'Iracoubo et l'influence des marées est fortement pondérée par le débit du fleuve.

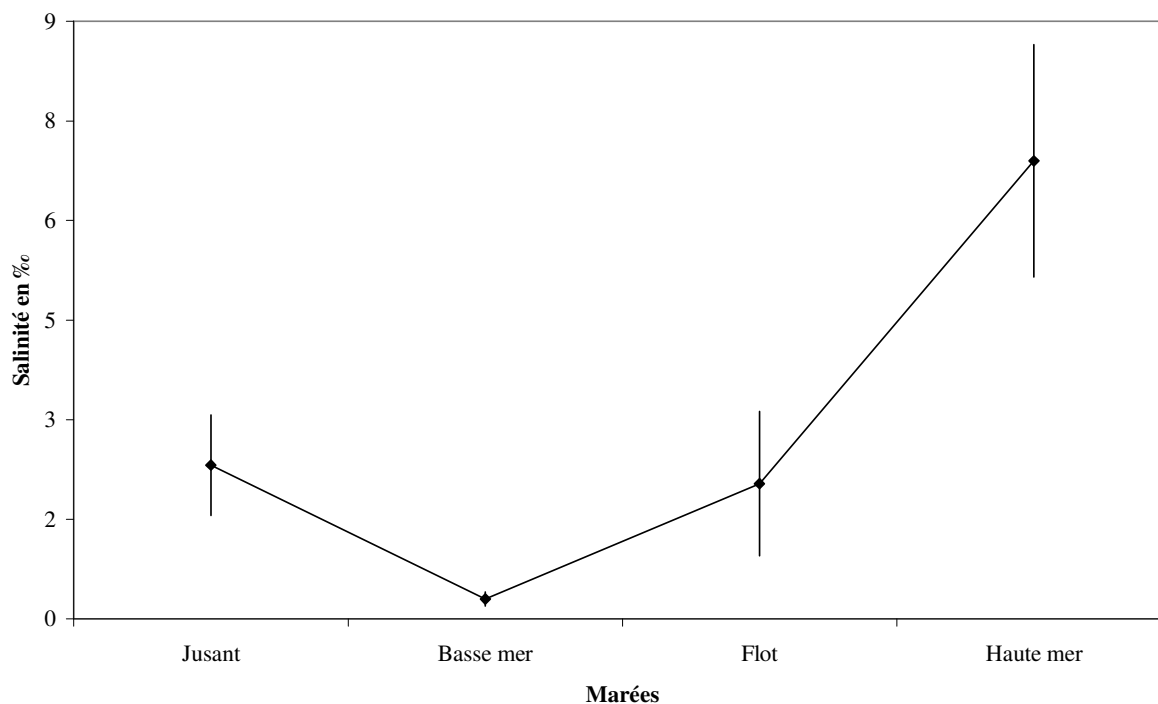


Figure 25 : Moyennes globales (avec erreur standard) de la salinité au cours d'un cycle de marées dans l'estuaire du Sinnamary.

3.1.2.3 Oxygène

Les moyennes de l'oxygène dissous et des pourcentages de saturation ont été de 4.7 mg.L^{-1} et 63%. Elles variaient significativement avec la date (ANOVA, $P < 0.001$). Les valeurs maximum et minimum ont été de 0.5 et 7.2 mg.L^{-1} (28 et 97%) (Figure 26a et 26b). L'amplitude entre la surface et le fond ($\pm 0.01 \text{ mg.L}^{-1}$) n'était pas significative ($P > 0.05$). Nous n'avons jamais observé de sursaturation en oxygène au cours de notre échantillonnage. L'oxygène dissous présentait une bonne corrélation avec la pluviométrie ($r = -0.65$; $P = 0.003$), quelle que soit la saison. La corrélation avec le débit a été de -0.53 ($P = 0.041$), seulement en saison sèche.

En 1997, les moyennes entre la saison des pluies et la saison sèche ont été respectivement de 4.4 et 5.0 mg.L^{-1} pour l'oxygène dissous et de 58% et 67% pour l'oxygène saturé. En 1998, les moyennes ont été proches de celles des mois précédents ; elles étaient légèrement supérieures entre février 97 et février 98.

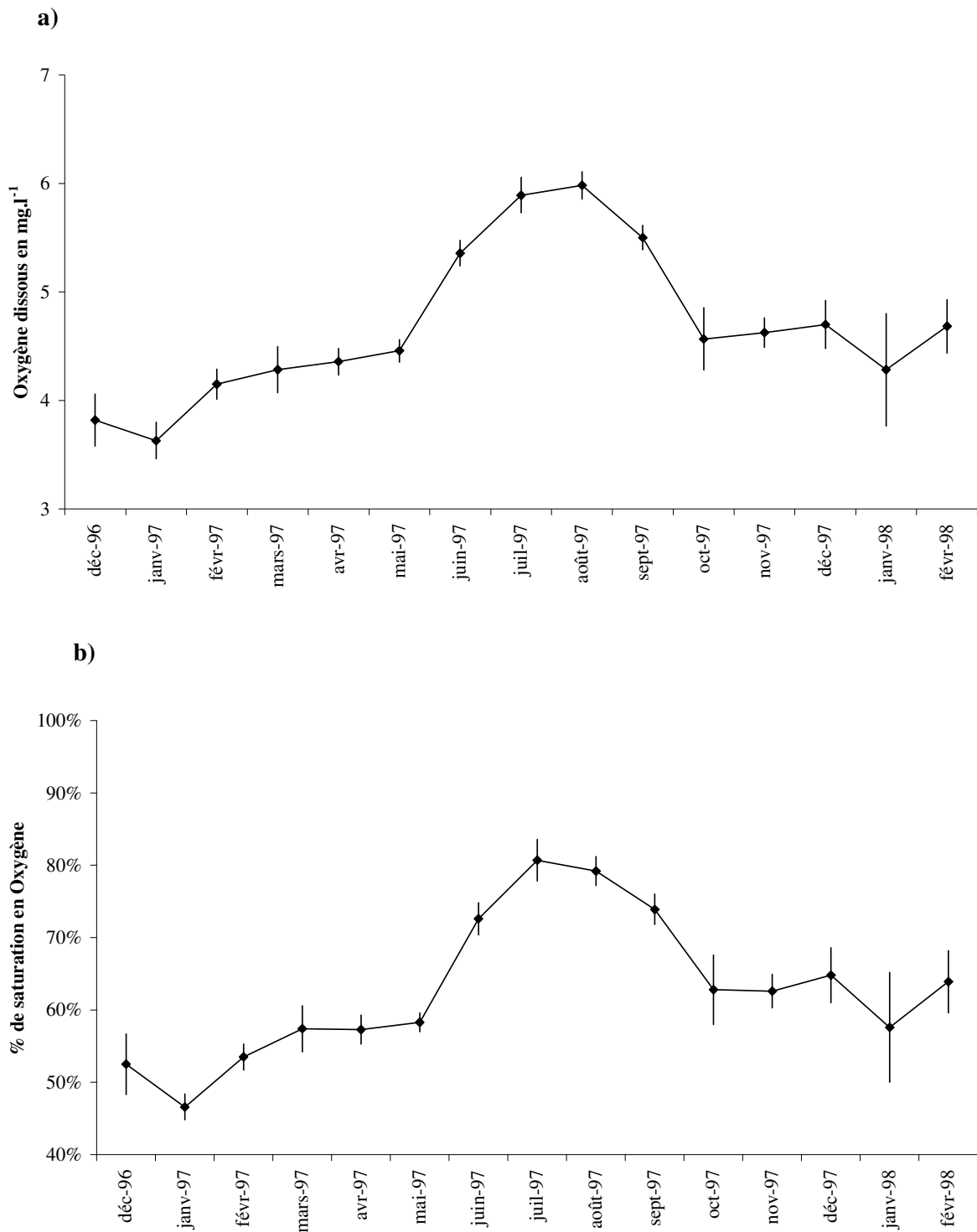


Figure 26 : Moyennes mensuelles (avec erreur standard) de la concentration en oxygène dissous (a) et saturé (b) dans l'estuaire du Sinnamary.

Pendant un cycle de marée (Figure 27), les valeurs les plus fortes ont été observées lors de la pleine mer (5.3 mg.L⁻¹, 70 % de saturation) et les plus faibles (4.2 mg.L⁻¹, 55 % de saturation) en basse mer. Le facteur *marée* est significatif pour l'oxygène (P<0.001).

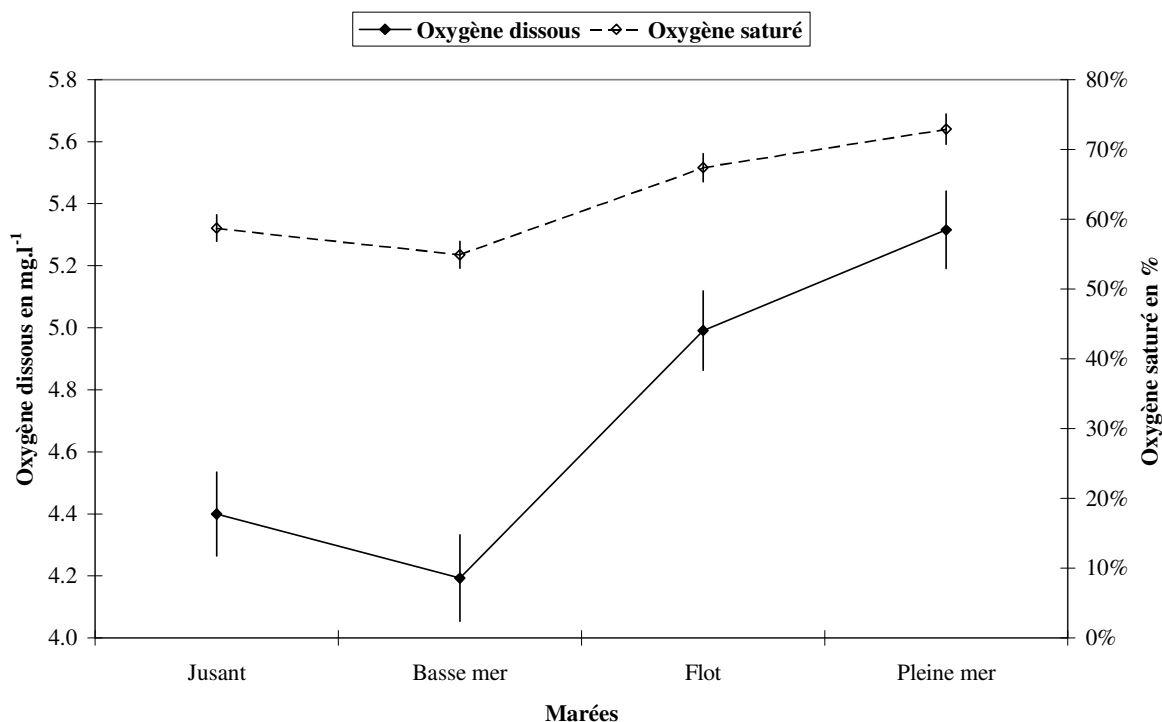


Figure 27 : Moyennes globales (avec erreur standard) de la concentration en oxygène dissous et saturé mesurées au cours d'un cycle de marées dans l'estuaire du Sinnamary.

3.1.2.4 pH

Le pH moyen sur 12 mois (Figure 28) a été de 6.4. La variation était significative selon le facteur *date* (ANOVA, $P < 0.001$). Il existe une différence très faible mais significative ($P = 0.003$) entre la surface et le fond (± 0.2). Le pH le plus faible a été de 5.2 (avril 97) et le plus élevé de 8.3 (juin 97). Le pH est corrélé avec le débit ($r = 0.54$; $P = 0.037$) et avec la pluviométrie seulement en saison pluvieuse ($r = -0.72$; $P = 0.005$).

La figure 29 présente les variations des moyennes du pH selon le cycle de marées. Les pH les plus faibles ont été relevés pendant la basse mer (5.9) et les plus forts lors de la pleine mer (6.9). Le résultat du test ANOVA indique que le facteur *marée* est significatif pour le pH ($P < 0.001$), mais non significatif lorsque nous l'associons au facteur *niveaux*. Le jusant et le flot présentent des valeurs proches.

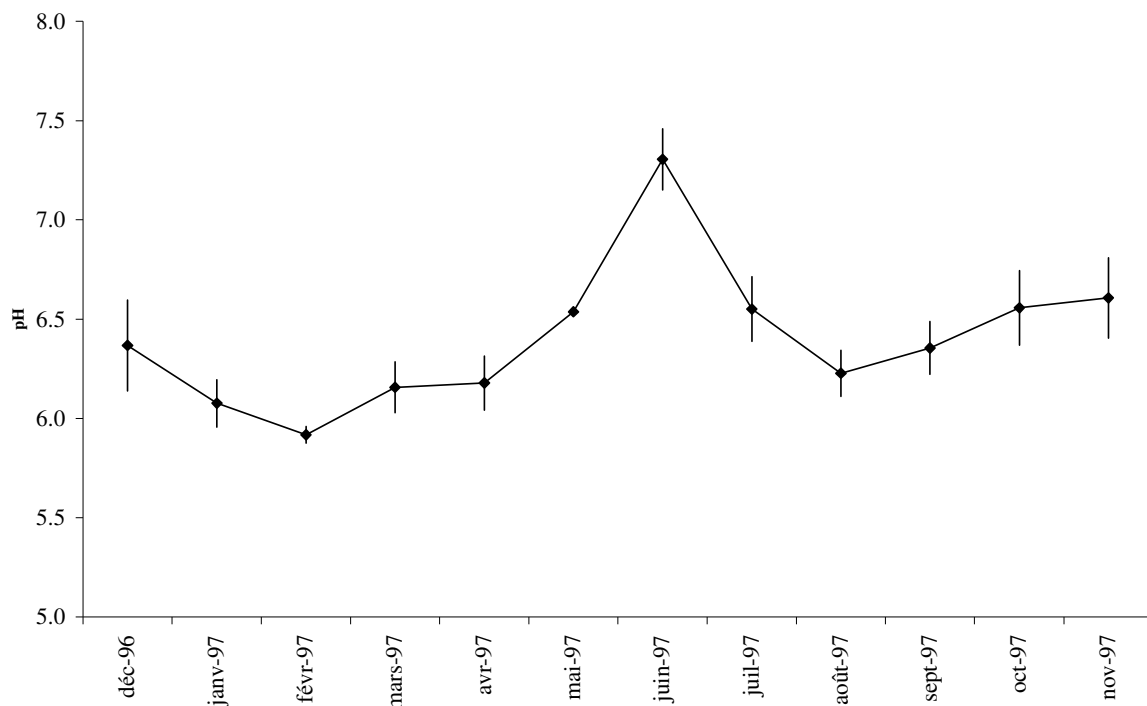


Figure 28 : Moyennes mensuelles (avec erreur standard) du pH de l'eau dans l'estuaire du Sinnamary.

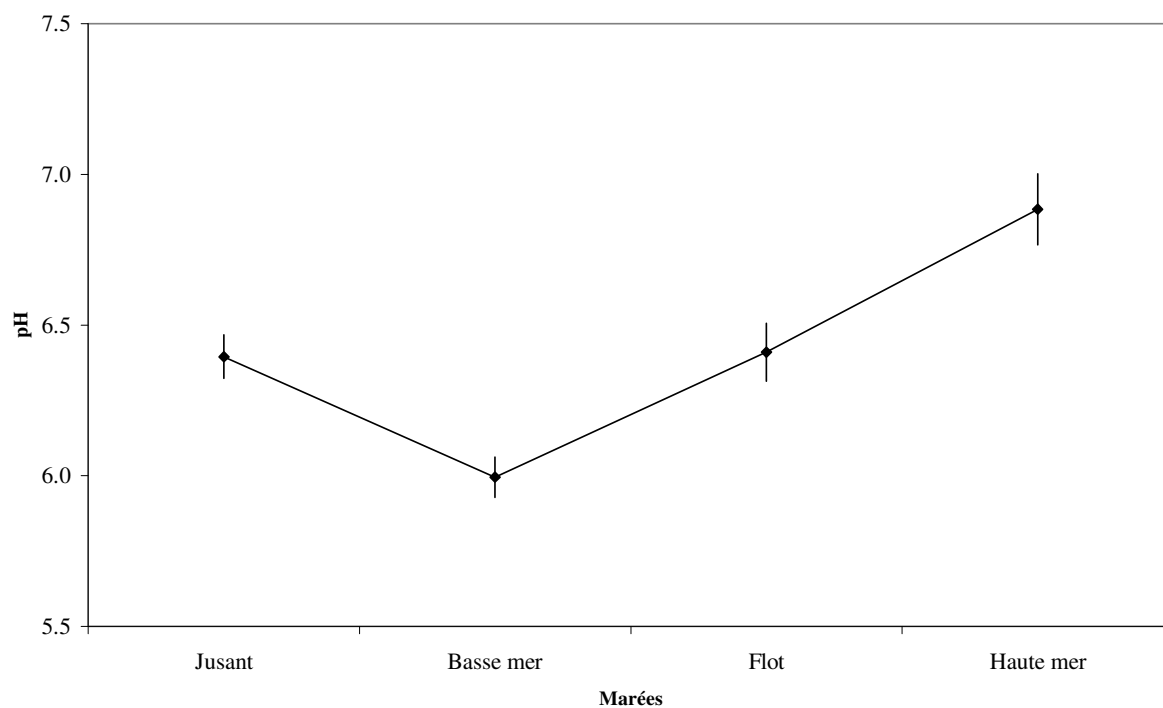


Figure 29 : Moyennes globales (avec erreur standard) du pH mesurées au cours d'un cycle de marées dans l'estuaire du Sinnamary.

3.1.3 Comparaison entre les deux estuaires

Les fluctuations spatio-temporelles ont été étudiées, après vérification de l'homogénéité des variances, à partir d'une ANOVA à quatre facteurs : *fleuve*, *date*, *marée* et *niveau*. Le tableau 4 présente la valeur des F-ratio, à partir de la comparaison des valeurs des deux estuaires :

Tableau 4 : Résultat de l'ANOVA (F-ratio) pour les facteurs fleuve (FL), date (DA), marée (MA) et niveau (NI) sur l'ensemble des paramètres physico-chimiques. (**) pour hautement significatif, soit $P < 0.001$; (*) pour significatif, soit $0.001 < P < 0.05$; (ns) pour non significatif, soit $P > 0.05$.

	T°C	Salinité	O ₂ (mg.l ⁻¹)	O ₂ (%)	pH
FL	29.05 (**)	54.47 (**)	57.71 (**)	68.02 (**)	48.92 (**)
DA	15.53 (**)	9.57 (**)	16.41 (**)	13.41 (**)	16.64 (**)
MA	7.81 (**)	46.05 (**)	46.03 (**)	46.05 (**)	25.23 (**)
NI	3.13 (ns)	28.58 (**)	0.99 (ns)	1.01 (ns)	4.83 (*)
FL*DA	5.47 (**)	4.39 (**)	7.10 (**)	3.81 (**)	4.66 (**)
FL*MA	0.65 (ns)	1.46 (ns)	1.46 (ns)	0.91 (ns)	0.74 (ns)
FL*NI	0.01 (ns)	4.39 (*)	0.48 (ns)	1.04 (ns)	3.59 (ns)

La température, la salinité, le pH, et l'oxygène sont significativement différents ($P < 0.001$) en fonction des facteurs *fleuve*, *date* et *marée*. Par contre seule la salinité et le pH varient significativement avec le *niveau*.

L'Iracoubo présente une température moyenne supérieure de 0.6°C à celle du Sinnamary. Comme l'a montré l'étude individuelle de chaque estuaire, l'évolution des températures moyennes sur le Sinnamary ne semble pas suivre un cycle climatique et ne se corrèle pas avec la température de l'air. En revanche, il existe une bonne corrélation entre la température et la pluviométrie pour les deux fleuves.

La salinité moyenne est deux fois supérieure sur l'Iracoubo que sur le Sinnamary. Nous avons observé des différences entre les deux niveaux verticaux de collecte, selon l'époque de l'année :

- la salinité moyenne en surface a été inférieure à 10 ‰ sur l'ensemble des mesures sur le Sinnamary, tandis que sur l'Iracoubo, elle n'était inférieure à cette valeur que dans les sept premiers mois de 97 ;
- pour le fond, la salinité moyenne du Sinnamary a variée entre 10.2 et 14.3 ‰ (octobre à février 98) et sur l'Iracoubo entre 10.7 et 24.3 ‰ (de juillet à février 98).

Le taux d'oxygène dissous moyen de l'Iracoubo a été supérieur à celui du Sinnamary, tant pour la concentration que pour les pourcentages de saturation. Les six premiers mois de mesures ont montré une diminution sensible des teneurs en O₂ pour l'Iracoubo tandis que pour le Sinnamary la situation était inverse. Il n'existait pas de différence significative en fonction de la profondeur pour les deux estuaires.

Les moyennes du pH sont plus fortes sur l'Iracoubo que sur le Sinnamary et l'évolution dans le temps de ce paramètre est bien différente : au cours d'un cycle de marées, les pH moyens sont supérieurs de 0.4 en jusant, basse mer et flot, et de plus 0.3 en pleine mer .

3.1.4 Discussion

Les apports continentaux étant véhiculés par des eaux douces, la salinité apparaît être leur meilleur marqueur dans les estuaires. Les variations de salinité, surtout en surface, sont corrélées avec la pluviométrie pour l'Iracoubo et avec le débit pour le Sinnamary.

Selon des études effectuées en Guyane par le laboratoire d'Hydrologie de l'ORSTOM depuis 1953 (Anonyme, 1975), en saison sèche, les débits minimum ne descendent pas en dessous de 20 m³.s⁻¹ pour les plus grands fleuves (Maronni, Sinnamary, Approuague) et varient de 6 à 8 m³.s⁻¹ pour les plus petits (Iracoubo, Kourou, Counamama). Avant la mise en eau du barrage de Petit Saut, le débit moyen du Sinnamary en étiage était de l'ordre de 80-100 m³.s⁻¹ et les effets de la marée atteignaient l'emplacement actuel du barrage (60 km en amont); les eaux de l'ensemble du bassin versant étaient homogènes, chaudes, acides, peu conductrices, riches en oxygène dissous et pauvres en éléments nutritifs (Horeau *et al.*, 1998). Actuellement, le débit moyen à l'aval du barrage est de 260 m³.s⁻¹ (~290 m³.s⁻¹ à l'estuaire), ce qui a entraîné une perte du signal de marée à proximité de la station de Petit Saut Aval (Garro, com. pers.) et probablement une diminution de la progression du coin salé en amont. Les salinités en surface et au fond, mesurées en novembre 1993 et en avril 1994 à l'estuaire,

ont été respectivement de 12 et 25 ‰ et de 8 et 23 ‰ (Vauchel, 1995) en période de vives eaux (débits respectifs de 148 et 108 m³.s⁻¹). Les mesures, pour la même période en 1997, ont été respectivement de 3.5 et 6.4 ‰ et de 3.3 et 10.5 ‰ (vives eaux ; débits respectifs de 280 et 241 m³.s⁻¹) : la salinité a donc diminué considérablement. Colonnello & Medina (1998) ont observé des changements de la végétation, après la construction du barrage dans la rivière Mánamo, dans le delta de l'Orénoque (Venezuela) ; l'écoulement d'eau douce a été réduit de 11 à 0.5 % par rapport à la décharge annuelle du fleuve, ce qui a permis une intrusion saline plus importante en amont. La modification de la salinité et du régime hydrologique provoquée par le drainage et l'envasement mènent à des changements rapides de la structure et de la composition des communautés de palétuvier, avec pour résultat la détérioration et la mort des populations (Botero, 1990 ; Twilley *et al.*, 1995 ; Botero & Mancera-Pineda, 1996).

En Guyane, le jusant a une durée plus grande que le flot à l'estuaire pendant toute l'année. Cette asymétrie est compensée par des vitesses de courant plus fortes en flot (à mi-profondeur) qu'en jusant (Lointier, 1990 ; Vauchel, 1995). La variation de salinité dans les estuaires est soumise à l'amplitude de marée et au débit des fleuves ; cela occasionne une stratification forte, moyenne ou faible selon le bilan de ces deux facteurs. Vraisemblablement, la rencontre des eaux du fleuve associée aux courants de marée pendant les vives-eaux entraîne l'évolution d'une colonne d'eau stratifiée à une colonne d'eau bien mélangée (Haas, 1976). La salinité de l'Iracoubo varie plus fortement en fonction de la marée que celle du Sinnamary. L'Iracoubo, fleuve ne subissant pas d'influence anthropique forte, présente une courbe mensuelle de salinité en conformité avec les saisons : concentration élevée en sel à l'étiage et homogénéisation de la colonne d'eau en période de fortes crues.

Sur l'estuaire du Sinnamary, nous avons observé au cours de certains mois de la saison des pluies, une absence de renverse complète du courant, le jusant restant toujours établi en surface et les vitesses de courants étant nulles au fond. Les salinités étaient inférieures à 5 ‰ en février, mars et mai 1997, avec des débits respectifs, le jour de la mesure (et sur les 7 jours précédents) de 681 (569), 302 (574) et 1088 (563) m³.s⁻¹. Actuellement, il semble que le régime du barrage de Petit Saut sur le Sinnamary ne tient compte que de son niveau de remplissage et son débit influence considérablement le cycle de la marée. Ceci a occasionné de forts changements physico-chimiques au niveau de son estuaire.

Les constatations relatives à la salinité du Sinnamary sont transposables à l'oxygène dissous. Le Comité Scientifique de Petit Saut de mars 1991 a fixé à 2 mg.L⁻¹ la teneur en oxygène dissous à maintenir à l'aval du barrage. Devant les effets néfastes pour les

populations de poissons, cette teneur a, par la suite, été augmentée à 6 mg.L^{-1} (Gosse & Grégoire, 1997). En mars 1995, un seuil de 4 mètres de hauteur (en deux marches) a été mis en place à la sortie des turbines afin de réoxygéner les eaux et d'éliminer par dégazage les composés volatils réducteurs (Galy-Lacaux *et al.*, 1997 ; Gosse, 1994 ; Richard *et al.*, 1998). À quelques kilomètres en aval du barrage, la concentration en oxygène dissous diminue mais reste identique à celle mesurée dans l'estuaire en saison des pluies. L'évolution des eaux, depuis le pied du barrage jusqu'à l'estuaire, se manifeste par une consommation progressive d'oxygène, avec une valeur minimale entre Pointe de Combi et Sinnamary. Les processus de production d'oxygène ne compensent donc pas la consommation, liée à la charge réductrice résiduelle échappant au dégazage et à l'oxydation immédiate à la sortie du barrage. En dépit de ces infrastructures spécifiques, les eaux sont globalement plus oxygénées sur l'Iracoubo que sur le Sinnamary, ce qui a des conséquences sur le milieu (Horeau *et al.*, 1998).

Lors du passage vers la saison sèche, nous avons observé sur les deux estuaires une augmentation sensible des valeurs d' O_2 , alors qu'elles décroissent avant le début des pluies. La différence est marquante en saison des crues avec une corrélation négative avec la pluviométrie entre les valeurs des deux fleuves. Delesalle (1981), travaillant sur trois chenaux de mangrove en Guadeloupe, a noté que les teneurs en oxygène dissous et saturé étaient plus fortes en surface qu'au fond. Nous avons observé que sur quinze collectes, la teneur en oxygène dissous était supérieure en surface pendant neuf mois dans l'Iracoubo mais seulement durant six mois sur le Sinnamary. En revanche, la saturation en oxygène était plus forte au fond pendant 13 mois sur 15 sur le Sinnamary, et 9 mois sur 15 sur l'Iracoubo.

Le pH moyen est proche pour les deux estuaires (6.6) et il semble que l'influence maritime compense, en estuaire, l'acidité naturelle des eaux d'origine continentale. Nogues (1984) estimait que dans le Sinnamary, le pH moyen était de 7.3 au niveau de l'estuaire et de 6.0 en aval du barrage. Ce résultat est confirmé par les données de la Station Petit Saut pour la période de l'étude (5.9). Peltier (1993), en mesurant le pH dans quatre mangroves de Guyane, a montré un gradient croissant d'acidité des surfaces terrigènes au fur et à mesure que l'on s'éloigne des berges, ainsi qu'un gradient de pH croissant de la surface (6.0) vers le fond (7.0). Le phénomène d'acidification qui se produit fréquemment dans les mangroves est lié à la forte oxydation anaérobie de la matière organique, notamment par sulfato-réduction, dont les produits terminaux sont susceptibles d'abaisser le pH de l'eau qui baigne les berges (Peltier, 1993).

3.2 VARIABILITÉ DU MATÉRIEL EN SUSPENSION

3.2.1 Estuaire de l'Iracoubo

3.2.1.1 Matière particulaire totale

Sur l'ensemble de notre échantillonnage, la concentration des MPT, au niveau de l'estuaire de l'Iracoubo, a varié entre 0.04 g.L-1 (janvier 97) et 12.3 g.L-1 (février 98) avec une moyenne de 1.28 (± 0.13) g.L-1 (Figure 30). Les concentrations moyennes en MPT à la surface et au fond sont significativement différentes (ANOVA, $P < 0.001$), avec 0.79 g.L-1 en surface et 1.76 g.L-1 au fond.

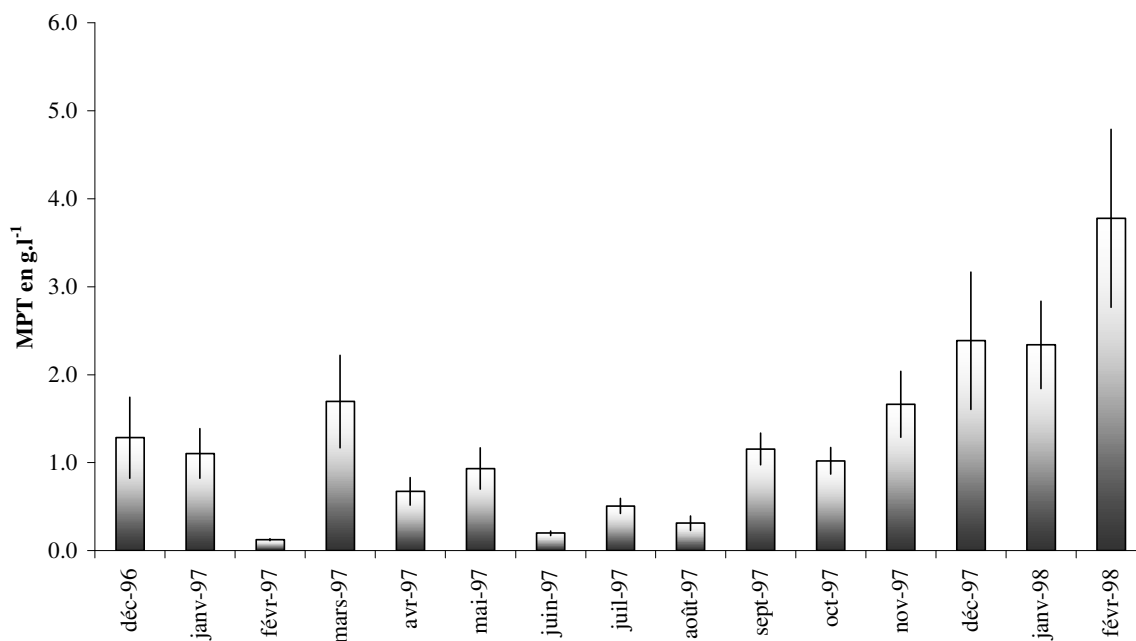


Figure 30 : Moyennes mensuelles (avec erreur standard) de la matière particulaire totale (MPT) dans les eaux de l'estuaire de l'Iracoubo.

La concentration en MPT fluctue de façon hautement significative (ANOVA, $P < 0.001$) avec la saison. On observe une augmentation de la MPT au cours de la saison sèche (mars, et d'août à décembre) et une diminution à la saison des pluies. En 1997, la concentration moyenne en MPT a été de 0.98 ± 0.11 g.L-1 (0.65 ± 0.07 g.L-1 en surface et 1.31 ± 0.19 g.L-1 au fond) ; décembre présentait les charges plus fortes, avec 2.38 g.L-1 (1.19 g.L-1 en surface et 3.57 g.L-1 au fond), soit 20 fois plus qu'en février. Les charges

observées pendant les deux premiers mois de 1998 sont nettement plus élevées que celles de la même période en 97. Ce fait peut résulter de la prolongation de l'étiage de 1997 (coefficient de corrélation de -0.65 avec la pluviométrie ; $P=0.04$). La concentration moyenne du seston est 2 fois plus forte en saison sèche qu'à la saison des pluies.

La concentration en particules varie significativement au cours du cycle de marées (ANOVA, $P<0.001$). Les teneurs les plus faibles ont été observées lors des hautes mers alors que les charges les plus importantes étaient relevées lors des basses mers (Figure 31). Le jusant et le flot présentait des valeurs intermédiaires. Les moyennes globales entre les niveaux de collectes montrent que, en surface, le jusant présente la concentration en particules la plus élevée (1.04 ± 0.17 g.L⁻¹), suivi par la basse mer (1.0 ± 0.23 g.L⁻¹) et par le flot (0.73 ± 0.12 g.L⁻¹) ; au fond, la MPT moyenne est plus concentrée en basse mer (2.70 ± 0.94 g.L⁻¹), puis pendant le jusant (1.97 ± 0.36 g.L⁻¹) et, enfin, durant le flot (1.67 ± 0.25 g.L⁻¹).

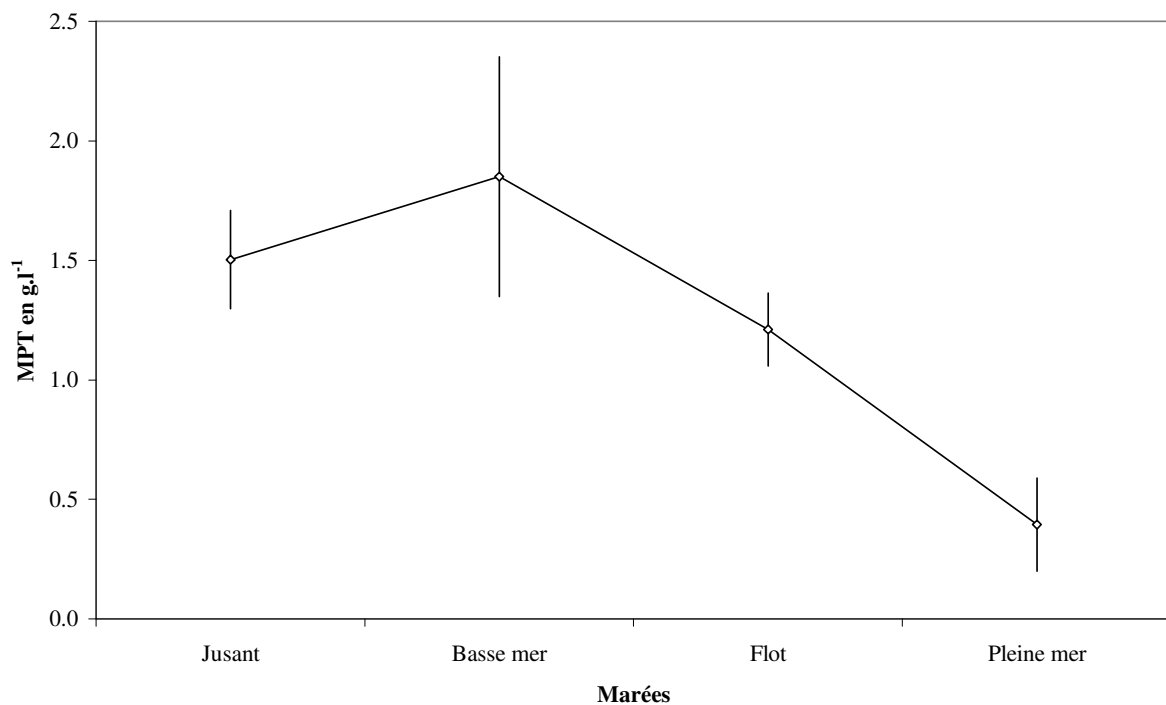


Figure 31 : Moyennes globales (avec erreur standard) de la matière particulaire totale mesurée suivant le cycle de marées dans les eaux de l'estuaire de l'Iracoubo.

3.2.1.2 Matière organique particulaire

La concentration moyenne globale en matière organique a été de 0.14 (± 0.01) g.L⁻¹, soit 0.10 g.L⁻¹ en surface et 0.18 g.L⁻¹ au fond, sur l'ensemble des campagnes. Ceci correspondrait à 10.9 % des matières totales en suspension (12.3 % en surface et 10.3 % au fond). Ces concentrations ont varié entre 0.00 g.L⁻¹ (février 97) et 1.00g.L⁻¹ (février 98). Les teneurs de surface sont significativement inférieures à celles du fond (ANOVA, P<0.001).

L'évolution mensuelle des MOP est similaire (Figure 32) à celle observée pour les MPT et fluctue de façon hautement significative (ANOVA, P<0.001) avec la saison. La moyenne pour l'année 97 a été de 0.12 \pm 0.01 g.L⁻¹ (0.09 \pm 0.11 g.L⁻¹ en surface et 0.15 \pm 0.02 g.L⁻¹ au fond) ; décembre a été le mois le plus chargé en MOP (0.25 g.L⁻¹ soit 25 fois plus qu'en février). Les mêmes constatations ont été faites pour les deux premiers mois de 98. Les moyennes de janvier et février 98 sont respectivement deux fois et trente-cinq fois supérieures à celles observées à la même période en 97. Les charges moyennes en étiage sont deux fois plus fortes qu'en saison des crues ; ayant une bonne corrélation avec la pluviométrie, respectivement de 0.80 (P=0.042) et 0.50 (P=0.031).

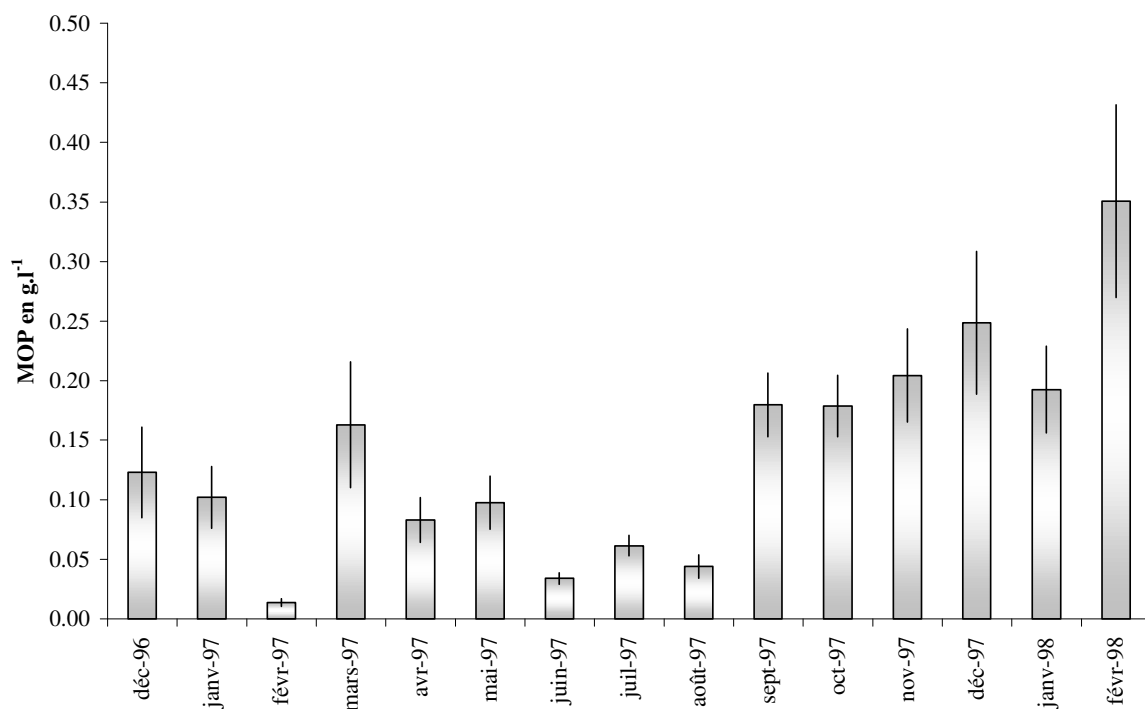


Figure 32 : Moyennes mensuelles (avec erreur standard) de la MOP au niveau de l'estuaire de l'Iracoubo.

La concentration en particules organiques varie significativement au cours du cycle de marées (ANOVA, $P < 0.001$). Les concentrations moyennes en MOP (Figure 33) sont les plus fortes en basse mer, puis au jusant, au flot et en pleine mer. En surface, la concentration moyenne en MOP est maximale au jusant avec $0.12 \pm 0.02 \text{ g.L}^{-1}$; elle atteint $0.10 \pm 0.02 \text{ g.L}^{-1}$ au flot, $0.10 \pm 0.02 \text{ g.L}^{-1}$ en basse mer et enfin $0.03 \pm 0.01 \text{ g.L}^{-1}$ en pleine mer. Au fond, la MOP moyenne est plus concentrée en basse mer ($0.24 \pm 0.07 \text{ g.L}^{-1}$), puis au jusant ($0.20 \pm 0.03 \text{ g.L}^{-1}$), au flot ($0.19 \pm 0.02 \text{ g.L}^{-1}$) et en pleine mer ($0.08 \pm 0.03 \text{ g.L}^{-1}$).

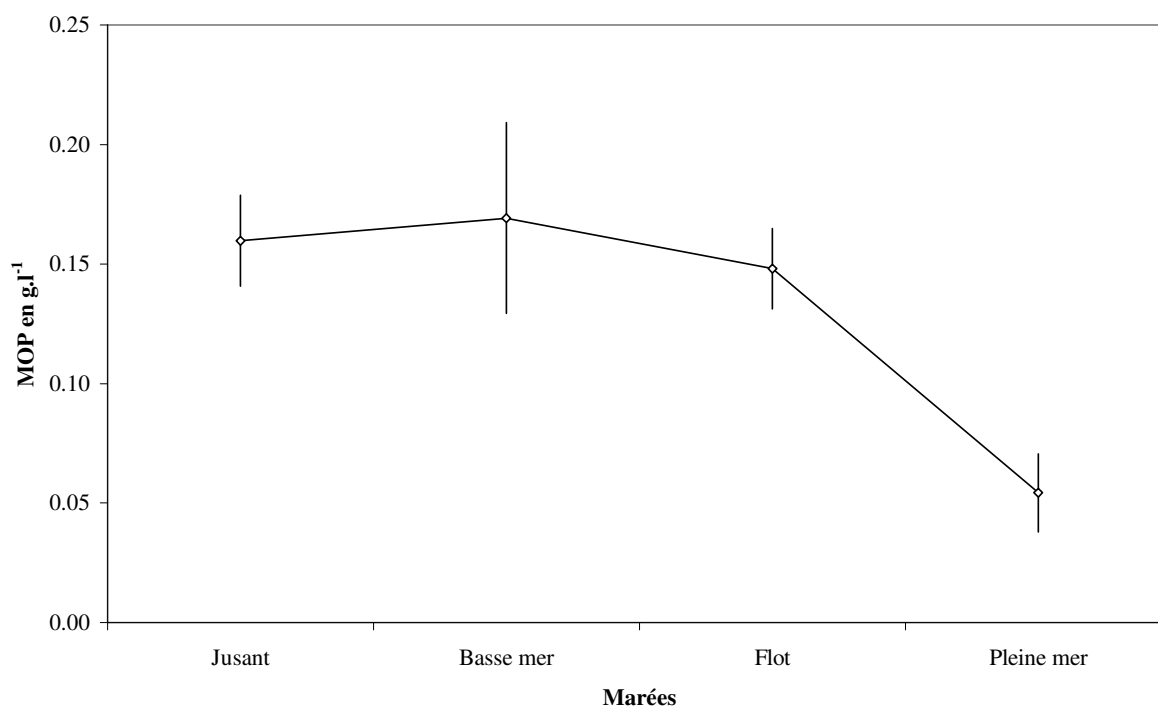


Figure 33 : Moyennes globales (avec erreur standard) de la matière organique particulaire (MOP) mesurée suivant le cycle de marées dans les eaux de l'estuaire de l'Iracoubo.

3.2.1.3 Matière inorganique particulaire

La concentration moyenne globale en matière minérale a été de $1.14 (\pm 0.12) \text{ g.L}^{-1}$, soit 89.1 % de la totalité des matières en suspension (88.8% en surface et 89.7% au fond). Ces concentrations ont varié entre 0.02 g.L^{-1} (décembre 96) et 11.4 g.L^{-1} (février 98). La concentration en MIP varie significativement (ANOVA, $P < 0.001$) avec le mois (Figure 34). La MIP est plus concentrée au fond (1.58 g.L^{-1}) qu'en surface (0.69).

L'analyse des données pour l'année 1997 a présenté une moyenne de $0.86 \pm 0.10 \text{ g.L}^{-1}$ ($0.56 \pm 0.07 \text{ g.L}^{-1}$ en surface et $1.16 \pm 0.17 \text{ g.L}^{-1}$ au fond). La charge a été la plus élevée en

décembre (2.14 ± 0.72 g.L-1) et la plus faible en février (0.11 ± 0.01 g.L-1). Comme pour la MOP, les moyennes de janvier et février 98 sont respectivement deux et trente fois supérieures à celles de la même période en 97. Les corrélations entre pluviométrie et matière inorganique sont positives et fortes, mais seulement en saison de pluie ($r = 0.92$; $P=0.003$). Les charges moyennes en étiage sont deux fois plus fortes qu'en saison des crues.

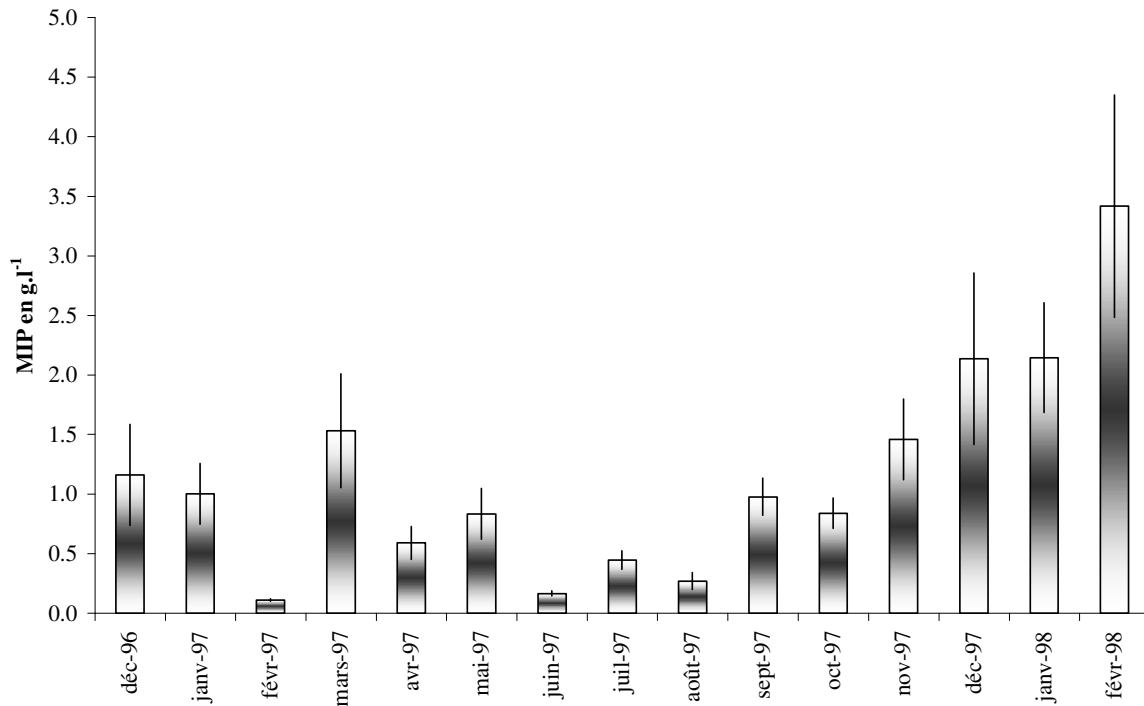


Figure 34 : Moyennes mensuelles (avec erreur standard) de la matière inorganique particulaire (MIP) dans les eaux de l'estuaire de l'Iracoubo.

Au cours du cycle de marées (Figure 35), les concentrations moyennes de la MIP ont été plus importantes en basse mer, puis au jusant et lors du flot ; la pleine mer a toujours présenté les valeurs les plus faibles. Les moyennes globales de la MIP en surface sont maximales lors du jusant (0.92 ± 0.33 g.L-1), puis en basse mer (0.90 ± 0.21 g.L-1), flot (0.63 ± 0.11 g.L-1) et en pleine mer (0.18 ± 0.02 g.L-1). Au fond, la MIP moyenne est plus concentrée en basse mer (2.46 ± 0.87 g.L-1), puis au jusant (1.77 ± 0.33 g.L-1) au flot (1.49 ± 0.23 g.L-1) et à la pleine mer (0.55 ± 0.36 g.L-1).

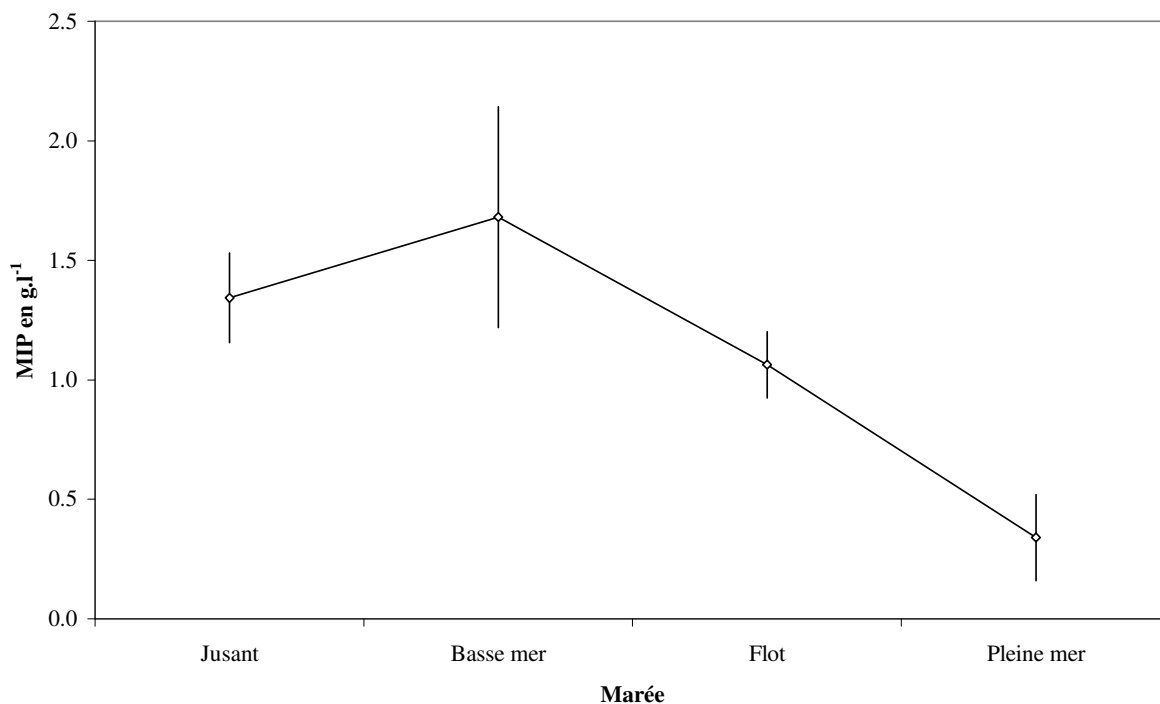


Figure 35 : Moyennes globales (avec erreur standard) de la matière inorganique particulaire (MIP) mesurée suivant le cycle de marées dans les eaux de l'estuaire de l'Iracoubo.

3.2.1.4 Débit solide

Quelle que soit la marée, le débit est plus fort au jusant qu'au flot. Par ailleurs, le rapport entre le volume d'eau qui coule au jusant et au flot est constant, quel que soit le coefficient de marée (Lointier, 1990). Les vitesses mesurées à l'estuaire dépassaient rarement 0.85 m.s^{-1} . Les valeurs les plus élevées ont été observées au jusant et en surface. Par contre, à mi-flot, la vitesse maximale a été relevée en profondeur.

L'évolution de la turbidité permet de calculer les transports solides en fonction du volume (débit estimé). En considérant la concentration du seston au jusant et au flot, nous avons estimé que la quantité de la MPT, de la MOP et de la MIP exportée serait respectivement de $0.77 \times 10^6 \text{ t an}^{-1}$, $0.08 \times 10^6 \text{ t an}^{-1}$ et de $0.69 \times 10^6 \text{ t an}^{-1}$. En 1997, elle serait de $0.63 \times 10^6 \text{ t an}^{-1}$ de MPT et $0.07 \times 10^6 \text{ t an}^{-1}$ de MOP.

3.2.1.5 Matière végétale flottante

L'examen des échantillons collectés par les filets à seston placés en surface nous a permis, à partir de la description taxinomique des feuilles et des graines, de dénombrer 32

espèces appartenant à 18 familles (Tableau 5). La plus grande richesse spécifique a été observée en avril 97, avec 24 espèces. Les taxons les plus fréquents appartiennent à la famille des Fabaceae (5 espèces) et des Arecaceae (4 espèces). Ce sont tous des représentants de la forêt ripicole. Les graines de *Avicennia germinans* et *Laguncularia racemosa* ont été observées pendant sept à huit mois de l'année, surtout en saison sèche et en période de transition vers la saison des crues.

Tableau 5 : Représentation des familles et des espèces identifiées parmi les feuilles et les graines collectées au niveau de l'estuaire de l'Iracoubo.

Familles	Espèces
Amaryllidaceae	<i>Hymenocallis tubiflora</i> Salisbury
Araceae	<i>Montrichardia arborescens</i> (Linnaeus) Schoot
Arecaceae	<i>Desmoncus macroacanthos</i> Martius <i>Euterpe oleracea</i> Martius <i>Mauritia flexuosa</i> Linnaeus <i>Maximiliana maripa</i> (J.F. Correa Serra) Drude
Bignoniaceae	<i>Cydistia aequinoctialis</i> (Linnaeus) Miers
Bombacaceae	<i>Pachira aquatica</i> Aublet
Caesalpiniaceae	<i>Eperua rubiginosa</i> Miquel <i>Macrolobium bifolium</i> (Aublet) Peerson
Chrysobalanaceae	<i>Licania licaniiflora</i> (Sagot) Fritsch
Clusiaceae	<i>Caraipa densifolia</i> Martius <i>Symphonia globulifera</i> Linnaeus
Combretaceae	<i>Combretum cacoucia</i> (Baillon) Exell ex Sandwith <i>Laguncularia racemosa</i> Linnaeus
Convolvulaceae	<i>Ipomea pes-caprae</i> Sweet
Fabaceae	<i>Dalbergia monetaria</i> Linnaeus f. <i>Machaerium inundatum</i> (Martius ex Bentham) Ducke <i>Muellera frutescens</i> (Aublet) Standley <i>Pterocarpus officinalis</i> Jacquin <i>Taralea</i> sp. Aublet
Liliaceae	<i>Crinum erubescens</i> Solander in W. Aiton
Malpighiaceae	<i>Heteropterys multiflora</i> (A.P. De Candolle) B.P.G. Hochreutiner

	<i>Stigmaphyllon</i> sp. Adr. H.L. Jussieu
Mimosaceae	<i>Zygia cataractea</i> (Kunth in Humboldt, Bonpland et Kunth) L. Rico
Myristicaceae	<i>Iryanthera hostmanni</i> (Bentham) Warburg <i>Virola surinamensis</i> (Rolander) Warburg
Rhizophoraceae	<i>Rhizophora racemosa</i> (G. Meyer) Leachman <i>Rhizophora mangle</i> Linnaeus
Sapindaceae	<i>Paullinia pinnata</i> Linnaeus
Verbenaceae	<i>Avicennia germinans</i> Linnaeus <i>Eschweilera micrantha</i> (O.C. Berg) Miers

Les biomasses végétales les plus importantes ont été relevées en janvier et en avril 97 (respectivement, 231 et 238 g), tandis que la quantité collectée en février était nulle. La figure 36 présente la moyenne mensuelle des débris végétaux sur un an (79.3 g de moyenne). La corrélation entre la matière végétale flottante et la pluviométrie a été de 0.70 (P=0.02).

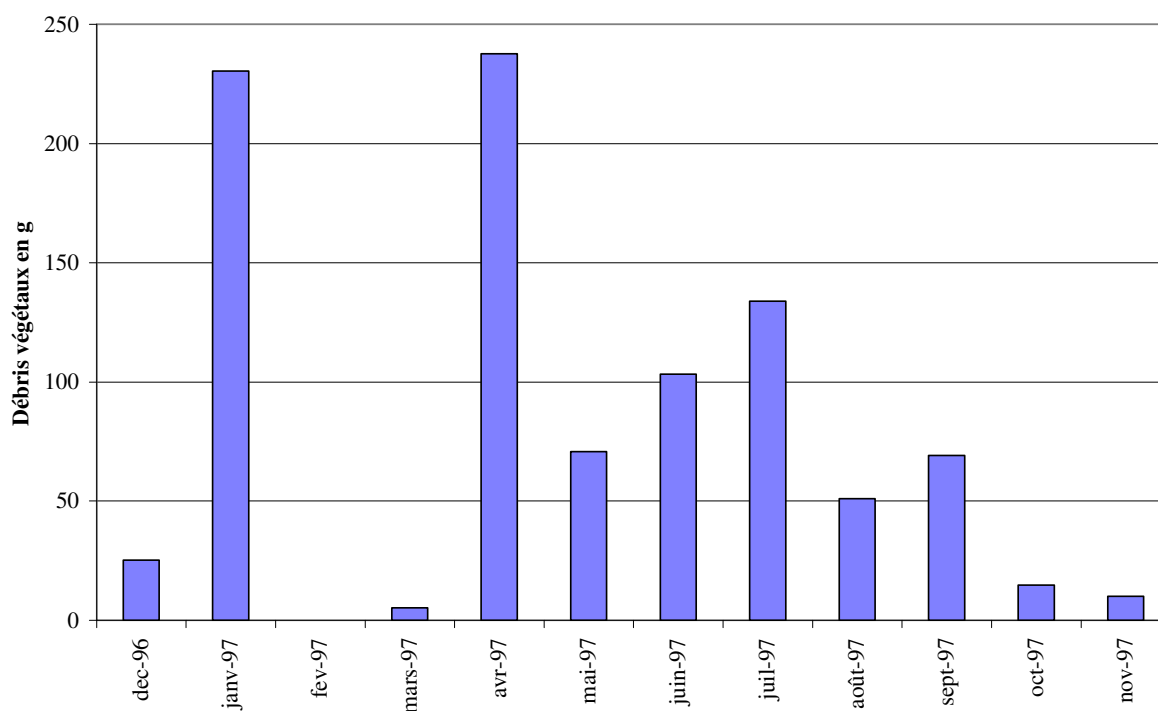


Figure 36 : Poids moyen des débris végétaux flottants récoltés au niveau de l'estuaire de l'Iracoubo.

3.2.2 Estuaire du Sinnamary

3.2.2.1 Matière particulaire totale

La charge en MPT de l'estuaire du Sinnamary varie de façon hautement significative (ANOVA, $P < 0.001$) en fonction du mois (Figure 37), avec une moyenne de $0.31 (\pm 0.04) \text{ g.L}^{-1}$. Nous avons observé une baisse des valeurs entre décembre 96 et mai 97 ; elles remontent à partir de juin, avec un maximum en septembre 97 et janvier 98. Les concentrations moyennes en MPT à la surface et au fond sont significativement différentes (ANOVA, $P < 0.001$), avec 0.13 g.L^{-1} en surface et 0.49 g.L^{-1} au fond.

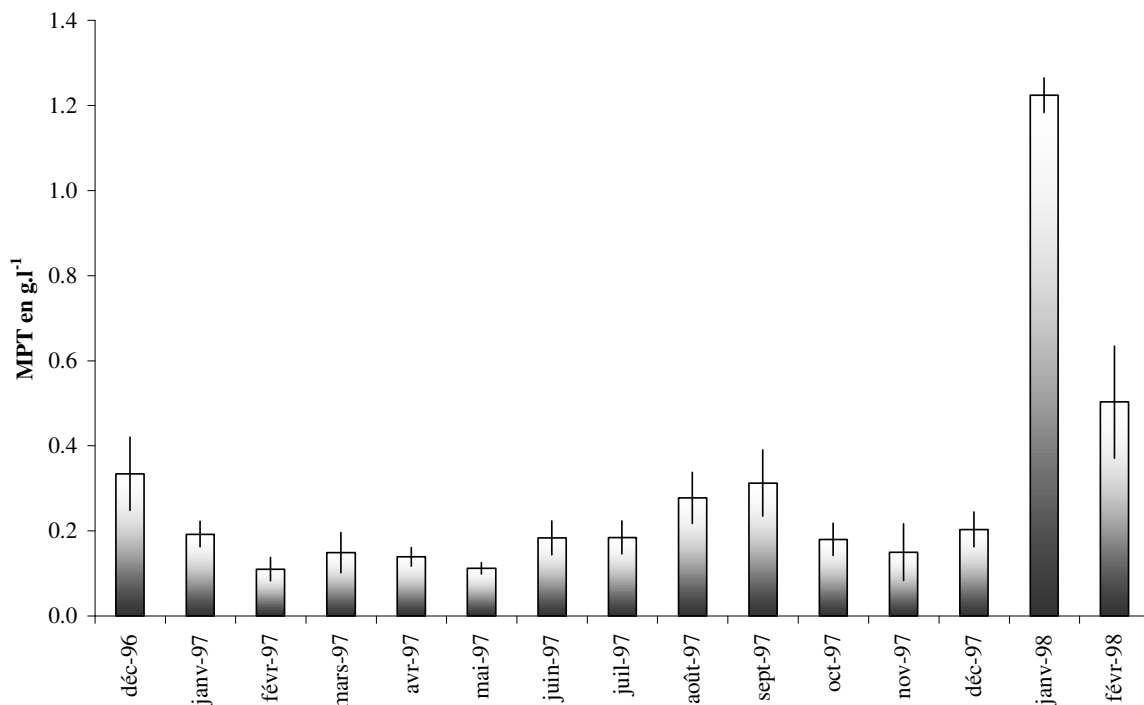


Figure 37 : Moyennes mensuelles (avec erreur standard) de la matière particulaire totale (MPT) mesurées dans les eaux de l'estuaire du Sinnamary.

La moyenne globale pour l'année 1997 a été de $0.18 \pm 0.01 \text{ g.L}^{-1}$ ($0.12 \pm 0.01 \text{ g.L}^{-1}$ en surface et $0.24 \pm 0.02 \text{ g.L}^{-1}$ au fond) ; février 97 (0.11 g.L^{-1}) est le mois le moins chargé et septembre (0.31 g.L^{-1}) présente la valeur la plus forte. Les concentrations de MPT aux mois de janvier et de février 98, étaient cinq et six fois supérieures à celles relevées à la même période de l'année précédente. Les concentrations en saison sèche ont été 1.4 fois supérieures à celles de la saison des pluies. La moyenne du débit sur le Sinnamary durant les premiers mois de l'année 98 a été l'une des plus basses depuis la mise en eau du barrage avec $157 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

¹ ($350 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, pour la même période en 1997). Le coefficient de corrélation entre les MPT et la pluviométrie a été de -0.60 ($P=0.02$) et de -0.64 avec le débit ($P=0.04$).

