



HAL
open science

Étude du régime alimentaire de deux espèces de Cichlidae en situation contrastée dans un estuaire tropical inverse d'Afrique de l'Ouest (Casamance, Sénégal) Title: Study of the diet of two species of Cichlidae in contrasting situation in a West African (Casamance, Senegal) inverse tropical estuary

I. Ndour, François Le Loc'h, O. T. Thiaw, J. M. Ecoutin, Raymond Laë, J. Raffray, O. Sadio, Luis Tito de Morais

► **To cite this version:**

I. Ndour, François Le Loc'h, O. T. Thiaw, J. M. Ecoutin, Raymond Laë, et al.. Étude du régime alimentaire de deux espèces de Cichlidae en situation contrastée dans un estuaire tropical inverse d'Afrique de l'Ouest (Casamance, Sénégal) Title: Study of the diet of two species of Cichlidae in contrasting situation in a West African (Casamance, Senegal) inverse tropical estuary. *Journal des Sciences Halieutiques et Aquatiques*, 2011, 4, pp.120–133. hal-01483080

HAL Id: hal-01483080

<https://hal.science/hal-01483080>

Submitted on 18 May 2019

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.

Research paper

Étude du régime alimentaire de deux espèces de Cichlidae en situation contrastée dans un estuaire tropical inverse d'Afrique de l'Ouest (Casamance, Sénégal)

Ismâïla NDOUR^{1, 2, 3}, François LE LOC'H^{4,*}, Omar Thiom THIAW³, Jean-Marc ECOUTIN¹, Raymond LAË⁵, Jean RAFFRAY¹, Oumar SADIO¹ & Luis TITO DE MORAIS⁵

¹ IRD Dakar, UMR LEMAR (IRD/CNRS/UBO), BP 1386, 18524 Dakar, Sénégal

² CRODT, Pôle de recherche de Hann, BP 2241, Dakar, Sénégal

³ IUPA, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, BP 206, Dakar Sénégal

⁴ IRD, UMR EME (IRD/IFREMER/UM2), BP 171, 34203 Sète cedex, France

⁵ IRD, UMR LEMAR (IRD/CNRS/UBO), BP 70, 29280 Plouzané, France

*Correspondance: Tél.: (+33) 04-99-57-32-17; Télécopie: (+33) 04-99-57-32-95. Courriel: francois.le.loch@ird.fr (F. LE LOC'H)

Reçu le 15/08/2011; accepté le 02/12/2011; publié en ligne le 30/12/2011
Oceanraise © MS 150811-29

Résumé

Le barrage anti-sel de Maka a été érigé en 1998 sur le fleuve Casamance (Sénégal) afin de rétablir les conditions dulçaquicoles au profit de l'activité rizicole des populations locales. Il sépare deux environnements de salinité contrasté : une partie aval salée sous influence de l'estuaire inverse et une partie amont d'eau douce. L'étude comparative des régimes alimentaires de deux Cichlidae *Sarotherodon melanotheron heudelotii* et *Tilapia guineensis* vivant de part et d'autre du barrage anti-sel de Maka a été effectuée sur la base d'échantillonnages sur trois périodes différentes en 2006 et 2007 : une saison humide chaude (octobre), une saison sèche froide (février) et une saison sèche chaude (mai). Les régimes alimentaires des deux espèces sont abordés par une méthode classique d'analyse des contenus stomacaux en notant les occurrences des proies. Comparées aux populations de *S. m. heudelotii* et de *T. guineensis* qui vivent en amont du barrage, celles vivant en aval du barrage présentent des occurrences de proies plus importantes. *S. m. heudelotii* tend à ingérer d'avantage de débris végétaux au détriment de la vase lorsque la salinité devient élevée. Par contre, *T. guineensis* qui dispose d'un spectre trophique plus large, tend à consommer plus de vase (bivalves) que de débris végétaux, lorsque la salinité augmente. La comparaison des régimes alimentaires de ces deux Cichlidae de part et d'autre du barrage, montre une évolution de leurs régimes alimentaires en fonction des conditions environnementales.

Mots clefs: Régime alimentaire; Cichlidae; Situation contrastée; Salinité; Estuaire inverse; Casamance; Sénégal; Afrique de l'Ouest.

Abstract

The dam anti-salt of Maka was set up as 1998 on the river Casamance (Senegal) to restore the fresh water conditions for the benefit of the rice production activity of the local populations. It separates two environments of salinity contrasted: a downstream salted part under influence of the inverse estuary and an upstream part of fresh water. The comparative study of the diets of two Cichlidae *Sarotherodon melanotheron heudelotii* and *Tilapia guineensis* living on both sides on the anti-salt dam of Maka was made on the basis of samplings over three different periods in 2006 and 2007: a warm wet season (in October), a cold dry season (in February) and a warm dry season (in May). The diets of both species are approached by a classic method of analysis of the stomach contents by noting the occurrences of preys. Compared with the

populations of *S. m. heudelotii* and of *T. guineensis* who live upstream to the dam, those living downstream to the dam present more important occurrences of preys. *S. m. heudelotii* tends to ingest of advantage of plant fragments to the detriment of the mud when the salinity becomes high. On the other hand, *T. guineensis* who has a wider trophic spectrum, tends to consume more vase (bivalves) than of plant fragments, when the salinity increases. The comparison of the diets of this two Cichlidae on both sides of the dam, shows an evolution of their diets according to the environmental conditions.

Keywords: Diet; Cichlidae; contrasted situation; inverse estuary; Salinity; Casamance; Senegal; Western Africa.

Title: Study of the diet of two species of Cichlidae in contrasting situation in a West African (Casamance, Senegal) inverse tropical estuary.

1. Introduction

Les écosystèmes côtiers et estuariens sont extrêmement riches du point de vue biologique et écologique (Costanza *et al.*, 1997). Ces systèmes abritent un nombre élevé d'espèces de manière temporaire ou permanente. Ils sont le siège d'une intense activité de reproduction pour une gamme très large d'espèces. Ce sont également des écosystèmes très productifs qui servent de nourricerie à diverses espèces marines (Albaret, 1999 ; Beck *et al.*, 2001 ; Peterson, 2003). Ils assurent le renouvellement des ressources halieutiques (Albaret, 1999) et constituent des habitats essentiels pour les juvéniles de diverses espèces marines (Rubec *et al.*, 1999 ; Whitfield, 1999 ; Beck *et al.*, 2001 ; Le Pape *et al.*, 2003 ; Barletta *et al.*, 2005). Malgré leur importance, ces écosystèmes subissent d'importantes perturbations d'ordre anthropique (dégradations d'habitats, surexploitation par la pêche, pollution de l'eau etc.) et d'ordre climatique (Laë, 1997 ; Garcia *et al.*, 2001 ; Blaber, 2002 ; Scheren *et al.*, 2002 ;). Ces pressions ont des impacts directs ou indirects sur la diversité, l'abondance, la distribution, le comportement, la survie, la croissance, la reproduction et sur la structuration des communautés (Blaber, 1997 ; Lévêque & Paugy, 1999 ; Whitfield & Elliott, 2002 ; Elliott *et al.*, 2007). La connaissance des impacts des variables environnementales sur les traits de vie des populations de poissons (Panfili *et al.*, 2004a ; Chen *et al.*, 2008 ; Carmona-Catot *et al.*, 2011) est indispensable dans l'optique de gestion durable de ces écosystèmes.

Les péjorations climatiques des années 1970 (Pages & Citeau, 1990 ; Albergel *et al.*, 1991 ; Thiam & Singh, 2002 ; Mbow *et al.*, 2008) ont entraîné une baisse des apports d'eaux douces et ont engendré un fonctionnement inverse de certains estuaires ouest africains dont celui du Saloum et de la Casamance au Sénégal. La Casamance est un petit fleuve côtier qui dispose d'une vaste zone estuarienne. Il est caractérisé par une salinité supérieure à celle de l'eau de mer (sursalinisation) et par un gradient de salinité positif d'aval en amont (estuaire inverse) (Pitchard, 1967 ; Savenije & Pagés, 1992 ; Mikhailov & Isupova, 2008). Dans le but de rétablir les conditions dulçaquicoles dans la partie amont de l'estuaire de la Casamance au profit de la riziculture vivrière, un barrage anti-sel a été construit en 1998. Cet ouvrage sépare une zone d'eau douce toute l'année, d'une zone sous influence marine via l'estuaire inverse.

