



HAL
open science

**QUALITÉ NUTRITIVE DES SOURCES
ALIMENTAIRES AU SEIN D'UN ACADJA (LAGUNE
ÉBRIÉ, CÔTE D'IVOIRE, AFRIQUE DE L'OUEST)**
**Food quality of the trophic sources provided by an
acadja (Ebrié lagoon, Ivory Coast, West Africa)**

M. C. Ble, R. Arfi, A. F. Yeboua, K. J. Diopoh

► **To cite this version:**

M. C. Ble, R. Arfi, A. F. Yeboua, K. J. Diopoh. QUALITÉ NUTRITIVE DES SOURCES ALIMENTAIRES AU SEIN D'UN ACADJA (LAGUNE ÉBRIÉ, CÔTE D'IVOIRE, AFRIQUE DE L'OUEST) Food quality of the trophic sources provided by an acadja (Ebrié lagoon, Ivory Coast, West Africa). Vie et Milieu / Life & Environment, 2006, pp.255-264. hal-03228759

HAL Id: hal-03228759

<https://hal.sorbonne-universite.fr/hal-03228759v1>

Submitted on 18 May 2021

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

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

QUALITÉ NUTRITIVE DES SOURCES ALIMENTAIRES AU SEIN D'UN ACADJA (LAGUNE ÉBRIÉ, CÔTE D'IVOIRE, AFRIQUE DE L'OUEST)

Food quality of the trophic sources provided by an acadja (Ebrié lagoon, Ivory Coast, West Africa)

M. C. BLE¹, R. ARFI², A. F. YEBOUA³, K. J. DIPOH³

¹Centre de Recherches Océanologiques (CRO), BP V18 Abidjan, Côte d'Ivoire

²Institut de Recherche pour le Développement, Centre de Bel Air, BP 1386 Dakar, Sénégal

³Université de Cocody Abidjan, UFR de Biosciences, 01 BP V34 Abidjan 01, Côte d'Ivoire
blecel@hotmail.com; Robert.Arfi@ird.sn

ACADJA
RÉCIF ARTIFICIEL
PÉRIPHYTON
QUALITÉ NUTRITIVE
TILAPIA
LAGUNE ÉBRIÉ
CÔTE D'IVOIRE

RÉSUMÉ. – Un suivi mensuel des caractéristiques chimiques et biochimiques (teneurs en matières organiques, fibres, acides aminés ; contenu énergétique ; rapport Protéines/Energie) des sources alimentaires (périphyton sur bambou, matières en suspension et matériel sédimentaire) au sein d'un acadja, une structure d'aquaculture extensive a été réalisé d'octobre 1995 à octobre 1996 dans deux sites à proximité des villages de Layo et Koko en lagune Ebrié (Côte d'Ivoire), soumis à des conditions environnementales différentes. Au sein d'une telle structure, le périphyton et le sédiment constituent les principales sources potentielles de nourriture pour les Poissons à régime alimentaire phytophage comme le tilapia *Sarotherodon melanotheron*. Le périphyton offre les meilleures caractéristiques nutritives au regard de sa teneur en matière organique hydrolysable (81 et 75% de la matière organique totale de la ressource de Layo et de Koko), en fibres (14 et 22% de la matière sèche à Layo et Koko) et du rapport Protéines/Energie (8 et 9 mg.kJ⁻¹ à Layo et Koko respectivement). Le matériel sédimentaire présente un rapport Protéine/Energie assez faible (4 mg.kJ⁻¹), mais procure un flux assez important en matière organique hydrolysable (68 g.m⁻².j⁻¹ à Layo et 36 g.m⁻².j⁻¹ à Koko). La disponibilité de cette ressource semble être moins affectée par les conditions environnementales que l'accroissement et la qualité de la biomasse périphytique.

ACADJA
ARTIFICIAL REEF
PERIPHYTON
FOOD VALUE
TILAPIA
EBRIÉ LAGOON
IVORY COAST

ABSTRACT. – A monthly survey of the chemical and biochemical characteristics (organic matter; fiber, amino acids; energetic content; Proteins/Energy ratio) of natural food sources (periphyton on bamboo, suspended solids and sedimenting material) in an acadja, an extensive aquaculture structure was conducted from October 1995 to October 1996 in two sites near the villages of Layo and Koko in the Ebrié Lagoon (Ivory Coast), characterised by different environmental conditions. In such structure, the periphyton and the sedimenting suspended solids are the main potential food sources for planktivorous such as the tilapia *Sarotherodon melanotheron*. The periphyton offers the best nutritive characteristics in comparison with its hydrolysable organic matter content (81% and 75% of the total organic matter of the resource of Layo and Koko respectively), in fiber (14 and 22% of dry matter), Protein/Energy ratio (8 and 9 mg.kJ⁻¹). The sedimenting material shows a low Protein/Energy ratio (4 mg.kJ⁻¹), but is of first importance for the hydrolysable organic matter flow (68 g.m⁻² d⁻¹ in Layo and 36 g.m⁻² d⁻¹ in Koko). The availability of this resource seems to be less affected by environmental conditions than the growth and the quality of the periphyton biomass.

INTRODUCTION

La productivité des milieux naturels est conditionnée par des facteurs biotiques et abiotiques qui régulent l'importance quantitative et qualitative des différentes ressources disponibles. Dans les écosystèmes aquatiques tropicaux, les ressources d'origine végétale et détritique constituent la base nutritionnelle de plusieurs espèces de Poissons omnivores (Bowen 1988). Leur disponibilité ainsi que leur accessibilité influencent la croissance de ces organismes et ces facteurs semblent être déterminants dans les systèmes d'élevage extensif où la nourriture naturelle est la principale source d'alimentation. Parmi les voies permettant l'amélioration de la productivité de

ces écosystèmes, celle optimisant les transferts trophiques naturels entre l'échelon primaire et les consommateurs semble être bien adaptée aux contextes d'élevage extensif ou semi-extensif. L'enrichissement nutritif, même modeste, vise souvent l'augmentation de la biomasse de phytoplancton. Mais une part significative de cette nouvelle biomasse sédimente et devient difficilement accessible aux espèces d'élevage : elle ne permet donc pas une forte augmentation de la production des espèces cibles (Pauly & Christensen 1995). La localisation du périphyton sur un support rendrait plus accessible cette biomasse aux herbivores et favoriserait les transferts trophiques et le potentiel de ce type d'aquaculture a fait l'objet de nombreuses études (van Dam *et al.* 2002, Azim *et al.* 2003,