La concentration en particules varie significativement au cours du cycle de marées (ANOVA, $P<0.001$). La charge moyenne de la MPT totale en basse mer a été la plus forte, suivie par celle du jusant, celle du flot et en dernier celle de la pleine mer (Figure 38). La charge des MPT a été plus forte pendant plus de la moitié de l'échantillonnage (8 mois sur 15). En surface, la MPT maximale a été observée lors de la basse mer ($0.19 \pm 0.03 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$), puis au flot ($0.14 \pm 0.02 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$), au jusant ($0.11 \pm 0.01 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$) et en pleine mer ($0.11 \pm 0.02 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$) ; au fond, la MPT moyenne est plus concentrée en basse mer ($0.71 \pm 0.30 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$), puis au jusant ($0.44 \pm 0.10 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$), au flot ($0.38 \pm 0.09 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$) et en dernier à la pleine mer ($0.31 \pm 0.07 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$).

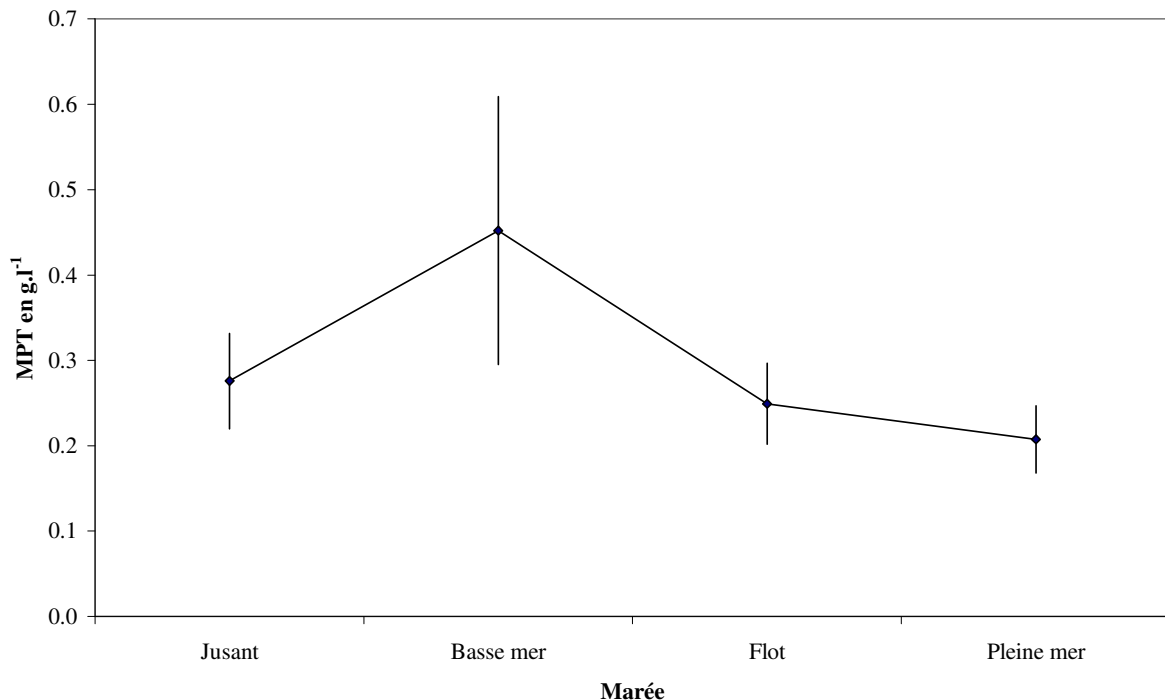


Figure 38 : Moyennes globales (avec erreur standard) des MPT mesurées suivant un cycle de marées dans les eaux de l'estuaire du Sinnamary.

3.2.2.2 Matière organique particulaire

La moyenne de la matière organique a été de 0.04 (± 0.01) $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$, soit de $0.02 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ en surface et de $0.07 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ au fond. Les concentrations ont montré une variation significative (ANOVA, $P<0.001$) entre les dates (Figure 39) allant de $0.00 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ (février 97) à $0.44 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$

(février 98). Ceci correspondrait à 14 % des matières totales en suspension (12.3 % en surface et 10.3 % au fond).

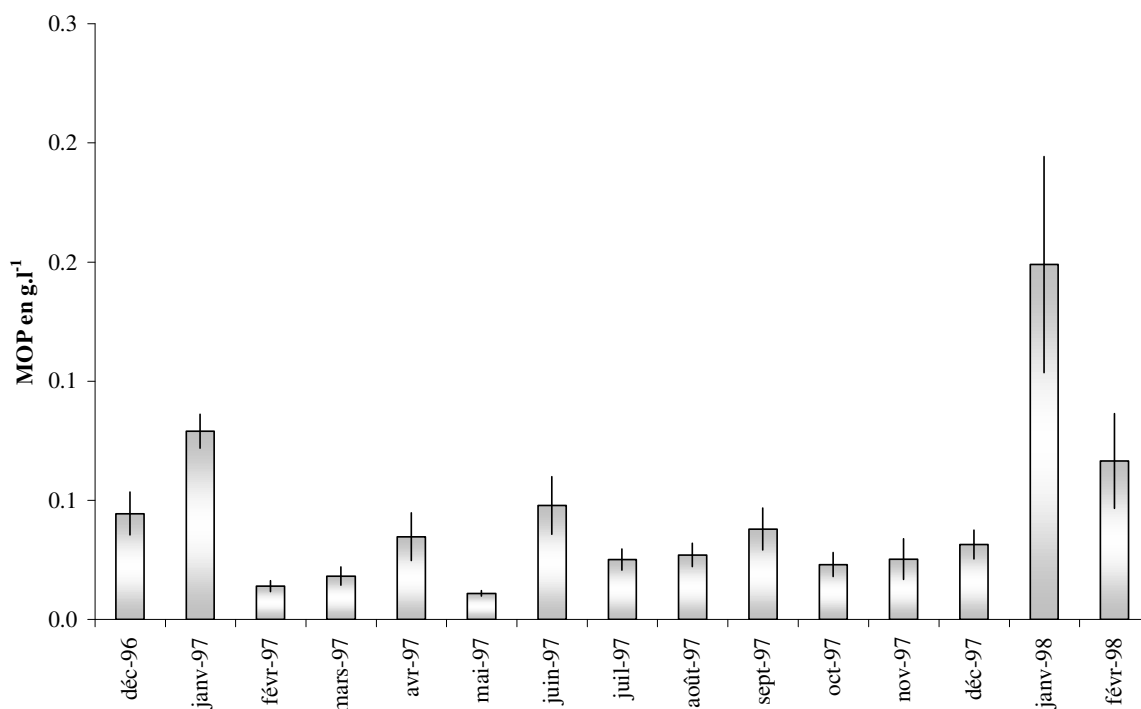


Figure 39 : Moyennes mensuelles (avec erreur standard) de la matière organique particulaire (MOP) dans les eaux de l'estuaire du Sinnamary.

La moyenne de la MOP pour l'année 1997 a été de 0.03 g.L⁻¹ (0.02 g.L⁻¹ en surface et 0.04 g.L⁻¹ au fond) ; décembre a été le mois le plus concentré (0.25 g.L⁻¹), soit 25 fois plus qu'en février. Pour les deux premiers mois de 1998, les moyennes sont respectivement deux fois et sept fois supérieures à celles mesurées à la même période en 1997. Nous n'avons pas trouvé de corrélations significatives entre la MOP et le débit ou la pluviométrie.

La variation des MOP au cours du cycle de marées (Figure 40) n'était pas significative (ANOVA, P>0.05). Les valeurs maximales de la MOP ont néanmoins été relevées lors de la basse mer, tant en surface (0.03±0.01 g.L⁻¹) qu'au fond (0.07±0.03 g.L⁻¹).

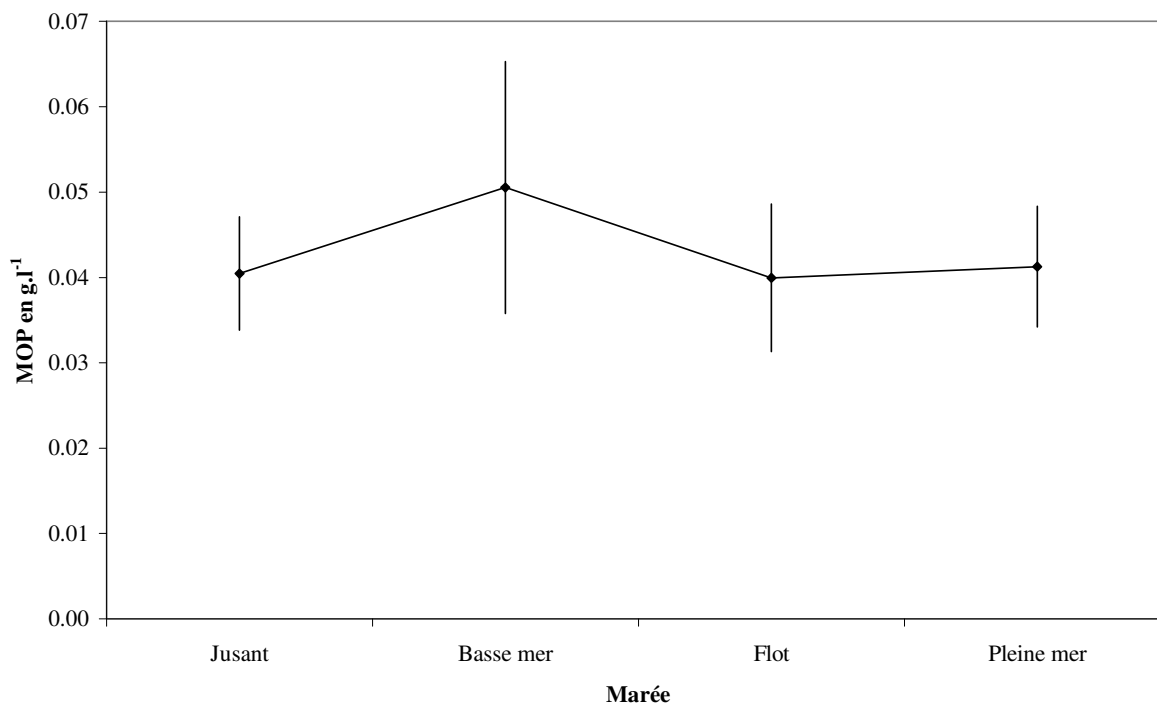


Figure 40 : Moyennes globales (avec erreur standard) de la MOP mesurées aux quatre stades d'un cycle de marées dans les eaux de l'estuaire du Sinnamary.

3.2.2.3 Matière inorganique particulaire

La moyenne totale de la matière inorganique particulaire a été de $0.27 (\pm 0.09)$ g.L⁻¹ (Figure 41), soit 86 % du total des MPT (84.6 % en surface et 86.4 % au fond). La MIP varie significativement selon le mois de prélèvement et le niveau bathymétrique (ANOVA, $P < 0.001$), avec 0.11 g.L⁻¹ de concentration en surface et 0.38 g.L⁻¹ au fond. Les charges ont varié entre 0.04 g.L⁻¹ (février 97) et 4.83 g.L⁻¹ (janvier 98).

La moyenne de la matière inorganique pour l'année 1997 a été de 0.15 ± 0.01 g.L⁻¹ (0.10 g.L⁻¹ en surface et 0.20 g.L⁻¹ au fond). Les moyennes de janvier et février 1998 sont respectivement neuf et quatre fois supérieures à celles de la même période en 1997. Les corrélations entre pluviométrie et matière minérale sont fortes ($r = -0.70$; $P = 0.031$), quelle que soit la saison ; les mêmes relations avec le débit sont significatives ($r = -0.51$; $P = 0.002$), surtout en saison des pluies ($r = -0.71$; $P = 0.012$).

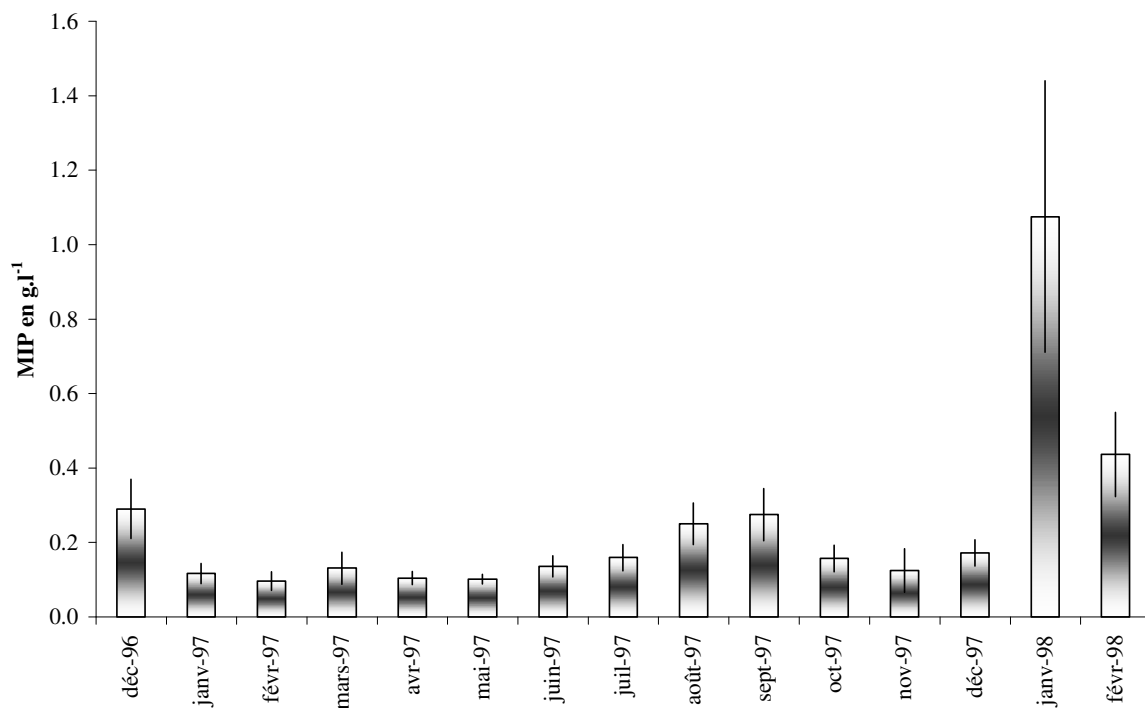


Figure 41 : Moyennes mensuelles (avec erreur standard) de la matière inorganique particulaire (MIP) dans les eaux de l'estuaire du Sinnamary.

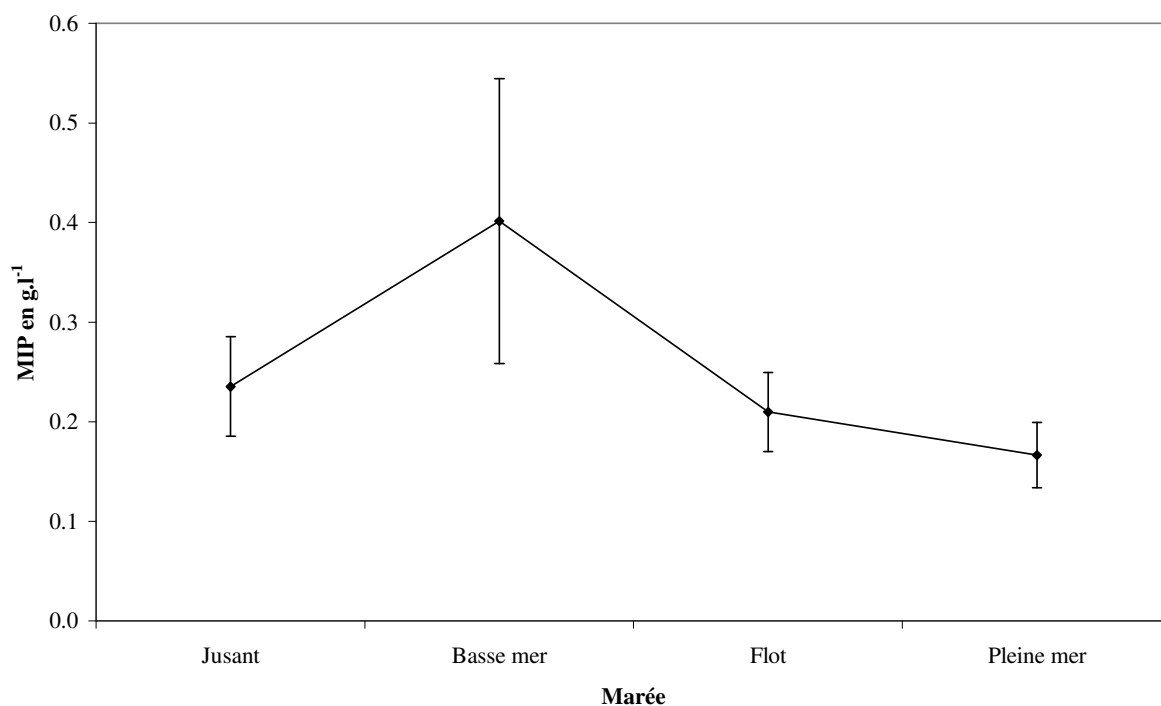


Figure 42 : Moyennes (avec erreur standard) de la MIP mesurées suivant un cycle de marées dans les eaux de l'estuaire du Sinnamary.

Les concentrations moyennes de la MIP pendant un cycle de marée varient significativement (ANOVA, $P < 0.001$). Elles ont été maximales en basse mer et minimales lors de la pleine mer (Figure 42). Les moyennes globales de la MIP en surface passent par un maximum en basse mer ($0.17 \pm 0.03 \text{ g.L}^{-1}$) suivi par le flot ($0.12 \pm 0.02 \text{ g.L}^{-1}$), par le jusant ($0.09 \pm 0.01 \text{ g.L}^{-1}$) et par la pleine mer ($0.09 \pm 0.02 \text{ g.L}^{-1}$) ; les concentrations au fond sont également les plus fortes en basse mer ($0.64 \pm 0.28 \text{ g.L}^{-1}$), ensuite au jusant ($0.38 \pm 0.09 \text{ g.L}^{-1}$), au flot ($0.30 \pm 0.07 \text{ g.L}^{-1}$) et en pleine mer ($0.25 \pm 0.06 \text{ g.L}^{-1}$).

3.2.2.4 Débit solide

Les transports solides par suspension ont été estimés par prélèvement d'échantillons d'eau à intervalles de temps réduits. Ce suivi de l'évolution de la turbidité en fonction des débits permet de connaître les quantités de matières en suspension transportées entre chaque marée en fonction du volume d'eau déplacé (Fritsch, 1983). Les vitesses mesurées à l'estuaire du Sinnamary dépassaient rarement 1 m.s^{-1} , avec les valeurs les plus élevées au jusant (4 à 5 h après la pleine mer). Plusieurs fois, nous avons observé (en saison des pluies) que les vitesses du fond pendant le flot augmentaient tandis qu'en surface le jusant était encore établi.

Le flux a été estimé en tenant compte des collectes effectuées durant le jusant et le flot (en surface) ainsi que la moyenne du débit, calculée sur les sept jours précédant la collecte (Tableau 6). Le débit solide (Q_s) a été estimé selon la formule, $Q_s = Q_i \times T_i \times C_i$, où :

- Q_s = débit solide (t)
- Q_i = débit ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)
- T_i = temps du jusant ou du flot (heures)
- C_i = concentration en seston (g.L^{-1})

Tableau 6 : Débits solides (Q) du fleuve Sinnamary de la matière particulaire totale (mpt), organique (mop) et inorganique (mip), ainsi que le rapport en pourcentage de la mop. Le bilan mensuel présenté varie selon la charge positive (flot) ou négative (jusant).

Date	JUSANT				FLOT				BILAN		
	Qmpt J 10 ³ t	Qmop 10 ³ t	Qmip 10 ³ t	mop/mpt %	Qmpt F 10 ³ t	Qmop 10 ³ t	Qmip 10 ³ t	mop/mpt %	MPT 10 ³ t	MOP 10 ³ t	MIP 10 ³ t
10/12/96	-0,55	-0,06	-0,50	10%	0,18	0,02	0,16	11%	-0,37	-0,04	-0,33
14/01/97	-0,48	-0,05	-0,44	10%	0,34	0,12	0,23	35%	-0,14	0,07	-0,21
18/02/97	-1,37	-0,14	-1,23	10%	0,67	0,08	0,59	12%	-0,70	-0,06	-0,64
11/03/97	-1,61	-0,18	-1,42	11%	1,01	0,16	0,85	15%	-0,60	-0,03	-0,57
09/04/97	-0,64	-0,26	-0,38	41%	0,75	0,09	0,66	11%	0,11	-0,17	0,28
06/05/97	-2,06	-0,16	-1,89	8%	0,62	0,07	0,55	12%	-1,44	-0,09	-1,34
05/06/97	-0,70	-0,17	-0,53	25%	0,44	0,14	0,30	31%	-0,27	-0,04	-0,23
23/07/97	-0,42	-0,09	-0,34	21%	0,70	0,07	0,62	10%	0,27	-0,01	0,29
22/08/97	-0,72	-0,07	-0,65	10%	1,25	0,11	1,14	8%	0,53	0,03	0,49
20/09/97	-0,96	-0,16	-0,80	17%	0,85	0,07	0,78	8%	-0,11	-0,09	-0,02
19/10/97	-0,89	-0,09	-0,80	10%	0,68	0,05	0,63	7%	-0,21	-0,04	-0,17
19/11/97	-0,13	-0,02	-0,11	13%	0,11	0,04	0,07	35%	-0,02	0,02	-0,04
02/12/97	-0,28	-0,06	-0,21	23%	0,78	0,16	0,62	20%	0,50	0,09	0,41
28/01/98	-0,47	-0,05	-0,41	12%	0,82	0,06	0,76	8%	0,36	0,01	0,35
12/02/98	-1,70	-0,16	-1,54	10%	0,75	0,11	0,63	15%	-0,95	-0,05	-0,90

Il ressort du tableau 6 qu'il existe une exportation des MPT pendant dix mois échantillonnés (huit mois en 1997) et des MOP pendant dix mois (huit mois en 1997). Le pourcentage de la MOP sur la MPT pendant le jusant a été de 15 % en moyenne et de 16 % durant le flot.

La moyenne globale pour 97 montre une exportation de la MPT, MOP et MIP respectivement de l'ordre de $0,07 \times 10^3$ t de $0,02 \times 10^3$ t et $0,05 \times 10^3$ t par marée. Si nous extrapolons ces valeurs sur les 705 marées annuelles, nous arrivons à un bilan annuel de $0,05 \times 10^6$ t.an⁻¹ pour la MPT, de $0,01 \times 10^6$ t.an⁻¹ pour la MOP et $0,04 \times 10^6$ t.an⁻¹ pour la MIP.

3.2.2.5 Matière végétale flottante

Nous avons identifié treize espèces appartenant à neuf familles à partir de la description taxinomique des feuilles et des graines (Tableau 7). La richesse spécifique la plus grande est apparue en mai 97 avec 8 espèces. Les Familles des Araceae et Fabaceae sont représentées par 3 espèces chacune. Les individus tels que *Avicennia germinans*, *Rhizophora racemosa* et *Pterocarpus officinalis* sont présents respectivement durant 10, 8 et 4 mois sur une année.

Tableau 7 : Représentation des familles et des espèces identifiées par les feuilles et graines collectées au niveau de l'estuaire du Sinnamary.

Familles	Espèces
Araceae	<i>Montrichardia arborescens</i> (Linnaeus) Schoot <i>Montrichardia linifera</i> (Aruda) Schott <i>Philodendrum acutatum</i> Schott
Arecaceae	<i>Euterpe oleracea</i> Martius
Bombacaceae	<i>Pachira aquatica</i> Aublet
Combretaceae	<i>Combretum cacoucia</i> (Baillon) Exell ex Sandwith
Fabaceae	<i>Dalbergia monetaria</i> Linnaeus f. <i>Machaerium lunatum</i> (Linnaeus f.) Ducke <i>Pterocarpus officinalis</i> Jacquin
Mimosaceae	<i>Inga sertulifera</i> De Candolle
Myristicaceae	<i>Virola surinamensis</i> (Roldander) Warburg
Rhizophoraceae	<i>Rhizophora racemosa</i> (G. Meyer) Leachman <i>Rhizophora mangle</i> Linnaeus
Verbenaceae	<i>Avicennia germinans</i> Linnaeus

La masse moyenne des débris s'élève à 156 g (août) ; elle est nulle en février. La figure 43 présente les valeurs mensuelles entre décembre 96 et novembre 97. Les corrélations avec la pluviométrie sont saisonnières, soit 0.52 (P=0.042) en saison des pluies et -0.76 (P=0.035) en étiage ; le débit présente une corrélation négative de 0.76 (P=0.003) avec la matière végétale seulement en étiage.

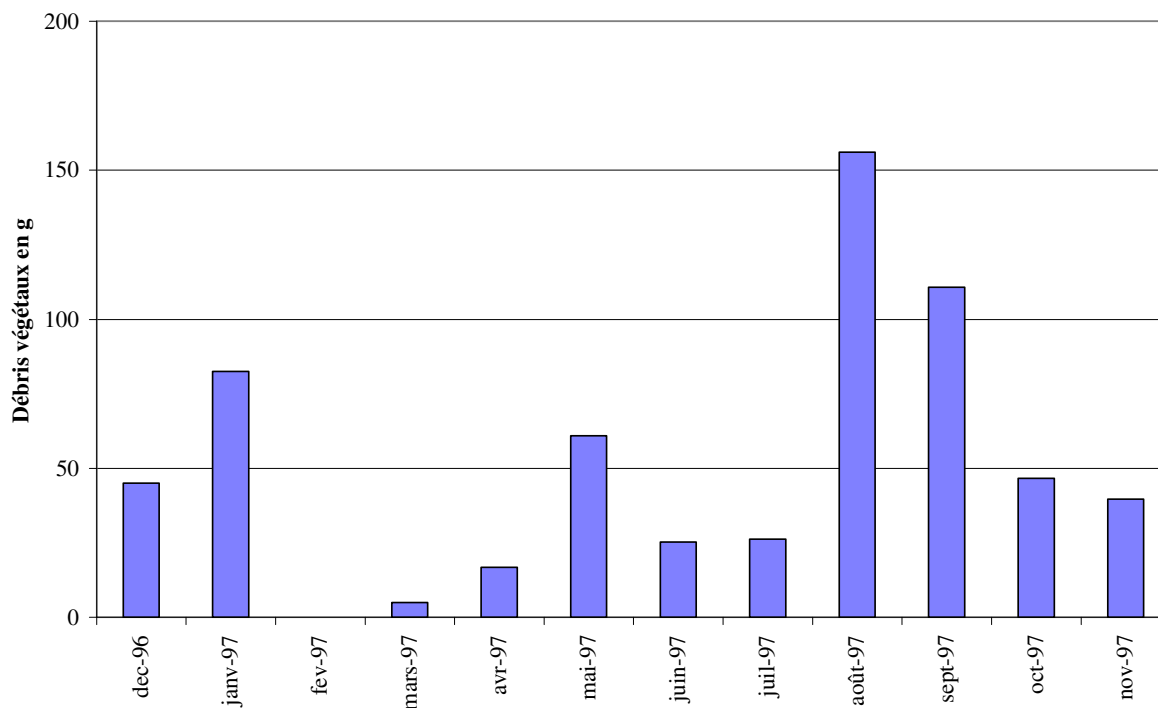


Figure 43 : Poids moyen des débris végétaux flottants récoltés au niveau de l'estuaire du Sinnamary.

3.2.3 Comparaison entre les deux estuaires

Les fluctuations spatio-temporelles de la matière particulaire ont été étudiées, après vérification de l'homogénéité des variances, à l'aide d'une ANOVA à 4 facteurs : *fleuve* (Iracoubo et Sinnamary), *date* (de décembre 96 à février 98), *marée* (pleine mer, jusant, basse mer et flot) et *niveau* (surface et fond). Le tableau 8 présente la valeur des F-ratio pour chaque facteur, ainsi que quelques-unes des interactions.

Les quatre facteurs influent significativement sur la MPT, MOP et MIP. Le facteur *fleuve*, avec le plus fort F-ratio démontre la grande variabilité spatiale des distributions des charges particulaires dans les deux estuaires. L'analyse multiple des facteurs tels que *fleuve/date*, *fleuve/niveau* et *fleuve/date/niveau* confirme les différences entre les deux estuaires.

Les concentrations en MPT, MOP et en MIP de l'Iracoubo sont, respectivement plus fortes d'un facteur 4.4, 3.5 et 4.8 par rapport au Sinnamary. Les charges en surface et au fond sont respectivement six et quatre fois supérieures dans l'Iracoubo.

Tableau 8 : Représentation des F-ratio pour les quatre facteurs analysés sur la MPT, MOP et MIP. (**) pour hautement significatif à $P < 0.001$; (*) pour significatif à $0.001 < P < 0.05$; (ns) pour non significatif à $P > 0.05$.

	MPT	MOP	MIP
<i>FL</i>	166.02 (**)	131.57 (**)	166.8 (**)
<i>DA</i>	17.60 (**)	12.80 (**)	17.95 (**)
<i>MA</i>	19.66 (**)	10.85 (**)	20.61 (**)
<i>NI</i>	81.05 (**)	66.42 (**)	81.12 (**)
<i>FL*DA</i>	11.51 (**)	9.15 (**)	11.76 (**)
<i>FL*MA</i>	11.03 (**)	8.61 (**)	11.19 (**)
<i>FL*NI</i>	22.76 (**)	8.77 (**)	24.41 (**)
<i>DA*MA</i>	2.12 (*)	1.19 (ns)	2.24 (*)
<i>DA*NI</i>	9.13 (**)	6.53 (**)	9.30 (**)
<i>MA*NI</i>	3.94 (*)	1.41 (ns)	4.27 (**)
<i>FL*DA*MA</i>	2.93 (**)	1.88 (*)	3.03 (**)
<i>FL*DA*NI</i>	6.29 (**)	4.44 (**)	6.46 (**)
<i>FL*MA*NI</i>	1.18 (ns)	0.76 (ns)	1.22 (ns)
<i>DA*MA*NI</i>	1.92 (*)	1.10 (ns)	2.01 (*)
<i>FL*DA*MA*NI</i>	2.23 (*)	1.37 (ns)	2.13 (**)

3.2.4 Discussion

Le matériel particulaire véhiculé par les fleuves et les rivières joue un rôle complexe au niveau de l'interface eaux continentales/eaux marines. Les variations saisonnières des concentrations s'avèrent différentes pour les deux fleuves. Février 97 est le seul mois où les charges des deux fleuves sont similaires. Juin a été le seul mois où la moyenne de la MOP sur le Sinnamary a dépassé celle de l'Iracoubo. Les deux estuaires ont présenté des différences de charges particulières selon la saison : elles étaient deux fois plus concentrées en étiage qu'à la période pluvieuse, avec de bonnes corrélations avec la pluviométrie. Woodroffe (1985c) considère que les concentrations de la matière particulaire dans le Tuff Crater (Nouvelle Zélande) sont dépendantes des flux des rivières en amont des zones soumises à l'influence de la marée et des conditions météorologiques. Il a été démontré que les précipitations et les conditions des vents participent étroitement à la concentration des MPT (Settlemyre & Gardner, 1977 ; Ward, 1981). Les différences de concentration trouvées entre l'Iracoubo et le Sinnamary peuvent être liées au phénomène d'envasement-dévasement, marqué par une variabilité interannuelle (Froidefond *et al.*, 1986).

Les charges présentes dans l'Iracoubo laissent supposer un déplacement de son banc, car les vases fluides sont plus facilement remises en suspension. En effet, lorsque les fonds au large s'érodent, le chenal s'engraisse (Audige, 1986), ce qui favorise l'augmentation de la turbidité. Les mois de janvier et de février 98 ont présenté des concentrations en matières particulaires très fortes par rapport à la même période de l'année précédente. En fait, la moyenne du débit sur le Sinnamary, durant ces deux mois, a été l'une des plus basses depuis la mise en eau du barrage en raison des effets d'un fort épisode "El Niño" (Anonyme, 1998). Une variation saisonnière analogue dans la distribution des dépôts a été identifiée dans l'estuaire de Wester (Grabermann & Krause, 1989 *in* Lindsay *et al.*, 1996).

Le pourcentage des MOP dans le Sinnamary est de 15 % alors qu'il est de 11% dans l'Iracoubo. Dans ce dernier fleuve, le pourcentage varie peu d'une saison à l'autre (10% en saison des pluies contre 12% en étiage). La différence est plus nette pour le Sinnamary où les MOP constituent 17% de la charge particulaire en période de crues et 13% en étiage. Les deux fleuves se comportent différemment en période de crues : la corrélation avec la pluviométrie est positive dans l'Iracoubo et négative dans le Sinnamary.

D'une manière générale, le pourcentage de la MOP dans les MPT est plus fort en surface, tandis que les MIP prédominent au fond. Ce schéma s'applique bien à l'Iracoubo. Dans le cas du Sinnamary, ce phénomène ne s'observe que pendant la saison des pluies qui a débuté en janvier 97 avec une forte charge en MPT, pour ensuite stabiliser la moyenne en février et mai (mois avec les plus forts débits). Le maintien d'un débit constant ou plus faible en saison sèche a cependant permis une circulation et un accroissement des MPT en estuaire. Comme observé dans l'étude de Massio (1976) dans les eaux du Lot, l'augmentation des crues accroît la turbidité et enrichit le milieu en matières minérales.

Les concentrations des charges particulaires dans les deux estuaires présentaient aussi des variations journalières liées au cycle de marée. Les concentrations moyennes étaient toujours plus élevées dans l'Iracoubo que dans le Sinnamary : cinq fois plus en jusant et en flot, quatre fois plus en basse mer et deux fois plus en pleine mer. Dans un cycle de marées, la concentration de la MPT est directement liée à la vitesse du courant (Woodroffe 1985c ; Lindsay *et al.*, 1996), principalement en période des vives-eaux. Dans les deux estuaires, les moyennes globales de la MPT étaient plus élevées pendant la basse mer et plus faibles en pleine mer. Une telle alternance est classique (Cadée, 1984 ; Lindsay *et al.*, 1996). Pourtant, l'analyse statistique nous a montré une différence significative selon le facteur conjoint *fleuve/marée* (Tableau 8). Dans les deux estuaires, les charges du jusant ont été plus fortes que

celles du flot (entre huit et douze mois sur quinze) : l'influence du jusant sur la charge des MPT et de la MIP est plus marquée sur l'Iracoubo que sur le Sinnamary ; pour la MOP, l'influence du jusant a été plus forte sur le Sinnamary.

L'estimation du bilan global montre une exportation des particules dans les deux estuaires. Cette caractéristique pourrait être liée entre autres, à la durée du jusant par rapport à celle du flot (vives-eaux), due à l'asymétrie des marées (Lointier, 1990). Selon Meade *et al.* (1985), 13×10^8 t de sédiments sont déchargées chaque année par le fleuve Amazone et 20% de cette masse transitent sur les côtes des Guyanes. Allison *et al.* (1996) ont observé que le transit des sédiments sur la côte de l'Amapá (Brésil) varie entre 0.1-0.3% des rejets amazoniens et Eisma *et al.*, (1991) estiment à 1%, la masse qui se déposerait sur la Guyane française. Selon nos estimations, l'exportation des matières particulaires, organiques et inorganiques sur l'Iracoubo serait quatre fois plus importante que celle du Sinnamary (trois fois plus sur une année). Les flux des MPT pour l'estuaire du Sinnamary et de l'Iracoubo seraient, respectivement, de 0.04% et 0.10% du total des décharges de l'Amazone, sur 12 mois. Dans ces conditions, il serait inadéquat de généraliser les observations faites sur 15 cycles de marées aux 705 marées annuelles car les erreurs pourraient être considérables. Cependant, très peu de données existent sur la dynamique des estuaires en Guyane ; les résultats présentés ici indiquent seulement un ordre de grandeur des transferts. D'autres sources d'erreurs peuvent être ajoutées à ces résultats car aucune mesure n'a été faite en continu sur 24h (différence des coefficients de marée, influence des vents, vitesses de courants différentes, etc.).

La diversité d'espèces d'arbres, estimée par la présence de feuilles ou de graines, a montré la prédominance des individus de la mangrove, surtout de *Avicennia germinans*. Les espèces de la forêt ripicole les plus représentatives appartiennent à la famille des Fabaceae, Araceae et Arecaceae. Le pic maximum de végétaux (en poids sec) sur l'Iracoubo se localise en janvier 97 et sur le Sinnamary en août 97. Les deux estuaires ont présenté de bonnes corrélations entre la matière végétale et la pluviométrie : positives en saison des pluies (lessivage des berges) et négatives en saison sèche (intrusion saline plus importante). Selon l'étude effectuée par Betoulle (1998) sur le Marais Leblond, la production de litière (feuilles, graines, brindilles et fleurs) montre des pics plus prononcés entre décembre et février et entre juin et octobre. La production moyenne de litière de la mangrove de ce marais s'élève à $10.77 \text{ t.ha}^{-1}\text{an}^{-1}$, correspondant aux valeurs les plus importantes trouvées dans la littérature : 10.64

t.ha.⁻¹an⁻¹ en Équateur (Twilley *et al.*, 1997), 13.82 t.ha.⁻¹an⁻¹ en Colombie (Mullen & Hernandez, 1978), 10.07 t.ha.⁻¹an⁻¹ en Malaisie (Ong *et al.*, 1981). La production de litière mesurée pour divers faciès de la mangrove en Guyane est comprise entre 9.6 et 13.3 t.h.⁻¹an⁻¹ (Betoulle, 1998), alors qu'elle n'est que de 7.8 t.h.⁻¹an⁻¹ pour la forêt sempervirente (Puig & Delobelle, 1988). Si l'on considère que seulement 10 à 20 % des feuilles mortes sont exportés vers l'estuaire, on peut admettre que celui-ci s'enrichit en matière allochtone de 1 à 3 t.h.⁻¹an⁻¹ (Rojas-Beltran, 1986).

Colonnello & Medina (1998) ont observé des changements de la végétation, après la construction d'un barrage sur la rivière Mánamo, dans le delta de l'Orénoque (Venezuela). L'écoulement d'eau douce a été réduit de 11 à 0,5 %, ce qui a permis une intrusion saline plus importante en amont du fleuve. Les modifications de salinité et de régime hydrologique provoquées par le drainage et l'envasement ont mené à des changements rapides de la structure et de la composition des communautés de palétuvier, avec pour résultat la détérioration et la mort des arbres en front de mer et l'occupation des palétuviers en zone ripicole (Botero, 1990 ; Twilley *et al.*, 1995 ; Botero & Mancera-Pineda, 1996). A l'embouchure du Sinnamary, Fromard *et al.* (1996) ont noté le contraire, soit le recul de l'influence marine, provoquant un développement progressif des peuplements de *Rhizophora* et des espèces de la forêt ripicole, telles que *Pterocarpus officinalis* ou les palmiers *Euterpe oleracea* et *Mauritia flexuosa* au détriment des *Avicennia*. Sur le Sinnamary, la végétation dite de mangrove occupe actuellement 5 km en amont de l'embouchure (contre 12 km sur l'Iracoubo). Si nous tenons compte des études concernant le déplacement des bancs de vase en Guyane (Froidefond *et al.* 1985, 1986, 1987, 1988), la notion de cycle régulier ne semble pas applicable, bien que de nombreux travaux estiment des cycles d'envasement-dévasement de 30 ans (Anonyme, 1986), ou des cycles de 18 ans sur les fonds du large (Audige, 1986). La mise en route du barrage de Petit Saut, sur le Sinnamary, en 1994 affecte déjà les relations entre les paramètres étudiés.

3.3 VARIABILITÉ DES PARAMÈTRES BIOLOGIQUES

3.3.1 Chlorophylle

3.3.1.1 Estuaire de l'Iracoubo

La moyenne globale de chlorophylle **a** dans l'estuaire de l'Iracoubo était de 14.9 (1.1) $\mu\text{g.L}^{-1}$. La valeur minimum a été trouvée en saison des pluies avec 2.0 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (février 97) et le maximum en saison sèche avec 38.3 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (novembre 97). La concentration mensuelle en chlorophylle **a** (Figure 44) présente une évolution significative (ANOVA, $P < 0.001$) et les moyennes en étiage sont deux fois supérieures à celles de la saison humide. Il existe une corrélation négative ($r = -0.64$; $P = 0.032$) entre la chlorophylle **a** et la pluviométrie. La moyenne pour les phéopigments (1997) a été de 8.4 (1.0) $\mu\text{g.L}^{-1}$, avec des concentrations trois fois plus fortes en étiage. Les phéopigments présentent aussi une différence significative entre les mois (ANOVA, $P < 0.001$).

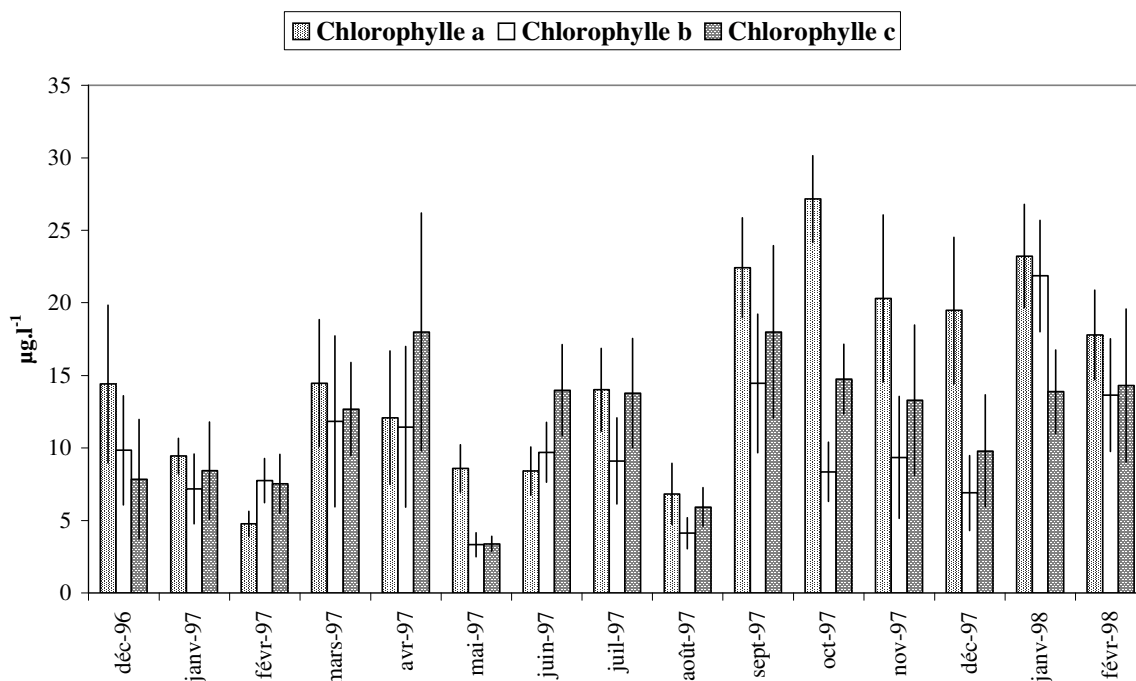


Figure 44 : Moyennes mensuelles (avec erreur standard) pour les teneurs des chlorophylles **a**, **b** et **c** ($\mu\text{g.L}^{-1}$), dans les eaux de l'estuaire de l'Iracoubo.

Les valeurs moyennes des chlorophylles **b** et **c** ont été respectivement de $9.9 \mu\text{g.L}^{-1}$ et $11.8 (1.1) \mu\text{g.L}^{-1}$. Les valeurs des chlorophylles **b** et **c** présentaient également une différence significative entre les mois (ANOVA, $P=0.013$ et 0.015 , respectivement). L'évolution saisonnière confirme une plus forte concentration en étiage. Les moyennes relevées lors des deux premiers mois de l'année 98 sont supérieures à la même période en 97 ; les chlorophylles **a**, **b** et **c** sont globalement trois fois supérieures.

L'évolution des moyennes, selon un cycle de marées, est présentée sur la figure 45, pour les chlorophylles **a**, **b** et **c**. Les différences entre les quatre stades du cycle sont significatives pour les trois chlorophylles, mais non significatives pour les phéopigments. Les valeurs de la basse mer sont les plus fortes, suivies du jusant, du flot puis de la pleine mer.

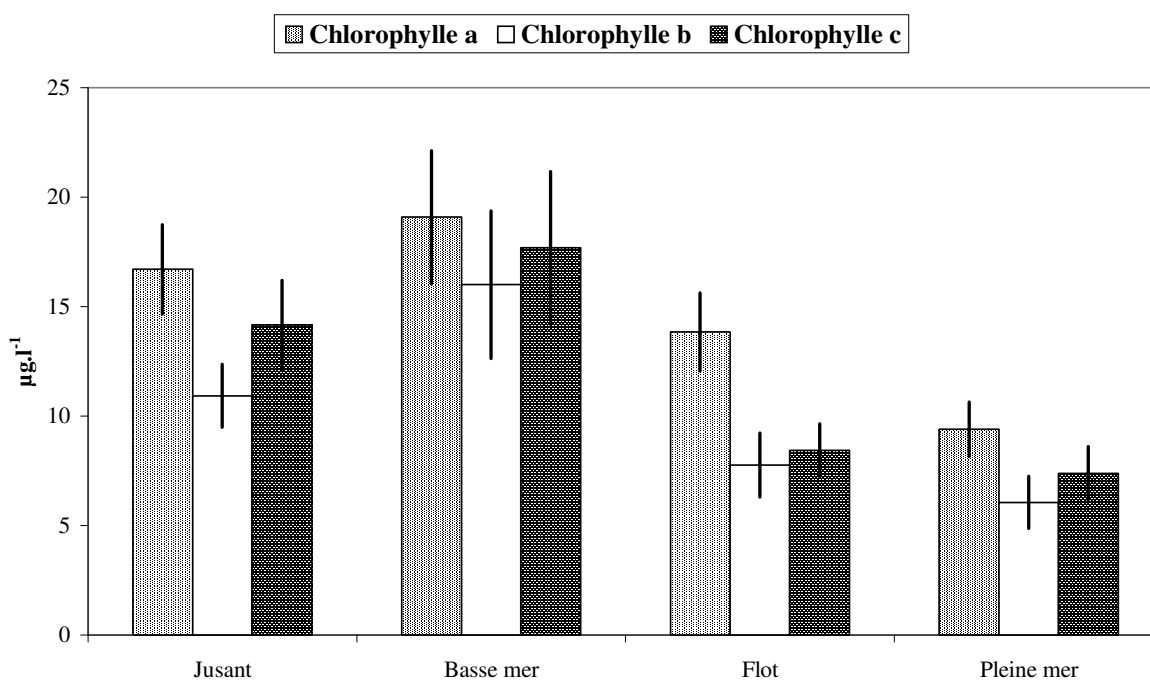


Figure 45 : Moyennes (avec erreur standard) des teneurs des chlorophylles **a**, **b** et **c** selon les stades de la marée dans les eaux de l'estuaire de l'Iracoubou.

3.3.1.2 Estuaire du Sinnamary

La concentration moyenne, en chlorophylle **a**, a été de $14.5 (1.0) \mu\text{g.L}^{-1}$ ($8.5 \mu\text{g.L}^{-1}$ pour les phéopigments en 1997). Le minimum a été de $2.8 \mu\text{g.L}^{-1}$ (janvier 97) et le maximum

de $42.6 \mu\text{g.L}^{-1}$ (septembre 97). Les concentrations en chlorophylle **a** variaient significativement (ANOVA, $P < 0.001$) selon la date de prélèvement (Figure 46). En étiage, la moyenne était deux fois plus forte qu'en saison des pluies. Nous pouvons établir une bonne corrélation ($r = -0.63$; $P = 0.013$) entre la chlorophylle **a** et la pluviométrie, surtout en étiage ($r = -0.72$; $P = 0.025$) ; les corrélations (négatives) avec le débit sont significatives seulement entre chaque saison : -0.76 ($P = 0.001$) en crues et -0.92 ($P = 0.004$) en étiage. Les concentrations en phéopigments variaient aussi significativement (ANOVA, $P = 0.005$) entre les mois.

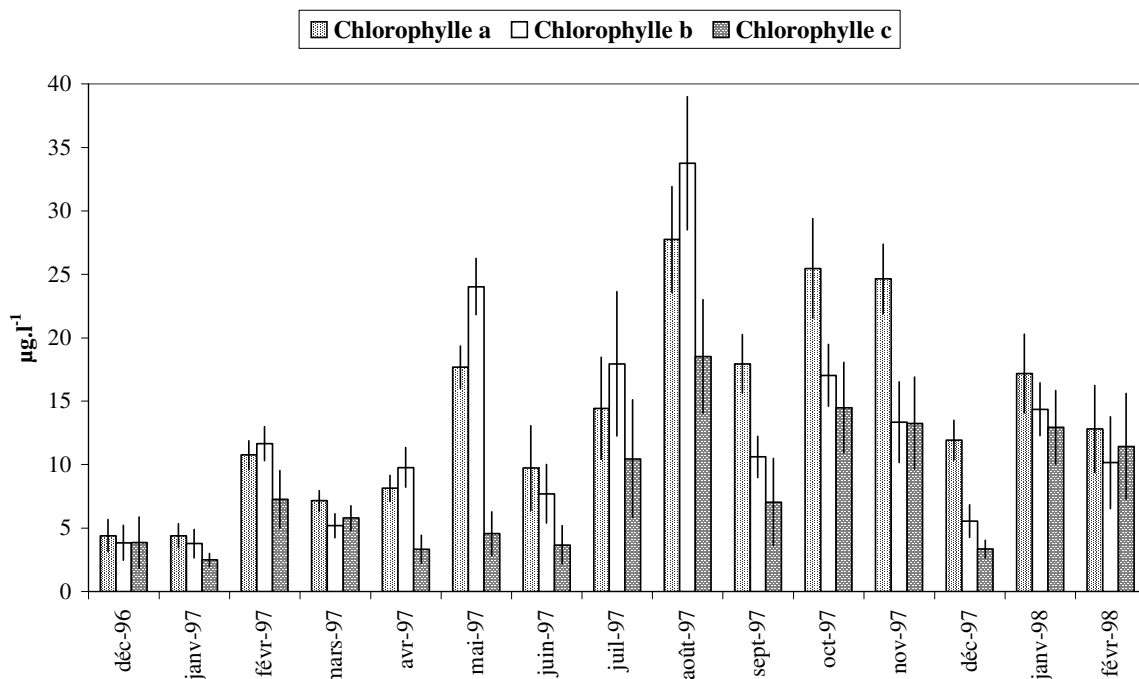


Figure 46 : Moyennes mensuelles (avec erreur standard) pour les teneurs en chlorophylles **a**, **b** et **c** ($\mu\text{g.L}^{-1}$), dans les eaux de l'estuaire du Sinnamary.

Les moyennes des chlorophylles **b** et **c** ont été respectivement de $12.8 (1.1) \mu\text{g.L}^{-1}$ et de $8.3 (0.9) \mu\text{g.L}^{-1}$ avec le minimum en avril et le maximum en septembre 97. La chlorophylle **b** variait significativement selon le mois (ANOVA, $P < 0.001$) mais pas la chlorophylle **c** ($P = 0.08$). Les moyennes en étiage ont été 1.4 (chlorophylle **b**) et 3 (chlorophylle **c**) fois supérieures à celles de la saison des pluies. Il existe une bonne corrélation ($r = -0.70$; $P = 0.041$) entre la chlorophylle **c** et la pluviométrie. La chlorophylle **b** se corrèle seulement avec le débit ($r = 0.68$; $P = 0.023$).

Selon l'effet de la marée, l'ANOVA montre que le facteur *marée* influence significativement la concentration en chlorophylle **a** ($P=0.007$) et **b** ($P=0.04$) et non significativement la chlorophylle **c** et les phéopigments. Les valeurs moyennes des teneurs en chlorophylles en basse mer sont plus fortes, suivies par celles du flot, du jusant et de la pleine mer (Figure 47).

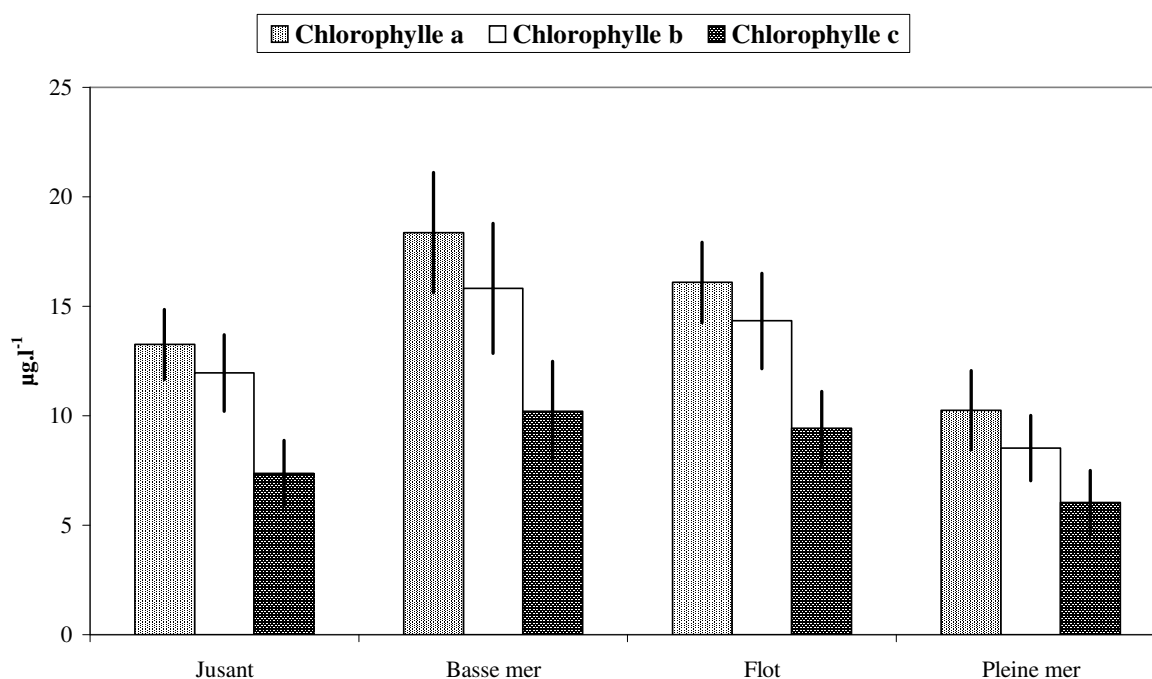


Figure 47 : Moyennes (avec erreur standard) pour les teneurs en chlorophylles **a**, **b** et **c** au cours d'un cycle marées dans les eaux de l'estuaire du Sinnamary.

3.3.1.3 Comparaison entre les deux estuaires

Les dosages spectrophotométriques ont été réalisés sur les prélèvements effectués en surface pour les deux estuaires. Après avoir vérifié l'homogénéité des variances, nous avons procédé à un test ANOVA pour comparer les deux fleuves. Le tableau 9 présente la valeur des F-ratio pour chaque facteur, ainsi que quelques-unes des interactions.

Tableau 9 : Représentation des F-ratio pour les trois facteurs analysés des chlorophylles a, b et c, et des phéopigments. (**) pour hautement significatif à $P < 0.001$; (*) pour significatif à $0.001 < P < 0.05$; (ns) pour non significatif à $P > 0.05$.

	Chlorophylle a	Chlorophylle b	Chlorophylle c	Phéopigments
FL	0.08 (ns)	5.72 (*)	7.17 (*)	0.16 (ns)
DA	7.89 (**)	3.84 (**)	2.03 (*)	8.66 (**)
MA	9.94 (**)	9.15 (**)	4.60 (*)	5.32 (*)
FL*DA	4.16 (**)	7.11 (**)	1.52 (ns)	1.56 (ns)
FL*MA	1.71 (ns)	1.19 (ns)	1.47 (ns)	1.02 (ns)
DA*MA	1.86 (*)	2.11 (*)	2.63 (*)	2.01 (*)
FL*DA*MA	1.17 (ns)	1.18 (ns)	0.70 (ns)	0.69 (ns)

Les facteurs *date* et *marée*, avec les plus forts F-ratio démontrent la variabilité temporelle des distributions des chlorophylles dans les deux estuaires. Par contre, il n'existe pas de différence entre les deux fleuves, sauf pour les chlorophylle **b** (1.5 fois plus concentrée dans le Sinnamary) et **c** (1.5 fois plus concentrée dans l'Iracoubo).

3.3.1.4 Discussion

Dans les eaux côtières ouvertes, l'ampleur des blooms phytoplanctoniques peut être limitée par la disponibilité en sels nutritifs et en lumière (Tett & Walne, 1995). Dans les estuaires qui ont une forte disponibilité en éléments nutritifs, la production tend à être limitée par la lumière et par des phénomènes physiques qui contrôlent la dispersion des communautés du plancton (Fichez *et al.* 1992 ; Ketchum 1954). Même dans les estuaires où les eaux sont très turbides, des valeurs élevées de la production primaire peuvent être enregistrées (Hobbie *et al.*, 1975 ; Wofsy, 1983 ; Cole & Cloern, 1984 ; Fichez *et al.* 1992). Il s'avérerait que, dans de telles conditions, les diatomées associées aux sédiments sont capables de réaliser des processus photosynthétiques maximaux avec peu de lumière et ne sont pas photoinhibées si l'intensité lumineuse est élevée (Taylor & Palmer, 1963 ; Taylor, 1964). Ces capacités rendraient la flore des diatomées moins sensible à : (1) la faible intensité de lumière dans les régions intertidales profondes ou pendant l'hiver et (2) aux fortes intensités dans les régions intertidales supérieures pendant l'été (Amspoker & McIntire, 1978).

Au cours de notre étude, la chlorophylle **a** était le pigment le plus abondant dans les deux fleuves, venaient ensuite les chlorophylles **b** et **c** dans l'estuaire du Sinnamary mais les

teneurs de ces dernières étaient inversées dans l'estuaire de l'Iracoubo. En 1997, les concentrations moyennes de la chlorophylle **c** sont plus fortes dans l'estuaire de l'Iracoubo par rapport au Sinnamary, quelle que soit la saison, tandis que les chlorophylles **a** et **b** étaient légèrement plus fortes dans le Sinnamary au cours de toutes les saisons. À la suite des fortes précipitations de la saison des pluies et des deux intersaisons, la teneur en chlorophylle **a** chute dans l'Iracoubo, pour augmenter en période sèche, alors que c'est le contraire dans le Sinnamary. Nos résultats laissent supposer une origine fluviale des pigments en période des crues et une origine maritime en saison sèche, principalement dans l'Iracoubo. Entre les deux saisons, nous observons des teneurs en phéopigments fortes.

De récents travaux en eau douce montre des concentrations en chlorophylle **a** de l'ordre de $2 \mu\text{g.L}^{-1}$ sur la rivière Conté et de $5 \mu\text{g.L}^{-1}$ sur le fleuve Oyapock (Carmouze, com. pers.), alors que les concentrations en mer varient de 2.3 à $13.9 \mu\text{g.L}^{-1}$ (Guiral, com. pers.). Vaquer *et al.* (1997) ont trouvé des concentrations comprises entre 0.05 et $80 \mu\text{g.L}^{-1}$ pour la chlorophylle **a**, qui est, avec la chlorophylle **b**, le pigment dominant, tandis que la chlorophylle **c** est très peu représentée dans le barrage de Petit Saut.

Le rôle des cycles de marée dans l'apparition des blooms a été bien documenté dans plusieurs estuaires (Daneri *et al.*, 1992 ; Crawford *et al.*, 1997 ; Wright *et al.*, 1997) et d'autres environnements peu profonds (Cloern, 1984 ; Roden, 1994). Pour les eaux à fortes turbidités, on suppose que certaines espèces du phytoplancton utilisent leur motilité pour fuir verticalement les courants forts pour aller vers des zones plus calmes (Crawford & Purdie, 1992). Les variations journalières des chlorophylles (phéopigments inclus) représentées par les cycles des marées, montrent les concentrations maximales pendant la basse mer dans les deux estuaires. Ces concentrations étaient ensuite les plus fortes pendant le jusant dans l'Iracoubo et pendant le flot dans le Sinnamary. Les concentrations des chlorophylles dans les deux estuaires sont proches entre le flot et la pleine mer, mais deux fois plus fortes en basse mer et en jusant dans l'Iracoubo.

3.3.2 Phytoplancton

Les algues sont des organismes vivants qui possèdent généralement de la chlorophylle dans toutes leurs cellules et qui croissent en milieu aquatique ou en milieu très humide. A côté de diverses formes solitaires unicellulaires ou coloniales, on rencontre des algues pluricellulaires qui se distinguent aisément des autres cryptogames par leur organisation

relativement simple (Bourrelly, 1970). Les algues sont principalement autotrophes, c'est-à-dire qu'elles peuvent fabriquer, par l'intermédiaire de la photosynthèse, leurs propres molécules organiques à partir de composés inorganiques.

Le phytoplancton peut être subdivisé en trois classes de tailles : le microplancton (200-20 μm), le nanoplancton (20-2 μm) et le picoplancton (2-0.2 μm). Le picoplancton peut représenter 90% du total de la production chlorophyllienne dans les eaux côtières et au large (Jeffrey & Hallegraeff, 1990). Dans l'environnement marin, les algues représentent 94 % des organismes photosynthétiques et sont distribuées de manière horizontale (plateau continental; plaine abyssale) et verticale (zone intertidale, zone maritime, zone subtidale et le bassin océanique).

On qualifie de phytoplancton l'ensemble des algues microscopiques de pleine eau qui composent les pâturages flottants de l'océan. Elles fournissent la nourriture de base qui alimente, directement ou indirectement, la totalité de la population animale vivant dans la mer et elles contribuent de manière significative aux processus du climat. Elles produisent la majeure partie de l'oxygène. Leur diversité est immense et les représentants de la plupart des Divisions d'algues peuvent être trouvés dans ces populations océaniques. Les plus connues sont les diatomées (Bacillariophyta) qui comptent plus de 10 000 espèces identifiées vivant actuellement (Hostetter & Stormer, 1971 ; Margulis *et al.*, 1990), et beaucoup plus si l'on inclut les espèces fossiles. Viennent ensuite les dinoflagellés (Dinophyta) avec 1200 espèces, dont seulement la moitié est photosynthétique (Taylor, 1976*b*). Les algues vertes (Chlorophyceae, Prasinophyceae) et les Euglénophytes (Euglenophyta) sont communes dans les eaux côtières et aussi en mer ouverte (Jeffrey, 1976 ; Jeffrey & Hallegraeff, 1980*a*, 1980*b*). Les algues flagellées appartenant aux Haptophyta et Chrysophyta (Prymnesiophyceae, Chrysophyceae, Raphidophyceae) sont très diverses, et peuvent dominer la population du phytoplancton dans certaines régions et à certaines époques de l'année.

Les algues picoplanctoniques (cyanobacteria ou Cyanophyta) et les algues prochlorophytes sont omniprésentes dans les océans du monde, distribuées dans la zone euphotique (Waterbury *et al.*, 1979 ; Chisholm *et al.*, 1988). Les Cryptophytes et les Eustigmatophytes (Eustigmatophyta) sont aussi largement distribuées. Les algues rouges unicellulaires, répandues dans les habitats benthiques des récifs tropicaux et ainsi que dans les eaux côtières de Norvège (Paasche & Thronsen, 1970), ne sont généralement pas détectées dans l'océan ouvert.

