

REPUBLIQUE DE COTE D'IVOIRE

MINISTERE DE L'AGRICULTURE  
ET DES RESSOURCES ANIMALES

---

DIRECTION DE L'AQUACULTURE ET DES PECHEES

---

PROJET DE DEVELOPPEMENT DE  
L'AQUACULTURE LAGUNAIRE

---

RECHERCHES SUR L'AQUACULTURE DES TILAPIAS  
EN MILIEU LAGUNAIRE

---

Thierry DOUDET

Mai 1991

C. T. F. T. - C. I. R. A. D.

CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL  
Département du CENTRE DE COOPERATION INTERNATIONALE EN RECHERCHE AGRONOMIQUE POUR LE DEVELOPPEMENT

45 bis, avenue de la Belle Gabrielle - 94736 Nogent-sur-Marne - Cedex (FRANCE)

REPUBLIQUE DE COTE D'IVOIRE

MINISTERE DE L'AGRICULTURE  
ET DES RESSOURCES ANIMALES

---

DIRECTION DE L'AQUACULTURE ET DES PECHEES

---

PROJET DE DEVELOPPEMENT DE  
L'AQUACULTURE LAGUNAIRE

---

RECHERCHES SUR L'AQUACULTURE DES TILAPIAS  
EN MILIEU LAGUNAIRE

---

Thierry DOUDET

Mai 1991

C. T. F. T. - C. I. R. A. D.

CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL

Département du CENTRE DE COOPERATION INTERNATIONALE EN RECHERCHE AGRONOMIQUE POUR LE DEVELOPPEMENT

## TABLE DES MATIERES

	pages
<u>SYNTHESE</u> _____	1
 <u>DOCUMENT N° 1</u> : POSSIBILITES D'ELEVAGE D'ESPECES ET D'HYBRIDES D' <i>OREOCHROMIS</i> EN MILIEU SAUMATRE : EXPERIMENTATIONS EN LAGUNE EBRIE (COTE D'IVOIRE) ET REVUE BIBLIOGRAPHIQUE _____	4
INTRODUCTION _____	5
MATERIELS ET METHODES _____	9
RESULTATS _____	17
DISCUSSION _____	21
CONCLUSION _____	30
 <u>DOCUMENT N° 2</u> : ANALYSE DES RESULTATS OBTENUS EN ENCLOS A JACQUEVILLE ET REFLEXIONS SUR LES MORTALITES DE <i>TILAPIAS</i> OBSERVEES A JACQUEVILLE ET ANNA _____	33
1. INTRODUCTION _____	34
2. ANALYSE DES RESULTATS ZOOTECHNIQUES ET DES MORTALITES OBSERVEES A JACQUEVILLE _____	34
3. ANALYSE DES MORTALITES QUI SE PRODUISENT EN ZONE EST-EBRIE EN DEBUT DE SAISON SECHE _____	41
 <u>DOCUMENT N° 3</u> : PHYSIOLOGIE DE L'ADAPTATION DES <i>TILAPIAS OREOCHROMIS NILO-</i> <i>TICUS</i> ET <i>OREOCHROMIS AUREUS</i> A DES EAUX SAUMATRES _____	46
1. INTRODUCTION _____	47
2. PARAMETRES ETUDIES _____	48
3. MATERIEL ET METHODES _____	50
4. RESULTATS _____	51
5. DISCUSSION _____	53
 <u>DOCUMENT N° 4</u> : ANALYSE DES RESULTATS OBTENUS AVEC LES SOUCHES ISRAELIENNES ET EGYPTIENNES DE <i>T. AUREA</i> EN BASSINS A LA STATION D'ANNA ET EN CAGES FLOTTANTES EN LAGUNE AGHIEN _____	66
1. INTRODUCTION _____	67
2. ESSAIS REALISES A LA FERME PILOTE <i>TILAPIA</i> (LAGUNE AGHIEN) AVEC LA SOUCHE ISRAEL DE <i>T. AUREA</i> _____	67
3. COMPARAISON DE LA SOUCHE EGYPTTE ET DE LA SOUCHE ISRAEL ET RESULTATS DE LA SOUCHE EGYPTTE A LA FERME PILOTE <i>TILAPIA</i> _____	72
 <u>DOCUMENT N° 5</u> : BIBLIOGRAPHIE GENERALE _____	76
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES COMPLEMENTAIRES _____	87

## SYNTHESE

Les essais réalisés dans les lagunes saumâtres de Côte d'Ivoire entre 1978 et 1985 avec l'espèce d'eau douce *Tilapia nilotica* (= *Oreochromis niloticus*) et les espèces lagunaires autochtones, *Tilapia heudelotii* (= *Sarotherodon melano-theron*) et *Tilapia guineensis*, ont montré qu'une aquaculture commerciale de ces espèces était inenvisageable compte tenu de leurs médiocres performances zootechniques. Pour tenter de promouvoir l'élevage des tilapias dans ce type de milieu et répondre ainsi aux besoins d'un marché très important, il a paru nécessaire d'envisager, dans le cadre de la 2ème phase du Projet Aquaculture Lagunaire (P.A.L.), un programme de recherches sur ce groupe de poissons.

Plusieurs voies de recherche étaient envisageables, mais il fallait satisfaire à trois critères :

- 1) mettre en place un programme réalisable au sein du P.A.L. et avec l'appui du Centre Piscicole de l'IDESSA,
- 2) effectuer une recherche pouvant déboucher sur des applications en aquaculture intensive,
- 3) concevoir un programme capable d'apporter des résultats en 3 ou 4 ans.

Le plus logique était donc d'orienter l'expérimentation sur un programme de sélection.

Les essais ont démarré fin 1985 et ont concerné un grand nombre d'espèces allochtones du genre *Oreochromis* et d'hybrides obtenus par croisement entre ces espèces. Ils ont été réalisés sur différents sites et dans différentes structures mais en restant en deçà d'une salinité de 15‰, cette valeur correspondant à la salinité maximale des zones lagunaires propices au développement de l'aquaculture. Ces essais ont abouti à la sélection d'une espèce, le *Tilapia aurea* (= *Oreochromis aureus*) en raison de ses performances très supérieures de survie et de croissance.

Le Document n° 1 présente l'ensemble des résultats de ce travail de sélection ainsi qu'une analyse approfondie proposant un certain nombre d'hypothèses explicatives quant aux différences observées entre les données de l'expérimentation et celles de la bibliographie. Parmi les éléments modulateurs de l'adaptation à la salinité, sont notamment cités les stress d'élevage, certains facteurs abiotiques comme la température et la composition ionique du milieu externe et certains facteurs génétiques ou biotiques comme l'origine des souches et la taille des animaux.

A la suite de ce travail de sélection, des expérimentations en vraie grandeur ont été mises en place dans les enclos de la Station de Jacquville à compter

de 1988. Si le premier cycle de production a confirmé les excellentes performances de *T. aurea*, le second cycle a été marqué par de très importantes mortalités ce qui a donc totalement remis en cause la vulgarisation de l'élevage de cette espèce en Lagune Ebrié.

Le Document n° 2 analyse les résultats obtenus à Jacquville et apporte des éléments de réflexion quant aux mortalités observées. Il ressort, en particulier, que la grande sensibilité des poissons aux baisses du taux d'oxygène et aux manipulations serait due à une anémie qui se déclare dès le premier mois après le transfert en eau saumâtre. Deux possibilités peuvent être envisagées :

- 1) soit cette anémie est irréversible et correspond à un signe physiologique (parmi d'autres) du "mal-être" des poissons en eau de lagune,
- 2) soit elle est réversible et il est possible qu'un traitement alimentaire adéquat puisse la corriger.

Le Document n° 2 fait également le bilan des mortalités constatées à la Station d'Anna chaque année au cours du mois de janvier. Les observations effectuées et les conditions environnementales particulières font penser à un problème plus strict d'acclimatation au milieu qui apparaît conditionnée par le couple salinité-température.

Pour savoir quelles sont exactement les capacités d'osmorégulation des souches utilisées, une étude sur la physiologie de l'adaptation à la salinité a été réalisée dans deux laboratoires français. Les résultats de cette étude sont présentés dans le Document n° 3.

D'après les observations effectuées, la morphologie branchiale des tilapias en eau douce ne laisse a priori pas supposer une possibilité d'adaptation à l'eau saumâtre. Toutefois, leur transfert en milieu salé entraîne une modification de cette morphologie. Les structures qui apparaissent sont analogues à celles de poissons de mer et capables de maintenir l'équilibre hydrominéral interne tant que la salinité du milieu extérieur ne dépasse pas un certain seuil qui varie suivant les espèces. Pour les souches provenant directement de Côte d'Ivoire, l'espèce *T. aurea* se montre plus tolérante que l'espèce *T. nilotica*, ce qui confirme les observations faites sur le terrain. La capacité d'adaptation varie significativement en fonction de facteurs biotiques (taille des animaux) ou abiotiques (température de l'eau). L'excellente tolérance à la salinité d'une souche d'*T. nilotica* conservée depuis plusieurs années au laboratoire de l'INRA à Rennes suggère, sous réserve d'une dérive génétique qui reste à vérifier, que les conditions de préadaptation en eau douce, notamment l'état physiologique des animaux et la composition ionique du milieu, jouent un rôle primordial dans la réussite de l'acclimatation à l'eau saumâtre. Celles-ci pourraient influencer sur les taux endogènes de certaines hormones impliquées dans l'osmorégulation en particulier la prolactine dont l'effet inhibiteur sur l'adaptation est mis en évidence.

Le Document n° 4 présente ensuite les résultats obtenus avec 2 souches de *T. aurea*. Les expérimentations rapportées ci-dessus ont en effet été réalisées avec une souche originaire d'Israël. Mais, en 1988, le Centre Piscicole de

l'IDESSA a pu se procurer une autre souche provenant directement d'un lac saumâtre d'Egypte. Les 2 souches ont donc été comparées, d'une part, dans les bassins de la Station d'Anna, et d'autre part, dans les cages flottantes de la Ferme Pilote Tilapia en Lagune Aghien. Si dans les bassins de la Station d'Anna, la souche Israël s'est encore une fois révélée être la plus tolérante au milieu lagunaire, par contre, la souche Egypte a montré une bien meilleure croissance. En Lagune Aghien où les conditions de salinité sont moins contraignantes, les 2 souches ont donné des taux de survie à peu près équivalents mais la souche Egypte a confirmé ses bien meilleures performances de croissance.

Le Document n° 5 donne, pour conclure ce dossier, les références bibliographiques des publications qui ont servi de support à l'ensemble du travail expérimental réalisé.