Jana *et al.* 2004). Même si le périphyton, composé d'organismes végétaux et animaux, ne peut être considéré comme un simple équivalent fixé du phytoplancton, son développement et son utilisation par les consommateurs supérieurs permettrait de gérer plus rationnellement les ressources existantes et d'atteindre une production plus élevée à moindre coût (Azim *et al.* 2001, Keshavanath *et al.* 2002). Un exemple de cette approche est le système acadja, mis en œuvre dans les lagunes côtières du Bénin (Welcome 1972). Cette structure formée de fagots de branchages immergés dans l'eau était réputée attirer les Poissons, qui y trouveraient un surcroît de biomasse résultant en grande partie de l'apparition d'une source nouvelle de nourriture naturelle produite sur ces supports (le périphyton) et mise à la disposition des Poissons phytophages (Hem *et al.* 1990). En Côte d'Ivoire, les travaux menés en lagune Ebrié ont porté sur l'adaptation de cette structure à la pisciculture en remplaçant les branchages par des bambous (Hem & Avit 1994). Une démarche similaire a été développée en milieu continental, dans les étangs de pisciculture du Centre-Ouest du pays (Dabbadie 1996, Blé 2003). Les algues périphytiques se développant sur ces supports (Konan-Brou 1994) peuvent représenter 3 fois plus de biomasse que le phytoplancton et une production qui peut être 4 fois supérieure à celles des algues libres (Guiral *et al.* 1993). En outre, le sédiment au sein de cette structure semble accueillir plus d'espèces benthiques que le sédiment en zone d'eau libre (Guiral *et al.* 1996). Cette importante activité biologique pourrait être exploitée par les Poissons à régime alimentaire phytophage et détritivore (Payne 1983), comme le tilapia *Sarotherodon melanotheron*, espèce lagunaire cible pour ce type d'élevage. Toutefois, ce type de nourriture naturelle est de qualité variable (Bowen 1976, 1979a, 1987b). En milieu lagunaire eutrophe, la colonisation des supports par les communautés bactériennes puis algales fournit rapidement des biomasses importantes (Arfi & Bouvy 1997), la biomasse algale pouvant constituer jusqu'à 73 % du périphyton au sein de l'acadja (Guiral *et al.* 1993). Toutefois, l'évolution quantitative de la biomasse périphytique est sujette aux éventuelles variations saisonnières des conditions environnementales, en premier lieu de la salinité (Arfi *et al.* 1997). Cette variabilité à la fois qualitative et quantitative peut avoir des conséquences sur la productivité du système et donc ne pas favoriser pleinement la croissance des consommateurs. Afin de mieux estimer l'apport de l'acadja en terme de nutrition des Poissons dans un tel système d'élevage extensif, une étude complémentaire a été réalisée en lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). Elle avait pour buts (a) de vérifier l'effet de la salinité, des nutriments et de la turbidité sur la ressource périphytique en comparant les biomasses se développant dans deux acadjas soumis à des influences environnementales différentes, (b) de quantifier les différentes sources alimentaires disponibles dans ces systèmes et (c) de comparer les qualités nutritives du périphyton et

du matériel particulaire dont la sédimentation est favorisée par la présence d'une grande quantité de bambous dans la lagune. Enfin (d), à partir de ces résultats expérimentaux, les ressources nutritives rendues ainsi disponibles ont été comparées aux besoins nutritifs des Tilapias estimés d'après les données de la littérature.

MATERIEL ET METHODE

Milieu d'étude et modes de prélèvement : Les deux sites étudiés (Fig. 1) sont localisés dans un secteur de la lagune Ebrié où l'influence marine est atténuée (Dufour 1982). Ils ont une profondeur comparable de 1 m environ mais différent par leur exposition aux alizés du SSW, les vents dominants, ce qui est important dans ce milieu peu profond où la resuspension joue un rôle important (Arfi & Bouvy 1995). Le site de Layo, sur la côte nord de la lagune et à proximité immédiate de l'embouchure de l'Agnéby, est exposé aux Alizés du SSW et soumis aux apports saisonniers de la rivière. Le site de Koko, situé sur la côte sud à proximité de Jacquville dans une zone hydrologiquement stable, est peu exposé aux effets de l'hydrodynamisme éolien et les seuls apports extérieurs qui le concernent sont liés aux précipitations. Les acadjas ont été installés en août 1995 dans les 2 sites, chacune des structures couvrant un carré de 15 m de côté, soit une superficie de 225 m². A Layo comme à Koko, des collecteurs (4 récipients en plastique d'une surface 38 cm² chacun placés sur des supports de béton) ont été placés à l'intérieur et à l'extérieur de l'acadja pour récupérer le matériel sédimenté et/ou resuspendu.

L'échantillonnage a été conduit d'octobre 1995 à octobre 1996. Des échantillons d'eau étaient collectés quotidiennement en sub-surface et conditionnés pour des mesures ultérieures de conductivité et de turbidité. Toutes les 3 semaines, le périphyton a été échantillonné sur 3 bambous tirés au sort au sein de chaque acadja. Sur la partie immergée du bambou (1 m environ), 3 niveaux ont été délimités à 10, 45 et 75 cm sous la surface, correspondant respectivement aux 1/3 supérieur, médian et inférieur du bambou. Un anneau de 5 cm de hauteur était individualisé à chaque niveau et gratté à l'aide d'un scalpel, le périphyton étant recueilli dans des tubes et placé dans une glacière. La circonférence des bambous était mesurée pour calculer la surface échantillonnée. En ces occasions, de l'eau des 2 sites était prélevée pour des analyses d'éléments nutritifs dissous (N-NH₄, N-NO₃, N-NO₂, P-PO₄). Les collecteurs à matériel sédimenté étaient décollés délicatement de leur support, leur contenu étant alors recueilli séparément par entraînement à l'aide d'une pissette d'eau distillée et d'un entonnoir. Les différents types d'échantillon étaient conservés au frais et à l'obscurité pendant leur transport au laboratoire, puis immédiatement analysés.

Analyses au laboratoire : La conductivité (mS.cm⁻¹) a été mesurée à l'aide d'un conductimètre Tacussel CDRV62. La turbidité (NTU, Nephelometric Turbidity Unit) a été mesurée à l'aide d'un turbidimètre HE 9. Après filtration sur filtres Whatman GF/F (porosité 0,7 µm), le dosage des éléments nutritifs

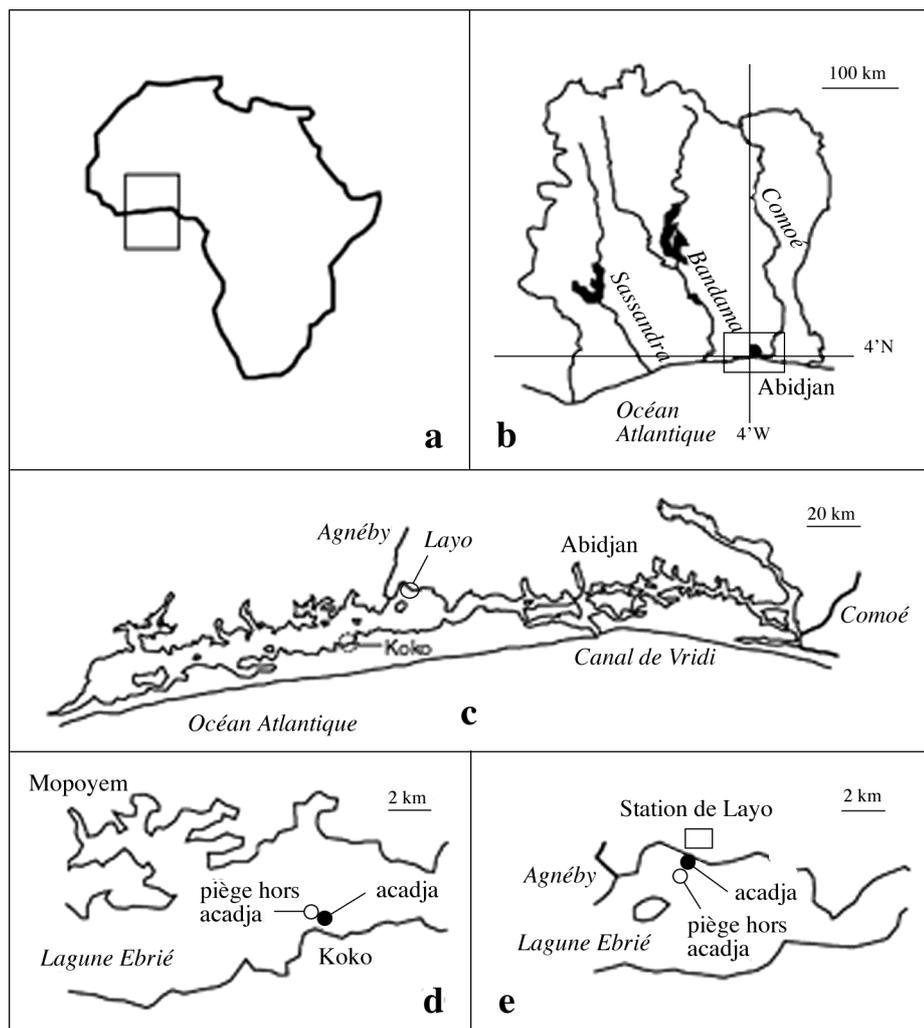


Fig. 1. – Carte de Côte d'Ivoire (b), en Afrique de l'Ouest (a) : situation en lagune Ebrié (c) des sites d'étude de Layo (e) et Koko (d). Map of Ivory Coast (b), in West Africa (a): location in Ebrié lagoon (c) of the study sites from Layo (e) and Koko (d).

