

Jour. Ivoir. Océanol. Limnol. Abidjan
Vol. 2 n°2, Décembre 1993 :55-69

**IMPORTANCE DE CERTAINES CARACTERISTIQUES BIOLOGIQUES
DANS LA STRUCTURATION GENETIQUE DES ESPECES DE POISSONS :
LE CAS DE *ETHMALOSA FIMBRIATA* ET *SAROTHERODON MELANOTHERON***

**IMPORTANCE OF SOME BIOLOGICAL CHARACTERISTICS IN GENETIC
STRUCTURATION OF FISHES SPECIES : THE CASE OF *ETHMALOSA FIMBRIATA*
AND *SAROTHERODON MELANOTHERON***

Par

GOURENE A.B., L. POUYAUD et J.F. AGNESE
Centre de Recherches Océanologiques
B.P. V 18 Abidjan (Côte d'Ivoire)
--===ooOoo===--

RESUME

Six populations d'*Ethmalose* et six autres de *Sarotherodon melanothéron* ont été analysées par électrophorèse enzymatique. L'étude de l'intensité du flux génique chez ces deux espèces confirme ce que laisse présager leur biologie à savoir :

- De forts flux géniques chez *Ethmalosa fimbriata* : espèce migratrice à fécondité élevée et à oeufs pélagiques.

- De faibles flux géniques chez *Sarotherodon melanothéron* qui est une espèce sédentaire à faible fécondité et dont les oeufs et les larves sont retenus dans la cavité buccale du mâle.

Mots clés : Polymorphisme enzymatique, Flux géniques, Stratégie de reproduction, Afrique, *Ethmalosa fimbriata* *Sarotherodon melanothéron*.

ABSTRACT

Six populations of *Ethmalosa fimbriata* and six of *Sarotherodon melanothéron* have been analysed using enzymatic electrophoresis. The study of gene flow intensity in these two species indicate that :

- In *Ethmalosa fimbriata* , a migratory species with high fecundity and pelagic eggs, there is a high gene flow between populations (3 Nm 83).

- In *Sarotherodon melanothéron*, a sedentary and mouthbrooder species with low fecundity, there is a low gene flow between populations (1 Nm 4).

Key words : Enzymatic polymorphism, Gene flow, Strategy of reproduction, Africa, *Ethmalosa fimbriata* *Sarotherodon melanothéron*.

INTRODUCTION

Ethmalosa fimbriata (Bowdich, 1825) et *Sarotherodon melanotheron* (Rüppel, 1852) sont deux espèces de poissons lagunaires et estuariens que l'on rencontre sur la côte ouest-africaine respectivement de la Mauritanie à l'Angola (Gourène et Teugels, 1990) et du Sénégal au Zaïre (Teugels et Thys van Den Audenaerde, 1992). Ces poissons font l'objet de pêches intensives. *Sarotherodon melanotheron* est également utilisée pour des essais d'élevage extensif en "acadja-enclos" (Legendre et Ecoutin, 1991). Ces deux espèces ont fait l'objet d'études biologiques (Charles-Dominique, 1982; Albaret et Gerlotto, 1976; N'goran, 1991; Legendre et Ecoutin, 1989; 1991; Longhurst, 1960; Gerlotto, 1976, 1979; Peters, 1963). De ces études, il ressort que l'Ethmalose est une espèce euryhaline et eurytherme qui se reproduit dans des eaux de salinité et de température très variables (3.5 à 35‰ et 22 à 31°C). Sa fécondité est élevée (500 ovocytes/g de femelle mature). La période de reproduction est variable. Les pontes s'observent d'octobre à juin dans la lagune Ebrié en Côte d'Ivoire (Charles-Dominique, 1982) et de janvier à mai au Nigeria (Fagade *et al*, 1972). Les oeufs sont pélagiques. Les adultes effectuent des migrations à travers des milieux aquatiques très différents (lagunes, estuaires, fleuves côtiers et parfois mers). *Sarotherodon melanotheron* est une espèce qui peut vivre et se reproduire dans des eaux dont la salinité varie de 0 à 90 g/l. Sa fécondité est faible. Le nombre d'oeufs est faible (environ 10 ovocytes/g de femelle mature). Très peu de temps après la ponte et la fécondation, le mâle prend les oeufs dans sa cavité buccale pour les incuber. Les oeufs puis les larves sont ainsi retenus jusqu'à la fin de la résorption de la vésicule vitelline. *Sarotherodon melanotheron* est une espèce sédentaire et territoriale.

Dans l'optique d'une meilleure connaissance de l'importance de certaines caractéristiques biologiques dans la structuration génétique des espèces, nous avons étudié les flux géniques interpopulationnels chez *Ethmalosa fimbriata* et *Sarotherodon melanotheron*, deux espèces de poissons présentant des stratégies de reproduction et des aptitudes à la migration différentes.

A priori, la fécondité, la stratégie de reproduction et l'aptitude à la migration de ces deux espèces laissent présager l'existence de flux migratoires forts pour l'Ethmalose et faibles pour *Sarotherodon melanotheron*.

Les résultats de cette étude pourraient être considérés comme un test de validation des mesures indirectes du flux génique par la technique de l'électrophorèse enzymatique.

MATERIEL ET METHODES

Des échantillons représentant six populations pour chaque espèce de poissons et provenant de différentes régions de la côte ouest-africaine (Fig.1 et 2) ont été utilisés au cours de ce travail. Les ethmaloses ont été échantillonnées au large de Dakar (Sénégal), de Conakry (Guinée), d'Adiaké et Abidjan (Côte d'Ivoire) et de Pointe-Noire (Congo). Les échantillonnages de *Sarotherodon melanotheron* ont été effectués dans les lagunes ou les étangs de Dakar, Banjul (Gambie), Forecariah (Guinée) Adiaké, Abidjan et Grand-Lahou (Côte d'Ivoire). Sur chaque poisson le foie, l'oeil et un morceau de muscle blanc sont prélevés et conservés à -20°C. L'étude électrophorétique sur gel d'amidon a été réalisée selon les techniques décrites par Pasteur *et al* (1988) sur des extraits liquides de ces organes obtenus après broyage et centrifugation. Les tableaux 1 et 2 présentent la liste des systèmes enzymatiques recherchés, les tissus et les tampons utilisés dans l'étude du polymorphisme enzymatique de chaque espèce de poisson.