3.3.2.1 Description taxinomique

3.3.2.1.1 CYANOPHYTA

Les algues bleues, appelées Cyanophyta, Schizophycées ou Myxophycées pour les botanistes et Cyanobactéries par les bactériologistes forment une classe de l'embranchement des Schizophytes qui regroupe les Cyanophycées et les Bactériophycées selon Bourrelly (1970). Regroupant des organismes appartenant à deux règnes différents (végétaux et bactéries), le choix d'une nomenclature pose problème. Les Cyanophycées sont dites schizophytes (multiplication par simple fragmentation) et procaryotes (car dépourvues de membrane nucléaire, de mitochondries, de sexualité). En tant qu'algues, le nom Cyanophycées (algues bleues) prévaut sur ceux des Myxophycées (algues muqueuses) ou de Schizophycées (algues de type schizophyte) (Sournia, 1986). Elles sont unicellulaires, coloniales, filamenteuses ou thalloïdes, de petite taille par rapport à celle des eucaryotes, pouvant être de la taille d'une bactérie. À l'intérieur d'une cellule de cyanophycée, il existe deux zones : une périphérique colorée (chromoplasma) avec de la chlorophylle **a** localisée sur des thylacoïdes indépendants, de la phycoérythrine **c** et de la phycocyanine **c**, et une zone incolore (centroplasma) qui fait office de noyau (Paulmier, 1993) contenant l'essentiel du matériel génétique.

3.3.2.1.2 DINOPHYTA

Les Dinophyta sont le plus souvent des organismes solitaires, libres, nageant à l'aide de deux flagelles. La taille des cellules varie de quelques micromètres à quelques millimètres. Ils sont autotrophes ou mixotrophes, planctoniques ou benthiques, pouvant être symbiotiques ou parasites, marins ou continentaux. Les cellules ont des plastes de couleur jaune ou brune, parfois même bleue ou rouge. Il existe aussi des formes aplastidiées. Malgré la diversité des types d'organisation, les Dinophyta peuvent être caractérisés par l'ensemble des traits suivants: ils possèdent deux flagelles bien différents l'un de l'autre par leur structure et leur orientation (ils sont orthogonaux l'un par rapport à l'autre), l'un d'eux généralement logé dans un sillon équatorial ; leur thèque (amphiesma) est constituée souvent d'un système complexe de plaques celluloseuses caractéristiques par la tabulation ; leur noyau est très développé (dinocaryon), volumineux et avec chromosomes géants. Les pigments photosynthétiques (lorsqu'ils sont

présents) comprennent, outre les chlorophylles **a** et **c₂**, d'abondants caroténoïdes (carotène, périidine, dinoxanthine et dérivés, pyrrhoxanthine et accessoirement de la fucoxanthine). Les produits de réserve sont constitués d'amidon (extra-plastidial) et de globules lipidiques.

3.3.2.1.3 CHLOROPHYTA

Les Chlorophyta ont des plastes de couleur verte qui renferment de l'amidon en réserve (intraplastidial), colorable en violet par le lugol. Les Chlorophycées forment une des grandes classes d'algues vertes, unicellulaires ou pluricellulaires, largement répandue dans tous les milieux (marin, eaux douces ou saumâtres) mais dont relativement peu de représentants sont à la fois unicellulaires, planctoniques et marins (Chrétiennot-Dinet, 1990). Les formes unicellulaires peuvent être flagellées ou immobiles ; les flagellées ont généralement 2 flagelles de même taille, parfois 4 ou un multiple de 4, insérés à l'apex de la cellule (Bourrelly, 1973). Leur paroi, lorsqu'elle est présente, est fine et simple ou épaisse. Les pigments sont essentiellement des chlorophylles **a** et **b**, avec des caroténoïdes et des xanthophylles comme pigments accessoires.

3.3.2.1.4 EUGLENOPHYTA

Les Euglenophyta constituent un groupe bien défini ne comprenant que des formes unicellulaires colorées en vert ou incolores, qui possèdent en commun des structures qui permettent un diagnostic assez facile et qui font l'unité de cette classe : flagelles uniques ou inégaux, stigma bien marqué, bandes cuticulaires et noyau particulier. Les cellules possèdent fondamentalement 2 flagelles, mais il est fréquent qu'un seul émerge du cytopharynx ou entonnoir buccal comme dans le genre *Euglena* (Chrétiennot-Dinet, 1990). À la base du flagelle, il y a souvent un renflement possédant des structures paracrystallines avec un rôle photorécepteur. Le stigma, lorsqu'il est présent, est indépendant du chloroplaste, composé de globules lipidiques contenant des pigments caroténoïdes, non entourés par une membrane.

3.3.2.1.5 HETEROCONTOPHYTA

Les Diatomophycées ou Bacillariophycées ou encore, de façon plus commune, les diatomées appartiennent à l'embranchement des Hétérocontophytes qui regroupent les algues à plastes bruns, jaunes ou vert-jaunâtres qui ne produisent pas d'amidon mais qui ont, la

plupart du temps, comme substance de réserve un polysaccharide (Ricard, 1987) appelé souvent leucosine ou chrysose (Bourrelly, 1981). Les diatomées sont des algues unicellulaires ou coloniales qui possèdent les chlorophylles **a** et **c**, du β carotène et des xanthophylles (Bourrelly, 1981), mais qui sont surtout caractérisées par la présence d'une capsule protectrice siliceuse, le frustule. Celui-ci est constitué de deux parties emboîtées l'une dans l'autre. Ces deux éléments sont ornés de fines sculptures, de pores, d'aiguillons, d'épines, etc. La classification est essentiellement basée sur la morphologie et sur la structure du frustule, la forme et le mode d'accrochage des colonies, les plastes, etc. C'est le groupe le plus important dans les eaux estuariennes, littorales et côtières (Ricard, 1987 ; Paulmier, 1993).

Plusieurs types de classification ont été proposés dont celui de Hustedt (1930) modifié par Simonsen (1972) pour les centriques et celui, plus récent, de Ricard (1987) qui a été adopté pour notre étude. La terminologie appliquée au frustule des diatomées a été rénovée et standardisée lors du symposium de Kiel (Anonyme, 1975) à la suite des découvertes apportées grâce au microscope électronique (processus valvaires devenu processus labiés). Néanmoins, on distingue toujours, dans la classification des diatomées, les deux grandes sous-classes : les Centrophytidées (ou diatomées centriques) et les Pennatophycidées (ou diatomées pennés).

3.3.2.2 Liste des espèces rencontrées au cours de l'étude

Les figures des espèces se trouvent dans l'annexe 14.

CYANOPHYTA

CYANOPHYCEAE

OSCILLATORIALES

PHORMIDIACEAE

Trichodesmium thiebautii Gomont ex Gomont (Fig. 1-3)

Spirulina sp. Turpin (Fig. 4)

DINOPHYTA

DINOPHYCEAE

PROROCENTRALES

PROROCENTRACEAE

Prorocentrum micans Ehrenberg (Fig. 5)

PERIDINIALES

PERIDINIACEAE

Peridinium ssp. Ehrenberg (Fig. 6-7)

EUGLENOPHYTA

EUGLENOPHYCEAE

EUGLENALES

EUGLENACEAE

Phacus orbicularis Hübner (Fig. 8)

Trachelomonas hispida Defl. (Fig. 9)

Trachelomonas ssp. Ehrenberg (Fig. 10-12)

Trachelomonas armata var. *longispina* Playf. emend. Defl.
(Fig. 13)

CHLOROPHYTA

EUCHLOROPHYCEAE

VOLVOCALES

VOLVOCACEAE

Eudorina elegans Ehrenberg (Fig. 18-19)

CHLOROCOCCALES

OOCYSTACEAE

Ankistrodesmus falcatus (Corda) Ralfs (Fig. 14)

DICTYOSPHAERIACEAE

Botryococcus braunii (Kütz.) (Fig. 15-17)

SCENEDESMACEAE

Scenedesmus brasiliensis Bohlin

ZYGOPHYCEAE

DESMIDIALES

CLOSTERIACEAE

Closterium malmei Borge (Fig. 20-22)

Closterium lineatum Ehrenberg (Fig. 23-25)

Closterium kützingianum Ehrenberg (Fig. 26)

Closterium gracile Bréb. (Fig. 27)

Closterium sp. Nitzsch

DESMIDIACEAE

Pleurotaenium ehrenbergii (Bréb.) De Bary

Pleurotaenium undulatum Schaarsch. (Fig. 28-29)

Pleurotaenium sp. Nägeli (Fig. 30)

Euastrum evolutum var. *perornatum* Scott & Croasd. (Fig. 31)

Euastrum sp1. Ehrenberg (Fig. 32)

Cosmarium redimitum Borgei (Fig. 33-34)

Cosmarium decoratum West & West (Fig. 35)

Cosmarium sp. Corda

Xanthidium mamillosum (Grönbl.) Förster (Fig. 36)

Xanthidium sp1. Ehrenberg (Fig. 37)

Staurastrum elegantissimum var. *brasiliense* Förster (Fig. 40)

Staurastrum pseudowillsii Bourrelly & Couté (Fig. 38-39)

Staurastrum setigerum var. *subvillosum* Grönbl. (Fig. 41-42)

Staurastrum pseudoiotanum Grönbl. (Fig. 43)

Spondylosium sp. de Brébisson (Fig. 47)

Desmidium baileyi Nordst. (Fig. 45-46)

Desmidium sp1. Agardh (Fig. 44)

HETEROCONTOPHYTA

TRIBOPHYCEAE

MISCHOCOCCALES

PLEUROCHLORIDACEAE

Pseudostaurastrum sp1. Chodat (Fig. 48)

Tetraedriella spinigera Skuja (Fig. 49-51)

DIATOMOPHYCEAE

CENTRALES

CENTROPHYCIDAE

Actinocyclus sp1 Ehrenberg (Fig. 52)

Actinocyclus sp2 Ehrenberg (Fig. 53)

Biddulphia sp. Gray

Cerataulina dentata Hasle
Chaetoceros compressus Lauder
Chaetoceros subtilis var. *abnormis* Proschkina-Lavrenko
Corethron criophilum Castracane
Coscinodiscus asteromphalus Ehrenberg (Fig. 54-55)
Coscinodiscus granii Gough (Fig. 65)
Coscinodiscus jonesianus (Grev.) Ostenfeld (Fig. 56-58)
Coscinodiscus oculus-iridis Ehrenberg (Fig. 59-60)
Coscinodiscus asteromphalus var. *eximius* Grünow (Fig. 61-62)
Coscinodiscus sp. Ehrenberg emend. Rattray (Fig. 63)
Coscinodiscus curvatulus Grünow (Fig. 64)
Cyclotella sp. Kützing
Cyclotella comta Kützing (Fig. 66-67)
Cyclotella stylorum Brightwell (Fig. 68-69)
Eucampia cornuta Grünow (Fig. 70)
Hyalodiscus scoticus Grünow
Lauderia annulata Cleve
Odontella mobiliensis Grünow (Fig. 71)
Skeletonema costatum Cleve (Fig. 72)
Skeletonema tropicum Cleve (Fig. 73-74)
Thalassiosira leptopus (Grünow) Hasle & Fryxell (Fig. 75)
Thalassiosira hendeyi Hasle & Fryxell (Fig. 76-78)

PENNALES

PENNATOPHYCIDEAE

Ardisonia sp. Notaris
Asterionella sp. Hassal
Asterionella notata Grünow
Asterionella japonica Cleve & Möller (Fig. 79)
Caloneis sp. Cleve
Caloneis permagna Bailey (Fig. 80)
Caloneis westii (W. Smith) Hendey (Fig. 81)
Diploneis sp. Ehrenberg
Ditylum sol Van Heurck (Fig. 82)

Entomoneis alata Bailey (Fig. 83)
Entomoneis paludosa W. Smith (Fig. 84)
Eunotia sp. Ehrenberg (Fig. 85)
Frustulia interposita (Lewis) de Toni (Fig. 87)
Gyrosigma sp. Hassal (Fig. 86)
Gyrosigma exoticum Cholnoky
Gyrosigma hippocampus Ehrenberg
Gyrosigma peisonis Grünow
Gyrosigma spectabile Grünow (Fig. 88)
Mastogloia sp. Thwaites
Navicula cuspidata Kützing
Navicula manii Hagelstein
Nitzschia sp. Grünow (Fig. 89)
Nitzschia delicatissima Cleve (Fig. 95)
Nitzschia longissima de Brébisson (Fig. 90)
Nitzschia obtusa W. Smith (Fig. 91)
Nitzschia pungens Grünow (Fig. 92)
Nitzschia sigma W. Smith (Fig. 93)
Nitzschia sigmoidea (Ehrenberg) W. Smith (Fig. 94)
Pleurosigma brasiliensis Müller-Melchers (Fig. 96)
Pleurosigma majus Grünow (Fig. 97)
Pleurosigma sp. W. Smith (Fig. 98-99)
Rhizosolenia pungens A. Cleve
Surirella sp. Turpin (Fig. 100)
Surirella rorata Frenguelli (Fig. 101)
Surirella febigeri Lewis
Synedra laevigata Grünow
Thalassionema frauenfeldii Grünow (Fig. 102)
Thalassionema nitzschioides Grünow (Fig. 103)

L'analyse de la communauté phytoplanctonique présente les résultats de la variabilité mensuelle et saisonnière à partir des réponses de la méthode **A** (1 collecte pendant 14 mois, en jusant - 2 h après la pleine mer) et la variabilité journalière, symbolisée par le cycle de marées, à travers la méthode **B** (6 collectes sur un cycle de marées pendant 9 mois).

3.3.2.3 Estuaire de l'Iracoubo

La communauté phytoplanctonique identifiée dans l'estuaire de l'Iracoubo (63 taxons) était formée à 91 % par des espèces de la Division des Heterocontophyta (35 espèces de Pennatophycidées, 21 de Centrophycidées et 2 de Pleurochloridacées), le reste étant distribué entre les Chlorophyta (2), les Dinophyta (2), les Cyanophyta et les Euglenophyta (1).

3.3.2.3.1 Indices de diversité spécifique

L'indice de diversité de Shannon-Weaver (H') pour l'ensemble des espèces est de 4.48, quelle que soit la méthode. La comparaison des diversités obtenues à l'aide des deux méthodes ne permet pas de mettre en évidence des différences (test de Hutcheson : $t = 0.09$; $ddl = 106$; $P > 0.2$). L'indice de régularité est plus fort pour la méthode **A** ($J' = 0.81$) que pour la méthode **B** ($J' = 0.75$). La diversité des algues est en grande partie due aux diatomées, dont les indices sont présentés dans le tableau 10.

Tableau 10 : Indices de diversité (H') et de régularité (J') pour les diatomées, pour les autres taxons et entre les Classes, ainsi que le résultat du test t de Hutcheson (ns - non significatif pour $P > 0.05$), entre les deux méthodes (A et B) pour l'estuaire de l'Iracoubo.

<i>Indices</i>	Méthode A		Méthode B		test t Hutcheson
	<i>H'</i>	<i>J'</i>	<i>H'</i>	<i>J'</i>	A et B
Diatomées	4.19	0.80	4.35	0.75	$t = 1.64$; $ddl = 82$; ns
Sans Diatomées	2.58	0.82	1.71	0.66	$t = 2.34$; $ddl = 9$; $P < 0.05$
Classes	2.28	0.81	1.56	0.67	$t = 3.69$; $ddl = 14$; $P < 0.01$

L'évolution temporelle du peuplement a été suivie à travers l'évolution des indices de diversité (H') et de régularité (J') pour l'ensemble des espèces (Figure 48). Tous les indices de régularité sont supérieurs à 0.7, quelle que soit la méthode, sauf au mois de juin 97 pour la méthode **B**.

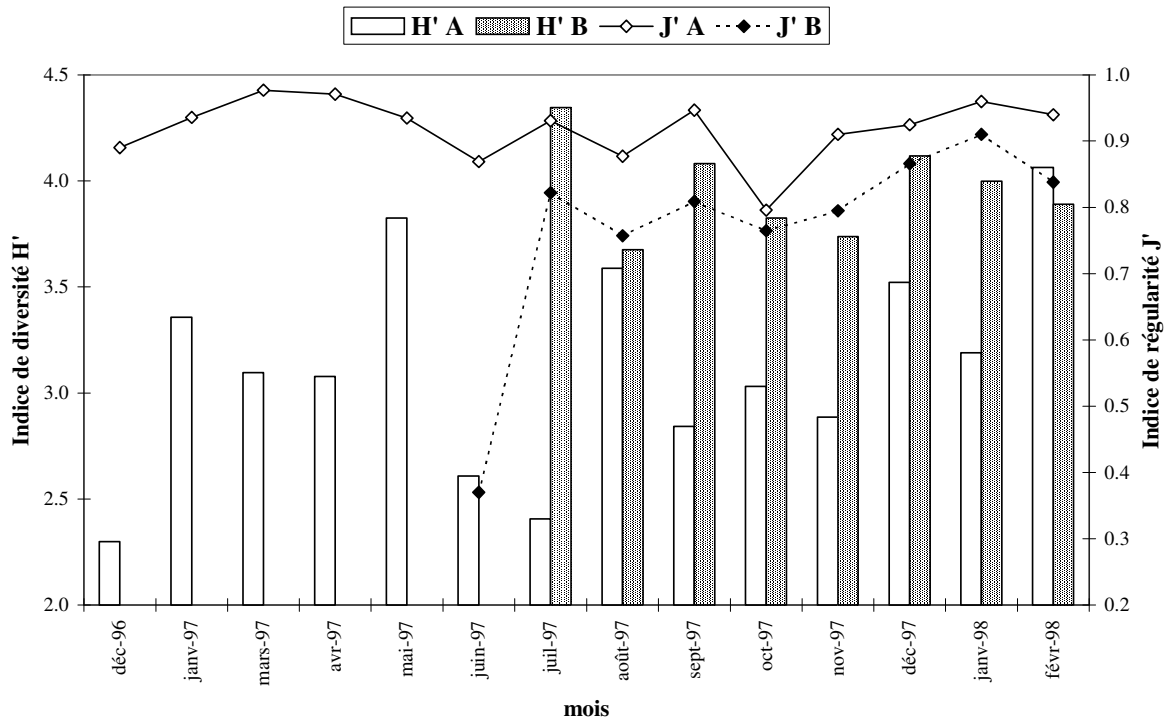


Figure 48 : Évolution mensuelle des indices de diversité (H') et de régularité (J') de l'ensemble des espèces, entre les méthodes A et B, pour l'estuaire de l'Iracoubo.

L'indice de diversité pour la saison humide ($H' = 4.63$) diffère significativement ($t = 6.88$; $ddl = 56$; $P < 0.001$) de l'indice pour la saison sèche ($H' = 3.81$). La régularité est plus forte en période des crues ($J' = 0.91$) qu'en étiage ($J' = 0.74$).

Le tableau 11 présente les résultats de la comparaison des indices de diversité à l'aide du test t de Hutcheson, entre la basse mer ($H' = 4.11$), flot ($H' = 4.32$), pleine mer ($H' = 4.45$) et jusant ($H' = 4.26$). La plus forte dissemblance se trouve entre la pleine et la basse mer. Les indices de régularité ont été de 0.77 pour le flot, 0.78 pour le jusant, 0.80 pour la basse mer et 0.81 pour la pleine mer.

Tableau 11 : Comparaison des indices de diversité entre les différents stades de la marée par le test t de Hutcheson (ns - non significatif pour $P > 0.05$), dans l'estuaire de l'Iracoubo.

	Flot	Pleine mer	Jusant
Basse mer	$t = 0.21$; $ddl = 74$ $P < 0.02$	$t = 3.73$; $ddl = 74$ $P < 0.001$	$t = 1.63$; $ddl = 73$ ns
Flot	*	$t = 1.56$; $ddl = 95$; ns	$t = 0.75$; $ddl = 92$ ns
Pleine mer	*	*	$t = 2.28$; $ddl = 90$ $P < 0.05$

3.3.2.3.2 Abondance des taxons

Le tableau 12 présente l'abondance des taxons distribués entre les Divisions (total), Classes et Familles (total et entre les méthodes).

Tableau 12 : Représentation générale de l'abondance des taxons (en pourcentage) entre les Divisions, Classes et Familles, ainsi que le pourcentage entre les Classes et les Familles (voir les codes dans l'annexe 6) selon la méthode de comptage, pour l'estuaire de l'Iracoubo.

DIVISION	Total	CLASSE	Total	Méthode A	Méthode B	FAMILLE	Total	Méthode A	Méthode B
Chlorophyta	5.0%	CYA	33.1%	36.6%	32.0%	CENT	40.7%	30.1%	35.7%
Cyanophyta	36.4%	DIA	36.9%	32.8%	42.7%	CLOS	-	-	-
Dinophyta	5.9%	DIN	5.4%	7.4%	12.7%	DESM	0.4%	1.0%	-
Euglenophyta	13.2%	EUC	12.0%	13.1%	8.2%	DICT	-	-	-
Heterocontophyta	39.4%	EUG	10.2%	4.5%	4.2%	EUGL	2.8%	3.2%	2.7%
		TRIB	2.1%	4.6%	-	OOCY	-	-	-
		ZYG	0.5%	1.2%	-	OSCI	20.0%	26.4%	21.0%
						PENN	27.4%	19.9%	23.7%
						PERI	2.7%	5.5%	6.8%
						PLEU	2.2%	3.3%	-
						PROR	2.7%	5.3%	9.9%
						SCEN	-	-	-
						VOLV	1.1%	5.5%	-

Plus de 80 % des individus trouvés appartiennent à la Classe des Diatomophycées ; leur abondance est la plus forte dans le total général et dans les résultats issus de la méthode **B**.

La figure 49 présente le diagramme rang-abondance des espèces de l'estuaire de l'Iracoubo. *Skeletonema tropicum* de la famille des Centrales (n° 39) est l'espèce la plus abondante, avec 7 % du total de cellules, par les deux méthodes. La première espèce appartenant à une autre famille n'apparaîtrait qu'à la vingt et unième place dans **A** (Oscillatoriacées) et à la trente-cinquième place en **B** (Prorocentracées).

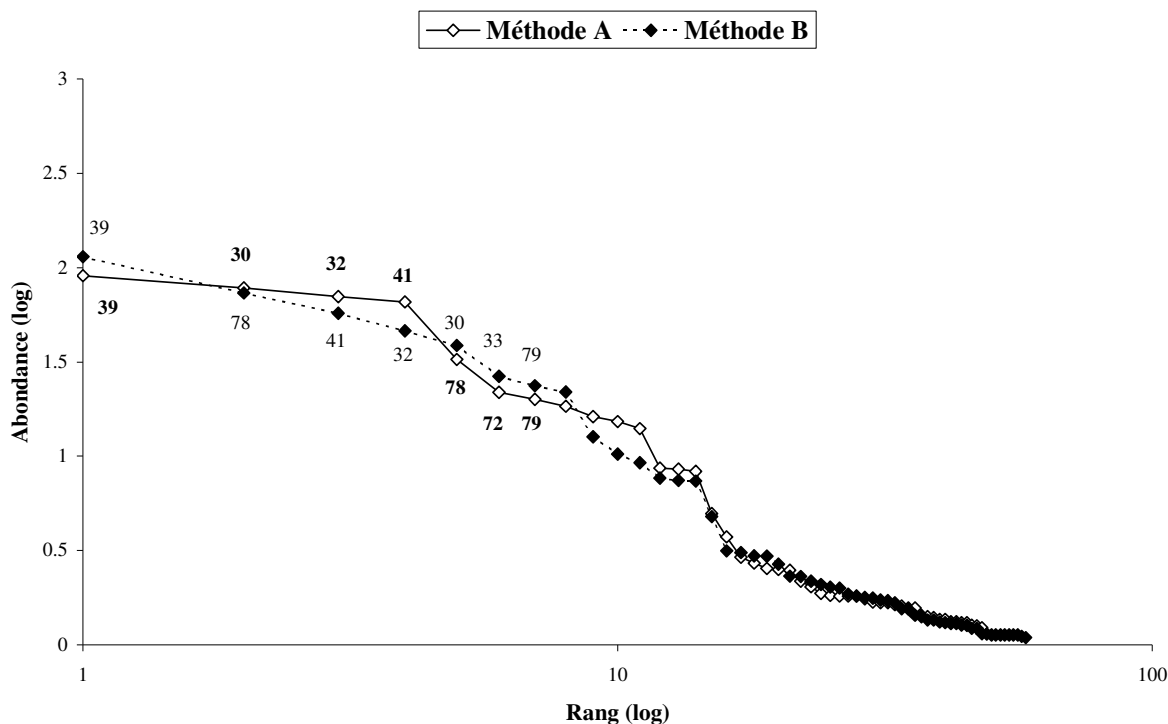


Figure 49 : Diagramme rang-abondance, en coordonnées logarithmiques sur l'ensemble des espèces de l'estuaire de l'Iracoubo, selon les méthodes A et B. Seuls les taxons contribuant à plus de 5 % du nombre total sont mentionnés avec leur numéro de code.

3.3.2.3.2.1 Variabilité saisonnière

Les fluctuations mensuelles des taxons (um.l^{-1}), ainsi que les espèces dominantes, dans l'estuaire de l'Iracoubo, sont présentées au tableau 13.

Avec la méthode A, des efflorescences sont apparues seulement en fin d'année (octobre, décembre 97 et janvier 98), respectivement pour les espèces *Thalassionema nitzschioides*, *Pleurosigma brasiliensis* et *Gyrosigma hippocampus*. *Cyclotella stylonum* est l'espèce la plus abondante pendant la saison des pluies ($1.6 \times 10^3 \text{ um.l}^{-1}$) et *Thalassiosira hendeyi* est l'espèce la plus abondante en étiage ($1.8 \times 10^3 \text{ um.l}^{-1}$). Douze espèces n'ont été observées qu'en saison des pluies : *Biddulphia* sp., *Trichodesmium thiebautii*, *Peridinium* sp., *Trachelomonas armata* var. *longispina*, *Diploneis* sp., *Tetraedriella spinigera*, *Pleurotaenium* sp., *Eudorina elegans*, *Eucampia cornuta*, *Navicula cuspidata* et *Thalassiosira leptopus*. Treize taxons n'ont été observés qu'en étiage : *Prorocentrum micans*, *Actinocyclus* sp., *Cerataulina dentata*, *Chaetoceros subtilis* var. *abnormis*, *Chaetoceros compressus*, *Odontella mobiliensis*, *Gyrosigma peisonis*, *Mastogloia*, *Ardisonia*, *Ditylum sol*, *Nitzschia obtusa*, *Nitzschia* sp. et *Pleurosigma normanii*.

Tableau 13 : Abondance des espèces inventoriées et présentation des espèces dominantes dans l'estuaire de l'Iracoubo. Moyennes (δ) globale, par saison et uniquement des diatomées, avec erreur standard pour la méthode A (décembre 96 et juillet 97 sont considérés ici comme des mois intermédiaires) ; n : nombre d'individus trouvés par mois.

Saisons	Mois	Abondance ($\mu\text{m.l}^{-1}$)	n	Min.-Max.	Espèce dominante
H U M I D E	Janv-97	442.6 (135.1)	12	0 – 20800	<i>Cyclotella stylorum</i>
	Avr-97	170.2 (55.4)	9	0 – 8000	<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>
	Mai-97	438.3 (108.0)	17	0 – 20600	<i>Cyclotella comta</i>
	Juin-97	170.2 (74.9)	8	0 – 8000	<i>Skeletonema tropicum</i>
	Déc-97	617.0 (178.8)	14	0 – 29000	<i>Pleurosigma brasiliensis</i>
	Janv-98	510.6 (166.2)	10	0 – 24000	<i>Gyrosigma hippocampus</i>
	δ humide	541.2 (77.2)			
É T I A G E	Mar-97	234.0 (75.8)	9	0 – 11000	<i>Thalassiosira hendeyi</i>
	Août-97	134.8 (41.1)	17	0 – 6337	<i>Skeletonema tropicum</i>
	Sept-97	468.1 (171.7)	8	0 – 22000	<i>Pleurosigma majus</i>
	Oct-97	1148.9 (482.8)	14	0 – 54000	<i>Thalassionema nitzschioides</i>
	Nov-97	404.3 (151.0)	9	0 – 19000	<i>Cyclotella stylorum</i>
	Févr-98	183.0 (41.2)	20	0 – 8600	<i>Skeletonema tropicum</i>
	δ étiage	577.7 (177.1)			
Inter- saison	Déc-96	93.6 (44.2)	6	0 – 4400	<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>
	Juil-97	112.8 (49.5)	6	0 – 5300	<i>Skeletonema tropicum</i>
δ Globale		367.2 (79.9)			
δ Diatomées		415.7 (98.8)			

Le diagramme rang-abondance de la figure 50 présente la distribution des espèces selon la saison. La courbe de la saison sèche présente une forme presque rectiligne, légèrement convexe, dominée par l'association *Thalassiosira-Thalassionema-Skeletonema*. La courbe de la saison de pluies présente une allure concave vers le haut dans sa partie gauche, avec la prédominance de l'association *Cyclotella-Coscinodiscus-Skeletonema*.

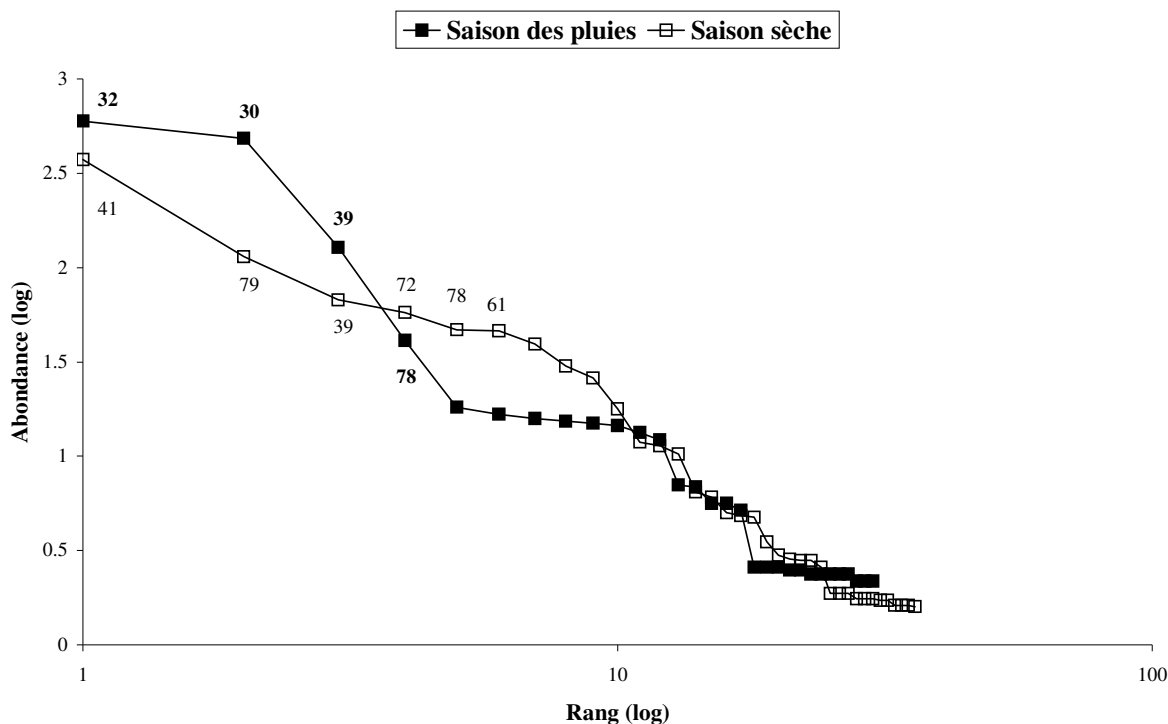


Figure 50 : Diagramme rang-abondance des espèces, en coordonnées logarithmiques, aux deux principales saisons (pluies et été) à l'estuaire de l'Iracoubo. Seuls les taxons contribuant à plus de 5 % du nombre total sont mentionnés avec leur numéro (codes : annexe 6).

En saison des pluies, 7 Classes sont présentes. Les Cyanophycées et les Diatomophycées dominent avec 43 et 21 % du nombre total d'individus ; 8 des 13 Familles sont représentées. En été, seulement quatre familles représentant 4 Classes apparaissent dans l'estuaire : les Pennatophycidées (43 %) sont légèrement plus abondantes que les Centrophycidées (41 %) ; la classe des Diatomophycées domine avec 50 % du total, devant les Cyanophycées (26 %).

Les fluctuations mensuelles du nombre total de cellules, ainsi que les espèces dominantes pour la méthode **B** dans l'estuaire de l'Iracoubo, sont présentées dans le tableau 14. La seule efflorescence (*Skeletonema tropicum*) est apparue en juin 97. C'est d'ailleurs l'espèce qui domine dans 4 des 9 mois, surtout en période d'intersaison.

Tableau 14 : Abondance des espèces inventoriées et présentation des espèces dominantes, mensuellement, dans l'estuaire de l'Iracoubo. Moyennes (δ) globale et uniquement pour les diatomées, avec erreur standard pour la méthode B ; n : nombre total d'individus trouvés par mois.

Mois	Abondance ($\mu\text{m.l}^{-1}$)	n	Min.-Max.	Espèce dominante
Juin-97	301.8 (233.1)	17	0 – 14438	<i>Skeletonema tropicum</i>
Juill-97	239.8 (62.9)	39	0 – 3445	<i>Skeletonema tropicum</i>
Août-97	102.9 (37.3)	29	0 – 2001	<i>Skeletonema tropicum</i>
Sept-97	220.2 (58.8)	33	0 – 2317	<i>Thalassionema frauenfeldii</i>
Oct-97	535.9 (171.2)	32	0 – 9028	<i>Thalassionema nitzschioides</i>
Nov-97	144.9 (42.6)	26	0 – 1558	<i>Cyclotella comta</i>
Déc-97	339.1 (83.1)	27	0 – 3280	<i>Skeletonema tropicum</i>
Janv-98	358.4 (89.7)	21	0 – 3028	<i>Thalassionema nitzschioides</i>
Févr-98	211.3 (57.4)	25	0 – 2733	<i>Cyclotella comta</i>
δ Globale	270.2 (64.9)			
δ Diatomées	290.6 (74.1)			

3.3.2.3.2 Variabilité selon un cycle de marées

L'analyse quantitative des espèces selon les stades de la marée est présentée dans le tableau 15.

Tableau 15 : Abondance des espèces inventoriées dans l'estuaire de l'Iracoubo selon les stades de la marée. Moyenne et erreur standard ($\mu\text{m.l}^{-1}$) ; n : nombre total d'individus trouvés par marée.

Marées	Moyenne	n	Minimum - Maximum
Basse mer	220.7 (61.1)	35	0 – 1835
Flot	304.9 (82.0)	49	0 – 3972
Pleine mer	183.1 (43.6)	46	0 – 3178
Jusant	310.3 (79.7)	44	0 – 4063

La figure 51 présente le diagramme rang-abondance des espèces selon le stade de la marée. L'allure générale est rectiligne avec la dominance de *Skeletonema tropicum* (en pleine mer, basse mer et flot) et de *Thalassionema nitzschioides* (en jusant).

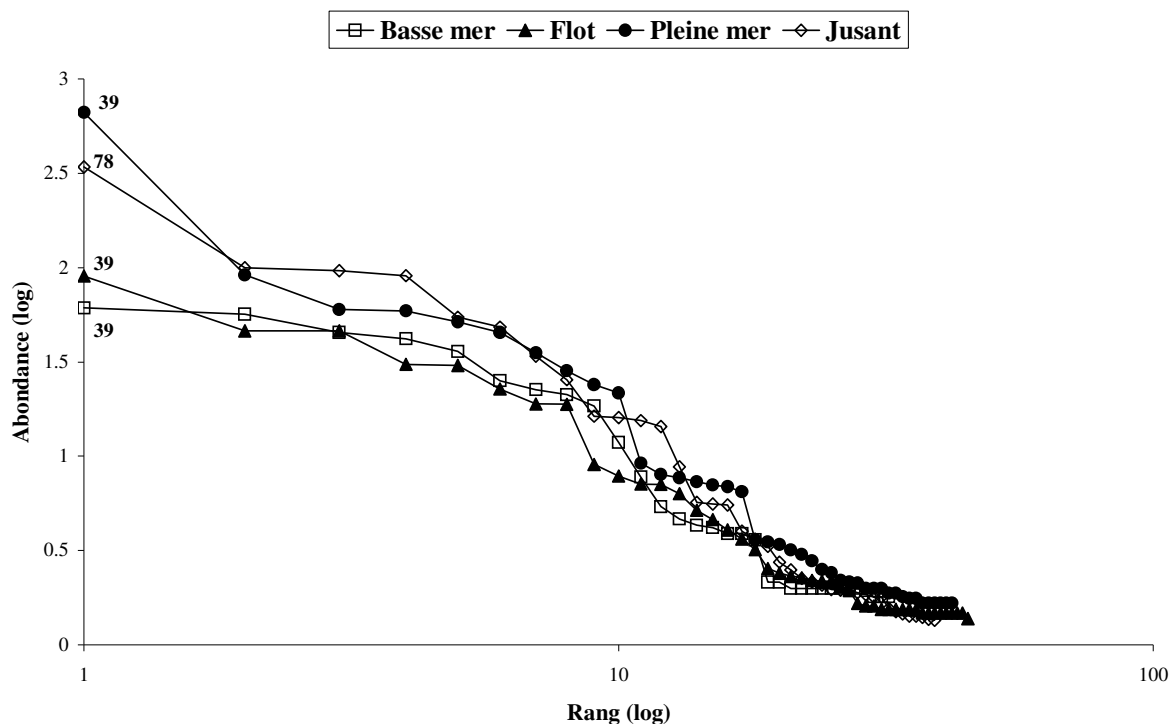


Figure 51 : Diagramme rang-abondance des espèces, en coordonnées logarithmiques, selon le stade de la marée dans l'estuaire de l'Iracoubo. Seuls les taxons contribuant à plus de 5 % du nombre total sont mentionnés avec leur numéro (codes : annexe 6).

Cinq espèces étaient présentes dans les quatre stades de la marée : *Skeletonema tropicum*, *Thalassionema nitzschioides*, *Coscinodiscus oculus-iridis*, *Thalassiosira hendeyi* et *Cyclotella stylorum* (nombre supérieur à 5 % du total).

Des sept Classes, cinq sont communes aux différents stades de la marée (à l'exception des Tribophycées et des Zygophycées). Les Diatomophycées sont les plus abondantes (57 % du total), sauf en pleine mer où elles sont supplantées par les Cyanophycées (30 % du total).

3.3.2.4 Estuaire du Sinnamary

La communauté phytoplanctonique identifiée dans l'estuaire du Sinnamary (70 taxons) est formée aux trois-quarts par des individus de la Division des Heterocontophyta (32 taxons pour les Pennatophycidées, 19 pour les Centrophycidées et 2 pour les Pleurochloridacées). Le reste était distribué entre les Chlorophyta (11), les Cyanophyta, les Dinophyta et les Euglenophyta (2).

3.3.2.4.1 Indices de diversité spécifique

L'indice (H') de diversité des espèces est de 4.46 pour les deux méthodes. Selon le test t de Hutcheson, les indices ne présentent pas de différence significative entre les méthodes **A** et **B** ($t = 0.03$; $ddl = 124$; $P > 0.2$). L'indice de régularité pour **A** ($J' = 0.79$) est plus fort que pour **B** ($J' = 0.72$). La diversité des algues est en grande partie due aux diatomées, dont les indices sont présentés dans le tableau 16, ainsi que sur l'ensemble des Classes.

Tableau 16 : Indices de diversité (H') et de régularité (J') uniquement avec les diatomées, sans les diatomées et entre les Classes, ainsi que le résultat du test t de Hutcheson (ns - non significatif pour $P > 0.05$), entre les deux méthodes (A et B) pour l'estuaire du Sinnamary.

<i>Indices</i>	Méthode A		Méthode B		test t Hutcheson
	<i>H'</i>	<i>J'</i>	<i>H'</i>	<i>J'</i>	A et B
Diatomées	3.63	0.74	3.82	0.67	$t = 2.03$; $ddl = 64$; $P < 0.05$
Sans Diatomées	3.48	0.81	2.98	0.68	$t = 2.52$; $ddl = 38$; $P < 0.02$
Classes	2.43	0.87	2.32	0.81	$t = 0.60$; $ddl = 14$; ns

L'évolution temporelle du peuplement est présentée dans la figure 52. L'indice de diversité est plus fort en période d'intersaison. L'indice de régularité est supérieur à 0.7, sauf en octobre et en novembre.

Les indices de diversité et de régularité saisonniers sont, respectivement, de $H' = 3.1$ et $J' = 0.79$ en saison humide et de $H' = 2.6$ et $J' = 0.76$ en saison sèche. Une différence hautement significative entre les saisons peut être mise en évidence par le test t de Hutcheson ($t = 4.91$; $ddl = 61$; $P < 0.001$).

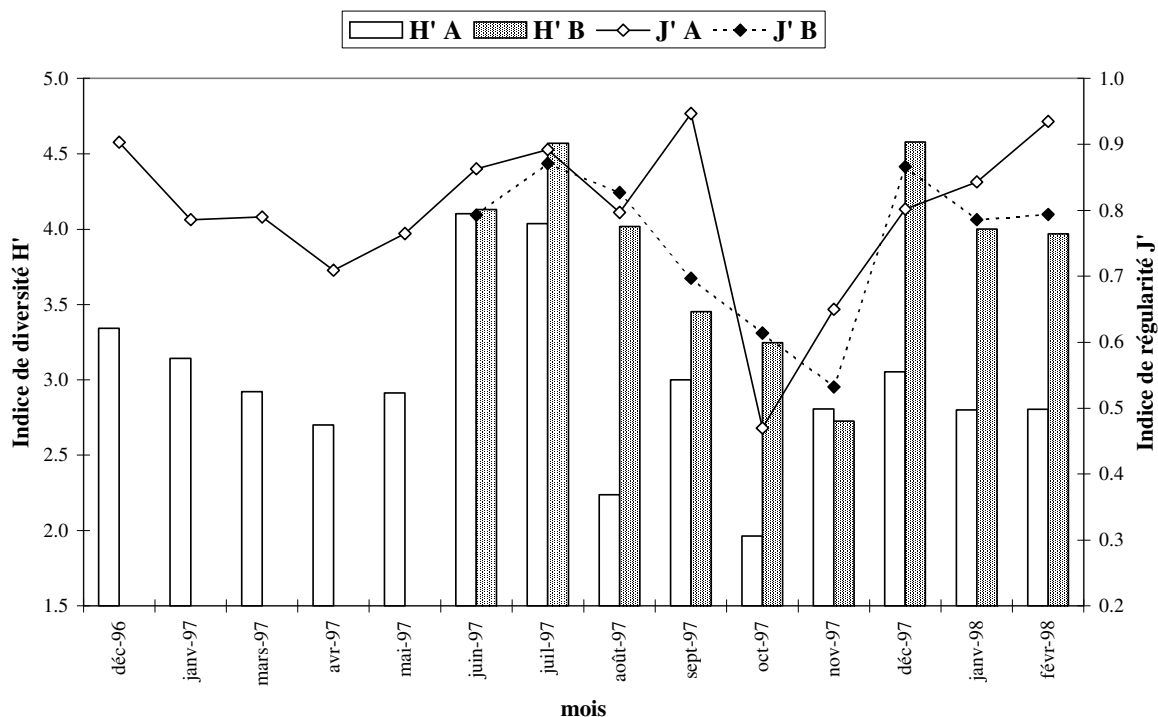


Figure 52 : Évolution mensuelle des indices de diversité (H') et de régularité (J') de l'ensemble des espèces, entre les méthodes A et B, pour l'estuaire du Sinnamary.

La diversité des espèces est forte pour tous les stades de la marée : 4.66 pour la basse mer, 3.98 pour le flot, 4.08 pour la pleine mer et 4.27 pour le jusant. Des différences peuvent cependant être mises en évidence (Tableau 17). L'indice de régularité a été de 0.71 pour le flot, 0.74 pour le jusant et la pleine mer et de 0.80 pour la basse mer.

Tableau 17 : Comparaison des indices de diversité entre les différents stades de la marée, à l'aide du test t de Hutcheson (ns - non significatif pour $P > 0.05$), dans l'estuaire du Sinnamary.

	Flot	Pleine mer	Jusant
Basse mer	t = 8.52 ; ddl = 104 P<0.001	t = 7.22 ; ddl = 102 P<0.001	t = 4.99 ; ddl = 114 P<0.001
Flot	*	t = 1.22 ; ddl = 95 ; ns	t = 3.64 ; ddl = 103 P<0.001
Pleine mer	*	*	t = 2.37 ; ddl = 101 P<0.02

3.3.2.4.2 Abondance des taxons

Le tableau 18 présente le pourcentage de taxons distribués entre les Divisions, Classes et Familles, en terme d'abondance générale et entre les méthodes A et B. Ce sont les

Diatomophycées qui comportent le plus de taxons (>70 %). Pourtant elles sont classées en avant dernière place en terme d'abondance globale.

Tableau 18 : Représentation générale de l'abondance des taxons (en pourcentage) entre les Divisions, Classes et Familles, ainsi que le pourcentage entre les Classes et les Familles (voir les codes dans l'annexe 6) selon la méthode de comptage, pour l'estuaire du Sinnamary.

DIVISION	Total	CLASSE	Total	Méthode A	Méthode B	FAMILLE	Total	Méthode A	Méthode B
Chlorophyta	22.5%	CYA	25.1%	22.0%	27.0%	CENT	7.9%	4.4%	8.0%
Cyanophyta	41.4%	DIA	9.1%	5.4%	9.6%	CLOS	5.9%	6.5%	7.3%
Dinophyta	4.1%	DIN	2.5%	2.5%	2.3%	DESM	8.7%	5.7%	5.5%
Euglenophyta	15.7%	EUC	24.4%	21.8%	19.8%	DICT	3.9%	13.0%	7.8%
Heterocontophyta	16.3%	EUG	9.0%	14.1%	8.1%	EUGL	5.6%	8.3%	5.3%
		TRIB	20.0%	24.4%	24.6%	OOCY	22.7%	20.1%	18.2%
		ZYG	9.9%	9.9%	8.8%	OSCI	25.3%	12.9%	17.7%
		PENN	6.4%	2.4%	5.3%				
		PERI	1.2%	2.1%	1.4%				
		PLEU	9.3%	14.3%	16.1%				
		PROR	0.2%	0.9%	1.6%				
		SCEN	1.5%	5.2%	2.8%				
		VOLV	1.2%	4.2%	3.1%				

La figure 53 présente le diagramme rang-abondance de l'ensemble des espèces pour l'estuaire du Sinnamary. La courbe présente une allure initialement concave pour **A** (dominance de certaines espèces) et rectiligne pour **B** (grande diversité) avec une légère inflexion, devenant progressivement convexe. Si l'on ne considère que les diatomées, *Skeletonema tropicum* (n° code 39) dominait dans les deux méthodes.

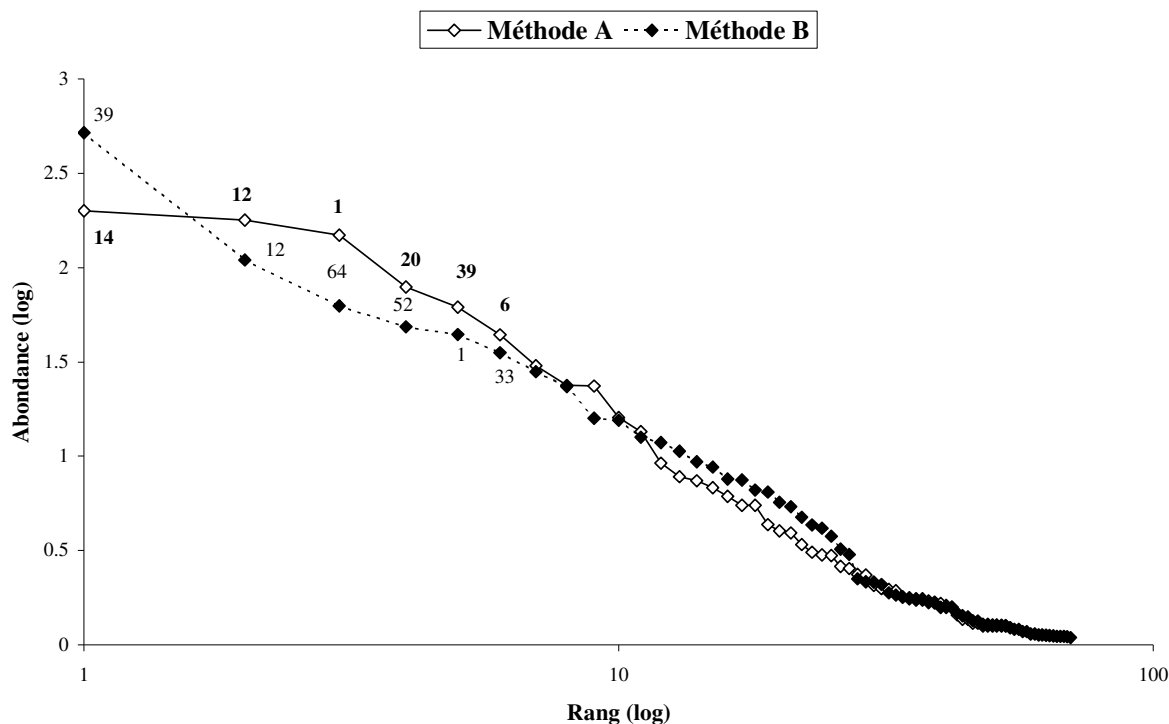


Figure 53 : Diagramme rang-abondance, en coordonnées logarithmiques sur l'ensemble des espèces de l'estuaire du Sinnamary, selon les méthodes A et B. Seuls les taxons contribuant à plus de 5 % du nombre total sont mentionnés avec leur numéro de code.

3.3.2.4.2.1 Variabilité saisonnière

Les abondances mensuelles des espèces sont présentées dans le tableau 19, par saison et par espèce dominante. Avec la méthode A, des efflorescences ont été enregistrées pour *Ankistrodesmus falcatus* (avril), *Staurastrum elegantissimum* var. *brasiliense* (octobre), *Entomoneis alata* et *Trichodesmium thiebautii* (novembre).

Ankistrodesmus falcatus est l'espèce la plus abondante pendant la saison pluvieuse (3.1×10^3 um.l⁻¹) et *Staurastrum elegantissimum* var. *brasiliense* en étiage (3.6×10^3 um.l⁻¹). *Prorocentrum micans*, *Cosmarium redimitum*, *Coscinodiscus jonesianus*, *Coscinodiscus oculus-iridis*, *Cyclotella comta*, *Ditylum sol*, *Gyrosigma* sp., *Gyrosigma exoticum* et *Nitzschia longissima*, *Nitzschia obtusa*, *Nitzschia sigma*, *Pluerosigma majus* et *Thalassionema frauenfeldii* font partie des seize espèces qui n'ont été observées qu'en saison des pluies. *Pleurotaenium ehrenbergii*, *Eucampia cornuta*, *Gyrosigma hippocampus*, *Nitzschia obtusa* et *Pleurosigma brasiliensis* sont apparues seulement en étiage.

Tableau 19 : Abondance des espèces inventoriées et présentation des espèces dominantes dans l'estuaire du Sinnamary. Moyennes (δ) globales, par saison et uniquement des diatomées, avec erreur standard (um.l^{-1}) pour la méthode A (*décembre 96* et *juillet 97* sont considérés ici comme des mois intermédiaires) ; n : nombre total d'individus trouvés par mois.

Saisons	Mois	Abondance (um.l^{-1})	n	Min.-Max.	Espèce dominante
H U M I D E	Janv-97	600.0 (232.0)	16	0 – 9600	<i>Trachelomonas armata</i>
	Avr-97	590.0 (306.3)	14	0 – 15000	<i>Ankistrodesmus falcatus</i>
	Mai-97	410.0 (194.7)	14	0 – 9500	<i>Staurastrum elegantissimum</i>
	Juin-97	416.7 (101.8)	27	0 – 3333	<i>Skeletonema tropicum</i>
	Déc-97	220.0 (86.8)	14	0 – 3667	<i>Entomoneis paludosa</i>
	Janv-98	500.0 (206.5)	10	0 – 7000	<i>Trichodesmium thiebautii</i>
	δ humide	506.8 (108.8)			
É T I A G E	Mar-97	820.0 (363.3)	13	0 – 17000	<i>Ankistrodesmus falcatus</i>
	Août-97	23.2 (12.6)	7	0 – 600	<i>Skeletonema tropicum</i>
	Sept-97	36.0 (12.4)	9	0 – 300	<i>Pseudostaurastrum</i> sp.
	Oct-97	288.0 (200.2)	18	0 – 10000	<i>Skeletonema tropicum</i>
	Nov-97	1378.0 (615.1)	20	0 – 26000	<i>Entomoneis alata</i>
	Févr-98	176.0 (65.8)	8	0 – 2000	<i>Ankistrodesmus falcatus</i>
	δ étiage	667.6 (194.9)			
Inter- saison	Déc-96	358.0 (118.1)	13	0 – 4400	<i>Tetraedriella spinigera</i>
	Juil-97	215.6 (51.4)	23	0 – 5300	<i>Skeletonema tropicum</i>
δ Globale		432.2 (92.5)			
δ Diatomées		294.4 (77.5)			

La figure 54 présente un diagramme rang-abondance des espèces en fonction de la saison. Les courbes sont initialement concaves, voire légèrement convexes en étiage, pour ensuite devenir rectilignes. L'association des espèces dominantes est formée par *Ankistrodesmus-Trichodesmium-Tetraedriella* en saison humide et par *Staurastrum-Ankistrodesmus-Skeletonema* en étiage.

En saison des pluies, la Classe des Tribophycées domine avec 23 % du nombre total d'individus, suivie par les Euchlorophycées avec 20 % et les Diatomophycées ne représentent que 6 %. En étiage, les Cyanophycées dominent avec 25 % du total, suivies avec 23 % des

Euchlorophycées et des Tribophycées ; les Diatomophycées avec seulement 5 % du total. Toutes les Familles sont présentes quelle que soit la saison.

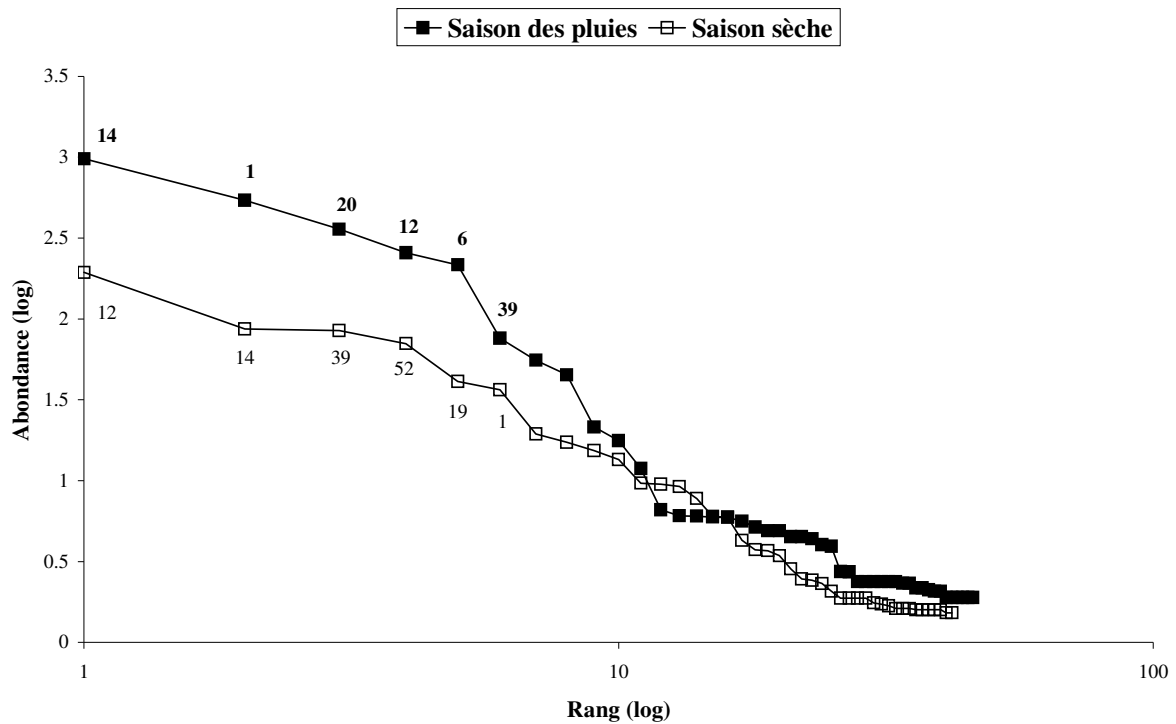


Figure 54 : Diagramme rang-abondance des espèces, en coordonnées logarithmiques, aux deux principales saisons (pluies et été) à l'estuaire du Sinnamary. Seuls les taxons contribuant à plus de 5 % du nombre total sont mentionnés avec leur numéro (codes : annexe 6).

L'abondance mensuelle des taxons (um.l^{-1}), ainsi que les espèces dominantes pour la méthode **B** sont présentées dans le tableau 20. Des efflorescences ont été enregistrées pour *Skeletonema tropicum* (juin 97 et janvier 98), *Entomoneis alata* (de septembre à novembre) et *Staurastrum elegantissimum* (octobre).

Tableau 20 : Abondance des espèces inventoriées et présentation des espèces dominantes, mensuellement, dans l'estuaire du Sinnamary. Moyennes (δ) globales et uniquement pour les diatomées, avec erreur standard (um.l^{-1}) pour la méthode B ; n : nombre total d'individus trouvés par mois.

Mois	Abondance (um.l^{-1})	n	Min.-Max.	Espèce dominante
Juin-97	412.4 (119.8)	37	0 – 7708	<i>Skeletonema tropicum</i>
Juill-97	145.8 (31.2)	38	0 – 1664	<i>Skeletonema tropicum</i>
Août-97	58.9 (15.8)	29	0 – 660	<i>Skeletonema tropicum</i>
Sept-97	206.4 (91.0)	31	0 – 6561	<i>Entomoneis alata</i>
Oct-97	538.3 (217.7)	39	0 – 11119	<i>Staurastrum elegantissimum</i>
Nov-97	752.9 (387.3)	35	0 – 26750	<i>Entomoneis alata</i>
Déc-97	164.7 (33.8)	39	0 – 1473	<i>Skeletonema tropicum</i>
Janv-98	705.0 (216.6)	34	0 – 12167	<i>Skeletonema tropicum</i>
Févr-98	616.7 (172.8)	32	0 – 8967	<i>Skeletonema tropicum</i>
δ Globale	404.4 (100.2)			
δ Diatomées	377.9 (123.7)			

3.3.2.4.2 Variabilité selon un cycle de marées

Le tableau 21 présente quelques caractéristiques quantitatives mesurées en fonction des différents stades de la marée.

Tableau 21 : Caractéristiques quantitatives des espèces inventoriées dans l'estuaire du Sinnamary selon les stades de la marée. Moyenne et erreur standard (um.l^{-1}) ; n : nombre total d'individus trouvés par marée.

Marées	Moyenne	n	Minimum - Maximum
Basse mer	581.3 (129.7)	58	0 – 6500
Flot	475.9 (149.4)	48	0 – 9319
Pleine mer	312.9 (96.4)	47	0 – 5078
Jusant	292.0 (73.6)	56	0 – 2689

La figure 55 présente le diagramme rang-abondance des espèces selon le stade de la marée. L'allure des courbes est d'abord convexe (dominance de certaines espèces) puis devient plus rectiligne (haute diversité). *Skeletonema tropicum* domine en basse mer, flot et en

pleine mer et *Staurastrum elegantissimum* en jusant. Parmi les espèces qui contribuent à plus de 5 % du total des cellules, seule *S. tropicum* est présente dans les quatre stades.

La Classe des Cyanophycées est la plus abondante (> 30 %) en pleine mer, en flot et en jusant, tandis que les Tribophycées dominent en période de basse mer (> 25 %).

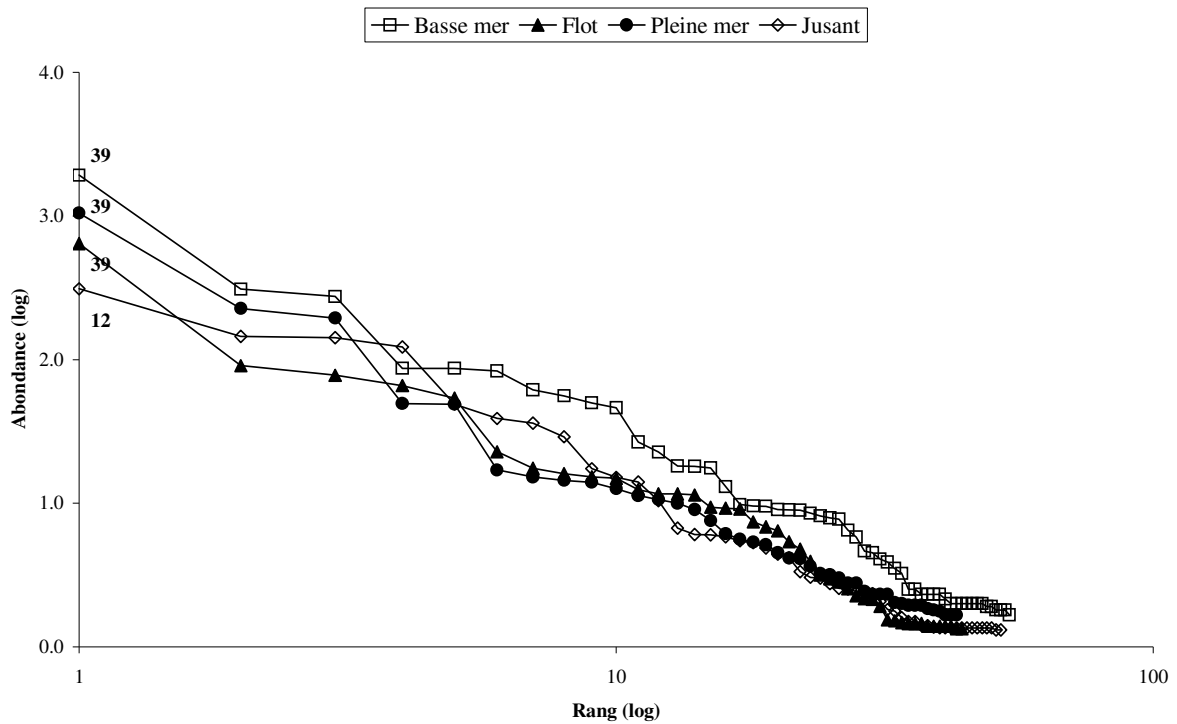


Figure 55 : Diagramme rang-abondance des espèces, en coordonnées logarithmiques, selon le stade de la marée dans l'estuaire du Sinnamary. Seuls les taxons contribuant à plus de 5 % du nombre total sont mentionnés avec leur numéro (codes : annexe 6).