($\mu\text{mol l}^{-1}$) s'est fait sur AutoAnalyseur Technicon selon la méthode de Strickland & Parsons (1972). Le poids des matières en suspension dans l'eau (MES, mg l^{-1}) a été déterminé par pesée après rétention sur des filtres Whatman GF/F. Les fractions organique et minérale ont été obtenues par différence après calcination à 550°C .

Au laboratoire, un sous-échantillonnage du périphyton était réalisé après pesée de l'échantillon total pour la mesure de la concentration en chlorophylle *a* et les analyses chimiques. La biomasse chlorophyllienne a été estimée par la mesure de la chlorophylle *a* et des phéopigments après extraction de l'échantillon dans du méthanol et mesure de la fluorescence sur un fluorimètre Turner Designs 10-AU avant et après acidification (Yentsh & Menzel 1966). La biomasse totale du périphyton (organique et minérale) et les concentrations en chlorophylle *a* sont calculées à partir des valeurs moyennes par niveau de bambou intégrées à la surface développée sur 1 m de bambou (mg m^{-2}). Les poids de matériel sédimenté, exprimés en g m^{-2} , ont été calculés par période, par site et par localisation (à l'intérieur et en dehors des acadjas) à partir des valeurs moyennes des 4 replicats par support.

La qualité des sources alimentaires (matières en suspension, périphyton et sédiment) a été estimée à partir de la caractérisation en matière organique (poids sec sans cendre), en fibres, en protéines et en énergie des différents échantillons. Avant ces analyses, le poids sec total a été déterminé par méthode gravimétrique après séchage à l'étuve à 105°C jusqu'à poids constant.

- L'analyse des constituants chimiques du périphyton (matières organiques totales, MOT ; matières organiques hydrolysables, MOH ; matières organiques résistantes à l'hydrolyse, MORH ; matières minérales, MIN) a été effectuée par hydrolyse et extraction différentielle par solvants (toluène, diéthyl-éther puis éthanol) suivant la méthode de Buddington (1980). Toutes les valeurs sont exprimées en mg m^{-2} .

- Le dosage des acides aminés totaux (AAT) a été effectué suivant la méthode de Allen (1981) révisée par Young & Yap (1994) après hydrolyse alcaline de l'échantillon et traitement à la ninhydrine. Après lecture des densités optiques sur un spectrophotomètre Beckman DU-64 et ajout de n-propanol (50 %), les quantités d'acides aminés totaux ont été

calculées à partir d'une gamme étalon réalisée sur une solution de sérum d'albumine de bovin. Elles sont exprimées en mg par g de poids sec ou en mg par g de MOT.

- La combustion d'un échantillon dans un calorimètre à oxygène de type Phillipson équipé de thermocouples a permis de calculer son contenu énergétique par unité de poids sec. Les valeurs sont exprimées en kJ par g de poids sec ou en kJ par g de MOT.

RESULTATS

Conditions environnementales

Les mesures de la conductivité et de la turbidité couvrent la période Octobre 1995 à Octobre 1996 (Fig. 2). Le cycle saisonnier de la conductivité est marqué à Layo, avec une transition entre saison des pluies et saison sèche qui se fait fin décembre, celle de la saison sèche à la saison des pluies se faisant début juin. La conductivité

Tabl. I. – Moyennes et écarts-type des variables environnementales, des MES de l'eau et des concentrations des constituants chimiques du périphyton mesurées en saison des pluies (juin à décembre) et oligohaline (janvier à mai) à Koko et Layo. La comparaison des moyennes est effectuée à l'aide du test non paramétrique de Mann-Whitney (NS : non significatif). *Average and standard deviation for environmental variables, suspended solids in water and concentrations of chemical constituents of periphyton measured in rainy (June to December) and dry (January to May) seasons at Koko and Layo. Comparison is done using the non parametric Mann-Whitney Rank test (NS: non significant).*

	Koko								Layo							
	Saison des pluies			Saison sèche			test	Saison des pluies			Saison sèche			test		
Paramètres environnementaux	Moy.	s	n	Moy.	s	n		Moy.	s	n	Moy.	s	n		test	
Conductivité (mS.cm ⁻¹)	7,23	0,82	234	7,8	1,32	152	P < 0,001	0,99	0,98	234	7,43	2,72	152	P < 0,001		
Turbidité (NTU)	6,2	4,5	234	7,2	4,8	151	P < 0,001	41	6,2	234	15,8	7,9	151	P < 0,001		
Azote inorganique dissous (μmol.l ⁻¹)	12	7,2	10	9,1	4,2	8	NS	23,4	16,7	10	14,2	5,6	8	NS		
N-NO ₃ (μmol.l ⁻¹)	6,2	4,8	10	4,1	3,5	8	NS	12,6	9,1	10	8,4	6	8	NS		
N-NH ₄ (μmol.l ⁻¹)	4,4	2,2	10	4,4	3,4	8	NS	10,1	8,3	10	5,1	3	8	NS		
P-PO ₄ (μmol.l ⁻¹)	0,64	0,63	10	0,39	0,26	8	NS	1,26	0,47	10	0,65	0,18	8	P=0,005		
Matières en suspension																
Poids sec total (mg.l ⁻¹)	12,8	4,8	7	10,7	4,9	6	NS	28	11,9	7	21,6	6,2	6	NS		
Poids matière organique (mg.l ⁻¹)	8,8	2,7	7	6,4	2,7	6	NS	19,2	7,3	7	16,4	6,3	6	NS		
Poids matière minérale (mg.l ⁻¹)	4	2,8	7	4,4	3,3	6	NS	8,8	9	7	5,3	3,4	6	NS		
Périphyton																
Chlorophylle a (mg.m ⁻²)	37,3	12,8	10	22,9	5,3	8	P = 0,038	55,7	20,7	10	146,9	58,7	8	P = 0,006		
Matériel total (g.m ⁻²)	10,7	4,4	10	10,2	1,9	8	NS	13,2	5,5	10	38,5	17,9	8	P = 0,006		
Matériel organique total (g.m ⁻²)	10,1	4,1	10	9,1	1,7	8	NS	10,8	4,7	10	25,1	7,5	8	P = 0,001		
MO hydrolysable (g.m ⁻²)	7,4	2,7	10	7	1,6	8	NS	8,6	3,4	10	21,1	6,4	8	P < 0,001		
MO résistant à 1 hydrolyse (g.m ⁻²)	2,7	1,4	10	2,1	0,1	8	NS	2,3	1,3	10	4,1	1,2	8	P = 0,030		
Matériel minéral (g.m ⁻²)	0,6	0,4	10	1,1	0,4	8	P = 0,036	2,4	1	10	6,2	2,5	8	P = 0,002		

moyenne est faible en saison des pluies (0,99 mS.cm⁻¹), plus élevée en saison sèche (7,43 mS.cm⁻¹). La différence entre les moyennes saisonnières est très hautement significative (Tabl. I). Le cycle de la turbidité des eaux est très marqué, avec des valeurs nettement plus élevées en saison des pluies (moyenne 41,0 NTU) qu'en saison sèche (moyenne 15,8 NTU).