Sur la base de tous les résultats obtenus, il semble possible de proposer, pour l'avenir, les axes de recherche suivants :

- 1) Poursuite des essais de testage de souches ou d'espèces d'autres provenances (cf. Document n° 1).
- 2) Suivi, en parallèle, de la physico-chimie du milieu lagunaire (dont la composition ionique), de l'état sanitaire des poissons, et d'un certain nombre d'indicateurs physiologiques (hormones impliquées dans l'osmorégulation et le contrôle du stress, paramètres hématologiques et plasmatiques).
- 3) Etude de la réversibilité de l'anémie en transférant des animaux d'eau douce en eau saumâtre puis d'eau saumâtre en eau douce.
- 4) Etude sur la réversibilité de l'anémie par un traitement nutritionnel approprié, par exemple des complémentations minérales et vitaminiques. Ce dernier point constitue à notre avis la seule possibilité d'amélioration directe des conditions de production car les autres facteurs environnementaux ont déjà été largement optimisés (sites, densités, contrôle de la qualité de l'aliment, etc) au cours des expérimentations passées sans produire d'améliorations durables et fiables.

Comme au cours de la phase précédente du P.A.L., ces programmes de recherche devront associer le Projet, le Centre Piscicole de l'IDESSA et le C.R.O. (pour la nutrition), mais il sera sans doute indispensable de faire appel à des laboratoires étrangers soit pour des conseils sur des problèmes ponctuels, soit, plus probablement, pour des analyses d'échantillons.

Sur le plan du développement, la souche Egypte de *T. aurea* doit se substituer à la souche Israël pour l'alevinage des cages situées en Lagune Aghien. Compte tenu des difficultés passées, le P.A.L. a très justement freiné le développement de l'aquaculture des tilapias y compris sur cette lagune. Disposant maintenant d'une souche performante, la promotion de cette activité peut être reprise en Lagune Aghien, mais il faut peut-être envisager la possibilité de regrouper plusieurs éleveurs sur un même site puisque la faible disponibilité en sites constitue maintenant la principale contrainte au développement.

---

**DOCUMENT N° 1**

---

**POSSIBILITES D'ELEVAGE D'ESPECES ET D'HYBRIDES  
D'OREOCHROMIS EN MILIEU SAUMATRE :  
EXPERIMENTATIONS EN LAGUNE EBRIE (COTE D'IVOIRE)  
ET REVUE BIBLIOGRAPHIQUE**

## INTRODUCTION

Le total des captures par la pêche artisanale dans les lagunes ivoiriennes est tombé de 20000 tonnes en 1975 à 12000 tonnes en 1986. Pour la seule lagune Ebrié qui approvisionne l'agglomération abidjanaise (Fig. 1), la régression a été du même ordre puisque les captures ont chuté de 9500 tonnes en 1975 à 5000 tonnes en 1986 (Anon., 1987).

Pour limiter ce déficit, maintenir le tissu économique et social sur le pourtour lagunaire et valoriser les 1500 km<sup>2</sup> de lagune dont elle dispose, la Côte d'Ivoire cherche, depuis quelques années, à promouvoir l'aquaculture et notamment l'élevage des tilapias en lagune Ebrié. Le marché local offre en effet des débouchés importants pour ces poissons qui sont unanimement appréciés quelle que soit leur origine, lagunaire ou continentale. Leur prix de vente qui se situe à mi-chemin entre celui du poisson de mer et celui d'espèces lagunaires nobles telles que *Chrysichthys sp.* ou *Polynemus sp.* (Anon., 1987), permet *a priori* de rentabiliser correctement leur élevage.

Mais le développement de l'aquaculture lagunaire des tilapias s'est jusqu'à présent trouvé limité par l'absence d'espèces performantes en eau saumâtre qu'il s'agisse d'espèces dulcicoles ou lagunaires.

*Oreochromis niloticus*, espèce d'eau douce à croissance rapide ordinairement employée en pisciculture continentale en Côte d'Ivoire, connaît en effet en milieu saumâtre, même oligohalin, de graves problè-

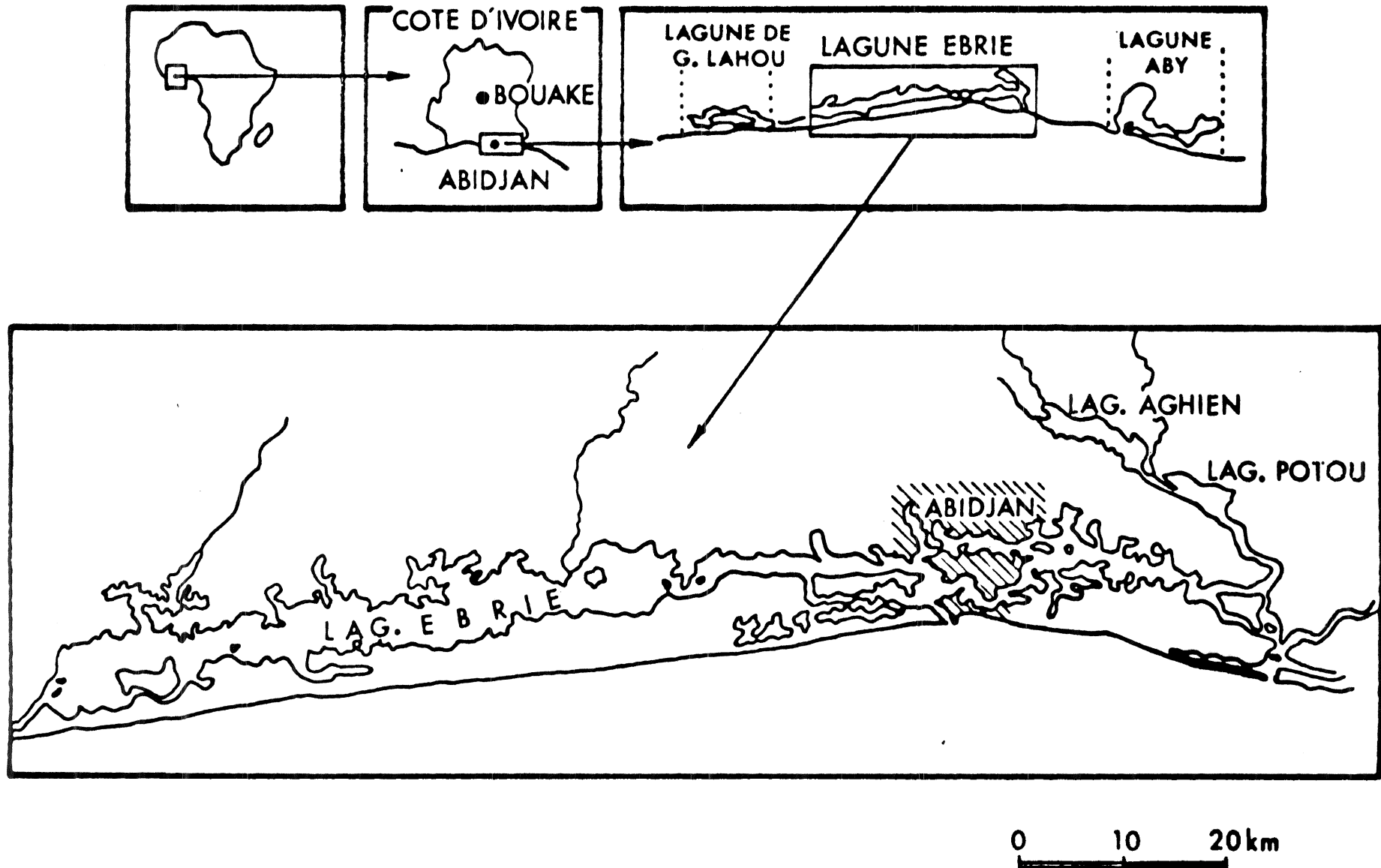


mes pathologiques qui provoquent d'importantes mortalités et interdisent son utilisation (Magnet et Kouassi, 1979 ; Magnet, 1980). Quant aux espèces lagunaires autochtones, *Sarotherodon melanotheron* et *Tilapia guineensis*, leur croissance et leur aptitude à valoriser les aliments artificiels sont trop médiocres pour satisfaire aux critères de rentabilité d'un élevage commercial de type intensif (Doudet et Legendre, 1986 ; Legendre, 1986 ; Legendre *et al.*, 1990).

Un programme de testage comparatif d'espèces et d'hybrides du genre *Oreochromis* a donc été mis en place pour tenter de sélectionner un tilapia pour l'aquaculture dans ce type de milieu. Le taux de survie a été retenu comme premier critère de sélection et la croissance journalière et l'indice de consommation de l'aliment comme critères de sélection annexes car l'élevage intensif en cages flottantes ou en enclos constitue le système de production usuellement développé en lagune.

Les essais se sont déroulés en lagune Ebrié sur les stations d'Anna et de Jacquville du Projet Pilote de Développement de l'Aquaculture Lagunaire (Direction des Pêches) (Fig. 2). Les espèces ont été choisies en fonction des stocks existant sur le Centre Piscicole de l'IDESSA (Institut des Savanes, Bouaké) et de leur aptitude reconnue à tolérer la salinité de milieux saumâtres ou marins. Il s'agit de : *O. aureus* (Cher-

Fig. 1.- Situation géographique de la lagune Ebrié et de ses diverticules Aghien et Potou.



vinski, 1966 ; Chervinski et Yashouv, 1971 ; Payne et Collinson, 1983 ; Al-Amoudi, 1987), *O. mossambicus* (Glucksman et al., 1976 ; Whitfield et Blaber, 1979 ; Foskett et al., 1981 ; Fortes, 1987) et *O. urolepis hornorum* (Bardach et al., 1972 ; Philippart et Ruwet, 1982 ; Payne, 1983 ; Stickney, 1986). Certains hybrides issus de croisements entre ces espèces ont également été testés. Ce sont (espèce ♀ x espèce ♂) :  
*O. niloticus* x *O. u. hornorum*, *O. niloticus* x *O. aureus*,  
*O. mossambicus* x *O. u. hornorum* et *O. mossambicus* x *O. niloticus*. Sauf *O. niloticus* x *O. u. hornorum*, ces hybrides sont réputés pour leur tolérance à la salinité (Liao et Chang, 1983 ; Watanabe et al., 1985 ; Al-Amoudi, 1987 ; Watanabe et al., 1988). Par ailleurs, excepté l'hybridation entre *O. mossambicus* et *O. niloticus*, ces croisements donnent des descendance à forte proportion de mâles (Wohlfarth et al., 1983) ce qui présente un intérêt sur le plan zootechnique puisque la croissance des mâles est généralement très supérieure à celle des femelles.