3.3.2.5 Comparaison entre les deux estuaires

La richesse spécifique de la communauté phytoplanctonique est similaire dans les deux estuaires avec 63 taxons pour l'Iracoubo et 70 pour le Sinnamary, dont 56 taxons communs. Plus des trois-quarts appartenaient à la Division des Heterocontophyta, suivie par les Chlorophyta.

Les indices de diversité des espèces des deux estuaires sont supérieurs à 4, quelle que soit la méthode d'analyse. À partir du test t de Hutcheson, nous avons vérifié qu'il n'existait pas de différences entre les indices ($t = 7.32$; $ddl = 62$; $P > 0.2$) des deux estuaires. Le tableau

22 présente un récapitulatif des divers indices de diversités, où la différence entre les deux estuaires est hautement significative, uniquement entre les diatomées et sans les diatomées.

Tableau 22 : Récapitulatif des indices de régularité (J') et de diversité (H'), avec le test t de Hutcheson, des taxons (Total), des Diatomées et sans les Diatomées (S/ Diatomées), dans l'estuaire de l'Iracoubo et du Sinnamary, selon les méthodes A et B. (**) pour hautement significatif à $P < 0.001$; (*) pour significatif à $0.001 < P < 0.05$; (ns) pour non significatif à $P > 0.05$.

	Méthode A			Méthode B		
	Total	Diatomées	S/ Diatomées	Total	Diatomées	S/ Diatomées
Iracoubo H'	4.48	4.19	2.58	4.48	4.35	1.71
J'	0.81	0.80	0.82	0.75	0.75	0.66
Sinnamary H'	4.46	3.63	3.48	4.46	3.82	2.98
J'	0.79	0.74	0.81	0.72	0.67	0.68
test t Hutcheson	ns	**	**	ns	**	**

L'Iracoubo a des indices plus forts que le Sinnamary. Nous observons une baisse des indices de diversité de la saison des pluies vers la saison sèche, dans les deux estuaires. Leur fluctuation nous montre une différence significative lorsque nous comparons les deux estuaires en saison des pluies ($t = 14.16$; $ddl = 54$; $P < 0.001$) et en saison sèche ($t = 10.48$; $ddl = 59$; $P < 0.001$).

L'indice de diversité des Classes est similaire et non significatif ($t = 0.76$; $ddl = 14$; $P > 0.2$) entre les deux estuaires, avec la méthode **A**. Avec la méthode **B**, l'indice H' est plus fort dans le Sinnamary et significativement différent ($t = 4.25$; $ddl = 14$; $P < 0.001$) de celui de l'Iracoubo. Ceci peut être expliqué par l'absence des espèces appartenant aux Classes des Tribophycées et Zygothycées dans l'Iracoubo.

Daget (1976) considère que les valeurs de l'indice de régularité (J') inférieures à 0.8 traduisent un état d'instabilité du peuplement. Pour l'Iracoubo, les indices sont caractéristiques d'un écosystème diversifié, la régularité traduisant un état de stabilité du peuplement dans le temps (méthode **A**) et une moindre stabilité selon un cycle de marée (méthode **B**). Pour le Sinnamary, l'indice de régularité est plus fort avec la méthode **A** ($J' = 0.79$) par rapport à la méthode **B** ($J' = 0.72$) qui présente néanmoins une moindre régularité. Entre les Classes, l'indice (J') pour le Sinnamary est plus fort et supérieur à 0.8, par rapport à l'Iracoubo, quelle que soit la méthode.

L'étude de l'indice de Shannon montre aussi une grande diversité (> 4) entre les stades de la marée, pour les deux estuaires. Le tableau 23 présente la comparaison des indices entre des deux estuaires.

Tableau 23 : Comparaison des indices de diversité, selon le test t de Hutcheson (non significatif pour $P > 0.05$), entre les stades de la marée de l'estuaire de l'Iracoubo et du Sinnamary.

Iracoubo - Sinnamary	
Basse mer - Basse mer	t = 6.18 ; ddl = 74 ; P<0.001
Flot - Flot	t = 4.17 ; ddl = 97 ; P<0.001
Pleine mer - Pleine mer	t = 4.47 ; ddl = 93 ; P<0.001
Jusant - Jusant	t = 0.15 ; ddl = 96 ; P>0.200

En terme d'abondance générale des Divisions, l'Iracoubo possède la structure Heterocontophyta > Cyanophyta > Euglenophyta > Dinophyta > Chlorophyta, et le Sinnamary la structure Cyanophyta > Chlorophyta > Heterocontophyta > Euglenophyta > Dinophyta. Le tableau 24 résume les principales différences entre les deux estuaires selon l'abondance globale et entre les saisons.

Tableau 24 : Principaux caractères entre les moyennes totales des cellules (δ_1) et des diatomées (δ_2), dans l'estuaire du Sinnamary et de l'Iracoubo. Représentation des moyennes par saison, ainsi que l'association des trois taxons les plus abondants.

Iracoubo				Sinnamary			
$\delta_1 : 367.4 \text{ um.l}^{-1} // \delta_2 : 415.6 \text{ um.l}^{-1}$				$\delta_1 : 432.2 \text{ um.l}^{-1} // \delta_2 : 249.4 \text{ um.l}^{-1}$			
Saison humide		Saison sèche		Saison humide		Saison sèche	
δ_1	δ_2	δ_1	δ_2	δ_1	δ_2	δ_1	δ_2
541.2 um.l ⁻¹	608.3 um.l ⁻¹	577.7 um.l ⁻¹	614.4 um.l ⁻¹	506.8 um.l ⁻¹	347.2 um.l ⁻¹	667.6 um.l ⁻¹	433.3 um.l ⁻¹
<i>Cyclotella</i> <i>Coscinodiscus</i> <i>Skeletonema</i>		<i>Thalassiosira</i> <i>Thalassionema</i> <i>Skeletonema</i>		<i>Ankistrodesmus</i> <i>Trichodesmium</i> <i>Tetraedriella</i>		<i>Staurastrum</i> <i>Ankistrodesmus</i> <i>Skeletonema</i>	

Mensuellement, le nombre moyen de cellules était plus fort dans le Sinnamary de décembre 96 à avril, juin, juillet et novembre 97 pour **A** et entre juin 97 et février 98 pour **B** (sauf en décembre 97).

La distribution des espèces dans le diagramme rang-abondance de l'estuaire de l'Iracoubo était représentative d'un écosystème évolué selon Frontier (1976), dans les deux méthodes. Pour le Sinnamary, la courbe du diagramme présentait une dominance de certaines espèces pour **A** et une plus grande diversité rectiligne pour **B**.

Les taxons *Biddulphia*, *Hyalodiscus scoticus*, *Asterionella notata*, *Eunotia formica*, *Frustulia interposita*, *Nitzschia pungens* et *Surirella febigeri* n'ont été observés que dans l'estuaire de l'Iracoubo, tandis que *Spirulina*, *Phacus orbicularis*, *Closterium malmei*, *Cosmarium redimitum*, *Desmidium baileyi*, *Euastrum evolutum*, *Pleurotaenium ehrenbergii*, *Xanthidium mamillosum*, *Ankistrodesmus falcatus*, *Botryococcus braunii*, *Scenedesmus brasiliensis*, *Pseudostaurastrum*, *Caloneis westii* et *Nitzschia longissima* n'ont été observés que dans l'estuaire du Sinnamary. Le tableau 25 présente les espèces apparues uniquement dans l'un des estuaires, selon la méthode étudiée.

Tableau 25 : Représentation des taxons apparus exclusivement dans l'estuaire de l'Iracoubo et du Sinnamary, selon les méthodes A et B.

Méthode A		Méthode B	
Iracoubo (n = 48)	Sinnamary (n = 54)	Iracoubo (n = 58)	Sinnamary (n = 70)
<i>Actinocyclus sp.</i>	<i>Spirulina sp.</i>	<i>Hyalodiscus scoticus</i>	<i>Spirulina sp.</i>
<i>Biddulphia sp.</i>	<i>Phacus orbicularis</i>	<i>Asterionella notata</i>	<i>Phacus orbicularis</i>
<i>Thalassiosira leptopus</i>	<i>Closterium malmei</i>	<i>Eunotia formica</i>	<i>Closterium malmei</i>
<i>Diploneis sp.</i>	<i>Cosmarium redimitum</i>	<i>Frustulia interposita</i>	<i>Cosmarium redimitum</i>
<i>Eunotia sp.</i>	<i>Desmidium baileyi</i>	<i>Nitzschia pungens</i>	<i>Desmidium baileyi</i>
<i>Gyrosigma peisonis</i>	<i>Euastrum evolutum</i>	<i>Surirella febigeri</i>	<i>Euastrum evolutum</i>
<i>Gyrosigma spectabile</i>	<i>Staurastrum elegantissimum</i>		<i>Pleurotaenium ehrenbergii</i>
<i>Nitzschia delicatissima</i>	<i>Xanthidium mamillosum</i>		<i>Staurastrum elegantissimum</i>
<i>Rhizosolenia pungens</i>	<i>Ankistrodesmus falcatus</i>		<i>Xanthidium mamillosum</i>
<i>Surirella febigeri</i>	<i>Botryococcus braunii</i>		<i>Ankistrodesmus falcatus</i>
	<i>Scenedesmus brasiliensis</i>		<i>Botryococcus braunii</i>
	<i>Pseudostaurastrum sp.</i>		<i>Eudorina elegans</i>
	<i>Corethron criophilum</i>		<i>Scenedesmus brasiliensis</i>
	<i>Entomoneis alata</i>		<i>Pseudostaurastrum sp.</i>
	<i>Gyrosigma exoticum</i>		<i>Tetraedriella spinigera</i>
	<i>Nitzschia longissima</i>		<i>Caloneis westii</i>
	<i>Synedra laevigata</i>		<i>Nitzschia longissima</i>

Avec la méthode **A**, trente-sept taxons sont communs aux deux estuaires. Parmi les espèces les plus abondantes (>5 % du total), les diatomées dominaient dans l'Iracoubo alors qu'elles ne représentaient que 16 % dans le Sinnamary. Douze espèces d'eau douce étaient présentes dans le Sinnamary (sept dans l'Iracoubo), dont certaines comme *Ankistrodesmus falcatus*, *Staurastrum elegantissimum* et *Botryococcus braunii* en grande abondance.

Avec la méthode **B**, cinquante-deux taxons sont communs aux deux fleuves et *Skeletonema tropicum* est l'espèce la plus abondante dans les deux estuaires. Les diatomées dominaient dans l'Iracoubo, mais également dans le Sinnamary. Par contre, quinze genres d'eau douce étaient présents dans le Sinnamary, contre quatre dans l'Iracoubo. Les moyennes mensuelles du nombre de cellules étaient plus fortes dans le Sinnamary en juin, octobre, novembre 97 et en janvier et février 98.

La moyenne globale des cellules était toujours supérieure dans le Sinnamary, quel que soit le stade de la marée, sauf en jusant. L'ordre de la quantité moyenne de cellule était différent entre les deux estuaires : jusant > flot > basse mer > pleine mer pour l'Iracoubo et basse mer > flot > pleine mer > jusant pour le Sinnamary. *Skeletonema tropicum* dominait dans les deux estuaires pendant la basse mer, le flot et la pleine mer. En jusant, *Staurastrum elegantissimum* dominait dans le Sinnamary et *Thalassionema nitzschioides* dans l'Iracoubo.

Pour comprendre les fluctuations des taxons dans les deux fleuves, nous avons effectué une ANOVA. Pour minimiser l'hétérogénéité de la variance, le nombre des cellules comptées a été transformé $\{x = \log_{10}(x + 1)\}$. Deux facteurs, *fleuve* (FL) et *date* (DA), ont été analysés avec la méthode **A**, en plus du facteur *marée* (MA) pris en compte pour la méthode **B** (Tableau 26).

Tableau 26 : Représentation des F-ratio pour les facteurs analysés entre l'ensemble des taxons (Total), avec les Diatomées et sans les Diatomées (S/ Diatomées) du Sinnamary et de l'Iracoubo, selon la méthode de comptage (A et B). (**) pour hautement significatif à $P < 0.001$; (*) pour significatif à $0.001 < P < 0.05$; (ns) pour non significatif à $P > 0.05$.

	Méthode A			Méthode B		
	Total	Diatomées	S/ Diatomées	Total	Diatomées	S/ Diatomées
FL	10.36 (**)	9.97 (*)	152.94 (**)	42.90 (**)	0.03 (ns)	225.68 (**)
DA	2.10 (*)	2.22 (*)	3.27 (**)	6.07 (**)	4.81 (**)	8.35 (**)
MA	-	-	-	1.41 (ns)	4.41 (*)	7.55 (**)
FL*DA	2.34 (*)	1.03 (ns)	2.78 (*)	6.62 (**)	4.72 (**)	7.73 (**)
FL*MA	-	-	-	5.49 (**)	10.81 (**)	7.71 (**)
DA*MA	-	-	-	1.50 (ns)	1.66 (*)	1.31 (ns)
FL*DA*MA	-	-	-	1.49 (ns)	1.97 (*)	0.90 (ns)

Sachant que, dans les deux méthodes, l'ensemble des taxons variait significativement avec les deux facteurs, nous avons refait l'analyse (ANOVA) à un autre niveau taxinomique pour voir comment les Classes se différençaient entre les deux estuaires.

Avec la méthode A, le nombre total de cellules par Classe variait significativement en fonction du facteur *fleuve* (sauf les Dinophycées). En revanche, le nombre total de cellules par Classe ne variait significativement, en fonction du facteur *date*, que pour les Dinophycées et les Diatomophycées.

Le tableau 27 présente les résultats des F-ratio, selon les trois facteurs, avec la méthode B. Les Tribophycées (plus fort F-ratio pour le facteur fleuve) et les Zygothycées sont absentes dans les eaux de l'estuaire de l'Iracoubo.

Tableau 27 : Représentation des F-ratio des facteurs analysés à l'intérieur des Classes d'algues, du Sinnamary et de l'Iracoubo. Facteurs : Fleuve (FL), Date, (DA) et Marée (MA). Classes : Cyanophyceae (CYA), Dinophyceae (DIN), Euglenophyceae (EUG), Euchlorophyceae (EUC), Zygothycées (ZYG), Tribophyceae (TRIB) et Diatomophyceae (DIA). (**) pour hautement significatif à $P < 0.001$; (*) pour significatif à $0.001 < P < 0.05$; (ns) pour non significatif à $P > 0.05$.

Méthode B	CYA	DIN	EUG	EUC	ZYG	TRIB	DIA
FL	38.45 (**)	0.02 (ns)	12.58 (**)	85.23 (**)	57.61 (**)	114.98 (**)	0.03 (ns)
DA	2.65 (*)	1.71 (ns)	2.20 (*)	3.17 (*)	2.76 (*)	4.68 (**)	4.81 (**)
MA	1.27 (ns)	1.58 (ns)	2.67 (*)	4.32 (*)	1.64 (ns)	2.05 (ns)	4.41 (*)
FL*DA	3.17 (*)	2.00 (ns)	2.04 (*)	2.08 (*)	2.76 (*)	4.68 (**)	4.72 (**)
FL*MA	0.34 (ns)	1.24 (ns)	3.51 (*)	3.34 (*)	1.64 (ns)	2.06 (ns)	10.81 (**)
DA*MA	0.85 (ns)	2.86 (**)	1.39 (ns)	0.60 (ns)	0.66 (ns)	1.50 (ns)	1.66 (*)
FL*DA*MA	0.44 (ns)	1.83 (*)	0.80 (ns)	0.49 (ns)	0.65 (ns)	1.50 (ns)	1.97 (*)

3.3.2.6 Discussion

Le phytoplancton des lacs a été largement étudié (Reynolds, 1984, 1988 ; Padisák *et al.*, 1990 ; Jacobsen & Simonsen, 1993 ; Olrik & Nauwerck, 1993), alors qu'il existe peu d'études concernant l'écologie du phytoplancton des fleuves (Descy, 1993), peut être à cause de certaines caractéristiques intermédiaires entre les milieux marin et limnique (Odum, 1988). La décharge des fleuves (débits) est un important facteur de la qualité et de la quantité des communautés phytoplanctoniques. Elle semble contrôler la croissance du phytoplancton à travers des processus de dilution (Descy *et al.*, 1987), soumis à une forte variabilité saisonnière. En estuaire, l'influence de la marée devient fondamentale : l'accroissement de la turbidité et par conséquent le manque de lumière, semblent y contrôler la croissance du phytoplancton plus que la limitation des sels nutritifs (Reynolds, 1988a ; Cole *et al.*, 1992).

L'analyse de la composition des espèces a montré, dans les estuaires étudiés, une communauté dominée par les Diatomophycées, avec la présence de quelques espèces d'origine marine ou d'eau douce selon l'époque de l'année, comme les Cyanophycées et les Chlorophycées. Muylaert *et al.* (1997) ont aussi observé que les diatomées contribuaient souvent avec le nombre total d'espèces, mais les cyanobactéries étaient parfois importants en termes de biomasse.

Parmi les 77 taxons identifiés ici, sept n'ont été observés que dans l'estuaire de l'Iracoubo et quatorze dans celui du Sinnamary. Ce sont principalement des taxons d'eau douce et ils sont présents en grande quantité. Nous avons observé autant d'espèces pélagiques (*Skeletonema*, *Coscinodiscus*, *Thalassiosira*) que benthiques (*Pleurosigma*, *Gyrosigma*) tout au long des échantillonnages. Nous considérons que la contribution des diatomées était fortement liée à la charge sédimentaire, car leur abondance croissait avec la turbidité des eaux.

La méthode A nous a montré que *Skeletonema tropicum*, espèce présente dans les eaux saumâtres et marines (Paulmier, 1993), était la plus abondante dans l'estuaire de l'Iracoubo ainsi que *Coscinodiscus oculus-iridis* et *Thalassionema nitzschioides*. La forte présence des taxons comme *Skeletonema* et *Coscinodiscus* est équivalente de l'association de type "*Skeletonema - Coscinodiscus* végétation" (Gran & Braarud, 1935), observée par Margalef & Gonzales-Bernaldez (1969), dans les eaux côtières vénézuéliennes. *Ankistrodesmus falcatus*,

espèce présente dans les marais et lacs (Bourrelly & Couté, 1982), ainsi que sur le barrage de Petit Saut, domine en nombre total de cellules dans l'estuaire du Sinnamary.

Vaquer *et al.* (1997) ont observé, à partir de la mise en eau du barrage de Petit Saut en 1994, le développement de certaines espèces qui sont encore très bien représentées. Il y a ainsi eu l'augmentation des Desmidiacées (typiques des milieux acides). Plus globalement, la flore est essentiellement dominée par les Chlorophycées et les Euglenophycées. Cette évolution a été aussi observée dans d'autres sites où des barrages ont été mis en eau, par exemple en Rondonia, Brésil par Matsumura-Tundisi *et al.* (1991).

La différence, entre la distribution des espèces de chaque fleuve, a été confirmée par l'ANOVA (Tableau 26), ainsi que la variation temporelle du nombre total de cellules. *Skeletonema tropicum* est la seule espèce qui apparaît dans les deux estuaires à la même époque (de juin à août 97). La dissemblance entre la communauté phytoplanctonique des deux estuaires est aussi manifeste entre les saisons :

- Dans l'Iracoubo, des espèces mésohalines (*Cyclotella-Coscinodiscus-Skeletonema*) prédominent en saison humide et des espèces polyhalines (*Thalassiosira-Thalassionema-Skeletonema*) en saison sèche ;
- Dans le Sinnamary, des espèces oligohalines (*Ankistrodesmus-Trichodesmium-Tetraedriella*) dominent en saison humide et oligo-mésohalines (*Staurastrum-Ankistrodesmus-Skeletonema*) en saison humide et sèche.

En 1993, avec un débit de $100 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (en étiage), il fallait deux semaines à une particule pour parcourir la distance séparant le barrage de Petit Saut à l'estuaire du Sinnamary (Lointier, 1986). En 1997, sept jours avant la collecte, le débit de Petit Saut a été de $1068 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ en mai et de $260 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ en octobre. Il n'est donc pas étonnant que l'on observe dans ces conditions une forte abondance de *Staurastrum elegantissimum*, qui confirme l'influence des eaux douces du barrage à l'estuaire. Cependant, en janvier et en février 98, avec des débits respectifs de 199 et de $170 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, nous avons constaté un fort développement de *Skeletonema tropicum* à l'estuaire, même si *Ankistrodesmus falcatus* était l'espèce la plus abondante.

Le maintien d'un fort écoulement par le barrage de Petit Saut (Sinnamary), en saison sèche, a charrié des espèces d'eau douce jusqu'à l'estuaire, ce qui a modifié sa composition en affectant l'intrusion et le développement de la flore marine. Certaines algues, comme

Trichodesmium spp., sont particulièrement bien adaptées pour tolérer les variations de l'habitat en aval d'un barrage ; cependant, ces taxons fournissent un support minimal aux niveaux trophiques supérieurs (Blinn *et al.*, 1998).

Les espèces telles que *Staurastrum elegantissimum*, *Ankistrodesmus falcatus*, *Trachelomonas armata* et *Botryococcus braunii*, provenant des eaux douces et présentes dans le barrage, n'ont apparemment pas souffert des transformations de la qualité de l'eau au long du trajet et ont pu atteindre l'estuaire. Rino (1979), dans son étude sur les algues d'eau douce au Mozambique, a observé que les espèces *Ankistrodesmus fusiformis*, *Trachelomonas volvocina* et *Botryococcus braunii* avaient leur meilleur développement lorsque certains paramètres tels que le pH (6.4 à 7.4), l'oxygène (2.8 à 8.5 mg.l⁻¹), la température (26.5 à 27.6°C) et la matière organique (en forte concentration), étaient réunis. Les mêmes conditions ont été observées dans le Sinnamary, lors de l'apparition de ces espèces à l'estuaire.

Cette différence est confirmée entre les diverses Classes, principalement en étiage, où les Euglenophycées, Zygothycées et Tribophycées n'ont pas été observées dans l'Iracoubo. Muylaert & Sabbe (1999) ont remarqué que la diversité était plus forte dans le Schelde (Belgique) par rapport à la Gironde, fait qui est dû à une différence de la communauté phytoplanctonique, principalement liée au débit des fleuves.

Avec la méthode **B**, *Skeletonema tropicum* est l'espèce dominante dans les deux fleuves. C'est l'espèce pélagique caractéristique dans les eaux guyanaises. Cependant, le nombre d'espèces d'eau douce dans le Sinnamary est resté constant. Dans les estuaires d'Argentine (Gayoso, 1999), le phytoplancton est dominé par les diatomées, spécialement par *Skeletonema costatum* et *Thalassiosira* spp. ; cette dernière domine aussi les estuaires de l'Elbe en Allemagne et du Schelde (Muylaert & Sabbe, 1996). Avec l'abaissement du flux des eaux douces en étiage (Iracoubo), des formes pélagiques déjà sur place (ou emportées par la marée) se développent et peuvent pénétrer plus profondément dans l'estuaire, suite aux changements des conditions halines. Certaines espèces, telle que *Entomoneis alata*, ont pu se développer dans l'estuaire du Sinnamary.

À l'aide de l'ANOVA (Tableau 26), nous avons établi une différence significative de la quantité totale de cellules entre chaque fleuve, ainsi qu'une fluctuation temporelle des moyennes selon les dates. Les diatomées sont le seul groupe où la variation de la quantité de cellules n'était pas significative entre les deux fleuves. En revanche, les évolutions mensuelle et journalière (stades de la marée) étaient différentes. Le plus fort F-ratio (*fleuve/marée*)

démontre une différence entre la composition phytoplanctonique de l'Iracoubo par rapport au Sinnamary, principalement pour les espèces dominantes.

D'une manière générale, les deux estuaires présentent une grande diversité (moyenne supérieure à quatre), même si la moyenne des indices de diversité était supérieure dans le Sinnamary pendant le premier semestre et dans l'Iracoubo dans le deuxième semestre. Le test de Hutcheson nous a montré que certains indices de diversité, avec des valeurs similaires, pouvaient être significativement différents, comme pour la comparaison entre les stades de la marée.

L'indice de régularité moyen a été supérieur à 0.75 dans les deux estuaires, sauf en avril, octobre et en novembre dans le Sinnamary. Dans son étude, Paulmier (1993) a trouvé peu de fluctuations entre les indices de diversité, et les valeurs d'équitabilité étaient souvent supérieures à 0.7 (Montsinery, Guyane). Ces résultats sont à rapprocher de ceux de Garate-Lizarraga *et al.* (1990) qui ont étudié les associations du microphytoplancton dans le Golfe de Californie (Mexique) et ont observé des indices de diversité (H') supérieurs à 5 et une équitabilité moyenne de 0.85, avec une abondance plus grande de Diatomophycées.

La diversité des diatomées était plus forte dans l'Iracoubo (4.27 contre 3.73 au Sinnamary), tandis que les indices moyens sans les diatomées étaient supérieurs dans le Sinnamary (3.23 contre 2.15 dans l'Iracoubo). L'indice J' moyen des diatomées a été supérieur dans l'Iracoubo (0.78) par rapport au Sinnamary (0.71) et l'indice sans les diatomées a été similaire entre les deux estuaires (0.75). Le tableau 28 présente les valeurs estimées pour l'indice de Shannon de plusieurs travaux réalisés sur la diversité des diatomées (épiphytes, édaphiques, épilithiques, planctoniques ou associées aux sédiments).

Tableau 28 : Représentation des valeurs de l'indice de Shannon (H'), de l'indice de régularité (J') et du nombre total des espèces (N) dans plusieurs études sur la diversité des diatomées.

SOURCE	H'	J'	N
Siqueiros-Beltrones <i>et al.</i> (1985), Bahia Falsa, Mexique	3.78	0.63	115
Siqueiros-Beltrones (1988), Laguna Figueroa, Mexique	3.00	0.71	67
Siqueiros-Beltrones (1990), La Poza, todos os Santos, Mexique	2.67	0.64	45
Siqueiros-Beltrones (1999), Baja California, Mexique	3.66	0.68	44
Sullivan (1978), Édaphiques, Graveline marsh, Mississippi, USA	3.35-4.25		119

Sullivan (1978), marécages du Delaware, USA	4.03-4.69		104
Sullivan (1978), marécages de New Jersey, USA	3.96-4.83		91
Sullivan (1979), Epiphytes, Mississippi sound, USA	3.64	0.74	37
McIntire & Overton (1971), Épilithique, Estuaire du Yaquina, Orégon, USA	3.10	0.60	30
Main & McIntire (1974), Epiphytes, Estuaire du Yaquina, Orégon, USA	3.36	0.65	48
Karentz (1975), Diatomées planctoniques, Estuaire du Yaquina, Orégon, USA	3.25		96
Amspoker (1977b), Sédiments, Estuaire du Yaquina, Oregon, USA <i>In Siqueiros-Beltrones (1990)</i>	4.61	0.77	64
Amspoker & McIntire (1978), Sédiments, Estuaire du Yaquina, Orégon, USA	4.07		71

Les travaux de Whiting (1983) montrent une prédominance de la diversité des diatomées associées aux sédiments, ce qui est corroboré par nos résultats. Amspoker & McIntire (1978) suggèrent que la distribution des diatomées puisse être contrôlée principalement par la salinité et par les sédiments. En effet, les espèces polyhalines dominent dans certains estuaires, comme celui de l'Elbe et du Schelde (Muylaert & Sabbe 1999).

Le milieu estuarien est un biotope peu propice à l'établissement de communautés stables, car c'est une zone de contact entre deux milieux bien distincts : *Skeletonema tropicum* semble être l'espèce la mieux adaptée aux changements environnementaux dans les estuaires de Guyane. L'association *Coscinodiscus-Cyclotella* peut être considérée comme mésohaline et l'association *Thalassiosira-Thalassionema* comme polyhaline.

3.4 RELATIONS ENTRE LES VARIABLES BIOTIQUES ET LES PARAMÈTRES DE L'ENVIRONNEMENT

La zone estuarienne constitue un environnement chimique particulièrement varié (Dessier, 1991). La multiplicité des paramètres étudiés et le nombre de données à analyser rendent difficile la discrimination de relations entre ces paramètres si l'on s'appuie uniquement sur les tableaux bruts. À l'aide des analyses multivariées (ACP, CAH), nous tentons de synthétiser les principaux résultats obtenus à partir des variables environnementales associées à la communauté phytoplanctonique.

3.4.1 Résultats des analyses 1

L'histogramme des valeurs propres (Figure 56) montre que les deux premiers axes factoriels de l'ACP expliquent plus de 65% de l'information contenue dans la matrice des données.

La représentation des paramètres dans le plan factoriel (Fig. 57) fait apparaître un effet Guttman caractéristique de la présence d'un gradient.

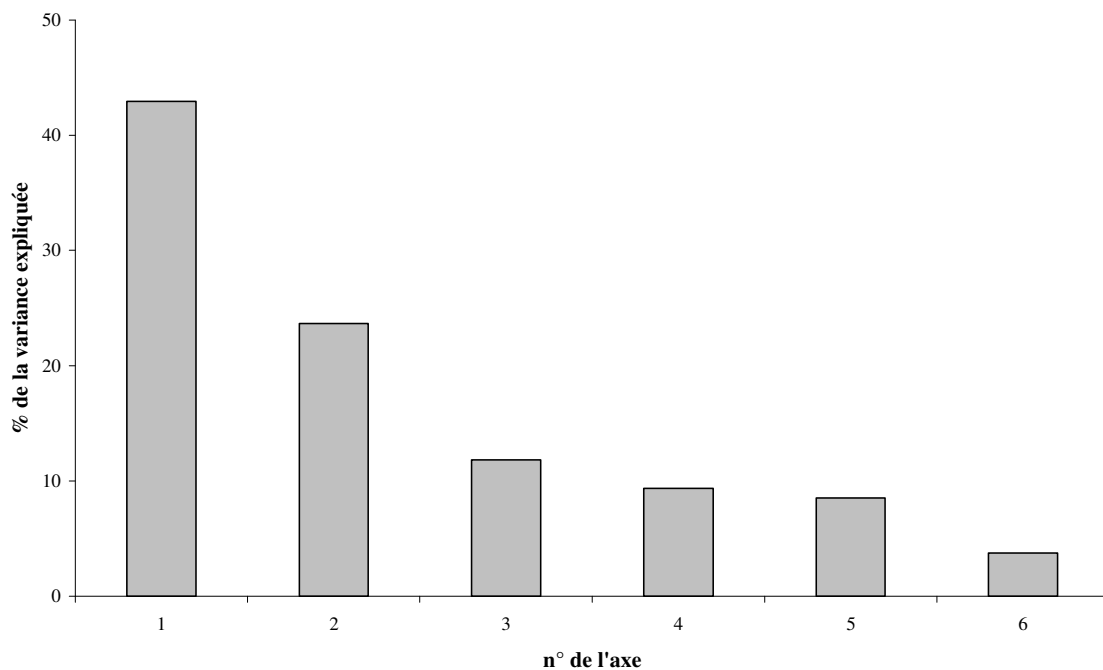


Figure 56 : Éboulis des valeurs propres en pourcentage expliqué par l'ACP (analyses 1).

Nous pouvons résumer les principales informations contenues dans les résultats de l'ACP comme suit :

- L'axe 1 semble opposer des eaux douces (Sinnamary en saison des pluies pendant le jusant) riches en chlorophylle **b** (en négatif) aux eaux d'influence marine ou saumâtre (Iracoubo en saison sèche pendant le flot) avec des valeurs élevées pour les paramètres physico-chimiques et la MOP (en positif) et dans une moindre mesure les chlorophylles **a**, **c** et les phéopigments ;
- L'axe 2 oppose des valeurs élevées des paramètres physico-chimiques (sauf la température) dans l'Iracoubo (en négatif) en pleine mer et au milieu de la saison sèche (octobre/novembre), aux fortes valeurs de la MOP, chlorophylles et phéopigments dans le Sinnamary (en positif), en basse mer et en intersaison (juillet).

Les résultats de la classification hiérarchique permettent de découper l'arbre en trois classes dont les caractéristiques vérifient bien ce qui vient d'être décrit sur les résultats de l'ACP (Tableau 29).

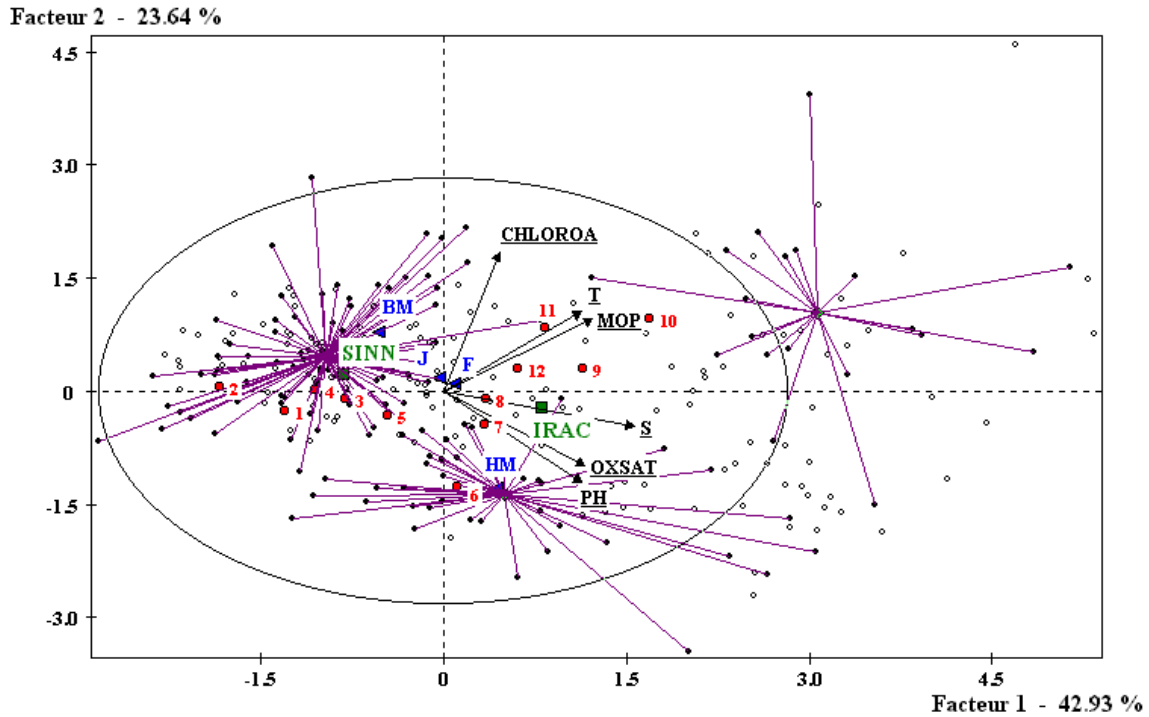


Figure 57 : Projection sur les axes factoriels 1-2 des trois classes de la Classification Hiérarchique Directe réalisée sur les variables physico-chimiques (Salinité, Température, OXYgène SATuré, PH) et biologiques (CHLORophylle A, MOP). Variables nominales : les fleuves Iracoubo (IRAC) et Sinnamary (SINN) ; les dates de 1 à 12 (janvier à décembre 97) et les marées HM (pleine mer), BM (basse mer), F (flot), J (jusant).

Tableau 29 : Description des trois classes issues de la CAH réalisée sur les données de la méthode A (analyses 1).

Classes	Variables spatio-temporels	Variables abiotiques	Variables biotiques
Classe 1	Sinnamary, basse mer, février	Faible concentration de tous les paramètres	Forte concentration en chlorophylle b
Classe 2	Iracoubo, pleine mer, intersaisons (juin/juillet)	pH, salinité, oxygène dissous et saturé élevés	Faible concentration en chlorophylles
Classe 3	Iracoubo, octobre (saison sèche)	Forte concentration de tous les paramètres	Forte concentration en chlorophylles a et c

3.4.2 Résultats des analyses 2

Les deux premiers axes factoriels de l'ACP expliquent plus de 65 % de l'information contenue dans la matrice des données (Figure 58).

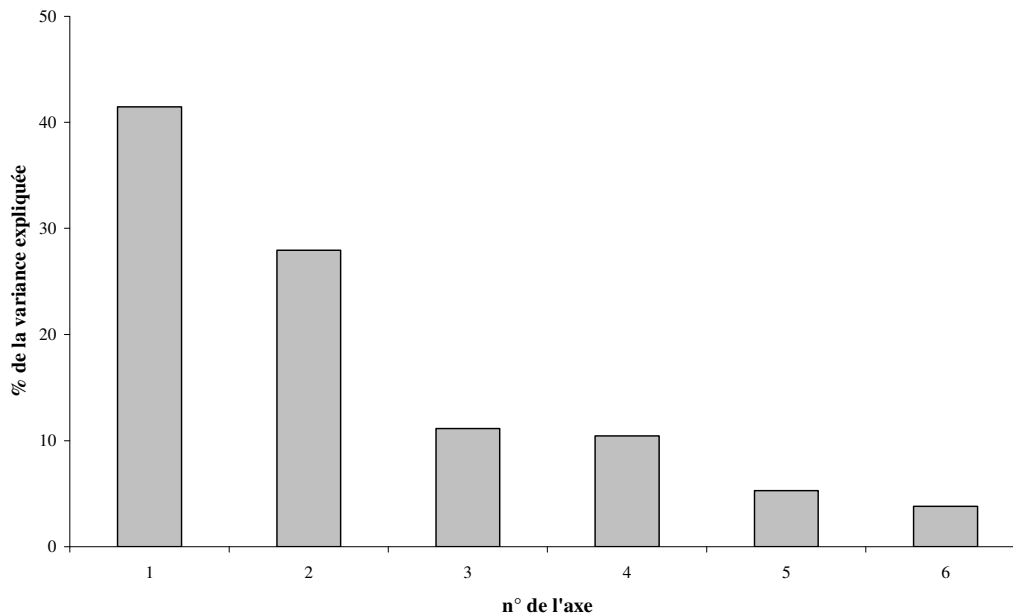


Figure 58 : Éboulis des valeurs propres en pourcentage expliqué par l'ACP (analyses 2).

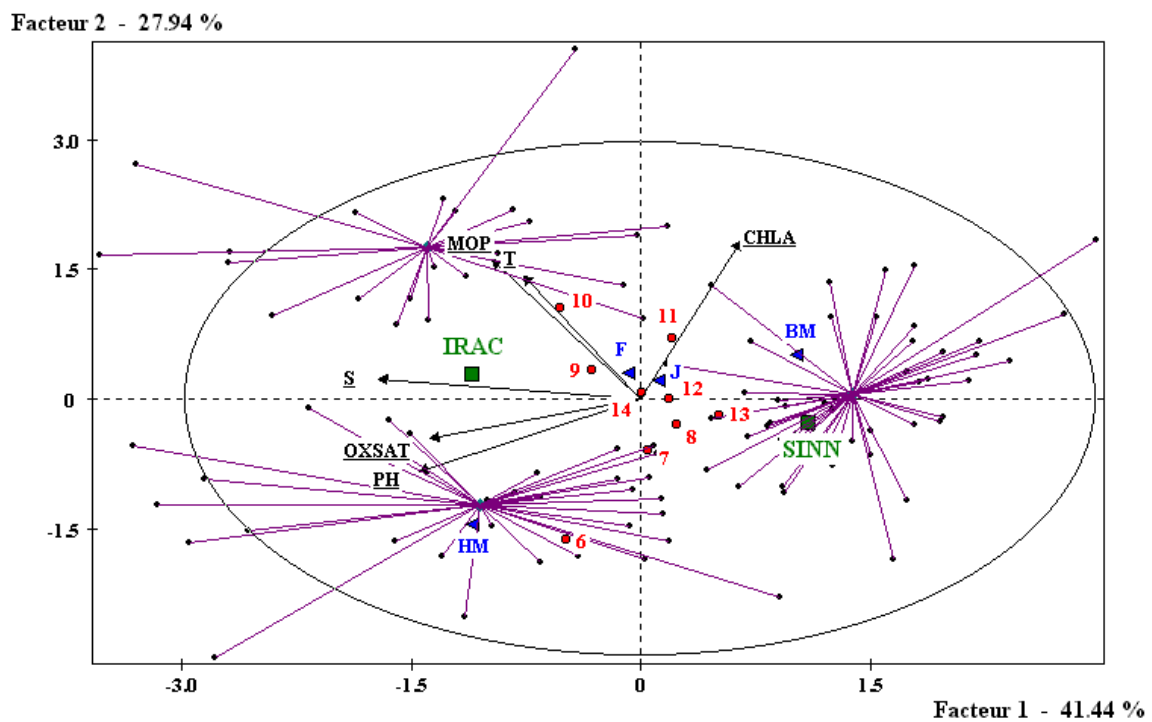


Figure 59 : Projection sur les axes factoriels 1-2 des trois classes de la Classification Hiérarchique Directe réalisée sur les variables physico-chimiques (Salinité, Température, OXYgène

SATuré, **PH**) et biologiques (**CHL**orophylle-**A**, **MOP**). Variables nominales : les fleuves Iracoubo (IRAC) et Sinnamary (SINN) ; les dates de 6 (juin 97) à 14 (février 98) et les marées HM (pleine mer), BM (basse mer), F (flot), J (jusant).

Nous pouvons résumer les principales informations issues de l'ACP comme suit :

- L'axe 1 semble opposer les eaux riches en MOP, température, salinité, pH et oxygène (en négatif) et localisées dans l'Iracoubo (octobre 97) aux eaux à forte concentration en chlorophylles et phéopigments, surtout la chlorophylle **b** (en positif) et localisées dans le Sinnamary (février 98). Entre les marées, la pleine mer (Iracoubo) oppose la basse mer (Sinnamary) ;
- L'axe 2 est caractérisé, en négatif, par des valeurs élevées en pH et en oxygène (surtout en pleine mer) à des fortes valeurs des composantes biologiques et de la température (en basse mer, jusant et flot). Encore une fois, le Sinnamary (juin, eaux d'influence continentale) oppose l'Iracoubo (octobre, eaux d'influence marine).

Les résultats de la classification hiérarchique permettent de découper l'arbre en trois classes en accord avec les résultats de l'ACP (Tableau 30).

Tableau 30 : Description des trois classes issues de la CAH réalisée sur les données de la méthode B (analyses 2).

Classes	Variables spatio-temporels	Variables physico-chimiques	Variables biotiques	Espèces associées
Classe 1	Sinnamary, basse mer	Faible concentration de tous les paramètres	Fortes concentrations en chlorophylles a , b et c	<i>Spirulina</i> sp., <i>Trachelomonas armata</i> , <i>Staurastrum elegantissimum</i> , <i>Ankistrodesmus falcatus</i> , <i>Tetraedriella spinigera</i> , <i>Entomoneis alata</i> et <i>Entomoneis paludosa</i> <u>opposées à</u> <i>Cyclotella comta</i> , <i>Thalassiosira hendeyi</i> , <i>Pleurosigma majus</i> et <i>Thalassionema frauenfeldii</i>
Classe 2	Pleine mer	pH, salinité, oxygène dissous et saturé élevés	Faibles concentrations en chlorophylles et en MOP	<i>Skeletonema tropicum</i> , <i>Skeletonema costatum</i> , <i>Chaetoceros subtilis</i> et <i>Cyclotella comta</i> <u>opposées à</u> <i>Entomoneis alata</i> , <i>Entomoneis paludosa</i> , <i>Coscinodiscus oculus-iridis</i> et <i>Gyrosigma hippocampus</i>
Classe 3	Iracoubo	Température et salinité élevées	Forte concentration en chlorophylles a et c et en MOP	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> , <i>Thalassionema nitzschioides</i> , <i>Pleurosigma majus</i> , <i>Pleurosigma brasiliensis</i> , <i>Thalassiosira hendeyi</i> , <i>Gyrosigma hippocampus</i> , <i>Rhizosolenia pungens</i> et <i>Coscinodiscus oculus-iridis</i> <u>opposées à</u> <i>Trichodesmium thiebautii</i> , <i>Trachelomonas armata</i> , <i>Staurastrum elegantissimum</i> , <i>Ankistrodesmus falcatus</i> , <i>Pseudostaurastrum</i> sp., <i>Tetraedriella spinigera</i> , <i>Skeletonema tropicum</i> et <i>Entomoneis alata</i>

3.4.3 Corrélations

A l'aide de l'étude de corrélation entre les divers paramètres (Tableau 3), nous avons mis en évidence que dans l'estuaire de l'Iracoubo, la chlorophylle **a** était positivement corrélée ($P < 0.05$) à la matière particulaire ($r = 0.88$) et à la température ($r = 0.65$). Par contre, nous n'avons pas pu mettre en évidence de corrélation significative pour les paramètres mesurés dans l'estuaire du Sinnamary. Si l'on ne considère que la variabilité saisonnière de l'année 1997 (considérée comme une année climatique normale), des corrélations significatives ont pu être établies (Tableau 31), surtout pour l'estuaire de l'Iracoubo.

Tableau 31 : Principales corrélations entre les variables environnementales, dans l'estuaire de l'Iracoubo et du Sinnamary. (**) pour hautement significatif à $P < 0.01$; (*) pour significatif à $0.01 < P < 0.05$; (ns) pour non significatif à $P > 0.05$.

	Iracoubo	Sinnamary
	MOP	MOP
Température	$r = 0.74$; **	$r = -0.58$; *
Salinité	$r = 0.87$; **	ns
Chlorophylle a	$r = 0.55$; *	ns
Phéopigments	$r = 0.81$; **	ns

L'étude de la composition relative en chlorophylles **a**, **b** et **c** peut renseigner sur l'origine du peuplement algal. Les concentrations moyennes en chlorophylle **a**, des deux estuaires, étaient pratiquement similaires. La différence reposait entre les teneurs en chlorophylle **b** (plus forte dans le Sinnamary) et en chlorophylle **c** (plus concentrée dans l'Iracoubo). Cette différence peut être reliée à la proportion des espèces d'eau douce dans les deux estuaires : cinq dans l'Iracoubo contre seize dans le Sinnamary.

L'analyse des corrélations significatives entre les concentrations en chlorophylles et le nombre de cellules totales apporte d'autres renseignements. Pour l'Iracoubo, la teneur moyenne en chlorophylle **a** avait une bonne corrélation ($r = 0.59$) avec le nombre total des cellules (Figure 60), quelle que soit la saison (1997) : corrélée négativement en saison des pluies ($r = -0.51$) et positivement en étiage ($r = 0.67$). Ces mêmes constatations ont été observées pour les phéopigments, ainsi que pour la chlorophylle **b** mais seulement entre les saisons.

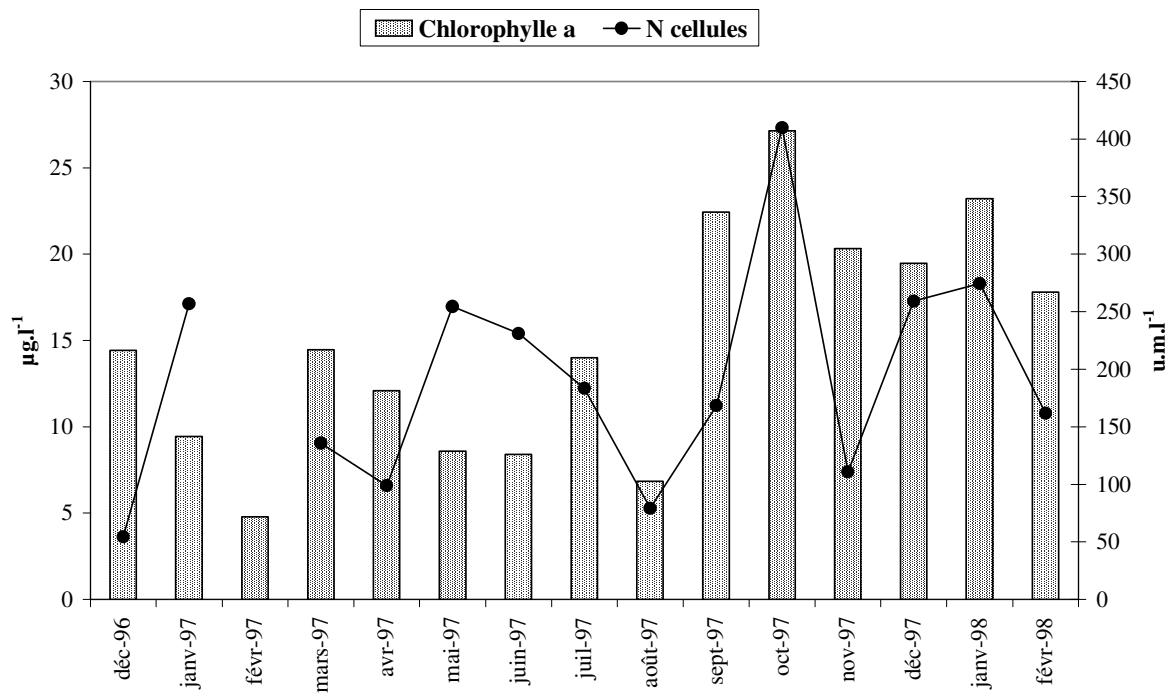


Figure 60 : Représentation graphique des concentrations moyennes mensuelles en chlorophylle a ($\mu\text{g.l}^{-1}$) et en nombre (N) total des cellules (u.m.l^{-1}), dans les eaux de l'estuaire de l'Iracoubo.

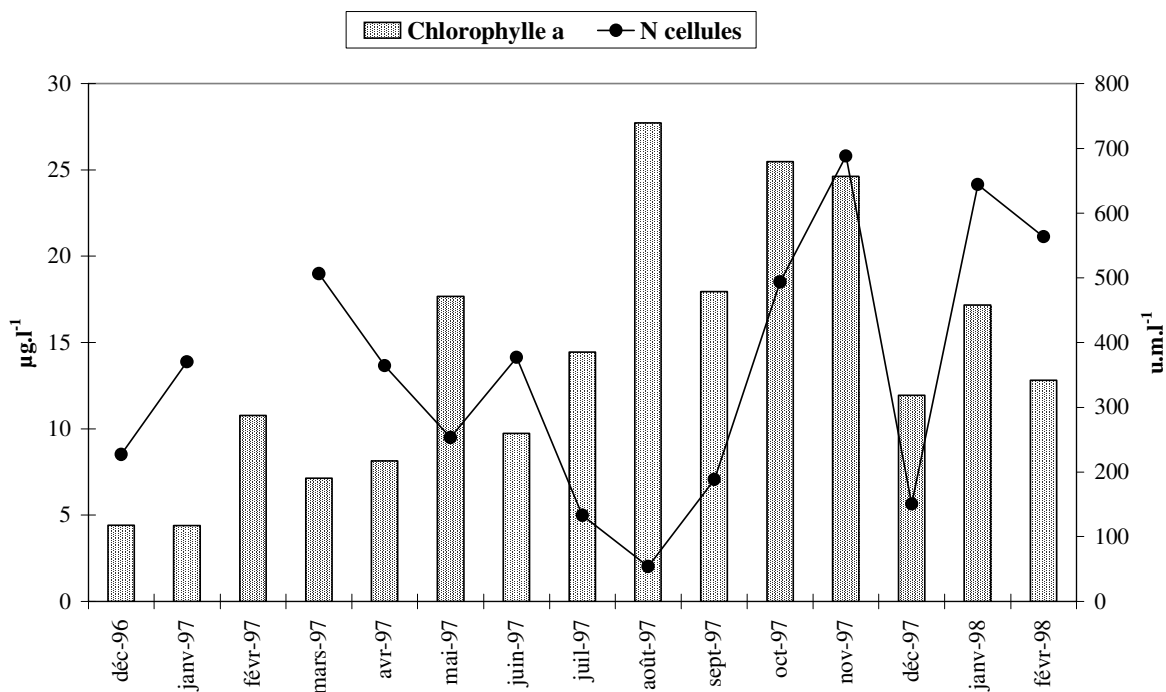


Figure 61 : Représentation graphique des concentrations moyennes mensuelles en chlorophylle a ($\mu\text{g.l}^{-1}$) et en nombre (N) total des cellules (u.m.l^{-1}), dans les eaux de l'estuaire du Sinnamary.

Dans l'estuaire du Sinnamary, les corrélations significatives ($P < 0.05$) entre les pigments chlorophylliens et le nombre total de cellules n'ont été observées qu'en saison des pluies (1997). Les teneurs en chlorophylles **a**, **b**, **c** et en phéopigments étaient corrélées négativement (respectivement de -0.81, -0.68, -0.71 et de -0.84) avec le nombre total des cellules. La figure 61 présente les moyennes mensuelles de la chlorophylle **a** et du nombre total d'individus.

D'une manière générale, les deux estuaires présentent quelques similarités relatives au nombre moyen de cellules, principalement entre les saisons (juin-août). La biomasse la plus importante se rencontre au milieu de l'étiage, ce qui coïncide avec le maximum de chlorophylles **a** dans l'Iracoubo. Pourtant, les résultats présentés précédemment ne constituent pas une démonstration convaincante des probables relations entre les concentrations en chlorophylle et le phytoplancton. Nous n'écartons pas la possibilité d'avoir obtenu des teneurs en chlorophylle d'origine phytoplanctonique mélangées à des débris végétaux, ce qui aurait faussé nos résultats. En plus, le matériel terrigène peut absorber dans la même longueur d'onde que les chlorophylles **a** et **c** (Antoine *et al.*, 1996).

Les relations entre les paramètres sont plus marquantes lorsque nous considérons la variabilité journalière. La charge en MPT est faible en pleine mer et forte en basse mer, comme observée par Cadée (1984) dans l'estuaire du Zaïre. Elle est corrélée avec la salinité dans l'estuaire de l'Iracoubo en pleine mer ($r = -0.56$; $P = 0.03$) et dans le Sinnamary en basse mer ($r = -0.58$; $P = 0.04$). Entre les autres paramètres, des corrélations négatives existent dans l'Iracoubo entre la MOP avec l'oxygène en pleine mer ($r = -0.70$; $P = 0.02$) et avec la salinité ($r = -0.71$; $P < 0.0001$) en jusant. Lindsay *et al.* (1996), au cours d'une étude de l'estuaire Forth (Écosse), ont observé de fortes corrélations entre la salinité et les matières en suspension, surtout en basse mer.

La chlorophylle **a** est le pigment le mieux corrélé avec les paramètres physico-chimiques entre les différents stades de la marée. Dans l'estuaire de l'Iracoubo, elle était corrélée positivement avec la température (dans les quatre stades ; $P < 0.05$), négativement avec l'oxygène dissous et la salinité (basse mer et pleine mer ; $P < 0.05$). Dans le Sinnamary, la chlorophylle **a** était corrélée avec le pH en jusant ($r = 0.50$; $P = 0.03$) et en flot ($r = -0.52$; $P = 0.01$) ; avec la salinité en pleine mer ($r = -0.54$; $P = 0.04$) et avec l'oxygène dissous en basse mer ($r = 0.50$; $P = 0.04$). En comparant les relations entre les paramètres biologiques, la MOP se corrèle positivement avec les chlorophylles **a** et **c** dans chaque stade de la marée ($P < 0.05$) dans l'estuaire de l'Iracoubo. Pour le Sinnamary, nous trouvons une seule corrélation entre la MOP et la chlorophylle **b** en pleine mer ($r = -0.54$; $P = 0.04$).

Quatrième Partie :
Discussion générale

4.1 DISCUSSIONS

L'origine et la circulation des eaux sur le bouclier guyanais sont sous l'influence directe de la circulation océanique dans l'Atlantique équatorial et des apports de l'Amazone. Les côtes basses et marécageuses de la Guyane sont caractérisées par des changements morphologiques considérables, résultant de la dispersion des rejets amazoniens. C'est au niveau des estuaires, où s'affrontent les ondes fluviales et les ondes marines, que l'hydrodynamique fluviale joue un rôle important. La pente, faible sur la bande côtière, permet une circulation de sédiments et une intrusion saline en amont de l'estuaire.

L'analyse des variables abiotiques associées au peuplement phytoplanctoniques, permet de dégager les caractères généraux sur le fonctionnement des deux estuaires considérés ici, dans des conditions climatiques, hydrologiques et sédimentologiques fluctuantes.

La **température** ne semble pas jouer un rôle important au niveau des estuaires. Ses valeurs, tout au long des collectes et surtout entre le fond et la surface, restent relativement stables. Cependant, les observations sur l'Iracoubo montrent bien une augmentation de température en étiage, ce qui n'est pas le cas pour le Sinnamary. La température n'a probablement qu'un faible impact sur le cycle planctonique, à l'exception des espèces d'eau douces présentes dans l'estuaire du Sinnamary.

Ainsi que l'attestent les faibles valeurs que peut y atteindre la **salinité**, les eaux des estuaires ont une double origine : continentale et amazonienne, principalement en saison des pluies. Ce mélange interfère sur le cycle des salinités permettant de mesurer l'importance des apports fluviaux, ainsi que sur l'intrusion saline plus importante en période d'étiage. En effet, un décalage est observé entre les variations des salinités et le changement des saisons, principalement dans l'estuaire de l'Iracoubo. Les salinités diminuent avant l'arrivée de la saison humide et remontent avant la fin de celle-ci. La stratification générale des salinités (oligohaline en surface et mésohaline/polyhaline au fond) constitue un caractère physico-chimique fondamental de ce type de biotope, à l'exception de la période des fortes précipitations (et/ou une forte décharge d'eau - Sinnamary) qui peuvent entraîner une dessalure totale de l'estuaire (février 97).

Cette variation tout au long de l'année joue un rôle prépondérant sur la distribution de nombreuses espèces dans l'estuaire, qu'elles soient d'origine continentale, estuarienne ou marine. Comme l'a observé Paulmier (1993), un bon nombre de composantes des peuplements d'origines littorale et côtière supportent sans trop de difficulté les fortes variations de salinité (euryhalines) dans la zone estuarienne. C'est le cas des Diatomophycées qui représentent plus de 75 % du nombre d'individus rencontrés au cours de ce travail. **Les faibles concentrations en sels dans l'estuaire du Sinnamary reflètent les fortes abondances d'espèces d'eau douce (Chlorophycées et Euglénophycées), dont le débit contrôlé par le barrage, ne tient pas compte des variations saisonnières.**

L'**oxygène dissous**, considéré principalement comme un paramètre physico-chimique (réactions d'oxydation), participe aussi des variations biologiques (photosynthèse). Ses fluctuations résultent de plusieurs interactions et il est difficile de mettre en évidence une relation directe entre les apports continentaux et les teneurs en oxygène dissous. Pourtant, il semble exister un cycle annuel des teneurs en O₂. Parmi les résultats observés, l'oxygène dissous tend à diminuer en saison humide dans l'Iracoubo, tandis que le contraire se produit dans le Sinnamary. Dans les deux cas, les valeurs augmentent au début de la période sèche et ensuite diminuent avant l'établissement de la prochaine saison des pluies. Selon les résultats présentés, **les teneurs en O₂ dans l'estuaire du Sinnamary sont étroitement liées aux variations de débit (barrage) en amont.** Les corrélations ont été négatives avec le débit dans les deux saisons : l'influence marine n'est perceptible que lorsque le débit diminue considérablement.

Un premier pic d'O₂ observé en août, coïncide avec un effectif minimal de cellules algales dans les deux estuaires. En revanche, l'augmentation du nombre d'individus en octobre provoque une augmentation du taux d'oxygène dissous, mais le phénomène n'a été observé que sur l'Iracoubo. Les eaux océaniques, plus oxygénées, restaurent les teneurs en O₂ pendant la saison sèche, provoquant parfois des sursaturations (Iracoubo) en équilibrant le taux global d'oxygène des fleuves, où l'eau est fortement minéralisée (Sinnamary).

Le **pH** moyen des eaux dans les deux estuaires s'approche de la neutralité et il semble être influencé par les eaux océaniques qui compensent l'acidité des eaux continentales de la Guyane. Ces observations sont vérifiées principalement en étiage. Au fur et à mesure que l'on s'éloigne des berges vers les surfaces terrigènes, un gradient d'acidité croissant s'établit.

Le pH ne semble pas altérer le développement des espèces estuariennes ; par contre, il doit jouer un rôle important pour les espèces d'eau douce qui atteignent l'estuaire, comme dans le Sinnamary. La présence de ces espèces en estuaire, quelle que soit la saison, confirme l'importance des apports d'origine continentale. Nous pouvons, à titre d'exemple, citer les Desmidiées et quelques Chlorococcales qui sont caractéristiques des milieux acides (Bourrelly & Couté, 1982).

Dans leur ensemble, les paramètres physico-chimiques diffèrent significativement ($P < 0.001$) selon des facteurs *fleuve*, *date* et *marée*. De plus, les valeurs de la salinité et du pH varient significativement avec le facteur *niveau*. Tous les paramètres étudiés montrent des moyennes plus fortes dans l'estuaire de l'Iracoubo que dans celui du Sinnamary. **Les différences existant entre les variables physico-chimiques des deux fleuves ont des conséquences sur les peuplements phytoplanctoniques.** D'une manière générale, **l'Iracoubo, fleuve ne subissant pas d'influence anthropique forte, semble répondre mieux aux variations saisonnières que le Sinnamary.**

En ce qui concerne la variabilité des **matières en suspension**, les quatre facteurs influent significativement sur les **MPT**, **MOP** et **MIP**. Le facteur *fleuve*, avec le plus fort F-ratio démontre la grande variabilité spatiale des distributions des charges particulières dans les deux estuaires. **Les concentrations en MPT, MOP et en MIP de l'Iracoubo sont plus fortes que celles du Sinnamary, tant en surface qu'au fond.** Cette différence des concentrations trouvée entre les deux estuaires, peut être liée au phénomène d'envasement/dévasement (variabilité interannuelle) et à la prolongation de la saison sèche de 1997 en 1998 (El Niño).

Les conséquences d'une forte turbidité sur le peuplement du phytoplancton font l'objet de diverses recherches et restent encore mal comprises pour de nombreux spécialistes. Les fortes concentrations des matières en suspension empêcheraient la pénétration de la lumière et, par conséquent, ralentiraient les processus de photosynthèse. En Guyane, la zone la plus turbide (secteur côtier) coïncide avec la zone la plus productive (Paulmier, 1993). En plus, c'est en basse mer (plus forte turbidité) que le nombre total de cellules phytoplanctoniques s'est révélé maximum. Les faibles concentrations en matières en suspension dans le Sinnamary, comparativement à l'Iracoubo, faciliteraient la présence d'espèces d'eau douce (Chlorophycées et Euglénophycées) à son estuaire.

Les perturbations liées aux paramètres physico-chimiques et la diminution des concentrations en MPT modifient directement la dispersion des sédiments en amont de l'estuaire, et par conséquent la **végétation** locale change. Sur le Sinnamary, le développement progressif des peuplements de *Rhizophora* et des espèces de la forêt ripicole se font au détriment des *Avicennia* : la végétation des berges dite de mangrove occupe actuellement 5 km en amont de l'embouchure (contre 12 km sur l'Iracoubo).

Les concentrations en **chlorophylles** indiquent une biomasse phytoplanctonique généralement élevée. La chlorophylle **a** est le pigment le plus abondant dans les deux fleuves ; viennent ensuite la chlorophylle **b** dans l'estuaire du Sinnamary et la chlorophylle **c** dans l'estuaire de l'Iracoubo. Les périodes d'intersaison correspondaient au maximum de teneurs en pigments dégradés. L'influence des facteurs *date* et *marée* est sensible sur la variabilité temporelle des distributions des chlorophylles dans les deux estuaires. Les fortes teneurs en chlorophylle **c** dénotent la présence d'espèces de Diatomophycées (dominantes dans l'Iracoubo), et celles de chlorophylle **b**, d'espèces de Chlorophycées et Euglénophycées (Sinnamary), même en saison sèche.