A Koko, le cycle hydrologique caractérisé par une moindre amplitude, est légèrement décalé ; les écarts sont beaucoup plus faibles entre les valeurs moyennes de conductivité en saisons des pluies (7,23 mS.cm⁻¹) et sèche (7,80 mS.cm⁻¹). En dépit de ce faible écart, les moyennes saisonnières sont significativement différentes. La saisonnalité de la turbidité est moins marquée (moyennes des saisons des pluies et sèche de 6,2 et 7,2 NTU, respectivement), mais ces moyennes sont statistiquement différentes.

Pour ces 2 descripteurs, la variabilité est bien plus forte à Layo qu'à Koko et il existe donc une différence majeure entre les 2 sites. A Layo, l'évolution de la conductivité et de la turbidité, variables reflétant directement les fortes arrivées d'eaux continentales, permet de distinguer 2 situations. De juin à décembre, les eaux sont douces (conductivités < 2 mS.cm⁻¹). Cette situation s'observe à partir de l'installation de la saison des pluies où les fortes précipitations (318 mm en Juin 1996) et surtout les forts écoulements continentaux entraînent un phénomène de dilution qui contribue à l'abaissement fort et durable de la conductivité dans cette

partie de la lagune. En conséquence de ces écoulements, les eaux sont turbides, avec des valeurs pouvant dépasser 50 NTU. La situation oligohaline, avec des conductivités comprises entre 2 et 12 mS.cm⁻¹, s'observe de janvier à mai. La turbidité des eaux est plus faible, même si les valeurs absolues demeurent relativement élevées (de l'ordre de la dizaine de NTU). Cette période correspond à la saison sèche, lorsque l'influence marine est maximale dans la lagune Ebrié (Ramany 1980). Bien que situé dans le même secteur de la lagune Ebrié que Layo, le site de Koko présente une hydrologie différente. Les valeurs moyennes sont comprises entre 6 et 10 mS.cm⁻¹ et si les pluies entraînent une faible diminution de la conductivité, la baisse demeure limitée en l'absence d'apport continental massif. Koko présente en permanence des conditions oligohalines. La turbidité présente une faible variation autour d'une valeur moyenne de 7 NTU, bien plus basse que celle observée à Layo : pour cette variable également, l'absence d'apports continentaux explique la différence.

Les concentrations moyennes en éléments nutritifs sont nettement plus élevées à Layo qu'à Koko (Tabl. I). A Layo, les concentrations en azote inorganique dissous (N-NH₄ + N-NO₂ + N-NO₃) évoluent dans une gamme de 5 à 55 μmol.l⁻¹. Les valeurs les plus élevées s'observent en décembre (32,1 μmol.l⁻¹) et en août (55,2 μmol.l⁻¹). L'ammoniacale et les nitrates présentent une évolution temporelle comparable, mais les nitrates présentent le plus souvent

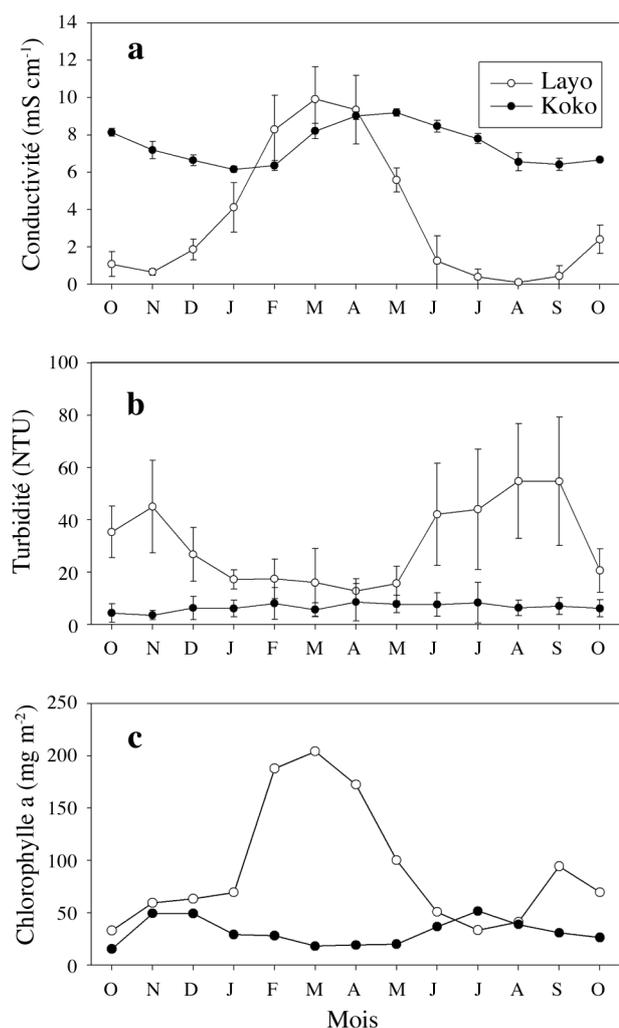


Fig. 2. – Évolution des valeurs moyennes mensuelles de la conductivité (a), de la turbidité (b) et des concentrations en chlorophylle *a* de la biomasse péiphytique (c) à Layo et à Koko. *Monthly average values for water conductivity (a), turbidity (b) and chlorophyll concentration of periphytic biomass (c) at Layo and Koko.*

les concentrations les plus élevées. A Koko, les concentrations en N total dissous varient entre 4 et 24 $\mu\text{mol.l}^{-1}$. Les concentrations en orthophosphates sont également plus élevées à Layo qu'à Koko, mais les gammes de variation sont comparables (entre 0,2 et 2,2 $\mu\text{mol.l}^{-1}$). Plus de la moitié des rapports atomiques N/P sont supérieurs à 16, valeur de référence pour un organisme phytoplanctonique ne subissant aucune carence et croissant donc à une vitesse optimale (Redfield 1958). Pour 2/3 des situations observées, le rapport mesuré indique une limitation en P. Ces fluctuations s'observent sans relation claire avec la saisonnalité des apports continentaux ou des précipitations.

Matières en suspension (MES)

Les charges totales en MES sont plus importantes à Layo qu'à Koko. Les concentrations les plus élevées à

Layo sont enregistrées en août, période correspondant au maximum de turbidité. Ceci confirme qu'une partie importante des constituants des matières en suspension dans ce site résulte des apports engendrés par les écoulements continentaux intervenus au cours de la saison des pluies. Toutefois, l'ensemble des mesures sur la période de l'année ne laisse pas apparaître de variation saisonnière notable ni à Layo, ni à Koko, sans doute en raison de la faible profondeur de la lagune et de l'importance de la resuspension d'origine éolienne. L'hydrodynamisme engendré par les vents et celui lié à la marée favorisant une certaine homogénéisation du matériel particulaire, les MES échantillonnées sur ces 2 sites présentent des proportions similaires en matières organiques totales, 71 % et 65 % respectivement à Layo et Koko (Tabl. I).