La divergence génétique entre les populations a été évaluée à l'aide de l'indice de distance de Rogers modifiée par Wright (1978). Les distances génétiques ont été traitées par la méthode UPGMA (Unweighted pair-group method analysis) pour construire un arbre de proximité génétique des différents échantillons.

Les flux géniques ont été déterminés à l'aide de l'indice F_{st} de Wright (1931). Dans le cas d'un modèle en îles où toutes les populations sont équivalentes, Wright a montré qu'à l'équilibre on peut estimer simplement le nombre de migrant par génération à partir de la formule : $Nm = (1 - F_{st}) / 4F_{st}$ où N est la taille efficace des populations et m le taux de migration entre populations.

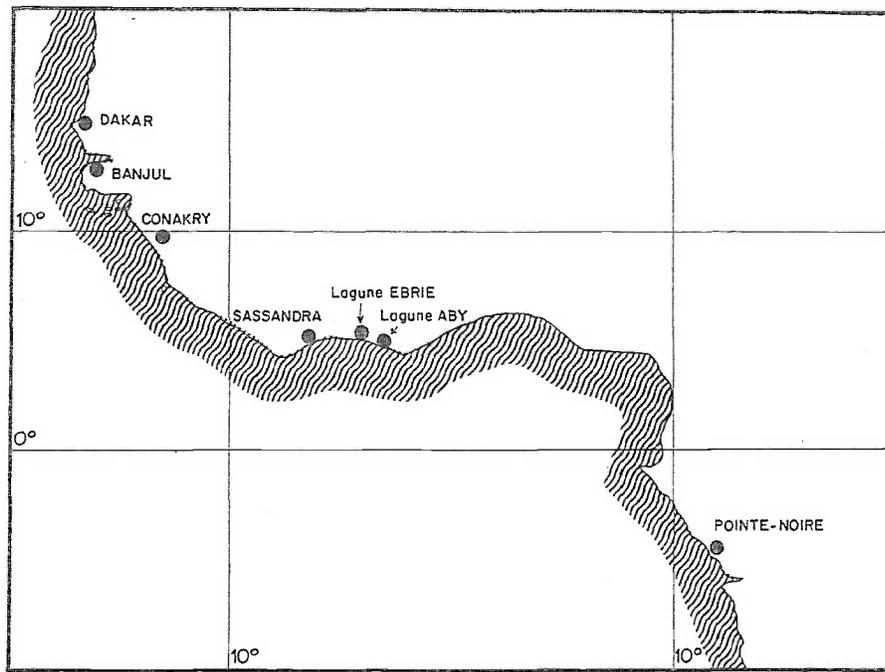


Figure 1 : Distribution géographique et sites d'échantillonnage de *Ethmalosa fimbriata*.
 - Geographic distribution and sampling sites of *Ethmalosa fimbriata*.

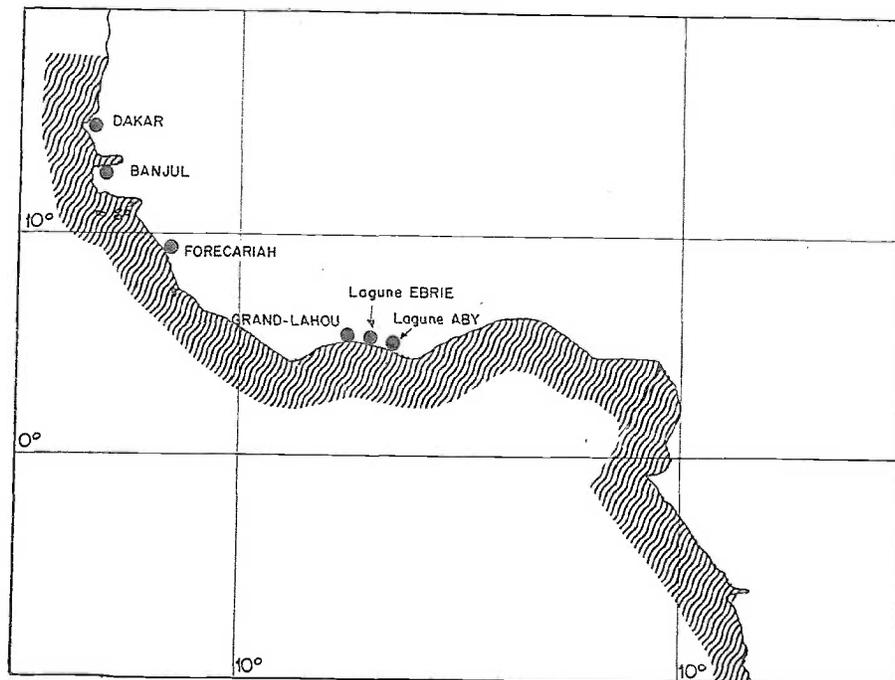


Figure 2 : Distribution géographique et sites d'échantillonnage de *Sarotherodon melanotheron*.
 - Geographic distribution and sampling sites of *Sarotherodon melanotheron*.

Tableau 1 - Liste des systèmes enzymatiques recherchés, des tissus et des tampons utilisés dans l'étude du polymorphisme enzymatique de *Ethmalosa fimbriata*.

- Enzymatic systems, tissues and buffers used in the polymorphism enzymatic study of *Ethmaosa fimbriata*.