La **diversité des espèces**, dans les deux estuaires, est grande (équitabilité supérieure à 0.7), plus forte en étiage qu'en saison humide. En effet, les eaux de ruissellement, par leur volume, repoussent les eaux saumâtres vers l'aval de l'embouchure et limitent (par leur débit plus rapide) provisoirement l'importance des développements phytoplanctoniques. Pendant cette période, d'autres espèces venues de l'amont, peuvent être repérées, même en grande quantité. Cela n'élimine pas totalement la population locale, surtout les espèces benthiques, qui peuvent s'enfouir dans les sédiments lors des forts courants. La période d'intersaison peut présenter une diminution de la biomasse en rapport avec de fortes quantités de pigments dégradés.

Dès le rétablissement d'un gradient de salinité, la biomasse phytoplanctonique peut devenir rapidement plus importante. Ce calme provisoire favorise la croissance des espèces indigènes ou "importées" de la zone côtière, si toutes les conditions physico-chimiques et de circulation des marées sont regroupées. Les espèces qui présentent des développements spectaculaires sont peu nombreuses (ex. *Entomoneis alata*). **Ce sont des espèces euryhalines qui supportent le mieux ces transformations du milieu, comme *Skeletonema tropicum*, *Coscinodiscus oculus-iridis*, *Thalassiosira hendeyi* et *Cyclotella comta* en Guyane.** D'une manière générale, il apparaît que, dans la plupart des mangroves étudiées, les peuplements

phytoplanctoniques sont dominés par les diatomées. Le genre *Skeletonema* est une espèce très abondante dans les estuaires à mangroves (Teixeira *et al.*, 1965 ; Qasim, 1973) et aussi largement distribuée dans le monde (Glorieux, 1981).

CONCLUSION

Ce travail peut être considéré comme la première prospection concernant les facteurs environnementaux du milieu estuarien associés à la diversité du phytoplancton en Guyane. Les difficultés rencontrées au début de cette étude, nous ont amené à restreindre l'utilisation de divers paramètres, tout aussi essentiels que ceux que nous avons mesurés. Nous avons cependant pu mettre en évidence la différence existant entre deux fleuves localisés dans une même zone biogéographique, tant par les aspects physico-chimiques de circulation de sédiments, que par la composition et l'abondance du phytoplancton. Avec l'installation de l'équipe du PNEC en Guyane, ces études se poursuivent actuellement dans la rivière de Kaw.

L'écosystème estuarien est caractérisé par un milieu instable, soumis à des variations brusques des principaux paramètres physico-chimiques et biologiques, surtout de la salinité en relation étroite avec l'hydrodynamique locale. La salinité apparaît comme le facteur prépondérant qui caractérise la circulation des eaux entre le milieu fluvial et le milieu océanique.

Globalement, la mise en eau du barrage de Petit Saut a entraîné une modification du transit des sédiments, de la salinité et de la teneur en oxygène dissous dans l'estuaire du Sinnamary. Le débit a été régulé et accru, notamment pendant la saison sèche, limitant l'influence marine; il n'est plus contrôlé par les variations saisonnières, mais seulement par son niveau de remplissage. Les conséquences biologiques sont localement importantes, avec une évolution notable de la végétation des berges et l'arrivée des espèces phytoplanctoniques présentes dans le barrage. L'influence du fleuve sur la zone côtière est cependant très amortie par l'arrivée massive des apports amazoniens et les conséquences des modifications du régime du Sinnamary sont vraisemblablement très faibles hors de son estuaire.

Les changements causés par l'homme affectent non seulement les processus hydrologiques et les organismes fluviaux, mais également les liens entre un fleuve et sa localisation biogéographique, en perturbant les liaisons avec les plaines inondables et les eaux

souterraines (Townsend, 1996). Située dans un milieu en croissance permanente, la zone d'estuaire doit faire l'objet d'une attention toute aussi soutenue que le suivi des transformations des zones forestières inhabitées et de la qualité de l'eau allant de l'aval de la retenue jusqu'à son estuaire. Les études menées à long terme sur la biomasse phytoplanctonique et la composition taxinomique ont prouvé qu'en général, ces organismes sont des indicateurs sensibles de divers changements du milieu.

À partir de nos résultats, de nouvelles recherches devraient être menées à une échelle spatio-temporelle plus grande, en tenant compte des variations entre le jour et la nuit, ainsi que les périodes de vives et mortes-eaux. L'étude suivie de la qualité de l'eau, des apports nutritifs et de l'évolution qualitative et quantitative des populations du phytoplancton constituera une typologie importante pour les fleuves modifiés ou non par l'homme. La connaissance des relations entre ces divers paramètres pourra permettre la mise en évidence d'un gradient phytoplanctonique dans la rivière et par conséquent, prévoir le flux d'énergie et d'autres phénomènes comme l'eutrophisation.

Notre travail a ciblé quelques paramètres, biotiques comme abiotiques, qui serviront de base aux prochaines recherches. Les études menées sur plusieurs fleuves et rivières en France métropolitaine (La Loire, La Mayenne, Le Cher, etc.) permettent un suivi constant du phytoplancton, sur plusieurs stations, tout au long de l'année ; un tel dispositif vise à associer les exigences d'un équilibre entre les besoins humains et l'intégrité écologique pour la gestion des grands cours d'eau. Les écosystèmes sont des ensembles dynamiques et pour les modéliser, il faut, avant tout, les observer et les comprendre. L'intégration des paramètres pourra, dans l'avenir, constituer un modèle plus fiable à la gestion des ressources naturelles.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Allison M. A., C. A. Nittrouer, L. E. C. Faria, Jr., O. M. Silveira & A. C. Mendes, 1996. Sources and sinks of sediment to the Amazon margin : The Amapa coast. *Geo-Marine Letters*, 16 : 36-40.
- Amspoker M. C. & C. D. McIntire, 1978. Distribution of intertidal diatoms associated with sediments in Yaquina Estuary, Oregon. *J. Phycol.*, 14 : 387-395.
- Anonyme, 1967. Synthèse des phénomènes naturels. Étude des propriétés physiques des sédiments et de leur comportement sous différentes actions hydrodynamiques. In : Estuaire du Mahury : étude de l'aménagement du chenal. *Rapports intermédiaires. Laboratoire d'hydraulique de France. Département de la Guyane, Service des ports et des chaussées*, 2, 3, 4 : 100p.
- Anonyme, 1975. Bilan de vingt-cinq années d'études hydrologiques en Guyane française. *Archives ORSTOM, Section Hydrologique* : 69-85.
- Anonyme, 1975. Proposals for a standardization of diatom terminology and diagnoses. *Nova Hedw. Beih.*, 53 : 323-354.
- Anonyme, 1978. Synthèse générale des études. In Etudes portuaires de la Guyane liées à l'implantation de l'industrie papetière. *Laboratoire d'hydraulique de France*. R 78071. 74pp.
- Anonyme, 1986. Synthèse des travaux effectués par la subdivision maritime en 1986 sur l'envasements des côtes de Guyane française et les problèmes de dragage. *DDE, Cayenne. 5 notes*, 86-544.
- Anonyme, 1996. Bulletin Climatologique Annuel, Météo-France. Département de la Guyane, 1-8.
- Anonyme, 1997. Bulletin Climatologique Annuel, Météo-France. Département de la Guyane, 1-8.
- Anonyme, 1998. Bulletin Climatologique Annuel, Météo-France. Département de la Guyane, 1-5.

- Antoine D., J.-M. André & A. Morel, 1996. Oceanic primary production. 2. Estimation at global scale from satellite (coastal zone color scanner) chlorophyll. *Global Biochemical Cycles*, 10: 57-69.
- Audige M., 1986. Estuaire du Mahury. Le littoral Guyanais. Fragilité de l'environnement. *1^{er} Congrès régional de la SEPANGUY. X^{ème} Colloque SEPANRIT. 1985, Cayenne* : 25-30.
- Bellesort B. & J. M. Martin, 1968. Étude préliminaire sur la sédimentation dans l'estuaire du Mahury. *Rapport LCHF* : 10pp.
- Berthois L. & J. Hoorelbeck, 1968. Étude dynamique de la sédimentation dans 3 cours d'eau de la Guyane française : la rivière du Mahury, la rivière de Cayenne et le fleuve Maroni. *In Mémoires ORSTOM. ORSTOM Paris* : 128pp.
- Bertrand A., 1994. Contribution à l'étude du cycle vital de la crevette Pénéide *Penaeus subtilis* en Guyane française. ENSAR : 56 pp.
- Betoulle J.-L., 1998. Variations spatio-temporelles de la production de litière et des apports au sol en éléments minéraux dans 5 faciès d'une mangrove en Guyane française. *Thèse de l'Université de Toulouse* : 150pp.
- Billen G., J. Garnier & P. Hanset, 1994. Modelling phytoplankton development in whole drainage networks : the River Strahler model applied to the Seine river system. *Hydrobiologia*, 289 : 119-137.
- Blasco F., 1991. Les mangroves. *La Recherche*. 22 : 444-472.
- Blinn D. W., J. P. Shannon, P. L. Benenati & K. P. Wilson, 1998. Algal ecology in tailwater stream communities : The Colorado river below Glen Canyon Dam, Arizona. *J. Phycol.*, 34 : 734-740.
- Botero L., 1990. Massive mangrove mortality on the Caribbean coast of Colombia. *Vida Silvestre Neotrop.*, 2 : 77-78.
- Botero L. & J. E. Mancera-Pineda, 1996. Síntesis de los cambios de origen antrópico ocurridos en los últimos 40 años en la Ciénaga de Santa Maria (Colombia). *Rev. Acad. Colomb. Cienc.*, 20 : 465-474.
- Boto K. G. & J. T. Wellington, 1988. Seasonal variations in concentrations and fluxes of dissolved organic and inorganic materials in a tropical, tidally-dominated, mangrove waterway. *Marine Ecology Progress Ser.*, 50 : 151-160.

- Bourrelly P., 1970. *Les algues d'eau douce. Initiation à la systématique. Tome III : les algues bleues et rouges*. Boubée, Paris : 512pp.
- Bourrelly P., 1973. *Les algues d'eau douce. Initiation à la systématique. Tome I : les algues vertes*. Boubée, Paris : 572pp.
- Bourrelly P., 1981. *Les algues d'eau douce. Initiation à la systématique. Tome II : les algues jaunes et brunes*. Boubée, Paris : 517pp.
- Bourrelly P. & A. Couté, 1982. Quelques algues d'eau douce de la Guyane française. *Amazoniana*, VII : 221-292.
- Boyé C., 1982. Contribution à la connaissance d'une commune rurale isolée de la Guyane française (St Georges d'Oyapock) : exemple d'animation rurale en situation conflictuelle entre une agriculture traditionnelle d'autosubsistance et les nécessités du développement pour une économie de marché. Le Havre : ISTOM, *Mémoire de fin d'étude* : 268pp.
- Briand G., P. Scribe, C. Pepe, A. Saliot, A. Mariotti, & A. Bruchet, 1993. Transfert de la matière organique des sols aux matières en suspension: caractérisation et évolution en fonction de la pédologie de petits bassins versants du nord de Manaus (Brésil). *Colloques et Séminaires, Grands Bassins Fluviaux, Paris 22-24/11/93* : 425-436.
- Brugière J. M., 1968. Campagne des carottages dans les barres à l'entrée du Mahury et de la rivière de Cayenne. *ORSTOM, Cayenne* : 9pp.
- Brugière J. M., 1971. Les tortues marines. *ORSTOM, Cayenne* : 7pp.
- Cadée G. C., 1984. Particulate and dissolved organic carbon and chlorophyll A in the Zaire river, estuary and plume. *Neth. Jour. Sea Res.*, 17 : 426-440.
- Chappell J., 1993. Contrasting Holocene sedimentary geologies of lower Daly River, northern Australia and lower Sepik-Ramu, Papua New Guinea. *Sediment. Geol.*, 83: 339-358.
- Charron C. & M. Lointier, 1990. L'hydrodynamisme des fleuves autour de l'île de Cayenne. Seuillage et classification d'images. *Symposium international sur l'évolution des littoraux des Guyanes et de la zone caraïbe méridionale pendant le Quaternaire. Guide de l'excursion A (presqu'île de Cayenne)* : 31-39.
- Charron C., J.-L. Betouille, K. Panechou, A. Gardel, M. T. Prost & D. Loubry, 1997. Étude et suivi de l'évolution géomorphologique et botanique de l'estuaire du Sinnamary par Télédétection. *Rapport Final R2-R3, Centre ORSTOM de Cayenne* : 64pp.

- Chisholm S. W., R. J. Olsen, E. R. Zettler, R. Goericke, J. B. Waterbury & N. A. Welschmeyer, 1988. A novel free-living prochlorophyte abundant in the ocean euphotic zone. *Nature*, 334 : 340-343.
- Choubert B. & M. Boyé, 1959. Envasements et dévasements du littoral en Guyane française. *Compte rendu de l'Académie des Sciences*, 249 : 145-147.
- Chrétiennot-Dinet M. J., 1990. *Atlas du phytoplancton marin*. Editions du CNRS, Paris : 261pp.
- Christensen B., 1977. Primary production of mangrove forests. *International Workshop on Mangrove and Estuarine area development for the Indo-Pacific region, Manila (Philippines), 14-19 nov. 1977* : 131-135.
- Christensen B., 1978. Biomass and primary production of *Rhizophora apiculata*. In : A mangrove in southern Thailand. *Aquatic Botany*, 4 : 32-52.
- Cloern J. E., 1984. Temporal dynamics and ecological significance of salinity stratification in an estuary (South San Francisco Bay, USA). *Oceanologia Acta*, 7 : 137-141.
- Cole B. E. & J. E. Cloern, 1984. Significance of biomass and light availability to phytoplankton productivity in San Francisco bay. *Marine Ecology Progress Series*, 17 : 15-24.
- Cole J. J., N. F. Caraco & B. L. Peierls, 1992. Can phytoplankton maintain a positive carbon balance in a turbid, freshwater, tidal estuary? *Limnology and Oceanography*, 37 : 1608-1617.
- Colonnello G. & E. Medina, 1998. Vegetation changes induced by dam construction in tropical estuary : the case of the Mánamo river, Orinoco Delta (Venezuela). *Plant Ecology*, 139 : 145-154.
- Cooper J. A. G., T. R. Mason, J. S. V. Reddering & W. K. Illenberger, 1990. Geomorphological effects of catastrophic flooding on a small subtropical estuary. *Earth Surf. Process. Landforms*, 15 : 25-41.
- Crawford D. W. & D. A. Purdie, 1992. Evidence for avoidance of flushing from an estuary by a planktonic, phototrophic ciliate. *Marine Ecology Progress Series*, 17 : 15-24.
- Crawford D. W., D. A. Purdie, A. P. M. Lockwood & P. Weissman, 1997. Recurrent red tides in the Southampton Water estuary caused by the phototrophic ciliate *Mesodinium rubrum*. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 45 : 799-812.

- Daget J., 1976. *Les modèles mathématiques en écologie*. Masson edt, Collection d'écologie, 8: 172pp.
- Daneri G., D. W. Crawford & D. A. Purdie, 1992. Algal blooms in coastal waters : a comparison between two adaptable members of the phytoplankton, *Phaeocystis* sp. And *Mesodinium rubrum*. *Science of the total Environment* : 879-890.
- Day Jr. J. W. & A. Yáñez-Arancibia, 1985. Coastal lagoons and estuaries as an environment for nekton. Fish Community Ecology *In Estuaries and Coastal Lagoons*. DR (R) UNAM Press México : 17-34.
- Delesalle B., 1981. Le phytoplancton des eaux de la mangrove en Guadeloupe (Antilles françaises) : Biologie, Écologie et Production primaire. *Thèse de l'Université Pierre et Marie Curie* : 142pp.
- Descy J.-P., P. Servais, J. S. Smits, G. Billen & E. Everbecq, 1987. Phytoplankton biomass and production in the river Meuse (Belgium). *Wat. Res.*, 21 : 1557-1566.
- Descy J.-P., 1993. Ecology of the phytoplankton of the river Moselle : effets of disturbances on community structure and diversity. *Hydrobiologia*, 249 : 111- 116.
- Dessier A., 1991. L'impact des effluents fluviaux sur les écosystèmes marins. L'Amazone et l'Atlantique tropical nord ouest. *Doc. Int. ORSTOM. Compilation bibliographique* : 44pp.
- Dinther C. & J. Rose, 1986. Gestion de stock, droit de la mer et environnement : l'exemple de la pêche crevettière de la Guyane française de 1958 à 1988. Le littoral Guyanais, *SEPANGUY-SEPANRIT* : 205-220.
- Djuwansah M., M. Delaunde M. & C. Marius, 1990. - Sédimentologie des formations holocènes de la Guyane française. *In* : Symposium PICG 274: Evolution des littoraux de Guyane et de la zone caraïbe méridionale pendant le Quaternaire, Cayenne 9-14 novembre 1990, Guyane : 133-159.
- Edwards R., 1995. The ecological basis for the management of water quality. *In* Harper D.M. & Ferguson A.J.D. (Eds.), *The Ecological Basis for River Managements*. Wiley, New York : 135-146.
- Eisma D., 1997. Intertidal deposits : river mouths, tidal flats and coastal lagoons. CRC Press LLC, Floride, 499pp.

- Eisma D. & H. M. Van Der Marel, 1971. Marine muds along the Guyana Coast and their origin from Amazon Basin. *Contr. Mineral. Petrol.*, 31 : 321-324.
- Eisma D., S. J. Van Der Gaast, J. M. Martin & A. J. Thomas, 1978. Suspended matter and bottom deposits of the Orinoco delta : turbidity, mineralogy and elementary composition. *Neth. J. Sea Res.*, 12 : 224-251.
- Eisma D., P. G. E. F. Augustinus & C. Alexander, 1991. Recent and subrecent changes in the dispersal of Amazon mud. *Netherlands Journal of Sea Research*, 28 : 181-192.
- Escofier B. & J. P. Pages, 1990. Analyses factorielles simples et multiples. Dunod Eds., Paris, 267pp.
- Fenster M. S. & D. M. Fitzgerald, 1996. Morphodynamics, stratigraphy and sediment transport patterns of the Kennebec River estuary, Maine, USA. *Sediment. Geol.*, 107 : 99-120.
- Fichez R., T.D. Jickells & H.M. Edmunds, 1992. Algal blooms in high turbidity, a result of the conflicting consequences of turbulence on nutrient cycling in a shallow water estuary. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 35 : 577-592.
- Fisher P. R., 1994. Frontier-Tanzania Technical report N° 13. Characteristic Circulation and Sedimentation in the Rufijii Delta, Tanzania. The Society For Environmental Exploration UK, 92pp.
- Fritsch J. M., 1983. Évolution des écoulements, des transports solides à l'exutoire et de l'érosion sur les versants d'un petit bassin après défrichement mécanisé de la forêt tropicale humide. *Hydrology od humid tropical regions with particular reference to the hydrological effects of agriculture and forestry practice (Proceedings of the Hambourg Symposium, august 1983). IAHS Publi. No. 140* : 197-214.
- Fritsch J. M., 1984. Les transports solides - Étude d'impact de l'aménagement du barrage de Petit Saut. *Multi.Cayenne, ORSTOM* : 32pp.
- Fritsch J. M., 1990. Les effets du défrichement de la forêt Amazonienne et de la mise en culture sur l'hydrologie de petits bassins versants. Opération ECEREX en Guyane. *Thèse de doctorat d'état - Université de Montpellier II* : 392pp.
- Fritsch J. M. & J. m Sarrailh, 1986. Les transports solides dans l'écosystème forestier tropical humide Guyanais. *Cahier ORSTOM, Série Podologie, vol. XXII n°2* : 209-222.

- Froidefond J. M., R. Griboulard & M. T. Prost, 1986. Mesures du déplacement des bancs de vase le long des côtes de la Guyane française entre 1979 et 1984. *Journal de Recherche Océanographique*, 11 : 1203-1232.
- Froidefond J. M., R. Griboulard, Prud'homme & M. Pujos, 1987. Déplacements des bancs de vase et variation du littoral de Guyane française. *Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquit.*, 42: 67-83.
- Froidefond J. M., M. T. Prost & R. Griboulard, 1985. Étude de l'évolution morpho-sédimentaire de littoraux argileux sous climat équatorial : l'exemple du littoral guyanais. *Rapport CORDET, IGBA, 84L0897* : 189pp.
- Froidefond J. M., M. Pujos & X. André, 1988. Migration of mud banks and changing coastlines in French Guiana. *Mar. Geol.*, 84 : 19-30.
- Fromard F., H. Puig, A. Peltier, J.-L. Betoulle, E. Mougin & G. Marty, 1996. Structure, dynamique et biomasse des mangroves de Guyane française. *Bol. Mus. Para. Emilio Goeldi, sér. Ciên. Da Terra*, 8 : 29pp.
- Frontier S., 1976. Utilisation des diagrammes rang-fréquence dans l'analyse des écosystèmes. *J. Rech. Océanogr.*, 1 : 35-48.
- Frontier S., 1983. *Stratégies d'échantillonnage en écologie*. Masson ed. Collection d'écologie, 17 : 494pp.
- Frontier S. & D. Pichod-Viale, 1991. *Ecosystèmes : structure, fonctionnement, évolution*. Masson Edt. Collection d'écologie, 21 : 392pp.
- Furukawa K., E. Wolanski & H. R. Mueller, 1997. Currents and sediment transport in mangrove forests. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 44 : 429-438.
- Galy-Lacaux C., R. Delmas, C. Jambert, J. F. Dumestre, I. Labroue, S. Richard & P. Gosse, 1997. Gaseous emission and oxygen consumption in the hydroelectric dams : a case study in French Guiana. *Global Biogeochem. Cycles*, 11 : 471-483.
- Garate-Lizarraga I., D. A. Siqueiros-Beltrones & C. H. Lechuga-Deveze, 1990. Estructura de las asociaciones microfitoplanctónicas de la región central del Golfo de California en el otoño de 1986. *Ciencias Marinas*, 16 : 131-153.
- Gayoso A. M., 1999. Seasonal succession patterns of phytoplankton in the Bahía Blanca Estuary (Argentina). *Bot. Mar.*, 42 : 367-375.

- Geyer W. R., 1995. Tide-induced mixing in the Amazon frontal zone. *J. Geophys. Res.*, 100 : 2341-2353.
- Geyer W. R. & G. C. Kineke, 1995. Observations of currents and water properties in the Amazon frontal zone. *J. Geophys. Res.*, 100 : 2321-2339.
- Gibbs R. J., 1967. Geochemistry of the Amazon River system. 1. The factors that control the salinity and the composition and concentration of the suspended solids. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 78 : 1203-1232.
- Gibbs R. J., 1977. Clay mineral separation in the marine environment. *J. Mar. Res.*, 28 : 113-123.
- Glorieux M., 1981. Variations saisonnières du phytoplancton de la baie de Seine. *Mem. E.P.H.E.*, Paris : 76pp.
- Gosse P., 1994. Hypothèse d'une influence des gaz formés en anaérobiose dans le réservoir de Petit Saut sur les baisses d'oxygène dissous dans le Sinnamary aval. *Rapport EDF-DER*, 25pp.
- Gosse P. & A. Grégoire, 1997. Dispositif de réoxygénation artificielle du Sinnamary à l'aval du barrage de Petit-Saut (Guyane). *Hydroecol. Appl.*, 9 : 23-56.
- Gran H. H. & T. Braarud, 1935. A quantitative study of the phytoplankton in the Bay of Fundy and the Gulf of Maine (including observations in hydrology, chemistry and turbidity). *J. Biol. Bd Canada*, 1 : 279-467.
- Granville J.-J. de, 1986. Les formations végétales de la bande côtière de Guyane française. *In : Le Littoral Guyanais. Fragilité de l'Environnement. Nature Guyanaise ; Xe Colloque SEPANRIT, 1^{er} Congrès Régional de l'Environnement, Cayenne, 1985* : 47-63.
- Granville J.-J. de, 1990. Les formations végétales actuelles des zones côtières et sub-côtières des Guyanes. *Colloques et Séminaires, ORSTOM* : 231-249.
- Haas L. W., 1976. Spring-neap tidal cycle and vertical salinity structure of the James, York and Rappahannock rivers, Virginia, USA. *Virginia Institut of Marine Science*, 485-496.
- Harper D. M., 1992. Eutrophication of freshwater. Principles, problems and restorations. Chapman & Hall, London, 327pp.

- Heip C., P. Herman & K. Soetaert, 1998. Data processing, evaluation and analysis. *In* : R. P. Higgins and H. Thiel (editors) : Introduction to the study of meiofauna. Smithsonian Institution Press, Washington D.C., London.
- Hobbie J. E., B. J. Copeland & W. G. Harrison, 1975. Sources and fates of nutrients in the Pamlico River estuary, North Carolina. *In* Cronin, L. E. (ed.), *Estuarine Research*, Vol 1. New York : Academic Press.
- Horeau V., S. Richard & P. Cerdan, 1998. La qualité de l'eau et son incidence sur la biodiversité. Exemple de la retenue de Petit Saut (Guyane française). *JATBA, Revue d'Éthinobiologie*, 40 : 53-77.
- Hostetter H. P. & E. F. Stoermer, 1971. Bibliography of the Bacillariophyceae, *In*: Roskowski, J.R., Parker, B.C. (eds), *Selected Papers in Phycology, Dept. Botany, Univ. Nebraska, Lincoln* : 784-790.
- Humbel H. X., 1989. Qualité et dynamique des eaux fluviales de Guyane française. *Archives ORSTOM* : 35pp.
- Hustedt T. F., 1930. Bacillariophyta : *In* A. Pascher (Eds.), *Die Süßwasser – Flora Mitteleuropas* : 466pp.
- Hutcheson K., 1970. A test for Comparing Diversities Based on the Shannon Formula. *J. Theor. Biol.*, 29 : 151-154.
- Ibanez F. 1971. Effet des transformations des données dans l'analyse factorielle en écologie planctonique. *Cah. Océanogr.*, 6: 545-561.
- Jacobsen B. A. & P. Simonsen, 1993. Disturbance events affecting phytoplankton biomass, composition species diversity in a shallow, eutrophic, temperate lake. *Hydrobiologia*, 249 : 9-14.
- Jago C. F., 1980. Contemporary accumulation of marine sand in a macrotidal estuary, southwest Wales. *Sediment. Geol.*, 26 : 21-49.
- Jeffrey S. W., 1976. A report of green algal pigments in the central North Pacific Ocean. *Mar. Biol.*, 37 : 33-37.
- Jeffrey S. W. & G. M. Hallegraeff, 1980a. Studies of phytoplankton species and photosynthetic pigments in a warm-core eddy of the East Australian Current. I. Summer populations. *Mari. Ecol. Progr. Ser.*, 3 : 285-294.

- Jeffrey S. W. & G. M. Hallegraeff, 1980b. Photosynthetic pigment profiles and phytoplankton species in a warm-core eddy of the East Australian Current. II. A note on methodology. *Mari. Ecol. Progr. Ser.*, 3 : 295-301.
- Jeffrey S. W. & G. M. Hallegraeff, 1990. Phytoplankton ecology of Australian waters, In : Clayton M.N. and King, R.J. (eds), *Biology of Marine Plants, Longman-Cheshire, Melbourne* : 310-348.
- Jeffrey S. W. & G. F. Humphrey, 1975. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c1 and c2 in higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochem. Physiol. Pflanzen*, 167 : 191-194.
- Jeffrey S. W., R. F. C. Mantoura & S. W. Wright, 1997. Phytoplankton pigments in oceanography: guidelines to modern methods. *UNESCO publishing* : 661pp.
- Jones B. B., G. R. Martin & N. Senapati, 1993. Riverine-tidal interactions in the monsoonal Gilbert River fandelta, northern Australia. *Sediment. Geol.*, 83 : 319-337.
- Jouanneau J. M. & M. Pujos, 1987. Suspended matter and bottom deposits in the Mahury estuarine system (French Guiana): environmental consequences. *Netherlands Journal of Sea Research*, 21 : 191-202.
- Jouanneau J. M. & M. Pujos, 1988. Suspended matter and bottom deposits in the Maroni estuarine system (French Guiana): environmental consequences. *Netherlands Journal of Sea Research*, 22 : 99-108.
- Jouanneau J. M. & M. Pujos, 1988b. Variations annuelles des concentrations en matières en suspension et estimation des débits solides des fleuves Maroni et Mahury (Guyane française). *Géologie de la France*, 2-3 : 163-169.
- Karentz D., 1975. The distribution of planktonic diatoms in Yaquina Estuary, Oregon. *J. Phycol.*, 13 : 379-388.
- Ketchum B. H., 1954. Relation between circulation and planktonic populations in estuaries. *Ecology*, 35 : 191-200.
- Kiener A., 1978. *Écologie, physiologie et économie des eaux saumâtres*. Masson (ed.), Paris, 220pp.
- Kineke G. C. & R. W. Sternberg, 1995. Distribution of fluid muds on the Amazon continental shelf. *Mar. Geol.*, 125 : 193-233.

- Köhler J., 1995. Growth, production and losses of phytoplankton in the lowland river Spree : carbon balance. *Freshwater Bio.*, 34 : 501-512.
- Larcombe P. & P. V. Ridd, 1995. Megaripple dynamics and sediment transport in a mesotidal mangrove creek : implications for paleoflow reconstructions. *Sedimentology*, 42 : 593-606.
- Larcombe P. & P. V. Ridd, 1996. Dry season hydrodynamics and sediment transport in a mangrove creek. *In* : Pattariatchi. C. (ed.), *Mixing Process in Estuaries and Coastal Seas*. Am. Geophys. Union. *Coastal Estuarine Stud.*, 46 : 388-404.
- Lazzaro X., 1982. Peuplements, biomasse et productions phytoplanctoniques du Lac Titicaca. *Thèse de l'Université Pierre et Marie Curie* : 144pp.
- Le Bouteiller A. & A. Herbland, 1984. Carbon fixation and productivity index in relation to chlorophyll and light in the Equatorial Atlantic Ocean. *Océanographie Tropicale*, 19 : 161-179.
- Legendre L. & P. Legendre, 1984. *Ecologie numérique. Tome II: la structure des données écologiques*. Masson Eds, Paris, 294pp.
- Lescure J. P., 1977. La mangrove guyanaise: architecture des jeunes stades et vie avienne. *Cahiers de l'ORSTOM, série Biol. Vol X 12, n°4* : 361-375.
- Lhomme F., 1990. La rivière de Cayenne, nurserie des crevettes. *Symposium international sur l'évolution des littoraux des Guyanes et de la zone caraïbe méridionale pendant le Quaternaire. Guide de l'excursion A (presqu'île de Cayenne)* : 40-48.
- Lhomme F., 1991. Etude du recrutement de la crevette *Penaeus subtilis* en Guyane. Evaluation quantitative et qualitative des nurseries. *Rapp. Final Conv. ORSTOM/IFREMER n°723 - Contrat IFREMER n°90-12-11243, Cayenne* : 74pp.
- Lhomme F., 1994. Le recrutement des postlarves de *Penaeus subtilis* et de *X. kroyeri* dans l'estuaire du Sinnamary. *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*, 27 : 385-406.
- Lhomme F., P. Nival, J. Boucher & M. Bhaud, 1992. Le recrutement des postlarves de la crevette *Penaeus subtilis* (Perez-Farfante, 1967) dans deux estuaires de Guyane française. *Annales de l'Institut Océanographique (Paris)*, 68 : 169-178.
- Lindsay P., P.W. Balls & J.R. West, 1996. Influence of tidal range and river discharge on suspended particulate matter fluxes in the Forth estuary (Scotland). *Est. Coast. Shelf Sci.*, 42 : 63-82.

- Lointier M., 1984. Dynamique des eaux et de l'intrusion saline dans l'estuaire du Sinnamary (Guyane fr.). *In* : Étude d'impact de l'aménagement du barrage de Petit Saut sur le Sinnamary. *ORSTOM Cayenne* : 39pp.
- Lointier M., 1986. Hydrodynamique et morphologie de l'estuaire du fleuve Sinnamary (Guyane Française). *In* : Le Littoral Guyanais. *Fragilité de l'Environnement. Nature Guyanaise ; Xe Colloque SEPANRIT, 1^{er} Congrès Régional de l'Environnement, Cayenne, 1985* : 37-44.
- Lointier M., 1990. Evolution de la qualité des eaux et dynamique de l'intrusion saline dans l'estuaire du Sinnamary. *Rapport Cnv. ORSTOM - EDF - CNEH* : 50pp.
- Lointier M., 1993. Variations saisonnières et flux de quelques éléments majeurs dans trois rivières de Guyane Française. *Colloques et Séminaires, Grands Bassins Fluviaux, Paris 22-24/11/93* : 391-410.
- Lointier M. & M. T. Prost, 1988. Coastal sedimentation and local rivers supply in French Guiana: comparisons with Amazon. Abstracts of the Chapman conference on the fate of particulate and dissolved componenets within the Amazon Dispersal System.: River and Ocean. Charleston. Wild Dunes. USA.
- Lorenzen C. J., 1967. Determination of chlorophyll and pheopigments : spectrophotometric equations. *Limnol. Oceanogr.*, 12 : 343-346.
- Lugo A. E. & S. C. Snedaker, 1974. The ecology of mangroves. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 5 : 39-64.
- Maberly S. C., C. S. Reynolds, D. G. George, E. Y. Haworth & J. W. G. Lund, 1994. The sensitivity of freshwater planktonic communities to environmental change : monitoring, mechanisms and models. *In* Leigh, R. A. & Johnston A. E. (Eds.) Long-term Experiments in Agricultural and Ecological Science. GAB International, Wallingford, UK : 387-405.
- Magurran A. E., 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press. Princeton, New Jersey : 179pp.
- Main S. & C. D. McIntire, 1974. The distribution of epiphytic diatoms in Yaquina Estuary, Oregon, USA. *Bot. Mar.*, 17 : 88-99.

- Mall L. P., V. P. Singh & A. Garge, 1991. Study of biomass , litter fall, litter decomposition and soil respiration in monogeneric mangrove and mixed mangrove forests of Andaman Islands. *Tropical Ecology*, 32 : 144-152.
- Margalef R. & F. Gonzales-Bernaldez, 1969. Grupos de especies asociadas en el fitoplancton del mar Caribe (NE de Venezuela). *Invest. Pesq.*, 33 : 33-96.
- Margulis L., J. O. Corliss, M. Melkonian & D. J. Chapman, 1990. *Handbook of Protoctista*. Jones and Bartlett, Boston : 914pp.
- Massio J.-C., 1976. Facteurs d'évolution des matières en suspension, minérales et organiques dans les eaux du Lot. *Thèse de l'Université Paul Sabatier de Toulouse* : 146pp.
- Matsumura-Tundisi T., J. G. Tundisi, A. Saggio, A. L. Oliveira Neto & E. G. Espindola, 1991. Limnology of Samuel reservoir (Brazil, Rondonia) in the filling phase. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 1482-1488.
- McIntire C. D. & W. S. Overton, 1971. Distributional patterns in assemblages of attached diatoms from Yaquina Estuary, Oregon. *Ecology*, 52 : 758-777.
- Meade R. H., C. F. Jr. Nordin, W. F. Curtis & F. M. Costa-Rodrigues, 1979. Sediments loads in the Amazon river. *Nature*, 278 : 161-163.
- Meade R. H., T. Dunne, J. E. Richey, U. M. Santos & E. Salati, 1985. Storage and remobilisation of suspended sediment in the lower Amazon river of Brazil. *Science*, 228 : 448-490.
- Meybeck M., 1982. Carbon, nitrogen and phosphorus transport by world rivers. *Amer. J. Sc.*, 282 : 401-450.
- Milliman J. D., J. Butenko, J. P. Barbot & J. Hedberg, 1982. Depositional patterns of modern Orinoco/Amazon muds on the northern Venezuelan shelf. *J. Mar. Res.*, 40 : 643-657.
- Morris A. W., A. J. Bale & R. J. M. Howland, 1982. The dynamics of estuarine manganese cycling. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 14 : 649-661.
- Mullen K. & A. Hernandez A., 1978. - Productividad primaria neta en un manglar del Pacifico Colombiano. In M. Vegas Velez and R. Rojas-Beltran (Eds). *Memorias del primer seminario sobre el Oceano Pacifico Sudamericano, Univalle, Cali, Columbia*, 1 : 664-685.
- Müller-Karger F. E., C. R. McClain & P. L. Richardson, 1988. The dispersal of Amazon's water, *Nature*, 333 : 57-59.

- Muylaert K., A. V. Kerckvoorde, W. Vyverman & K. Sabbe, 1997. Structural characteristics of phytoplankton assemblages in tidal and non-tidal freshwater systems: a case study from the Schelde basin, Belgium. *Freshwater Biology*, 38 : 263-276.
- Muylaert K. & K. Sabbe, 1996. The diatom genus *Thalassiosira* (Bacillariophyta) in the estuaries of the Schelde (Belgium/The Netherlands) and the Elbe (Germany). *Bot. Mar.*, 39 : 103-115.
- Muylaert K. & K. Sabbe, 1999. Spring phytoplankton assemblages in and around the maximum turbidity zone of the estuaries of the Elbe (Germany), the Schelde (Belgium/The Netherlands) and the Gironde (France). *Journal of Marine System*, 22 : 133-149.
- Nichols M. M., 1977. Reponse and recovery of an estuary following a river flood. *J. Sediment. Petrol.* 47 : 1171-1186.
- Nissebaum A., D. J. Kenyon & J. Oro, 1975. On the possible role of organic melanoïdin polymers as matrices for prebiotics activity. *J. Mol.*, 6 : 253-270.
- Nittrouer C. A., D. J. DeMaster, A. G. Figueiredo & J. M. Rine, 1991. AmasSeds: an interdisciplinary investigation of a complex coastal environment. *Oceanography*, 4 : 3-7.
- Nixon S. M., 1980. Between coastal marshes and coastal waters - a review of twenty years of speculation and research on the role of salt marshes in estuarine productivity and water chemistry. In : P. Hamilton and K.B. Mac Donald (eds.). *Estuarine and wetland processes with emphasis on modeling*, Plenum Publishing Corporation, N.Y., 10013 : 437-525.
- Nixon S. M., B. N. Furnas, V. Lee, N. Marshall, J. E. Ong, C. H. Wong, W. K. Cong & A. Sasekumar, 1984. The rôle of the mangroves in the carbon and nutrient dynamics of Malaysia estuaries. In : Soepadmoi, E., Rao, A. N., Macintosh, D. J. (eds.). *University of Malaysia, Kuala Lumpur* : 535-544.
- Nogues J. L., 1984. Étude de l'intrusion saline dans l'estuaire du Sinnamary (Guyane française). Dynamique, Hydrochimie, Phytoplancton. *Mémoire de DEA, Univ. de Provence, St Charles, ORSTOM* : 45pp.
- Odum E. P., 1983. *Ecologia*. Editora Guanabara : 434pp.

- Odum W. E., 1988. Comparative ecology of tidal freshwater and salt marshes. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 19 : 147-176.
- Odum W. E., C. C. McIvor & T. J. Smith (III), 1982. The ecology of the mangroves of south Florida : a community profile. *U.S. Fish and Wildlife Service, Office of Biological Services, Washington, D.C.FWS/OBS-81/24* : 144pp.
- Olrik K. & A. Nauwerck, 1993. Stress and disturbance in the phytoplankton community of a shallow, hypertrophic lake. *Hydrobiologia*, 249 : 15-24.
- Oltman R. E., 1968. Reconnaissance investigations of the discharge and water quality of the Amazon River. *U.S. Geol. Surv., Circ. 552, Washington, D.C.* : 16pp.
- Ong J. E., W. K. Gong, C. H. Wong & G. Dhanarajan, 1981. Productivity of a managed mangrove forest in West Mamaysia. In MOHD, Y. (ed.) *Trends in Applied Biology in Southeast Asia*, Malaysia. University Sains : 274-284.
- Orange D., J. C. Olivry & C. Censier, 1993. Variations et bilans de matières particulaires et dissoutes de l'Oubangui à Bangui. *Colloques et Séminaires, Grands Bassins Fluviaux, Paris 22-24/11/93* : 147-158.
- Paasche E. & J. Throndsen, 1970. *Rhodella maculata* Evans (Rhodophyceae, Porphiridiales), isolated from the plankton of the Oslo Fjord. *Nytt. Mag. Bot.*, 17 : 209-212.
- Padisák J., L. G. –Tóth & M. Rajczy, 1990. Stir-up effect of wind on a more-or-less stratified shallow lake phytoplankton community, Lake Balaton, Hungary. In P. Biró & J. F. Talling (Eds.), *Tropic Relationships in Inland Waters. Developments in Hydrobiology 53*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht : 249-254.
- Paulmier G., 1993. Microplancton des eaux marines et saumâtres de la Guyane et des Antilles françaises. *Collection Études et Thèses, ORSTOM* : 436pp.
- Peltier A., 1993. Caractérisation et dynamique des mangroves de Guyane française. *DEA d'écologie générale et productivité végétale. Paris VI, annexes* : 39pp.
- Petts G., I. Maddock, M. Bickerton & A. J. D. Ferguson, 1995. Linking hydrology and ecology : the scientific basis for river management. In Harper D.M. & Ferguson A.J.D. (Eds.), *The Ecological Basis for River Managements*. Wiley, New York :1-16.
- Philippeau G., 1986. Comment interpréter les résultats d'une A.C.P.? Doc. STAT-ITCF, 61pp.
- Pielou E. C., 1969. An introduction to mathematical ecology. Wiley, New York, 286pp.

- Pielou E. C., 1975. Ecological Diversity. Wiley, New York, 165pp.
- Pielou E. C., 1984. The interpretation of Ecological Data. Wiley, New York, 175pp.
- Pielou E. C., 1998. Fresh Water. The University Chicago Press, 275pp.
- Pool D. J., S. C. Snedaker & A. E. Lugo, 1977. Structure of mangrove forests in Florida, Puerto Rico, Mexico and Costa Rica. *Biotropica*, 9 : 195-212.
- Ponton D. & L. Tito De Morais, 1994. Les stratégies de reproduction et les premiers stades de vie des poissons du fleuve Sinnamary (Guyane française) : une revue bibliographique. *Rev. Hydrobiol. Trop.*, 27 : 441-465.
- Prost M. T., 1988. L'envasement des côtes des Guyanes. *In* : La recherche scientifique en Guyane, Journal du CNES, 52 : 15-16.
- Prost M. T., 1990. Sédimentation côtière et formation de chenier en Guyane: la zone de Cayenne. *Colloques et Séminaires*, ORSTOM : 397-414.
- Prost M. T., 1990. Coastal dynamics and cheniers sands in French Guiana. *Marine Ecology*. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, Pays-Bas, 90 : 3-22.
- Puig H. & J. P. Delobelle, 1988. Production de litière, nécromasse, apports minéraux au sol par la litière en forêt guyanaise. *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, 43 : 99-124.
- Pujos M., J.M. Froidefond, J. M. Jouanneau & C. Marius, 1986. Processus sédimentaire sur le littoral et le proche plateau continental en climat tropical : l'exemple de la Guyane française. *Rapport préliminaire CORDET, Université de Bordeaux I*, 84L0897/85 L0544.
- Pujos M., J. M. Froidefond & C. Pawilowsky, 1988. Premiers résultats des analyses des échantillons d'eau et des sédiments prélevés d'ans l'Oyapock (Guyane). *Bulletin de l'Institut de Géologie du Bassin de l'Aquitaine*, 44 : 71-79.
- Pujos M., C. Latouche & N. Maillet, 1995. Late quaternary paleoceanography of the French Guiana continental shelf: clay-mineral evidence. *Oceanologica Acta*, 19 : 477-487.
- Qasim S. Z., 1973. Productivity of backwaters and estuaries. *In* : Zeitschel N. (Eds.) Ecological Studies. The biology of the Indian Ocean. Springer Berlin : 143-154.
- Reynolds C. S., 1984. Phytoplankton periodicity : the interactions of form, function and environmental variability. *Freshwat. Biology*, 14 : 111-142.

- Reynolds C. S., 1988. Functional morphology and the adaptative strategies of freshwater phytoplankton. In Sandgren, C.D. (Eds.), *Growth and Reporductive Strategies of Freshwater Phytoplankton*. Cambridge University Press, Cambridge : 388-433.
- Reynolds C. S., 1998a. Algae. In Petts G. & P. Calow (Eds.), *River Biota, Diversity and Dynamics*, Blackwell Science, Oxford : 6-26.
- Reynolds C. S. & J-P. Descy, 1996. The production, biomass and structure of phytoplankton in large rivers. *Arch. Hydrobiol.*, 113 : 161-187.
- Riaux-Gobin C., 1987. Phytoplankton, tripton et microphytobenthos : échanges au cours de la marée, dans un estuaire du Nord-Finistère. *Cah. Biol. Mar.*, 28 : 159-184.
- Ricard M., 1984. Primary production in mangrove lagoon waters. *Hydrobiology of the Mangal*, The Hague : 163-177.
- Ricard M., 1987. *Atlas du phytoplankton marin*. Editions du CNRS, Paris : 297pp.
- Richard S., C. Galy-Lacaux, A. Arnoux, P. Cerdan, R. Delmas, J. F. Dumestre, P. Gosse, L. Labroue & C. Sissakian, 1998. Evolution of physical-chemical water quality in the tropical hydroelectric reservoir of Petit Saut (French Guiana). *Societas Internationalis Limnologiae (SIL), International Association of Theroetical and Applied Limnologu, XXVII Congress, August 9-14, 1998, Dublin, Ireland*.
- Richards F. A. & T. G. Thompson, 1952. The estimation and characterisation of plankton populations by pigments analysis. II. A spectrophotometric method for the estimation of plankton pigments. *J. Mar. Res.*, 11 : 156-172.
- Richardson P. L. & G. Reverdin, 1987. Seasonal cycle of velocity in the Atlantic North Equatorial Undercurrent as measured by surface drifters, currents meters ans shipdrifts. *Jour. Geophys. Res.* 92 : 3691-3708.
- Richardson P. L. & D. Walsh, 1986. Mapping climatological seasonal variations of surface currents in the tropical Atlantic using ship drifts. *J. Geophys. Res.*, 91 (10) : 537-550.
- Richey J. E., R. H. Meade, E. Salati, A. H. Devol, C. F. Jr. Nordin & U. Dos Santos, 1986. Water discharge and suspended sediments connections in the Amazon River : 1982-1984. *Water Resour. Res.*, 22 : 756-764.
- Rino J., 1979. Écologie des algues d'eau douce du sud du Mozambique. *Thèse de Doctorat d'État*, M.N.H.N., Université Pierre et Marie Curie : 362pp.

- Roche M. A., 1977. Hydrodynamique et évaluation du risque de pollution dans un estuaire à marées. *Cah. ORSTOM, sér. Hydrol., Vol. XIV, n° 4* : 345-382.
- Roche M. A., 1978. Les bassins versants expérimentaux Ecérex en Guyane française. Étude comparative des écoulements et de l'érosion sous forêt tropicale humide. *Cah. ORSTOM, sér. Hydrol., Vol. XV, n° 4* : 365-378.
- Roche m A., P. Dubreuil & M. Hoepffner, 1974. Dynamique des eaux, des sels et des sédiments en suspension dans les estuaires du Mahury et de l'Approuague. Etude en vue de l'alimentation d'une usine de pâte à bois (Guyane française). *Rapport Section d'Hydrologie, ORSTOM, Cayenne* : 80pp.
- Roden C. M., 1994. Chlorophyll blooms and the spring/neap tidal cycle: Observations of two stations on the coast of Connemara, Ireland. *Marine Biology*, 118 : 209-213.
- Rojas-Beltran R., 1986. Rôle de la mangrove comme nourricerie de crustacés et de poissons en Guyane. In : Le Littoral Guyanais. *Fragilité de l'Environnement. Nature Guyanaise ; Xe Colloque SEPANRIT, 1^{er} Congrès Régional de l'Environnement, Cayenne, 1985* : 97-110.
- Ruse L. & A. Love, 1997. Predicting phytoplankton composition in the river Thames, England. *Reg. Rivers Res. Manage.*, 13 : 171-183.
- Saenger P. & M.F. Bellan, 1995. The mangrove vegetation of the Atlantic coast of Africa. A review. *CNRS et Univ. de Toulouse III* : 96pp.
- Sander F., 1976. Quantitative and qualitative aspects inshore phytoplankton off Barbados. *Can. J. Bot.*, 54 : 2306-2314.
- Saporta G., 1990. Probabilités, analyses des données et statistiques. Technip Eds., Paris, 493pp.
- Scor-Unesco, 1966. Determination of photosyntetic pigments in seawater. *Monor. Oceanog. Method. UNESCO, Paris*, 1 : 11-18.
- Settlemyre J. L. & L. R. Gardner, 1977. Suspended sediment flux through a salt marsh drainage basin. *Estuarine and Coastal Marine Science*, 5 : 653-663.
- Seyler P., H. Etcheber, D. Orange, A. Laraque, L. Sigha-Nkamdjou & J. C. Olivry, 1993. Concentrations, fluctuations saisonnières et flux de carbone dans le bassin du Congo. *Colloques et Séminaires, Grands Bassins Fluviaux, Paris 22-24/11/93* : 217-238.

- Simonsen R., 1972. Ideas for a more natural system of the centric diatoms. *Nova Hedw.*, 39 : 37-54.
- Siqueiros-Beltrones D. A., 1988. Diatomeas bontónicas de la Laguna Figueroa, Baja California Sur. *Ciencias Marinas*, 14 : 85-112.
- Siqueiros-Beltrones D. A., 1990. Association structure of benthic diatoms in a hypersaline environment. *Ciencias Marinas*, 16 : 101-127.
- Siqueiros-Beltrones D. A. & E. S. Castrejon, 1999. Structure of benthic diatom assemblages from a Mangrove environment in a mexican subtropical lagoon. *Biotropica*, 31 : 48-70.
- Siqueiros-Beltrones D. A., S. E. Ibarra-Obando & D. H. Loya-Salinas, 1985. Una aproximación a la estructura florística de las diatomeas epífitas *Z. marina* y sus variaciones temporales en Bahía Falsa, San Quintín, B.C. *Ciencias Marinas*, 11 : 69-88.
- Sondi I., M. Juracic & V. Pravdic, 1995. Sedimentation in a disequilibrium river-dominated estuary : the Rasa River Estuary (Adriatic Sea, Croatia). *Sedimentology*, 42 : 769-782.
- Sournia A., 1986. *Atlas du phytoplancton marin*. Editions du CNRS, Paris : 219pp.
- Sparks R. E., 1995. Need for ecosystem management of large rivers and their foodplains. *BioScience*, 45 : 168-181.
- Strickland J.D. & T.R. Parsons, 1972. A practical handbook of seawater analysis. 2nd ed. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.*, N° 167 : 310pp.
- Sullivan M. J., 1978. Diatom community structure : Taxonomic and statistical analyse of a Mississippi salt marsh. *J. Phycol.*, 14 : 468-475.
- Sullivan M. J., 1979. Epiphytic diatoms of three seagrasses species in Mississippi Sound. *Bull. Mar. Sci.*, 29 : 459-464.
- Taylor F. J. R., 1976. Dinoflagellates from the Indian Ocean expedition. *Bibl. Bot.*, 132, 234pp.
- Taylor W. R., 1964. Light and photosynthesis in intertidal benthic diatoms. *Helgol. Wiss. Meeresunters.*, 10 : 29-37.
- Taylor W. R. & J. D. Palmer, 1963. The relationship between light and photosynthesis in intertidal benthic diatoms. *Biol. Bull.*, 125-395.

- Teixeira C., J. Tundisi & M. B. Kutner, 1965. Plankton studies in a mangrove environment. II- The standing stock and some ecological factors. *Bol. Inst. Oceanogr. Sao Paulo*, 14 : 13-42.
- Testard J. & G. Pequignot, 1986. Problèmes géologiques et miniers du littoral de la Guyane française. In : Le Littoral Guyanais. *Fragilité de l'Environnement. Nature Guyanaise; Xe Colloque SEPANRIT, 1^{er} Congrès Régional de l'Environnement, Cayenne, 1985* : 19-24.
- Tett P. & A. Walne, 1995. Observations and simulations of hydrography, nutrients and plankton in the southern North Sea. *Ophelia*, 42 : 371-416.
- Thérézien Y., 1985. *Contribution à l'étude des algues d'eau douce de la Guyane, à l'exclusion des diatomées*. Bibliotheca Phycologica, Cramer : 275pp.
- Thom B. G., L. D. Wright & J. M. Coleman, 1975. Mangrove ecology and deltaic-estuarine geomorphology, Cambridge Gulf-Ord River, Western Australia. *J. Ecol.*, 63 : 203-222.
- Thorp J. H. & M. D. DeLong, 1994. The riverine productivity model : an heuristic view of carbon sources and organic processing in large river ecosystems. *Oikos*, 70 : 305-308.
- Tito De Morais A., 1993. L'ichtyoplancton de l'estuaire du Sinnamary. In : Structure et biologie des peuplements ichtyques du fleuve Sinnamary en Guyane française, Lauzanne L, TITO DE MORAIS L., TITO DE MORAIS A., and PONTON D.7514th : 18 pp + [5].
- Tito De Morais A. & L. Tito De Morais, 1994. The abundance and diversity of larval and juvenile fish in a tropical estuary. *Estuaries*, 17 : 216-225.
- Townsend C. R., 1996. Concepts in river ecology : patterns and process in the catchment hierarchy. *Arch. Hydrobiol.*, 113 : 3-21.
- Travassos P., 1994. Cartographie par télédétection optique et radar du littoral de la Guyane française. Importance de la mangrove pour la production crevette. *GTDA, Mémoire de DESS GTDA-ENSG* : 62pp.
- Tucker M. E., 1973. The sedimentary environments of tropical african estuaries : Freetown Peninsula. Sierra Leone. *Geol. Mijnbouw*. 52 : 203-215.

- Turenne J. F., 1979. Sédimentologie (plaines côtières). *In* : Atlas des départements d'outre-mer. IV. La Guyane, *ORSTOM/CNRS*.
- Twilley R., S. C. Snedaker, E. Arancibia & E. Medina, 1995. Mangrove systems. *In* : Heywood V.H. (executive ed.). Global Biodiversity Assessment. Biodiversity and Ecosystems Functions : Ecosystems Analyses. United Nations Environment Program. Cambridge Univ. Press.
- Twilley R., M. Pozo, V. H. Garcia, V. H. Rivera-Monroy, R. Zambrano & A. Boderó, 1997. Litter dynamics in riverine mangrove forests in the Guaynas estuary, Ecuador. *Oecologia*, 111 : 109-122.
- Uncles R. J. & J. A. Stephens, 1993. The freshwater-saltwater interface and its relationship to the turbidity maximum in Tamar estuary, United Kingdom. *Estuaries*, 16 : 1, 126-141.
- Uthermöhl H., 1958. Zur veroolcommung der quantitativen phytoplankton methodik. *Mitt. Int. Verein. Theor. Angew. Limnol.*, 9 : 1-38.
- Vaquier A., V. Pons & J. Lautier, 1997. Distribution spatio-temporelle du phytoplancton dans le réservoir de Petit-Saut (Guyane française). *Hydroécol. Appl.*, 1-2 : 169-193.
- Vauchel P., 1995. Intrusion saline sur l'estuaire du fleuve Sinnamary. *Rapport Final, HCI-ORSTOM* : 45pp.
- Vauchel P., P. Fraizy, A. Poumaroux, S. Fraumar, M. Guilliod, J. C. Doudou & R. Plamot, 1995. Annuaire hydrologique de Guyane, Année 1995. *ORSTOM* : 41pp.
- Ward L. G., 1981. Suspended-material transport in marsh tidal channels, Kiawah Island, South Caroline. *Mar. Géol.*, 40 : 139-154.
- Waterbury J. B., S. W. Watson, R. R. L. Guillard & L. E. Brand, 1979. Widespread occurrence of a unicellular marine planktonic cyanobacterium. *Nature*, 277 : 293-294.
- Wehr J. D. & J. H. Thorp, 1997. Impacts of navigation dams, tributaires and littoral zones on phytoplankton communities in the Ohio River. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 54 : 378-395.
- Wehr J. D. & J-P. Descy, 1998. Use of phytoplankton in large river management. *J. Phycol.*, 34 : 741-749.
- Well J.T., 1983. Dynamics of coastal fluid muds in low-moderate, and high-tide-range environments. *Can.Jour.Fish.Aquat.Sci.*, 40 (Suppl. 1) : 130-142.

- Wetzel R. G., 1983. *Limnology*, 2nd ed. Saunders, Philadelphia, 767pp.
- Whiting M. C., 1983. Distributional patterns and taxonomic structure of diatom assemblages in Netarts Bay, Oregon, USA. OSU, Oregon : 138pp.
- Wilson W. D., E. John & R. L. Molinari, 1994. Upper layer circulation in the western tropical North Atlantic Ocean during August 1989. *J. Geophys. Res.*, 99 : 22513-22523.
- Winter P. E. D., Schlacher T. A. & Baird D., 1996. Carbon flux between an estuary and the ocean : a case for outwelling. *Hydrobiologia*, 337 : 123-132.
- Wofsy S. C., 1983. A simple model to predict extinction coefficients and phytoplankton biomass in eutrophic waters. *Limnology and Oceanography*, 28 : 1144-1155.
- Wolanski E., 1988. Circulation anomalies in tropical Australian estuaries, *In* B. Kjerfve, ed.: *Hydrodynamics of Estuaries* : 53-60.
- Wolanski E., 1992. Hydrodynamics of mangrove swamps and their coastal waters. *In* : Jaccarini V., Martens Eds, *The Ecology of Mangrove and Related Ecosystems. Hydrobiologia*, 247 : 141-161.
- Wolanski E. & P. Ridd, 1986. Tidal mixing and trapping in mangrove swamps. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 23 : 759-771.
- Wolanski E., Y. Mazda, B. King & S. Gay, 1990. Dynamics, flushing and trapping in Hinchinbrook Channel, a giant mangrove swamp, *Australia. Est. Coast. Shelf Sci.*, 31: 555-580.
- Wolanski E., Y. Mazda & P. Ridd, 1992. Mangrove hydrodynamics, *In* A. Robertson & D.M. Alongi eds.: *Tropical Mangrove Ecosystems*. Coast. East. Studies 41, Amer. Geophys. Union Washington D.C. : 43-62.
- Wolanski E. & R. J. Gibbs, 1995. Flocculation of suspended sediment in the Fly river estuary, Papua New Guinea. *J. Coast. Res.*, 11 : 754-762.
- Wolanski E. & J. Chappell, 1996. The response of tropical Australian estuaries to a sea level rise. *J. Mar. Syst.*, 7 : 267-279.
- Woodroffe C. D., 1985. Studies of mangrove basin, Tuff Crater, New Zealand : I. Mangrove Biomass and Production of Detritus. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 20 : 265-280.
- Woodroffe C. D., 1985c. Studies of a mangrove basin, Tuff Crater, New Zealand: III. The flux of organic and inorganic particulate matter. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 20 : 447-461.

- Woodroffe C. D. & J. Chappell, 1993. Holocene emergence and evolution of the McArthur River Delta, southwestern Gulf of Carpentaria, Australia. *Sediment. Geol.*, 83 : 303-317.
- Woodroffe C. D., J. Chappell, B. G. Thom & E. Wallensky, 1989. Depositional model of a macrotidal estuary and floodplain, South Alligator River, Northern Australia. *Sedimentology*, 36 : 737-756.
- Woodroffe C. D., M. E. Mulrennan & J. Chappell, 1993. Estuarine infill and coastal progradation, southern van Diemen Gulf, northern Australia. *Sediment. Geol.*, 83 : 257-275.
- Wright L. D., J. M. Coleman & B. G. Thom, 1973. Processes of channel development in a high-tide-range environment : Cambridge Gulf-Ord River delta, Western Australia. *J. Geol.*, 81 : 15-41.
- Wright P. N., D. J. Hydes, M. L. Lauria, J. Sharples & D. A. Purdie, 1997. Data buoy measurements of phytoplankton. Dynamics in Southampton Water, UK, a temperate latitude estuary with high nutrient inputs. *Deutsche Hydrographische Zeitschrift*, 49 : 203-211.
- Yayer M. J., 1937. Compte rendu de la mission pour l'étude de la carte Shom. N° 5884 (Sinnamary).
- Zarillo G. A., 1985. Tidal dynamics and substrate response in a salt-marsh estuary. *Marine Geology*, 67 : 13-35.

LISTE DE FIGURES

- Figure 1 : Cadre géographique (a) et hydrologique (b) de la Guyane française.
- Figure 2 : Comparaison des précipitations moyennes mensuelles des années 1996, 1997 et 1998 et de la moyenne de référence 1950-1995 (données Météo France pour Cayenne).
- Figure 3 : Illustration schématique des courants en surface de l'océan Atlantique tropical Ouest (d'après Richardson & Walsh, 1986).
- Figure 4 : Représentation schématique de la circulation dans l'océan atlantique tropical d'après Philander & Pacanowski (1986) *In Wilson et al.*, 1994.
- Figure 5 : Situation générale du système de dispersion amazonien. *In Charron et al.*, 1997.
- Figure 6 : A) Zone de progradation avec le début de la colonisation de la mangrove (estuaire de Kaw), B) Zone d'érosion sur les arbres en front de mer (estuaire de Karouabo), C) Formation de cheniers (estuaire du Sinnamary).
- Figure 7 : Présentation des hauteurs d'eau journalières enregistrées aux Îles du Salut et à l'estuaire du Sinnamary, entre décembre 96 et janvier 97.
- Figure 8 : Superposition des valeurs journalières, des vraies hauteurs d'eau à l'estuaire du Sinnamary (en rouge) et des Îles du Salut, entre décembre 96 et janvier 97.
- Figure 9 : Représentation des moyennes mensuelles pluviométriques (Cayenne) et d'un indice correspondant à quatre fois la moyenne mensuelle des températures ($4 \cdot T^{\circ}\text{C}$) entre janvier 96 et mars 98. Les moyennes de la pluviométrie situées en dessous des températures indiquent les mois de la saison sèche.
- Figure 10 : Estuaire de l'Iracoubo (Source DDE, 1994).
- Figure 11 : Estuaire du Sinnamary (Source DDE, 1994).
- Figure 12 : Représentation du débit moyen annuel avant (en bleu) et après (en jaune) la mise en eau du barrage de Petit Saut (Source EDF).
- Figure 13 : Comparaison entre les débits moyens mensuels avant (1954/1986) et après la construction du barrage (1996) dans le fleuve Sinnamary.
- Figure 14 : Moyennes mensuelles (erreur standard) de la température dans l'estuaire de l'Iracoubo.
- Figure 15 : Moyennes globales (avec erreur standard) des températures mesurées au cours d'un cycle de marées dans l'estuaire de l'Iracoubo.
- Figure 16 : Moyennes mensuelles (avec erreur standard) de la salinité dans l'estuaire de l'Iracoubo.
- Figure 17 : Moyennes globales (avec erreur standard) des salinités mesurées au cours d'un cycle de marées dans l'estuaire de l'Iracoubo.
- Figure 18 : Moyennes mensuelles (avec erreur standard) de l'oxygène dissous (a) et du pourcentage de saturation (b) dans l'estuaire de l'Iracoubo.

