

Étude sédimentologique et méiobenthos d'un écosystème lagunaire modifié par un récif artificiel à vocation aquacole : l'acadja

Oostende - Belgium

Méiobenthos
Sédimentologie
Récifs artificiels
Lagune tropicale

Meiofauna
Sedimentary evolution
Artificial habitats
Tropical lagoon

Daniel GUIRAL^a, Nicole GOURBAULT^b et Marie-Noëlle HELLEOUET^b

^a ORSTOM Montpellier, Laboratoire d'Hydrobiologie et Océanographie tropicale, 911, avenue Agropolis, BP 5045, 34032 Montpellier Cedex 1.

^b Muséum National d'Histoire Naturelle, D.0699 CNRS, Biologie des Invertébrés Marins, 57, rue Cuvier, 75231 Paris Cedex 05.

Reçu le 15/11/94, révisé le 18/04/95, accepté le 20/04/95.

RÉSUMÉ

Le recours à des techniques d'aquaculture extensive, qui privilégient la productivité naturelle du milieu et son exploitation directe par les poissons en élevage, bénéficie actuellement d'un grand intérêt dans les pays en voie de développement; ainsi, la réalisation de récifs artificiels pour le développement d'organismes fixés a été testée en Côte-d'Ivoire. Le présent travail décrit les transformations du milieu sédimentaire (granulométrique, chimique et biologique) liées à la réalisation de ce type d'aquaculture. La modification des taux de sédimentation minérale (par piégeage des particules remises en suspension dans le milieu libre environnant lors des turbulences initiées par le vent) et organique (par sédimentation directe ou indirecte via le broutage des productions épiphytiques) au sein de la structure d'élevage est à l'origine d'une importante transformation des communautés qui colonisent les sédiments de surface. Globalement, la méiofaune, dominée par les nématodes et les copépodes, y est moins diversifiée du fait de la disparition et de la raréfaction de certains groupes (turbellariés, gastrotriches, ostracodes). La tendance est confirmée par une étude plus approfondie des nématodes. Par opposition au peuplement diversifié des sédiments lagunaires où prédominent, selon les saisons, les espèces des genres *Paraphanolaimus*, *Anonchus* et *Daptonema*, la communauté est moins diversifiée au sein de l'acadja car elle est en permanence dominée par une espèce du genre *Theristius*. Cette diminution de diversité spécifique s'accompagne d'une réduction des types trophiques avec une représentation quasi exclusive des détritivores non sélectifs. Les transformations sédimentologiques et biologiques, qui affectent l'ensemble de la zone occupée par l'acadja, traduisent une eutrophisation de plus en plus marquée des sédiments. Pour une production aquacole durable et dans un contexte initialement propice à des processus de minéralisation anaérobiose de la matière organique (sulfato-réduction), cette eutrophisation progressive impose des stratégies d'exploitation des sites lagunaires discontinues dans le temps et l'espace.

ABSTRACT

Sediment nature and meiobenthos of an artificial reef (*Acadja*) used for extensive aquaculture.

In developing countries, recourse to extensive aquaculture systems based on the exploitation of natural aquatic food webs is currently the subject of considerable interest. In this connection, the construction of artificial reefs (known as *Acadja*) for the development on substrates of living communities, and the utilization of

this new production to enhance fish growth have been evaluated in Côte d'Ivoire. This paper describes the granulometric, chemical and biological transformation of the sedimentary ecosystem as a consequence of this practice. In the artificial habitat, an increase in the sedimentation rate of the mineral fraction (definitive trapping of particle resuspension generated by the waves and induced by the wind) and of the organic fraction (direct and indirect sedimentation of the epiphytic biomass) constitutes the starting point of significant modifications in epibenthic communities. In the *Acadja*, the meiofauna, dominated by nematodes and copepods, is somewhat less diversified, some groups being absent or poorly represented (turbellarians, gastrotrichs, ostracods). These characteristics were confirmed by a specific study of the nematode assemblages. In fact, the relatively high diversity of the nematode community in the natural lagoon sediment (dominated seasonally by *Paraphanolaimus*, *Anonchus* et *Daptonema*) contrasts with low diversity in the *Acadja* sediment, where the community is always dominated by *Theristus* sp. This lower specific diversity generates a reduction of the trophic types. In the *Acadja*, only the non-selective detritus feeders colonize the fine and organic sediment. These sedimentological and ecological transformations, which affect the entire "brush park" (*Acadja*), induce a strong eutrophication of the benthic ecosystem. Sustainable fish production in such tropical lagoons, in an environment where anaerobic processes dominate (especially sulfato-reduction), calls for strategic spatio-temporal planning to take of account of this progressive eutrophication.

Oceanologica Acta, 1995, 18, 5, 543-555.

INTRODUCTION

L'implantation de supports verticaux, favorisant le développement de communautés fixées (pérophyton et épibiontes), a été expérimentée en Lagune Ebrié (Côte-d'Ivoire) pour la production extensive d'un tilapia africain, *Sarotherodon melanotheron*. Ce poisson, dont le mâle est incubateur buccal, colonise les estuaires et les lagunes du Sénégal jusqu'au Zaïre. Très halotolérent, il constitue des peuplements monospécifiques denses en amont de la Casamance dans des eaux de salinité supérieure à 90 g.l⁻¹ (Albarete, 1987). Son statut trophique d'espèce détritivore est généralement admis (Fagade, 1971 ; Pauly, 1976). Toutefois dans les estuaires des mangroves de Sierra Leone, Payne (1983) a plus récemment observé que son régime alimentaire est constitué exclusivement par les algues épiphytes qui colonisent les racines échasses des palétuviers et les rochers. Cette espèce semble ainsi particulièrement adaptée pour l'exploitation des communautés fixées. En outre, la production d'aliments naturels sur support entraîne un accroissement de l'hétérogénéité du milieu, condition supposée favorable pour la production en masse de ce tilapia territorial.

La technique d'élevage développée en Côte-d'Ivoire est inspirée d'une stratégie de pêche traditionnelle au Bénin (Gras, 1958). En milieu lagunaire, des empilements de branchages, localement dénommés *acadja* (Welcomme, 1972), sont constitués pour assurer la concentration, le piégeage et la pêche périodique des poissons du milieu naturel. Dans le cadre d'un projet d'aquaculture, des modifications ont été apportées à cette technique de pêche, essentiellement pour optimiser la productivité des communautés fixées et accroître le confinement des poissons (Hem, 1992). Le premier objectif est atteint en substituant aux branchages horizontaux déposés le plus souvent en zone aphotique des tiges de bambou fichées verticalement dans le sédiment. Pour éviter la fuite des poissons en éle-

vage vers le milieu naturel, les supports en bambou sont entourés par un filet dont la base est enfouie dans le sédiment. Cette protection limite aussi la pénétration de poissons prédateurs dans la structure partiellement isolée et permet de réaliser, à partir d'un empoissonnement par des alevins calibrés, un élevage pour lequel la compétition intraspécifique est limitée. La structure ainsi modifiée s'apparente à un récif artificiel (Konan-Brou et Guiral, 1994). Cette réalisation conduit à la création d'un nouvel écosystème, caractérisé par une modification de l'hydrodynamisme local (ralentissement des flux consécutifs à l'implantation des bambous et au filet de protection) et une plus grande complexité des réseaux trophiques (intervention d'un niveau trophique épiphytique au sein d'un réseau initialement pélagique et benthique ; concentration permanente d'une importante biomasse ichtyique).

Notre but est de définir l'incidence des modifications du milieu sur le sédiment et les communautés méiobenthiques qui le colonisent. Cette étude ne correspond pas à une description des transformations d'un même site au cours de son exploitation aquacole, mais, repose sur une analyse comparative de deux sites contigus que l'on a considérés comme analogues antérieurement à la réalisation de l'*acadja*. Cette recherche s'inscrit dans un cadre plus général d'étude du fonctionnement de ce système et de son impact sur le milieu environnant. En particulier, il importe de déterminer, sur les plans appliqués et fondamentaux, la place fonctionnelle des divers compartiments trophiques dans le processus global d'optimisation de la productivité aquacole. Parmi ceux-ci, notre attention a porté sur les communautés méiobenthiques dont la biomasse et la productivité sont activement exploitées (Gee, 1989) principalement par les formes juvéniles de poissons (Castel et Lasserre, 1982 ; Castel, 1985 ; Morais et Bodiou, 1984). Soumises à une prédation sélective, la distribution verticale des espèces et celle des individus sont aussi modifiées par la bioturbation exercée par les populations en élevage

(Escaravage et Castel, 1990). Ces premières investigations sur ce type d'aquaculture lagunaire, encore en phase expérimentale, ne bénéficient pour l'instant d'aucune connaissance antérieure spécifique. Cependant les premiers résultats, en terme de production aquacole, sont prometteurs et le recours à cette technique devrait se généraliser car elle semble particulièrement adaptée aux écosystèmes lagunaire tropicaux caractérisés par une productivité potentielle élevée (richesse nutritive, absence d'arrêt climatique, forte luminosité) mais limitée par la faible pénétration de l'énergie incidente (forte charge particulaire).

MATÉRIEL ET MÉTHODES

La création de l'acadja était achevée à la fin de l'année 1990. En février 1991, il a été empoissonné avec des alevins de *Sarotherodon melanotheron*, à raison de 10 individus.m⁻². Aucun complément alimentaire n'a été distribué aux poissons en élevage pendant la période d'étude.