Diverses études ont été menées sur les réponses des poissons aux variations des conditions environnementales (Eyeson, 1983 ; Schreck *et al.*, 2001 ; Panfili *et al.*, 2004a ; Panfili *et al.*, 2004b ; Diouf *et al.*, 2009). Cependant, des études sur les effets d'un barrage en zone estuarienne sur les traits de vie des populations de poissons restent encore rares (Le Reste, 1986 ; Kone & Teugels, 1999). L'originalité de cette étude tient de la présence d'espèces similaires de poissons des deux côtés du barrage dont les deux espèces de Cichlidae : *Sarotherodon melanotheron heudelotii* et *Tilapia guineensis*. Le but de cette étude est de mettre en évidence l'impact du barrage anti-sel, ainsi que des variations saisonnières de la salinité sur le régime alimentaire de deux populations de Cichlidae, proches spatialement, mais soumises à des stress halins différents.

2. Matériels et Méthodes

2.1 Protocole d'échantillonnage

Les stations d'échantillonnage étaient situées à la fois en amont (eau douce) et en aval (eau salée) du barrage de Maka en 2006 et 2007 (Figure 1). *Sarotherodon melanotheron heudelotii* et *Tilapia guineensis* ont été collectés aux trois périodes hydroclimatiques majeures : la saison humide chaude

(octobre), caractérisée par des minima de salinité annuelle, la saison sèche froide (février), aux salinités moyennes et la saison sèche chaude (mai), marquée par des maxima annuels de la salinité (Albaret, 1984, 1987 ; Pagès & Debenay, 1987). L'épervier et le filet maillant constituent les engins de pêche les plus fréquemment utilisés par les pêcheurs dans cette partie de la Casamance. Par conséquent, les échantillonnages ont été réalisés majoritairement à l'aide d'éperviers, de maille 29 mm, et accessoirement de filets maillants (25 ou 36 mm de maille).

La salinité et la température ont été mesurées à chacune des stations à l'aide respectivement d'un réfractomètre et d'un thermomètre. Les individus capturés ont été déterminés à l'espèce. Pour chaque débarquement, les individus ont été mesurés (longueur à la fourche en mm), puis pesés (poids total en g). Au niveau de chaque station, les estomacs des individus des deux espèces, ont été prélevés et conservés dans du formol à 10%.

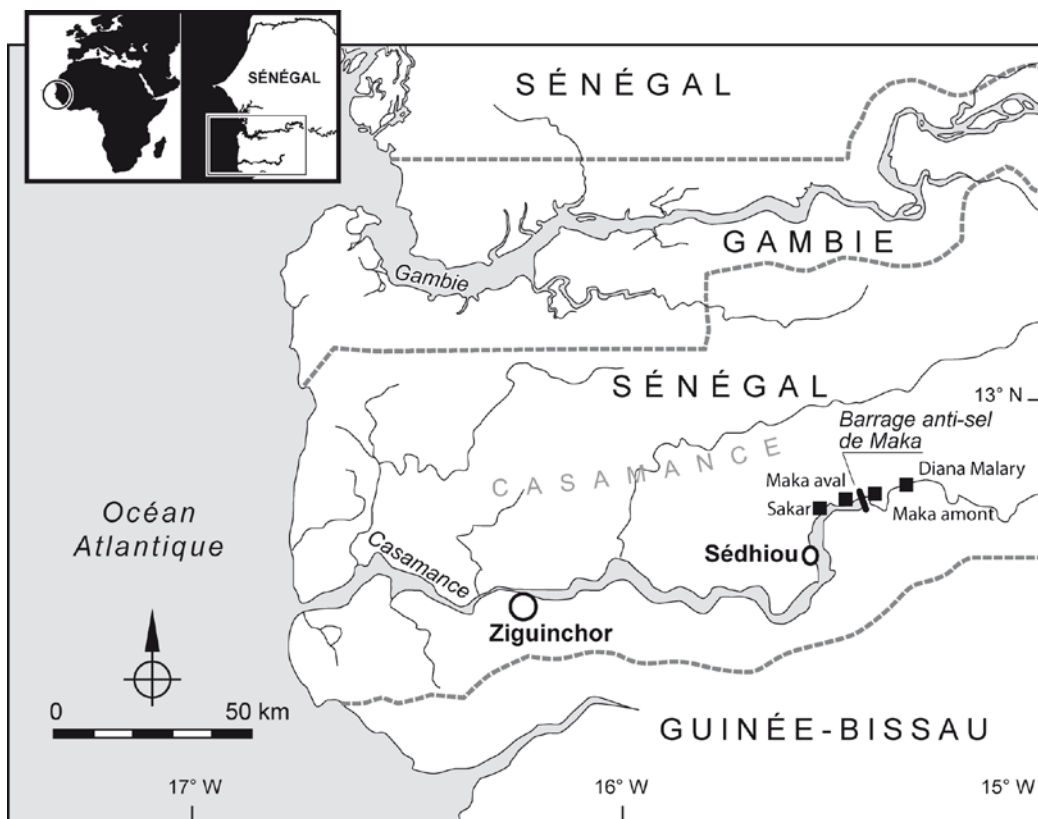


Figure 1. Localisation géographique des stations échantillonnées en amont et en aval du barrage anti-sel de Maka sur le fleuve Casamance, en octobre 2006 et février et mai 2007.

2.2. Exploitation des échantillons

Plusieurs méthodes d'analyse des contenus stomacaux ont été définies par Hyslop (1980). Parmi ces différentes méthodes, celle de la fréquence d'occurrence a été utilisée dans cette étude. Elle correspond au pourcentage d'estomacs contenant une même catégorie de proies par rapport au nombre d'estomacs pleins examinés (Fagade & Olaniyan, 1972). Cette méthode présente l'avantage d'être rapide et ne requiert qu'un minimum d'appareillage, elle est bien adaptée à l'étude des variabilités spatiales et temporelles des relations trophiques (Diouf, 1996). Cette méthode fournit des informations qualitatives sur ce qu'un organisme a récemment ingéré (Hyslop, 1980).

Au laboratoire, la détermination des contenus stomacaux s'est faite par observation à la loupe binoculaire dans de l'alcool à 70%. Les proies contenues dans les estomacs ont été déterminées jusqu'à la limite du possible.

2.3. Analyses des données

Afin de vérifier la représentativité des régimes alimentaires, une analyse des proies cumulées par permutation aléatoire a été réalisée sur les contenus stomacaux. Un test de Student a été utilisé afin de mettre en évidence des différences de tailles chez les différents poissons échantillonnés aux différentes stations et aux différentes saisons. L'analyse des données sur les occurrences de proies a

été effectuée par la méthode d'Analyse en Composante Principale (ACP centrée réduite) avec le logiciel ADE sous R (Chessel *et al.*, 2004).

3. Résultats

3.1. Salinité et température

En aval du barrage (Sakar et Maka aval) des salinités faibles (2-5), moyennes (6-34) et élevées (66-75) ont été respectivement mesurées en octobre, en février, et en mai (Figure 2a). Par contre, en amont du barrage les salinités mesurées étaient nulles (0) pendant les périodes d'échantillonnage à l'exception du mois de mai, où des salinités de 9 et 19 ont été respectivement mesurées à Maka amont et à Diana Malary (Figure 2a).

La température moyenne était la plus basse en février (21,2°C) et la plus élevée en octobre (29,6°C) en aval du barrage (Figure 2b). En revanche, en amont du barrage cette tendance se confirme à la station de Maka amont, mais au niveau de la station de Diana Malary, la température la plus élevée a été mesurée pendant le mois de mai (32,0°C) (Figure 2b). La salinité est plus élevée en aval du barrage qu'en amont, par contre la température est relativement constante entre l'amont et l'aval du barrage durant les périodes d'échantillonnage (Figure 2b).