## MATERIELS ET METHODES

Compte tenu des caractéristiques morphologiques et hydrologiques de la lagune Ebrié, la physico-chimie des eaux, et en particulier la salinité, présente une grande variabilité spatiale et temporelle (Durand et Chantraine, 1982) (Fig. 2).

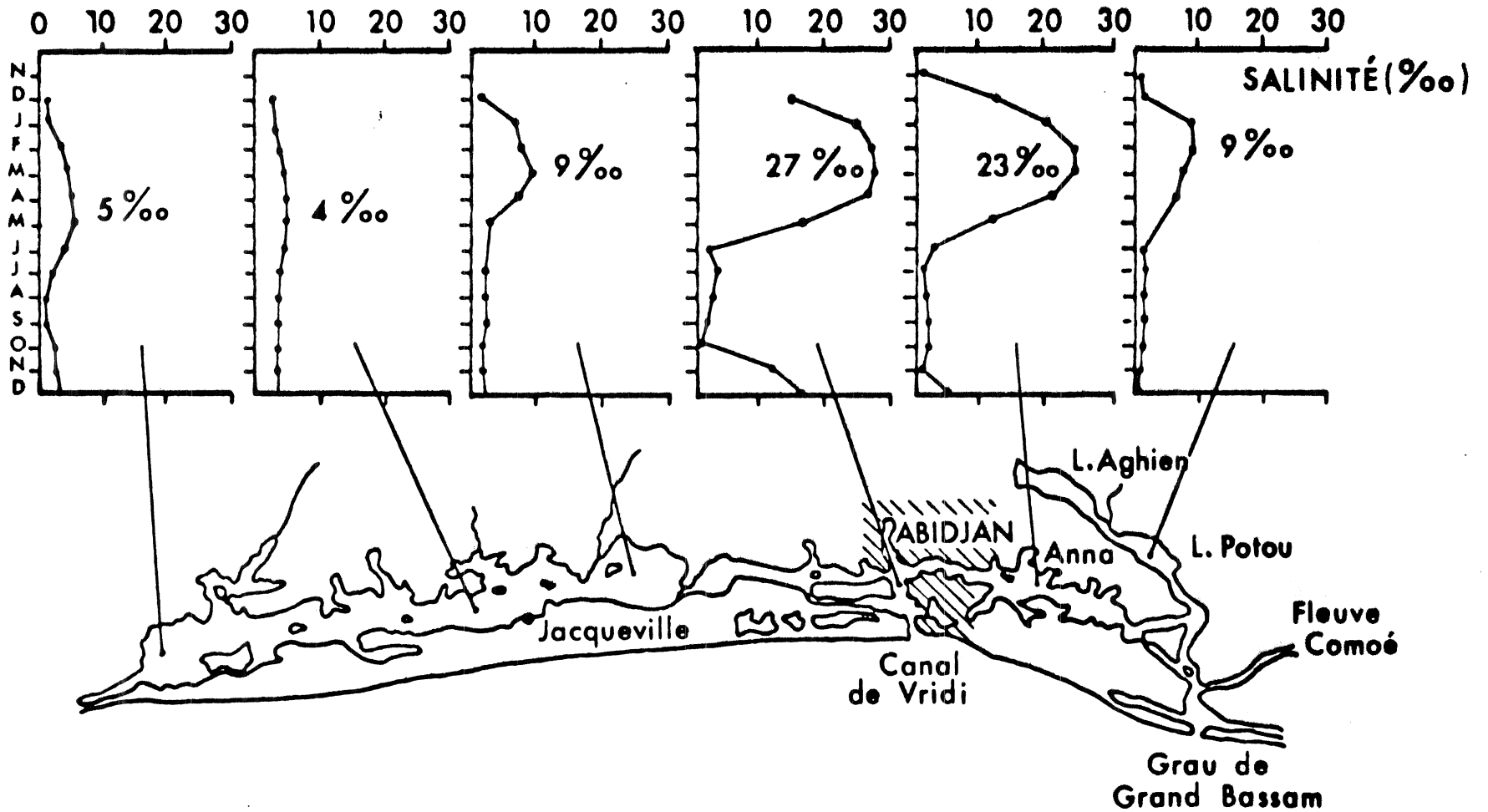
Le secteur centré autour d'Abidjan et du canal portuaire de Vridi et le secteur situé à l'est d'Abidjan sont de type estuarien. On les considère comme impropres à l'installation d'exploitations aquacoles pour deux raisons principales : i) pollution domestique et industrielle de l'agglomération abidjanaise, ii) affluence de végétaux flottants (*Eichornia crassipes*, *Pistia stratiotes* et *Salvinia molesta* ; Guiral, 1991) en période de crues de la Comoë.

Si on excepte la lagune Aghien, dont le caractère continental a constitué pendant longtemps une particularité (1) qui rendait possible l'élevage d'*O. niloticus*, les zones propices au développement de l'aquacul-

---

(1) Cette lagune est redevenue saumâtre après la réouverture en 1987 du grau de Grand Bassam, ancien exutoire naturel de la Comoë avant le percement du canal portuaire de Vridi en 1950 (Albaret et Ecoustin, 1989).

Fig. 2.- Variations annuelles de salinité sur quelques stations représentatives des différents secteurs de la lagune Ebrié (d'après Durand et Chantraine, 1982).



ture sont situées à l'ouest d'Abidjan. Ce sont des zones relativement stables car les apports d'eau douce y sont très réduits (rivières côtières) et l'influence marine très amortie. Les eaux y sont oligohalines à mésohalines avec une salinité maximale de 15‰.

Les essais ont donc été conduits dans des conditions de salinité analogues à celles caractérisant ces zones.

Les souches conservées au Centre Piscicole de l'IDESSA et utilisées pour produire les lots expérimentaux, avaient les origines suivantes :

- . Tihange (Belgique) pour *O. aureus* (souche originaire d'Israël),
- . Maputo (Mozambique) pour *O. mossambicus*,
- . Auburn (USA) pour *O. u. hornorum* (souche probablement originaire de Zanzibar),
- . Bouaké pour *O. niloticus* (souche obtenue au Centre Piscicole de l'IDESSA en croisant un stock originaire du Nil et un stock originaire de la Volta). Cette souche déjà utilisée lors de précédents essais d'élevage en lagune Ebrié (Magnet et Kouassi, 1979 ; Magnet, 1980) a servi de témoin pour cette expérimentation.

Les alevins produits sur le Centre Piscicole de l'IDESSA puis transférés à la station d'Anna, étaient gardés en eau douce pendant trois semaines environ. Les poissons étaient alors sexés pour ne conserver que les mâles de manière à éviter des reproductions au cours des essais et de pouvoir comparer la croissance de lots de même sex-ratio. Les poissons étaient ensuite adaptés progressivement à l'eau de lagune, sur une période d'environ 15 jours, avant d'être dénombrés, pesés et répartis dans les structures expérimentales ou bien avant d'être transférés sur la station de Jacqueville où l'on procédait quelques jours après aux mêmes opérations.

Une série d'essais préliminaires de courte durée (numérotés Ia, Ib et Ic) a d'abord été réalisée pour comparer simultanément les taux de survie des espèces et des hybrides au cours d'une période de montée de salinité jusqu'à 15‰. Seul *O. mossambicus* x *O. niloticus* ne fut pas testé au cours de ces essais, le Centre Piscicole de l'IDESSA ne produisant pas cet hybride au moment où ils furent mis en place. En fonction des résultats obtenus à l'issue de cette série expérimentale, un essai de longue durée (numéroté II) a été réalisé par la suite pour comparer les croissances et les taux de survie d'*O. aureus* et d'*O. niloticus* x *O. aureus*. Enfin, un essai complémentaire (numéroté III) a été effectué pour tester comparativement *O. aureus* et *O. mossambicus* x *O. niloticus*. Les essais Ia, Ib, Ic et III se sont déroulés sur la station d'Anna et l'essai II sur la station de Jacqueville.

Au cours de ces essais, les lots ont été testés séparément pour éviter des comportements d'agressivité entre espèces ou hybrides. Des cages immergées en lagune ont été utilisées pour l'essai Ia et des bassins alimentés en eau de lagune par pompage pour les autres essais. Dans les bassins, le débit d'eau était réglé de manière à assurer un renouvellement toutes les 4 à 5 heures environ. Les données concernant la physico-chimie de l'eau, les caractéristiques des lots et le nombre de répétitions effectuées dans chaque essai sont exposées dans le tableau I. Les variations de salinité de l'eau de lagune en fonction du temps sont représentées dans la Fig. 3.

Faute de pouvoir contrôler la qualité de l'aliment produit localement en début d'expérimentation, et notamment les taux d'aflatoxines, les poissons ont été nourris avec un aliment pour truites au cours des essais préliminaires. Cet aliment, importé d'Europe, dosait 40% de protéines. La ration quotidienne, arbitrairement fixée à 4% du poids vif, était réajustée tous les 15 jours à l'occasion du dénombrement et de la pesée de contrôle.

Par contre, dans les essais II et III, les poissons ont été nourris avec un aliment local titrant 30% de protéines (dont un tiers apporté par la farine de poisson), 6% de matières grasses, 8% de cellulose et 7% de matières minérales. Des granulés de 2 mm ont été utilisés pour le nourrissage jusqu'à 100 g puis des granulés de 4 mm au-delà de 100 g. La ration journalière correspondait approximativement à 4% du poids vif pour des poissons d'un poids moyen individuel de 40 g pour