SYSTEME ENZYMATIQUE	LOCUS	TISSUS **	TAMPON
Aspartate aminotransferase (EC 2.6.1.1)	<i>AAT-1</i>	F M O	TC 8,0
	<i>AAT-2</i>	F	TC 8,0
	<i>AAT-3</i>	F M	TC 8,0
Alcohol deshydrogenase (EC 1.1.1.1)	<i>ADH</i>	F	MC 1
Adenylate kinase (EC 2.7.4.3)	<i>AK</i>	F M O	TC 8,0
Alkaline phosphatase EC 3.1.3.1)	<i>ALP</i>	F M O	MC 1
Creatine kinase (EC 2.7.3.2)	<i>CK-1</i>	O	TC 8,0
	<i>CK-2</i>	F	TC 8,0
Esterase (EC 3.1.1.1)	<i>EST</i>	F	POULIK 1/2
Fructose biphosphatase (EC 3.1.3.11)	<i>FBP</i>	F M	MC 1
Fumarate hydratase (EC 4.2.1.2)	<i>FH</i>	M	TC 8,0
Glucose 6 phosphate isomerase (EC 5.3.1.9)	<i>GPI</i>	F M	TC 8,0
Iditol deshydrogenase (EC 1.1.1.14)	<i>IDDH</i>		TC 8,0
Isocitrate deshydrogenase (EC 1.1.1.14)	<i>IDHP-1</i>	F M O	TC 8,0
	<i>IDHP-2</i>	F M O	TC 8,0
Lactate deshydrogenase (EC 1.1.1.27)	<i>LDH-1</i>	F M O	TC 8,0
	<i>LDH-2</i>	F M O	TC 8,0
Malate deshydrogenase (EC 1.1.1.37)	<i>MDH-1</i>	F M O	TC 8,0
	<i>MDH-2</i>	F M O	TC 8,0
Manose 6 phosphate deshydrogenase	<i>MPI</i>	M	TC 8,0
Phosphoglyconate deshydrogenase (EC 1.1.1.44)	<i>PGDH</i>	M	TC 8,0
	<i>PGM</i>	M	TC 8,0
Phosphoglucomutase (EC 5.4.2.2)	<i>PGM</i>	M	TC 8,0
Superoxyde dismutase (EC 1.15.1.1)	<i>SOD</i>	F	TC 8,0
Xantine deshydrogenase (EC 1.2.1.37)	<i>XDH</i>	F	MCI

* F : foie ; M : muscle ; O : eil.

** TC 8.0 : Tris-citrate, pH 8.0 ; MC 1 : Amine-citrate pH 6.1

Pour la composition des tampons voir Pasteur *et al.* (1988).

Tableau 2 - Liste des systèmes enzymatiques recherchés, des tissus et des tampons utilisés dans l'étude du polymorphisme enzymatique de *Sarotherodon melanatheron*.

- Enzymatic systems, tissues and buffers used in the polymorphic enzymatic study of *Sarotherodon melanatheron*.

SYSTEME ENZYMATIQUE	LOCUS	TISSUS **	TAMPON
Aspartate aminotransferase (EC 2.6.1.1)	<i>AAT-1</i>	F M O	TC 6,7
	<i>AAT-2</i>	F O	TC 6,7
	<i>AAT-3</i>	F M	TC 6,7
Alcohol deshydrogenase (EC 1.1.1.1)	<i>ADH</i>	F	MC 2
Adenylate kinase (EC 2.7.4.3)	<i>AK-1</i>	M	MC 2
Alkaline phosphatase EC 3.1.3.1)	<i>ALP-1</i>	F	TC 6,7
Creatine kinase (EC 2.7.3.2)	<i>CK-1</i>	M O	MC 2
	<i>CK-2</i>	O	MC 2
Esterase (EC 3.1.1.1)	<i>EST-1</i>	F	POULIK 1/2
	<i>EST-2</i>	O	REW, TEB 8,6
	<i>EST-3</i>	O	TEB 8,6
Fructose biphosphatase (EC 3.1.3.11)	<i>FBP-1</i>	M	MC 2
	<i>FBP-2</i>	F	MC 2
Fumarate hydratase (EC 4.2.1.2)	<i>FH-1</i>	M	MC 2
Glucose 6 phosphate isomerase (EC 5.3.1.9)	<i>GPI-1</i>	M O	RW
	<i>GPI-2</i>	F O	RW
Isocitrate deshydrogenase (EC 1.1.1.14)	<i>IDHP-1</i>	F	MC 2
	<i>IDHP-2</i>	M	MC 2
Lactate deshydrogenase (EC 1.1.1.27)	<i>LDH-1</i>	M O	MC 2
	<i>LDH-2</i>	F M O	MC 2
	<i>LDH-3</i>	O	MC 2
Malate deshydrogenase (EC 1.1.1.37)	<i>MDH-1</i>	M O	MC 2
	<i>MDH-2</i>	F M O	MC 2
Phosphoglucomutase (EC 5.4.2.2)	<i>PGM</i>	M	TEB 8,6
Protéine totale	<i>PROT-1</i>	M	MC 2
	<i>PROT-2</i>	M	MC 2
Superoxyde dismutase (EC 1.15.1.1)	<i>SOD</i>	F	MC 2

* F : foie ; M : muscle ; O : eil.

** TC 6,7 : Tris-citrate pH 6,7 ; TEB : Tris-ethanol-borate pH 8,6 ;
MC 2 : Amine citrate pH 6,1 ; RW : Ridgeway pH 8.

Pour la composition de ces tampons voir Pasteur *et al.* (1988).
Poulik 1/2 pH 8,7 (Poulik, 1957).

Cependant il a été également montré (Chakraborty and Leimar, 1987) que même si ces populations ne sont pas à l'équilibre, cette formule donne une bonne approximation des échanges entre populations car la valeur d'équilibre de F_{st} est rapidement atteinte. Enfin même si les populations ne correspondent pas au modèle en îles cette estimation peut être faite en première analyse.

Les taux d'hétérozygotie ont été calculés à l'aide de la formule $H=2N(1 - \sum P_i^2)/(2N-1)$ où N est le nombre total d'individus (Nei, 1978).

Tous les traitements mathématiques ont été effectués grâce au programme BIOSYS 1 de Swoford (1989).

2 - RESULTATS

2.1. *ETHMALOSA FIMBRIATA*

Le tableau 3 présente les allèles polymorphes observés et leurs fréquences, l'hétérozygotie moyenne (H), la diversité allélique (A) et le taux de polymorphisme (P). Des vingt-quatre locus étudiés, seize se sont révélés monomorphes pour le même allèle dans toutes les populations. Ce sont : *AAT-2*, *AAT-3*, *ALP*, *AK*, *CK-2*, *EST*, *FDP*, *IDHP-1*, *IDHP-2*, *LDH-1*, *LDH-2*, *MDH-1*, *MDH-2*, *MPI*, *6-PGDH* et *XDH*. Huit locus se sont révélés polymorphes dans les populations.