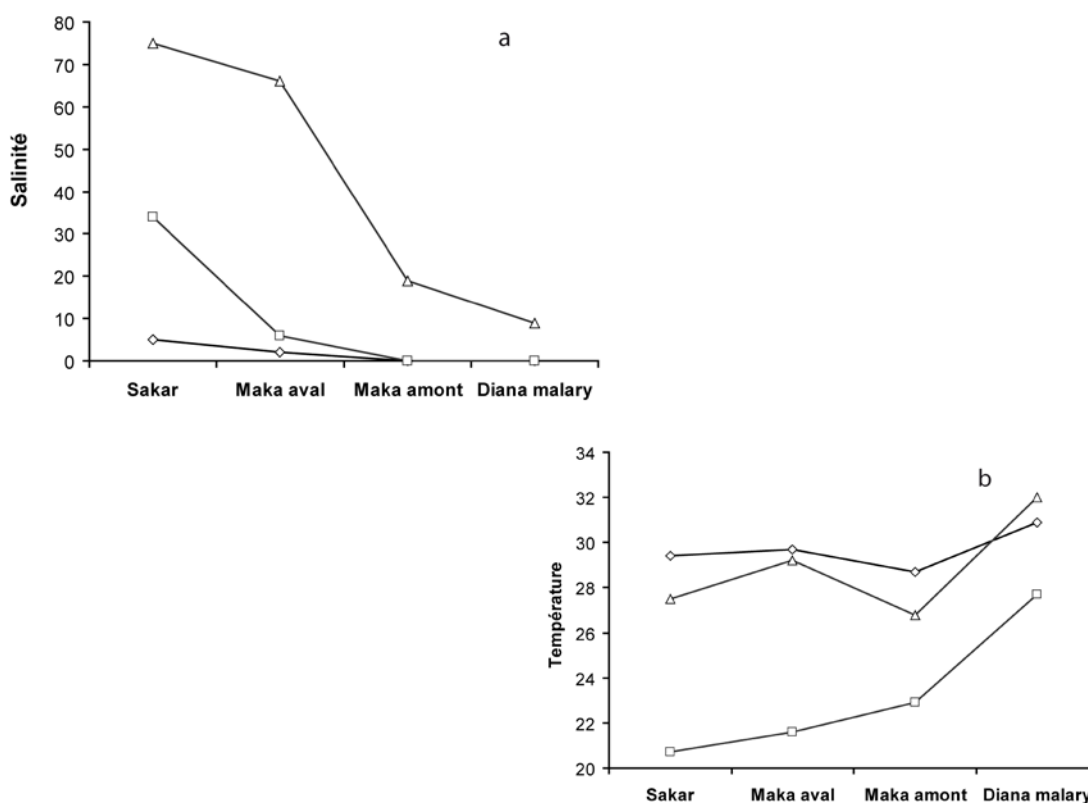


Figure 2. Evolution de la salinité (a) et de la température (b) aux stations échantillonnées en amont et en aval du barrage anti-sel de Maka sur le fleuve Casamance en octobre 2006 (losange) et en février (carré) et en mai 2007 (triangle).

3.2. Régime alimentaire

3.2.1. *Sarotherodon melanotheron heudelotii*

Au total, 122 estomacs de *Sarotherodon melanotheron heudelotii* ont été analysés. 7% de ces estomacs étaient vides. Les poissons étudiés avaient des tailles comprises entre 70 mm et 224 mm. A l'exception du mois d'octobre ($p=0,000$), il n'y a pas de différence significative des tailles des individus entre les stations (février : $p=0,09$; mai : $p=0,10$) (Figure 3a). Par contre, il existe une différence très significative entre les saisons ($p=0,000$) (Table 1). La vase et des diatomées (occurrence : 100% en générale) ont été principalement observés dans les estomacs de *S. m. heudelotii*. De faibles proportions de bivalves, d'annélides et de gastéropodes, ont été également trouvées dans ces estomacs (Figure 4a, 4b).

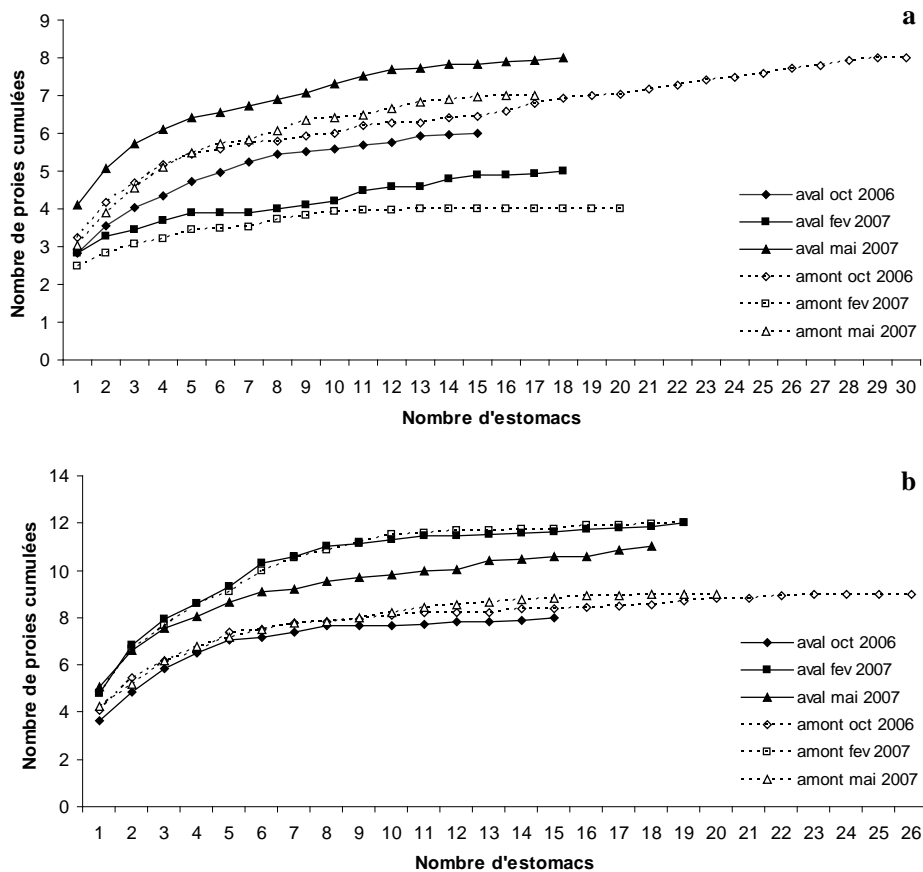


Figure 3. Evolution cumulée de la diversité des proies dans les estomacs de *Sarotherodon melanotheron heudelotii* (a) et de *Tilapia guineensis* (b) aux différents périodes d'échantillonnage (octobre 2006 et février et mai 2007) en amont et en aval du barrage anti-sel de Maka sur le fleuve Casamance.

3.2.1a. Evolution temporelle des occurrences de proies en aval du barrage

En aval du barrage, la vase et les diatomées sont très abondantes dans les estomacs des *S. m. heudelotii* pendant les trois mois d'échantillonnage. Cependant, les occurrences moyennes des débris végétaux (44%), des annélides (61%) et des bivalves (72%) sont très élevées pendant le mois de mai par rapport aux mois d'octobre respectivement 13% ; 40% et 47%, et de février respectivement 10% ; 5% et 53%. L'apparition de dinoflagellés, d'amphipodes (17%) et d'algues (6%) dans les estomacs de cette espèce, a été également notée pendant le mois de mai (Figure 4a).

3.2.1b. Evolution temporelle des occurrences de proies en amont du barrage

En amont du barrage, la vase et les diatomées dominent au sein des estomacs des individus étudiés. Des débris végétaux n'ont pas été trouvés dans les estomacs au mois de mai alors que leur présence est assez importante en octobre (29%) ; et plus faible en février (15%). Les occurrences moyennes de bivalves et d'insectes sont élevées en mai (35% et 66%), faible en octobre (19% et 3%) et nulles en février. Des isopodes et des gastéropodes ont été trouvés dans les estomacs des individus uniquement en octobre, et des dinoflagellés et des algues uniquement en mai (Figure 4b).