Pour caractériser le milieu sédimentaire et son peuplement méiobenthique, des prélèvements ont été réalisés en plongée par carottage manuel dans la lagune et au sein de l'acadja implanté à la station d'aquaculture de Layo. L'acadja, d'une superficie de 1250 m² et d'une profondeur moyenne de 1,1 m (0,2 m de hauteur de marnage), est situé à 300 m de la rive nord de la lagune Ebrié.

Dans l'acadja, des échantillons ont été récoltés en deux types de sites localisés dans sa partie centrale pour éviter un éventuel effet de paroi. Le premier (C) est situé au centre d'un carré délimité par quatre bambous (régulièrement espacés et distants de 50 cm) et le second (B) se trouve directement à la base de l'un des bambous.

En lagune, les carottages (L) ont été effectués à proximité immédiate de l'acadja (secteur compris entre 10 et 20 m du fillet de protection) et à une distance à la côte équivalente à celle des prélèvements effectués dans l'acadja. Cette stratégie permet de tenir compte de l'existence, au sein des sédiments de surface, d'un gradient granulométrique horizontal, structuré en fonction de la bathymétrie et donc essentiellement de la distance à la rive (Tastet et Guiral, 1994). Pour éviter l'influence possible de la proximité de l'acadja, les carottages ont été réalisés dans le secteur de la lagune situé à l'ouest de l'acadja, en amont des courants dominants dans cette zone (Guiral, 1983). Ce secteur lagunaire est soumis à une double influence : océanique à l'est, via le canal de Vridi distant de 45 km, et continental à l'ouest, en raison de la proximité du fleuve Agnéby dont l'embouchure est située à 3 km (fig. 1). Les périodes de jusant et le débit fluvial conjuguant leur effet entraînent un déplacement global des masses d'eaux lagunaire vers l'est. De plus, l'hydrodynamique locale est conditionnée par le régime des vents, caractérisé par une périodicité jour-nuit très marquée (Durand et Guiral,

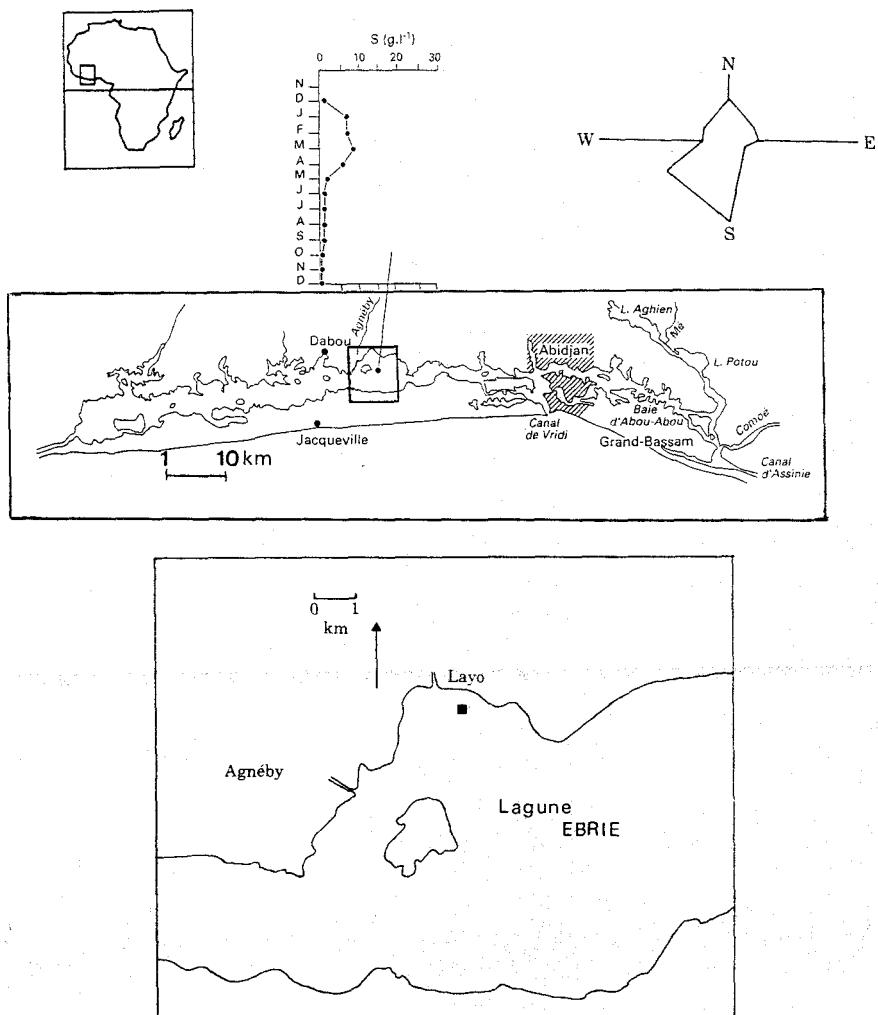


Figure 1

Plan de situation de la station d'aquaculture de Layo au sein de la lagune Ebrié (Côte-d'Ivoire). Direction générale des vents et évolution annuelle de la salinité des eaux de surface.

Location of the Layo aquaculture station in Ebrié lagoon (Côte-d'Ivoire). Monthly variation of surface water salinity of the lagoon area and yearly wind direction pattern.

1994). De jour, s'établissent des vents, de direction générale sud-ouest (*cf.* rose des vents, fig. 1) qui s'affaiblissent en général, voire s'annulent de nuit. Ces vents d'origine solaire, de faible intensité, engendrent cependant des phénomènes de turbulence à l'origine de remises en suspension des sédiments de surface dans les secteurs lagunaires de faible profondeur (Arfi *et al.*, 1993) et renforcent le déplacement vers l'est des eaux de surface. Le choix des lieux de prélèvement en lagune intègre aussi ce phénomène, susceptible d'entraîner une modification des sédiments situés en aval de l'acadja.

Étude sédimentologique

Un échantillon (carotte de 7 cm de diamètre) a été prélevé mensuellement de janvier 1992 à janvier 1993 dans les trois types de sites. Les analyses granulométriques, minéralogiques et l'étude de la matière organique ont été pratiquées sur les sédiments de surface (strate 0-2 cm) après congélation et lyophilisation. Après destruction de la matière organique et estimation de l'importance respective des diverses classes granulométriques les fractions inférieures à 50 µm ont été séparées. Des analyses granulométriques (Sedigraph 500) et minéralogiques (diffractométrie RX) de ces particules ont été ensuite effectuées. Les caractéristiques de la distribution en taille de ces particules [diamètre moyen, écart-type, coefficients d'asymétrie (Skewness) et d'aplatissement (Kurtosis)] ont été estimées par la méthode des moments statistiques (Rivière, 1977). Les proportions respectives des divers minéraux ont été estimées par comparaison des hauteurs des pics du quartz avec ceux des autres minéraux identifiés. La comparaison entre les diffractogrammes des fractions fines et des poudres totales a permis, en outre, de préciser la proportion respective de ces divers minéraux au sein des diverses classes granulométriques. Des dosages des concentrations en carbone et azote organiques (élimination des formes minérales de l'azote et du carbone après décarbonatation à l'acide orthophosphorique et dosage à l'analyseur élémentaire Carlo Erba) et en phosphore total (attaque à l'eau oxygénée et à l'acide perchlorique puis dosage en spectrométrie d'émission à torche à plasma, Varian) ont été réalisés sur les divers échantillons.

De plus, en janvier et novembre 1992, deux carottes par type de station ont été prélevées et sous-échantillonnées en strates de 1 cm (seringue tronquée de 1 cm de diamètre). Sur des aliquots (2 ml) de sédiment frais, les pigments chlorophylliens ont été extraits (jusqu'à épuisement de la coloration des extraits) par du méthanol (de 4 à 6 extractions successives). Les extraits ont été ensuite dosés par spectrophotométrie avant et après acidification pour déterminer l'importance relative des pigments photosynthétiquement actifs (Aminot et Chaussepied, 1983). La diversité pigmentaire (R) a été estimée par le rapport des densités optiques des extraits mesurés aux longueurs d'onde 450 nm et 665 nm.

Étude des peuplements méiobenthiques

Deux carottes (tubes en Plexiglas de 3,6 cm de diamètre) ont été prélevées dans chacun des trois types de sites en janvier 1992 (L : Lagune, C : Centre entre les bambous,

B : Base des bambous). La longueur de la carotte (12 cm) est déterminée par le niveau de la couche de sédiment compact et induré. En mai et novembre, les carottes ont été subdivisées en strates de 2 cm pour analyser la distribution verticale des animaux (a : strate 0-2 cm ; b : strate 2-4 cm ...). Ces trois époques correspondent respectivement pour les mois de janvier (J) et mai (M) au début et à la fin de la période d'influence océanique dominante et pour le mois de novembre (N) à la période d'influence continentale maximale (*cf.* salinité, fig. 1). Les sédiments prélevés ont été fixés sur place au formol neutralisé à 7 % pour conservation des méiobenthontes. Ceux-ci ont été extraits après tamisage (mailles de 250 et 40 µm) et centrifugation (Ludox TM) selon la technique de De Jonge et Bouwman (1977) puis en vue de leur détermination, comptés et montés sur lames dans de la glycérine. Lorsque cela était possible, cent nématodes ont été identifiés jusqu'à l'espèce pour chacun des prélèvements. Dans le cas des carottes découpées en strates, la comparaison entre sites a été effectuée en considérant cent individus pris au hasard, proportionnellement au nombre de nématodes obtenus dans chaque strate.