Figure 19 : Moyennes globales (avec erreur standard) de l'oxygène dissous et saturé mesurées au cours d'un cycle de marées dans l'estuaire de l'Iracoubo.

Figure 20 : Moyennes mensuelles (avec erreur standard) du pH dans l'estuaire de l'Iracoubo.

Figure 21 : Moyennes globales (avec erreur standard) du pH au cours d'un cycle de marées dans l'estuaire de l'Iracoubo.

Figure 22 : Moyennes mensuelles (avec erreur standard) de la température dans l'estuaire du Sinnamary.

Figure 23 : Moyennes globales (avec erreur standard) de la température mesurées au cours d'un cycle de marées dans l'estuaire du Sinnamary.

Figure 24 : Moyennes mensuelles (avec erreur standard) de la salinité dans l'estuaire du Sinnamary.

Figure 25 : Moyennes globales (avec erreur standard) de la salinité au cours d'un cycle de marées dans l'estuaire du Sinnamary.

Figure 26 : Moyennes mensuelles (avec erreur standard) de l'oxygène dissous (a) et saturé (b) dans l'estuaire du Sinnamary.

Figure 27 : Moyennes globales (avec erreur standard) de l'oxygène dissous et saturé mesurées au cours d'un cycle de marées dans l'estuaire du Sinnamary.

Figure 28 : Moyennes mensuelles (avec erreur standard) du pH dans l'estuaire du Sinnamary.

Figure 29 : Moyennes globales (avec erreur standard) du pH mesurées aux quatre périodes d'un cycle de marées dans l'estuaire du Sinnamary.

Figure 30 : Moyennes mensuelles (avec erreur standard) de la matière particulaire totale (MPT) dans les eaux de l'estuaire de l'Iracoubo.

Figure 31 : Moyennes globales (avec erreur standard) de la matière particulaire totale mesurée suivant le cycle de marées dans les eaux de l'estuaire de l'Iracoubo.

Figure 32 : Moyennes mensuelles (avec erreur standard) de la MOP au niveau de l'estuaire de l'Iracoubo.

Figure 33 : Moyennes globales (avec erreur standard) de la matière organique particulaire (MOP) mesurée suivant le cycle de marées dans les eaux de l'estuaire de l'Iracoubo.

Figure 34 : Moyennes mensuelles (avec erreur standard) de la matière inorganique particulaire (MIP) dans les eaux de l'estuaire de l'Iracoubo.

Figure 35 : Moyennes globales (avec erreur standard) de la matière inorganique particulaire (MIP) mesurée suivant le cycle de marées dans les eaux de l'estuaire de l'Iracoubo.

Figure 36 : Poids moyen des débris végétaux flottants récoltés au niveau de l'estuaire de l'Iracoubo.

Figure 37 : Moyennes mensuelles (avec erreur standard) de la matière particulaire totale (MPT) mesurées dans l'estuaire du Sinnamary.

Figure 38 : Moyennes globales (avec erreur standard) des MPT mesurées suivant un cycle de marées dans l'estuaire du Sinnamary.

Figure 39 : Moyennes mensuelles (avec erreur standard) de la matière organique particulaire (MOP) dans l'estuaire du Sinnamary.

Figure 40 : Moyennes globales (avec erreur standard) de la MOP mesurées aux quatre stades d'un cycle de marées dans l'estuaire du Sinnamary.

Figure 41 : Moyennes mensuelles (avec erreur standard) de la matière inorganique particulaire (MIP) dans l'estuaire du Sinnamary.

Figure 42 : Moyennes (avec erreur standard) de la MIP mesurées suivant un cycle de marées dans l'estuaire du Sinnamary.

Figure 43 : Poids moyen des débris végétaux flottants récoltés à l'estuaire du Sinnamary.

Figure 44 : Moyennes mensuelles (avec erreur standard) pour les teneurs des chlorophylles **a**, **b** et **c** ($\mu\text{g.L}^{-1}$), dans les eaux de l'estuaire de l'Iracoubo.

Figure 45 : Moyennes (avec erreur standard) des teneurs des chlorophylles **a**, **b** et **c** selon les stades de la marées dans l'estuaire de l'Iracoubo.

Figure 46 : Moyennes mensuelles (avec erreur standard) pour les teneurs en chlorophylles **a**, **b** et **c** ($\mu\text{g.L}^{-1}$), dans l'estuaire du Sinnamary.

Figure 47 : Moyennes (avec erreur standard) pour les teneurs en chlorophylles **a**, **b** et **c** au cours d'un cycle marées dans l'estuaire du Sinnamary.

Figure 48 : Évolution mensuelle des indices de diversité (H') et de régularité (J') de l'ensemble des espèces, entre les méthodes A et B, pour l'estuaire de l'Iracoubo.

Figure 49 : Diagramme rang-abondance en coordonnées logarithmiques sur l'ensemble des espèces de l'estuaire de l'Iracoubo, selon les méthodes A et B. Seuls les taxons contribuant à plus de 5 % du nombre total sont mentionnés avec leur numéro de code.

Figure 50 : Diagramme rang-abondance des espèces, en coordonnées logarithmiques, aux deux principales saisons (pluies et étiage) à l'estuaire de l'Iracoubo. Seuls les taxons contribuant à plus de 5 % du nombre total sont mentionnés avec leur numéro (codes : annexe 6).

Figure 51 : Diagramme rang-abondance des espèces, en coordonnées logarithmiques, selon le stade de la marées dans l'estuaire de l'Iracoubo. Seuls les taxons contribuant à plus de 5 % du nombre total sont mentionnés avec leur numéro (codes : annexe 6).

Figure 52 : Évolution mensuelle des indices de diversité (H') et de régularité (J') de l'ensemble des espèces, entre les méthodes A et B, pour l'estuaire du Sinnamary.

Figure 53 : Diagramme rang-abondance, en coordonnées logarithmiques sur l'ensemble des espèces de l'estuaire du Sinnamary, selon les méthodes A et B. Seuls les taxons contribuant à plus de 5 % du nombre total sont mentionnés avec leur numéro de code.

Figure 54 : Diagramme rang-abondance, en coordonnées logarithmiques, des espèces aux deux principales saisons (pluies et étiage) à l'estuaire du Sinnamary. Seuls les taxons contribuant à plus de 5 % du nombre total sont mentionnés avec leur numéro (codes : annexe 6).

Figure 55 : Diagramme rang-abondance des espèces, en coordonnées logarithmiques, selon le stade de la marée dans l'estuaire du Sinnamary. Seuls les taxons contribuant à plus de 5 % du nombre total sont mentionnés avec leur numéro (codes : annexe 6).

Figure 56 : Éboullis des valeurs propres en pourcentage expliqué par l'ACP (analyses 1).

Figure 57 : Projection sur les axes factoriels 1-2 des trois classes de la Classification Hiérarchique Directe réalisée sur les variables physico-chimiques (**Salinité**, **Température**, **OXYgène SATuré**, **PH**) et biologiques (**CHLORophylle A**, **MOP**). Modalités : les fleuves Iracoubo (IRAC) et Sinnamary (SINN) ; les dates de 1 à 12 (janvier à décembre 97) et les marées HM (pleine mer), BM (basse mer), F (flot), J (jusant).

Figure 58 : Éboullis des valeurs propres en pourcentage expliqué par l'ACP (analyses 2).

Figure 59 : Projection sur les axes factoriels 1-2 des trois classes de la Classification Hiérarchique Directe réalisée sur les variables physico-chimiques (**Salinité**, **Température**, **OXYgène SATuré**, **PH**) et biologiques (**CHLORophylle-A**, **MOP**). Modalités : les fleuves Iracoubo (IRAC) et Sinnamary (SINN) ; les dates de 6 (juin 97) à 14 (février 98) et les marées HM (pleine mer), BM (basse mer), F (flot), J (jusant).

Figure 60 : Représentation graphique des concentrations moyennes mensuelles en chlorophylle **a** ($\mu\text{g.L}^{-1}$) et en nombre (N) total des cellules (um.l^{-1}), dans les eaux de l'estuaire de l'Iracoubo.

Figure 61 : Représentation graphique des concentrations moyennes mensuelles en chlorophylle **a** ($\mu\text{g.L}^{-1}$) et en nombre (N) total des cellules (u.m.l^{-1}), dans l'estuaire du Sinnamary.

Figure 62 : Plan d'échantillonnage qui représente les 5 variables testées, numérotées à gauche de l'organigramme : 1) l'échantillonnage ; 2) l'hétérogénéité sur la station à un temps donné ; 3) l'hétérogénéité sur la largeur du fleuve ; 4) la variabilité le long du fleuve et 5) la variabilité selon la phase de la marée. La radiale B et la station 2 (en gris) représentent les différents niveaux pour l'ensemble des trois radiales ; la collecte n°2 (en noir) représente la bouteille sous échantillonnée.

Figure 63 : Zone de collectes sur le fleuve Sinnamary. Les numéros 1, 2 et 3 symbolisent les stations de collectes.

Figure 64 : Moyennes et erreurs standard de la salinité dans les radiales A, B et C au cours du jusant, basse mer et flot, pour l'estuaire du Sinnamary (septembre 1996).

LISTE DE TABLEAUX

Tableau 1 : Réseau hydrographique des principaux fleuves de Guyane et de l'Amazone (source IRD Cayenne).

Tableau 2 : Caractéristiques physico-chimiques et teneurs en éléments (mg.L^{-1}). Les teneurs en NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- sont toujours inférieures à 0.05, 0.10 et 0.01.

Tableau 3 : Description des paramètres utilisés dans les analyses de données. Variables continues (C) ou codées en modalité (M).

Tableau 4 : Résultat de l'ANOVA (F-ratio) pour les facteurs fleuve (FL), date (DA), marée (MA) et niveau (NI) sur l'ensemble des paramètres physico-chimiques. (**) pour hautement significatif, soit $P < 0.001$; (*) pour significatif, soit $0.001 < P < 0.05$; (ns) pour non significatif, soit $P > 0.05$.

Tableau 5 : Représentation des familles et des espèces identifiées parmi les feuilles et les graines collectées au niveau de l'estuaire de l'Iracoubo.

Tableau 6 : Débits solides (Q) du fleuve Sinnamary de la matière particulaire totale (mpt), organique (mop) et inorganique (mip), ainsi que le rapport en pourcentage de la mop. Le bilan mensuel présenté varie selon la charge positive (flot) ou négative (jusant).

Tableau 7 : Représentation des familles et des espèces identifiées par les feuilles et graines collectées au niveau de l'estuaire du Sinnamary.

Tableau 8 : Représentation des F-ratio pour les quatre facteurs analysés sur la MPT, MOP et MIP. (**) pour hautement significatif à $P < 0.001$; (*) pour significatif à $0.001 < P < 0.05$; (ns) pour non significatif à $P > 0.05$.

Tableau 9 : Représentation des F-ratio pour les trois facteurs analysés des chlorophylles a, b et c, et des phéopigments. (**) pour hautement significatif à $P < 0.001$; (*) pour significatif à $0.001 < P < 0.05$; (ns) pour non significatif à $P > 0.05$.

Tableau 10 : Indices de diversité (H') et de régularité (J') pour les diatomées, pour les autres taxons et entre les Classes, ainsi que le résultat du Test t de Hutcheson (ns - non significatif pour $P > 0.05$), entre les deux méthodes (A et B) pour l'estuaire de l'Iracoubo.

Tableau 11 : Comparaison des indices de diversité entre les différents stades de la marée par le test t de Hutcheson (ns - non significatif pour $P > 0.05$), dans l'estuaire de l'Iracoubo.

Tableau 12 : Représentation générale de l'abondance des taxons (en pourcentage) entre les Divisions, Classes et Familles, ainsi que le pourcentage entre les Classes et les Familles (voir les codes dans l'annexe 6) selon la méthode de comptage, pour l'estuaire de l'Iracoubo.

Tableau 13 : Abondance des espèces inventoriées et présentation des espèces dominantes dans l'estuaire de l'Iracoubo. Moyennes (δ) globale, par saison et uniquement des diatomées, avec

erreur standard pour la méthode A (*décembre 96* et *juillet 97* sont considérés ici comme des mois intermédiaires) ; n : nombre total d'individus trouvés par mois.

Tableau 14 : Abondance des espèces inventoriées et présentation des espèces dominantes, mensuellement, dans l'estuaire de l'Iracoubo. Moyennes (δ) globale et uniquement pour les diatomées, avec erreur standard pour la méthode B ; n : nombre total d'individus trouvés par mois.

Tableau 15 : Abondance des espèces inventoriées dans l'estuaire de l'Iracoubo selon les stades de la marée. Moyenne et erreur standard (um.l^{-1}) ; n : nombre total d'individus trouvés par marée.

Tableau 16 : Indices de diversité (H') et de régularité (J') uniquement avec les diatomées, sans les diatomées et entre les Classes, ainsi que le résultat du Test t de Hutcheson (ns - non significatif pour $P>0.05$), entre les deux méthodes (A et B) pour l'estuaire du Sinnamary.

Tableau 17 : Comparaison des indices de diversité entre les différents stades de la marée, à l'aide du test t de Hutcheson (ns - non significatif pour $P>0.05$), dans l'estuaire du Sinnamary.

Tableau 18 : Représentation générale de l'abondance des taxons (en pourcentage) entre les Divisions, Classes et Familles, ainsi que le pourcentage entre les Classes et les Familles (voir les codes dans l'annexe 6) selon la méthode de comptage, pour l'estuaire du Sinnamary.

Tableau 19 : Abondance des espèces inventoriées et présentation des espèces dominantes dans l'estuaire du Sinnamary. Moyennes (δ) globale, par saison et uniquement des diatomées, avec erreur standard (um.l^{-1}) pour la méthode A (*décembre 96* et *juillet 97* sont considérés ici comme des mois intermédiaires) ; n : nombre total d'individus trouvés par mois.

Tableau 20 : Abondance des espèces inventoriées et présentation des espèces dominantes, mensuellement, dans l'estuaire du Sinnamary. Moyennes (δ) globale et uniquement pour les diatomées, avec erreur standard (um.l^{-1}) pour la méthode B ; n : nombre total d'individus trouvés par mois.

Tableau 21 : Caractéristiques quantitatives des espèces inventoriées dans l'estuaire du Sinnamary selon les stades de la marée. Moyenne et erreur standard (um.l^{-1}) ; n : nombre total d'individus trouvés par marée.

Tableau 22 : Récapitulatif des indices de régularité (J') et de diversité (H'), avec le test t de Hutcheson, des taxons (Total), des Diatomées et sans les Diatomées (S/ Diatomées), dans l'estuaire de l'Iracoubo et du Sinnamary, selon les méthodes A et B. (**) pour hautement significatif à $P<0.001$; (*) pour significatif à $0.001<P<0.05$; (ns) pour non significatif à $P>0.05$.

Tableau 23 : Comparaison des indices de diversité, selon le test t de Hutcheson (non significatif pour $P>0.05$), entre les stades de la marée de l'estuaire de l'Iracoubo et du Sinnamary.

Tableau 24 : Principaux caractères entre les moyennes totales des cellules (δ_1) et des diatomées (δ_2), dans l'estuaire du Sinnamary et de l'Iracoubo. Représentation des moyennes par saison, ainsi que l'association des trois taxons les plus abondants.

Tableau 25 : Représentation des taxons apparus exclusivement dans l'estuaire de l'Iracoubo et du Sinnamary, selon les méthodes A et B.

Tableau 26 : Représentation des F-ratio pour les facteurs analysés entre l'ensemble des taxons (Total), avec les Diatomées et sans les Diatomées (S/ Diatomées) du Sinnamary et de l'Iracoubo, selon la méthode de comptage (A et B). (**) pour hautement significatif à $P < 0.001$; (*) pour significatif à $0.001 < P < 0.05$; (ns) pour non significatif à $P > 0.05$.

Tableau 27 : Représentation des F-ratio des facteurs analysés à l'intérieur des Classes d'algues, du Sinnamary et de l'Iracoubo. Facteurs : Fleuve (FL), Date, (DA) et Marée (MA). Classes : Cyanophyceae (CYA), Dinophyceae (DIN), Euglenophyceae (EUG), Euchlorophyceae (EUC), Zygomyceteae (ZYG), Tribophyceae (TRIB) et Diatomophyceae (DIA). (**) pour hautement significatif à $P < 0.001$; (*) pour significatif à $0.001 < P < 0.05$; (ns) pour non significatif à $P > 0.05$.

Tableau 28 : Représentation des valeurs de l'indice de Shannon (H'), de l'indice de régularité (J') et du nombre total des espèces (N) dans plusieurs études sur la diversité des diatomées.

Tableau 29 : Description des trois classes issues de la CAH réalisée sur les données de la méthode A (analyses 1).

Tableau 30 : Description des trois classes issues de la CAH réalisée sur les données de la méthode B (analyses 2).

Tableau 31 : Principales corrélations entre les variables environnementales, dans l'estuaire de l'Iracoubo et du Sinnamary.

Tableau 32 : Moyennes (avec erreur standard) des matières en suspension (mg.L^{-1}) et de la salinité (‰) à l'estuaire du Sinnamary (septembre 1996).

LISTE DE SYMBOLES ET ABRÉVIATIONS

- ACP : Analyse en Composantes Principales.
ANOVA : Analyse de variances.
BM : Basse mer.
CAH : Classification Ascendante Hiérarchique.
CB : Courant du Brésil.
CG : Courant des Guyanes.
CHLOROA, CHLA : Chlorophylle **a**.
CNB : Courant Nord du Brésil.
CYA : Cyanophyceae.
DA : Date.
ddl : Degrée de liberté.
DIA : Diatomophyceae.
DIN : Dinophyceae.
DOM : Département Outre Mer.
EUC : Euchlorophyceae.
EUG : Euglenophyceae.
F : Flot.
FL : Fleuve.
 H' : Indice de diversité de Shannon-Weaver.
HM : Pleine mer.
IRD : Institut de Recherche pour le Développement.
J : Jusant.
 J' : Indice de régularité (Shannon-Weaver).
MA : Marée.
MEB : Microscope Électronique à Balayage.
MIP : Matière inorganique particulaire.
MOP : Matière organique particulaire.
MPT : Matière particulaire totale.
NI : Niveaux.
ORSTOM : Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération.
OX : Oxygène dissous.
OXSAT : Oxygène saturé.
P : Probabilité.

PNEC : Programme National d'Environnement Côtier.

PNOC : Programme National d'Océanographie Côtière.

S : Salinité.

T : Température.

t : test de Hutcheson.

TRIB : Tribophyceae.

um : Unité morphologique.

ZIC : Zone Intertropical de Convergence.

ZYG : Zygothryxaceae.

Publications dans des revues ou ouvrages à comité de lecture

- **Maia de Oliveira C.** & J. Clavier, 2000. Space-time variations of suspended material in the Sinnamary estuary, French Guiana. Influence of Petit Saut electric dam. *Brazilian Journal of Oceanography*, in press.
- Trojánková K., **C. Maia de Oliveira** & A. Couté, 2000. Contribution a l'étude des Desmidiées de la Guyane française. Submitted to *Nova Hedwigia*.

Communications

- **Maia de Oliveira C.**, 1997. Variations temporelles du matériel en suspension dans deux estuaires en Guyane française. IV Workshop ECOLAB, 03-09 novembre 1997, Cayenne, Guyane. 10pp.
- **Maia de Oliveira C.** & D. Guiral, 1997. Notas preliminares sobre as variações temporais da matéria orgânica em dois estuários da Guiana Francesa : Iracoubo e Sinnamary. I Workshop do Programa Institucional de Estudos Costeiros (PEC), Salinópolis, Pará, Brésil. 11pp.
- **Maia de Oliveira C.**, 1998. Variations spatio-temporelles du matériel en suspension et de la chlorophylle dans l'estuaire du Sinnamary (Guyane française). IV Congrès des étudiants au MNHN, 20-22 octobre 1998.
- **Maia de Oliveira C.** & J. Clavier, 1998. Variations spatio-temporelles du matériel en suspension dans deux estuaires de Guyane française : l'Iracoubo et le Sinnamary. Journées "Recherche", Centre des Sciences de la mer, Observatoire Océanologique de Banyuls.

ANNEXES

Annexe 1 : Résultats méthodologiques

Introduction

Afin de choisir les sites d'échantillonnage de notre étude, nous avons réalisé des prospections sur les fleuves et criques de Guyane pour, dans un premier temps, évaluer les facilités d'accès et apprécier les contraintes d'éloignement de chaque estuaire. Ces informations, combinées à celles disponibles dans la littérature, nous ont amené à présélectionner quatre sites en fonction de leurs caractéristiques naturelles ou des agressions anthropiques qu'ils subissent : le marais de Kaw (réserve naturelle), la rivière de la Malmanoury (proche du Centre Spatial Guyanais), le fleuve Sinnamary (barrage de Petit Saut) et le fleuve Iracoubo. Notre choix s'est définitivement arrêté sur les fleuves Iracoubo et Sinnamary parce qu'ils sont localisés dans une même zone biogéographique et que le Sinnamary a déjà fait l'objet de nombreuses études.

Notre première préoccupation a consisté à choisir, au niveau des estuaires, l'emplacement des stations d'échantillonnage. Le maximum de la turbidité est étroitement associé à l'interface eau douce-eau salée dans l'estuaire de Tamar, Grande Bretagne (Uncles & Stephens, 1993) ; la distribution des dépôts est également identifiée dans l'estuaire de Wester (Grabermann & Krause, 1989 *in* Lindsay *et al.*, 1996) où le maximum des turbidités se trouve lorsque la salinité est la plus basse. Les études préalables (Roche *et al.*, 1974 ; Roche, 1977 ; Humbel, 1989 ; Lointier, 1990) sur divers fleuves en Guyane, nous ont montré que la limite du front salé est très voisine du lieu où disparaissent les teneurs significatives en matières en suspension (siège de brassage entre les eaux océaniques et fluviales). Vauchel (1995) a étudié l'intrusion saline dans l'estuaire du Sinnamary et il a confirmé l'existence d'une zone de brassage en aval du Canal Philippon, due à la diminution des profondeurs occasionnée par l'envasement au niveau de l'embouchure. Cette limite hydrologique est également caractérisée par le changement de la végétation, qui passe d'une forêt de mangrove à une forêt ripicole (Granville, 1986).

Échantillonnage

Tenant compte de ces paramètres, nous avons élaboré un plan d'échantillonnage (Figure 62) pour vérifier la variabilité spatio-temporelle de la salinité et de la matière particulaire totale (MPT), selon cinq facteurs : **l'échantillonnage** (nombre de collectes), **l'hétérogénéité sur la station** à un temps donné (collectes en surface et au fond), **l'hétérogénéité sur la largeur du fleuve** (trois stations), **l'hétérogénéité le long du fleuve** (trois radiales), **la variabilité** au cours du cycle de marées (trois stades de la marée).

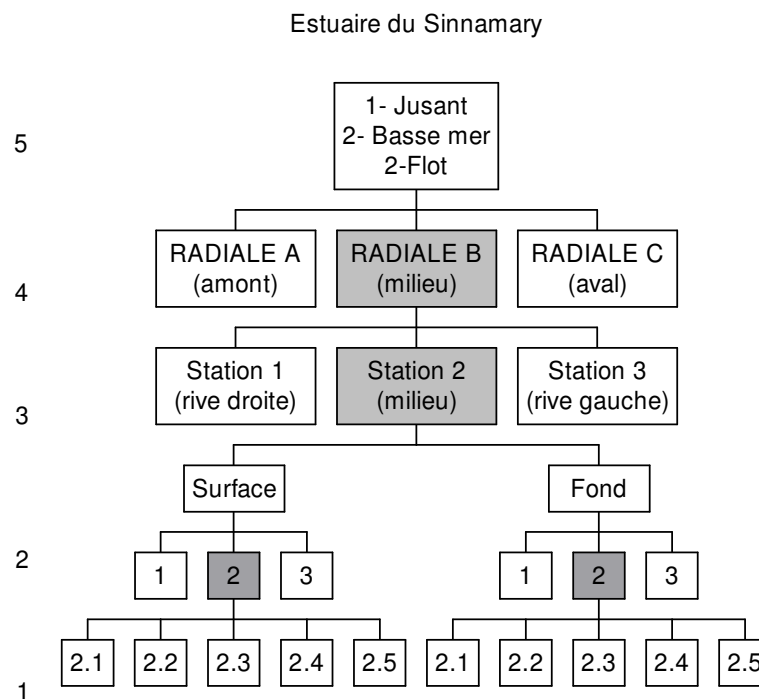


Figure 62 : Plan d'échantillonnage qui représente les 5 variables testées, numérotées à gauche de l'organigramme : 1) l'échantillonnage ; 2) l'hétérogénéité sur la station à un temps donné ; 3) l'hétérogénéité sur la largeur du fleuve ; 4) la variabilité le long du fleuve et 5) la variabilité selon la phase de la marée. La radiale B et la station 2 (en gris) représentent les différents niveaux pour l'ensemble des trois radiales ; la collecte n°2 (en noir) représente la bouteille sous échantillonnée.

En première approche, nous avons échantillonné, sur le Sinnamary le long de trois radiales (A, B et C) distantes de 1 km les unes des autres, la plus en aval étant localisée à 1 km avant la vasière sur la rive droite. Sur chaque radiale, des prélèvements d'eau ont été effectués à trois stations identifiables par des bouées, disposées à droite (1), au milieu (2) et à gauche (3) du lit (Figure 63), à 10 cm sous la surface et à 50 cm au-dessus du fond.

La difficulté majeure était d'assurer la simultanéité des prélèvements avec une seule embarcation. Pour atténuer ce problème, nous avons chronométré le temps de collecte par

radiale, sachant que la vitesse du courant (du flot comme du jusant) à l'embouchure du Sinnamary est généralement inférieure à 1 m.s^{-1} (Lointier, 1990). Cela nous permettait de parcourir rapidement (moteur hors-bord de 35 CV) les stations dans le sens du courant. Pour avoir une idée de la variabilité temporelle, nous avons prélevé à trois phases de la marée (à mi-jusant, en basse mer et à mi-flot), en vives-eaux et en mortes-eaux.

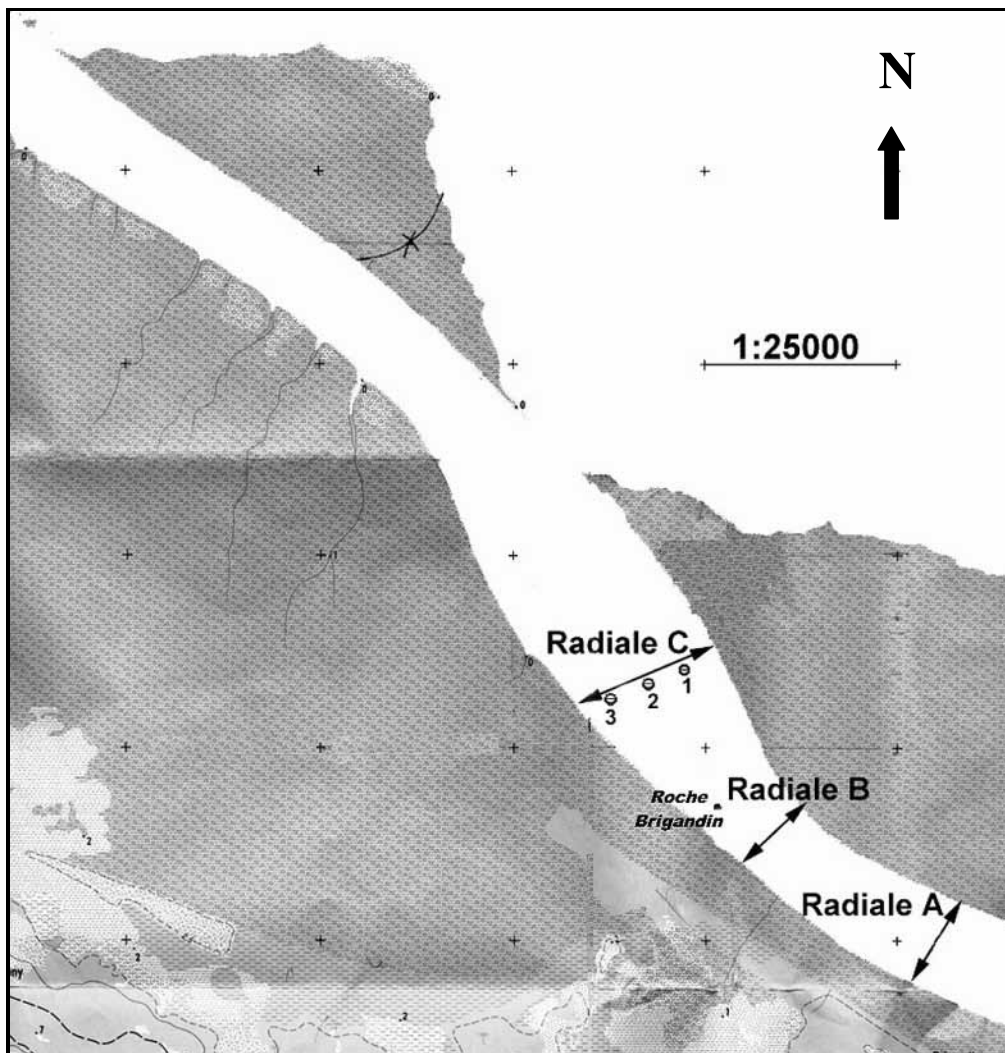


Figure 63 : Zone de collectes sur le fleuve Sinnamary. Les numéros 1, 2 et 3 symbolisent les stations de collectes.

Les prélèvements d'eau ont été effectués à l'aide d'une bouteille à clapet du type Van Dorn de 5 litres lestée ; trois sous-échantillons de 500 ml ont été réalisés sur chaque station. Après homogénéisation du prélèvement, 100 ml ont été filtrés sur filtre GF/F (47 mm ; $\text{Ø } 0.7 \mu\text{m}$), pré-pesés, sur une unité de filtration munie d'une pompe à main. Après retour au laboratoire, les filtres ont été séchés à l'étuve à 60°C , pendant 8 jours, puis pesés (précision

0.1 mg) pour obtenir le poids de matières en suspension. La salinité a été mesurée sur chaque échantillon.

Nous avons décidé de pratiquer l'échantillonnage au niveau de la radiale C, en raison de sa localisation plus proche de la mer et surtout à cause de la présence de la Roche de Brigandin en aval de B qui pouvait occasionner un cumul des sédiments ou des vitesses de courants différents en raison du rétrécissement du lit du fleuve.

Dans un premier temps, nous avons choisi de collecter dans les mêmes trois stations (en surface et au fond), avec deux stations témoins supplémentaires, près des berges, mais seulement en surface, car la profondeur en basse mer dépassait rarement 1 m. Pour chaque station et chaque niveau, trois répliquats ont été prélevés.

En tenant compte de la marée semi-diurne (durée de 12.5 h en Guyane), nous avons décidé de collecter des échantillons toutes les 2 heures, temps nécessaire pour effectuer toutes les mesures et les filtrations sur place et pour couvrir un cycle de marées complet.

Nous avons collecté les données tous les 30 jours, car le temps nécessaire à la préparation du matériel et des analyses au laboratoire, ne nous permettait pas d'augmenter ce taux d'échantillonnage. En tenant compte des précédentes études dans les estuaires en Guyane, principalement sur le Sinnamary, nous avons choisi de faire les collectes pendant la période des vives-eaux, pour pouvoir ensuite comparer les résultats. Les prélèvements ont été réalisés entre décembre 1996 et février 1998.

Le choix des paramètres étudiés sur les échantillons a été fait en considérant la distance du laboratoire, le budget disponible, le soutien logistique, les possibilités de conservation du matériel et des appareils analytiques disponibles. Les paramètres tels que les ions (nitrates, nitrites, phosphates) et la silice, ont été éliminés car impossibles à analyser sur place.

Nous avons porté notre attention sur la température, la salinité, la conductivité, le pH, l'oxygène dissous, la chlorophylle, les matières en suspension (particulaires et végétales) et les collectes du phytoplancton et du phytobenthos.

Résultats

Nous avons testé cinq facteurs pour vérifier la variabilité spatio-temporelle de la salinité et de la matière particulaire totale (MPT) : **l'échantillonnage** (nombre de collectes), **l'hétérogénéité sur la station** à un temps donné (collectes en surface et au fond),

l'hétérogénéité sur la largeur du fleuve (trois stations), **l'hétérogénéité le long du fleuve** (trois radiales), **la variabilité au cours du cycle de marées** (trois stades de la marée). Après vérification de la normalité des données, nous avons procédé à une analyse des variances (ANOVA) pour les MPT et un test non paramétrique pour la salinité (Kruskal-Wallis), avec le logiciel Systat 6.0.1 (SPSS).

En relation avec le nombre de filtrations par station (**échantillonnage**), nous avons constaté une bonne précision des collectes pour chaque station. En surface, l'erreur a varié entre 2 et 19 % et au fond entre 4 et 18 %. Pour les autres facteurs, le tableau 32 présente les résultats exprimés par les moyennes pour le fleuve Sinnamary, en vives-eaux.

Tableau 32 : Moyennes (avec erreur standard) des matières en suspension (mg.L^{-1}) et de la salinité (‰) à l'estuaire du Sinnamary (septembre 1996).

		MPT	Salinité
Niveaux	Surface	4.2 (0.5)	2.9 (0.4)
	Fond	14.0 (0.9)	15.6 (1.2)
Stations	1	8.6 (0.9)	9.1 (1.5)
	2	9.6 (1.3)	9.6 (1.4)
	3	7.7 (0.7)	9.1 (1.3)
Radiales	A	8.8 (1.1)	6.9 (1.5)
	B	9.0 (0.7)	7.7 (1.4)
	C	9.6 (1.1)	9.8 (1.3)
Marées	Basse Mer	11.3 (1.2)	0.6 (0.1)
	Flot	6.6 (0.2)	16.1 (1.2)
	Jusant	8.1 (1.2)	11.1 (1.4)

En ce qui concerne la variabilité spatiale (**hétérogénéité sur la station**), les valeurs pour le facteur "niveaux" diffèrent significativement pour les MPT et pour la salinité ($P < 0.001$). La moyenne du fond est plus de trois fois supérieure à celle de la surface pour les MPT et cinq fois pour la salinité.

Nous n'avons pas trouvé de fluctuations significatives entre les stations (**hétérogénéité sur la largeur du fleuve**), pour les MPT ($P = 0.379$) et pour la salinité ($P = 0.856$). La station 2 située au milieu du fleuve a néanmoins une moyenne un peu plus forte par rapport aux moyennes près des berges.

L'hétérogénéité le long du fleuve n'est pas significative pour les MPT et pour la salinité (respectivement $P=0.364$ et 0.729). Cependant, la radiale la plus proche de la mer (C) a une moyenne un peu plus forte que les autres, pour les deux paramètres. À partir des trois facteurs étudiés, nous avons réalisé une analyse multiple de variance (F-Anova et General Linear model), établissant la relation radiales/stations/niveaux ; les résultats sont avérés non significatifs pour les MPT ($P=0.776$) et la salinité ($P=0.943$).

La variabilité temporelle, caractérisée par les collectes faites aux différentes heures de marées (**cycle de marées**), est significative pour les matières en suspension ($P<0.05$) et pour la salinité ($P<0.001$). Durant les trois phases de marée, les valeurs des MPT sont maximales en basse mer, et minimales lors du flot ; le jusant correspondant à des valeurs intermédiaires. Pour la salinité, les valeurs de basse mer sont très faibles et pratiquement homogènes sur la colonne d'eau. Nous avons, en revanche, observé une hétérogénéité pendant le flot avec des valeurs plus fortes au fond qu'à la surface.

Nous avons constaté une diminution des charges (Figure 64), de l'aval vers l'amont. La radiale C présente les valeurs les plus fortes pour les paramètres étudiés. Cela est probablement lié à la proximité du banc de vase et aux profondeurs moindres que sur la radiale A, comme mentionné dans l'étude de Vauchel (1995). À partir des résultats de la variabilité spatiale des trois facteurs étudiés, nous pouvons dire qu'il n'existe pas de variation significative entre les différents points de collecte.

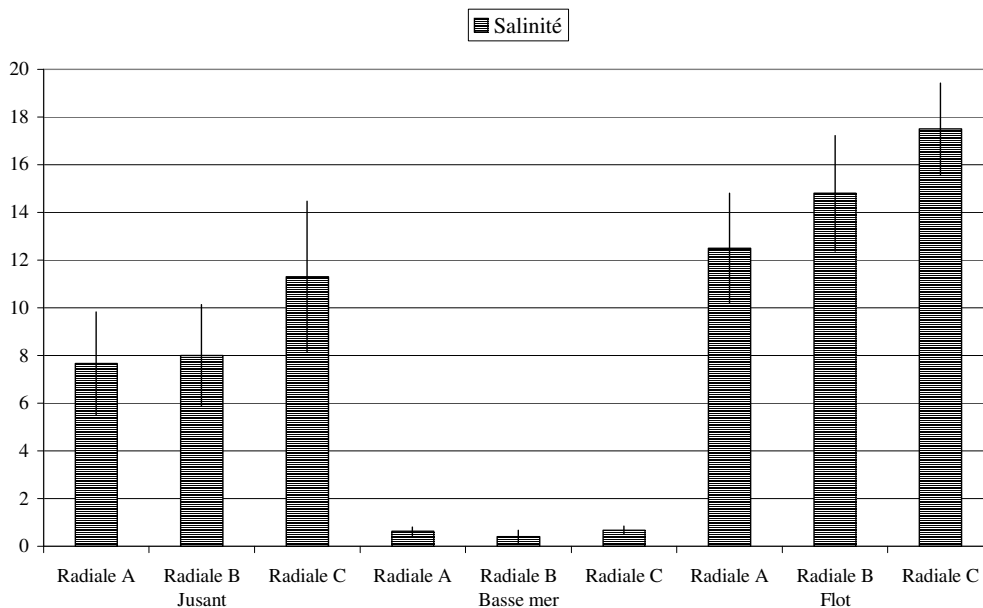


Figure 64 : Moyennes et erreurs standard de la salinité dans les radiales A, B et C au cours du jusant, basse mer et flot, pour l'estuaire du Sinnamary (septembre 1996).

Nous avons trouvé des résultats similaires pour la matière en suspension et la salinité en mortes-eaux. En revanche, les concentrations en MPT pendant les vives-eaux étaient deux fois supérieures à celles des mortes-eaux.

Nous avons extrapolé les conclusions auxquelles nous avons abouti sur le Sinnamary au second fleuve étudié, l'Iracoubo, en dépit de conditions du milieu quelque peu différentes. En effet, l'Iracoubo subit un transit des sédiments plus important en amont que le Sinnamary. La limite du front salé se trouve à plus de 12 km de l'estuaire, comme l'atteste la présence de la végétation de mangrove jusqu'au pont situé dans la commune d'Iracoubo. De plus, pendant la saison sèche, le transit peut se faire sentir à plus de 30 km en amont du pont, car il n'existe pas de barrière naturelle ("sauts" ou roches) dans ce périmètre.

Annexe 2 : Journal de bord. Préparation du matériel pour les missions.

Avant la mission :



Matière en suspension, Chlorophylle et Phytoplancton :

- 288 filtres pesés et numérotés (40 filtres supplémentaires, en cas de perte) ;
- 18 filtres pour la chlorophylle (12 supplémentaires) ;
- Préparer sac (poubelle) pour les collectes du matériel végétal ;
- 10 flacons (200 ml) par fleuve (comptages) ;
- 36 flacons (500 ml) pour les filtrations de la MPT ;
- Filets (6) pour la matière végétale (flotteurs, ancrs, débitmètre, bouées, cordes) ;
- Filet pour le phytoplancton ;
- 20 flacons (40 ml) par fleuve (phytoplancton - filet) ;
- 20 cryotubes (chlorophylle).

Appareils (tester avant le départ) et autres matériels :

- Thermosalinomètre (2) ;
- pHmètre ;
- Oxymètre ;
- GPS ;

- Courantomètre ;
- Pompes à main, bouteille Van Dorn (5 litres), cordes, lests ;
- Réserver la voiture (Toyota 4x4), réserver le carbet (Paracou), ordre de mission, bon de commande (gasoil, huile) ;
- Coque, mouillage, moteur hors bord 35CV (+ 14CV), jerrican (2), pagaies, carburant ;
- Cahier de bord, stylo, lampe à main, piles ;
- Off (anti-moustique), imperméable, crème anti-UV ;
- Nourriture, eau minérale, boîte des premiers soins ;
- Hamac + moustiquaire, touque (vêtements de rechange).

Pendant la mission :

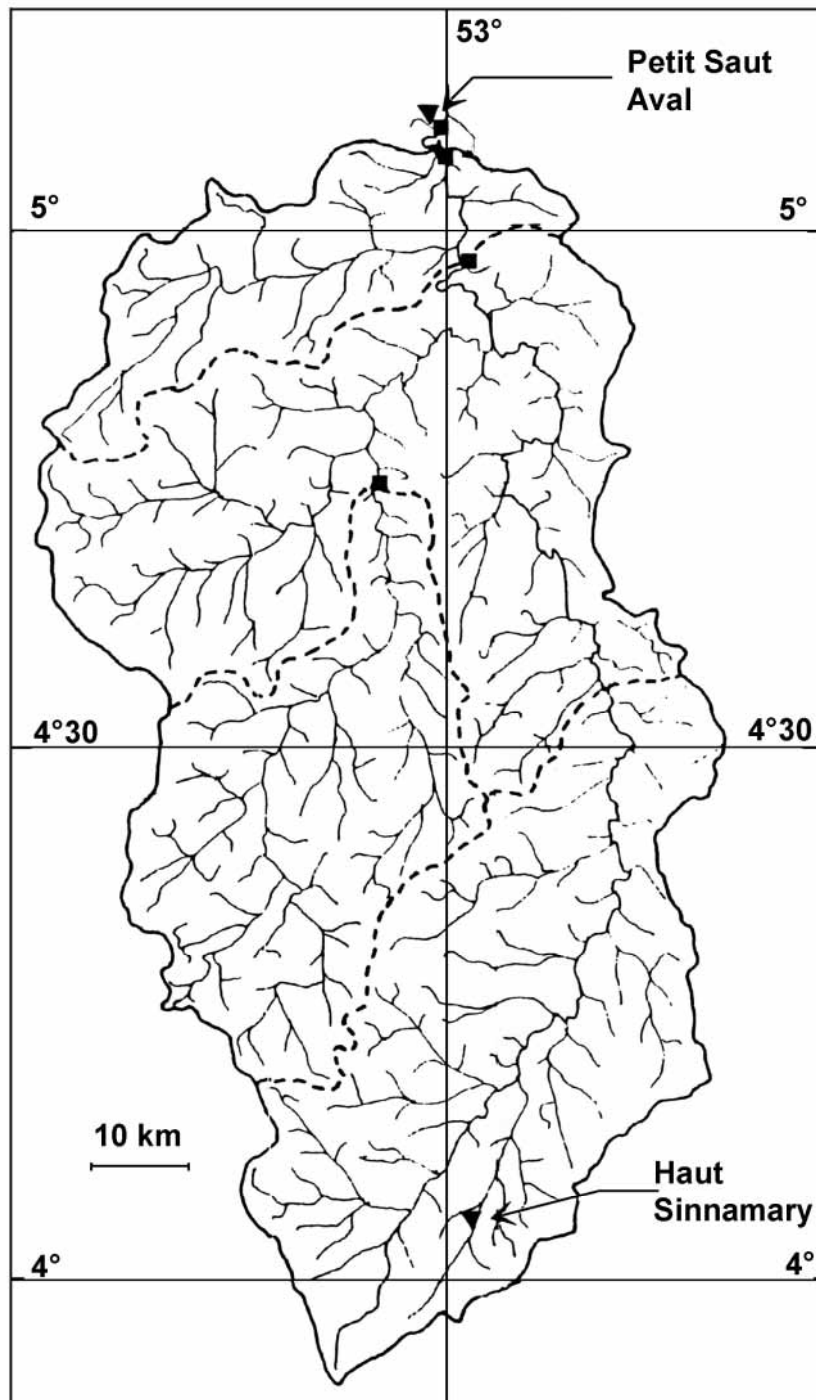


- Départ du carbet à 5h30 et arrivée à l'estuaire à 6h30 ;
- Mise en marche des filets pour la matière végétale dans les 5 stations ; relevé du courantomètre avant la mise en eau et avant chaque collecte de l'eau ;
- Début des collectes de l'eau en surface et au fond (filtrations) et mesures à 7h00 ;
- Relevé des vitesses du courant toutes les heures ;
- À 14h00, vider (tamiser) le matériel végétal des filets (changement de la marée) ; enlever le matériel animal ; mise dans les sacs (étiquetés) ;
- À 17h00, fin des collectes, mesures et filtrations ; retour au débarcadère (18h30).

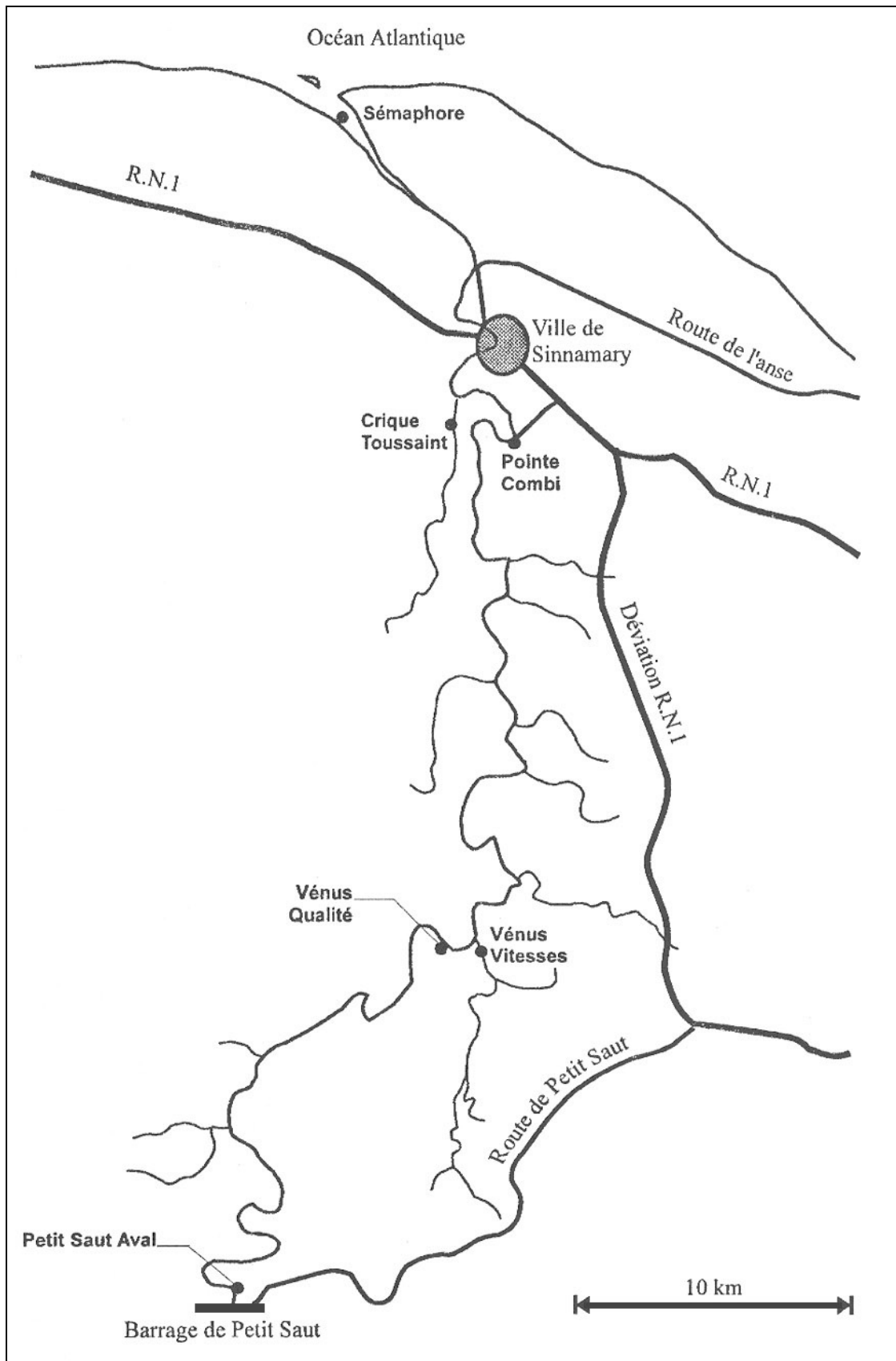
Après la mission :

- Mettre les filtres de la chlorophylle à extraire dans acétone (24h) ; mesures au spectrophotomètre (avant et après acidification) ; laver les flacons et remettre des filtres vierges pour la prochaine mission ;
- Séparer la moitié des collectes du phytoplancton dans deux flacons différents -> l'une est mise dans le frigo (analyse du matériel vivant) et l'autre fixée au formaldéhyde 4% neutralisé ;
- Laver et nettoyer la coque, les moteurs, les ancres (du bateau et des filets), remorque, filets, appareils ;
- Laver et trier feuilles et graines et les mettre dans la salle sèche (3 semaines) ; trier les feuilles ; peser feuilles et graines ;
- Mettre les filtres dans l'étuve (8 jours) ; peser ; calciner (10 filtres à la fois) ; peser ;
- Laver et sécher les boîtes (analysides) des filtres ; peser les filtres pour la prochaine mission ;
- Rentrer toutes les données dans l'ordinateur ;
- Trier les algues collectées avec le filet (loupe) et ensuite photographier et dessiner ;
- Préparer les 5 colonnes à sédimentation pour les comptages des algues (microscope photonique inversé à l'Institut Pasteur).

Annexe 3 : Bassin versant du fleuve Sinnamary. Petit Saut amont.



- Petit Saut aval.



Annexe 4 : Moyenne et erreur standard des paramètres physico-chimiques, des matières en suspension et des chlorophylles (en surface et au fond) des deux estuaires.

Paramètres	IRACOUBO			SINNAMARY		
	Moyenne	Surface	Fond	Moyenne	Surface	Fond
Température (°C)	29.2 (0.13)	29.1 (0.18)	29.3 (0.18)	28.6 (0.09)	28.5 (0.13)	28.7 (0.13)
Salinité (‰)	11.2 (0.77)	9.9 (1.00)	12.5 (1.15)	5.6 (0.59)	2.7 (0.49)	8.4 (0.98)
Oxygène dissous (mg.L ⁻¹)	5.2 (0.07)	5.3 (0.09)	5.2 (0.09)	4.7 (0.07)	4.7 (0.09)	4.7 (0.12)
Oxygène saturé (%)	72.9 (1.1)	72.8 (1.5)	73.0 (1.6)	63.3 (1.1)	62.1 (1.3)	64.6 (1.8)
pH*	6.8 (0.06)	6.8 (0.08)	6.8 (0.08)	6.4 (0.05)	6.3 (0.06)	6.5 (0.07)
MPT (g.L ⁻¹)	1.28 (0.13)	0.79 (0.09)	1.76 (0.24)	0.31 (0.04)	0.13 (0.01)	0.49 (0.08)
MOP (g.L ⁻¹)	0.14 (0.01)	0.10 (0.01)	0.18 (0.02)	0.04 (0.01)	0.02 (0.00)	0.07 (0.01)
MIP (g.L ⁻¹)	1.14 (0.12)	0.69 (0.08)	1.58 (0.22)	0.27 (0.09)	0.11 (0.01)	0.38 (0.07)
Matière végétale (g)*		79.3 (0.3)			156.0 (0.7)	
Débit solide estimé (t.an ⁻¹)*		0.63x10 ⁶			0.05x10 ⁶	
Chlorophylle a (µg.L ⁻¹)		14.9 (1.09)			14.5 (1.00)	
Chlorophylle b (µg.L ⁻¹)		9.9 (0.96)			12.8 (1.09)	
Chlorophylle c (µg.L ⁻¹)		11.8 (1.08)			8.3 (0.88)	
Phéopigments (µg.L ⁻¹)		8.40 (1.02)			8.48 (0.74)	

* Uniquement pour l'année 1997

Annexe 5 : Moyenne et erreur standard des paramètres physico-chimiques, des matières en suspension et des chlorophylles, selon le stade de la marée, des deux estuaires (Uniquement pour l'année 1997).*

IRACOUBO	Basse mer	Flot	Pleine Mer	Jusant
Température (°C)	29.5 (0.37)	29.6 (0.20)	28.8 (0.24)	28.9 (0.22)
Salinité (‰)	3.9 (0.96)	12.5 (1.36)	19.9 (1.64)	9.4 (1.21)
Oxygène dissous (mg.L ⁻¹)	4.7 (0.15)	5.5 (0.12)	5.6 (0.17)	5.0 (0.09)
Oxygène saturé (%)	63.2 (2.1)	78.4 (1.9)	81.2 (2.3)	68.5 (1.5)
pH*	6.4 (0.10)	6.8 (0.11)	7.1 (0.17)	6.8 (0.08)
MPT (g.L ⁻¹)	1.85 (0.50)	1.21 (0.15)	0.39 (0.04)	1.50 (0.24)
MOP (g.L ⁻¹)	0.17 (0.04)	0.15 (0.02)	0.05 (0.01)	0.16 (0.02)
MIP (g.L ⁻¹)	1.68 (0.46)	1.06 (0.14)	0.34 (0.18)	1.34 (0.79)
Chlorophylle a (µg.L ⁻¹)	19.1 (3.05)	13.8 (1.78)	9.4 (1.25)	16.7 (2.04)
Chlorophylle b (µg.L ⁻¹)	16.0 (3.36)	7.8 (1.46)	6.0 (1.19)	10.9 (1.43)
Chlorophylle c (µg.L ⁻¹)	17.7 (3.49)	8.4 (1.23)	7.4 (1.22)	14.2 (2.04)
Phéopigments (µg.L ⁻¹)	11.3 (2.43)	8.8 (1.52)	3.5 (1.23)	8.9 (2.16)

SINNAMARY	Basse mer	Flot	Pleine Mer	Jusant
Température (°C)	28.7 (0.21)	29.0 (0.16)	27.9 (0.18)	28.5 (0.16)
Salinité (‰)	0.3 (0.10)	5.4 (1.09)	11.9 (1.75)	5.0 (0.76)
Oxygène dissous (mg.L ⁻¹)	4.2 (0.14)	4.9 (0.13)	5.3 (0.13)	4.4 (0.14)
Oxygène saturé (%)	54.9 (1.9)	67.4 (2.0)	72.9 (2.2)	58.7 (1.9)
pH*	5.9 (0.07)	6.4 (0.09)	6.9 (0.12)	6.4 (0.07)
MPT (g.L ⁻¹)	0.45 (0.16)	0.25 (0.07)	0.21 (0.04)	0.28 (0.07)
MOP (g.L ⁻¹)	0.05 (0.01)	0.04 (0.01)	0.04 (0.01)	0.04 (0.01)
MIP (g.L ⁻¹)	0.40 (0.14)	0.21 (0.04)	0.17 (0.03)	0.24 (0.05)
Chlorophylle a (µg.L ⁻¹)	18.4 (2.75)	16.1 (1.83)	10.2 (1.81)	13.3 (1.60)
Chlorophylle b (µg.L ⁻¹)	15.8 (2.97)	14.3 (2.18)	8.5 (1.49)	11.9 (1.74)
Chlorophylle c (µg.L ⁻¹)	10.2 (2.27)	9.4 (1.70)	6.0 (1.48)	7.4 (1.50)
Phéopigments (µg.L ⁻¹)	11.3 (2.42)	8.5 (1.19)	6.5 (1.29)	8.0 (1.23)

Annexe 6 : Inventaire floristique des fleuves Iracoubo et Sinnamary. Codage des classes et des espèces.

CLASSES (sous-classes)		ESPÈCES	
Familles	CODE		CODE
CYANOPHYCEAE	CYA		81
Phormidiaceae	OSCI	<i>Trichodesmium thiebautii</i>	1
		<i>Spirulina</i> sp.	2
DINOPHYCEAE	DIN		
Prorocentraceae	PROR	<i>Prorocentrum micans</i>	3
Peridiniaceae	PERI	<i>Peridinium</i> sp.	4
EUGLENOPHYCEAE	EUG		
Euglenaceae	EUGL	<i>Phacus orbicularis</i>	5
		<i>Trachelomonas armata</i> var. <i>longispina</i>	6
ZYGOPHYCEAE	ZYG		
Closteriaceae	CLOS	<i>Closterium malmei</i>	7
Desmidiaceae	DESM	<i>Cosmarium redimitum</i>	8
		<i>Desmidium baileyi</i>	9
		<i>Euastrum evolutum</i>	10
		<i>Pleurotaenium ehrenbergii</i>	11
		<i>Staurastrum elegantissimum</i>	12
		<i>Xanthidium mamillosum</i>	13
EUCHLOROPHYCEAE	EUC		18
Oocystaceae	OOCY	<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	14
Dictyosphaeriaceae	DICT	<i>Botryococcus braunii</i>	15
Volvocaceae	VOLV	<i>Eudorina elegans</i>	16
Scenedesmaceae	SCEN	<i>Scenedesmus brasiliensis</i>	17
TRIBOPHYCEAE	TRIB		
Pleurochloridaceae	PLEU	<i>Pseudostaurastrum</i> sp.	19
		<i>Tetraedriella spinigera</i>	20
DIATOMOPHYCEAE	DIA		
(Centrophycideae)	CENT		42
		<i>Actinocyclus</i> sp.	21

		<i>Biddulphia</i> sp.	22
		<i>Cerataulina dentata</i>	23
		<i>Chaetoceros compressus</i>	24
		<i>Chaetoceros subtilis</i> var. <i>abnormis</i>	25
		<i>Corethron criophilum</i>	26
		<i>Coscinodiscus asteromphalus</i>	27
		<i>Coscinodiscus granii</i>	28
		<i>Coscinodiscus jonesianus</i>	29
		<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>	30
		<i>Cyclotella comta</i>	31
		<i>Cyclotella stylorum</i>	32
		<i>Cyclotella</i> sp.	33
		<i>Eucampia cornuta</i>	34
		<i>Hyalodiscus scoticus</i>	35
		<i>Lauderia annulata</i>	36
		<i>Odontella mobiliensis</i>	37
		<i>Skeletonema costatum</i>	38
		<i>Skeletonema tropicum</i>	39
		<i>Thalassiosira leptopus</i>	40
		<i>Thalassiosira hendeyi</i>	41
(Pennatophycidae)	PENN		80
		<i>Ardisonia</i> sp.	43
		<i>Asterionella notata</i>	44
		<i>Asterionella japonica</i>	45
		<i>Asterionella</i> sp.	46
		<i>Caloneis permagna</i>	47
		<i>Caloneis westii</i>	48
		<i>Caloneis</i> sp.	49
		<i>Diploneis</i> sp.	50
		<i>Ditylum sol</i>	51
		<i>Entomoneis alata</i>	52
		<i>Entomoneis paludosa</i>	53

<i>Eunotia formica</i>	54
<i>Eunotia</i> sp.	55
<i>Frustulia interposita</i>	56
<i>Gyrosigma exoticum</i>	57
<i>Gyrosigma hippocampus</i>	58
<i>Gyrosigma peisonis</i>	59
<i>Gyrosigma spectabile</i>	60
<i>Gyrosigma</i> sp.	61
<i>Mastogloia</i> sp.	62
<i>Navicula cuspidata</i>	62
<i>Navicula manii</i>	64
<i>Nitzschia delicatissima</i>	65
<i>Nitzschia longissima</i>	65
<i>Nitzschia obtusa</i>	67
<i>Nitzschia pungens</i>	68
<i>Nitzschia sigma</i>	69
<i>Nitzschia</i> sp.	70
<i>Pleurosigma brasiliensis</i>	71
<i>Pleurosigma majus</i>	72
<i>Pleurosigma normanii</i>	73
<i>Rhizosolenia pungens</i>	74
<i>Surirella rorata</i>	75
<i>Surirella febigerii</i>	76
<i>Synedra laevigata</i>	77
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	78
<i>Thalassionema frauenfeldii</i>	79

Annexe 7 : Moyennes des comptages des espèces, pour la méthode A, dans l'estuaire de l'Iracoubo.

Méthode A

Espèces	déc-96	janv-97	mars-97	avr-97	mai-97	juin-97	juil-97	août-97	sept-97	oct-97	nov-97	déc-97	janv-98	févr-98	Total
1	0	1000	0	500	0	1000	0	0	0	0	0	0	0	0	178.57
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	400	28.57
4	0	0	0	0	500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35.71
6	0	0	0	0	1500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	107.14
11	0	1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71.43
16	0	0	0	0	500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35.71
18	400	0	1000	1500	1000	0	0	0	0	1000	0	0	0	0	350.00
20	0	0	0	0	2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	142.86
21	0	0	0	0	0	0	0	167	0	0	0	0	0	0	11.93
22	0	1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71.43
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	400	28.57
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200	14.29
25	0	0	0	0	0	0	0	167	0	0	0	0	0	200	26.21
29	0	0	1000	0	500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	107.14
30	400	3000	0	1000	1000	500	0	167	0	1000	1000	1000	2000	0	790.50
31	400	1000	1000	1000	2500	0	500	333	0	0	0	0	0	400	548.69
32	0	4000	0	0	2000	500	0	0	0	3000	3000	1000	2000	400	1135.71
33	0	0	1000	1000	1500	0	0	167	1000	0	0	0	0	0	333.36
34	0	0	0	1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71.43
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200	14.29
38	0	0	0	0	0	1500	1500	500	0	1000	0	0	0	0	321.43
39	0	0	0	0	0	3000	1500	1333	0	0	1000	2000	2000	1200	859.50
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1000	0	0	71.43
41	0	0	1000	0	1000	500	500	167	2000	4000	3000	2000	0	400	1040.50
42	0	1000	2000	1000	500	0	0	167	2000	5000	1000	3000	2000	1000	1333.36
43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1000	0	0	0	71.43
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1000	0	2000	2000	0	357.14
49	0	1000	0	0	500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	107.14
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2000	0	142.86
51	0	0	0	0	0	0	0	167	0	0	0	0	0	200	26.21
58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2000	0	1000	6000	0	642.86
59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200	15.38
60	0	0	0	0	0	0	0	167	0	0	0	1000	0	0	83.36
61	0	0	0	0	500	0	0	0	2000	3000	0	0	0	0	392.86
62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200	14.29
63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3000	0	0	214.29
64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1000	2000	200	228.57
67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200	14.29
70	400	0	0	0	0	0	500	0	0	0	0	0	0	600	107.14
71	0	0	0	0	0	0	0	167	2000	2000	0	5000	0	600	697.64
72	0	3000	1000	0	2000	0	0	0	4000	2000	1000	0	0	0	928.57
73	0	0	0	0	0	0	0	167	0	0	0	0	0	0	11.93
76	0	2000	1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	214.29
78	0	0	0	0	0	0	0	667	0	7000	0	1000	2000	0	761.93
79	0	0	0	0	0	500	0	500	4000	1000	3000	0	0	400	671.43
80	1600	800	2000	500	2600	500	800	1167	5000	21000	5000	5000	0	400	3311.93
81	1200	2000	0	500	500	0	0	167	0	0	0	0	2000	800	511.93
Total	93.62	442.55	234.04	170.21	438.30	170.21	112.77	137.76	468.09	1173.91	404.26	617.02	510.64	182.98	367.43

Annexe 8 : Moyennes des comptages des espèces, pour la méthode B, dans l'estuaire de l'Iracoubo.