- Dans la population d'Ethmalose de la lagune de Dakar, deux locus sont polymorphes : **GPI** avec les allèles A et B et **SOD** avec les allèles A et C.

- Dans celle de Conakry, les locus **IDDH** et **SOD** présentant les allèles A et C sont polymorphes.

- A Sassandra, les locus **ADH**, **CK-1**, **FH** et **IDDH** ont les allèles A et B; le locus **SOD** les allèles A et C.

- Dans la population de la lagune Ebrié les locus **CK-1** et **PGM** avec les allèles A et B; **IDDH** et **SOD** avec respectivement les allèles A, C et A, B et C sont polymorphes.

- La population de la lagune Aby présente deux locus polymorphes : **IDDH** avec les allèles A, B et C et **SOD** les allèles A et C.

- Dans la population de Pointe-Noire **AAT-1** et **SOD** présentent respectivement les allèles A, B et A, C.

La distribution des génotypes au niveau des locus polymorphes ne diffère pas de celle attendue sous l'hypothèse de l'équilibre de Hardy-Weinberg dans chaque échantillon étudié. Nous pouvons donc considérer ces échantillons comme issues de populations panmictiques.

Le phénogramme (Fig. 3) obtenu à partir de la matrice des distances génétiques (Tab. 4), met en évidence la structuration génétique des populations d'Ethmalose. Ces dernières sont réparties en deux groupes. D'une part les populations des lagunes Aby, Ebrié, de Conakry, Sassandra et Pointe-Noire. Ce sont des populations génétiquement peu différenciées. D'autre part la population de Dakar qui est séparée des autres.

Parmi les huit locus polymorphes (Tab. 5) **ADH**, **SOD** et **IDDH** présentent des F_{st} significativement différents de zéro (test de X^2). Cependant du fait de la taille des échantillons et de la fréquence de l'allèle rare **ADH** ce calcul est biaisé. De plus la distribution des allèles des deux autres locus montre clairement que c'est **SOD** qui représente le grand poids dans la structuration des populations. Les nombres moyens de migrants (N_m) estimés pour ces locus sont faibles (5 à 7 environ) et pourraient rendre compte de la différenciation des populations d'Ethmalose particulièrement celle de Dakar.

Les valeurs précédentes de F_{st} calculées sont celles correspondant au modèle en îles de Wright cependant la distribution géographique des échantillons indique qu'un modèle en stepping-stone (Malécot, 1948 ; Kimura, 1953) est plus vraisemblable. Nous avons donc estimé les F_{st} par paire de populations (Tableau 6). Les F_{st} évalués pour des couples formés par Dakar et chacune des cinq autres populations révèlent des nombres de migrants (N_m) faibles (3 à 8). Par contre les F_{st} déterminés entre les populations de Conakry, Sassandra, Ebrié Aby et Pointe-Noire associées deux à deux révèlent des nombres de migrants plus élevés (11 à 83).

Les flux géniques qui se produisent sont donc bien plus faibles entre Dakar et chacune des autres populations qu'entre ces dernières.

Tableau 3 - Fréquences alléliques des locus polymorphes des six échantillons de *Ethmalosa fimbriata*.

- Allele frequencies of polymorphic loci for samples of *Ethamosa fimbriata*.

Populations	Dakar	Conakry	Sassandra	Ebrié	Aby	Pte-Noire
Locus						
Allèles						
AAT-1						
(N)	22	18	26	54	30	26
A	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98
B	-----	-----	-----	-----	-----	0,02
ADH						
(N)	22	18	26	54	29	26
A	1,00	1,00	0,94	1,00	1,00	1,00
B	-----	-----	0,06	-----	-----	-----
CK-1						
(N)	13	18	26	54	30	26
A	1,00	1,00	0,98	0,99	1,00	1,00
B	-----	-----	0,02	0,01	-----	-----
FH						
(N)	21	18	26	54	30	26
A	1,00	1,00	0,98	1,00	1,00	1,00
B	-----	-----	0,02	-----	-----	-----
GPI						
(N)	21	18	26	54	30	25
A	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
B	0,02	-----	-----	-----	-----	-----
GPM						
(N)	21	18		54	30	26
A	1,00	1,00	1,0026	0,99	1,00	1,00
B	-----	-----	-----	0,01	-----	-----
IDDH						
(N)	13	18	26	54	30	26
A	1,00	0,89	0,98	0,96	0,95	1,00
B	-----	-----	0,02	-----	0,02	-----
C	-----	0,11	-----	0,04	0,03	-----
SOD						
(N)	17	18	26	54	30	26
A	0,97	0,83	0,79	0,85	0,82	0,74
B	-----	-----	-----	0,01	-----	-----
C	0,03	0,17	0,21	0,14	0,18	0,26
H% (obs)	0,4	2,3	2,5	1,2	1,9	1,6
A	1,08	1,08	1,21	1,21	1,13	1,08
P (95%)	0,00	8,33	8,33	4,17	8,33	4,17