La structure des divers peuplements de nématodes a été analysée par des méthodes reposant sur le calcul de la richesse spécifique (S), de l'équitabilité (J) et de l'indice de diversité de Shannon ($H^* \log_2$). Les profils de diversité sont illustrés par les courbes de « *k*-dominance » (Lambshead *et al.*, 1983) et la similitude entre prélèvements a été testée par « non-metric MultiDimensional Scaling, MDS » (Kruskal and Wish, 1978).

La structure trophique des assemblages de nématodes a été analysée en regroupant les espèces par types trophiques, selon la morphologie de leur cavité buccale. La classification de Wieser (1953) a été adoptée et distingue : les détritivores sélectifs (1A) ou non sélectifs (1B) – subdivision contestée par Jensen (1986) –, les suceurs d'épistries (2A) et les prédateurs-omnivores (2B).

RÉSULTATS

Les sédiments

Caractérisation physique

Au sein de l'acadja les sédiments de surface présentent une nette individualisation granulométrique par rapport au milieu lagunaire de référence. En particulier, les sables grossiers y sont nettement moins abondants, à la suite d'un enrichissement relatif en sable fin et en argile (fig. 2). Les fractions sableuses, peu représentées au sein de l'acadja, sont constituées de quartz d'origine fluviatile (sub-émousé et translucide) et de pseudo-oolithes comprenant un noyau de quartz recouvert de pellicules concentriques de goéthite (Guiral, 1986). Les fractions fines sont qualitativement similaires dans les trois sites et correspondent pour les limons à des quartz et des micas (muscovite) et pour les argiles quasi-exclusivement à de la kaolinite (tab. 1).

Les paramètres statistiques, caractérisant les fractions granulométriques fines (< 50 µm) des divers prélèvements mensuels, sont représentés figure 3. En lagune, le diamètre moyen des particules (< 2 µm) est significativement plus faible qu'au sein de l'acadja. En outre par rapport aux sédi-

Tableau 1

Caractérisation granulométrique et minéralogique des sédiments en lagune Ebrié à proximité des installations aquacoles de Layo et au sein d'un acadja (Minéraux **majeurs**, secondaires et à l'état de trace ; Q : quartz, G : goethite, K : kaolinite, M : micas).

*Granulometric and mineralogical characteristics of the surface sediments from Ebrié lagoon (near the aquaculture center of Layo) and from within the Acadja (**major mineral**, complementary mineral, trace mineral ; Q : quartz, G : goethite, K : kaolinite, M : mica).*

	% fraction fines (< 50 µm)	Porosité	Composition minéralogique	
			Totale	Fine
Lagune	19,30	45	Q-G-K-(M)	G-K-M-Q
Acadja				
base bambou	45,56	61	Q-G-(K-M)	Q-K-G-M
entre bambou	49,19	51	Q-G-(M-K)	Q-K-G-M

ments de l'acadja, les divers prélèvements lagunaires présentent une plus faible hétérogénéité (C.V. < 5 %), un meilleur grano-classement (écart-type moyen des diverses distributions < 0,6) et un enrichissement relatif vers les fractions les plus fines (Sk moyen > 2). Ainsi, malgré des sédiments constitués à 80 % par des particules de diamètres supérieurs à 50 µm, la porosité en lagune est inférieure à celle estimée au sein de l'acadja (tab. 1). Au sein de l'acadja, il n'existe pas de différences granulométriques significatives en fonction de la plus ou moins grande proximité du bambou. Cependant, il est possible de noter une plus forte hétérogénéité spatio-temporelle (fig. 3)

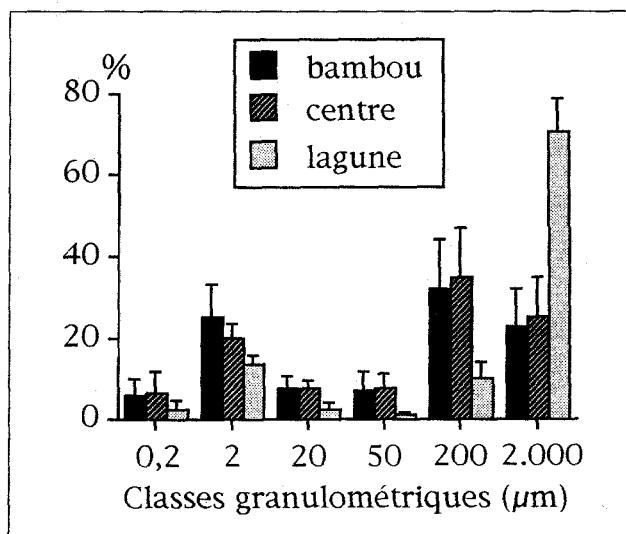


Figure 2

Histogrammes des répartitions granulométriques moyennes des sédiments de surface pour les trois types de site étudiés.

Frequency histograms of the mean granulometric distributions of surface sediments from the three studied sites.

entre les divers prélèvements réalisés à la base des bambous (C.V. respectivement au centre entre les bambous et à la base des bambous de 7 et de 12 %) où s'exercent les plus fortes modifications de l'hydrodynamisme local.

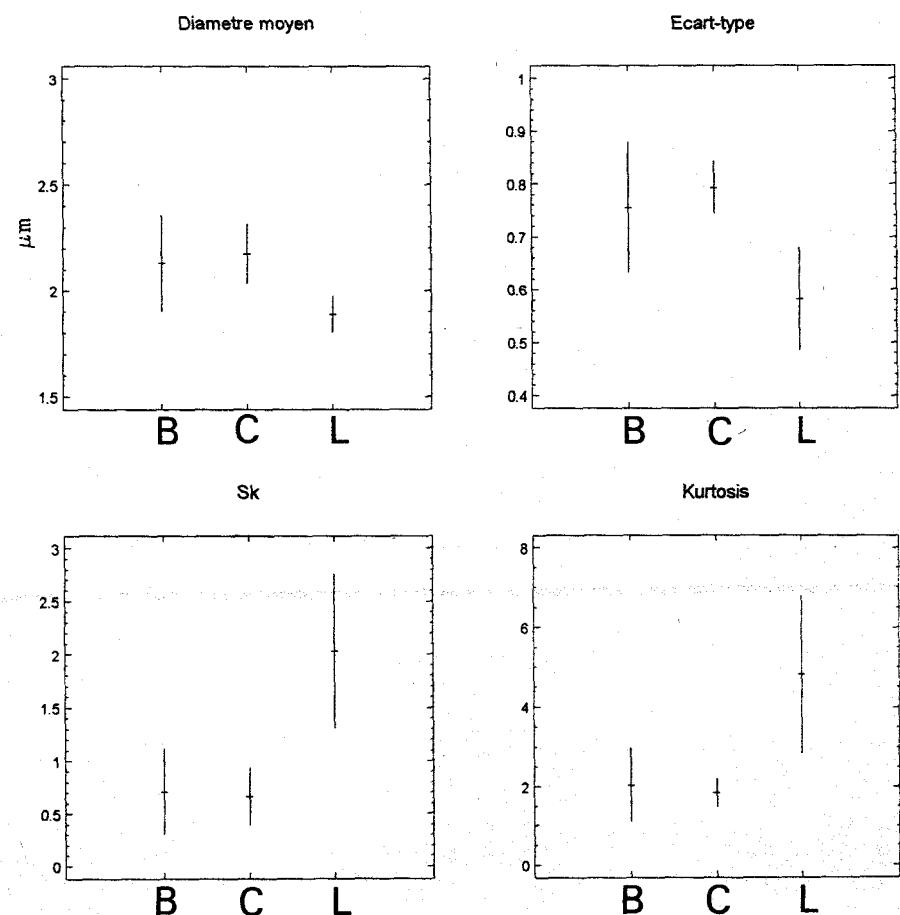


Figure 3

Paramètres descriptifs de la distribution des fractions granulométriques fines (valeurs moyennes et intervalles de confiance, $\alpha = 1\%$) du diamètre moyen, de l'hétérogénéité (écart-type), des coefficients d'asymétrie (Sk, Skewness) et d'aplatissement (K, Kurtosis) des particules des sédiments de surface (B : Base des bambous ; C : Centre d'un carré délimité par quatre bambous ; L : Lagune, site de référence).

Statistical parameters (average values and confidence intervals at significance level $\alpha = 1\%$) of mean size, heterogeneity (standard deviation) and Skewness (Sk) and Kurtosis (K) coefficients of the granulometric distribution of the fine fraction (< 50 µm) of the surface sediment from Ebrié lagoon (L : reference sediment) and from within the Acadja (B : sediment close to the bamboos ; C : sediment at the centre of a square delimited by the bamboos).

La matière organique

La modification de l'écosystème sédimentaire au sein de l'acadja est confirmée par l'étude de la matière organique qui, en lagune, est à la fois moins abondante et correspond à un matériel relativement appauvri en azote et donc plus évolué ou d'origine plus continentale (rapport C/N > 20, fig. 4). L'accumulation de matière organique détritique, peu évoluée au sein de l'acadja (en particulier à la base des bambous) dans un contexte de confinement, se traduit par un caractère fortement réducteur des sédiments : la coloration noire des pseudo-oolithes de goéthite (brun rouge en lagune) indique une activité sulfato-réductrice intense et généralisée dans ces sédiments. Ces conditions réductrices contribuent à un appauvrissement en phosphore total qui se trouve ainsi plus abondant dans les sédiments du milieu ouvert. Cependant, pour cet élément, la variabilité entre les divers prélèvements réalisés en lagune est très importante en liaison avec une forte micro-hétérogénéité des conditions d'oxydoréduction. En effet, au sein de micro-niches anoxiques, les sulfates constituent un substitut à l'oxygène dans les processus de minéralisation de la matière organique pour ces sédiments naturellement riches en composés soufrés.