Méthode B										
Espèces	juin-97	juil-97	août-97	sept-97	oct-97	nov-97	déc-97	janv-98	févr-98	Total
1	250	250	0	0	0	0	17	0	0	50.00
3	0	28	0	0	111	0	0	0	67	24.20
4	0	83	17	0	0	17	0	0	0	13.73
6	0	167	0	0	0	0	0	0	0	19.61
18	0	89	33	17	1222	50	40	0	0	169.92
21	0	0	128	117	0	0	0	0	0	28.76
23	0	0	0	0	0	0	0	0	733	86.27
24	0	0	0	117	0	17	300	0	33	49.02
25	0	195	156	67	56	0	200	0	33	79.10
26	0	0	0	0	0	0	960	0	0	94.12
27	0	0	0	0	250	0	0	0	0	29.41
28	0	0	0	0	250	0	0	0	0	29.41
29	63	83	0	0	167	0	0	333	0	73.53
30	125	167	45	500	945	183	1220	2500	1000	757.53
31	63	322	239	183	533	0	300	0	67	185.64
32	125	367	67	167	861	1400	1320	1000	1067	718.96
33	63	656	300	550	917	33	560	889	0	453.25
34	0	350	67	50	0	0	80	0	0	62.75
35	0	0	0	0	83	0	0	0	0	9.80
36	0	0	0	150	0	0	0	0	0	17.65
37	0	56	0	17	0	83	520	0	33	73.20
38	938	645	311	83	528	0	0	0	0	257.86
39	14438	1328	2001	167	445	650	2620	1333	867	2188.04
40	63	56	0	100	0	0	200	0	0	42.80
41	125	667	56	550	3389	1367	640	500	400	887.59
42	250	711	272	1283	2778	450	1360	2889	167	1158.82
43	0	0	0	0	333	250	0	889	1000	296.66
44	0	0	33	0	0	0	0	0	0	3.92
45	0	0	0	0	333	67	1060	333	0	190.20
46	0	0	0	0	83	0	0	0	0	9.80
47	0	83	0	0	0	0	0	0	0	9.80
50	0	0	0	0	0	17	0	333	0	41.18
51	0	239	78	17	167	275	100	0	33	104.90
52	0	0	0	0	56	17	0	0	0	8.49
53	0	17	0	0	0	0	0	0	0	1.96
54	0	83	0	0	0	0	0	0	0	9.80
55	0	0	28	0	28	0	0	0	0	6.55
56	0	83	0	0	0	0	0	0	0	9.80
57	125	0	0	0	0	0	0	0	0	9.80
58	0	0	0	417	1000	583	820	1000	667	511.76
59	0	295	0	0	0	0	0	0	33	39.34
60	0	17	28	167	0	0	200	556	0	109.80
61	0	33	133	917	1083	0	240	333	667	396.08
62	0	0	0	33	417	0	0	0	700	135.29
63	0	83	0	0	0	0	660	333	0	113.73
64	0	117	0	17	28	417	660	417	700	264.06
65	0	778	95	167	0	0	0	0	0	122.24
67	150	433	0	0	0	0	0	0	367	105.88
68	0	0	0	200	0	0	0	0	0	23.53
69	0	433	33	0	0	83	0	0	0	64.71
70	0	617	128	0	0	83	0	0	100	109.16
71	0	256	61	600	1333	33	2100	556	100	551.63
72	625	0	67	1317	1000	183	200	889	0	475.16
73	63	0	161	83	0	0	0	0	0	33.67
74	0	0	61	333	0	0	0	0	0	46.41
75	0	83	0	0	0	0	0	0	0	9.80
76	0	50	0	0	167	50	0	0	0	31.37
77	0	0	0	333	0	0	0	0	0	39.22
78	0	406	267	283	3806	492	1020	3028	667	1152.63
79	125	250	217	2117	1778	542	0	1222	67	738.24
80	1125	3445	1150	2317	9028	1558	3280	2222	2733	3051.31
81	0	850	150	217	56	83	350	667	800	366.04
Total	301.81	239.78	103.46	220.16	535.94	144.89	338.14	358.42	211.29	270.29

Annexe 9 : Moyennes des comptages des espèces, pour la méthode A, dans l'estuaire du Sinnamary.

Méthode A

N° espece	déc-96	janv-97	mars-97	avr-97	mai-97	juin-97	juil-97	août-97	sept-97	oct-97	nov-97	déc-97	janv-98	févr-98	Total
1	1200	400	4000	1000	0	2167	350	60	0	0	14400	667	3000	0	1946.00
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3600	333	0	0	280.93
3	0	0	0	0	0	167	0	0	0	0	0	0	0	0	11.93
4	0	0	1000	0	0	167	0	0	0	0	0	0	0	0	83.36
5	0	0	0	0	0	833	0	0	0	0	300	0	0	0	80.93
6	2000	9600	3000	500	1500	333	0	0	0	800	200	0	2000	0	1423.79
7	400	0	0	500	0	2000	900	0	0	0	200	0	0	0	285.71
8	800	0	0	500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92.86
9	0	0	1000	0	0	500	300	0	0	0	600	333	0	0	195.21
10	0	0	1000	1000	0	167	0	0	0	0	0	0	0	0	154.79
11	400	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	35.71
12	0	0	0	1500	9500	667	500	0	0	10000	3600	833	0	1600	2014.29
14	0	400	17000	15000	1000	833	300	100	0	100	2200	167	1000	2000	2864.29
15	2000	800	2000	0	1000	333	400	0	0	200	0	0	0	0	480.93
16	0	0	1000	0	0	0	300	100	0	0	0	0	1000	0	171.43
17	1600	0	0	1000	0	0	700	0	100	100	0	0	0	0	250.00
18	0	0	5000	0	0	2000	1400	0	300	1000	4400	833	7000	1600	1680.93
19	0	0	0	1500	0	1167	1300	100	300		200	0	0	0	351.31
20	4400	800	0	3000	1000	667	700	0	0	100	0	0	1000	400	861.93
24	0	0	0	0	0	333	0	0	0	0	400	0	0	0	52.36
25	0	0	0	0	0	333	400	0	0	0	200	0	0	0	66.64
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1000	0	71.43
29	0	0	0	0	500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35.71
30	0	1200	0	500	0	0	0	0	0	0	0	167	0	0	133.36
31	800	3600	0	0	500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	350.00
32	2400	0	1000	0	500	0	100	0	0	0	0	0	0	0	285.71
33	0	0	2000	1500	500	2167	300	0	0	0	0	167	0	0	473.86
34	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	7.14
38	0	0	0	0	0	833	100	0	0	100	0	0	0	0	73.79
39	0	400	0	0	0	3333	1300	600	100	0	0	167	0	400	450.00
41	0	800	2000	0	500	0	100	0	0	0	400	0	0	0	271.43
42	1200	400	0	500	1500	167	100	100	200	100	600	167	0	0	359.57
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1000	0	71.43
49	0	0	0	0	0	333	0	0	0	0	0	0	0	0	23.79
51	0	400	0	0	0	167	0	0	0	0	0	0	0	0	40.50
52	0	0	0	0	0	0	0	0	300	500	26000	1833	0	0	2045.21
53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	1400	3667	0	0	369.07
57	0	0	0	0	0	167	0	0	0	0	0	0	0	0	11.93
58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	200	0	0	0	21.43
61	0	1600	0	0	1000	0	100	0	0	0	0	0	0	0	192.86
64	0	0	0	0	0	167	100	0	0	100	600	333	0	0	92.86
66	0	0	0	0	0	333	0	0	0	0	0	0	0	0	23.79
67	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	7.14
69	0	800	0	0	0	167	0	0	0	0	0	0	0	0	69.07
70	400	3200	0	0	0	0	0	0	0	200	0	0	0	800	328.57
71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	7.14
72	0	0	0	0	1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71.43
79	0	400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28.57
80	800	5200	1000	1500	500	333	700	100	100	300	200	1333	7000	1200	1447.57
81	0	0	0	0	0	0	230	0	300	400	9200	0	1000	800	852.14
Total	368.00	600.00	820.00	590.00	410.00	416.68	215.60	23.20	36.00	293.88	1378.00	220.00	500.00	176.00	432.15

Annexe 10 : Moyennes des comptages des espèces, pour la méthode B, dans l'estuaire du Sinnamary.

Methode B										
Espèces	juin-97	juil-97	août-97	sept-97	oct-97	nov-97	déc-97	janv-98	févr-98	Total
1	1354	337	12	0	395	4933	520	2000	733	1146.61
2	0	0	0	0	0	1483	380	0	0	211.76
3	42	0	0	0	17	33	0	0	0	9.16
4	42	0	0	0	0	0	0	333	0	42.49
5	208	0	0	0	0	50	0	0	0	22.22
6	833	100	0	0	317	150	0	500	167	210.45
7	2250	220	0	0	117	517	0	0	0	276.80
8	0	83	0	0	0	0	0	0	0	9.80
9	125	50	0	0	0	283	67	0	0	55.55
10	42	0	0	0	0	0	0	0	0	3.27
11	0	0	0	0	17	0	0	0	0	1.96
12	292	214	0	250	11119	2950	740	667	2833	2216.98
13	0	0	45	0	0	0	0	0	0	5.24
14	333	425	20	0	556	1283	233	833	333	463.66
15	208	153	78	0	122	0	33	0	167	80.73
16	125	50	17	0	0	0	40	167	0	41.18
17	0	145	0	17	17	0	40	0	0	24.84
18	2063	1664	17	206	3356	3333	313	4500	2833	2064.04
19	917	575	17	717	83	167	20	333	167	320.68
20	1042	425	0	61	17	183	113	1000	900	397.08
21	0	0	0	83	0	17	0	0	0	11.76
23	0	0	0	0	0	0	0	1167	1167	274.51
24	583	0	0	0	0	100	0	167	67	84.96
25	958	208	33	433	0	100	0	167	67	193.78
26	0	0	0	0	0	0	0	667	0	78.43
27	0	0	0	167	0	0	0	0	0	19.61
28	250	0	33	0	0	0	0	0	0	23.53
29	0	167	67	0	0	33	0	0	0	31.37
30	0	108	0	361	375	33	207	1167	2000	496.10
31	250	89	33	0	0	0	80	0	0	41.82
32	1313	150	200	500	56	400	280	833	900	487.90
33	542	656	300	228	139	133	460	167	1700	478.43
34	0	0	17	17	0	33	40	0	0	11.76
36	0	0	0	0	0	0	0	667	0	78.43
37	0	33	0	0	0	0	120	333	167	74.51
38	1333	414	139	117	100	0	20	1167	0	334.29
39	7708	800	600	783	989	317	1473	12167	8967	3645.75
40	0	0	67	167	0	0	280	0	0	54.90
41	63	83	278	433	83	83	260	1500	1467	492.49
42	167	403	556	967	758	200	413	4000	3567	1283.02
43	0	0	0	0	28	0	0	333	0	42.49
45	0	0	0	0	153	450	520	833	67	227.78
46	63	0	0	0	0	0	0	0	0	4.90
47	0	0	0	33	139	0	80	0	0	28.10
48	0	33	0	0	0	0	0	0	0	3.92
49	208	100	0	0	83	0	0	0	0	37.90
50	0	0	0	0	56	0	0	0	0	6.53
51	292	261	0	28	0	0	560	1167	167	268.65
52	0	0	200	6561	10450	26750	573	667	0	5306.53
53	0	0	0	0	5045	1417	1133	0	0	871.25
55	0	0	0	83	0	0	0	0	0	9.80
57	42	0	0	0	0	17	0	0	0	5.24
58	0	33	0	0	447	233	353	167	133	153.92
59	0	0	0	0	0	0	40	0	0	3.92
60	0	0	0	83	83	0	0	0	0	19.61
61	0	17	100	0	28	17	40	0	667	101.31
62	0	0	0	222	431	0	173	333	2067	376.14
63	375	0	0	0	253	133	40	0	0	78.76
64	1979	447	33	122	492	467	340	500	1400	595.75
65	0	0	0	0	0	0	0	0	667	78.43
66	208	0	0	0	0	0	0	0	0	16.33
67	0	92	67	250	0	0	0	0	0	48.04
69	167	0	0	0	0	0	0	0	67	20.92
70	1563	33	28	167	189	50	100	333	467	281.39
71	188	333	122	83	45	33	700	0	67	163.75
72	250	0	0	0	133	0	0	0	0	33.34
73	0	0	0	0	0	0	0	0	67	7.84
74	0	167	0	0	0	0	0	0	0	19.61
75	0	33	0	0	0	0	0	0	0	3.92
77	0	0	0	361	0	0	73	0	0	49.69
78	0	200	400	167	333	0	240	3000	733	592.16
79	0	0	100	0	83	0	0	667	0	100.00
80	2146	711	661	1072	722	100	1067	8833	4900	2272.88
81	0	777	122	533	2011	9233	20	833	5967	2293.39
Total	412.45	145.80	59.00	206.39	540.24	752.93	164.69	704.95	616.67	404.51

Annexe 11 : Corrélations de Pearson positives ⁽⁺⁾ ou négatives ⁽⁻⁾ entre 9 variables du milieu avec les 36 espèces (nombre total supérieur à 1.1%) retenues pour l'ACP, pour l'estuaire de l'Iracoubo. Test unilatéral de signification du r de Pearson : * P<0.05 ; ** P<0.01 ; ***P<0.005.

IRACOUBO

Espèces (codes)	MOP	T	S	OXSAT	PH	CHLA	CHLB	CHLC	PHEO
1									
2									
6		*(-)	*(-)		*(-)				
7									
24									
25	*(-)								
30	***(+)	*(+)				***(+)			**(+)
31				*(+)					
32									
34	*(-)	*(-)							*(-)
37									
38									
39	**(-)		*(-)			**(-)			
41	***(+)	*(+)	*(+)			***(+)			*(+)
45	*(+)		**(+)	*(+)		*(+)			*(+)
51							*(-)	*(-)	
52									
53									
58	***(+)	***(+)				***(+)			*(+)
60									
63									
64									
65			*(-)						*(-)
67	*(-)	***(-)	**(-)				*(+)	*(+)	
69									
71	**(+)	*(+)	**(+)	*(+)		***(+)			
72	***(+)	**(+)				***(+)			
74									
78									
79	***(+)	***(+)	***(+)			***(+)			**(+)

Annexe 12 : Corrélations de Pearson positives ⁽⁺⁾ ou négatives ⁽⁻⁾ entre 9 variables du milieu avec les 36 espèces (nombre total supérieur à 1.1%) retenues pour l'ACP, pour l'estuaire du Sinnamary. Test unilatéral de signification du r de Pearson : * P<0.05 ; ** P<0.01 ; ***P<0.005.

SINNAMARY

Espèces (codes)	MOP	T	S	OXSAT	PH	CHLA	CHLB	CHLC	PHEO
1			*(+)		*(+)	*(+)	**(-)		
2	*(-)			*(-)					
6				**(-)					
7					*(+)	**(-)	**(+)	*(-)	*(-)
9	*(-)								
12	*(-)			***(-)			*(+)		
14	**(-)			*(-)			*(+)		
15					*(+)	*(-)			
19						*(-)	***(+)	***(-)	*(-)
20			*(+)			***(-)	*(-)	*(-)	***(-)
24									
25								*(-)	
30			*(-)	*(-)	*(-)				
31				*(+)					
32									
34									
37		*(+)							
38	***(+)								
39	*(+)								
41						***(+)	***(-)	***(+)	***(+)
45				*(-)					
51					*(+)	*(-)			
52				***(-)	*(-)	*(+)			
53	*(-)			***(-)		*(+)			
58				**(+)		**(+)		*(+)	
60									
63				*(-)					
64							*(-)		
67		**(+)							
69	**(+)								
71									
72				*(-)					
74							*(+)		
78			*(-)		**(-)	**(+)	**(+)		*(+)
79				*(-)		*(+)			***(+)

Annexe 13 : Premières pages des travaux publiés ou soumis dans des revues ou ouvrages à comité de lecture.

Space-time variations of suspended material in the Sinnamary estuary, French Guiana. Influence of Petit Saut electric dam.

MAIA DE OLIVEIRA Carlos J.^a & Jacques CLAVIER^b

^a *M.N.H.N. - Laboratoire de Cryptogamie, 12 rue Buffon 75005 Paris, France.*

^b *Centre IRD de Bretagne & IUEM-UMR 6539, Place N. Copernic, 29280 Plouzané*

Brazilian Journal of Oceanography

Abstract

The coast of French Guiana is subjected to the Amazon dispersal system, which is influenced by oceanic currents and trade winds ruled by the position of the Intertropical Convergence Zone. The Sinnamary is one of the major French Guiana rivers. Since 1994, the hydroelectric dam of "Petit Saut" has modified the hydrological regime and the ecological functioning of the estuary. Variations in suspended material (organic and inorganic) concentrations, and parameters such as salinity, temperature, dissolved oxygen and chlorophyll has been followed up from measurement carried out between December 1996 and February 1998 in the estuary. The load varied seasonally and according to the tide. To establish space-time variability, three variation factors (depth, time and tidal variation) have been tested. The effects were significant for salinity, chlorophyll and the total particulate matter load. Suspended material is four times higher near the bottom than in the surface, with a 13 % organic matter percentage. Net total particulate material exportation was estimated to $0,05 \times 10^6 \text{ t.y}^{-1}$ for Sinnamary. Modifications of hydrological parameters related to Petit Saut hydroelectric dam operation mainly affect sediment transport, salinity and oxygen concentration. Significant biological effects are observed in the estuary.

Contribution a l'étude des Desmidiées de la Guyane française

K. Trojánková (2), C. Maia de Oliveira (1), A. Couté (1).

(1) - *Laboratoire de Cryptogamie, Muséum National d'Histoire Naturelle, 12, rue de Buffon, 75231 Paris Cedex, France.*

(2) - *Université de Bôhème du sud, Faculté de la biologie, 31, rue Branišovská, 370 05 České Budějovice, République Tchèque.*

In press *In Nova Hedwigia.*

Résumé : Ce travail consiste en une étude floristique des Desmidiées du Pripris de Yiyi en Guyane française, sous la forme de documents photographiques pris à l'aide du M.E.B. (réunis en planches), ainsi qu'un inventaire de tous les taxons des Desmidiales connues de Guyane française.

Mots - clés : Algues – Desmidiées - Eau douce - Guyane française - Marais - Taxonomie - Ultrastructure.

Abstract : This work includes the floristic study of desmids in freshwater swampy area Pripris de Yiyi in French Guiana, their photographies taken with the help of scanning electron microscopy (grouped in plates) and the list of all Desmidiales taxa known from the French Guiana.

Key words : Algae - Desmids - French Guiana - Freshwater -Swamps - Taxonomy - Ultrastructure.

Annexe 14 : Planches

1. Phot. x 480 - *Trichodesmium thiebautii* Gomont ex Gomont. Vue générale.
2. Phot. x 480 - *Idem*. Filament isolé.
3. Phot. x 480 - *Idem*. Apex.
4. Phot. x 480 - *Spirulina* sp. Turpin. Vue générale.

1



2



3

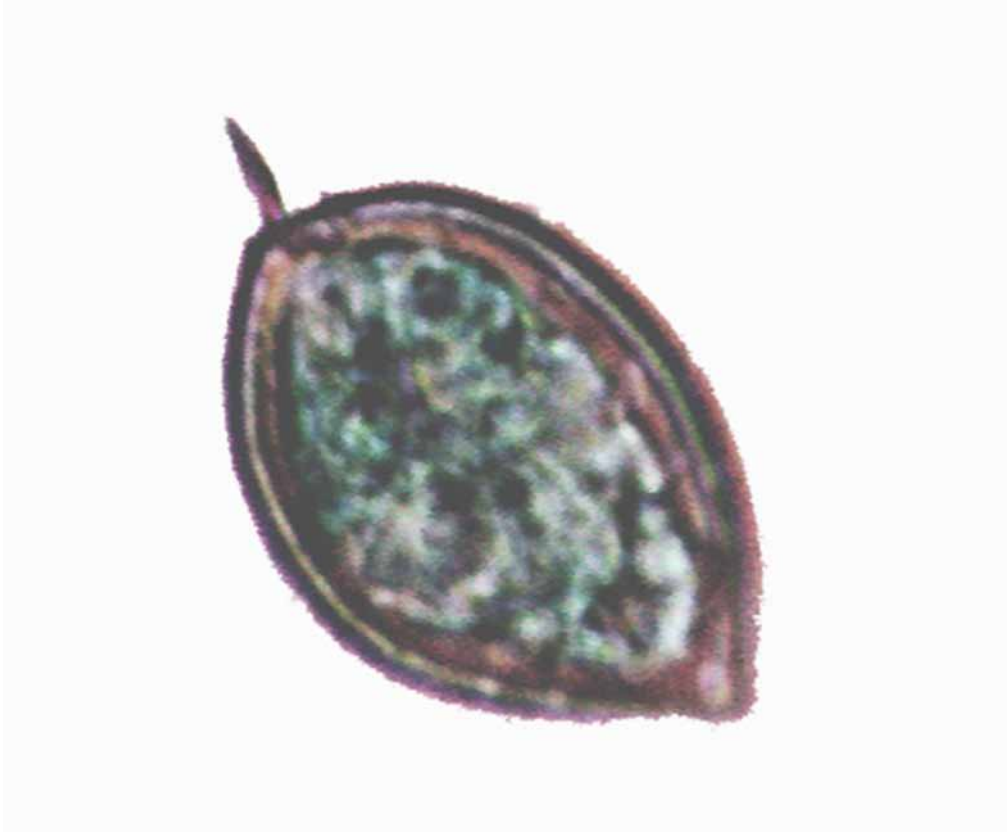


4

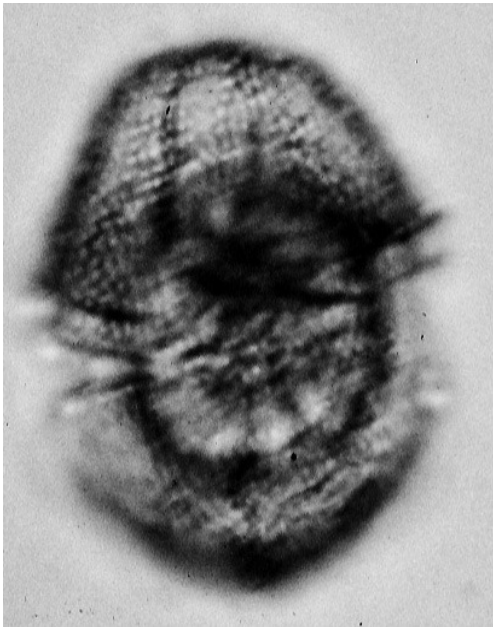


5. Phot. x 480 - *Prorocentrum micans* Ehrenberg. Vue générale.
6. Phot. x 480 - *Peridinium* sp1. Ehrenberg. Vue générale.
7. Phot. x 480 - *Peridinium* sp2. Ehrenberg. Vue générale.

5



6



7

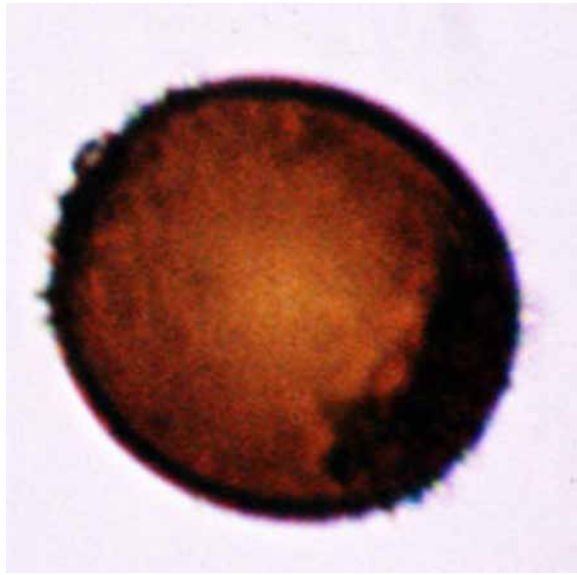


8. Phot. x 480 - *Phacus orbicularis* Hübner. Vue générale.
9. Phot. x 480 - *Trachelomonas hispida* Defl. Vue générale.
10. Phot. x 480 - *Trachelomonas* sp1. Ehrenberg. Vue générale.
11. Phot. x 480 - *Trachelomonas* sp2. Ehrenberg. Vue générale.
12. Phot. x 480 - *Trachelomonas* sp3. Ehrenberg. Vue générale.
13. Phot. x 480 - *Trachelomonas armata* var. *longispina* Playf. emend. Defl. Vue générale.

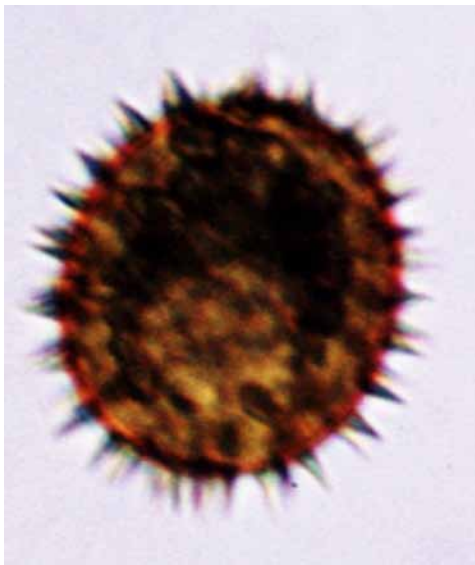
8



9



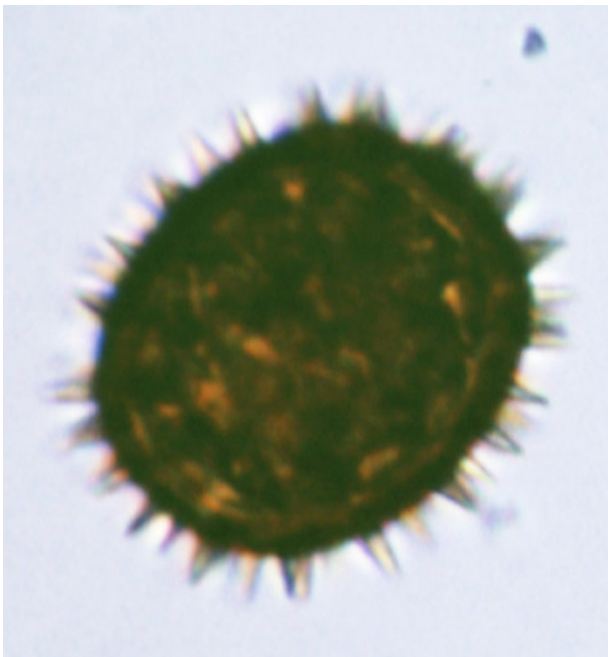
10



11



12

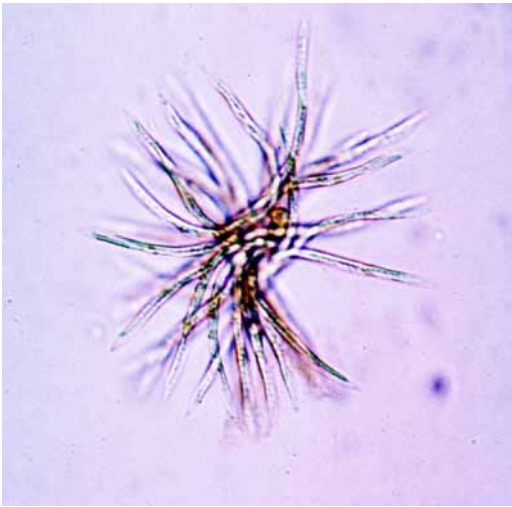


13

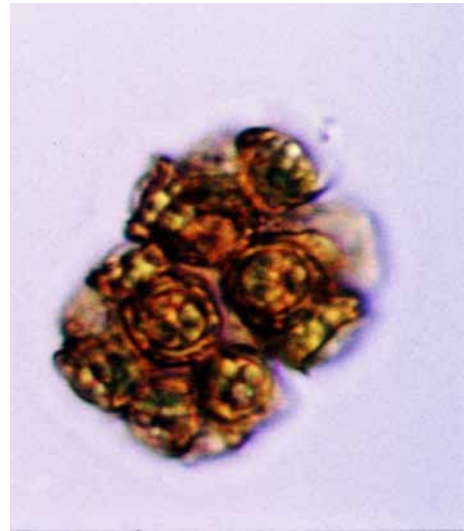


14. Phot. x 480 - *Ankistrodesmus falcatus* (Corda) Ralfs. Vue générale.
15. Phot. x 480 - *Botryococcus braunii* (Kütz.) Vue générale.
16. Phot. x 480 - *Idem.*
17. Phot. x 480 - *Idem.* Colonie aplatie libérant des gouttelettes d'huile.
18. Phot. x 1200 - *Eudorina elegans* Ehrenberg. Vue générale.
19. Phot. x 480 - *Idem.*

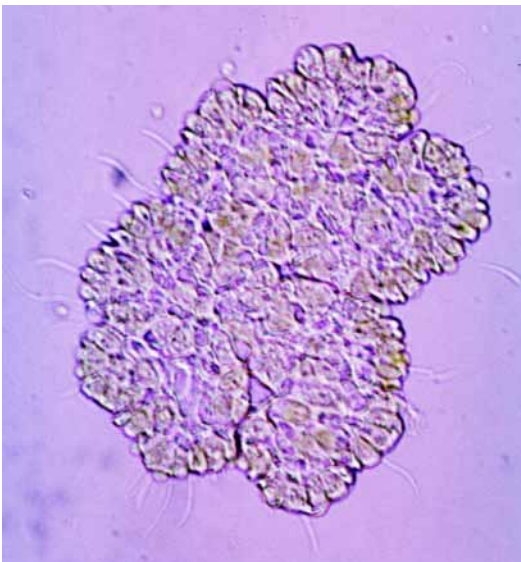
14



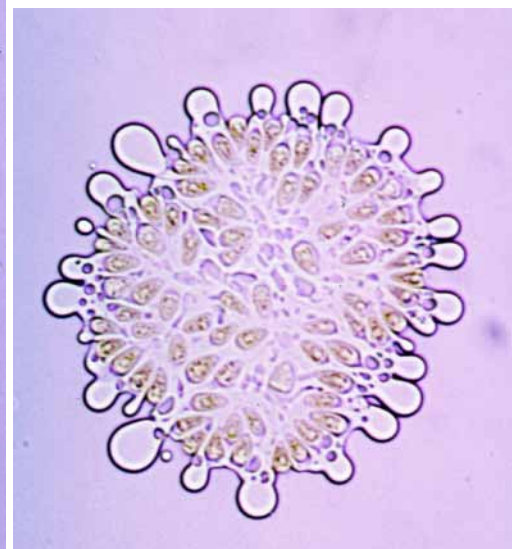
15



16



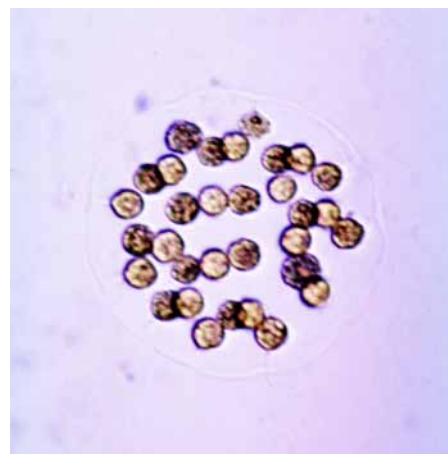
17



18

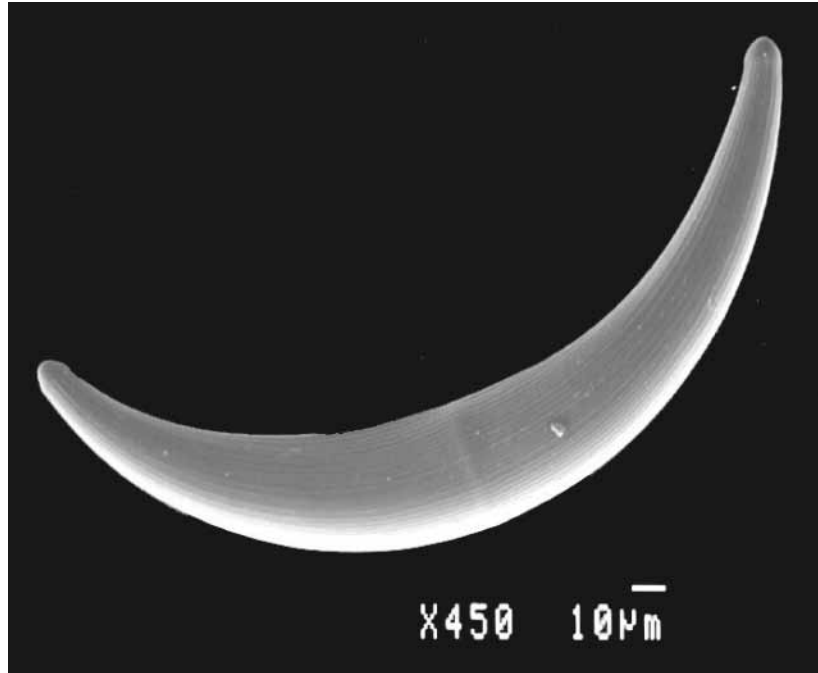


19

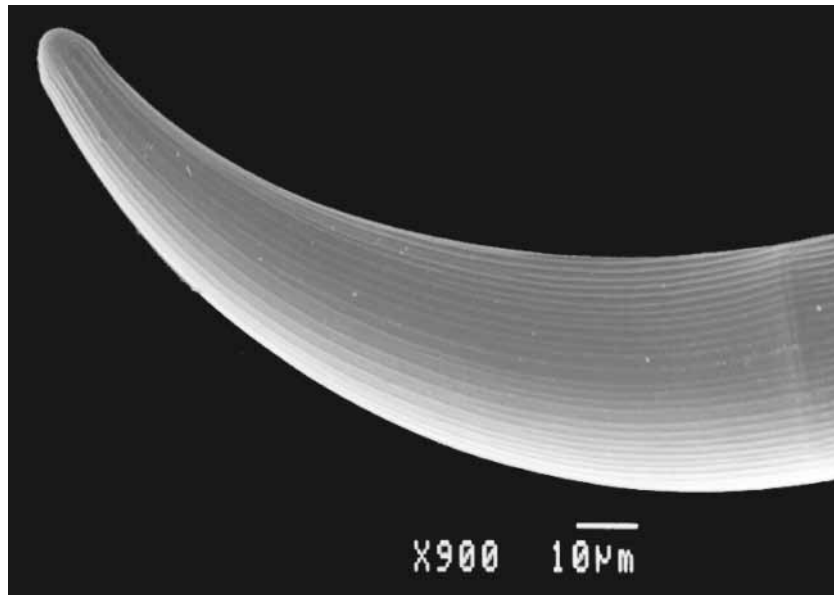


20. MEB - *Closterium malmei* Borge. Vue générale.
21. MEB - *Idem.* Détail d'un apex.
22. MEB - *Idem.* Détail des côtes de la région isthmale.

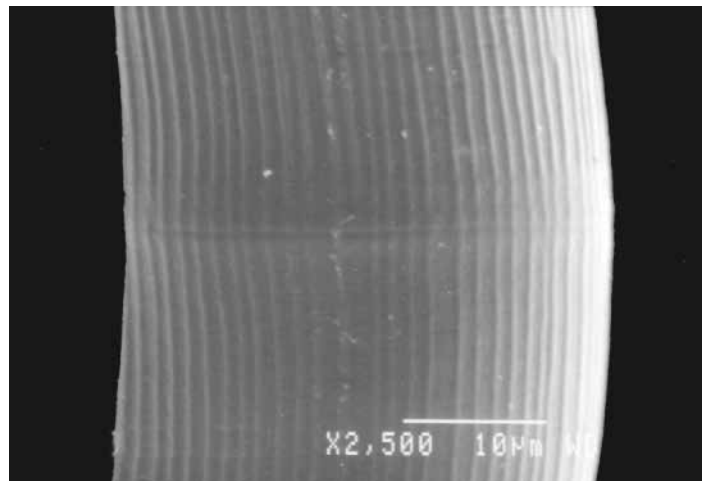
20



21



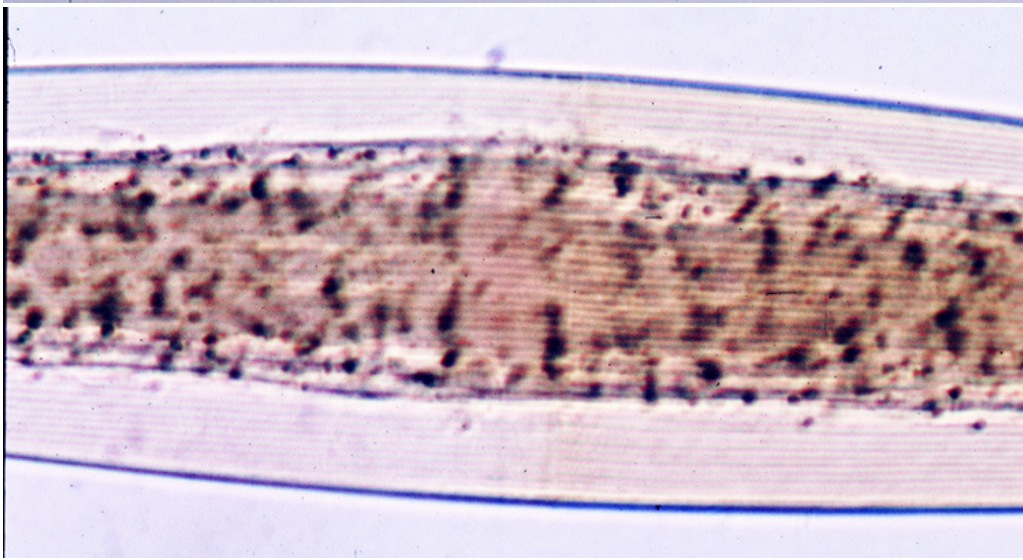
22



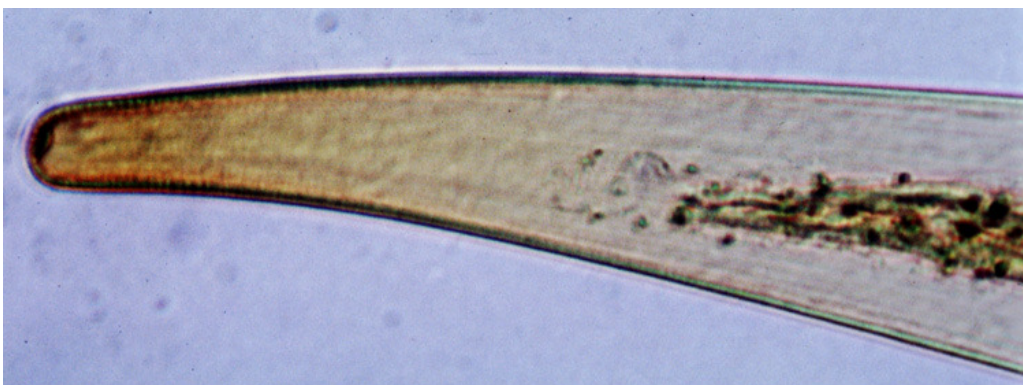
23. Phot. x 240 - *Closterium lineatum* Ehrenberg. Vue générale.
24. Phot. x 1200 - *Idem*. Détail des côtes de la région isthmale.
25. Phot. x 1200 - *Idem*. Détail de l'apex.



23



24



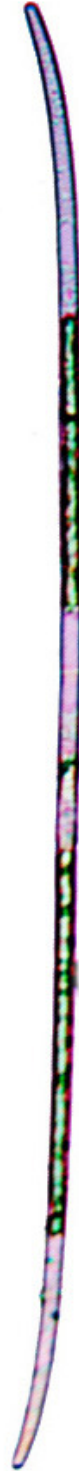
25

26. Phot. x 240 - *Closterium kützingianum* ou (*setaceum* Ehrbg.). Vue générale.
27. Phot. x 240 - *Closterium gracile* Bréb. Vue générale.

26

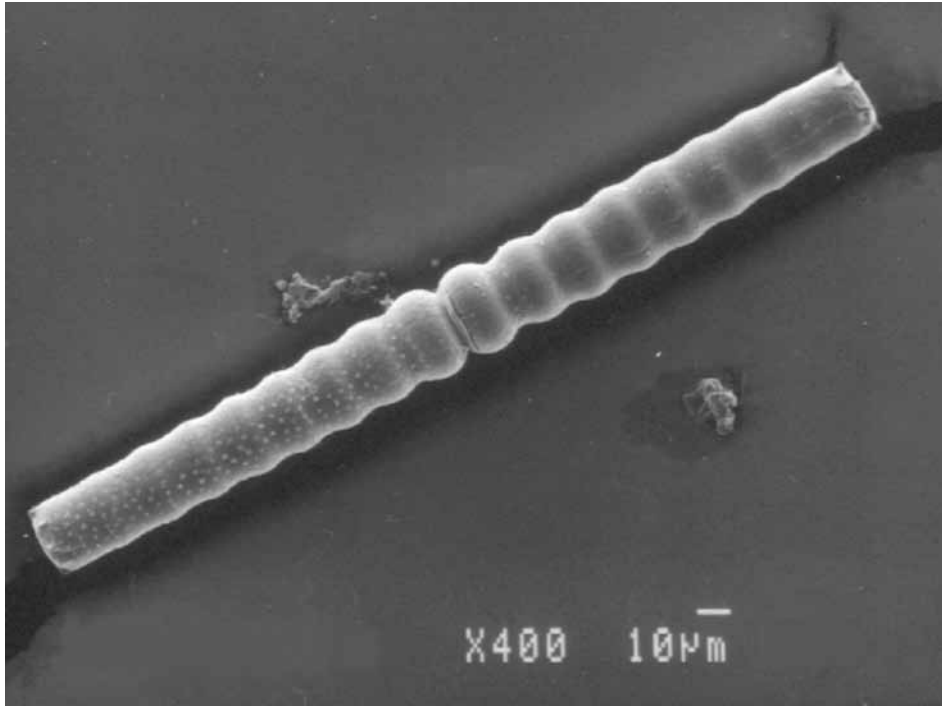


27

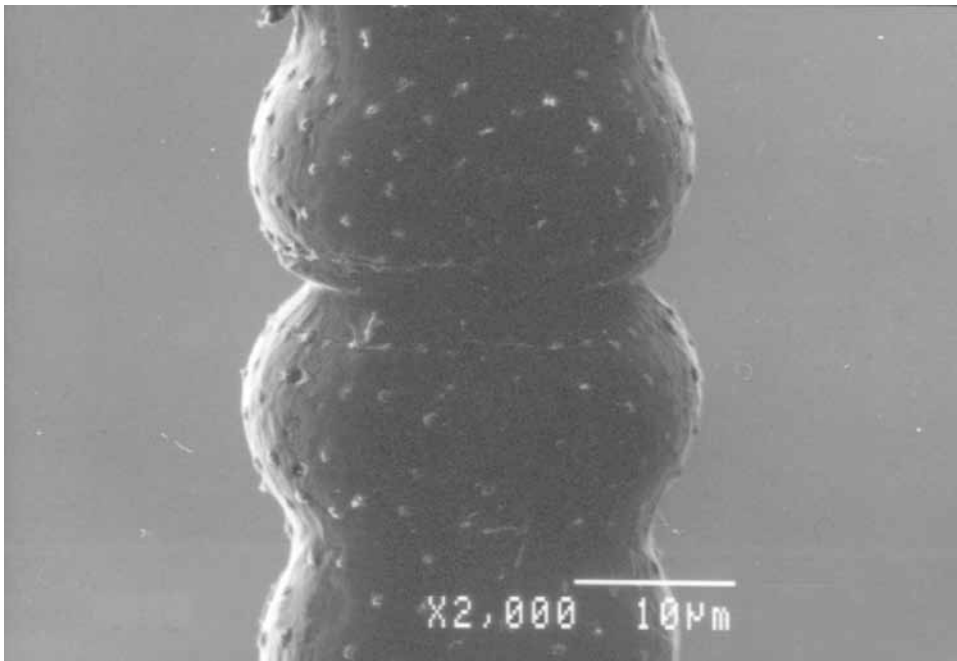


28. MEB - *Pleurotaenium undulatum* Schaarsch. Vue générale.
29. MEB - *Idem.* Isthme.
30. Phot. x 240 - *Pleurotaenium* sp1. Nägeli. Vue générale.

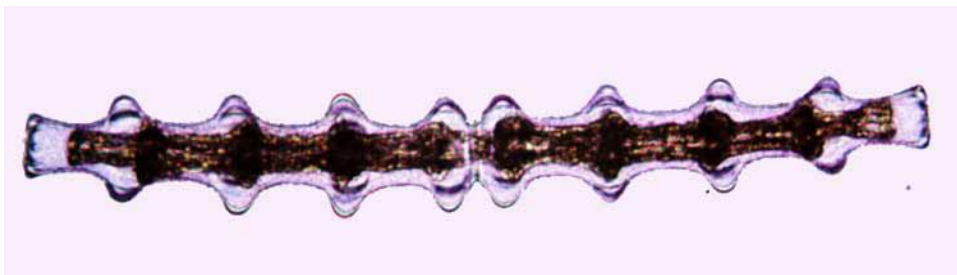
28



29

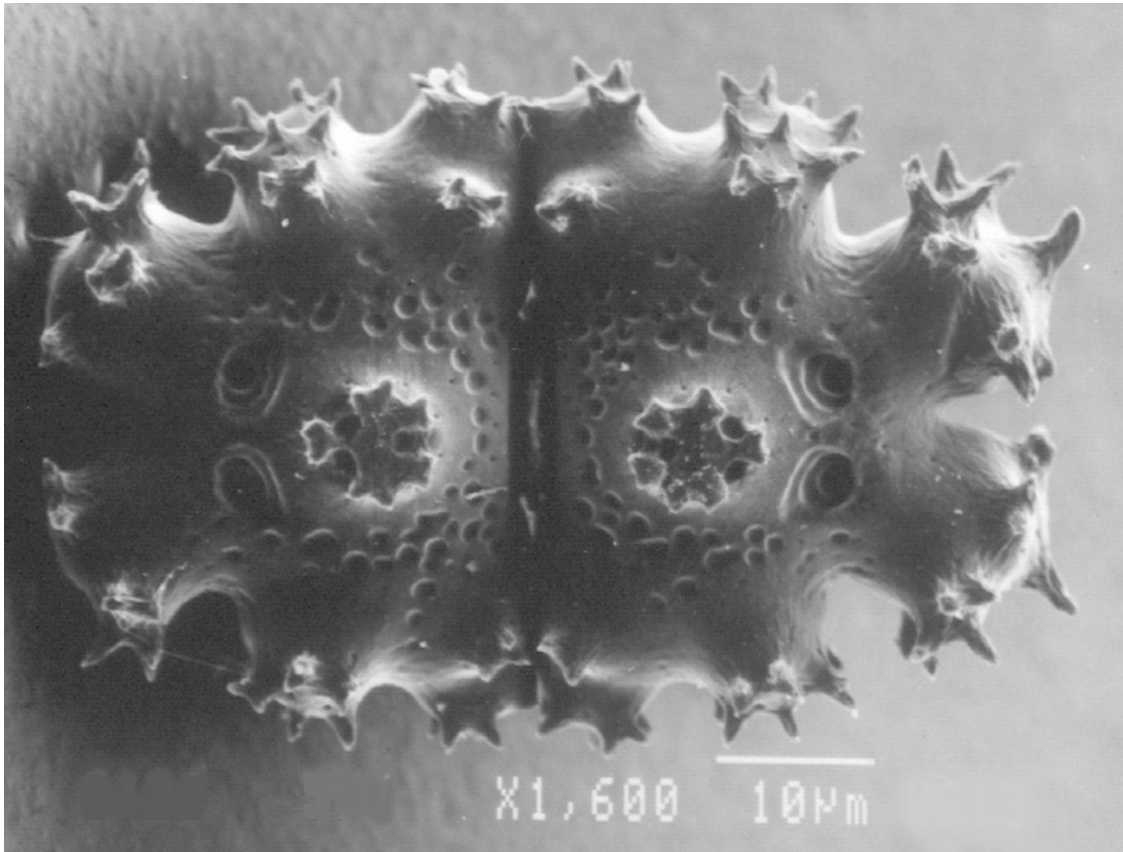


30

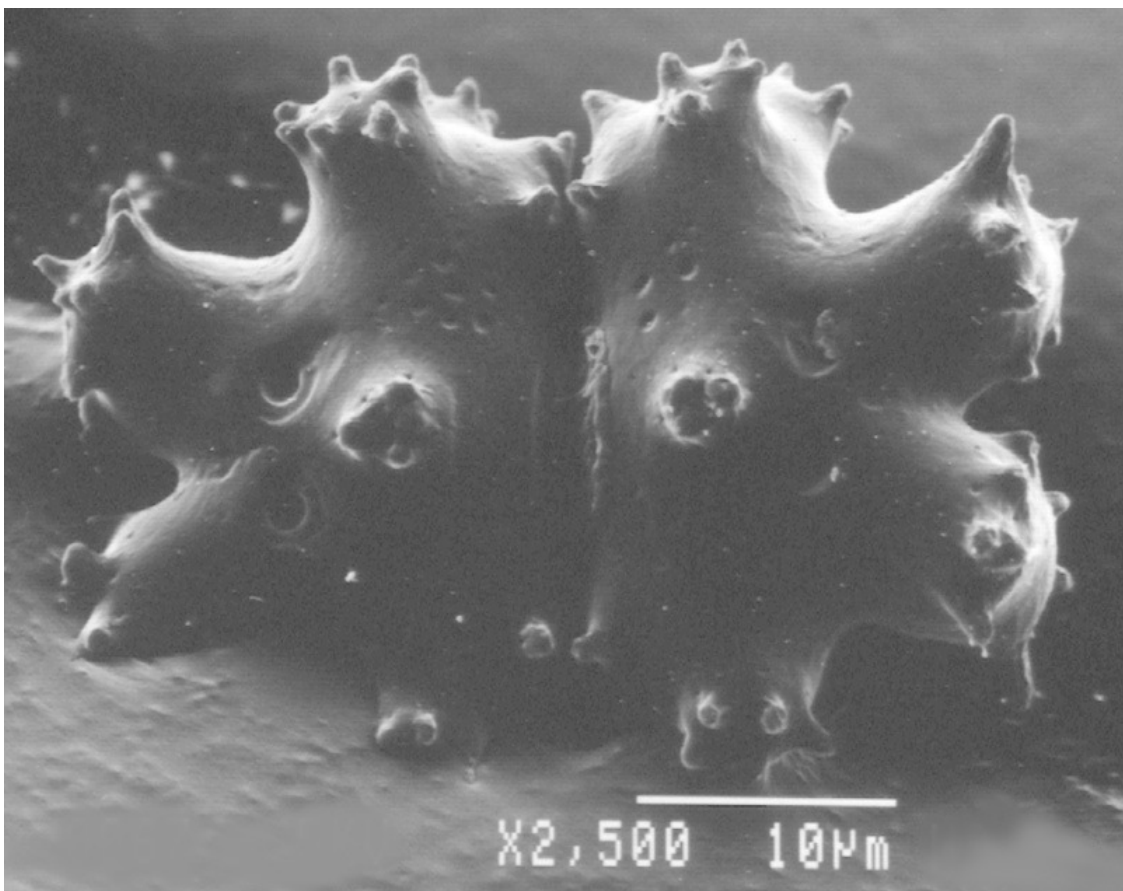


31. MEB *Euastrum evolutum* var. *perornatum* Scott & Croasd. Vue générale.
32. MEB *Euastrum* sp1. Ehrenberg. Vue générale.

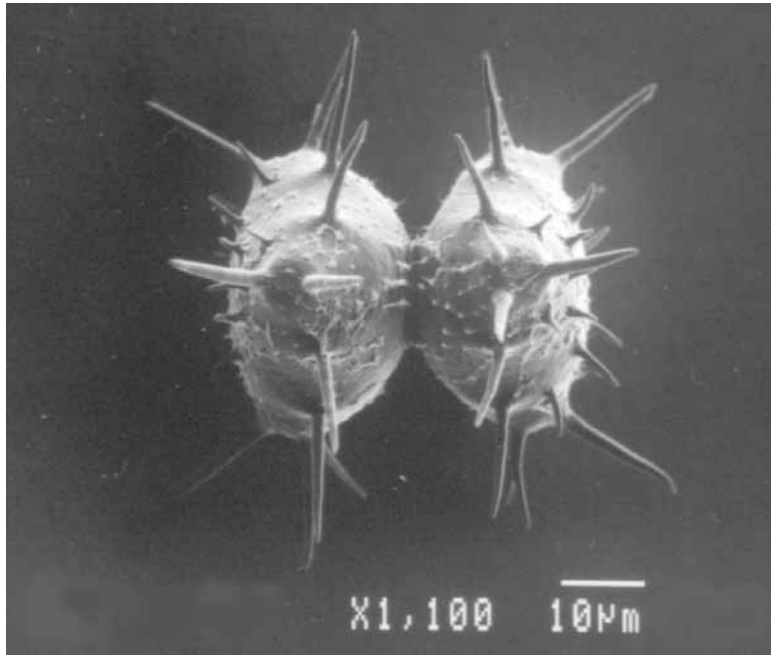
31



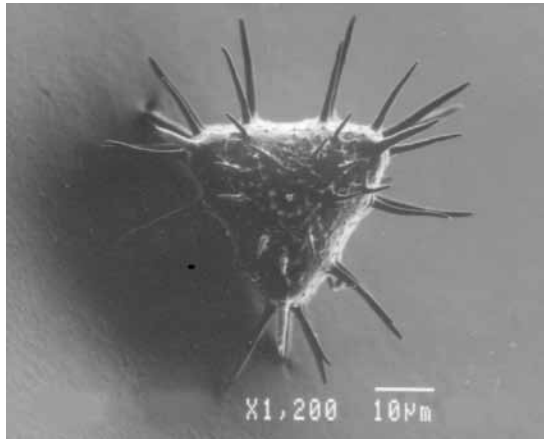
32



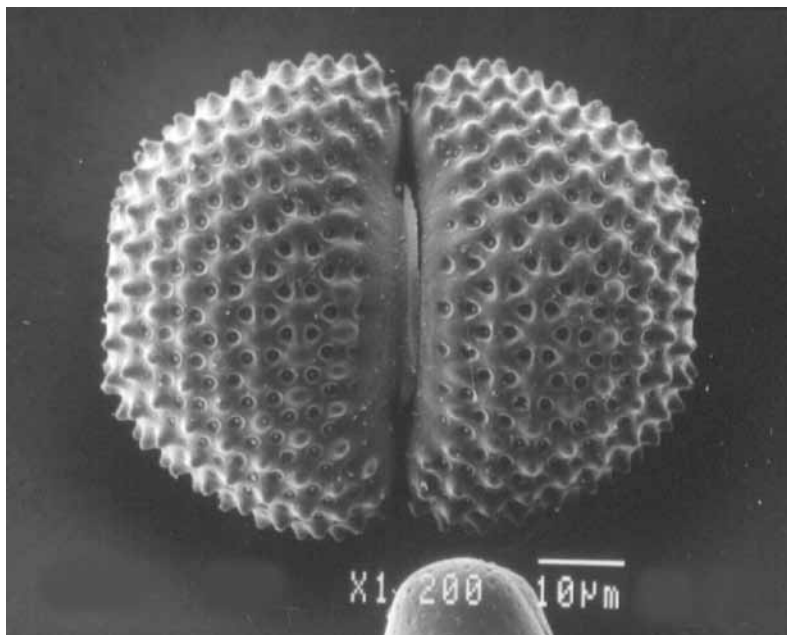
33. MEB - *Cosmarium redimitum* Borge. Vue de profil.
34. MEB - *Idem.* Vue d'un apex.
35. MEB - *Cosmarium decoratum* West & West. Vue de face d'une cellule.



33



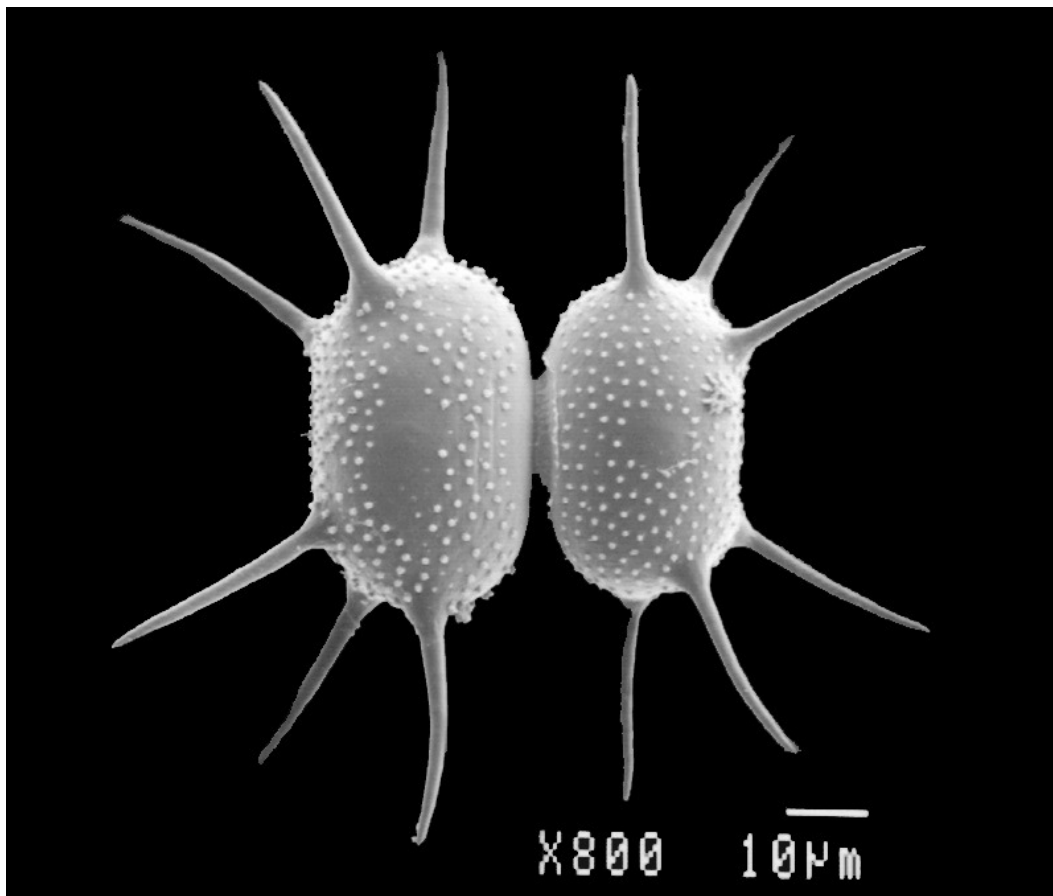
34



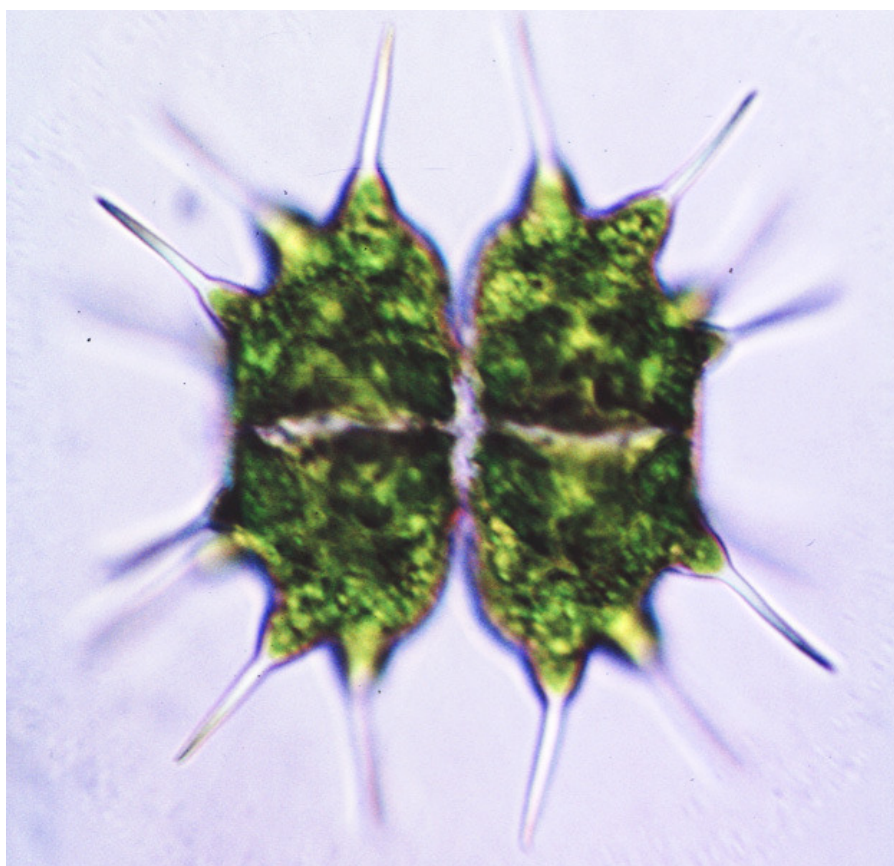
35

36. MEB - *Xanthidium mamillosum* (Grönl.) Förster. Vue de face.
37. Phot. x 480 - *Xanthidium* sp1. Vue générale.

36

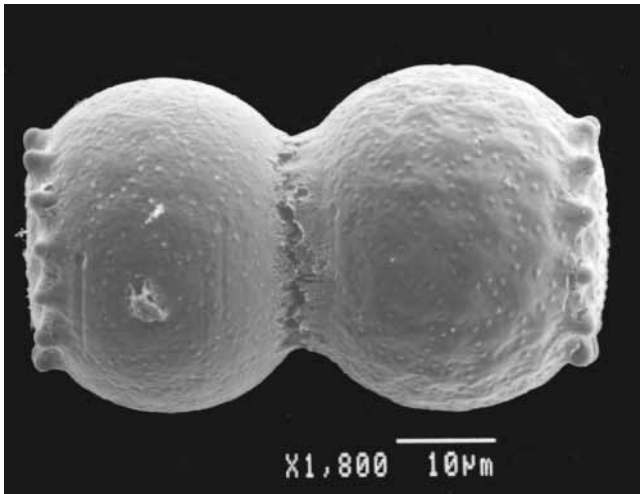


37

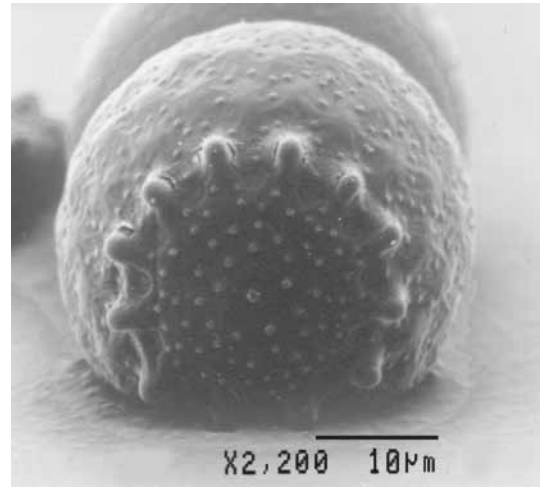


38. MEB - *Staurastrum pseudowillsii* Bourrelly & Couté. Vue générale.
39. MEB - *Idem.* Détail de l'apex.
40. MEB - *Staurastrum elegantissimum* var. *brasiliense* Förster. Vue de profil.
41. MEB - *Staurastrum setigerum* var. *subvillosum* Grönbl. Vue de profil.
42. MEB - *Idem.* Détail de l'apex.
43. Phot. x 480 - *Staurastrum pseudoiotanum* Grönbl. Vue générale.