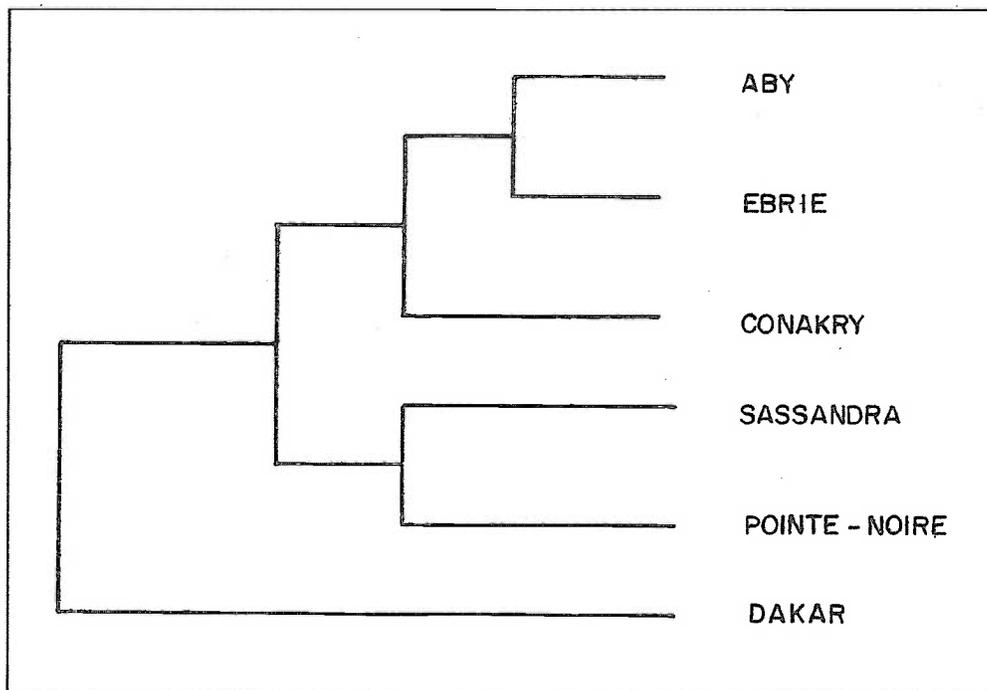


Figure 3 : Phénogramme représentant la répartition des populations de *Ethmalosa fimbriata* en fonction des distances génétiques.

- Phenogram showing the repartition of *Ethmalosa fimbriata* populations constructed from genetic distance values according to the UPGMA method.

2.2. SAROTHERODON MELANOTHERON

Le tableau 7 présente les allèles polymorphes observés, leurs fréquences et divers indices estimant le degré de polymorphisme.

Des vingt-sept locus étudiés seize se sont révélés monomorphes pour le même allèle dans toutes les populations. Ce sont : *AAT-1*, *AK*, *CK-1*, *CK-2*, *EST-2*, *EST-3*, *FBP-1*, *IDHP-1*, *IDHP-2*, *SOD*, *LDH-1*, *LDH-2*, *LDH-3*, *MDH-1*, *MDH-2* et *PROT-2*.

- La population de Dakar a quatre locus polymorphes: *AAT-3*, *ALP*, *EST-1* avec les allèles A et B et *PROT-1* les allèles A, B, C et D.

- Dans celle de Banjul, sept locus sont polymorphes. Parmi ces locus, *AAT-2*, *AAT-3*, *ALP*, *ADH* et *EST-1* présentent les allèles A et B; *GPI-2* les allèles A et C et *PROT-1* les allèles A, B et C.

- La population de Forecariah présente neuf locus polymorphes. *AAT-2*, *ALP*, *ADH*, *EST-1*, *FBP-2*, *GPI-1*, *GPI-2*, *PGM* et *PROT-1*. *GPI-2* avec les allèles A et C; *PROT-1* les allèles A, B et C. Les autres locus se révèlent par les allèles A et B.

- La population de Grand-Lahou a cinq locus polymorphes. *AAT-3*, *ADH*, *EST-1* et *GPI-2* présentent les allèles A et B; *FBP-2* les allèles A et C.

- Celle de la lagune Ebrié présente cinq locus polymorphes. Les locus *ADH*, *EST-1*, *FH* et *GPI-2* se révèlent par les allèles A et B. *PROT-1* présente les allèles B et C.

- Dans la population de la lagune Aby cinq locus présentent une variabilité génétique. Ce sont *AAT-3*, *ADH* et *EST-1* qui ont les allèles A et B; *GPI-2* les allèles A, B et D et *PROT-1* qui se révèle par les allèles A, B, C et D.

Tableau 4 - Matrice des distances génétiques (Distance de Rogers modifiées Wright, 1978) observées entre les différentes populations de *Ethmalosa fimbriata*.

- Estimates of genetic distance (Modified Rogers distance, wright, 1978) between the differents populations of *Ethmalosa fimbriata*.

Populations	1	2	3	4	5	6
1 Dakar	-----	0.045	0.042	0.025	0.033	0.045
2 Conakry		-----	0.027	0.024	0.015	0.029
3 Sassandra			-----	0.022	0.017	0.016
4 Ebrié				-----	0.009	0.024
5 Aby					-----	0.017
6 Pointe-Noire						-----

Tableau 5 - Estimation des Fst de Wright et du nombre de migrants (Nm) par génération pour tous les échantillons de *Ethmalosa fimbriata*. Les astérisques indiquent les valeurs de Fst significativement différentes de zéro pour une probabilité $p < 0.01$ après le test de X^2

- Estimates of wright's Fst and number of migratories (Nm) per generation for all the samples of *Ethmalosa fimbriata*. Asterisks show the values of Fst significantly different from zero for az probability of $p < 0,01$ after X^2 test.

Locus	Fst	Nm
AAT-1	0.015	16.41
ADH	0.051*	4.65
CK-1	0.012	20.58
FH	0.017	14.45
SOD	0.035*	6.89
GPI	0.020	12.25
PGM	0.008	31.00
IDDH	0.044*	5.43
Moyenne	0.036	

Tableau 6 - Estimation des Fst et des Nm entre les populations de *Ethmalosa fimbriata*.

Au-dessus de la diagonale les Fst de Wright, en dessous, les estimations de Nm entre les populations.

- Estimates of Fst and Nm between populations of *Ethmalosa fimbriata*. Above diagonal wright's Fst. Below diagonal estimates of Nm between populations.

Populations	1	2	3	4	5	6
1 Dakar	-----	0.052	0.058	0.032	0.051	0.088
2 Conakry	4.56	-----	0.015	0.009	0.005	0.022
3 Sassandra	4.06	16.41	-----	0.012	0.007	0.006
4 Ebrié	7.56	27.52	20.58	-----	0.003	0.017
5 Aby	4.65	49.75	35.46	83.08	-----	0.009
6 Pointe-Noire	2.59	11.11	41.41	14.41	27.52	-----