3.2.1c. Evolution des occurrences de proies entre l'amont et l'aval du barrage

Les occurrences de proies varient en fonction des stations. Les occurrences moyennes de débris végétaux (23%) et de bivalves (57%) sont plus élevés en aval qu'en amont du barrage (respectivement 15% et 18%). Des amphipodes (6%) sont présents dans les estomacs des individus en aval du barrage alors qu'ils sont absents dans ceux des individus en amont du barrage. Les insectes et les isopodes sont uniquement présents dans les estomacs des individus capturés au niveau des stations amont du barrage (Figure 4a, 4b).

Table 1. Nombre (Nb) d'estomacs analysés, taux de vacuité, tailles minimales et maximales, tailles moyennes des poissons en amont et en aval du barrage anti-sel de Maka sur la Casamance en octobre 2006 et février et mai 2007. SME : *Sarotherodon melanotheron heudelotii* ; TGU : *Tilapia guineensis*. ns = non significatif, * significatif, *** hautement significatif.

		Sakar	Aval barrage	Amont barrage	Diana Malary	Tests Student stations	Tests Student Mois	
SME	octobre	Nb estomacs analysés	10	10	10	21		
		Taux de vacuité (%)	30	20	0	0		
		Tailles minimales et maximales (mm)	115-137	161-219	150-213	133-159		
		Tailles moyennes et écartypes (mm)	125±6	177±16	173±22	144±7	p=0,000 (***)	
	février	Nb estomacs ouverts	10	10	10	10		
		Taux de vacuité (%)	0	0	0	0		
		Tailles minimales et maximales (mm)	70-187	127-211	72-155	91-171		p=0,000 (***)
		Tailles moyennes et écartypes (mm)	129±40	160±26	129±26	136±26	p=0,09 (ns)	
	mai	Nb estomacs ouverts	9	9	10	10		
		Taux de vacuité (%)	0	0	0	30		
		Tailles minimales et maximales (mm)	109-193	110-185	86-240	79-165		
		Tailles moyennes et écartypes (mm)	136±28	149±29	160±51	121±30	p=0,10 (ns)	
TGU	octobre	Nb estomacs ouverts	10	6	7	19		
		Taux de vacuité (%)	10	0	0	0		
		Tailles minimales et maximales (mm)	136-145	101-173	108-228	137-203		
		Tailles moyennes et écartypes (mm)	142±3	129±25	154±39	156±15	p=0,04 (*)	
	février	Nb estomacs ouverts	10	10	9	10		
		Taux de vacuité (%)	10	0	0	0		
		Tailles minimales et maximales (mm)	105-175	78-185	115-173	122-200		p=0,68 (ns)
		Tailles moyennes et écartypes (mm)	145±24	143±28	135±18	157±26	p=0,28 (ns)	
	mai	Nb estomacs ouverts	8	10	10	10		
		Taux de vacuité (%)	0	0	0	0		
		Tailles minimales et maximales (mm)	120-200	120-215	114-265	67-213		
		Tailles moyennes et écartypes (mm)	155±29	154±31	156±49	142±40	p=0,82 (ns)	

3.2.2. *Tilapia guineensis*

119 estomacs de *T. guineensis*, de tailles comprises entre 67 et 265 mm, ont été analysés. Il n'y a pas de différence significative des tailles des individus ni entre les saisons (p=0,68), ni entre les stations (février : p=0,28 ; mai : p=0,82) à l'exception du mois d'octobre (p=0,04) (Table 1 ; Figure 3b).

Parmi ces estomacs, seulement deux (2%) étaient vides. Les proies rencontrées dans les estomacs de *T. guineensis*, sont essentiellement des débris végétaux et des diatomées (près de 100%) (Figure 4c, 4d).

3.2.2a. Evolution temporelle des occurrences de proies en aval du barrage

Les occurrences de vase, de débris végétaux et de diatomées ne varient pas de façon importante en fonction des périodes d'échantillonnage en aval du barrage. En revanche, les occurrences d'annélides et de bivalves augmentent progressivement d'octobre (53% et 40%) à mai (78% et 89%) avec des valeurs intermédiaires en février (68% et 53%). Les dinoflagellés et les macroalgues sont absents des estomacs en octobre. Quant aux amphipodes, crabes et crustacés indéterminés, ils n'ont été rencontrés qu'en mai (Figure 4c).

3.2.2b. Evolution temporelle des occurrences de proies en amont du barrage

En amont du barrage, les occurrences de vase et d'annélides augmentent progressivement d'octobre (61% et 35%) à mai (100% et 55%) avec des valeurs intermédiaires en février (79% et 42%). Par contre, celles des débris végétaux et des bivalves diminuent d'octobre à mai (100% et 19% en octobre ; 100% et 16% en février ; 65% et 10% en mai). Dans cette partie du barrage, des isopodes,

des amphipodes et des crustacés indéterminés n'ont été trouvés dans les estomacs qu'au mois de février (Figure 4d).

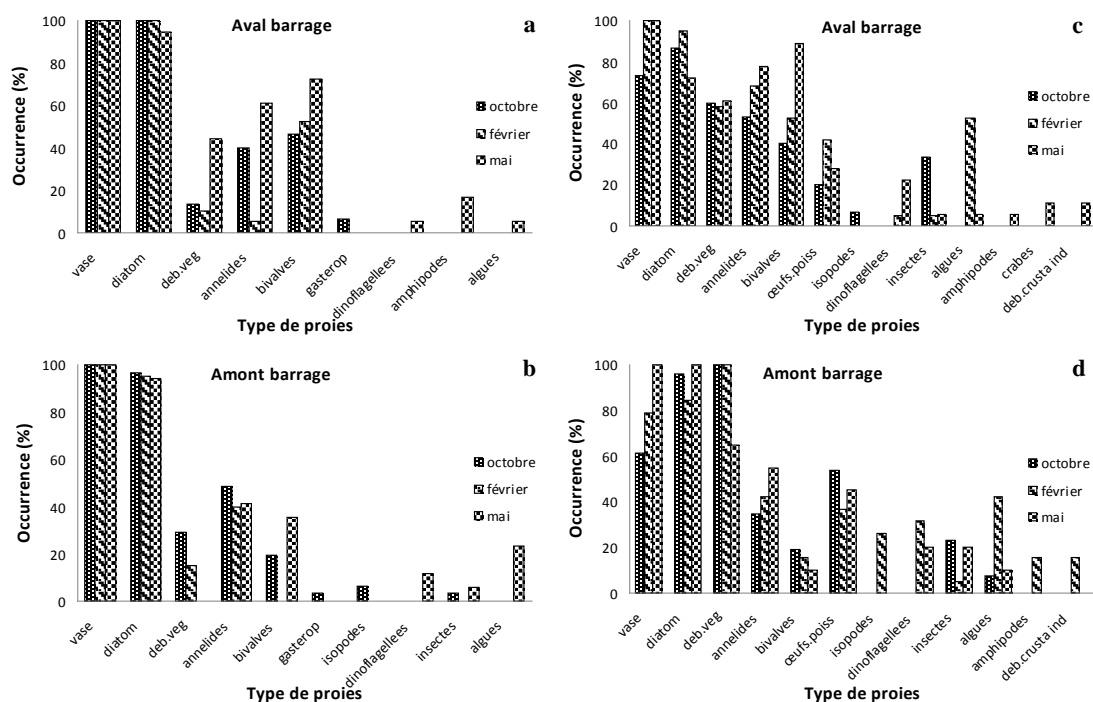


Figure 4. Histogrammes des occurrences moyennes de proies de *Sarotherodon melanotheron heudelotii* (a, b) et de *Tilapia guineensis* (c, d) aux différents périodes d'échantillonnage (octobre 2006 et février et mai 2007) en amont (b et d) et en aval (a et c) du barrage anti-sel de Maka sur le fleuve Casamance. diatom : diatomées ; deb.veg : débris végétaux ; gasterop : gastéropodes ; œufs. poiss : œufs de poisson ; deb. crusta ind : débris de crustacés indéterminés.