Ressource péiphytique

Variation saisonnière

Les concentrations en chlorophylle *a* montrent que les bambous de Layo présentent une biomasse péiphytique 3 fois plus importante que celle de Koko (Tabl. I). Le suivi mensuel de ces concentrations montre également une nette différence dans le schéma saisonnier des concentrations des 2 sites (Fig. 2). A Layo, la biomasse algale péiphytique présente une évolution saisonnière, positivement corrélée à la conductivité mensuelle moyenne ($r = 0,931$, $p < 0,01$, $n = 12$). Les faibles biomasses pigmentaires (de l'ordre de 50 mg.m^{-2}) sont observées en saison des pluies et les valeurs les plus élevées (de l'ordre de 180 mg.m^{-2}) sont notées en période oligohaline, avec des différences significatives entre les moyennes (Tabl. I). Les concentrations sur les 2 sites sont comparables d'octobre à décembre mais aussi de juin à août (comparaison de moyennes, test non paramétrique, $p = 0,204$). Le pic de concentration qui démarre en janvier et se termine en mai explique le cycle saisonnier à Layo.

Sur le site de Koko, les concentrations en chlorophylle *a* du péiphyton sont bien moins variables, avec des valeurs moyennes ne présentant pas de différence significative entre les 2 périodes hydrologiques. L'ensemble des données recueillies sur les 2 sites, permet de dégager une corrélation positive entre la concentration en chlorophylle *a* du péiphyton et la biomasse en matière organique totale de la ressource péiphytique ($r = 0,863$, $p < 0,01$, $n = 26$), ce qui confirme une forte contribution du compartiment algal sur les bambous.

Caractéristiques chimiques

Les analyses chimiques réalisées sur le péiphyton montrent que la biomasse moyenne en matière organique totale est de 16,3 g.m^{-2} sur les bambous de Layo contre 9,7 g.m^{-2} à Koko. La matière organique hydrolysable représente respectivement 81,5 % et 75,3 % de cette

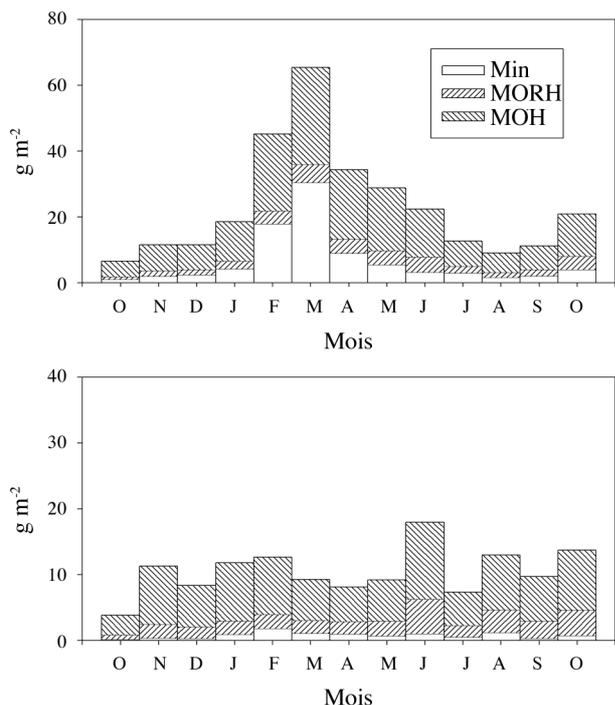


Fig. 3. – Variation mensuelle des teneurs en composés minéraux et organiques du périphyton à Layo (haut) et Koko (bas). Les échelles sont différentes pour les deux sites. *Monthly variation of inorganic and organic matter of periphyton at Layo (top) and Koko (bottom). Scales are different for the two sites.*

matière organique totale à Layo et Koko respectivement. Comme le laisse entrevoir l'évolution des variables hydrologiques et des teneurs en chlorophylle *a*, les caractéristiques chimiques de la ressource périphytique sur les bambous implantés à Layo présentent une forte composante saisonnière (Fig. 3), avec des valeurs élevées pendant le pic de biomasse entre janvier et mai. Le matériel inorganique représente un pourcentage élevé de la matière périphytique (23,0 % en moyenne), mais il s'agit sans doute de particules minérales entraînées par l'hydrodynamisme et piégées au sein de l'épaisse matre périphytique présente sur les bambous. Le pourcentage de matière organique résistant à l'hydrolyse est relativement homogène tout au long de l'étude (14,4 %). La période sèche est caractérisée par de fortes concentrations en matières organiques hydrolysables (avec un maximum de 29,5

Tabl. II. – Valeurs moyennes et écarts-type des concentrations en acides aminés totaux, en énergie et du rapport Protéines/Energie dans le périphyton de Koko et Layo. *Average values and standard deviations for amino-acid concentrations, energy and Proteins/Energy ratio in periphyton at Layo and Koko.*

	Koko		Layo	
	Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type
Acides aminés totaux (mg.g ⁻¹ de poids sec)	137,4	38,7	70,5	20,1
Acides aminés totaux (mg.g ⁻¹ de MOT)	148,1	43,6	114,3	40,9
Energie (kJ.g ⁻¹ de poids sec)	15,7	5,2	9,4	2,6
Energie (kJ.g ⁻¹ de MOT)	17,2	7,6	14,2	4,1
Protéines/Energie (mg.kJ ⁻¹) au sein de la MOT	8,6	9,7	8,1	10,7

g.m⁻²) en mars. Elle présente aussi de très fortes valeurs en matériel minéral (qui constitue alors plus du 1/3 du total), la conjonction du minéral et de l'organique hydrolysable expliquant le pic de matériel périphytique.

Les constituants chimiques de la biomasse périphytique à Koko ne présentent pas une variation saisonnière si marquée, les concentrations moyennes restant relativement stables tout le long de la campagne (Fig. 3). Les proportions relatives des différents constituants sont restées relativement homogènes tout au long de l'étude, le matériel minéral représentant un faible pourcentage (en moyenne 7,3 %) du matériel périphytique. Les proportions de matériel non hydrolysable sont en moyenne plus élevées à Koko (22,9 %) qu'à Layo (14,4 %).

On retrouve la même évolution saisonnière pour les constituants protéiques du matériel périphytique. Ramenées à des teneurs par unité de poids sec ou de matière organique, les concentrations en acides aminés totaux obtenues au sein de cette ressource périphytique sont 2 fois supérieures (en mg.g⁻¹ de poids sec) ou simplement plus élevées (en mg.g⁻¹ de matière organique totale) à Koko comparées à celles mesurées à Layo (Tabl. II). Il en va de même pour le contenu énergétique. Le rapport Protéines/Energie est légèrement plus élevé à Koko qu'à Layo, mais les différences ne sont pas significatives.

Matériel sédimenté

Variation saisonnière et variation à l'intérieur et à l'extérieur de l'acadja

L'importance de la biomasse sédimentaire a été évaluée à l'intérieur et à l'extérieur des acadjas des 2 sites (Fig. 4). A Layo, où la sédimentation est plus de 3 fois plus importante qu'à Koko (Tabl. III), les quantités récoltées dans les pièges à sédiment sont nettement plus fortes à l'intérieur qu'à l'extérieur de l'acadja. A Koko, il n'apparaît pas de différence significative entre les concentrations à l'intérieur et à l'extérieur (Tabl. III). Au niveau de ce site, la disparition d'un grand nombre de bambous lors d'un orage pourrait expliquer en partie les taux de sédimentation identiques entre l'intérieur et l'extérieur de l'acadja. La variation saisonnière de la sédimentation n'est pas très nette et semble dépendre de la situation géographique des sites et des modifications subies par le milieu. Par ailleurs, dans un milieu où la remise en suspension par l'hydrodynamisme induit par les vents joue un rôle important, les quantités piégées ne reflètent pas la réalité du milieu puisque la composante reprise du matériel sédimenté par la resuspension ne peut plus être prise en compte. Plus qu'aux quantités (et donc aux flux proprement dits), on s'intéressera surtout à la qualité de ce matériel.