Les pigments chlorophylliens

Les moyennes des concentrations sédimentaires en pigments chlorophylliens en fonction de la profondeur sont représentées figure 5. Les sédiments lagunaires sont caractérisés par : des concentrations quatre fois plus faibles que dans l'acadja et de faibles variations la profondeur ; une proportion de chlorophylle active inférieure à 50 % en

surface et proche de 0 % à - 4 cm ; des indices de diversité pigmentaire croissants avec la profondeur.

A l'opposé, les sédiments au sein de l'acadja présentent : d'importantes variations quantitatives en fonction de la profondeur avec, à l'interface eau-sédiment, des concentrations fortes constituées en majorité de pigments actifs ; absence d'évolution des indices pigmentaires traduisant une homogénéité qualitative des communautés algales sédimentaires constituées de périphyton et de phytoplankton sédimentés et de phytobenthos.

La faune benthique

Composition générale de la méiofaune (tab. 2)

Dans les sédiments lagunaires les densités totales, qui incluent dix grands groupes d'invertébrés nettement identifiables, sont de 560 à 879 individus/10 cm² (en moyenne 705 ind./10 cm²). En acadja, elles varient davantage de 585 à 4612 ind./10 cm² à la base des bambous et de 714 à 4006 ind./10 cm² entre les bambous avec des valeurs maximales pour les prélèvements effectués à la fin de la période d'influence océanique. Les nématodes et les copépodes constituent les deux groupes dominants. Globalement, les premiers prédominent en période de salinité minimale et les seconds lors de la baisse des apports continentaux.

La diversité de l'ensemble de la méiofaune est nettement plus élevée dans les sédiments lagunaires à granulométrie grossière qu'au sein de l'acadja où les turbellariés semblent absents, et où les gastrotriches et les ostracodes sont très rares.

Tableau 2

Densités (nombres d'individus/10 cm²) des principaux groupes du méiobenthos en lagune Ebrié (L) et dans un acadja, au centre d'un carré de 4 bambous (C) ou à la base du bambou (B).

Abundances (ind/10 cm²) of different meiobenthic groups from the Ebrié lagoon and the Acadja in the centre of the square area delimited by the bamboos and at the base of the bamboos, according to depth : a = 0-2 cm ; b = 2-4 cm, ...)

	JANVIER 1992							MAI 1992												NOVEMBRE 1992					
	LJ1	LJ2	CJ1	CJ2	BJ1	BJ2	CMa	CMb	CMc	CMd	CMe	CMf	BMa	BMb	BMc	BMd	BMe	BMf	LNa	LNb	LNc	CNa	CNb	CNc	
Turbellariés			10																8						
Nématodes	108	101	692	448	744	269	670	79	83	33	21	38	932	209	178	43	18	2	257	81	25	446	62	36	
Gastrotriches	12	20	8																4	1					
Rotifères						4																			4
Ann. Polychètes	1		5				52	11	2				52	5	7		2		13	3	3	5	2	1	
Ann. Oligochètes													10												
Acariens			4										2				2		4						
Ostracodes	40	21											2				2		52		1				2
Copépodes	318	273	316	404	56	210	1938	30	44	8	141	22	1564	68	58	61	140	12	64	3	1	136	6	4	
Nauplii	368	224	168	96		100	698	4	44	4	60	14	980	54	52	48	102	4	28	1					8
Cladocères	24	25									2						2		9	1					1
Bivalves																			9	1					
Divers	8					2		5			1		1		2				1						
Total s'échantill.							3358	129	175	45	223	76	3529	346	301	152	264	200	439	91	30	600	70	44	
Total carotte	879	678	1189	948	800	585	4006						4612						560				714		
% Nématodes	12,3	14,9	58,2	47,3	93	46	20	61,2	47,4	73,3	9,42	50	26,4	60,4	59,1	28,3	6,82	10	58,5	89	83,3	74,3	88,6	81,8	
% Copépodes	78,0	73,3	40,7	52,7	7,0	53,0	78,5	26,4	50,3	26,7	90,1	47,4	72,1	35,3	36,5	71,7	91,7	80,0	21,0	4,4	3,3	24,0	8,6	9,1	
% Néma + Cop.	90,3	88,2	98,9	100	100	99	98,5	87,6	97,7	100	99,6	97,4	98,5	95,7	95,7	100	98,5	90	79,5	93,4	86,7	98,3	97,1	90,9	

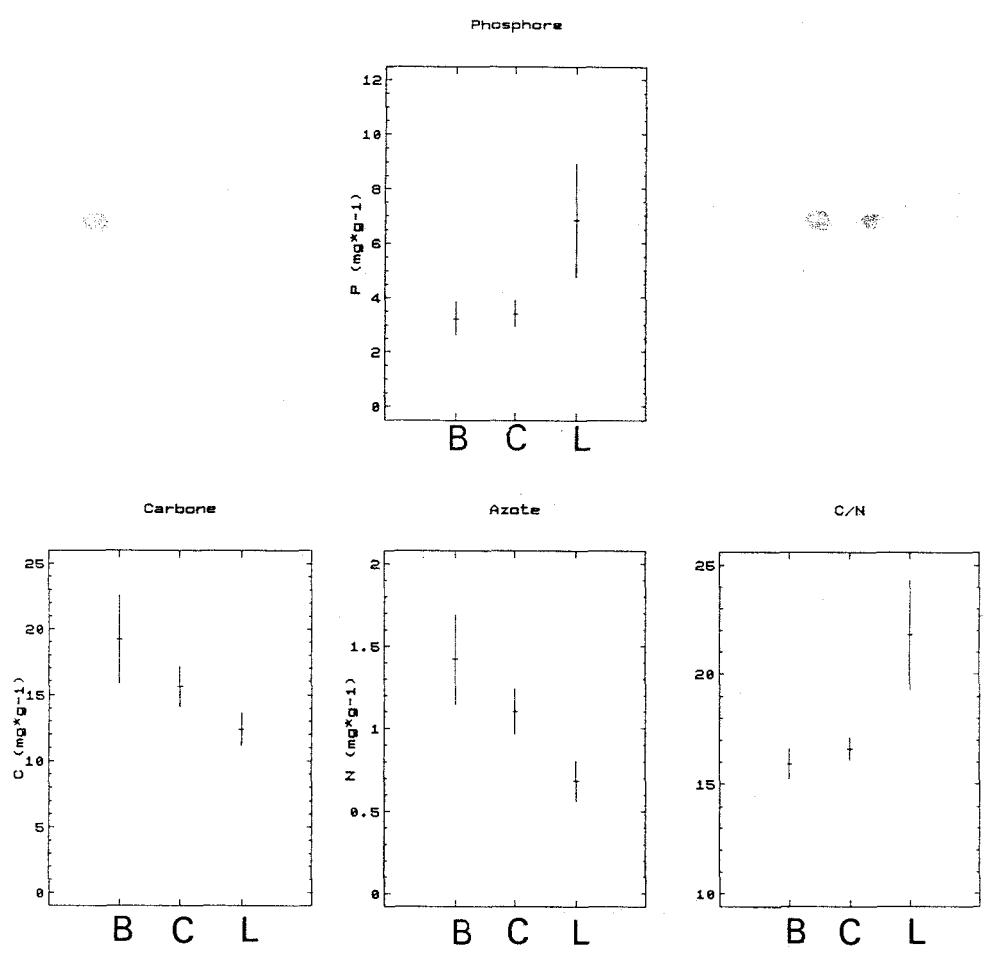


Figure 4

Concentrations en phosphore, carbone et azote organiques sédimentaires et rapport C/N (valeurs moyennes et intervalles de confiance, $\alpha = 1\%$) des sédiments de surface (B : Base des bambous ; C : Centre d'un carré délimité par quatre bambous ; L : Lagune, site de référence).

Statistical values (average values and confidence intervals at significance level $\alpha = 1\%$) for some geochemical descriptors (C, N, P and C/N) of the organic matter in the surface sediment from Ebrié lagoon (L : reference sediment) and from within the Acadja (B : sediment close to the bamboos, C : sediment at the centre of the square delimited by the bamboos).