3.2.2c. Évolution des occurrences de proies entre l'amont et l'aval du barrage

Les occurrences moyennes de vase (91%), des annélides (67%) et des bivalves (61%) sont plus élevés en aval qu'en amont du barrage (respectivement 80%; 44% ; 15%). A l'inverse, celles des débris végétaux (88%) et des œufs de poissons (45%) sont plus élevées en amont qu'en aval du barrage (respectivement 60% et 30%). La présence des crabes a été notée dans les estomacs des individus en aval du barrage. Par contre, aucun crabe n'a été observé dans ceux des individus capturés en amont du barrage (Figure 4c, 4d).

3.2.3. Comparaison des régimes alimentaires des populations des deux Cichlidae

L'analyse en Composantes Principales (Figure 5) autorise la comparaison des occurrences des proies de *T. guineensis* et de *S. m. heudelotii*, les deux premiers axes représentant 45,5% de l'inertie. Le spectre trophique de *T. guineensis* est plus large que celui de l'autre Cichlidae (Figure 5b). Les résultats de l'ACP montrent également une évolution temporelle du régime alimentaire des espèces. En effet, il existe une différence de régimes alimentaires des deux espèces octobre et février (axe 1) et mai d'octobre et de février (Figure 5c). Une variation du régime alimentaire est également illustrée par l'ACP entre l'amont et l'aval du barrage (Figure 5a). L'axe 2 du plan factoriel différencie la composition du régime alimentaire en amont du barrage (Maka amont et Diana Malari) de celle observée en aval du barrage (Sakar et Maka aval) (Figure 5d).

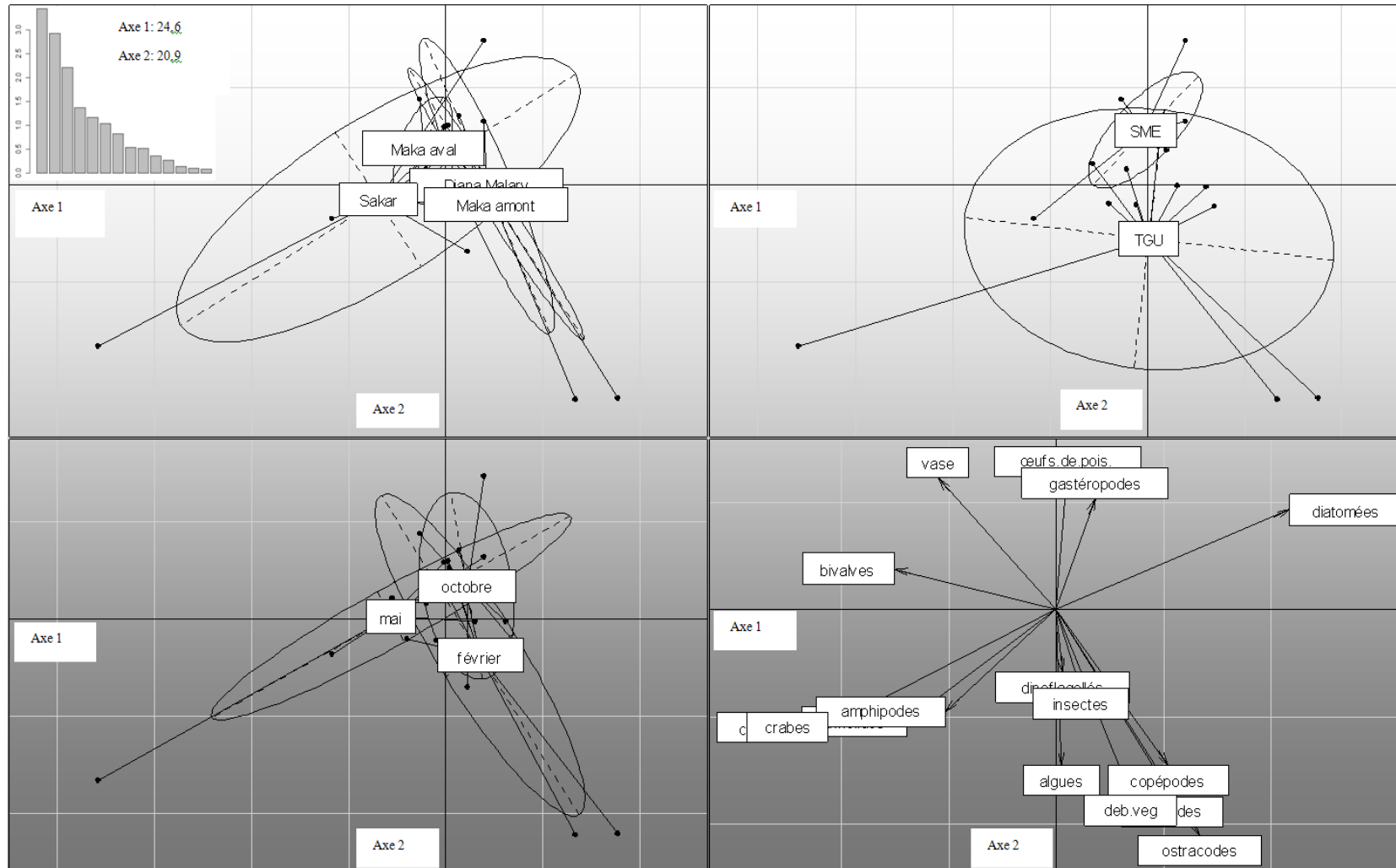


Figure 5. Résultats de l'Analyse en Composantes Principales (ACP) sur les occurrences de proies de *Sarotherodon melanotheron heudelotii* et de *Tilapia guineensis* en amont et en aval du barrage anti-sel de Maka (fleuve Casamance) en octobre 2006 et en février et mai 2007.

4. Discussions

4.1. Salinité et température

Plusieurs études ont été menées sur l'évolution de la salinité dans l'estuaire de la Casamance (Albaret, 1984, 1987 ; Pagès & Debenay, 1987, Mikhailov & Isupova, 2008). Les salinités mesurées en aval du barrage de Maka sont comparables à celles observées au niveau d'estuaires présentant un stress halin élevé ; c'est le cas de l'estuaire sur le Saloum (47-90) (Diouf, 1996 ; Vidy, 2000 ; Panfili *et al.*, 2004a ; Gning *et al.*, 2010). Par contre, les salinités mesurées dans la partie amont du barrage peuvent être rapprochées à celles obtenues par Panfili *et al.* (2004a) à Tendaba, sur le fleuve Gambie, caractérisé par un stress halin nul à faible. Les évolutions spatiales de la salinité s'expliquent par l'influence marine à laquelle la partie aval du barrage est soumise, et de l'obstacle que constitue le barrage au passage de l'eau salée vers l'amont. Par contre, l'évolution temporelle est liée à la saisonnalité ; en effet les apports d'eau douce proviennent des pluies, la salinité augmente donc au fur et à mesure que la saison sèche progresse. Les faibles salinités mesurées en aval du barrage en octobre sont liées à l'évacuation du surplus d'eau douce de l'amont à l'issue de la saison des pluies. Les salinités mesurées en amont du barrage au mois de mai sont la conséquence du passage d'eau salée de la partie aval vers la partie amont suite à une dégradation des écluses du barrage. Les températures plus élevées en octobre et en mai qu'en février, se justifient par le fait que ces deux mois sont situés respectivement en fin d'été et en fin de saison sèche (périodes de fortes températures). Les températures plus élevées à Diana Malary (amont barrage) que dans les autres stations étudiées s'expliquent par la faible profondeur des eaux.