Tableau I

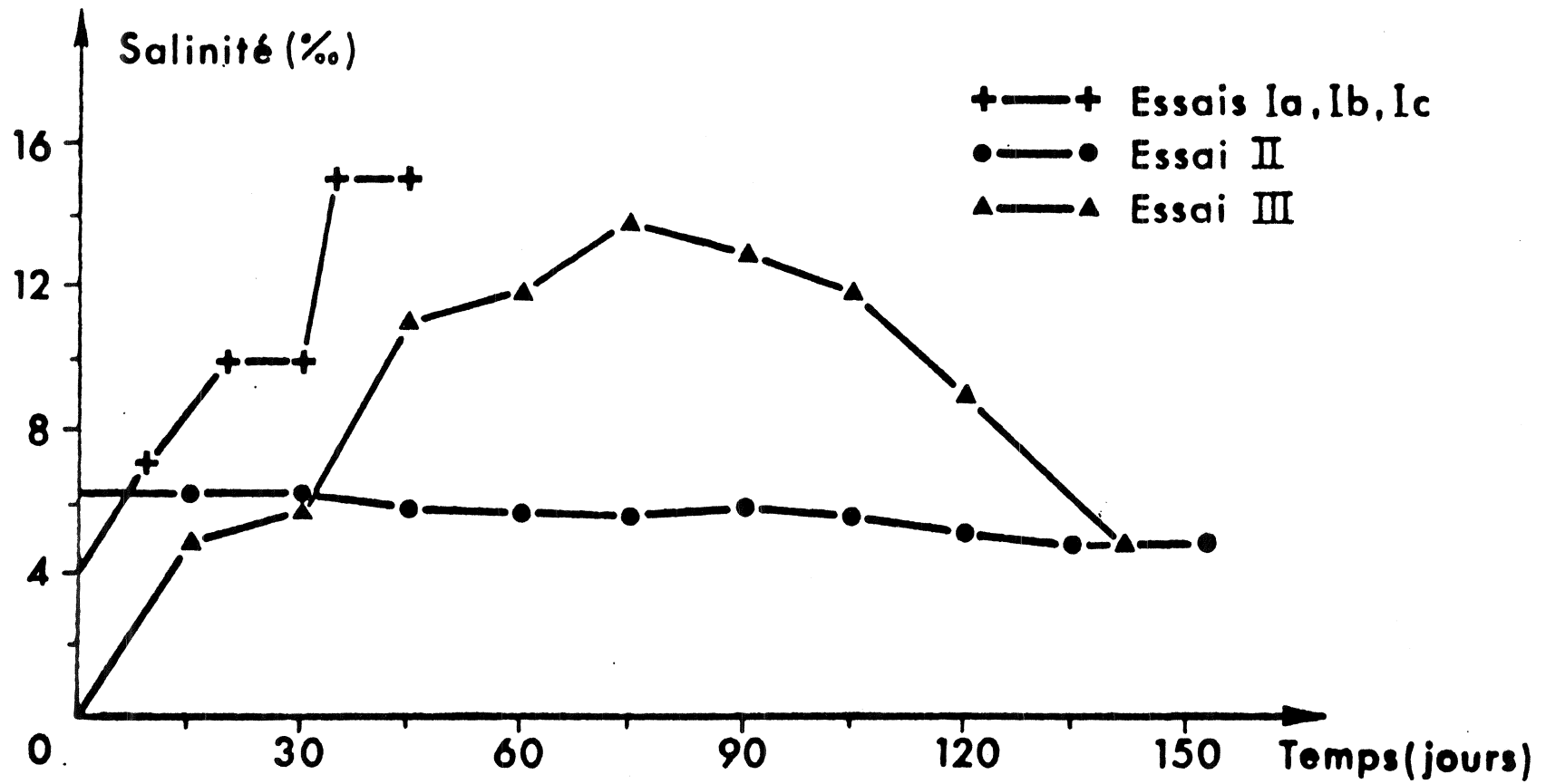
## Données expérimentales

Abréviations utilisées : O.a. pour *O. aureus* ; O.m. pour *O. mossambicus* ; O.n. pour *O. niloticus* ; O.u.h. pour *O. urolepis hornorum* ; et de même pour les hybrides, par exemple O.n. x O.a. pour *O. niloticus* x *O. aureus*.

(\*) sauf pour *O.u. hornorum* et *O. niloticus* x *O.u. hornorum* pour lesquels il n'y a pas eu de répétition dans cet essai.

Numéro de l'essai	Ia	Ib	Ic	II	III
Espèce ou hybride testé (*)	O.a. O.m. O.n. O.n. x O.a. O.m. x O.u.h.	O.m. O.n. O.u.h. O.n. x O.a. O.m. x O.u.h. O.n. x O.u.h.		O.a. O.n. O.n. x O.a.	O.a. O.m. x O.n.
Caractéristiques physico-chimiques de l'eau de lagune : - salinité (‰) - température moyenne (°C) - taux minimum de saturation en oxygène (%) - pH		4 à 15 27 à 29 60 7,3 à 7,8		5 à 6 28 à 30,5 80 6,4 à 6,9	0 à 14 27 à 30,5 70 7,1 à 7,8
Structure de testage	cage de 3 m <sup>3</sup>	bassin de 13 m <sup>3</sup>	bassin de 40 m <sup>3</sup>	bassin de 13 m <sup>3</sup>	bassin de 13 m <sup>3</sup>
Caractéristiques de mise en charge : - effectif initial par cage ou bassin - poids moyen initial (g)	100 40 à 60	100 40 à 60	300 40 à 60	106 30 à 35	80 à 90 135 à 170
Durée de l'essai (jours)	45			153	142
Nombre de répétitions par espèce ou hybride testé	4	2	2 (*)	3	

Fig. 3.- Variations de la salinité de l'eau de lagune au cours des essais.



diminuer progressivement à 2% du poids vif pour un poids moyen de 100 g, à 1,5% pour 150 g puis à 1% au-delà de 200 g. La ration était réajustée tous les mois à l'occasion du dénombrement et de la pesée de contrôle afin qu'à survie identique, tous les lots reçoivent la même quantité de nourriture.

#### Analyse statistique

Etant donné l'absence de répétition pour *O. u. hornorum* et *O. niloticus* x *O. u. hornorum*, les résultats de l'essai Ic ont été analysés par un test de Khi-deux sur les effectifs et comparés par le calcul de l'écart réduit. Pour les autres essais, les résultats ont été interprétés en effectuant une analyse de variance puis un test de Newman et Keuls pour les comparaisons multiples de moyennes ou un test t de Student pour les comparaisons de deux moyennes. Pour ces comparaisons, un seuil de signification de 5% a été retenu. Les données sur les taux de survie ont été traitées après transformation des pourcentages en arc sinus, les effectifs initiaux étant les mêmes ou très voisins. Dans l'essai III, les poids moyens finaux et les croissances individuelles journalières ont été comparées au moyen d'une analyse de covariance afin de tenir compte des différences existant entre les poids moyens initiaux.

**RESULTATS**

## Essais Ia, Ib et Ic (tableau II)

Dans les trois essais, les taux de survie des espèces et des hybrides diffèrent de manière hautement significative ( $P < 0,01$ ). Dans l'essai Ia, le taux de survie d'*O. aureus* est statistiquement identique à celui d'*O. niloticus* x *O. aureus* et à celui d'*O. mossambicus* x *O. u. hornorum*, les taux de survie de ces deux hybrides ne diffèrent pas significativement de celui d'*O. mossambicus*. Par contre, dans les essais Ib et Ic où *O. aureus* n'était pas testé, l'hybride *O. niloticus* x *O. aureus* a un taux de survie supérieur à celui des autres espèces ou hybrides dont *O. mossambicus* x *O. u. hornorum*. Le taux de survie d'*O. mossambicus* x *O. u. hornorum* ne diffère de celui d'*O. mossambicus*, d'*O. u. hornorum* et d'*O. niloticus* x *O. u. hornorum* que dans l'essai Ic. Dans ces trois essais, on constate que le taux de survie d'*O. niloticus* est systématiquement très sensiblement inférieur à celui des autres espèces ou hybrides testés.

## Essais II et III (tableaux III et IV)

Dans l'essai II, le taux de survie d'*O. niloticus* est inférieur à celui d'*O. aureus* et à celui d'*O. niloticus* x *O. aureus* ( $P < 0,05$ ) ; Par contre, l'écart entre le taux de survie d'*O. aureus* et celui d'*O. niloticus* x *O. aureus* n'est pas significatif. Ces résultats confirment donc ceux des essais préliminaires. On remarque, par ailleurs, que les croissances et les indices de consommation (quantité d'aliment distribué/gain de poids) sont identiques pour l'hybride et *O. aureus*, la comparaison avec *O. niloticus* n'étant pas possible pour ces deux paramètres. En effet, malgré le réajustement mensuel des rations, les quantités totales d'aliment distribué par poisson se sont avérées finalement trop dissemblables pour les lots d'*O. niloticus* et pour les autres lots, ceci en raison principalement d'une très grande irrégularité dans les mortalités d'*O. niloticus*.

Dans l'essai III, les taux de survie d'*O. aureus* et d'*O. mossambicus* x *O. niloticus* ne diffèrent pas significativement. Par contre, les croissances et les indices de consommation sont différents avec, à chaque fois, une bien meilleure performance d'*O. aureus*.

Tableau II

Taux de survie, exprimés en pourcentage, des espèces et hybrides d'*Oreochromis* au cours des essais Ia, Ib et Ic. Dans un même essai, les moyennes portant la même lettre en indice ne diffèrent pas significativement ( $P > 0,05$ ).

Abréviations utilisées : voir Tableau I.

Numéro de l'essai	Espèce ou hybride						
	O.a.	O.n.x O.a.	O.m.x O.u.h.	O.m.	O.u.h.	O.n.x O.u.h.	O.n.
Ia	96 <sup>a</sup>	92 <sup>ab</sup>	91 <sup>ab</sup>	86 <sup>b</sup>	-	-	57 <sup>c</sup>
Ib	-	98 <sup>a</sup>	85 <sup>b</sup>	85 <sup>b</sup>	80 <sup>b</sup>	80 <sup>b</sup>	67 <sup>c</sup>
Ic	-	99 <sup>a</sup>	84 <sup>b</sup>	74 <sup>c</sup>	77 <sup>c</sup>	78 <sup>c</sup>	58 <sup>d</sup>

Tableau III

Taux de survie, croissances individuelles journalières et indices de consommation dans l'essai II. Sur une même ligne, les moyennes portant la même lettre en indice ne sont pas significativement différentes ( $P > 0,05$ ).

Abréviations utilisées : voir Tableau I.

Espèce ou hybride	O.a.	O.n.x O.a.	O.n.
Survie (%)	85 <sup>a</sup>	77 <sup>a</sup>	55 <sup>b</sup>
Poids moyen initial (g)	30 <sup>a</sup>	35 <sup>a</sup>	34 <sup>a</sup>
Poids moyen final (g)	269 <sup>a</sup>	279 <sup>a</sup>	293
Croissance individuelle journalière (g.jour <sup>-1</sup> )	1,56 <sup>a</sup>	1,57 <sup>a</sup>	1,69
Indice de consommation	1,32 <sup>a</sup>	1,36 <sup>a</sup>	1,61

Tableau IV

Taux de survie, croissances individuelles journalières et indices de consommation dans l'essai III. Sur une même ligne, les moyennes portant la même lettre en indice ne sont pas significativement différentes ( $P > 0,05$ ).

Abréviations utilisées : voir Tableau I.