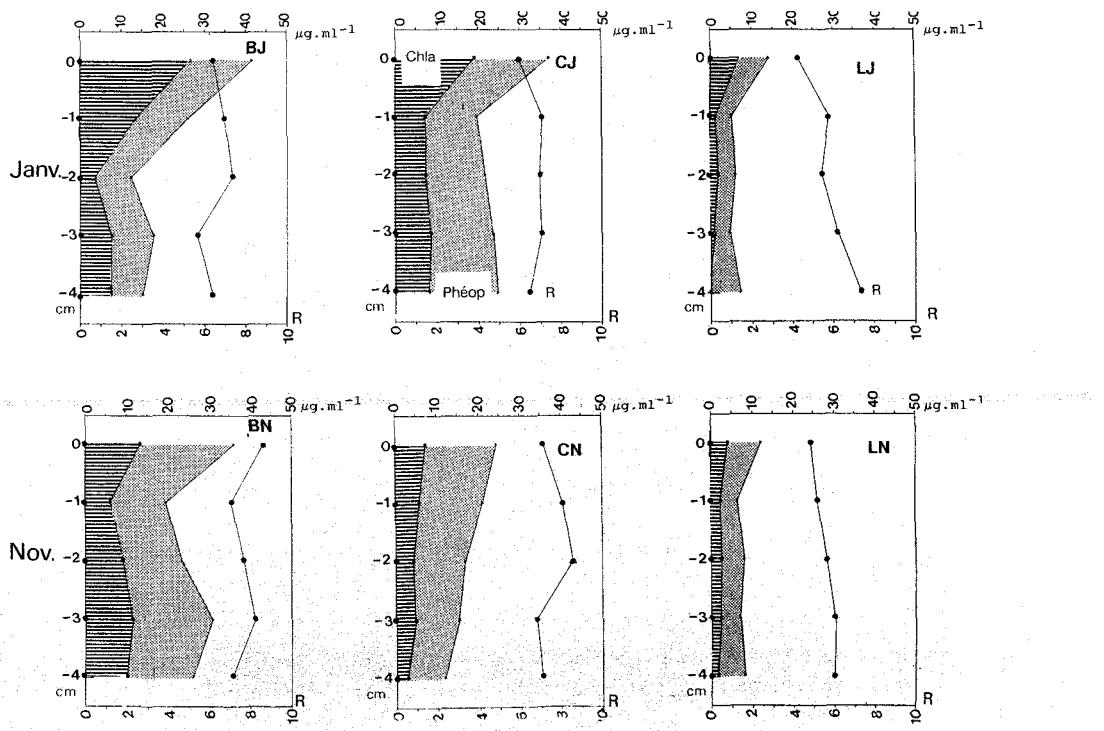


Figure 5

Répartition verticale dans les sédiments des concentrations en pigments totaux et en chlorophylle a et indice de diversité pigmentaire R (D.O. 450/D.O. 665) en janvier et en novembre.

Vertical distributions (January and November) of the concentration of total pigment, chlorophyll a and R (Index of pigmentary diversity, D.O. 450/D.O. 665) in the sediment from Ebrié lagoon (L) and from within the Acadja (C and B).

Le tableau 2 rend compte également de la distribution verticale de la méiofaune. Elle est concentrée dans les deux premiers centimètres du sédiment qui, pour les quatre carottes étudiées, abritent 78 % (lagune), 84 % (centre entre les bambous, en mai comme en novembre) et 76 % (base des bambous) de la faune de la carotte entière. En référence aux deux groupes dominants, cette concentration est confirmée pour les nématodes (l'interface eau-sédiment réunissant respectivement 71, 72, 82 et 67 % des nématodes récoltés dans ces mêmes prélèvements) et encore plus marquée pour les copépodes avec des taux respectifs de 95, 88, 94 et 81 %. Dans les deux strates suivantes (carotte de 6 cm), les pourcentages respectifs atteignent globalement 90 % (centre entre les bambous), 95 % (base des bambous) pour les nématodes, et 92, 89 % pour les copépodes (ce qui explique que seules ces trois strates aient été analysées ultérieurement). Curieusement, pour chacun des deux prélèvements de mai, un léger pic de copépodes apparaît

entre 8 et 10 cm, ne représentant toutefois que 1 % des effectifs de ce groupe par échantillon (fig. 6).

Les assemblages de nématodes

28 espèces de nématodes représentent les 1687 individus observés. La distribution des espèces dominantes est reportée dans les tableaux 3 et 4. Certaines des espèces rares du sédiment (*Axonolaimus demani*, *Oncholaimus cf. oxyuris*, *Anoplostoma sp.* et *Dorylaimus sp.*) sont les taxons caractéristiques du revêtement de bryozoaires et d'algues périphytiques qui colonisent les bambous (Guiral et al., 1993). Tous ces nématodes se répartissent en 17 familles, pour la plupart représentées par un seul genre et une seule espèce, à l'exception des Xyalidae fortement dominants (64,7 %) avec 4 genres et 7 espèces, des Leptolaimidae (13,8 %) et Oncholaimidae (3,6 %) qui comptent chacun 3 genres et des Oxystolimidae (0,4 %) avec 2 genres.

Tableau 3

Rang des espèces dominant à plus de 1 % les effectifs globaux de nématodes de la lagune Ebrié et dans l'acadja.

Species comprising an overall abundance > 1 % of the total assemblages from the lagoon Ebrié and the Acadja.

	LJ1	LJ2	LN	CJ1	CJ2	CM	CN	BJ1	BJ2	BM	% L	% C	% B	% Total	Fréq.
1 <i>Theristus</i> sp1	3	14	10	60	29	87	58	42	42	57	9	59	47	41	10
2 <i>Paraphanolaimus</i>	38	28	7	12	16			4	18		25	7	7	12	7
3 <i>Metalihomoeus</i>			1	7	15	1	1	24	13	11		6	16	7	8
4 <i>Theristus flevensis</i>		4	6	4	11	5		23	13	3	3	5	13	7	8
5 <i>Anonchus</i>	14	14	4	2	3			2	1		11	1	1	4	7
6 <i>Daptonema</i> sp1		3	29	6					1		11	2	0	4	4
7 <i>Leptolaimus</i>	5	2	10	3	6		1	1	2	5	6	3	3	4	9
8 <i>Oncholaimellus</i>	9	4	10	3	5				2		8	2	1	3	6
9 <i>Anoplostoma</i>			7	1	1	2				17	3	2	6	3	6
10 <i>Metadesmolaimus</i>	13	2	1			2		4	2	2	6	1	3	3	7
11 <i>Theristus</i> sp2						31						8		3	1
12 <i>Dorylaimus</i>	2	3		2	4	4			5		2	2	2	2	6
13 <i>Daptonema setosum</i>	2		7		5						3		1	3	
14 <i>Monhyphera filiformis</i>	3	3		3	1	3			1		2	2		1	6

Tableau 4

Distribution verticale des nématodes représentant plus de 1 % des effectifs des échantillons de mai et novembre au centre (C) et à la base (B) des bambous de l'acadja, et dans la lagune Ebrié (L).

Vertical distribution of the dominant (> 1%) nematode species in May and November in the center (C) and at the base (B) of the bambous in the Acadja and the Ebrié lagoon.

	Mai 1992										Novembre 1992					% total	Fréq.			
	CMa	b	c	d	e	f	BMa	b	c	d	e	f	LNa	b	c	CNa	b	c		
1 <i>Theristus</i> sp1	90	64	61	20	18	13	60	36	72	32	6	2	14	8	1	59	17	4	52,5	18
2 <i>Theristus</i> sp2					1	1							1			30	33	27	8,5	6
3 <i>Daptonema</i> sp1													20	30	15				5,9	3
4 <i>Theristus flevensis</i>	7	3	8	5	2	3	3	5						18	3				5,2	10
5 <i>Anoplostoma</i>							21	20	3	1	1		2	1		2	5	1	5,2	10
6 <i>Metalihomoeus</i>		4	1	1		1	6	23	4	5	2		1	2			2		4,7	12
7 <i>Leptolaimus</i>						4	7	4	1	1			8	10	3	1	3	2	4,0	11
8 <i>Monhyphera filiformis</i>	2	4	1		6		1	6	1				1	9	4		1	1	3,3	11
9 <i>Dorylaimus</i>	1	6	6	2		1	4	4	2						1		1	1	2,5	10
10 <i>Oncholaimellus</i>						1		1					13	1					1,5	4
11 <i>Paraphanolaimus</i>	1					1	1						9	1					1,2	5
12 <i>Oncholaimidae</i>													12		3	1			1,1	1

En janvier la nématofaune de la lagune est essentiellement dominée par *Paraphanolaimus* sp. et *Anonchus maculatus* (Leptolaimidae) alors qu'au mois de novembre *Daptonema* sp.1 (Xyalidae) domine largement les assemblages en association avec un *Leptolaimus* (espèce à 4 tubules, dépourvue de cupules et différente de celles déjà décrites). Le genre *Paraphanolaimus*, qui ne possède aucun représentant marin, a été révisé par Andrassy (1968) et une seule espèce *P. bayensis* a été décrite depuis. La forme récoltée, vivipare, ne correspond à aucune des espèces connues. Elle possède 13-14 tubules préanaux et 57-70 cupules ventrales antérieures. Pour *A. maculatus*, signalé dans les eaux douces du Paraguay, de Colombie et aux U.S.A., Riemann (1970) a déjà souligné sa grande variabilité qui s'observe ici essentiellement dans le nombre des cupules disposées en deux rangées ventrales antérieures.

En acadja, une espèce (*Theristus* sp.1) domine toujours, quel que soit le prélèvement et la période considérés. Il s'agit d'un taxon rappelant *T. pertenuis* par la forme générale de l'appareil copulateur et l'habitus (mais les amphides sont en position nettement plus haute, la vulve est plus basse et très caractéristique, bipartite avec une partie distale sphérique). *Paraphanolaimus* sp. n'est présent que dans les échantillons de janvier où *Metalinhomoeus* sp. et *Theristus* du groupe *flevensis* sont alors également plus nombreux que dans les autres prélèvements. L'analyse stratifiée des carottes prélevées au mois de mai et de novembre (tab. 4) souligne la diminution de l'abondance des nématodes avec la profondeur. D'une manière sensiblement équivalente, cette décroissance affecte toutes les espèces mais elle présente un caractère plus progressif pour les espèces caractéristiques des différents sites : *Theristus* sp.1 pour l'acadja et *Daptonema* sp.1 pour la lagune. *Theristus* sp.2, sporadique en mai dans les dernières strates entre les bambous, y envahit les niveaux sédimentaires superficiels en novembre. *T. flevensis* semble coloniser de préférence les niveaux de subsurface.