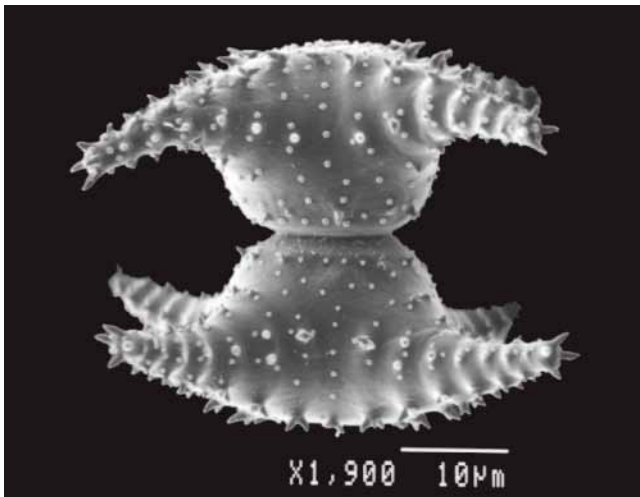
38



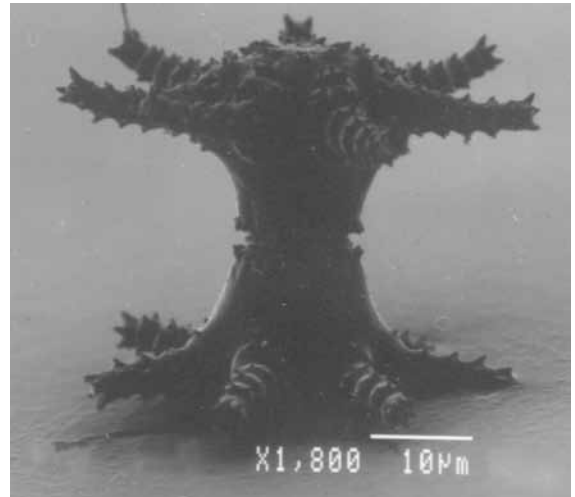
39



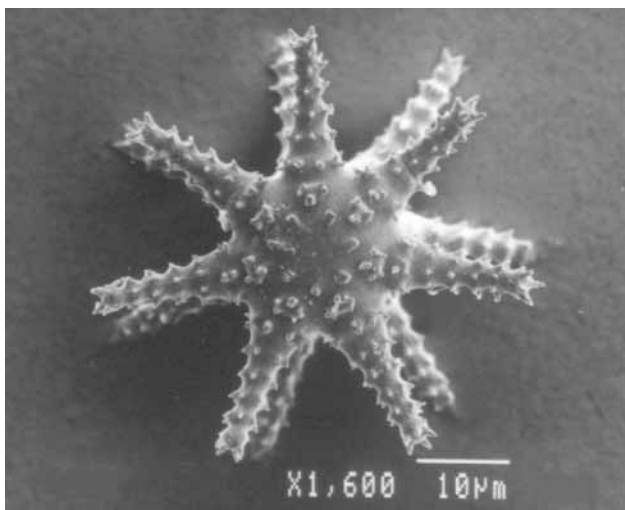
40



41



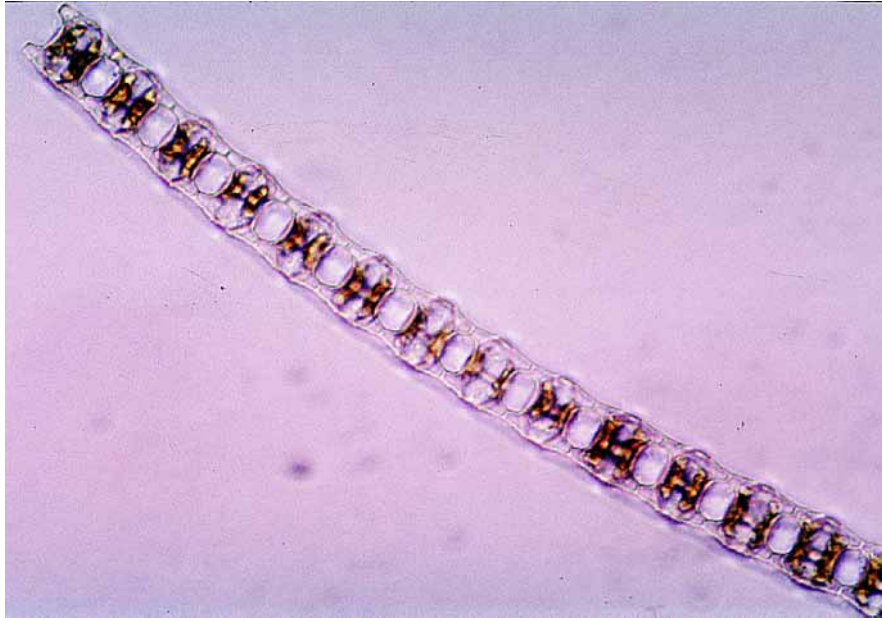
42



43



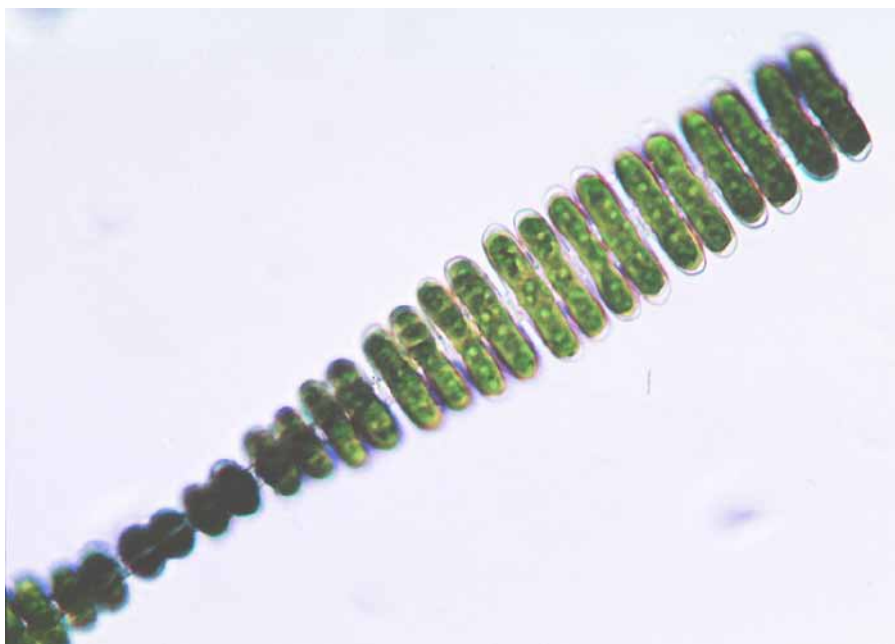
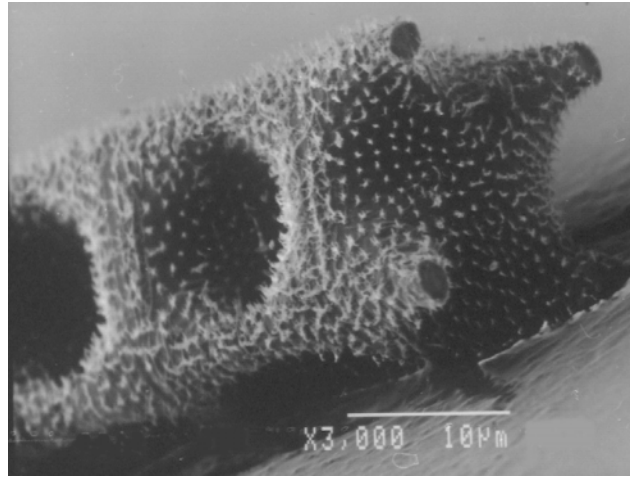
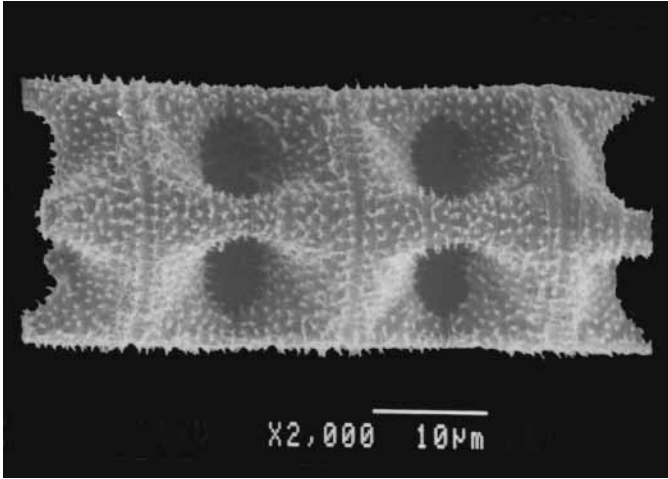
44. Phot. x 480 - *Desmidium* sp1. Agardh. Vue générale.
45. MEB - *Desmidium baileyi* var. *baileyi* Nordst. Vue générale.
46. MEB - *Idem*. Détail de l'apex.
47. Phot. x 480 - *Spondylosium* sp. de Brébisson. Vue générale.



44

45

46



47

48. Phot. x 480 - *Pseudostaurastrum* sp1. Chodat. Vue générale.
49. Phot. x 480 - *Tetraedriella spinigera* Skuja. Vue générale.
50. Phot. x 480 - *Idem.* Vue générale.
51. Phot. x 480 - *Idem.* Vue générale.

48



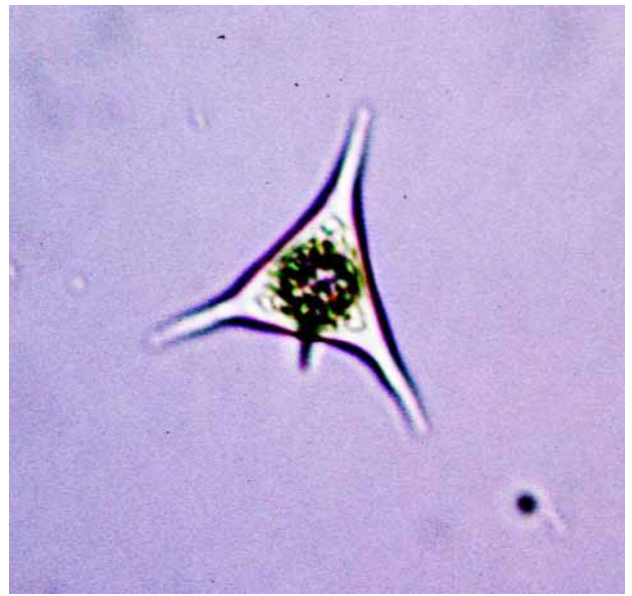
49



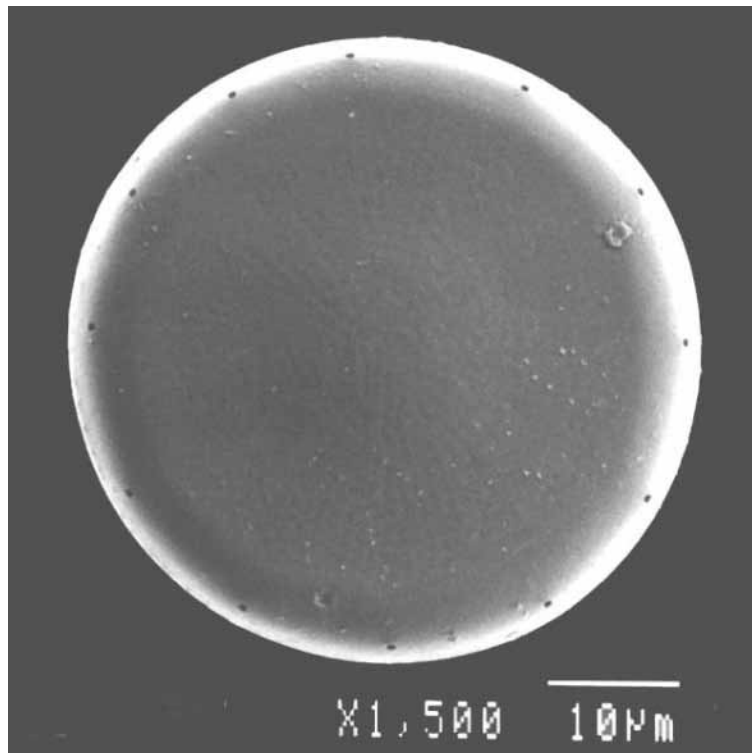
50



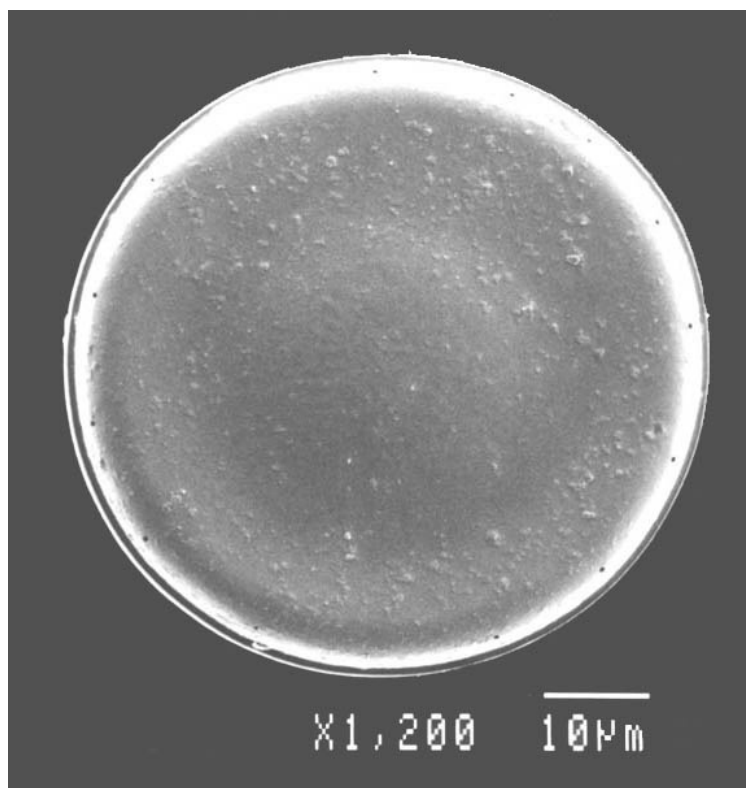
51



52. MEB - *Actinocyclus* sp1. Ehrenberg. Vue valvaire.
53. MEB - *Actinocyclus* sp2. Ehrenberg. Vue valvaire.

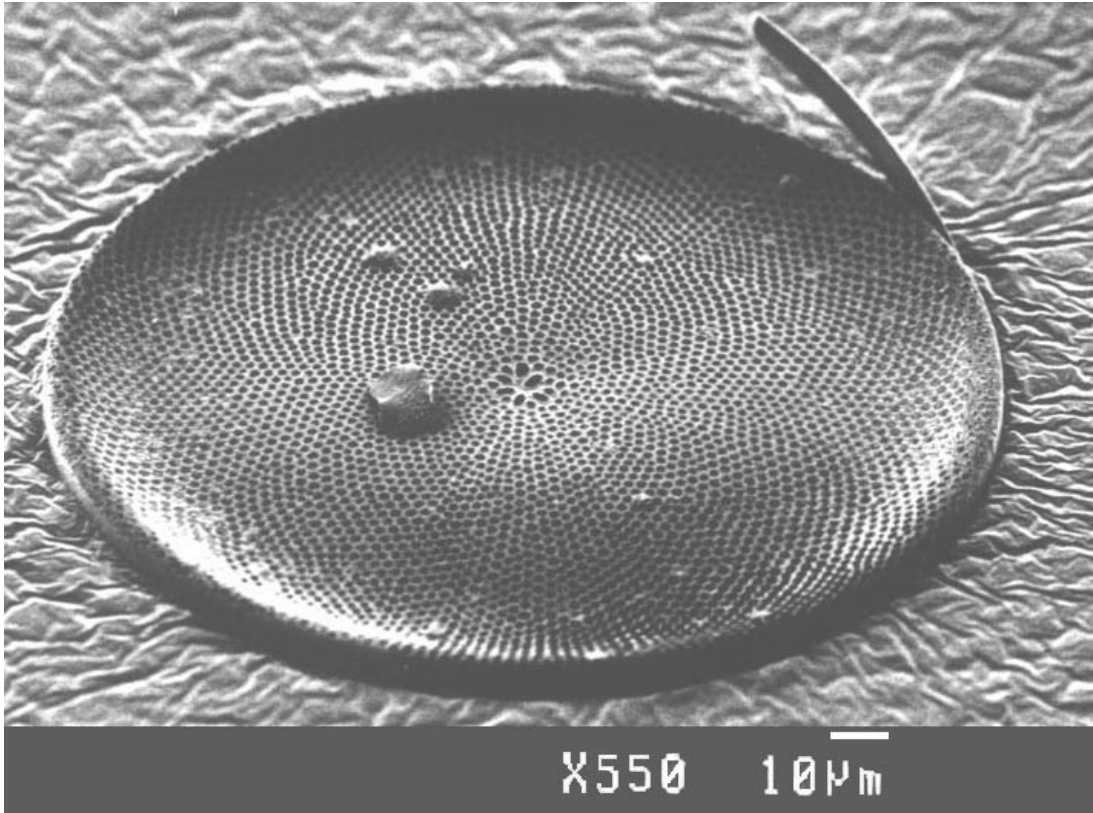


52

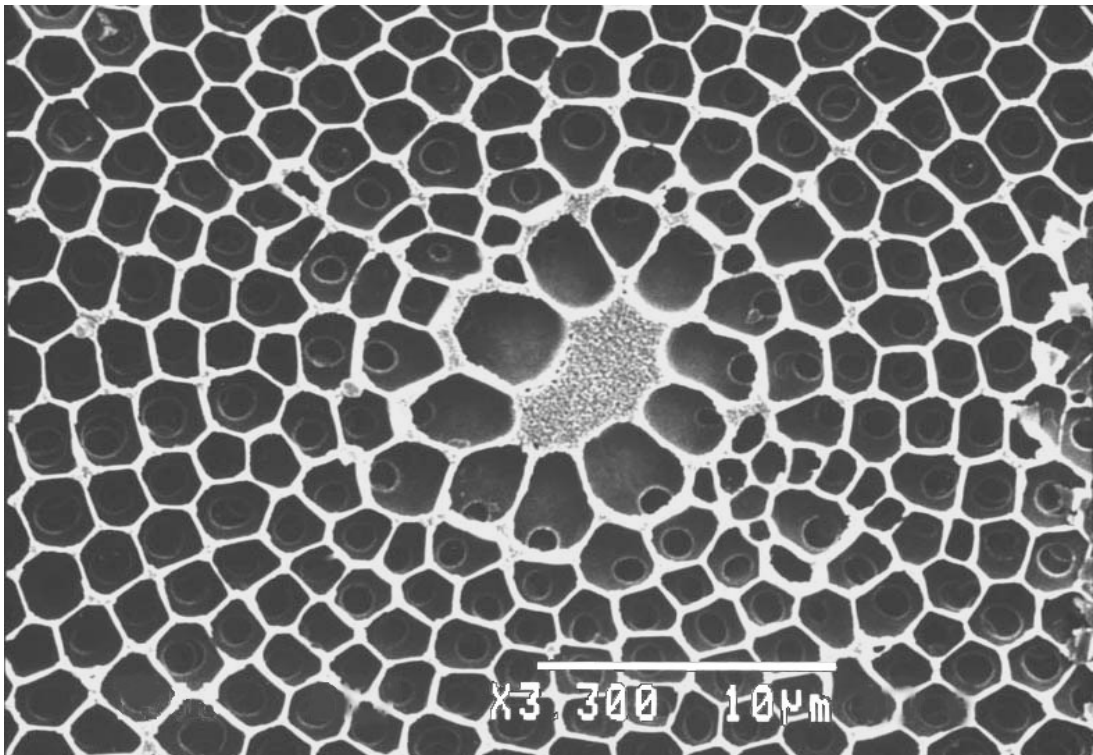


53

54. MEB - *Coscinodiscus asteromphalus* Ehrenberg. Vue valvaire.
55. MEB - *Idem*

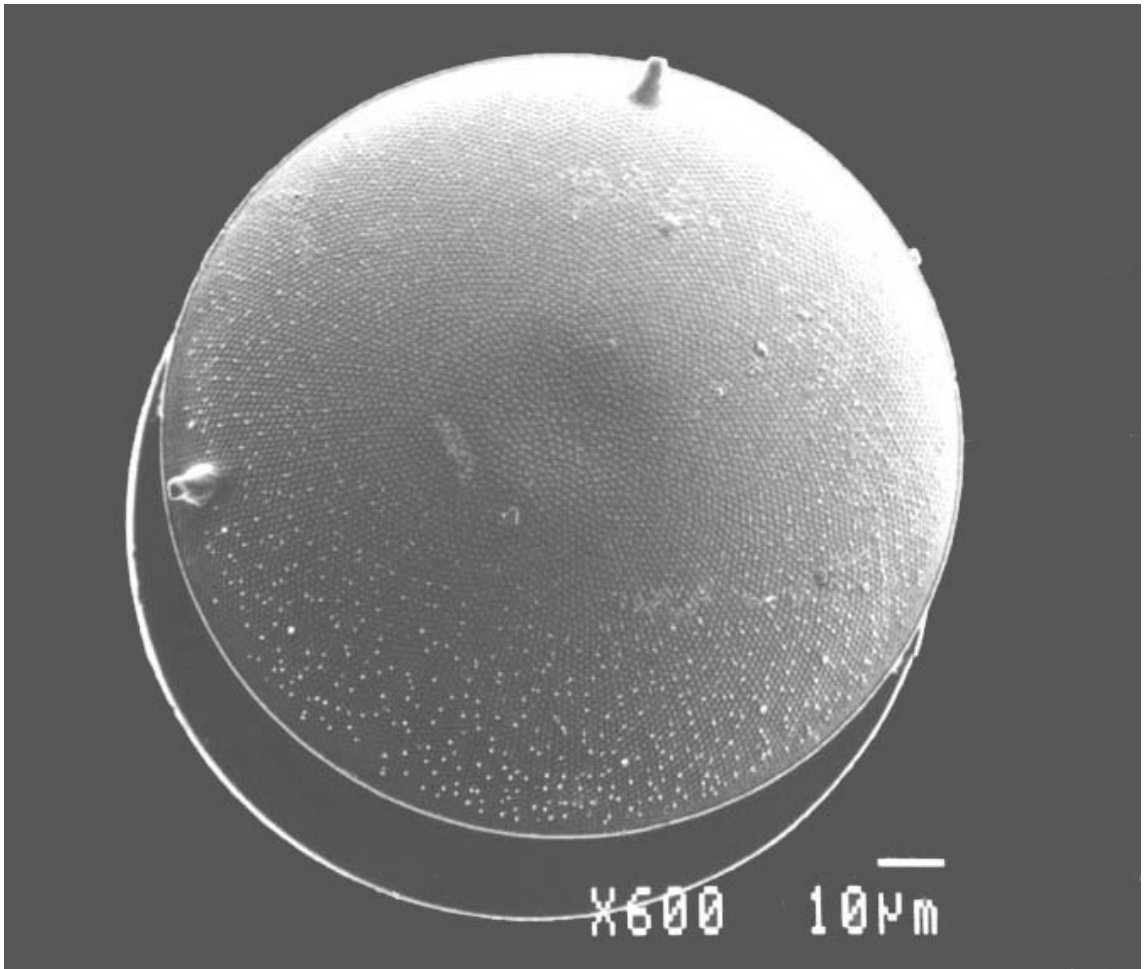


54

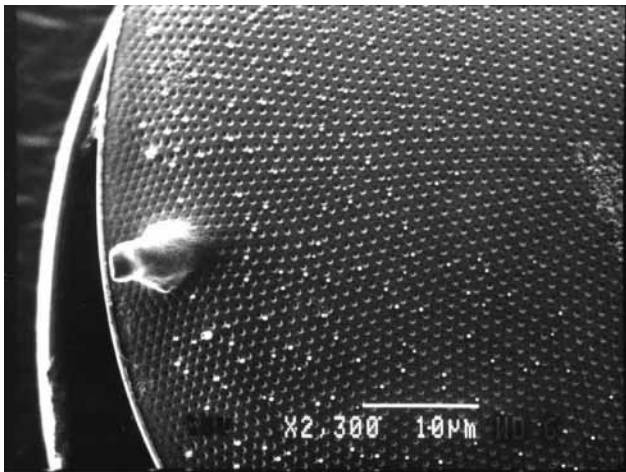


55

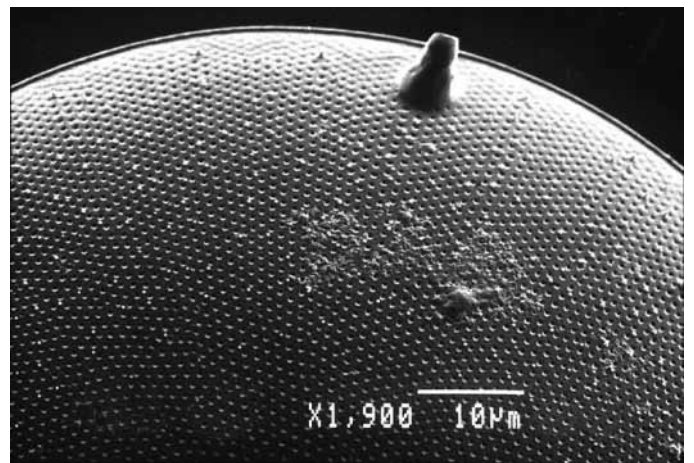
56. MEB - *Coscinodiscus jonesianus* Ostenfeld. Vue valvaire.
57. MEB - *Idem.* Détail des processus.
58. MEB - *Idem.* Détail des processus.



57



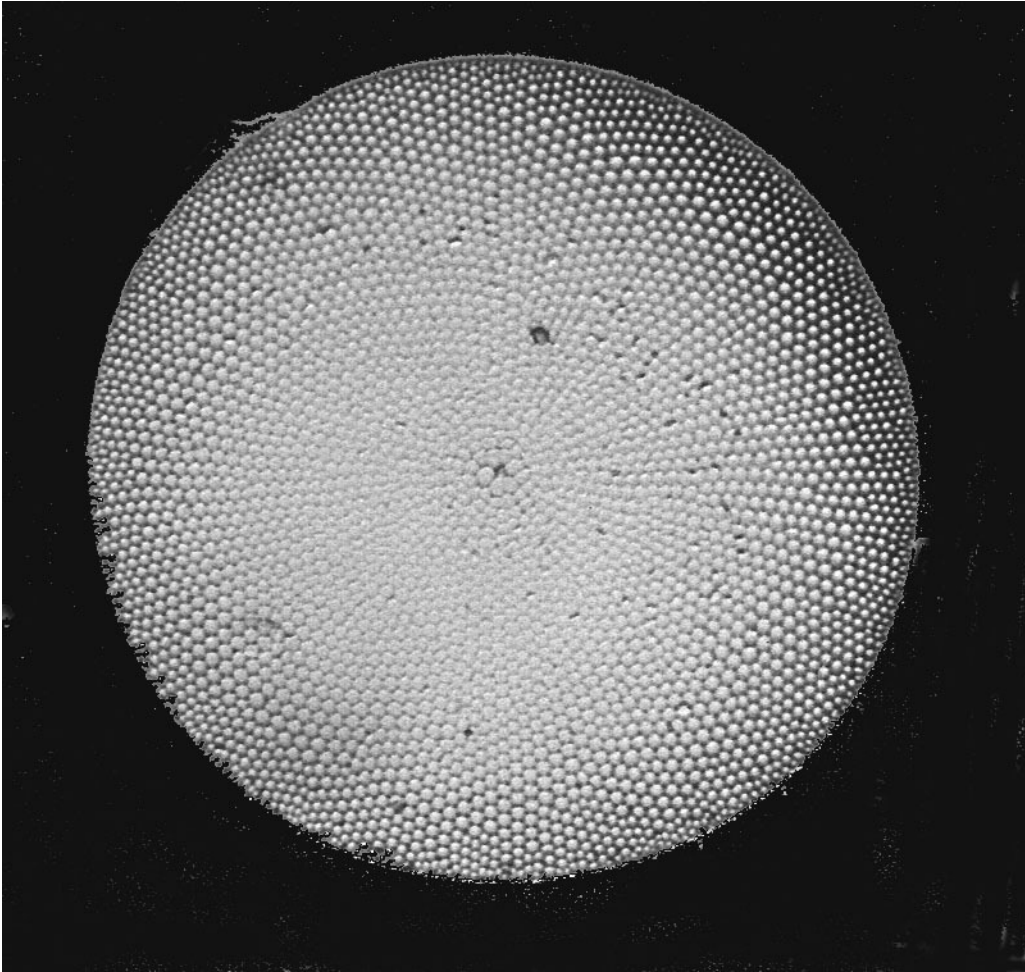
58



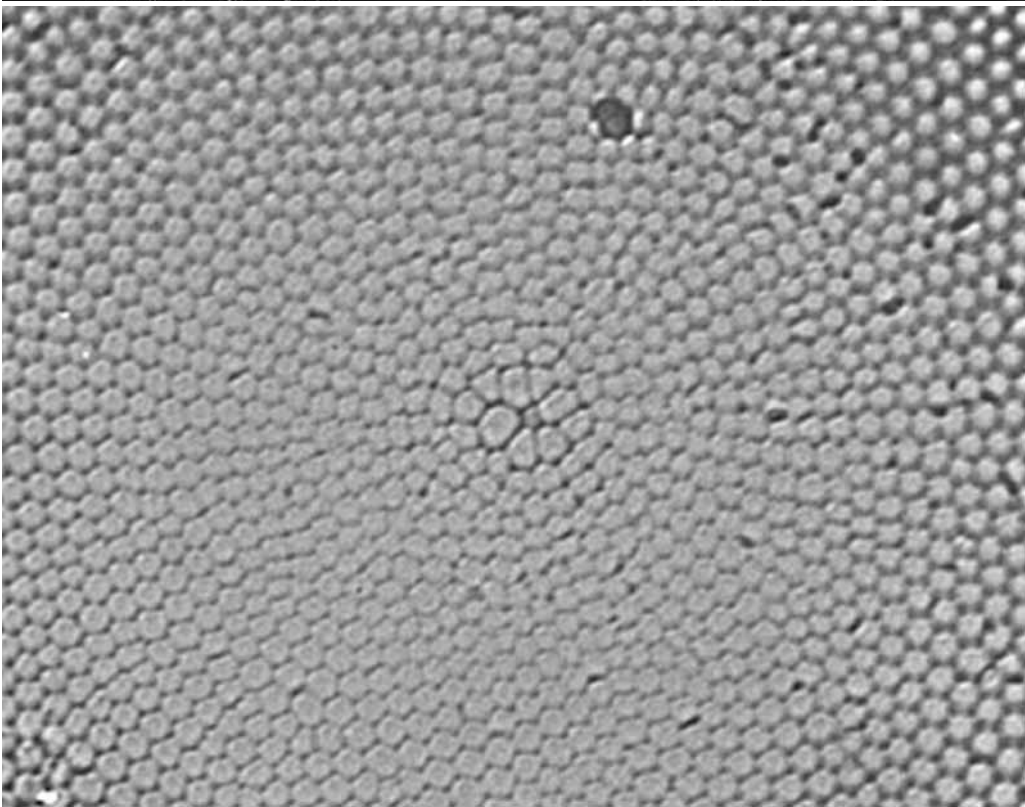
59. Phot. x 240
60. Phot. x 480

- *Coscinodiscus oculus-iridis* Ehrenberg. Vue valvaire.
- *Idem.* Détail de la couronne centrale.

59

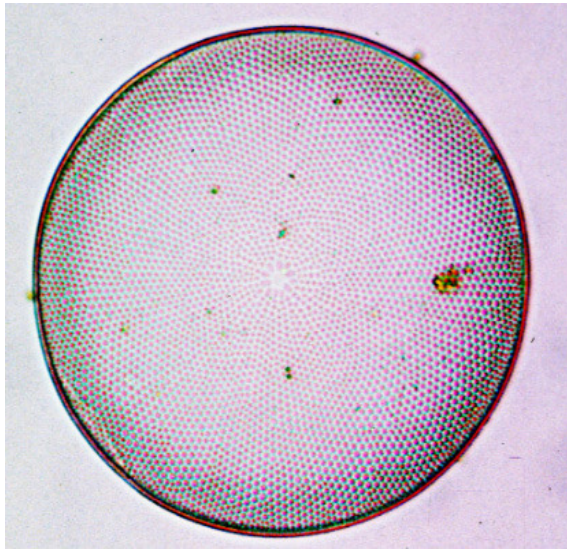


60

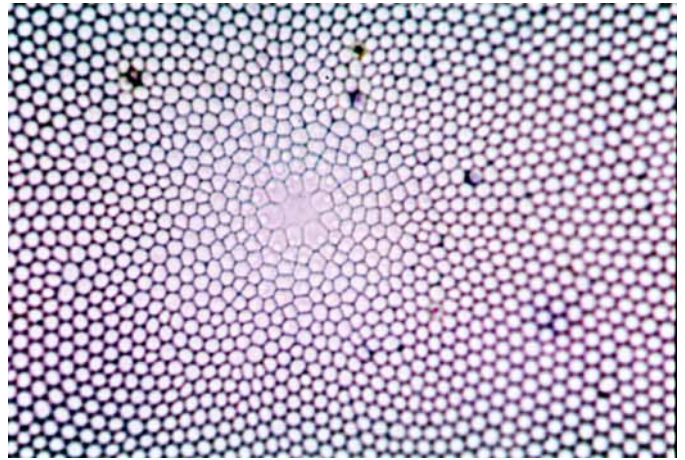


61. Phot. x 240 - *Coscinodiscus asteromphalus* var. *eximius* Grünow. Vue valvaire.
62. Phot. x 1200 - *Idem*. Détail de la couronne centrale.
63. Phot. x 480 - *Coscinodiscus* sp. Ehrenberg emend. Rattray. Vue valvaire.
64. Phot. x 1200 - *Coscinodiscus curvatulus* Grünow. Vue valvaire.
65. Phot. x 480 - *Coscinodiscus granii* Gough. Vue valvaire.

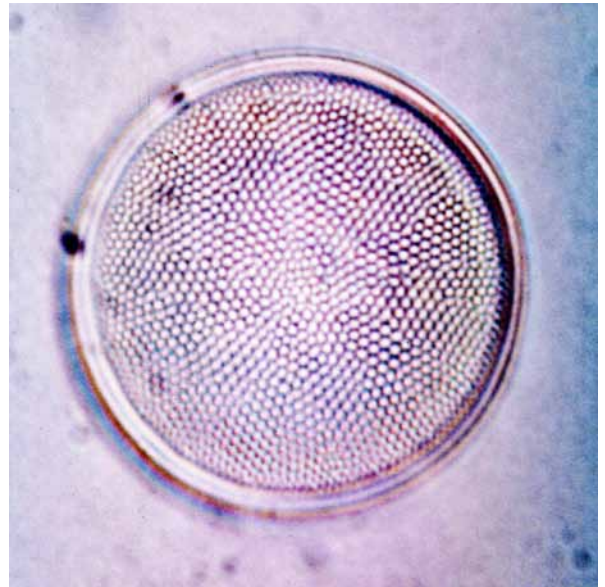
61



62



64



63



65

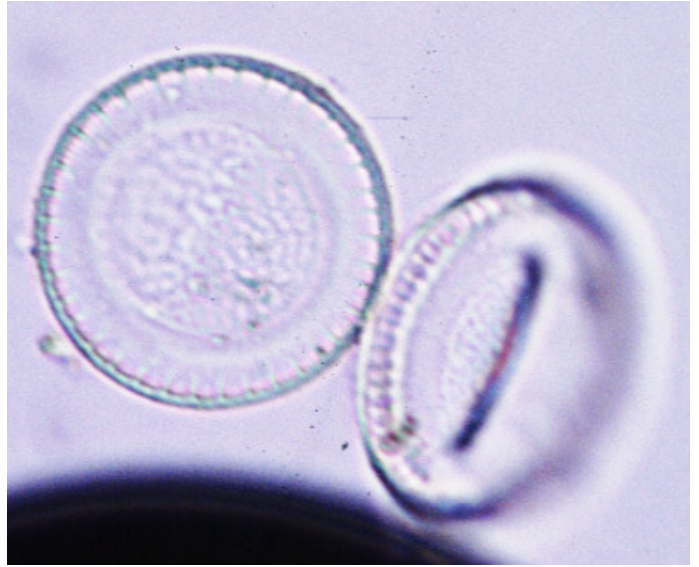


66. Phot. x 1200 - *Cyclotella comta* Kützing. Vue valvaire.
67. Phot. x 1200 - *Idem.* Vue de deux valves (une frontale et autre en biais).
68. Phot. x 1200 - *Cyclotella stylorum* Brightwell. Vue valvaire.
69. Phot. x 1200 - *Idem.* Vue valvaire.

66



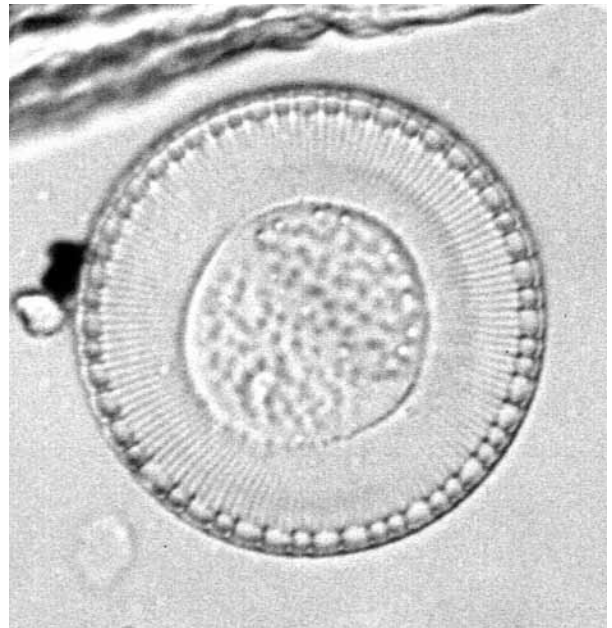
67



68

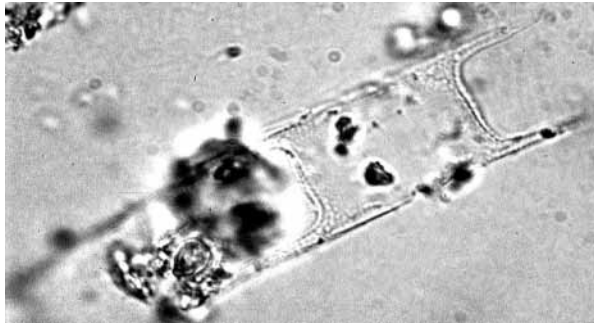


69

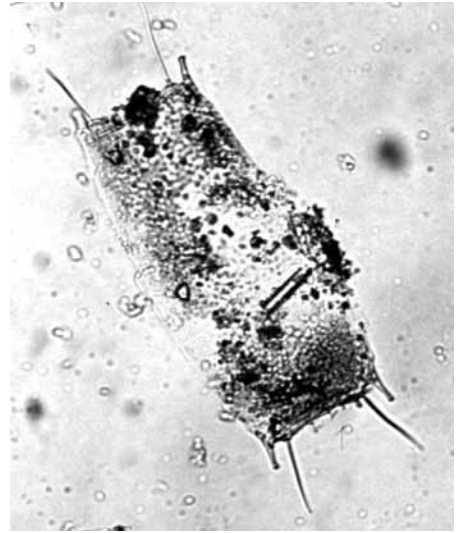


70. Phot. x 1200 - *Eucampia cornuta* Grünow. Vue connective.
71. Phot. x 240 - *Odontella mobiliensis* Grünow. Vue connective.
72. Phot. x 1200 - *Skeletonema costatum* Cleve. Vue connective.
73. Phot. x 480 - *Skeletonema tropicum* Cleve. Vue connective.
74. Phot. x 480 - *Idem*.

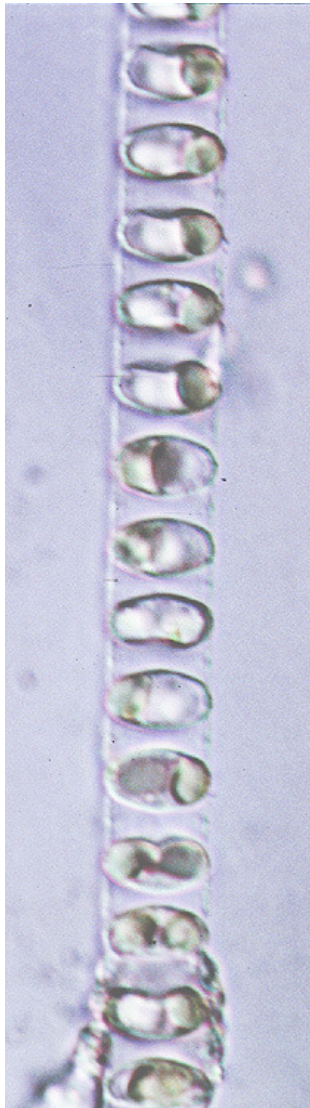
70



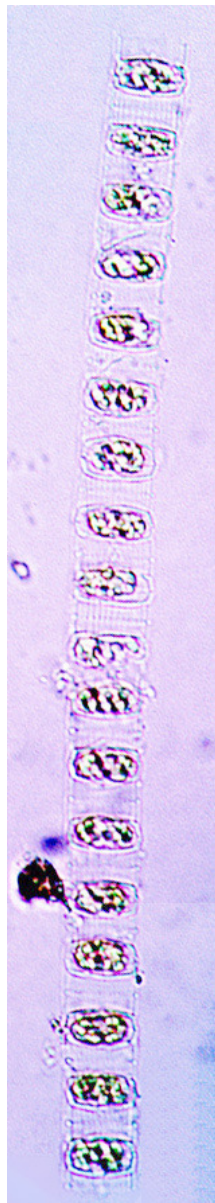
71



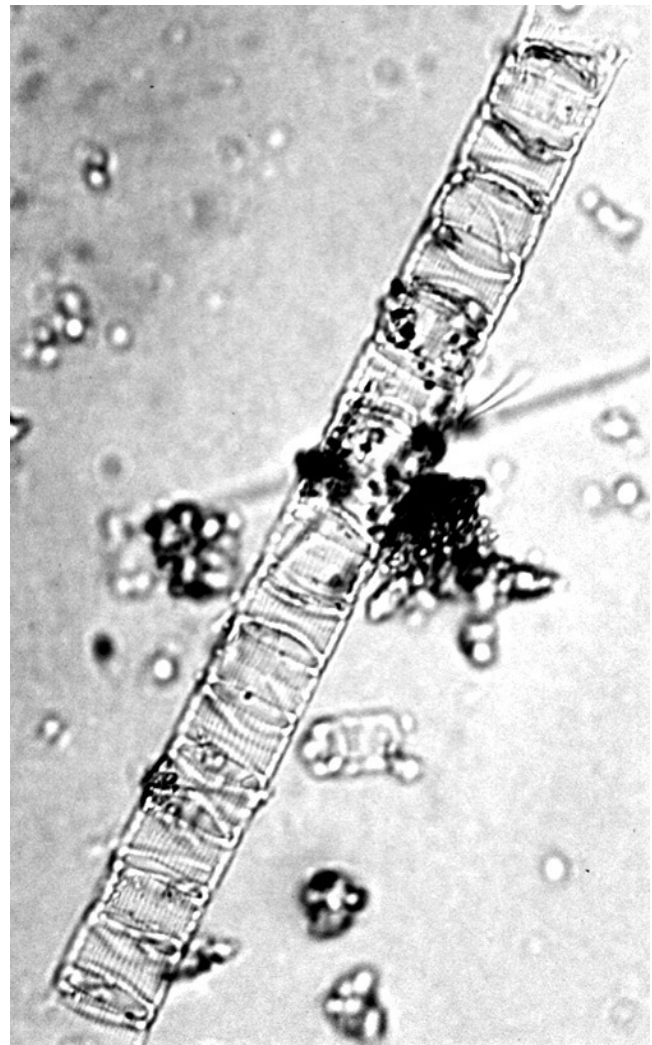
72



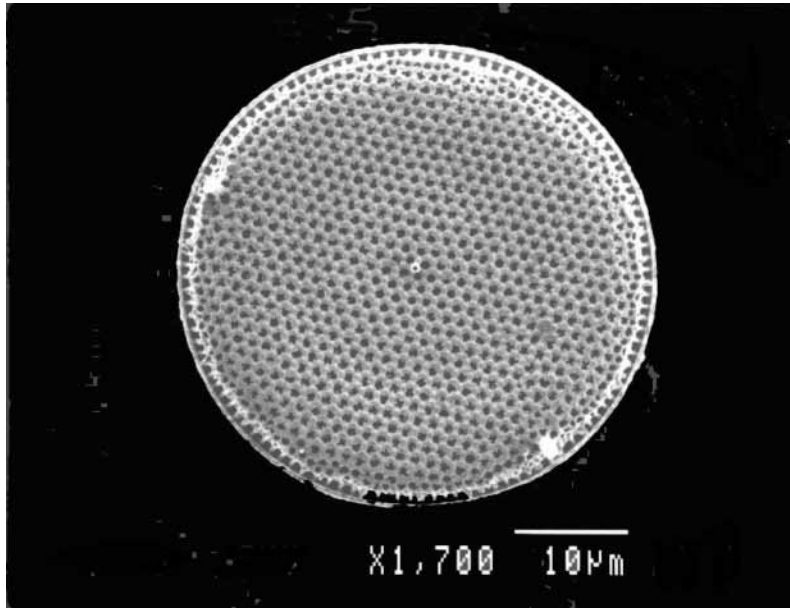
73



74



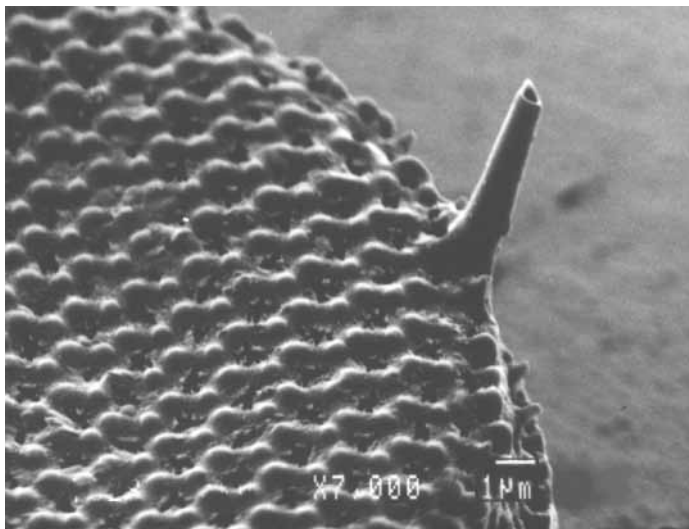
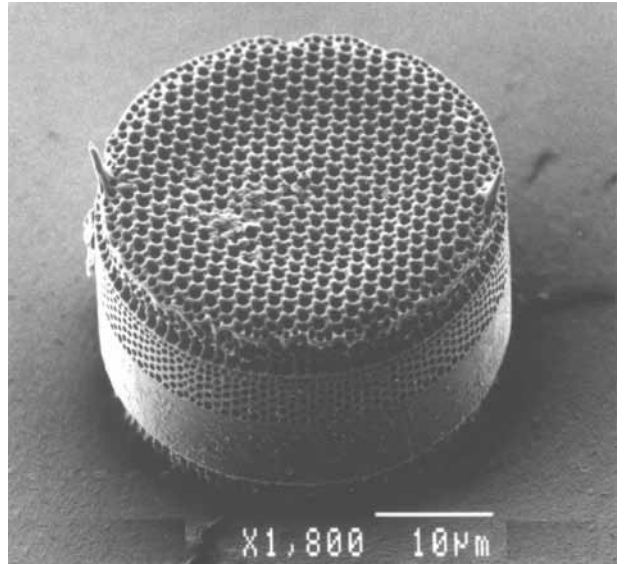
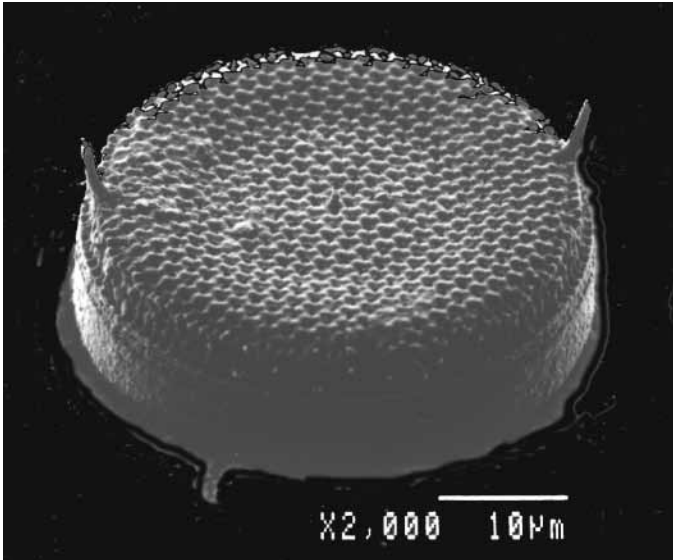
75. MEB - *Thalassiosira leptopus* (Grünow) Hasle & Fryxell. Vue valvaire.
76. MEB - *Thalassiosira hendeyi* Hasle & Fryxell. Vue valvaire.
77. MEB - *Idem.* Détail de la structure cingulaire.
78. MEB - *Idem.* Détail du processus marginal.



75

76

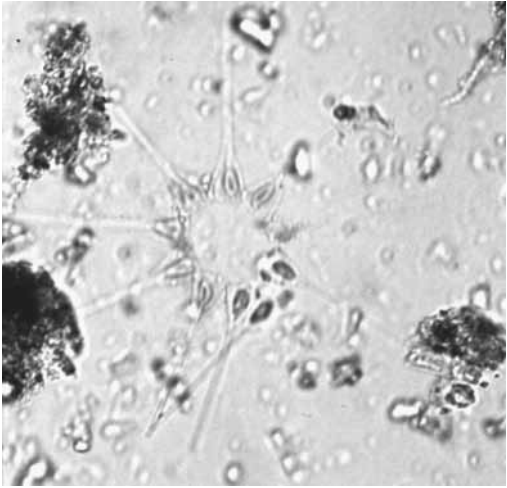
77



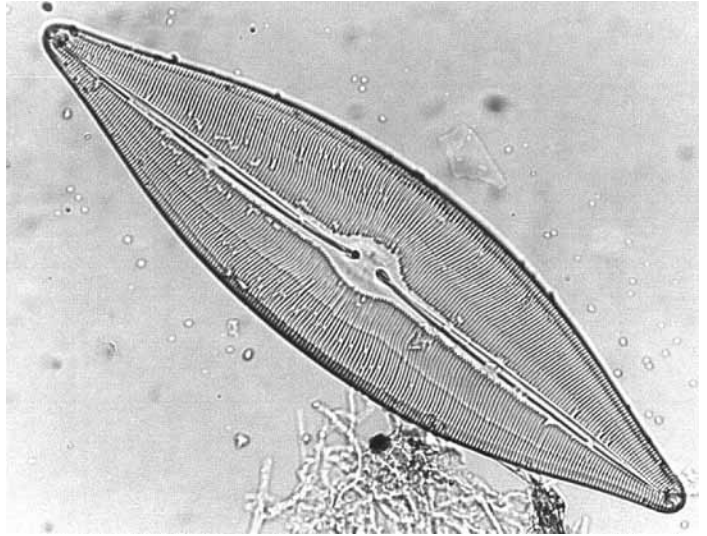
78

79. Phot. x 480 - *Asterionella japonica* Cleve & Möller.
80. Phot. x 1200 - *Caloneis permagna* Bailey. Vue valvaire.
81. Phot. x 480 - *Caloneis westii* (W. Smith) Hendey. Vue valvaire.
82. Phot. x 240 - *Ditylum sol* Van Heurck. Vue valvaire.
83. Phot. x 480 - *Entomoneis alata* Bailey. Vue valvaire.
84. Phot. x 480 - *Entomoneis paludosa* W. Smith. Vue valvaire.

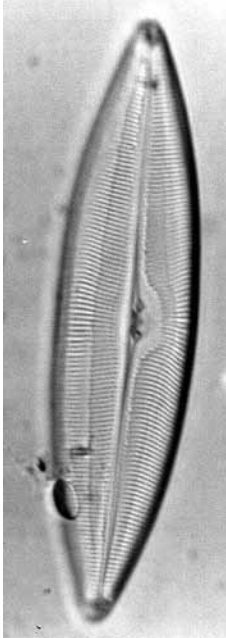
79



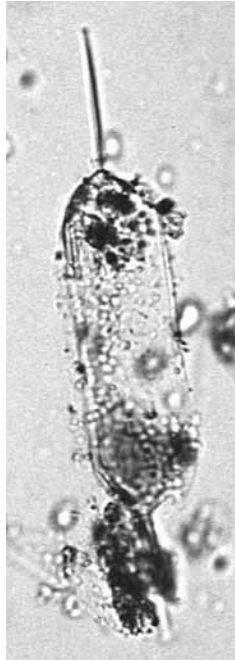
80



81



82



83



84



85. Phot. x 480 - *Eunotia* sp. Ehrenberg. Vue valvaire.
86. Phot. x 1200 - *Gyrosigma* sp. Hassal. Vue valvaire.
87. Phot. x 480 - *Frustulia interposita* (Lewis) de Toni. Vue valvaire.
88. Phot. x 240 - *Gyrosigma spectabile* Grünow. Vue valvaire.

85



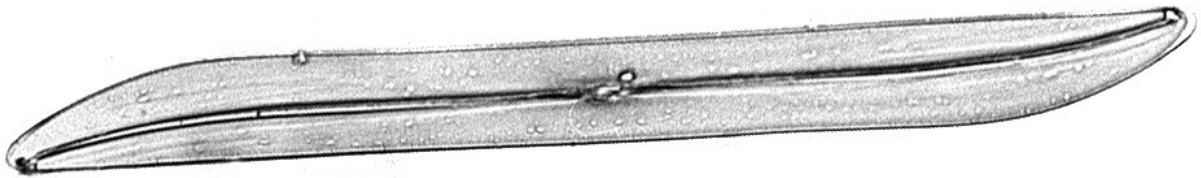
86



87



88



89. Phot. x 240 - *Nitzschia* sp. Grönow. Vue valvaire.
90. Phot. x 480 - *Nitzschia longissima* de Brébisson. Vue valvaire.
91. Phot. x 480 - *Nitzschia obtusa* W. Smith. Vue valvaire.
92. Phot. x 240 - *Nitzschia pungens* Grönow. Vue valvaire.
93. Phot. x 200 - *Nitzschia sigma* W. Smith. Vue valvaire.
94. Phot. x 480 - *Nitzschia sigmoidea* (Ehrenb.) W. Smith. Vue valvaire.
95. Phot. x 480 - *Nitzschia delicatissima* Cleve. Vue valvaire.

89



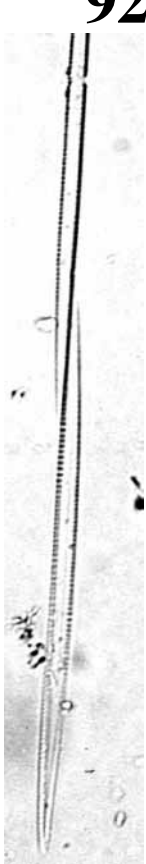
90



91



92



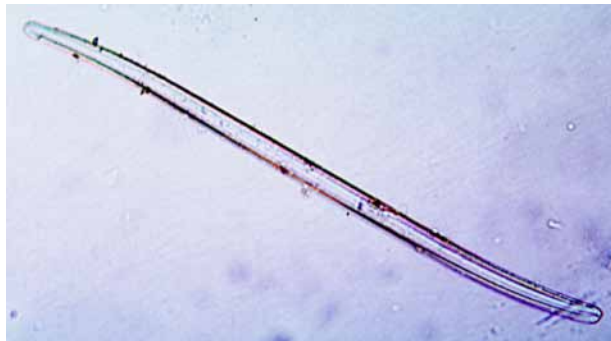
93



95



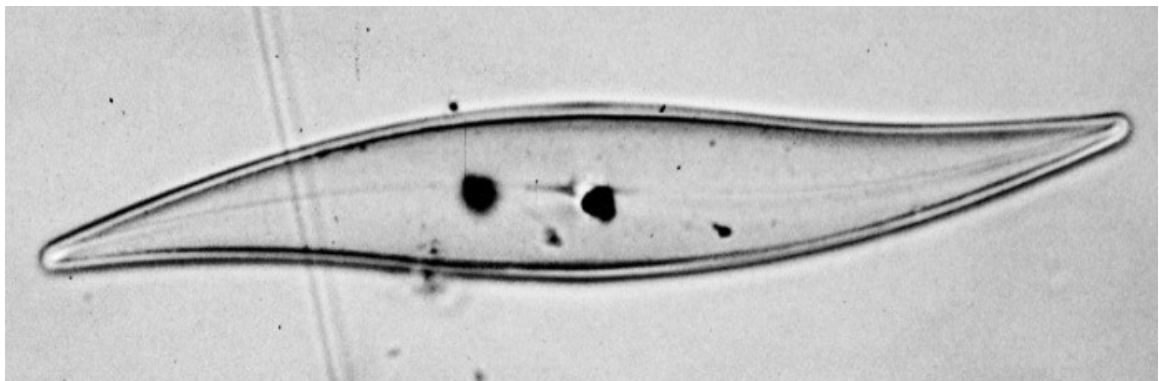
94



96. Phot. x 480 - *Pleurosigma brasiliensis* Müller-Melchers. Vue valvaire.
97. Phot. x 480 - *Pleurosigma majus* Grönöw. Vue valvaire.
98. MEB - *Pleurosigma decorum?* W. Smith. Vue valvaire.
99. MEB - *Idem*. Détail du raphé.



96

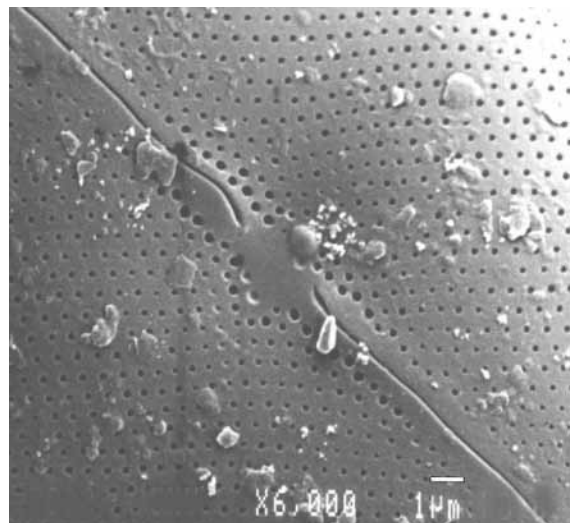


97

98

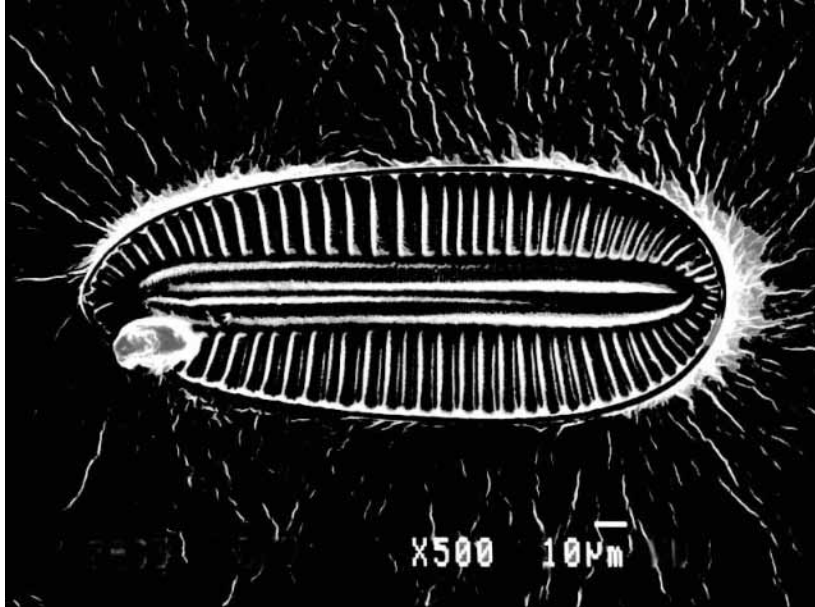


99

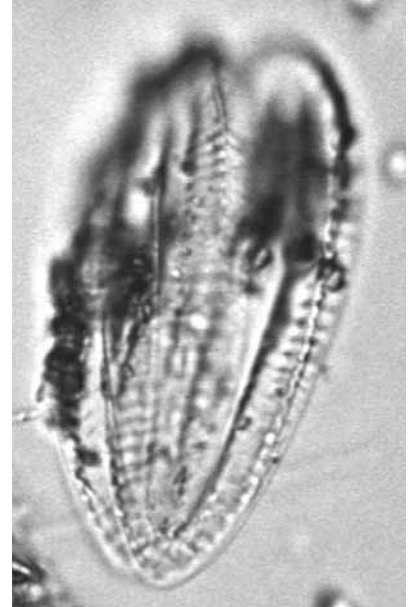


100. MEB - *Surirella praeclara?* Turpin. Vue valvaire.
101. Phot. x 480 - *Surirella rorata* Frenguelli. Vue valvaire.
102. Phot. x 480 - *Thalassionema frauenfeldii* Grünow. Vue valvaire.
103. Phot. x 480 - *Thalassionema nitzschioides* Grünow. Vue valvaire.

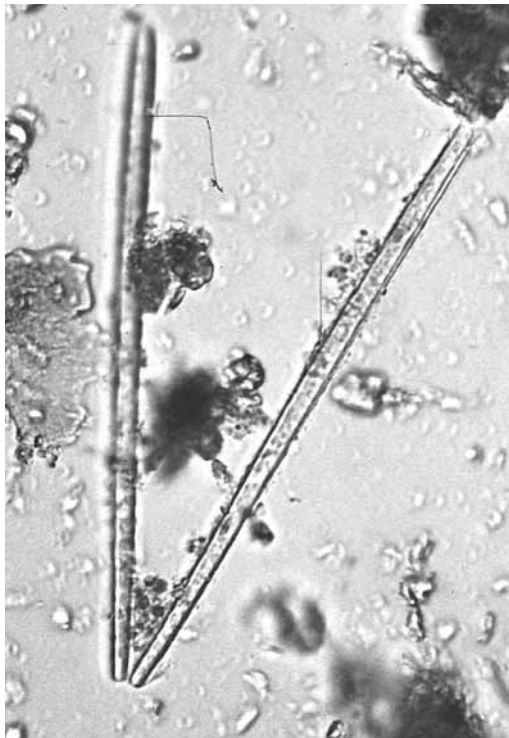
100



101



102



103