4.2. Régime alimentaire

Les études sur l'évolution du régime alimentaire des Cichlidae dans des situations contrastées sont assez rares (Paugy, 1994 ; Kone & Teugels, 2003 ; Gilles *et al.*, 2008). Les populations de *S. m. heudelotii* et de *T. guineensis* vivant en aval du barrage élargissent leur spectre trophique en augmentant simultanément les prises en bivalves comparées à celles vivant en amont du barrage. De plus, *S. m. heudelotii* tend à ingérer d'avantage de débris végétaux au détriment de la vase lorsque la salinité augmente. Par contre, le phénomène inverse est observé chez *T. guineensis*, qui dispose un spectre trophique plus large. Deux hypothèses non exclusives peuvent expliquer cette diversification du régime alimentaire. D'une part ces Cichlidae augmenteraient leur spectre trophique pour compenser les pertes d'énergie dues au phénomène d'osmorégulation afin d'accomplir leurs activités biologiques. En effet, des phénomènes physiologiques (Bergman *et al.*, 2003) et en particulier la régulation osmotique (Wood *et al.*, 2002) ont été mis en évidence chez des tilapias dans l'adaptation au stress de halin. D'autre part, la plus grande diversité de proies potentielles en aval du barrage expliquerait également cet élargissement du spectre trophique (Champalbert *et al.*, 2007). Ces résultats concordent avec la plupart des travaux menés sur l'impact du gradient de salinité sur les traits de vie d'espèces de poissons en général : en Espagne (Alcaraz & Garcia-Berthou, 2007), en Floride (Bachmann & Rand, 2008), à Taiwan (Chen *et al.*, 2008), en Louisiane (Martin *et al.*, 2009), et sur le régime trophique des Cichlidae en particulier : au Tchad (Lauzanne, 1976), au Nigeria (Fagade, 1971 ; Fagade & Olaniyan, 1973) ; en Côte d'Ivoire, (Kone & Teugels, 2003) (Table 2).

Le nombre d'estomacs vides observés chez les individus des deux espèces étudiées est lié à la proportion importante des captures au filet maillant en octobre. Durant les autres périodes d'échantillonnage, l'épervier a été principalement utilisé. Selon certains auteurs, *T. guineensis* et *S. m. heudelotii* se nourrissent de manière alternée (Fagade, 1971 ; Fagade, 1979 ; Ofori-Danson & Kumi, 2006). Cette étude révèle comme d'autres (Pauly, 1976 ; Fagade, 1979 ; Kone & Teugels, 2003) un rapprochement des régimes alimentaires de ces deux espèces. Cependant, *T. guineensis* est à tendance détritivore (se nourrit de débris de végétaux) alors que *S. m. heudelotii* est plutôt brouteur de vase et de phytoplancton (Ofori-Danson & Kumi, 2006 ; Ndimele *et al.*, 2010). Le spectre trophique de *T. guineensis* plus large que celui de *S. m. heudelotii* concorde avec les résultats des travaux de Fagade (1971). Certains auteurs (Levêque & Paugy, 1999 ; Ofori-Danson & Kumi, 2006, Gilles *et al.*, 2008 ; Gning *et al.*, 2010) ont mis en évidence l'existence de variations ontogéniques du régime alimentaire chez diverses espèces, dont *S. melanotheron* en Afrique de l'Ouest. Dans tous les cas, le protocole adopté au cours de cette étude, consistant à échantillonner toutes les classes de tailles au sein de chaque station et à toutes les périodes d'échantillonnage, n'a pas permis la mise en évidence de l'évolution ontogénique des régimes alimentaires. Ugwumba & Adebisi, (1992) attribuent des

changements saisonniers observés sur le régime alimentaire de *Sarotherodon melanotheron* au Nigeria, aux variations d'abondance des types de proies dans le milieu environnant. Selon Paugy, (1994) dans des conditions extrêmes, les espèces adaptent, dans certaines limites, leur régime alimentaire aux ressources dominantes disponibles. Cependant, des études réalisées sur le fleuve Casamance (Diouf & Diallo, 1987), ont montré qu'il existe une relation entre les variations qualitatives et quantitatives du zooplancton et la salinité. L'abondance du zooplancton diminue lorsque la salinité dépasse 70 (Diouf & Diallo, 1987 ; Debenay *et al.* 1989). De plus, Toumi *et al.* (2005) ont également montré en Tunisie, que la forte salinité a un effet négatif sur l'abondance du zooplancton. Durant notre étude, une salinité moyenne de 75 a été mesurée au mois de mai dans la station de Sakar en aval du barrage, où une plus grande diversité de proie a été rencontrée dans les estomacs des Cichlidae. Tout ceci confirme que les variations du régime alimentaire des espèces entre l'amont et l'aval du barrage et entre les saisons sont liées t aux variations de la salinité de manière directe via la physiologie du poisson et indirecte via la disponibilité des proies. Les œufs observés dans les estomacs des individus de *T. guineensis* pourraient constituer une proie ingérée sous l'effet du stress halin, mais la confirmation de ce fait nécessite de plus profondes investigations. L'incubation buccale par les mâles chez *S. m. heudelotii*, est actuellement un phénomène bien connu (Albaret, 1987 ; Fagade, 1979 ; Legendre & Ecoutin, 1989). Pauly (1976) et Fagade, (1979) considèrent que les œufs trouvés dans des estomacs de *S. m. heudelotii*, ont été avalés lors de la capture des mâles incubateurs. Cependant, la capture des ces individus à des périodes et au niveau des stations les plus salées (en février à Sakar et en mai à Maka aval), mettrait également en évidence un rôle de la salinité dans l'amplification de ce phénomène d'incubation buccale.

Table 2. Synthèse de travaux effectués sur le régime alimentaire de Cichlidae en Afrique de l'ouest.

Espèces	Composition du régime trophique	Localisation	Références
<i>Tilapia melanotheron</i>	Algues filamenteuses, Diatomées, Appendice de crustacées, Copépodes, Gastéropodes, Bivalves, œuf de poissons, Matières organiques indéterminées	Nigeria	Fagade, 1971
<i>Tilapia guineensis</i>	Algues filamenteuses, Débris végétaux, polychètes, Diatomées, Appendice de crustacées, Copépodes, Gastéropodes, Bivalves, œuf de poissons, Matières organiques indéterminées	Nigeria	Fagade, 1971
<i>Tilapia melanotheron</i> , et <i>Tilapia guineensis</i>	Algues filamenteuses, Débris végétaux, Diatomées, Appendice d'Arthropodes	Nigeria	Fagade & Olaniyan, 1973
<i>Tilapia galilaea</i>	Phytoplancton	Tchad	Lauzanne, 1976
<i>Sarotherodon melanotheron</i>	Phytoplancton (Cyanophyceae, Dinophyceae etc...), Zooplancton (Rotifères, Cladocera, Copépodes)	Bia River (Côte d'Ivoire)	Kone & Teugels, 2003
<i>Sarotherodon melanotheron</i>	Cyanophyceae, Chlorophyceae, Rotifères, Cladocera, Bacillariophyceae	Ghana	Ofori-Danson & Kumi, 2006
<i>Sarotherodon melanotheron</i>	Chlorophyta, Bacillariophyta, Cyanophyta, Ochrophyta.	Nigeria	Ndimele <i>et al.</i> , 2010
<i>Sarotherodon melanotheron</i>	Diatomées, Débris végétaux, Annélides, Bivalves, Gastéropodes, Dinoflagellés, Algues, Insectes	Casamance (Sénégal)	Présente étude
<i>Tilapia guineensis</i>	Débris végétaux, Diatomées, Annélides, Bivalves, Gastéropodes, Dinoflagellés, Algues, Insectes, Œufs de poissons, Amphipodes, Crabs, Débris de crustacés indéterminés	Casamance (Sénégal)	Présente étude

5. Conclusions

A travers cette étude, le rôle de la salinité sur les attitudes alimentaires des deux espèces a été clairement mis en évidence, aussi bien à l'échelle spatiale que temporelle. En effet, bien que fondés sur un jeu de données et une période limitées, ces résultats mettent en évidence la « plasticité » du régime alimentaire de ces Cichlidae qui ne sont pas totalement séparées car le barrage est parfois ouvert et les échanges amont-aval possibles. La comparaison des régimes alimentaires de ces espèces montre qu'elles s'adaptent rapidement aux différences de salinité en modifiant leur régime alimentaire. Bien qu'informatif sur le régime alimentaire des espèces, la méthode d'analyse des contenus stomacaux ne renseigne pas sur les aliments déjà assimilés. Donc, il sera intéressant de la combiner dans des études ultérieures, à la méthode d'analyse des isotopes stables de carbone et d'azote.