Espèce ou hybride	O.a.	O.m. x O.n.
Survie (%)	91 <sup>a</sup>	80 <sup>a</sup>
Poids moyen initial (g)	134 <sup>a</sup>	172 <sup>b</sup>
Poids moyen final (g)	379 <sup>a</sup>	371 <sup>b</sup>
Croissance individuelle journalière (g.jour <sup>-1</sup> )	1,73 <sup>a</sup>	1,41 <sup>b</sup>
Indice de consommation	1,84 <sup>a</sup>	3,10 <sup>b</sup>

## DISCUSSION

### Taux de survie

Compte tenu des résultats obtenus, on peut classer les espèces et les hybrides testés en trois groupes en fonction de leur tolérance au milieu lagunaire saumâtre, dans la limite d'une salinité maximale de 15‰. Le groupe le plus tolérant est constitué par *O. aureus*, *O. niloticus* x *O. aureus* et *O. mossambicus* x *O. niloticus* et le groupe le moins tolérant par une seule espèce, *O. niloticus*. Les espèces *O. mossambicus* et *O. u. hornorum* et les hybrides *O. mossambicus* x *O. hornorum* et *O. niloticus* x *O. u. hornorum* forment un groupe de tolérance intermédiaire.

Concernant le premier groupe, les résultats de cette expérimentation sont globalement conformes aux données de la bibliographie.

Chervinski (1966) et Chervinski et Yashouv (1971) soulignent, par exemple, les bonnes performances d'*O. aureus* en milieu salé. Al-Amoudi (1987) considère même que l'adaptation rapide d'*O. aureus* à l'eau de mer et sa survie à un transfert direct d'eau douce en eau à 25‰ de salinité en font une espèce intéressante pour l'aquaculture marine.

Cette appréciation doit cependant être modulée car les essais de grossissement en eau de mer effectués avec *O. aureus* par Chervinski et Zorn (1974) et par Hopkins *et al.* (1988) donnent des taux de survie voisins de 55% qui prouvent qu'en élevage, cette espèce supporte mal une salinité aussi élevée que celle de l'eau de mer. Chez l'hybride



rouge de Taïwan issu originellement d'un croisement entre *O. mossambicus* et *O. niloticus*, Liao et Chang (1983) obtiennent des taux de survie semblables en eau douce, en eau saumâtre à 17‰ et en eau de mer, la sensibilité des poissons aux manipulations et aux attaques par des crustacés parasites étant toutefois plus grande en eau de mer. Si les travaux de Watanabe et al. (1985) confirment également chez l'hybride F1 *O. mossambicus* x *O. niloticus* une excellente tolérance à la salinité, ils montrent aussi, d'après le temps moyen de survie mesuré après transfert direct d'eau douce en eau de mer, que la capacité d'adaptation de cet hybride à la salinité est supérieure à celle d' *O. aureus*, ce que ne reflètent pas les résultats de l'essai III soit à cause d'une salinité plus faible soit pour d'autres raisons qui sont discutées plus loin. Les observations d'Al-Amoudi (1987), indiquant pour *O. niloticus* x *O. aureus* un temps d'acclimatation à l'eau de mer plus proche de celui d'*O. niloticus* (8 jours) que de celui d'*O. aureus* (4 jours), semblent également être en contradiction avec les résultats de la présente étude. Toutefois, d'après ce même auteur, le transfert direct en eau à 21‰ de salinité induit une augmentation de la pression osmotique plasmatique plus importante chez *O. niloticus* que chez *O. niloticus* x *O. aureus*, ce qui témoigne de potentialités d'adaptation à la salinité plus fortes chez l'hybride que chez *O. niloticus*.

Les expérimentations en laboratoire de Watanabe et al. (1985) évoquées précédemment, et les observations de Payne et Collinson (1983)

sur les tilapias du Delta du Nil montrent d'ailleurs qu'*O. niloticus* est indubitablement une des espèces les moins tolérantes à la salinité. Payne et Collinson (1983) estiment notamment que des salinités de 5 à 7‰ constituent une limite supérieure à la survie de cette espèce en milieu naturel. On retrouve dans nos résultats à la fois cette moindre tolérance d'*O. niloticus*, comparativement à d'autres espèces ou à d'autres hybrides, mais aussi ces difficultés d'acclimatation à des milieux même faiblement salés si on en juge par le taux de survie de 55% relevé au cours de l'essai II dans lequel la salinité n'excédait pas 6‰. Ce taux de survie, très moyen, ainsi que les signes de septicémie nécro-hémorragique que nous avons pu constater sur les poissons concordent avec les observations de Magnet et Kouassi (1979) et de Magnet (1980) faites en lagune Ebrié et avec celles relevées dans des élevages d'*O. niloticus* en eau saumâtre par Morissens et al. (1986) et Fortes (1987) respectivement dans des enclos en lagune au Bénin et dans des étangs aux Philippines. Ces septicémies sont associées systématiquement à la bactérie *Aeromonas hydrophyla* dont nous avons pu montrer par ailleurs le faible pouvoir pathogène vis-à-vis de poissons sains, tout au moins pour la souche d'*A. hydrophyla* isolée (Doudet, résultats non publiés). Ceci exclut que les infections à *A. hydrophyla* puissent être la cause primitive des mortalités comme cela avait tout d'abord été supposé (Magnet, 1980) et suggère au contraire que ce germe se développe de manière opportuniste sur des poissons affaiblis en raison de leurs difficultés d'acclimatation au milieu lagunaire.

Si pour *O. niloticus* et le groupe constitué par *O. aureus*, *O. niloticus* x *O. aureus* et *O. mossambicus* x *O. niloticus*, nos résultats coïncident bien avec les données de la bibliographie, il n'en est pas de même pour les espèces et les hybrides classés comme moyennement tolérants à l'eau saumâtre par cette expérimentation, en particulier *O. mossambicus*.

De nombreux travaux sur la physiologie de l'adaptation de cette espèce à la salinité témoignent en effet de son euryhalinité (Potts et al., 1967 ; Assem et Hanke, 1979 ; Foskett et al., 1981 ; Jurss et al., 1984), ce qu'attestent aussi des études effectuées en milieu naturel et la pratique de son élevage en eau saumâtre. Ainsi Whitfield et Blaber (1979) indiquent qu'*O. mossambicus* est capable de supporter les salinités de 0 à 120 ‰ des lagunes du sud-est de l'Afrique d'où elle est originaire et Glucksman et al. (1976) et Lobel (1980) signalent la colonisation de biotopes saumâtres et marins par cette espèce à la suite de son introduction dans des eaux douces. En aquaculture, elle est couramment utilisée dans des étangs saumâtres aux Philippines, soit en monoculture, soit en polyculture en association avec *Chanos chanos* ou certains prédateurs marins (Fortes, 1987).

L'espèce *O. u. hornorum* est également donnée comme euryhaline par Bardach et al. (1972) et Philippart et Ruwet (1982). Il semble toutefois que la distribution de cette espèce en fonction de la salinité dans son milieu naturel d'origine n'ait pas été précisément étudiée (Payne, 1983). On manque également d'information en ce qui concerne

les capacités d'adaptation à la salinité des hybrides

*O. niloticus* x *O. u. hornorum* et *O. mossambicus* x *O. u. hornorum*.

Néanmoins, pour l'hybride rouge de Floride issu d'un croisement entre *O. mossambicus* et *O. u. hornorum*, Watanabe et al. (1988) ont obtenu des survies au moins aussi bonnes en eau de mer qu'en eau douce. Si une hypothèse explicative de ce résultat est l'euryhalinité d'*O. mossambicus*, il est clair qu'*O. u. hornorum* confère aussi à ses hybrides une certaine tolérance à l'eau saumâtre comme en témoignent les résultats obtenus avec *O. niloticus* x *O. u. hornorum* au cours des essais Ib et Ic. (on remarquera d'ailleurs qu'en règle générale, le taux de survie des hybrides issus de croisements avec *O. niloticus* est plus proche de celui de l'espèce parentale tolérante à la salinité que de celui d'*O. niloticus* ; tableaux II et III).

Les contradictions trouvées entre les données bibliographiques et nos propres résultats peuvent avoir de multiples explications. On peut penser, par exemple, qu'en élevage où la salinité constitue un facteur de stress parmi d'autres, l'expérimentation fournit des réponses différentes de celles qu'on obtient en étudiant le comportement des espèces en milieu naturel. On peut également s'attendre à certaines divergences lorsque les comparaisons sont faites avec des expériences de laboratoire où la salinité est la seule variable étudiée. On sait, en effet, que certains facteurs environnementaux, en particulier la température, font varier l'adaptabilité à la salinité. Ainsi, Whitfield et Blaber (1976) ont montré que la tolérance à la salinité de *Tilapia rendalli* est maximale entre 20 et 28°C et selon Watanabe et al. (1985), *O. nilo-*

*ticus* et *O. aureus* s'adaptent mieux à la salinité entre 19 et 24°C qu'entre 24 et 31°C. La composition ionique du milieu externe pourrait être un autre facteur modulateur de l'acclimatation à la salinité. En effet, d'après Pora (1960 et 1969), la présence des espèces dans les milieux saumâtres ne serait pas seulement fonction de leur capacité à supporter une certaine pression osmotique externe, déterminée par la salinité totale, mais serait aussi liée aux rapports ioniques prévalant dans ces milieux. Ceci pourrait expliquer que, toutes conditions égales par ailleurs, les résultats obtenus en eau de mer diluée ne soient pas obligatoirement répétables aux eaux saumâtres, mélanges d'eau océanique et d'eau continentale de composition ionique variée. Il est également possible que les conditions de préadaptation en eau douce, et notamment la composition ionique de celle-ci, puissent jouer un rôle déterminant sur l'acclimatation lors du transfert en eau salée. Ainsi, les travaux d'Avella et al. (1987) réalisés sur *Oncorhynchus mykiss* ont montré qu'en eau douce, la teneur en calcium avait une influence sur l'abondance et la forme des cellules à chlorure de l'épithélium branchial. Ceci suggère que les modifications structurales de l'épithélium branchial après transfert en eau de mer, en particulier l'apparition de cellules à chlorure interlamellaires puis leur réorganisation, pourraient se faire plus ou moins facilement suivant la morphologie initiale acquise par cet épithélium en eau douce.

Mais des facteurs génétiques ou biotiques peuvent aussi faire varier l'adaptabilité d'une espèce à la salinité. Pora (1960) et Kiener (1978) ont montré, respectivement chez *Leander squilla* et *Aphianus fas-*

*ciatus*, qu'il existait de nombreuses populations inféodées à des biotopes caractérisés par des salinités (des compositions ioniques) différentes. Kiener (1978) utilise d'ailleurs, pour désigner ces populations, les termes de "race écologique" ou de "race physiologique" empruntés à Ancona (1962) et Muus (1967). L'existence d'une telle variabilité génétique intraspécifique concernant la tolérance à la salinité et pouvant expliquer des variations dans les résultats en fonction de la provenance géographique des lots utilisés, n'a pas encore été démontrée chez les tilapias. Cette hypothèse a simplement été évoquée par Chervinski (1982) à propos des données contradictoires relevées dans la littérature sur la salinité maximale à laquelle se reproduit *O. mossambicus*. Par contre, l'influence de facteurs biotiques et précisément du poids corporel sur l'adaptation à la salinité, établie notamment chez les truites (Boeuf et Harache, 1982), a été mise en évidence chez les tilapias par Watanabe et al. (1985) et par Perschbacher et Mc Geachin (1988).