Le tableau 5 rend compte de la distribution des types trophiques et de la très forte dominance des détritivores non sélectifs (1B) qui atteignent 93 et 92 % en moyenne respectivement entre les bambous et à leur base, et 76 % dans les sédiments lagunaires. Les omnivores-prédateurs correspondent à 5 et 4 % des nématodes en acadja mais à 12 % dans la lagune. Les détritivores sélectifs (1A) qui ne représentent que 2 % de la nématofaune au centre des bambous (absents en mai) et 4 % à la base des bambous, atteignent 9 % dans les sédiments lagunaires. Enfin les suceurs d'épistries (2A), présents en janvier dans la lagune (2 %), sont très rares entre les bambous (0,3 %) et absents à la base des bambous.

Les différents indices de diversité calculés sont reportés sur le tableau 6. Ils sont sensiblement plus élevés pour les prélèvements de la lagune. L'équitabilité estimée par la forme des courbes de *k*-dominance (fig. 6) confirme cette plus grande diversité des nématodes dans les sédiments lagunaires. La plus forte équitabilité (fig. 7b) est observée en novembre avec un peuplement constitué de 14 espèces, d'une espèce dominante (*Daptonema* sp.1) représentant moins de 30 % des individus et de 4 espèces dont les effectifs correspondent à 10 % du nombre total de nématodes. À l'inverse, la plus faible équitabilité est observée

Tableau 5

Répartition des différents types trophiques de Nématodes en fonction des sites et de la profondeur des strates.

Vertical distribution of trophic nematode types at each station (Nb = number of individuals observed).

Lag.																	
Types	LJ1	LJ2	LNa	LNb	LNc	CJ1	CJ2	CMa	CMb	CMc	CMd	CMe	CMf	CNa	CNb	CNc	
1B	75	75	64	69	20	92	84	99	73	77	30	21	24	96	58	33	
2B	15	7	25	1	1	5	9	1	6	6	2			3	1	1	
1A	7	2	11	11	4	3	6							1	3	2	
2A	3	6				1							1				
Nb	100	90	100	81	25	100	100	100	79	83	33	21	24	100	62	36	

Centre d'un carré de 4 bambous																
BJ1	BJ2	BMa	BMb	BMc	BMd	BMe	BMf	CNa	CNb	CNc						
1B	99	90	94	87	88	40	8	1								
2B	8	2	6	5	2			3	1	1						
1A	1	2	4	7	7	1	1									
2A																
Nb	100	100	100	100	100	43	9	1								

Base des bambous																
BJ1	BJ2	BMa	BMb	BMc	BMd	BMe	BMf	CNa	CNb	CNc						
1B	99	90	94	87	88	40	8	1								
2B	8	2	6	5	2			3	1	1						
1A	1	2	4	7	7	1	1									
2A																
Nb	100	100	100	100	100	43	9	1								

Tableau 6

Nombre d'espèces (N), richesse spécifique (S), diversité de Shannon (H'), équitabilité (J'), calculés pour les nématodes des échantillons de la lagune Ebrié et de l'acadja.

Species number (N), species richness (S), Shannon index (H'), evenness (J') calculated for nematodes from the Ebrié lagoon and the Acadja.

		N	N.ind.	S	H/loge	J'	H/log2
1	LJ1	13	100	2,61	1,99	77,5	2,87
2	LJ2	13	90	2,67	2,15	83,8	3,10
3	CJ1	10	100	1,95	1,46	63,3	2,10
4	CJ2	12	100	2,39	2,11	84,9	3,05
5	BJ1	7	100	1,30	1,43	73,3	2,06
6	BJ2	11	100	2,17	1,73	72,0	2,49
7	CM	6	100	1,09	0,57	31,8	0,82
8	BM	8	100	1,95	1,41	61,4	2,04
9	LN	14	100	2,82	2,26	85,6	3,26
10	CN	7	100	1,30	1,09	55,8	1,57

en mai au centre des bambous de l'acadja avec un peuplement constitué de 6 espèces dont l'espèce dominante (*Theristus* sp.1) représente près de 90 % des effectifs de nématodes. L'ordination des stations à partir de la structure de leurs peuplements de nématodes (MDS, fig. 8) montre une organisation en fonction des types de sites (projection des sédiments lagunaires dans la partie gauche du graphe) et des saisons hydroclimatiques (projection des sédiments prélevés en période de forte influence continentale dans la partie inférieure du graphe).

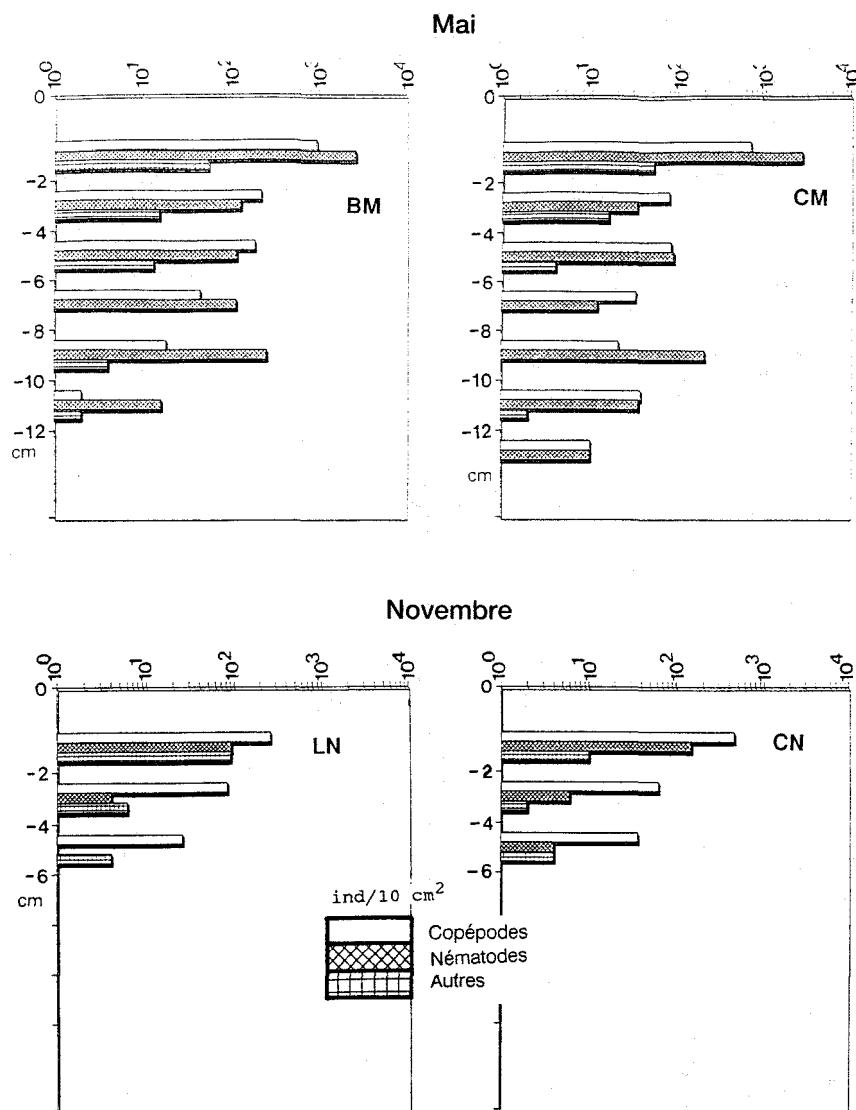


Figure 6

Distributions verticales de la méiofaune (Copepodes, Nématodes et autres) en mai (B : base des bambous et C : centre d'un carré délimité par quatre bambous) et novembre (L : lagune et C : centre entre les bambous).

Vertical distributions of the meiofauna (Copepoda, Nematoda and others) in sediments from the Acadja (C : Centre of the square, B : Base of the bamboos) and Ebrié lagoon (L, C) in May (B, C) and November (L, C).