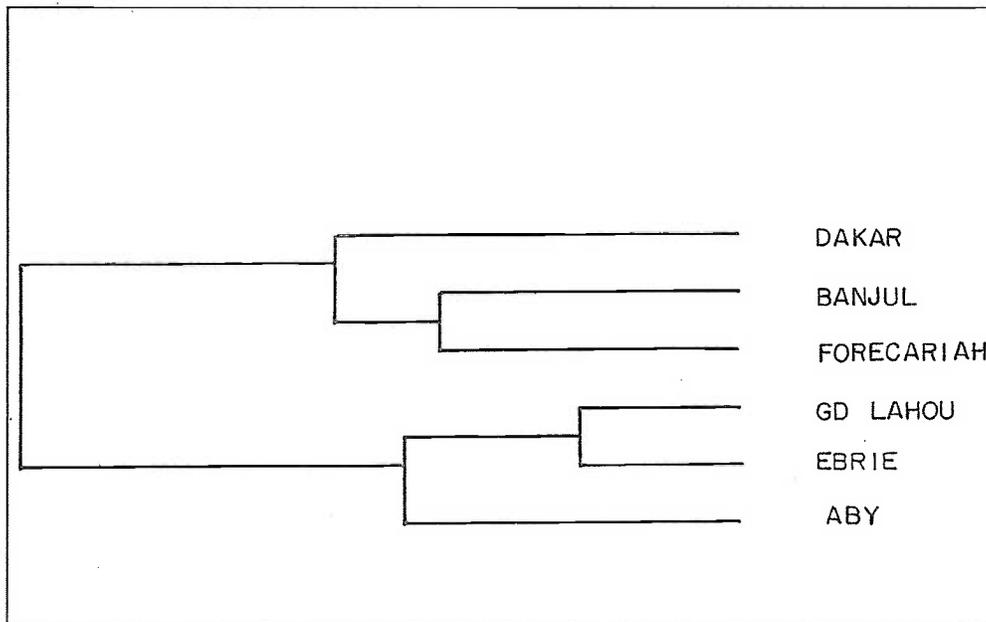


Figure 4 : Phénogramme représentant la répartition des populations de *Sarotherodon melanotheron* en fonction des distances génétiques.
- Phenogram showing the repartition of *Sarotherodon melanotheron* populations constructed from genetic distance values according to the UPGMA method.

Des onze locus polymorphes, AAT-3 dans la population de Grand-Lahou et ADH dans les populations des lagunes Grand-Lahou et Ebrié, présentent une distribution des génotypes différente de celle attendue sous l'hypothèse de l'équilibre de Hardy-Weinberg. Ces écarts sont vraisemblablement dûs à une erreur de lecture; un hétérozygote ayant pu être pris pour un homozygote. Nous considérons ces échantillons comme appartenant à des populations panmictiques.

Comme chez L'Ethmalose, le phénogramme (Fig. 11), établi à partir des distances génétiques (Tab. 8), permet de répartir les six populations de *Sarotherodon melanotheron* étudiées en deux groupes. D'une part les populations de Dakar, Banjul et Forecariah et d'autre part celles des lagunes ivoiriennes.

Sur les onze locus polymorphes (Tab. 9), neuf présentent des F_{st} significativement différents de zéro. Dans le cas de FH, FBP2, GPI-1 et PGM la présence d'allèles rares dans des échantillons de petites tailles rend le calcul de X^2 peu crédible. Il est probable que les valeurs de F_{st} calculées ne soient pas significa-

tivement différentes de zéro du fait des limitations de ce type de test statistique. En revanche, les N_m estimés à partir de des F_{st} des autres locus sont tous inférieurs à 1. A nouveau ces valeurs correspondent à un modèle en îles de Wright. Pour tenir compte de la distribution géographique des populations, nous avons estimé les F_{st} par paire de populations. Contrairement à ce qui s'observe chez l'Ethmalose, Le nombre de migrants échangés par les populations, prises deux à deux, est en général faible (N_m max inférieur à 4). Les flux génétiques sont donc faibles entre les populations de *Sarotherodon melanotheron*. Ils permettent par ailleurs de répartir ces populations en deux groupes. Le groupe I constitué par les populations de Dakar, Banjul et Forecariah qui échangent en moyenne moins d'un migrants par génération avec le groupe II (N_m --inférieur à-- 0.5) composées par celles de Grand-Lahou, Ebrié et Aby. En revanche les échanges intra-groupe sont supérieurs (N_m --SUP-- 0.5) et en général de l'ordre de un à quatre migrants par génération. Cette répartition concorde avec celle faite par le phénogramme.

Tableau 7 - Fréquences alléliques des locus polymorphes dans les six populations de *Sarotherodon melanotheron*.
- Alleles frequencies of polymorphic loci in the six populations of *Sarotherodon melanotheron*

Populations	Dakar	Banjul	Forecariah	Gd-Lahou	Biétry	Aby
Locus						
Allèles						
AAT-2						
(N)	27	32	30	50	44	40
A	1,00	0,97	0,68	----	----	----
B	----	0,03	0,32	1,00	1,00	1,00
AAT 3						
(N)	27	32	30	50	44	40
A	0,50	0,03	----	----	----	----
B	0,50	0,97	1,00	0,95	1,00	0,81
C	----	----	----	0,05	----	0,19
ALP						
(N)	27	32	30	50	44	40
A	0,35	0,56	0,85	1,00	1,00	1,00
B	0,65	0,44	0,15	----	----	----
ADH						
(N)	27	32	30	50	44	40
A	----	0,05	0,02	0,04	0,05	0,01
B	1,00	0,95	0,98	0,96	0,95	0,99
EST-1						
(N)	27	32	30	50	44	40
A	0,35	0,53	0,10	0,11	0,41	0,89
B	0,65	0,47	0,90	0,89	0,59	0,11
FBP-2						
(N)	27	32	30	50	44	40
A	1,00	1,00	0,98	0,96	1,00	1,00
B	----	----	0,02	----	----	----
C	----	----	----	0,04	----	----
FH						
(N)	27	32	30	50	44	40
A	----	----	----	----	0,01	----
B	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	1,00
GPI-1						
(N)	27	32	30	50	44	40
A	1,00	1,00	0,97	1,00	1,00	1,00
B	----	----	0,03	----	----	----
GPI-2						
(N)	27	32	30	50	44	40
A	1,00	0,95	0,98	0,18	0,07	0,03
B	----	----	----	0,82	0,93	0,86
C	----	0,05	0,02	----	----	----
D	----	----	----	----	----	0,11
PGM						
(N)	27	32	30	50	44	40
A	----	----	0,05	----	----	----
B	1,00	1,00	0,95	1,00	1,00	1,00
PROT-1						
(N)	27	32	30	50	44	40
A	0,40	0,01	0,02	----	----	0,03
B	0,52	0,88	0,96	1,00	0,99	0,88
C	0,06	0,02	0,02	----	0,01	0,09
D	0,02	----	----	----	----	----
H% (obs)	0,07	0,05	0,04	0,03	0,02	0,03
A	1,22	1,3	1,37	1,19	1,19	1,26
P (95%)	14,81	11,11	14,81	11,11	7,41	14,81