### Croissance

A notre connaissance, aucune étude n'a eu pour objectif de tester simultanément les croissances d'*O. mossambicus* x *O. niloticus*, *O. niloticus* x *O. aureus* et *O. aureus* en eau saumâtre, ce qui ne permet pas d'établir directement un parallèle avec les résultats de cette expérimentation. On trouve cependant dans la littérature, d'une part, certaines informations sur leurs croissances respectives en eau

douce et en eau salée, et, d'autre part, des résultats d'expérimentations faites en eau douce pour tester les performances d'*O. niloticus* x *O. aureus* vis-à-vis de celles d'*O. niloticus* et d'*O. aureus*.

Concernant les comparaisons eau douce - eau salée, Chervinski et Yashouv (1971), par exemple, considèrent que la croissance d'*O. aureus* est équivalente en eau douce et en eau de mer. Chez l'hybride rouge *O. mossambicus*/*O. niloticus*, Liao et Chang (1983) observent qu'en élevage mixte la croissance est plus rapide en eau saumâtre à 17‰ et en eau de mer qu'en eau douce, ce qu'ils expliquent par une inhibition des comportements reproducteurs aux fortes salinités. D'après les résultats de l'essai II, on peut également constater que la croissance reste très correcte pour *O. niloticus* en dépit d'un taux de survie très médiocre (tableau III). Selon ces observations, on pourrait donc penser que la croissance ne se trouve pas modifiée par la salinité. En fait, d'après Payne (1983) et Payne *et al.* (1988), le taux d'accroissement en poids vif ne serait pas un bon critère d'évaluation de la croissance en eau salée car la rétention d'eau par le poisson aurait tendance à augmenter avec la salinité. Ils conseillent donc d'utiliser le taux d'accroissement en poids sec et montrent qu'en transférant des lots de poissons dans des eaux à différentes salinités, ce taux se maintient voire augmente jusqu'à un certain seuil de salinité pour diminuer ensuite. Ce seuil, variable suivant les espèces et les hybrides, est de 6‰ pour *O. niloticus* x *O. aureus*.

En ce qui concerne les comparaisons entre hybrides et espèces parentales, certains résultats ont parfois été cités pour témoigner de l'existence d'un effet de vigueur chez les hybrides interspécifiques de tilapias (Avault et Shell, 1968 ; Pruginin, 1968) bien qu'on considère généralement que la croissance des hybrides interspécifiques est intermédiaire entre celles des espèces parentales ou au mieux égale à celle de l'espèce parentale la plus performante (Chevassus, 1983). D'après Pruginin et al. (1975), des conditions d'élevage différentes (notamment la densité), et des effets de bassin ou surtout d'étang (lorsque les tests sont conduits dans des structures séparées) pourraient être à l'origine de confusions dans l'interprétation de ces résultats. Il est probable que la proportion généralement plus importante de mâles dans les populations hybrides que dans les populations issues de croisements intraspécifiques, soit aussi à l'origine de certaines erreurs dans la mesure où le taux de croissance des mâles et celui des femelles ne sont pas différenciés. En comparant des populations mâles en eau douce, Pruginin et al. (1975) montrent d'ailleurs que la croissance de l'hybride *O. niloticus* x *O. aureus* est semblable à celle de ses deux espèces parentales. Apparemment, ceci reste vrai en eau saumâtre pour *O. niloticus* x *O. aureus* et *O. aureus* tout au moins dans les conditions de la présente expérimentation. On peut remarquer également qu'en appliquant un traitement identique pour ce qui concerne les rations alimentaires, on obtient des indices de consommation très semblables avec cet hybride et avec cette espèce.



## CONCLUSION

Cette expérimentation à caractère zootechnique offre l'intérêt de fournir des informations immédiates sur les possibilités d'utilisation des différentes espèces et des différents hybrides pour l'aquaculture en milieu lagunaire saumâtre. Elle conduit finalement à faire un choix entre *O. aureus*, *O. niloticus* x *O. aureus* et *O. mossambicus* x *O. niloticus* dont les taux de survie sont comparables et supérieurs à ceux des autres espèces ou hybrides testés.

L'hybride *O. mossambicus* x *O. niloticus* peut être facilement éliminé de ce choix compte tenu de sa moins bonne croissance et de sa moins bonne capacité à valoriser les aliments. En outre, comme l'hybride *O. mossambicus* x *O. u. hornorum*, il hérite de la couleur sombre d'*O. mossambicus* qui peut le discréditer sur le plan commercial. Par ailleurs, les croisements entre *O. mossambicus* et *O. niloticus* réalisés sur le Centre Piscicole de l'IDESSA donnent des descendance au sex-ratio voisin de 1 : 1 ce qui ne confère aucun intérêt particulier à cette hybridation.

Il en est de même pour l'hybride *O. niloticus* x *O. aureus* pour lequel on trouve entre 55 et 98% de mâles dans les populations produites sur le Centre Piscicole de l'IDESSA (contre 100% invariablement dans les

hybridations entre *O. mossambicus* et *O. u. hornorum* ou entre *O. niloticus* et *O. u. hornorum*). Une telle variabilité, également rapportée par Pruginin *et al.* (1975) et par Wohfarth *et al.* (1983), a souvent été expliquée par une absence de pureté génétique chez les souches parentales due à des croisements non contrôlés entre hybrides et parents notamment lorsque les stocks sont conservés en étangs. Mais Majumdar et Mc Andrew (1983), en croisant des souches du Lac Manzalla (Egypte) considérées comme génétiquement pures (Payne et Collinson, 1983) ont aussi obtenu entre 65 et 85% de mâles dans les populations hybrides. Pour Pruginin *et al.* (1975), ce pourcentage varierait de manière individuelle en fonction des géniteurs femelles d'*O. niloticus* utilisés.

Quoiqu'il en soit, la production d'hybrides *O. niloticus* x *O. aureus* exige une gestion des stocks parentaux en station d'alevinage beaucoup plus rigoureuse que dans le cas d'une production monospécifique d'*O. aureus*. C'est pourquoi, à égalité des performances, l'utilisation d'*O. aureus* paraît plus recommandable car elle reste compatible avec le niveau de développement de l'aquaculture artisanale en Côte d'Ivoire. Toutefois, avant d'envisager un programme de développement de cette espèce, il reste à évaluer la faisabilité bio-technique et économique de son élevage dans le cadre d'expérimentations en vraie grandeur.

La présente étude pourrait également être poursuivie en testant d'autres tilapias ayant prouvé ailleurs leur bonne tolérance à la salinité et montré des performances satisfaisantes en eau saumâtre ou en eau

de mer comme certains hybrides rouges (Liao et Chang, 1983 ; Watanabe et al., 1988) ou *Oreochromis spilurus* (Al-Ahmad et al., 1988 ; Cruz et al., 1990). Toutefois, outre les risques écologiques et pathologiques liés à l'importation de nouvelles espèces ou de nouveaux hybrides, ces résultats ne seraient pas forcément reproductibles car, comme nous l'avons vu, de nombreux facteurs peuvent influencer sur l'acclimatation des poissons à un milieu saumâtre. Il semble plus utile dans un premier temps de compléter cette étude par un travail de laboratoire sur la physiologie de l'adaptation aux salinités modérées. Ceci pourrait mettre en évidence des différences entre les espèces et les hybrides en ce qui concerne leur capacité à osmoréguler et expliquer éventuellement les résultats obtenus en lagune. Réalisé avec les mêmes souches, ce travail pourrait concerner tout d'abord *O. aureus* et *O. niloticus* compte tenu de leurs taux de survie très dissemblables en milieu lagunaire.

---

**DOCUMENT N° 2**

---

**ANALYSE DES RESULTATS OBTENUS EN ENCLOS A JACQUEVILLE  
ET REFLEXIONS SUR LES MORTALITES DE TILAPIAS OBSERVEES  
A JACQUEVILLE ET ANNA**

## 1. INTRODUCTION

L'ensemble du travail de sélection qui a pu être réalisé entre 1985 et 1987 sur ou à partir de la Station d'Anna, a conduit à retenir préférentiellement *Tilapia aurea* (= *Oreochromis aureus*) parmi toutes les espèces ou tous les hybrides qui ont été testés. En effet, cette espèce, et plus précisément la souche israélienne qui était alors la seule disponible, s'est révélée la plus tolérante et la plus performante en milieu saumâtre (cf. Document n° 1).

À la suite de ce travail effectué à l'échelon expérimental, des essais en vraie grandeur ont été mis en place avec *T. aurea* dans les enclos de la Station de Jacquville. Les alevins étaient produits et prégressés sur eau douce de forage à la Station d'Anna et adaptés à une salinité correspondante à celle de Jacquville pendant 2 à 3 semaines environ avant d'être livrés. Il convient de rappeler ici qu'aucune pathologie, y compris d'origine alimentaire, n'a jamais été constatée au cours de la phase de production en eau douce.

Deux cycles de production successifs ont été réalisés sur la Station de Jacquville. Le premier a fourni d'excellents résultats alors que le second a été marqué par des taux de mortalités très importants.

Le premier chapitre de ce document analyse les résultats obtenus et propose un certain nombre d'hypothèses explicatives quant aux mortalités observées au cours de ces essais à Jacquville.

Le second chapitre concerne les mortalités massives qui se produisent chaque année systématiquement au cours du mois de janvier dans la partie Est de la Lagune Ebrié et donc notamment à la Station d'Anna.

Nous avons tenu en effet à scinder cette réflexion en deux parties en étudiant d'abord les causes de mortalités à Jacquville puis celles des mortalités se produisant à Anna car, comme on le verra, les deux phénomènes ne peuvent pas *a priori* être assimilés l'un à l'autre. Les facteurs hydroclimatiques sont fondamentalement différents dans les deux zones et les tableaux cliniques ne sont pas identiques dans les deux cas.

## 2. ANALYSE DES RESULTATS ZOOTECHNIQUES ET DES MORTALITES OBSERVEES A JACQUEVILLE

La Station de Jacquville est située dans la partie Ouest de la Lagune Ebrié dans une zone relativement stable car les apports d'eau douce y sont très réduits (rivières côtières) et l'influence marine très amortie. La salinité est donc pratiquement constante et modérée tout au long de l'année puisqu'elle reste comprise entre 6 et 10‰. Rappelons que l'ensemble des essais de sélection qui ont abouti au choix de *T. aurea* a été conduit jusqu'à une salinité de 15‰.