Remerciements

Toute notre reconnaissance au LBR/UCAD, à l'UR070 RAP/IRD, à la Commission Intergouvernementale Océanographique de l'UNESCO (IOC/UNESCO), au Centre de Recherches Océanographique de Dakar-Thiaroye (CRODT/ISRA), et au LEMAR/IRD de Brest. Remerciement spécial à Hamet D. Diadiou, Justin Kantoussan, Antoine Pariselle, Khady Diop, Arfang Diamanka, à Pierre Lopez pour avoir dessiné les cartes et tous les pêcheurs de la Casamance.

Références

- ALBARET, J.J., 1984. Premières observations sur la faune ichthyologique de la Casamance. *Archives du Centre de Recherches Océanographiques de Dakar-Thiaroye*, 131, 22p.
- ALBARET, J.J., 1987. Les peuplements de poissons de la Casamance (Sénégal) en période de sécheresse. *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*, 20, 291-310.
- ALBARET, J.J., (Ed. LEVEQUE, C., & PAUGY, D). 1999. Les poissons des eaux continentales africaines. Les peuplements des estuaires et des lagunes. *Editions IRD*, Paris, France, 521p.
- ALBARET, J.J., SIMIER, M., DARBOE, F.-S., ECOUTIN, J.-M., RAFFRAY, J., & TITO DE MORAIS, L., 2004. Fish diversity and distribution in the Gambia estuary, West Africa, in relation to environmental variables. *Aquatic Living Resources*, 17, 35-46.
- ALBERGEL, J., BRUNET, D., DUBEE, G., MONTOROI, J.-P., & ZANTE, P., (Ed. KERGREIS, A., & CLAUDE, J.). 1991. Utilisation rationnelle de l'eau des bassins versants en zone aride. Gestion d'un barrage anti-sel en base Casamance (Sénégal). *Editions AUPELF-UREF*, Paris, France, 342p.
- ALCARAZ, C., & GARCIA-BERTHOU, E., 2007. Life history variation of invasive mosquitofish (*Gambusia holbrooki*) along a salinity gradient. *Biological Conservation*, 139, 83-92.
- BACHMAN, P.M., & RAND, G.M., 2008. Effects of salinity on native estuarine fish species in South Florida. *Ecotoxicology*, 17, 591-597.
- BARLETTA, M., BARLETTA-BERGAN, A., SAINT-PAUL, U., & HUBOLD, G., 2005. The role of salinity in structuring the fish assemblages in a tropical estuary. *Journal of Fish Biology*, 66, 45-72.
- BECK, M., HECK, K., ABLE, K., CHILDERS, D., EGGLESTON, D., GILLANDERS, B.M., HALPERN, B., HAYS, C., HOSTINO, K., MINELLO, T.J., ORTH, R., SHERIDAN, P., & WEINSTEIN, M.P. 2001. The role of nearshore ecosystems as fish and shellfish nurseries. *Bioscience*, 51, 633-641.
- BERGMAN, A.N., LAURENT, P., OTIANG'A-OWITI, G., BERGMAN, H.L., WALSH, P.J., WILSON, P.W., & WOOD, C.M., 2003. Physiological adaptations of the gut in the Lake Magadi tilapia, *Alcolapia grahami*, and alkaline- and saline-adapted fish. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 136, 701-715.
- BLABER, S.J.M., 1997. Fish and fisheries of tropical estuaries. *Chapman & Hall*, London, UK, 367p.
- BLABER, S.J.M., 2002. Fish in hot water: the challenges facing fish and fisheries research in tropical estuaries. *Journal of Fish Biology*, 62, 1-20.
- CARMONA-CATOT, G., BENITO, J., & GARCIA-BERTHOU, E., 2011. Comparing latitudinal and upstream-downstream gradients: life history traits of invasive mosquitofish. *Diversity and Distributions*, 17, 214-224.

- CHAMPALBERT G., PAGANO M., SENE P., & CORBIN D., 2007. Relationships between meso- and macrozooplankton communities and hydrology in the Senegal River Estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 74, 381-394.
- CHEN, H.L., SHEN, K.N., CHANG, C.W., LIZUKA, Y., & TZENG, W.N., 2008. Effects of water temperature, salinity and feeding regimes on metamorphosis, growth and otolith Sr:Ca ratios of *Megalops cyprinoides* leptocephali. *Aquatic Biology*, 3, 41-50.
- CHESEL, D., DUFOUR, A.B., & THIOULOUSE, J., 2004. The ade4 package-I- One-table methods. *R News*, 4, 5-10.
- COSTANZA, R., D'ARGE, R., DE GROOT, R., FARBER, S., GRASSO, M., HANNON, B., LIMBURG, K., NAEEM, S., O'NEILL, R.V., PARUELO, J., RASKIN, R.G., SUTTON, P., & VAN DEN BELT, M., 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, 253-260.
- DEBENAY J.P., PAGES J., & DIOUF P.S., 1989. Ecological zonation of the hyperhaline estuary of the Casamance River (Senegal): Foraminifera, zooplankton and abiotic variables. *Hydrobiologia*, 174, 161-176.
- DIOUF, P.S., 1996. Les peuplements de poissons des milieux estuariens de l'Afrique de l'Ouest : l'exemple de l'estuaire hyperhalin du Sine-Saloum. *Biologie des Systèmes Intégrés de l'UM II*, Montpellier, France, 177p.
- DIOUF, P.S., & DIALLO, A., 1987. Variations spatio-temporelles du zooplancton d'un estuaire hyperhalin : la Casamance. *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*, 20(3-4), 257-269.
- DIOUF, K., GUILHAUMON, F., ALIAUME, C., NDIAYE, P., DO CHI, T. & PANFILI, J., 2009. Effects of the environment on fish juvenile growth in West African stressful estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 83, 115-125.
- ELLIOTT, M., WHITFIELD, A.K., POTTER, I.C., BLABER, S.J.M., CYRUS, D.P., NORDLIE, F.G., & HARRISON, T.D., 2007. The guild approach to categorizing estuarine fish assemblages: a global review. *Fish and Fisheries*, 8, 241-268.
- EYESON, K.N., 1983. Stunting and reproduction in pond-reared *Sarotherodon melanotheron*. *Aquaculture*, 31, 257-267.
- FAGADE, S.O., 1971. The food and feeding habits of *Tilapia* species in the Lagos lagoon. *Journal of Fish Biology*, 3, 151-156.
- FAGADE, S.O., 1979. Observations on the biology of two species *Tilapia* from the Lagos lagoon, Nigeria. *Bulletin de l'IFAN*, 11(3), 627-653.
- FAGADE, S.O., & OLANIYAN, C.I.O., 1972. The Biology of the west african shad, *Ethmalosa fimbriata* (Bowdich) in the Lagos lagoon, Nigeria. *Journal of Fish Biology*, 4(4), 519-533.
- FAGADE, S.O., & OLANIYAN, C.I.O., 1973. The food and feeding interrelationship of the fishes in the Lagos lagoon. *Journal of Fish Biology*, 5, 205-225.
- GARCIA, A.M., VIERA, J.P., & WINEMILLER, K.O., 2001. Dynamics of the shallow-water fish assemblage of the Patos Lagoon estuary (Brazil) during cold and warm ENSO episodes. *Journal of Fish Biology*, 59, 1218-1238.
- GILLES, S., LACROIX, G., CORBIN, D., BÂ, N., LUNA, C.I., NANDJUI, J., OUATTARA, A., OUEDRAOGO, O., & LAZZARO, X., 2008. Mutualism between euryhaline tilapia *sarotherodon melanotheron heudelotii* and *Chlorella* sp. -Implications for nano-algal production in warmwater. *Aquacultural Engineering*, 39, 113-121.
- GNING, N., LE LOC'H, F., THIAW, O.T., ALIAUME, C., & VIDY, G., 2010. Estuarine resources use by juvenile Flagfin mojarra (*Eucinostomus melanopterus*) in an inverse tropical estuary (Sine Saloum, Senegal). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 86, 683-691.
- HYSLOP, E.J., 1980. Stomach contents analysis-a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology*, 17, 411-429.
- KONE, T., & TEUGELS, G.G., 1999. Données sur la reproduction d'un tilapia estuarien (*Sarotherodon*