3 - DISCUSSION ET CONCLUSION

De même que certains clupeidae (Hedgecock *et al*, 1989; Wilson et Alberdi, 1990), *Ethmalosa fimbriata* se caractérise par une faible diversité génétique. Celle-ci est comprise entre 0.4% et 2.3%. Les flux géniques entre les populations de cette espèce sont intenses. *Sarotherodon melanotheron* présente, quant à elle, une plus grande diversité génétique (2% à 7%). Celle-ci est du même ordre que les diversités observées chez de nombreux autres tilapias (McAndrew et Majumdar, 1983; Basiao et Taniguchi, 1984). Il existe par ailleurs de très faibles échanges de matériel génétique entre les populations. L'analyse des fréquences alléliques, des distances génétiques et des F_{st} de Wright ont permis de mettre en évidence deux groupes génétiques correspondant à deux des sous espèces décrites par Trewavas (1983). En effet, les poissons de Dakar, Banjul et Forecariah appartiennent à la sous-espèce *Sarotherodon melanotheron heudelotii* qui se distribue du Sénégal à la Guinée. Ceux des lagunes ivoiriennes appartiennent à la sous espèce *Sarotherodon melano-theron melanotheron* qui se répartit du Libéria au Cameroun.

L'importance du flux génique entre les populations d'une espèce donnée pourrait s'expliquer par la biologie de celle-ci. *Ethmalosa fimbriata* est une espèce dont les individus au moment de la reproduction se retrouvent sur des aires de ponte. Les femelles matures pondent des oeufs en grande quantité. Les oeufs et les larves non protégés par les parents sont pélagiques et dispersés par les courants. Les adultes effectuent

des migrations en bancs. Ces caractéristiques favorisent les échanges de matériels génétiques (nombre de migrants $N_m = 83$ entre Aby et Ebrié). Les flux géniques importants entre les populations tendent à les homogénéiser ce qui explique leur faible différenciation. Des observations analogues ont été faites chez *Solea vulgaris* (Quensel, 1806), une espèce de poissons marins migrateurs à haute dispersion larvaire. Kotulas (1989) a mis en évidence chez cette espèce des flux géniques très importants entre les populations. *Sarotherodon melano-theron* par contre est une espèce dont les individus au moment de la reproduction forment des couples. La fécondité est faible. Les oeufs et les larves sont retenus et protégés par les parents. Les adultes sont sédentaires et territoriaux. Les flux géniques ne sont donc pas favorisés. Il en existe néanmoins de très faibles ($N_{m_{max}} = 3.48$) qui pourraient être dûs aux rares migrations des adultes ou des alevins. Ces flux ne sont pas suffisants pour homogénéiser les populations qui par conséquent ont tendance à se différencier.

Ce travail a permis de vérifier l'hypothèse de départ selon laquelle la fécondité, la stratégie de reproduction et la migration des deux espèces laissent présager l'existence de flux migratoires forts pour *Ethmalosa fimbriata* et faibles pour *Sarotherodon melanotheron*. En effet, les flux géniques se sont révélés forts pour l'*Ethmalose* qui, comme nous l'avons vu, présente des caractéristiques biologiques favorisant les échanges génétiques. Les flux géniques sont très faibles chez *Sarotherodon melanotheron* dont la sédentarité et la stratégie de reproduction défavorisent les échanges de matériel génétique.

Tableau 8 - Matrice des distances génétiques entre les échantillons de *Sarotherodon melanotheron* (Distance de Rogers modifiée Wright, 1978).
- Genetic distance between the samples of *Sarotherodon melanotheron* (Modified Rogers distance, wright 1978).

Populations	1	2	3	4	5	6
1 Dakar	-----	0.125	0.177	0.309	0.318	0.327
2 Banjul		-----	0.116	0.269	0.271	0.279
3 Forecariah			-----	0.207	0.231	0.272
4 Grand-Lahou				-----	0.063	0.156
5 Ebrié					-----	0.102
6 Aby						-----

Au terme de cette étude nous pouvons dire que la fécondité, la stratégie de reproduction et la migration, tout en déterminant l'intensité des flux géniques qui se produisent entre les populations d'une espèce, influencent la structuration de ces dernières. En effet, lorsque ces facteurs favorisent les flux de gènes, les populations ont tendance à s'homogénéiser. Dans le cas contraire, elles ont tendance à diverger. Nous pouvons également dire que la technique de l'électrophorèse enzymatique peut être utilisée comme méthode indirecte de mesure des flux géniques. Cette méthode pourra être utilisée ultérieurement pour des études sur les flux géniques des espèces de poissons ayant un intérêt pour la pêche en Côte-d'Ivoire. Une meilleure connaissance de ces flux permettrait une gestion rationnelle des stocks de poissons.

Tableau 9 - Estimation des Fst de Wright et des Nm pour toutes les populations de *Sarotherodon melanotheron*. Les astérisques indiquent les valeurs de Fst significativement différentes de zéro pour une probabilité $p < 0.05$ après le test de X^2 .

- Estimates of wright's Fst and Nm of all population of *Sarotherodon melanotheron*. Asterisks show the Fst values signicatively different from zero for a probability of $p < 0,05$ after X^2 test.

Locus	Fst	Nm
AAT-2	0.833*	00.05
AAT-3	0.305*	00.569
ADH	0.387*	00.396
ALP	0.012	20.58
EST-1	0.300*	00.583
FBP-2	0.026*	09.365
FH	0.009	27.52
GPI-1	0.028*	08.678
GPI-2	0.749*	00.084
PGM	0.042*	05.702
PROT-1	0.220*	00.886
Moyenne	0.502	

Tableau 10 - Estimation des Fst et des Nm entre les populations de *Sarotherodon melanotheron*.

Au-dessus de la diagonale les Fst de Wright. En dessous l'évaluation des Nm.

- Estimates of Fst and Nm between populations of *Sarotherodon melanotheron*.

Above diagonal wright's Fst. Below diagonal Nn values.