Le premier cycle de production a été réalisé d'avril à octobre 1988 et le second cycle d'octobre 1988 à avril 1989. Pour chacun de ces deux cycles, nous

avons utilisé une demi-douzaine d'enclos de 200 m<sup>2</sup>, structure habituellement employée pour le prégrossissement des alevins de machoiron. Nous avons volontairement limité les densités à l'alevinage à 8 à 10 poissons/m<sup>2</sup> pour rester dans des conditions environnementales (particulièrement de charge biotique) optimales.

u premier cycle de production, on peut retenir les excellents résultats suivants :

- survies comprises entre 92 à 97% (aux disparitions près) ;
- facteur de conversion de l'aliment égal à 2,5, alors que les niveaux de rationnement n'avaient pas encore été optimisés ;
- croissance exceptionnelle permettant d'obtenir, à partir d'alevins de 40 g, des mâles de 500 g et des femelles de 360 g en moins de 200 jours (fig. 1).

Toutefois, certains problèmes ont été mis en évidence parmi lesquels :

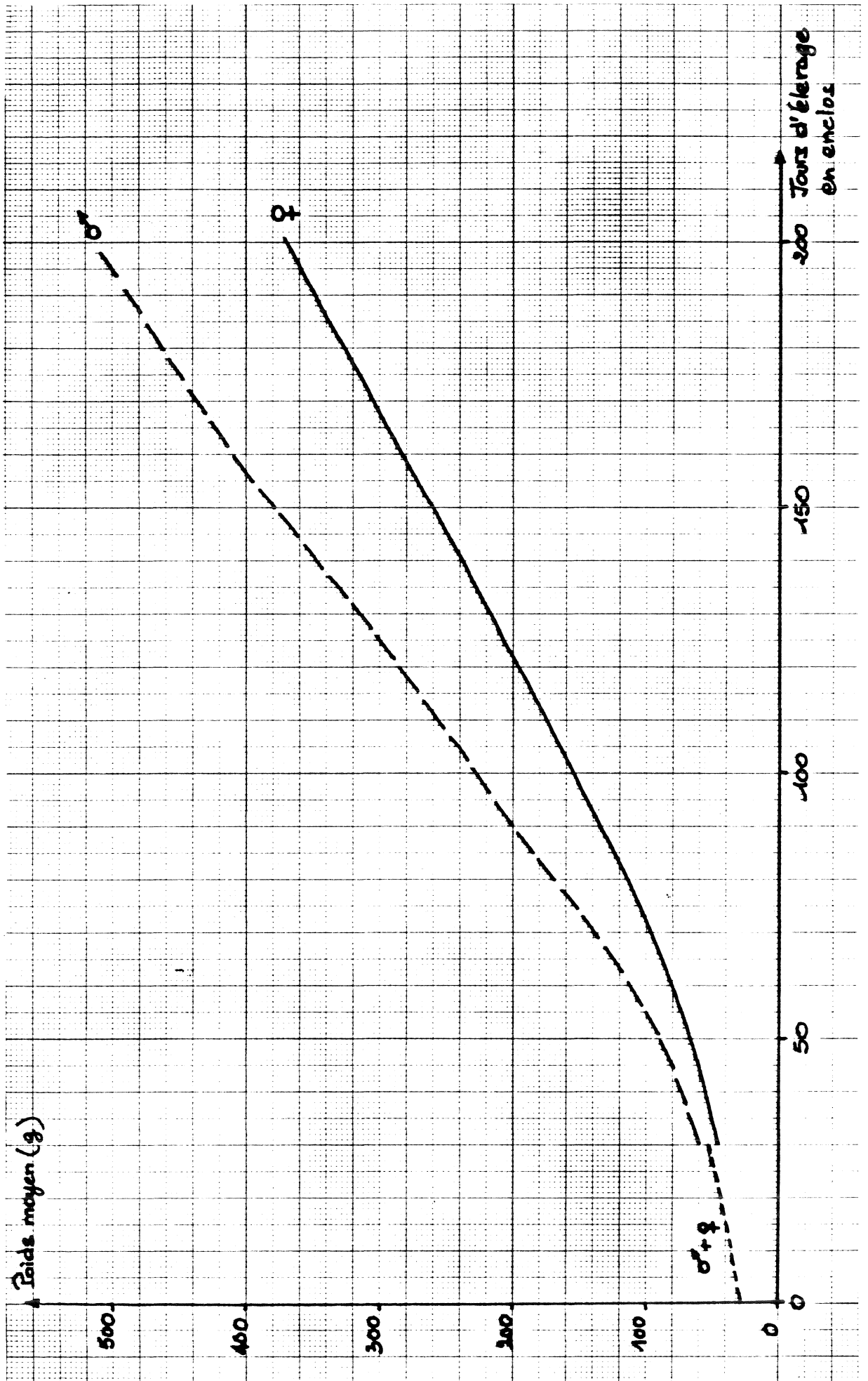
- des cataractes bilatérales accompagnées de mélanisme et de baisse des performances de croissance - cette pathologie qui touche 10 à 15% des populations apparaît au cours du 2ème mois d'élevage en enclos ;
- une assez grande sensibilité des poissons aux manipulations (fragilité capillaire branchiale et perte d'écaillés).

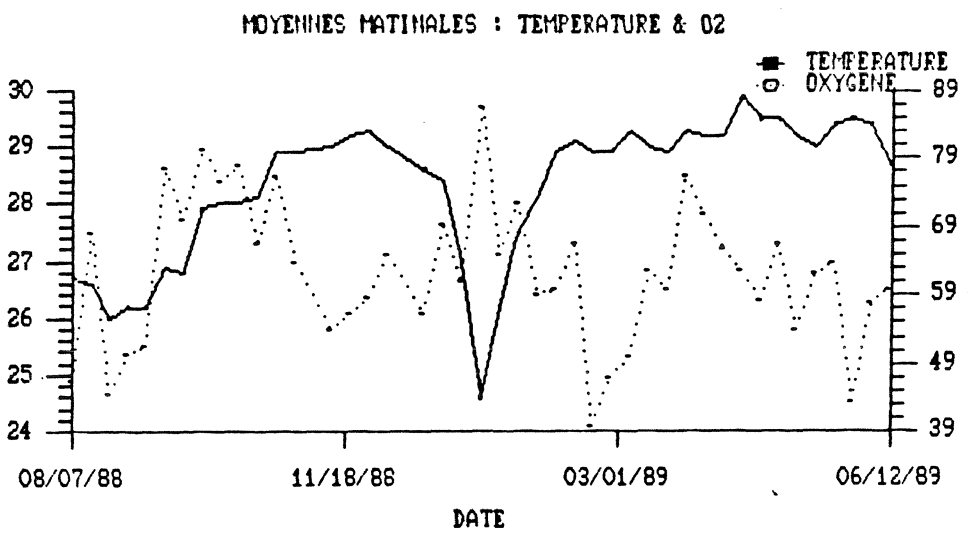
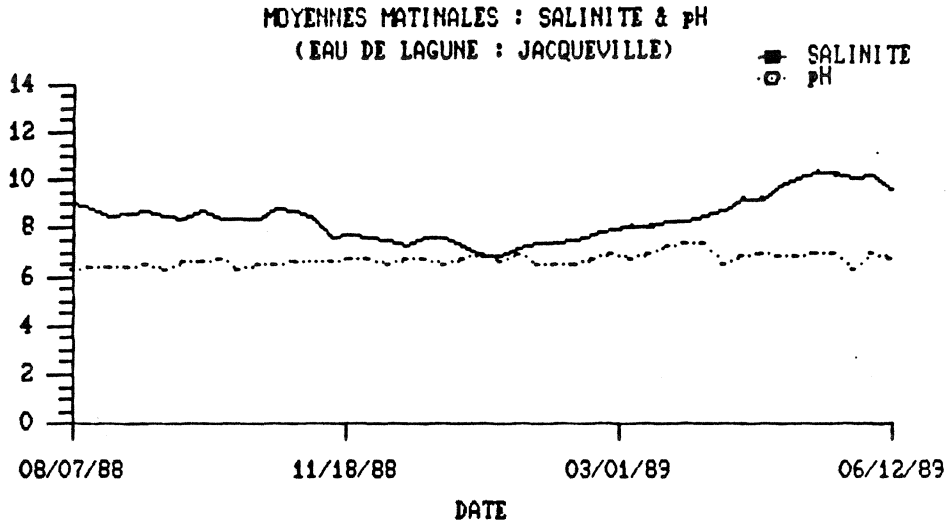
Outre les problèmes pathologiques précédemment identifiés, le second cycle de production a été marqué par de très importantes mortalités à partir du mois de février (fig. 2), ces mortalités étant 5 à 10 fois plus nombreuses la nuit que dans la journée. Ont également été constatées :

- des tentatives de fuites des poissons en dehors des enclos,
- l'impossibilité de manipuler ou de stocker des poissons dans des récipients sans que se produisent immédiatement des mortalités,
- une quasi-absence de mucus sur la plupart des poissons (poissons "secs").

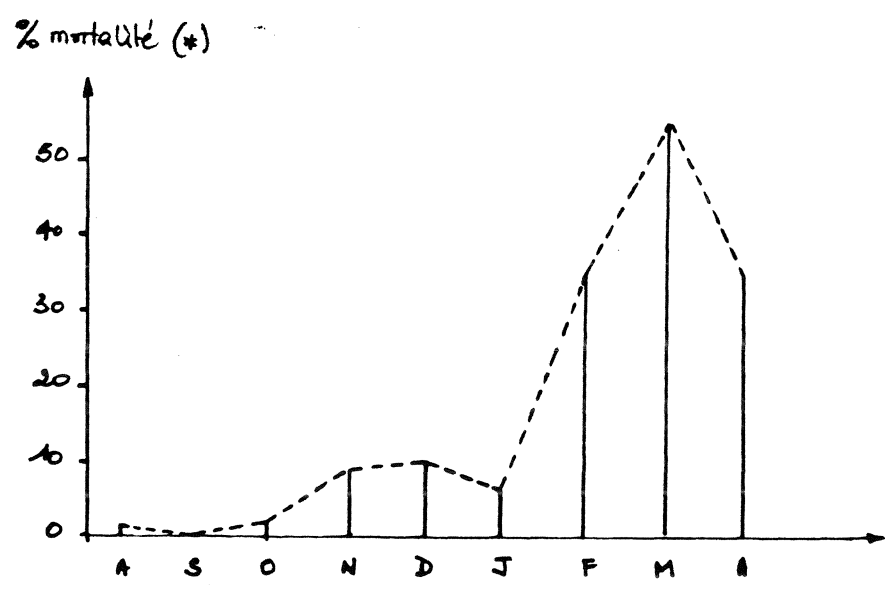
Les examens cliniques et les analyses de laboratoire ont permis d'écarter l'hypothèse d'une cause microbienne ou parasitaire. Mais l'importance des mortalités nocturnes suggérant un problème de détresse respiratoire (en raison des variations nycthémerales du taux d'oxygène), une étude comparative des principaux paramètres hématologiques a été effectuée sur les poissons des enclos et des poissons de même âge maintenus en eau douce. Cette étude montre que les poissons placés en eau saumâtre présentent une profonde anémie caractérisée, en première analyse, par un déficit en hématies et un abaissement de l'hématocrite et de la teneur totale en hémoglobine (tableau 1).