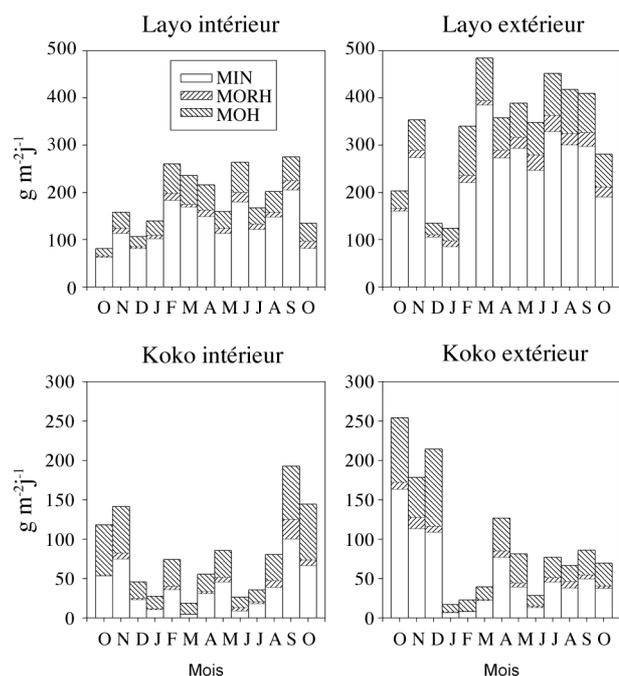


Fig. 4. – Variation mensuelle des constituants chimiques de la biomasse de sédiment prélevé à l'intérieur et à l'extérieur des acadjas à Layo et à Koko. *Monthly variation for chemical constituents of sediment biomass sampled inside and outside of the acadjas at Layo and Koko. Scales are different for the two sites.*

Caractéristiques chimiques

A Koko, les proportions de matières minérales, de matières organiques hydrolysables et de fibres (MORH) ne sont pas significativement différentes à l'intérieur et à l'extérieur de la structure. Le matériel minéral représente un peu moins de la moitié du matériel particulaire qui sédimente. L'essentiel des particules organiques est composé de matériel hydrolysable (87 %), avec un flux moyen de $36 \text{ g.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$.

A Layo, le matériel minéral représente près des 3/4 du matériel particulaire qui sédimente. Le matériel hydroly-

sable représente 21 % de ce matériel, avec un flux moyen de $68 \text{ g.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$. Les flux des différents constituants chimiques sont nettement plus élevés à l'intérieur qu'à l'extérieur de l'acadja. Cette différence de composition se retrouve également au niveau des flux en acides aminés totaux et en énergie dont les proportions respectives dans la ressource sédimentaire de Koko sont plus importantes (Tabl. III). Dans les 2 sites, on observe par contre que le sédiment de l'intérieur et hors de l'acadja présente des valeurs assez voisines en ces deux éléments. Par ailleurs, le rapport Protéines/Energie présente des proportions identiques, un peu inférieures à 5 mg.kJ^{-1} en moyenne.

DISCUSSION, CONCLUSION

Contrôle environnemental de la ressource périphytique

Le suivi temporel et la comparaison spatiale entre les 2 sites montrent que le développement des communautés algales périphytiques et de leur biomasse est étroitement lié aux conditions environnementales et aux apports continentaux. Ces apports (ici, ceux du fleuve Agnéby, qui débouche en lagune à proximité de Layo) vont réguler la salinité du milieu, sa transparence et sa richesse en éléments nutritifs (Arfi *et al.* 1997). Le contexte hydrologique des 2 sites étudiés est radicalement différent, même s'ils se situent tous 2 géographiquement dans le secteur IV de la lagune Ebrié. La salinité et la turbidité semblent jouer un rôle important, puisque c'est en situation oligohaline (et donc de faible turbidité) que la biomasse périphytique est la plus élevée à Layo. Toutefois, même en conditions de salinité comparables, la biomasse périphytique mesurée à Koko est nettement plus faible. Ce n'est donc pas la salinité en tant que telle qui pourrait réguler cette biomasse, mais plutôt les éléments particuliers et dissous associés à ces apports continentaux. Toutefois, les fortes biomasses périphytiques mesurées à Layo entre février et mai s'observent dans un contexte de turbidité

Tabl. III. – Moyennes et écarts-type du flux sédimentaire et de ses constituants mesurés à Koko et à Layo à l'intérieur et à l'extérieur des acadjas. Comparaison à l'aide du test non paramétrique de Mann-Whitney (NS : non significatif). *Average and standard deviation for the sinking flux and its constituents measured at Koko and Layo inside and outside the acadjas. Comparison is done using the non parametric Mann-Whitney Rank test (NS: non significant).*

	Koko					Layo				
	Intérieur		Extérieur		test	Intérieur		Extérieur		test
	Moy.	s	Moy.	s		Moy.	s	Moy.	s	
Poids sec total ($\text{g.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$)	97,2	75,6	80,6	54,2	NS	330,4	114,4	184,6	62,6	$P < 0,001$
Matière minérale ($\text{g.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$)	55,8	47,4	39,6	28,5	NS	243,5	87,6	131,8	44,5	$P < 0,001$
Matière organique totale ($\text{g.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$)	41,4	29,7	41,1	26,1	NS	86,9	31,6	52,8	19,6	$P = 0,003$
Matière organique hydrolysable ($\text{g.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$)	36,1	27,0	35,6	22,0	NS	68,3	25,5	41,6	15,5	$P = 0,004$
Matière organique non hydrolysable ($\text{g.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$)	5,3	4,0	5,5	6,3	NS	18,7	9,6	11,2	5,5	$P = 0,023$
Acides aminés totaux (mg.g^{-1} de poids sec j^{-1})	12,1	7,3	12,5	7,2	NS	3,9	1,9	7,1	4,3	*
Acides aminés totaux (mg.g^{-1} de MOT j^{-1})	59,2	20,7	54,3	24,5	NS	28,7	14,4	43,0	20,7	**
Energie (kJ.g^{-1} de poids sec)	3,3	1,1	3,1	0,8	NS	1,1	0,1	1,1	0,4	NS
Energie (kJ.g^{-1} de MOT)	13,6	2,7	11,6	2,2	NS	8,0	1,2	6,9	2,1	NS
Protéines/Energie (mg.kJ^{-1})	4,3	1,3	4,7	1,7	NS	3,6	1,3	6,2	3,7	NS

relativement forte, et en tous cas nettement plus forte qu'à Koko. Mais les teneurs en éléments nutritifs (en particulier en P-PO₄ et N-NO₃) sont plus élevées à Layo qu'à Koko, quelle que soit la saison. La crue joue un rôle essentiel dans l'enrichissement du milieu, mais les apports nutritifs pendant l'étiage de l'Agnéby, certes faibles, mais réguliers, créent à Layo un environnement nutritif favorable, en dépit d'un éclaircissement moins propice à la croissance des organismes végétaux. La disponibilité en nutriments est l'un des facteurs déterminants de la régulation de la productivité algale périphytique (Hansson 1992), et à Koko, où la salinité joue un rôle secondaire puisque prévaut exclusivement une situation oligohaline, les concentrations en nutriments sont assez basses : les biomasses périphytiques plutôt faibles observées sont la conséquence de la relative pauvreté du site en éléments nutritifs. Enfin, la forte turbidité observée à Layo n'empêche pas le développement périphytique, la photoinhibition due aux forts éclaircissements y ayant des conséquences limitées, ce qui ne serait pas le cas à Koko. Ces différents facteurs environnementaux influent donc sur la disponibilité de la ressource périphytique, qui se trouve de ce fait inégalement répartie selon la saison mais avec de fortes biomasses lorsque la situation nutritive est favorable (cas de Layo), ou présente des variations relativement faibles d'une saison à l'autre mais avec des biomasses moins élevées, puisque les conditions nutritives ne sont jamais très favorables (cas de Koko).