- melanotheron*) isolé dans un lac de barrage ouest-africain. *Aquatic Living Resources*, 12, 289-293.
- KONE, T., & TEUGELS, G.G., 2003. Food habits of brackish water tilapia *Sarotherodon melanotheron* in riverine and lacustrine environments of a West African coastal basin. *Hydrobiologia*, 490, 75-85.
- LAË, R., 1997. Does overfishing lead a decrease in catches and yields? A example of two West African coastal lagoons. *Fisheries Management and Ecology*, 4, 149-164.
- LAUZANNE, L., 1976. Régimes alimentaires et relations trophiques des poissons du lac Tchad. *Cahiers ORSTOM, série Hydrobiologie*, 4(10), 267-310.
- LEGENDRE, M., & ECOUTIN, J.M., 1989. Suitability of brackish water tilapia species from Ivory Coast for lagoon aquaculture. I – Reproduction. *Aquatic Living Resources*, 2, 71-79.
- LEVEQUE, C., & PAUGY, D., (Ed. LEVEQUE, C., & PAUGY, D.). 1999. Les poisons des eaux continentales africaines. Impacts des activités humaines. *Editions IRD*, Paris, France, 521p.
- LE PAPE, O., CHAUVET, F., MAHEVAS, S., LAZURE, P., GUERVAULT, D., & DESAUNAY, Y., 2003. Quantitative description of habitat suitability for the juvenile common sole (*Solea solea*, L.) and contribution of different habitats to the adult population in the Bay of Biscay (France). *Journal of Sea Research*, 50, 139-149.
- LE RESTE, L., (Ed. DOST, H.). 1986. Conséquences sur l'environnement aquatique et la pêche d'un barrage-écluse anti-sel en Casamance (Sénégal). IIIème Symposium International sur les sols sulfatés-acides, 6-11 janvier 1986, Dakar, Sénégal, pp. 202-213.
- MARTIN, S.B., HITCH, A.T., PURCELL, K.M., KLERKS, P.L., & LEBERG, P.L., 2009. Life history variation along a salinity gradient in coastal marshes. *Aquatic Biology*, 8, 15-28.
- MBOW, C., MERTZ, O., DIOUF, A., RASMUSSEN, K., & REENBERG, A., 2008. The history of environmental change and adaptation in eastern Saloum-Senegal-driving forces and perceptions. *Global and Planetary Change*, 64, 210-221.
- MIKHAILOV, V.N., & ISUPOVA, M.V., 2008. Hypersalinization of river estuaries in West Africa. *Water Resources*, 4(35), 387-405.
- NDIMELE, P.E., KUMOLU-JOHNSON, C.A., ALADETOHUN, N.F., & AYORINDE, O.A., 2010. Length-weight relationship, condition factor and dietary composition of *Sarotherodon melanotheron*, Rüppell, 1852 (Pisces: cichlidae) in Ologe Lagoon, Lagos, Nigeria. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 1(4), 584-590.
- OFORI-DANSON, P.K., & KUMI, G.N., 2006. Food and feeding habit of *Sarotherodon melanotheron*, Rüppell, 1852 (Pisces: Cichlidae) in Sakumo lagoon, Ghana. *West African Journal of Applied Ecology*, 10, 21-32.
- PAGES, J., & CITEAU, J., 1990. Rainfall and salinity of a sahelian estuary between 1927 and 1987. *Journal of Hydrology*, 113, 325-341.
- PAGES, J., & DEBENAY, J.P., 1987. Evolution saisonnière de la salinité de la Casamance : Description et essai de modélisation. *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*, 20(3-4), 203-217.
- PANFILI, J., DURAND, J.D., MBOW, A., GUINAND, B., DIOP, K., KANTOUSSAN, J., THIOR, D., THIAW, O.T., ALBARET, J.J., & LAË, R., 2004a. Influence of salinity on life history traits of the bonga shad *Ethmalosa fimbriata* (Pisces, Clupeidae): comparison between the Gambia and Saloum estuaries. *Marine Ecology Progress Series*, 270, 241-257.
- PANFILI, J., MBOW, A., DURAND, J.D., DIOP, K., DIOUF, K., THIOR, D., NDIAYE, P., & LAË, R., 2004b. Influence of salinity on the life-history traits of the West African black-chinned tilapia (*Sarotherodon melanotheron*): Comparison between the Gambia and Saloum estuaries. *Aquatic Living Resources*, 17, 65-74.
- PAUGY, D., 1994. Écologie des poissons tropicaux d'un cours d'eau temporaire (Baoulé, haut bassin du Sénégal au Mali) : adaptation au milieu et plasticité du régime alimentaire. *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*, 27(2), 157-172.
- PAULY, D., 1976. The biology, fishery and potential for aquaculture of *Tilapia melanotheron* in a small

- West African Lagoon. *Aquaculture*, 7, 33-49.
- PETERSON, M., 2003. A conceptual view of environment-habitat production linkages in tidal river estuaries. *Reviews in Fisheries Science*, 11, 291-313.
- PRITCHARD, D.W., (Ed. LAUFF, G-H). 1967. Estuaries. American Association for the advancement of Science. What is an estuary: Physical viewpoint. Washington D.C, USA, 757p.
- RUBEC, P.J., BEXLEY, J.C.W., NORRIS, H., COYNE, M.S., MONACO, M.E., SMITH, S.G., & AULT, J.S., 1999. Suitability modeling to delineate habitat essential to sustainable fisheries. *American Fisheries Society Symposium*, 22, 108-133.
- SAVENIJE, H.H.G., & PAGES, J., 1992. Hypersalinity: a dramatic change in the hydrology of Sahelian estuaries. *Journal of Hydrology*, 135, 157-174.
- SCHEREN, P.A., IBE, A.C., JANSSEN, F.J., & LEMMENS, A.M., 2002. Environmental pollution in the Gulf of Guinea - a regional approach. *Environmental Pollution Bulletin*, 44, 633-641.
- SCHRECK, C.B., CONTRERAS-SANCHEZ, W., & FITZPATRICK, M.S., 2001. Effects of stress on fish reproduction, gamete quality, and progeny. *Aquaculture*, 197, 3-24.
- THIAM, E., & SINGH, V., 2002. Space-time-frequency analysis of rainfall, runoff and temperature in the Casamance River basin, southern Senegal, West Africa. *Water SA*, 28(3), 259-270.
- TOUMI, N., AYADI, H., ABID, O., CARRIAS, J.F., SIME-NGANDO, T., BOUKHRIS, M., & BOUAIN, A., 2005. Zooplankton distribution in four ponds of different salinity: a seasonal study in the solar salterns of Sfax (Tunisia). *Hydrobiologia*, 534, 1-9.
- UGWUMBA, A.A.A., & ADEBISI, A., 1992. The food and feeding ecology of *Sarotherodon melanocheilus* (Ruppell) in a small freshwater reservoir in Ibadan, Nigeria. *Archiv fuer Hydrobiologie*, 124, 367-382.
- VIDY, G., 2000. Estuarine and mangrove systems and the nursery concept: which is which? The case of the Sine-Saloum system (Senegal). *Wetlands Ecology and Management*, 8, 37-51.
- WHITFIELD, A.K., 1999. Ichthyofaunal assemblages in estuaries: a South African case study. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 9, 151-186.
- WHITFIELD, A.K., & ELLIOTT, M., 2002. Fishes as indicators of environmental and ecological changes within estuaries: a review of progress and some suggestions for the future. *Journal of Fish Biology*, 61, 229-250.
- WOOD, C.M., WILSON, P.W., BERGMAN, H.L., BERGMAN, A.N., LAURENT, P., OTIANG'A-OWITI, G., & WALSH, P.J., 2002. Ionoregulatory strategies and the role of urea in the Magadi tilapia (*Alcolapia grahami*). *Revue Canadienne de Zoologie*, 80, 503-515.