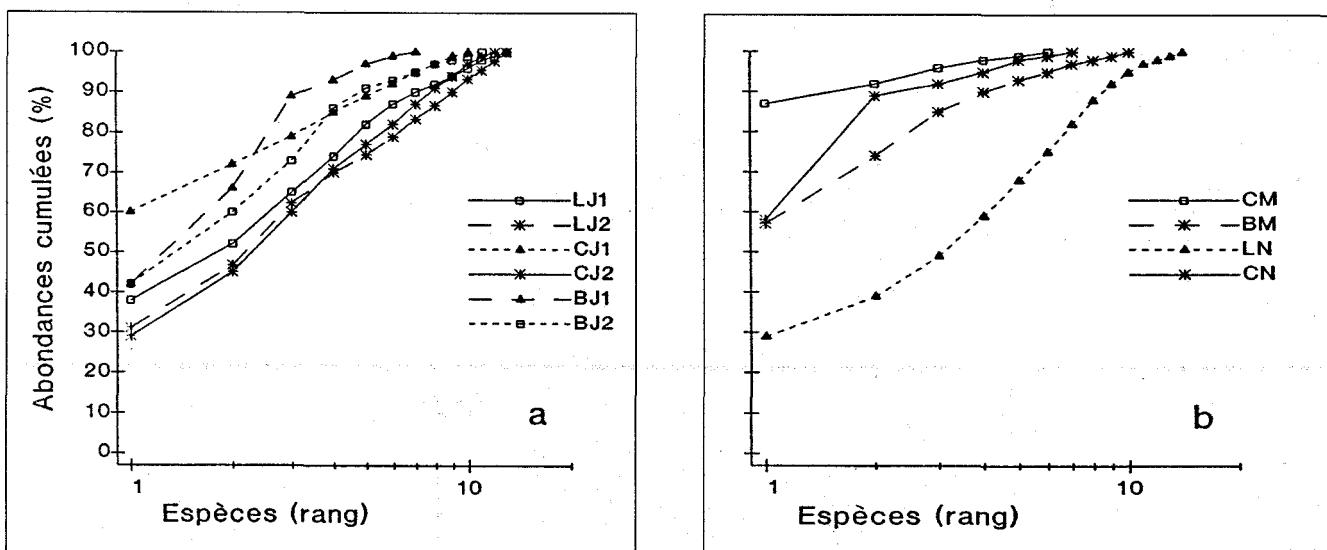


Figure 7

Diagrammes k -dominance des populations de nématodes a) pour les mois de janvier et b) de mai et novembre

Nematodes ; k -dominance curves for selected samples: a) January cores b) May and November cores.

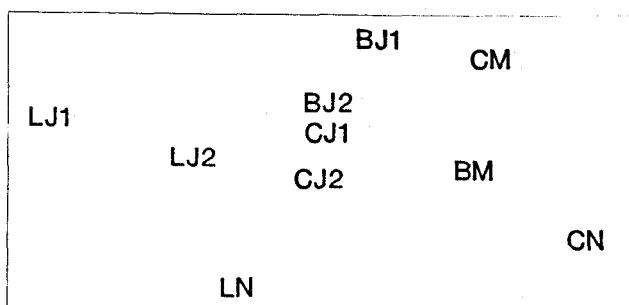


Figure 8

Analyses de la similitude (MDS) entre les diverses communautés de nématodes colonisant les sédiments de la lagune Ebrié et de l'acadja.

Non-metric Multidimensional Scaling of the Nematode communities living in the sediment from the Acadja and Ebrié lagoon.

DISCUSSION

En lagune Ebrié, la réalisation d'un acadja s'est traduite par la création d'un nouvel écosystème sédimentaire caractérisé par une plus grande hétérogénéité spatiale et par une granulométrie globalement plus fine (enrichissement en sable fin et en argile) que celles observées en lagune libre. Cet enrichissement relatif en fraction fine des sédiments de surface, au sein de l'acadja, est lié à des taux de sédimentation annuelle plus de deux fois supérieurs à ceux estimés en lagune. De plus, les argiles granulométriques, moins abondantes dans les sédiments lagunaires, y présentent un diamètre moyen plus faible, lié à une forte proportion de particules très fines. La situation semble assez voisine de l'enrichissement constaté dans le cas des sédiments de rivière où est observé un piégeage d'argiles, fines à très fines, dans les interstices des fractions granulométriques sableuses grossières. Ces fractions se trouvent ainsi protégées des processus de lévigation susceptibles de les éliminer (Rivière, 1977). Les différences granulométriques traduisent de profondes modifications du fonctionnement hydro-sédimentaire de l'acadja comparativement au milieu extérieur lagunaire. En particulier, les remises en suspension, liées à des phénomènes de turbulence initiés par le vent qui affectent périodiquement les sédiments lagunaires de surface, semblent très limitées au sein de l'acadja. Cependant, la circulation générale des masses d'eaux, contrôlée par l'hydrodynamique estuarienne, contribue à un envahissement périodique de l'acadja par les eaux turbides lagunaires. En période de calme, les particules organiques et minérales d'origine lagunaire tendent à sédimerter et à s'accumuler d'une manière quasi-définitive au sein de l'acadja. L'étude de la matière organique sédimentaire, relativement moins évoluée au sein de l'acadja, indique que ce piégeage des suspensions lagunaires n'est pas le seul mécanisme impliqué dans l'évolution des sédiments de l'acadja. L'augmentation de la biomasse, compte-tenu des productions autotrophes (pérophyton) et hétérotrophes (épibiontes) se développant sur les bambous, contribue directement (par arrachement) ou indirectement (par consommation et sédimentation sous forme de fèces en particulier par les alevins en élevage) à accroître la charge organique des sédiments. Les concentrations élevées en pigments chlorophylliens et la forte proportion de chloro-

phylle active dans les sédiments de surface, en condition de très faible éclairage (la lumière à l'interface eau-sédiment représente moins de 10 % de l'énergie incidente, Konan-Brou et Guiral, 1994) suggèrent une sédimentation relativement importante des algues pérophytiques (la biomasse phytoplanctonique au sein de l'acadja est quatre fois inférieure à celle du pérophyton, Guiral *et al.*, 1993). Ce processus est en accord avec l'observation de niveaux sensiblement plus riches à proximité immédiate des bambous.

L'importance des remaniements sédimentaires engendrés par les turbulences dans les zones de haut-fond de la lagune et leur faible efficacité dans l'acadja sont confirmées, d'une part par la relative homogénéité verticale des concentrations en pigment chlorophyllien dans les sédiments de la lagune et, d'autre part, par l'existence d'un gradient marqué dans le cas des sédiments de l'acadja.

Consécutivement à une accélération des processus de sédimentation minérale et organique (stockage des sédiments lagunaires remis en suspension et enrichissement en matière organique peu évoluée), les sédiments lagunaires, au sein de l'acadja sont ainsi en phase d'évolution rapide. Ces nouvelles conditions de milieu (confinement et richesse en composés organiques aisément métabolisables) s'accompagnent d'une modification de la méiofaune qui colonise originellement les sédiments lagunaires.

Très rares sont les travaux portant sur les communautés méiobenthiques lagunaires. Castel (1992) produit un tableau récapitulatif des effectifs globaux rencontrés dans différents sites étudiés, des plus riches (Tunisie : $5,7 \cdot 10^6$ ind. m^{-2} et delta du Pô : $5,4 \cdot 10^6$) aux moins peuplés (Pologne : $0,3 \cdot 10^6$ ind. m^{-2} et mangrove d'Australie : $0,3 \cdot 10^6$). Les moyennes calculées de 0,7 et $0,9 \cdot 10^6$ ind. m^{-2} pour la lagune et l'acadja respectivement s'inscrivent parmi les plus faibles densités citées, avec toutefois des pics importants pouvant atteindre $4,6 \cdot 10^6$ ind. m^{-2} .

Dans la synthèse réalisée par Castel (1992) la variabilité spatio-temporelle des abondances moyennes calculées en nombre d'individus par 10 cm^2 apparaît très grande pour les nématodes : 185 à 12 600 pour Arcachon, 3 à 987 pour la mangrove australienne et pour les copépodes : 139 à 3 088 à Marennes, 0 à 57 pour la mangrove australienne. Nos résultats se situent dans les plus faibles valeurs pour les nématodes (101 à 363 ind./ 10 cm^2 en lagune et 269 à 1382 en acadja). En revanche la moyenne des copépodes est comparativement forte (respectivement 97 à 686 et 144 à 3 127 ind./ 10 cm^2). Les densités élevées de copépodes, en particulier dans l'acadja, pourraient s'expliquer par l'abondance de la biomasse algale dans les sédiments de surface. Sur un plan qualitatif une liste des espèces marines de nématodes rencontrées en eaux saumâtres (le plus souvent en estuaire) a été établie par Heip *et al.* (1985). Elle élimine ainsi les taxa d'eau douce, or ces derniers (par exemple les genres *Anonchus* et *Paraphanolaimus*) se rencontrent majoritairement dans les sédiments du site étudié en lagune Ebrié. La forte contribution de la faune continentale au peuplement méiobenthique de ce secteur lagunaire est à mettre en relation avec la proximité de l'embouchure de l'Agnéby et le caractère oligohalalin des eaux (maximum de salinité annuelle 10 g.l^{-1}).

Globalement, et indépendamment d'une évolution saisonnière probable des communautés, la modification des caractéristiques sédimentaires se traduit au sein de l'acadja par une diminution importante de la richesse spécifique des peuplements méiobenthiques (disparition des turbellariés et raréfaction des gastrotriches et ostracodes).