Qualité du périphyton

Des 3 sources alimentaires définies au sein du système acadja, le périphyton offre les meilleures caractéristiques nutritives au regard de sa teneur en matières organiques hydrolysables et des rapports Protéines/Energie qui sont nettement plus élevés. Les teneurs élevées en matières organiques hydrolysables (58 % et 69 % du poids sec de la ressource périphytique à Layo et à Koko respectivement) et donc digester par les Poissons sont en grande partie attribuées aux communautés algales, au niveau desquelles se dégage une corrélation positive entre la concentration en chlorophylle *a* et la biomasse en matière organique. Dans une étude réalisée à Layo sur un acadja expérimental semblable à celui de la présente étude, Guiral *et al.* (1993) ont montré que les communautés périphytiques se développant sur des bambous sont dominées par des algues filamenteuses (chlorophycées, cyanobactéries et Rhodophycées), auxquelles sont inféodées des diatomées, essentiellement des genres *Melosira* et *Nitzschia*. Ces diatomées se retrouvent également dans le phytoplancton de cette partie de la lagune (Arfi & Bouvy 1997). Les analyses biochimiques montrent que cette biomasse périphytique est pauvre en protéines. Ces faibles proportions en acides aminés totaux (11 % à 15 % de la matière organique totale à Layo et Koko) pourraient s'expliquer par la prédominance des algues filamenteuses, les

chlorophycées étant généralement pauvres en protéines (Hepher 1988) et par une faible abondance de diatomées et de bactéries (Guiral *et al.* 1993, Arfi *et al.* 1997), qui elles sont plutôt riches en protéines (Bowen 1987b, Hepher 1988). S'il paraît difficile d'apprécier directement l'apport quantitatif de la biomasse bactérienne dans la croissance des Poissons, les diatomées sont reconnues comme étant une source importante de nourriture facilement digestes grâce à la structure de leurs parois cellulaires (Giani & Laville 1995). Ainsi, au lac Chamo (Ethiopie), de meilleures performances de croissance observées chez *Oreochromis niloticus* ont été mises en relation avec la qualité d'une alimentation constituée en majeure partie de *Melosira* (Getachew 1993). L'évaluation de cette qualité montre que ces algues fournissent 30 % de la matière organique totale du bol alimentaire, qui présente également un rapport Protéines/Energie digestible (16 mg.kJ⁻¹) supérieur à ceux rapportés au niveau du périphyton des acadjas. Ces ratios (8,1 et 8,6 mg.kJ⁻¹ respectivement pour la ressource périphytique de Layo et de Koko) sont également inférieurs à celui déterminé (25 mg.kJ⁻¹) dans un régime permettant une croissance optimale chez *Sarotherodon mossambicus* (Bowen 1982). La qualité nutritive du périphyton serait ainsi liée à la composition chimique de ces différentes composantes biologiques dont l'intégration semblent fournir des macronutriments bien utilisés par les Poissons. C'est le cas chez *S. mossambicus* qui, nourri d'agrégats périphytiques, présente une efficacité d'absorption élevée pour la matière organique et les protéines (63 % et 77 %, respectivement (Bowen 1982)). De même, *Oreochromis niloticus* absorbe de façon efficace (79 %) le carbone des *Nitzschia* (Moriarty & Moriarty 1973), une diatomée présente au sein du périphyton des acadjas. Ces différentes caractéristiques nutritives font de cette ressource un aliment de choix pour les Poissons phytophages, bien que les autres compartiments de l'acadja leur soient accessibles du fait de leur comportement alimentaire sélectif (Bowen 1988). Cependant, le sédiment et le périphyton constituent des réserves nutritives beaucoup plus importantes que les matières en suspension, dont la composition est étroitement liée à l'hydrodynamisme (Legendre & Demers 1984). De plus, les Poissons planctophages ont une préférence vis-à-vis de l'alimentation par broutage et racleage sur substrats (donc du périphyton et de la couche organique sédimentaire) par rapport à l'ingestion par filtration (Dempster *et al.* 1993).

Qualité du matériel particulaire qui sédimente

Du fait de sa localisation à proximité de l'embouchure de l'Agnéby, le site de Layo est favorisé par les apports continentaux dissous et particuliers, mais ces derniers, qui contribuent de façon significative à l'importance de la sédimentation, sont caractérisés par une très forte composante minérale. A l'inverse, le site de Koko est situé dans

un endroit où ce type d'apport est faible : les particules qui sédimentent auront essentiellement pour origine la production lagunaire locale. Ceci expliquerait que les proportions de composés organiques assimilables du matériel qui sédimente soient plus élevées à Koko qu'à Layo. Mais quelle que soit l'origine de la couche organique sédimentaire, continentale ou lagunaire, les concentrations en acides aminés totaux restent faibles sur les 2 sites, comparées aux recommandations sur les proportions en protéines dans l'alimentation des Poissons (Luquet & Moreau 1989). Toutefois, le rapport moyen Protéines/Energie (4,5 et 4,9 mg.kJ⁻¹ à Koko et Layo, respectivement) fourni par cette ressource semble répondre aux exigences de croissance chez les Tiliapias (Bowen 1982), espèces cibles pour l'exploitation du système acadja. Selon cet auteur, un ratio minimum de 4 mg.kJ⁻¹ est nécessaire pour maintenir la croissance chez *Sarotherodon mossambicus*. Ce ratio traduit l'importance relative de ce compartiment nutritif dans le comportement alimentaire de Poissons phytophages et détritivores (Bowen 1987a, Lauzanne 1988).

Productivité potentielle du système acadja

Le principe de l'acadja repose sur la combinaison de 2 types de ressources nouvelles. La première est fournie par le périphyton, dont la croissance est permise par la présence de supports artificiels dans le milieu aquatique et qui utilise des ressources nutritives qui n'auraient pas été potentialisées sans cette présence. La seconde est fournie par la sédimentation de particules présentes naturellement dans le milieu, mais dont le piégeage est favorisé par la présence dans la colonne d'eau de la structure en bambou, structure qui favorise le ralentissement hydrodynamique et donc la chute des particules entre les bambous. Les gammes des teneurs en matière organique se développant sur le matériel périphytique des sites d'étude (3,6 à 17,0 g m⁻² et 5,5 à 35,1 g m⁻² à Koko et Layo respectivement) figurent parmi les valeurs hautes des données de la littérature relatives au bambou comme support (Azim *et al.* 2001, Van dam *et al.* 2002, Milstein *et al.* 2003). Si les facteurs environnementaux limitent la production et la qualité de la ressource périphytique en certains endroits de la lagune, leur influence sur le matériel qui sédimente semble être faible. Ce matériel pourrait être utilisé en supplément et augmenter sensiblement le rendement des acadjas. Ces données montrent que la technique acadja peut contribuer à l'essor de l'aquaculture lagunaire et participer de façon générale à la diversification des systèmes de production piscicole, gage de la pérennité de l'aquaculture en Afrique confrontée à des contextes socio-économiques variés.