Populations	1	2	3	4	5	6
1 Dakar	-----	0.108	0.211	0.488	0.502	0.495
2 Banjul	2.06	-----	0.119	0.471	0.471	0.4611
3 Forecariah	0.934	1.85	-----	0.380	0.427	0.479
4 Grand-Lahou	0.262	0.281	0.407	-----	0.067	0.276
5 Biétry	0.248	0.281	0.335	3.48	-----	0.142
6 Aby	0.225	0.292	0.272	0.656	1.51	-----

REMERCIEMENTS

Ce travail a été rendu possible grâce au soutien financier de l'ORSTOM, pour les recherches en laboratoire et du GCSBBA (Groupement de Coopération Scientifique Base

Biologique de l'Aquaculture) pour les missions au Sénégal et en Guinée.

Nous remercions Chiky Lounès pour l'aide qu'il nous a portée dans la discussion des résultats.

BIBLIOGRAPHIE

- Albaret, J.J et F. Gerlotto, 1976. Biologie de l'*Ethmalose* (*Ethmalosa fimbriata* Bowdich) en Côte-d'Ivoire. I. Description de la reproduction et des premiers stades larvaires. *Doc. Sci. Cent. Rech. Océanogr.*, Abidjan ORSTOM., 7 (1) : 113-133.
- Basiao, Z.U. et N. Taniguchi, 1984. An investigation of enzyme and other protein polymorphism in Japanese stocks of the tilapias *Oreochromis niloticus* and *Tilapia zillii*. *Aquaculture*, 38 : 335-345.
- Chakraborty, R. and O. Leimar, 1987. Genetic variation within a subdivided population. In *Population genetics and fisheries management*. Eds RYMAN, N. et UTTER.
- Charles-Dominique, E., 1982. Exposé synoptique des données biologiques sur l'*Ethmalose* (*Ethmalosa fimbriata* S Bowdich, 1825) *Rev. Hydrobiol. trop.*, 15 (4) : 373-397.
- Gerlotto, F., 1976. Biologie de *Ethmalosa fimbriata* (Bowdich). Etude de la reproduction et des premiers stades larvaires. *Doc. Sci. Cent. Rech. Océanogr.*, Abidjan, ORSTOM, 7 (2) : 1-27.
- Gerlotto, F., 1979. Biologie de *Ethmalosa fimbriata* (Bowdich) en Côte-d'Ivoire. III Etude des migrations en lagune Ebrié. *Doc. Sci. Cent. Rech. Océanogr.* Abidjan ORSTOM, 10 (2) : 3-41.
- Gourène, G. et G.G. Teugels, 1990. Clupeidae in Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. Tome I. C. Lévêque, D. Paugy et G.G. Teugels (Eds), ORSTOM (Paris) / MRAC (Tervuren) pp.98-111.
- Kimura, M., 1953. "Sepping-stone" model of population. *Ann.rep.Natl.Inst.Genet.Japan* 3 : 62-63.
- Kotulas, G., 1989. Différenciation géographique et structure génétique des populations de *Solea vulgaris*. *Thèse de doctorat d'Etat*. Université des Sciences et Techniques du Languedoc, 138 p.
- Legendre, M. et J.M. Ecoutin, 1989. Suitability of brackishwater tilapia species from Ivory-Coast for lagoon aquaculture. I Reproduction. *Aquat. Living Resour.*, 2 : 71-79.
- Legendre, M. et J.M. Ecoutin, 1991. Aspect de la stratégie de reproduction de *Sarotherodon melanotheron* : Comparaison entre une population naturelle (lagune Ebrié, Côte-d'Ivoire) et différentes populations d'élevage. In *Proceeding of the 3th International Symposium on Tilapia in Aquaculture*, 11-16 nov. 1991, Abidjan, Côte-d'Ivoire. ICLARM/CRO, pp 19 (Provisoire).
- Longhurst, A.R., 1960. Local movements of *Ethmalosa fimbriata* of Sierra Leone from tagging data. *Bull. Inst. Fr. Afr. Noire (A Sci.Nat.)*, 22 (4) : 1337-1340.
- Malécot, G., 1948. les mathématiques de l'hérédité. Paris : Masson et Cie.
- McAndrew, B.J. et K.C. Majumdar, 1983. *Tilapia* stock identification using electrophoretic markers. *Aquaculture*, 30 : 249-261.
- N'goran, Y.N., 1991. Reproduction de *Ethmalosa fimbriata* (Bowdich) en lagune Aby (Côte-d'Ivoire). *J. Ivoir. d'Océanol. et de Limnol.* Abidjan, (1) : 23-32.
- Pasteur, N., G. Pasteur, Bonhomme, F.; Catalan, J. et Britton-Davidian, J., 1988. *Practical Isoenzyme Genetics*, Ellis Horwood Limited (Ed), 215 p.
- Peters, H.M., 1963. Eizal, Eigewicht und Geleheentwicklung in der Gattung Tilapia (Cichlidae, Teleostei). *int. Revue ges. Hydrobiol.*, 48 : 547-576.

- Poulik, M.D., 1975. Starch electrophoresis in a discontinuous system of buffers. *Nature*, 180: 1477.
- Shaklee, J.B.; F.W. Allendorf, D.C. Morizot, et G.S. Whitt, 1989. Genetic Nomenclature for protein. Coding loci in Fish : Proposed Guidelines Transaction of the American Fisheries Society. *Amer. Fish. Soc.*, 118 : 218-227.
- Swofford, D.L. et R.B. Selander, 1989. A fortran Program for the comprehensive analysis of electrophoretic data in populations genetics and systematics. *J. Hered.*, 72 : 282-283.
- Teugels, G.G. et D.F.E. Thys van den Audenaerde, 1992. Cichlidae *In* Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'ouest. Tome II. C. Lévêque, D. Paugy et G.G. Teugels (Eds), ORSTOM (Paris) / MRAC (Tervuren), pp 714-779.
- Trewavas, E., 1983. Tilapine fishes of the genera *Sarotherodon*, *Oreochromis* and *Danakalia*. Natural History, British Museum (London), 583 p.
- Wright, S., 1978. Evolution and genetics of populations. Vol. 4. Variability within and among natural population. Univ. Chicago Press, Chicago., 580p.

* *
*