L'analyse spécifique des nématodes confirme cette tendance avec, au sein des sédiments de l'acadja, un assemblage à plus faible richesse spécifique où domine une espèce (*Theristus* sp.1) qui présente plus de 80 % des effectifs. Cette simplification de la nématofaune se traduit bien évidemment par une baisse de la diversité des types trophiques. En effet, les détritivores non spécifiques, groupe dominant dans les sédiments de la lagune (75 %) constituent plus de 95 % de la faune de l'acadja. Dans des dépôts résultant d'une sédimentation très active et caractérisés par une granulométrie fine et une forte charge organique, il paraît logique de constater une raréfaction des omnivores-prédateurs et une disparition des suceurs d'épistries. Les travaux démontrant les relations entre la diversité et la structure trophique des nématodes en fonction de la composition granulométrique des sédiments, ont été essentiellement réalisés pour des assemblages colonisant les milieux sub-littoraux tempérés (Heip *et al.*, 1985). Il en résulte des notions générales : d'une part, les sédiments vaseux sont dominés par des détritivores non-sélectifs alors que les sables abritent des suceurs d'épistries (avec toutefois de possibles variations saisonnières liées à des apports nutritifs ponctuels), d'autre part, les vases présentent une faible diversité spécifique liée à de fortes dominances d'espèces alors que les sables sont caractérisés par de forts indices de diversité et de faibles dominances d'espèces. Les assemblages colonisant la lagune et l'acadja présentent sensiblement les mêmes tendances avec des indices de diversité moyen maximum en lagune ($H' \log_2 = 3,1$) et de 1,9 et 2,2 respectivement pour le centre et la base des bambous de l'acadja. Ces valeurs sont faibles pour des commu-

nautés de nématodes mais des données strictement comparables font défaut dans la littérature. En effet, la diversité des nématodes n'est connue que dans de rares sites en milieu tropical, l'indice ($H' \log_2$) est de 1,3 pour les sables coralliens de la Grande Barrière (Alongi, 1986) et de 2,6 dans le lagon d'un atoll polynésien semi-fermé (Gourbault et Renaud-Mornant, 1990). Il varie de 2,9 à 4,2 dans cinq mangroves australiennes (Alongi, 1987) et de 2,3 à 4,6 dans le lagon de la Guadeloupe (Boucher et Gourbault, 1990). Toutefois, une valeur de diversité de 5,1, aussi forte que celle des milieux sub-littoraux tempérés, a été calculée dans le Golfe d'Aqaba en mer Rouge (Grelet, 1984).

CONCLUSION

Cette étude a mis clairement en évidence, au sein de l'acadja et après une période inférieure à deux ans, une modification du milieu sédimentaire et de la méiofaune qui le colonise. Dans un contexte de confinement accru, l'accélération de la sédimentation, l'enrichissement en matière organique affectent directement l'écosystème méiobenthique de l'acadja. En particulier, dans le cas d'un environnement à salinité variable, ces nouvelles conditions peuvent favoriser l'expression des potentialités sulfato-réductrices des sédiments. La gestion durable de l'acadja – récif artificiel imaginé et construit dans l'optique d'une production aquacole – doit nécessairement prendre en compte le processus d'eutrophisation progressive du milieu (vitesse d'envasement accélérée, perte des diversités spécifique et fonctionnelle des communautés biologiques) mis en évidence. Pour remédier à cette situation préjudiciable, il paraît nécessaire de préconiser une rotation et une mise en repos temporaire des zones lagunaires aménagées en acadja.

RÉFÉRENCES

- Aminot A., M. Chaussepied (1983). *Manuel des analyses chimiques en milieu marin*. CNEX/BNDO, 395 p.
- Andrassy I. (1968). Fauna Paraguayensis 2. Nematoden aus den Galleriewäldern des Acaray-Flusses. *Opusc. Zool. Budapest*, **8**, 167-315.
- Albaret J.J. (1987). Les peuplements de poissons de la Casamance (Sénégal) en période de sécheresse. *Rev. Hydrobiol. trop.* **20**, 291-310.
- Alongi D.M. (1986). Population structure and trophic composition of free-living nematodes inhabiting carbonate sands of Davies Reef, Great Barrier Reef, Australia. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.* **37**, 609-619.
- Arfi R., D. Guiral, M. Bouvy (1993). Wind induced resuspension in a shallow tropical lagoon. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* **36**, 587-604.
- Boucher G., N. Gourbault (1990). Sublittoral meiofauna and diversity of nematodes assemblages of Guadeloupe Islands (French West Indies). *Bull. Mar. Sci.* **47**, 448-463.
- Castel J. (1984). Influence de l'activité biopturbatrice de la Palourde (*Ruditapes philippinarum*) sur les communautés benthiques. *C. R. hebd. Acad. Sci. Paris ser. III* **299**, 761-764.
- Castel J. (1985). Importance des copépodes méiobenthiques lagunaires dans le régime alimentaire des formes juvéniles de poissons euryhalins (Côte Atlantique). *Cah. Biol. Mar.* **27**, 441-455.
- Castel J. (1992). The meiofauna of coastal lagoon ecosystems and their importance in the food web. *Vie Milieu* **42**, 125-135.
- Castel J., P. Lasserre (1982). Régulation biologique du méiobenthos d'un écosystème lagunaire par un élevage expérimental en soles (*Solea vulgaris*). *Oceanol. Acta, Proc. Intern. Symp. Coastal Lagoons*, Bordeaux, France. 243-251.
- De Jonge V.N., L.A. Bouwman (1977). A simple density separation for quantitative isolation of meiobenthos using the colloidal silica Ludox-TM. *Mar. Biol.* **42**, 143-148.
- Durand J.R., D. Guiral (1994). Hydroclimat et hydrochimie. In : Durand J.R., P. Dufour, D. Guiral, F.G.S. Zabi eds, *Environnement et ressources aquatiques de Côte-d'Ivoire*. 2, Les milieux lagunaires. Paris, ORSTOM. 59-90.
- Escaravage V., J. Castel (1990). The impact of the lagoonal shrimp *Palaemonetes varians* (Leach) on meiofauna in a temperate coastal impoundment. *Acta. Oecol.* **11**, 409-418.

- Fagade S.O.** (1971). The food and feeding habits of Tilapia species in the Lagos lagoon. *J. Fish Biol.* **3**, 205-225.
- Gee J.M.** (1989). An ecological and economic review of meiofauna as food for fish. *Zool. J. Linn. Soc.* **96**, 243-261.
- Gourbault N., J. Renaud-Mornant** (1990). Micro-meiofaunal community structure and nematode diversity in a lagoonal ecosystem (Fangataufa, Eastern Tuamotu Archipelago). *P.S.Z.N.I. : Mar. Ecol.* **11**, 173-189.
- Gras R.** (1958). Une année de pêche d'un acadja-ava de la lagune de Poto-Novo. *Notes et documents sur la pêche et la pisciculture*. CTFT. **4**, 15 p.
- Grelet Y.** (1984). Peuplements méiobenthiques et structure de la nématofaune du Golfe d'Aqaba (Jordanie - Mer Rouge). 140 p.
- Guiral D.** (1983). Physico-chimie et biogéochimie des eaux et des sédiments à la station d'aquaculture de Layo, lagune Ebrié - Côte-d'Ivoire. *Doc. Sc. Cent. Rech. Océanogr.* Abidjan. **14**, 1-29.
- Guiral D.** (1986). Modifications et transformations des écosystèmes sédimentaires par des élevages piscicoles en lagune Ebrié (Côte-d'Ivoire). *Aquaculture* **52**, 287-302.
- Guiral D., R. Arfi, K.P. Da, A.A. Konan-Brou** (1993). Communautés, biomasses et productions algales au sein d'un récif artificiel (Acadja) en milieu lagunaire tropical. *Rev. Hydrobiol. trop.* **26**, 219-228.
- Heip C., M. Vincx, G. Vranken** (1985). The ecology of marine nematodes. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* **23**, 399-489.
- Hem S.** (1992). First results on "acadja-enclos" used as an extensive culture system. In : Bernacsek G.M., Powles H. (Eds.), *Recherches sur les systèmes aquacoles en Afrique*. Canada, Ottawa, *Publication CRDI-MR.* **308**, 101-113.
- Jensen P.** (1986). Nematode fauna in the sulphide-rich brine seep and adjacent bottoms of the East Flower Garden, NW Gulf of Mexico. IV. Ecological aspects. *Mar. Biol.* **92**, 89-503.
- Konan-Brou A.A., D. Guiral** (1994). Available algal biomass in tropical brackish water artificial habitats. *Aquaculture* **119**, 175-190.
- Kruskal J.B., M. Wish** (1978). *Multidimensional scaling*. Sage publ., Beverly Hills, California. 93 p.
- Lambshead P.J., H. Plat, K. Shaw** (1983). The detection of differences among assemblages of marine benthic species based on an assessment of dominance and diversity. *J. nat. Hist.* **17**, 859-874.
- Moraïs T., J.Y. Bodiou** (1984). Predation on meiofauna by juvenile fish in a western Mediterranean flatfish nursery ground. *Mar. Biol.* **82**, 209-215.
- Pauly D.** (1976). The biology, fishery and potential for aquaculture of Tilapia melanotheron in a small west african lagoon. *Aquaculture* **7**, 33-49.
- Payne A.I.** (1983). Estuarine and salt tolerant tilapias. In : *Proc. Int. Symp. on Tilapia in aquaculture*, Nazareth, Israel. 534-540.
- Riemann F.** (1970). Freilebende Nematoden aus dem Grenzbereich Meer-Süß-Wasser in Kolumbien, Südamerika. *Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerh.* **12**, 413-428.
- Rivière A.** (1977). Méthodes granulométriques : Techniques et interprétations. Masson Ed. Paris. 470 p.
- Tastet J.P., D. Guiral** (1994). Géologie et sédimentologie. In : Durand J.R., Dufour P., Guiral D. et Zabi F.G.S. (Eds), *Environnement et ressources aquatiques de Côte-d'Ivoire. 2 Les milieux lagunaires*. Paris, ORSTOM. 35-57.
- Welcomme R.L.** (1972). An evaluation of the acadjas method of fishing as practiced in the coastal lagoon of Dahomey (West Africa). *J. Fish. Biol.* **4**, 39-55.
- Wieser W.** (1953). Beziehungen zwischen Mundhohlungestalt, Ernährungsweise und Vorkommen bei freilebenden marinem Nematoden. *Ark. Zool.* **4**, 439-484.