REFERENCES

- Allen G 1981. Methods for detection of peptides. In Work TS & Burdon RH eds, Laboratory techniques in Biochemistry and Molecular. North-Holland publications, New York: 135-160.
- Arfi R, Bouvy M 1995. Size composition and distribution of particles related to wind induced resuspension in a shallow tropical lagoon. *J Plankton Res* 17: 557-574.
- Arfi R, Bouvy M 1997. Colonisation de bambous par les communautés bactériennes et algales en lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). *Vie Milieu* 47(3) : 189-201.
- Arfi R, Bouvy M, Luquet P 1997. Effects of a seasonal salinity change on periphyton biomass in shallow tropical lagoon. *Int Revue Ges Hydrobiol* 82: 81-93.
- Azim ME, Wahab MA, van Dam AA, Beveridge MCM, Verdegem MCJ 2001. The potential of periphyton-based culture of two Indian major carps, rohu *Labeo rohita* (Hamilton) and gonia *Labeo gonius* (Linnaeus). *Aquac Res* 32 : 209-216.
- Azim ME, Verdegem MCJ, Singh M, van Dam AA, Beveridge MCM 2003. The effects of periphyton substrate and fish stocking density on water quality, phytoplankton, periphyton and fish growth. *Aquac Res* 34 : 685-695.
- Blé MC 2003. Etude de la qualité nutritive et essais d'optimisation de l'alimentation naturelle du tilapia *Oreochromis niloticus* (Linné, 1758) dans les étangs du Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. Thèse 3^e Cycle Univ Cocody (Abidjan), 176 p.
- Bowen SH 1976. Mechanism for digestion of detrital bacteria by the cichlid fish *Sarotherodon mossambicus* (Peters). *Nature* 260: 137-138.
- Bowen SH 1979. A nutritional constraint in detritivory by fishes: the stunted population of *Sarotherodon mossambicus* in Lake Sibaya, South Africa. *Ecol monogr* 49: 17-31.
- Bowen SH 1982. Feeding digestion and growth - Qualitative consideration. In Pullin RSV & Lowe Mc Connel RH eds, The biology and culture of Tiliapias. ICLARM conf proc Manila, Philippines: 141-156.
- Bowen SH 1987a. Dietary protein requirement of fishes - a reassessment. *Can J Aquat Sci* 44: 1995-2001.
- Bowen SH 1987b. Composition and nutritional value of detritus. In Moriarty DJW & Pullin RSV eds, Detritus and microbial ecology in aquaculture. ICLARM conf proc Manila, Philippines: 192-216.
- Bowen SH 1988. Detritivory and herbivory. In Lévêque C, Bruton MN & Ssentongo GW eds, Biologie et écologie des Poissons d'eau douce africains. Coll Travaux et documents n° 216, ORSTOM, Paris: 243-247.
- Buddington RK 1980. Hydrolysis-resistant organic matter as a reference for measurement of fish digestive efficiency. *Trans Am Fish Soc* 109: 653-655.
- Dabbadie L 1996. Etude de la variabilité d'une pisciculture rurale à faible niveau d'intrant dans le Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire : approche du réseau trophique. Thèse Doct Univ Paris 6, 208 p.
- Dempster PW, Beveridge MCM, Baird DJ 1993. Herbivory in the tilapia *Oreochromis niloticus*: a comparison of feeding rates on phytoplankton and periphyton. *J Fish Biol* 43: 385-392.
- Dufour P 1982. Les frontières naturelles et humaines du système lagunaire Ebrié. *Hydrobiologia* 94: 105-120.

- Getachew T 1993. The composition and nutritional status of the diet of *Oreochromis niloticus* in Lake Chamo, Ethiopia. *J Fish Biol* 42 : 865-874.
- Giani N, Laville H 1995. Réseau trophique benthique. In Pourriot R & Meybeck M eds, Limnologie générale. Coll Ecol 25, Masson, Paris: 565-587.
- Guiral D, Arfi R, Koueté PD, Konan-Brou AA 1993. Communautés, biomasses et productions algales au sein d'un récif artificiel (acadja) en milieu lagunaire tropical. *Rev Hydrobiol Trop* 26: 219-228.
- Guiral D, Gourbault N, Hellouet MN 1996. Écosystème benthique lagunaire modifié par un récif artificiel à vocation aquacole, les acadjas. *Oceanol Acta* 18: 543-555.
- Hansson LA 1992. Factors regulating periphytic algal biomass. *Limnol Oceanogr* 37: 322-328.
- Hem SL, Konan AA, Avit JB 1990. Les acadjas traditionnels dans le sud-est du Bénin. *Arch Sci Centre Rech Oceanogr Abidjan* 13: 1-13.
- Hem SL, Avit JLB 1994. First results on "acadja-enclos" as an extensive aquaculture system (West Africa). *Bull Mar Sci* 55: 1038-1049.
- Hepher B 1988. Nutrition of pond fishes. Cambridge University Press, Melbourne, Australia : 388 p.
- Jana SN, Garg SK, Patra BC 2004. Effect of periphyton on growth performance of grey mullet, *Mugil cephalus* (Linn.), in inland saline groundwater ponds. *J Appl Ichtyol* 20 : 110-117.
- Keshavanath P, Gangadhar B, Ramash TJ, van Dam AA, Beveridge MCM, Verdegem MCJ 2002. The effect of periphyton and supplemental feeding on the production of the indigenous carps *Tor khudree* and *Labeo fimbriatus*. *Aquaculture* 213 : 207-218.
- Konan-Brou AA 1994. Available algal biomass in tropical brackish water artificial habitats. *Aquaculture* 119: 175-190.
- Lauzanne L 1988. Feeding habits of freshwater fishes. In Lévêque C, Bruton, MN & Ssentongo GW eds, Biologie et écologie des Poissons d'eau douce africains. Coll Travaux et documents 216, ORSTOM, Paris: 221-242.
- Luquet P, Moreau Y 1989. Energy-protein management by some warmwater finfishes. *Advances in Tropical Aquaculture, Tahiti*: 751-755.
- Milstein A, Azim ME, Wahab MA, Verdegem MCJ 2003. The effects of periphyton, fish and fertilizer dose on biological processes affecting water quality in earthen fish ponds. *Envir Biol Fish* 68(3): 247-260.
- Moriarty CM, Moriarty DJW 1973. Quantitative estimation of the daily ingestion of phytoplankton by *Tilapia nilotica* and *Haplochromis nigripinnis* in lake George, Uganda. *J Zool Lond* 171 : 15-23.
- Pauly D, Christensen V 1995. Primary production required to sustain global fisheries. *Nature* 374: 255-257.
- Payne AI 1983. Estuarine and salt tolerant Tilapias. Proc. Int. Symp. on tilapia in aquaculture, Nazareth: 534-540.
- Ramany BP 1980. Le système lagunaire Ebrié en Côte d'Ivoire : fonctionnement hydrodynamique et salinité. Thèse Doct Ing Univ Abidjan.
- Redfield AC 1958. The biological control of chemical factors in the environment. *Am Sci* 46: 205-221.
- Strickland JDP, Parsons TR 1972. A practical handbook of seawater analysis. Bulletin 167, Fish Res Board Canada, Ottawa: 331-337.
- Van Dam AA, Beveridge MCM, Azim ME, Verdegem MCJ 2002. The potential of fish production based on periphyton. *Rev Fish Biol Fish* 12: 1-31.
- Welcome RL 1972. An evaluation of the acadja method of fishing as practiced in the coastal lagoons of Dahomey (West Africa). *J Fish Biol* 4: 39-55.
- Yentsch CS, Menzel DW 1963. A method for the determination of phytoplankton chlorophyll and phaeophytin by fluorescence. *Deep Sea Res* 10: 221-231.

Received November 30, 2004
Accepted May 18, 2005