Fig. 1: Croissance de T. aurea en enclos à la Station de Jacquemille.  
Premier cycle de production. Courbe moyenne sur 5 enclos.





Essai Jacquerville (moyennes de mortalité sur 4 enclos).



(\*) : calculé pour chaque mois en fonction de l'effectif restant du mois précédent.

Fig. 2: Paramètres physico-chimiques de l'eau de lagune à Jacquerville et évolution des mortalités de tilapias en enclos (2ème cycle de production) au cours de la même période.



**Tableau 1.** Valeurs hématologiques relevées sur des *O. aureus* de sexe mâle en fonction de leur milieu d'élevage

	Eau douce	Eau saumâtre	
		Poissons d'aspect normal	Poissons atteints de cataractes bilatérales et de mélanisme
Nombre d'hématies (10 <sup>6</sup> /mm <sup>3</sup> ) _____	2,86 <sup>a</sup>	2,32 <sup>b</sup>	2,34 <sup>b</sup>
Hémoglobine (g/100 ml) —	15,3 <sup>a</sup>	12,2 <sup>b</sup>	11,4 <sup>c</sup>
Hématocrite (%) _____	38,3 <sup>a</sup>	30,0 <sup>b</sup>	27,7 <sup>c</sup>
Volume globulaire moyen ou VGM (μ3) _____	135 <sup>a</sup>	130 <sup>ab</sup>	120 <sup>b</sup>
Teneur globulaire moyenne en hémoglobine ou TGMH (pg) _____	53 <sup>a</sup>	53 <sup>a</sup>	49 <sup>b</sup>
Concentration globulaire moyenne en hémoglobine ou CGMH (%) _____	41 <sup>a</sup>	40 <sup>a</sup>	42 <sup>a</sup>

VGM : rapport du volume globulaire total de 1.000 ml de sang (hématocrite x 10) au nombre d'hématies exprimé en 10<sup>6</sup>/mm<sup>3</sup>.

TGMH : rapport de la quantité d'hémoglobine dans 1.000 ml de sang au nombre d'hématies exprimé en 10<sup>6</sup>/mm<sup>3</sup>.

CGMH : rapport de la quantité d'hémoglobine dans 1.000 ml de sang au volume globulaire total de 100 ml de sang.

Remarque : Des prélèvements sanguins réalisés par la suite sur des poissons élevés en bassins ont montré que cette anémie apparaît dès le premier mois qui suit le passage en eau saumâtre. Ainsi, l'hématocrite de poissons transférés en eau à seulement 5‰ de salinité chute à 35% au 30ème jour, alors qu'il se maintient à 39% pour les témoins conservés en eau douce (toutes conditions d'élevage et en particulier de nourriture étant égales par ailleurs).

On peut d'abord se demander pourquoi cette anémie n'a pas été mise en évidence au cours des essais préliminaires de sélection.

L'hypothèse la plus probable est que les conditions d'oxygénation étaient dans l'ensemble meilleures au cours de ces essais ou en tout cas pas limitantes au point de provoquer des détresses respiratoires. En effet, la plupart des tests préliminaires de comparaison d'espèces et d'hybrides ont été effectués en bassins (\*) où le pompage et le renouvellement de l'eau maintiennent en permanence un taux d'oxygène dissous largement suffisant. Par ailleurs, le premier cycle de production en enclos (d'avril 1988 à octobre 1988) s'est déroulé pendant une période où les températures sont relativement basses puisque la saison des pluies démarre fin mai. Inversement, le second cycle de production s'est déroulé pendant la saison chaude, exception faite du mois de janvier où l'harmattan provoque une baisse brutale de la température. D'octobre à décembre, puis de février à mai, il y a à la fois une baisse de la disponibilité moyenne en oxygène et une augmentation de l'insolation qui active la photosynthèse et provoque des variations nyctémérales du taux d'oxygène beaucoup plus importantes. Cette situation est aggravée par la prédominance d'un régime de vents thermiques caractérisé en particulier par une atmosphère très stable le matin et donc par l'absence de courants de surface qui, en temps normal, améliorent le renouvellement d'eau dans les enclos.

La seconde question qui se pose est de savoir quelle peut être la cause de cette anémie.

Les références bibliographiques sur les anémies chez les poissons sont malheureusement rares pour ne pas dire inexistantes. La documentation sur les mammifères terrestres donnent des indications sur les classifications des anémies. Les deux classifications les plus couramment admises sont quantitatives et étiologiques (voir à ce sujet : COLES E.H. (1979), le laboratoire en clinique vétérinaire - Editions VIGOT).

a) La classification quantitative utilise les valeurs globulaires moyennes, en particulier la taille des hématies (VGM) et leur teneur moyenne en hémoglobine (TGMH). La VGM permet de distinguer les anémies normocytaires (hématies de taille normale), macrocytaire (taille supérieure à la normale) et microcytaire (taille inférieure à la normale). Le TGMH définit les anémies comme normochrome (teneur normale en hémoglobine) ou hypochrome (teneur inférieure à la normale).

---

(\*) à la fois pour n'utiliser que des lots de quelques centaines d'individus et alléger les dispositifs expérimentaux et pour pouvoir surveiller correctement le déroulement des expérimentations.

D'après les données rapportées dans le tableau 1, on constate que les poissons élevés en eau saumâtre dont l'aspect est normal ont des valeurs globulaires moyennes semblables à celles des poissons élevés en eau douce. Par contre, ces valeurs sont abaissées pour les poissons atteints de cataractes bilatérales et de mélanisme. En supposant qu'on puisse appliquer la classification quantitative définie pour les mammifères, on aurait donc, dans le premier cas, une anémie de type normocytaire et normochrome et, dans le deuxième cas, une anémie de type microcytaire et hypochrome. Toutefois, cette distinction ne paraît pas très évidente dans la mesure où :

- 1) La taille des hématies des poissons produits en eau saumâtre est statistiquement identique pour les individus apparemment sains et les individus d'aspect anormal.
- 2) Les concentrations globulaires moyennes en hémoglobine (CGMH) sont constantes.

Cela pourrait signifier que l'étiologie de l'anémie est la même dans les deux cas et que les cataractes bilatérales et le mélanisme correspondent à des manifestations chimiques aiguës du déséquilibre physiologique ou métabolique qui affecte les poissons élevés en eau saumâtre.

- b) Du point de vue étiologique, les anémies sont classées, pour les mammifères, en quatre catégories :

- 1) spoliation sanguine, 2) hémolyse ou raccourcissement du temps de vie des hématies, 3) dépression ou insuffisance de sa moëlle osseuse, et 4) anémies par carence.

L'anémie hémolytique qui est due en général à des parasites sanguins, à des infections bactériennes ou virales ou à des agents chimiques (intoxication par certains métaux lourds) paraît *a priori* la moins probable compte tenu des résultats négatifs des examens de laboratoire et de l'absence de signes infectieux externes ou internes à l'observation directe.

Les anémies par spoliation sanguine sont généralement microcytaires et presque toujours hypochromes en raison de la carence en fer qui empêche la formation d'hémoglobine nouvelle. Toutefois, cette probabilité est à retenir compte tenu des signes de fragilité capillaire (hémorragies) observés à plusieurs reprises. Le problème serait de savoir si ces hémorragies sont accidentelles ou si elles sont chroniques et quelle peut être la cause de cette fragilité capillaire. Une des hypothèses pourrait être la carence en vitamine C puisque les aliments utilisés ne sont ni supplémentés, ni stabilisés par des conservateurs et que cette vitamine est particulièrement labile. Cependant, les mêmes aliments

sont utilisés en eau douce sans provoquer de symptômes équivalents. Pour que cette hypothèse reste valable, il faudrait supposer que l'élevage en eau saumâtre provoque un stress important et donc une augmentation des besoins en vitamine C. Une autre hypothèse, qu'il est difficile d'étayer par manque d'informations, serait que cette fragilité capillaire est induite par les modifications structurales de l'épithélium branchial qui accompagnent le transfert en milieu salé.

Les anémies dues à une dépression ou à une insuffisance de la moëlle osseuse ne concernent pas les poissons dont les tissus hématopoïétique se situent dans le stroma de la rate et dans les espaces intersticiels du rein. Toutefois, chez les mammifères, ces anémies sont dues soit à des agents chimiques (toxines) soit à des infections chroniques ou à des insuffisances endocrines. Si l'hématopoïèse chez le poisson est contrôlée de la même manière que chez les mammifères (?), la possibilité d'un dérèglement hormonal après le transfert en eau saumâtre est peut-être à envisager.

Les anémies par carence minérale (en particulier : fer, cuivre, cobalt, zinc) ou vitaminique (nombreuses possibilités) peuvent être dues soit à une carence directe dans l'aliment, soit à une incapacité à utiliser ces oligo-éléments. La première hypothèse semble peu probable (sauf besoins accrus ou différents en eau saumâtre) puisque les mêmes aliments sont utilisés en eau douce sans signe de carence. La deuxième hypothèse est par contre à envisager. En particulier, il semble que l'emploi de farines de poisson très riches en cendres puisse être à l'origine de carence en fer. Mais, dans le cas de la lagune, ce déséquilibre minéral pourrait être lié non pas à l'aliment, mais au milieu lui-même. On reviendrait alors à l'hypothèse initiale d'une mauvaise régulation de la balance hydro-minérale. Quoiqu'il en soit, il reste relativement facile dans un premier temps d'envisager des essais avec des aliments supplémentés.

### 3. ANALYSE DES MORTALITES QUI SE PRODUISENT EN ZONE EST-EBRIE EN DEBUT DE SAISON SECHE

La zone Est-Ebrié où se situe la Station d'Anna se caractérise d'une manière générale, sur le plan hydroclimatique, par une instabilité saisonnière marquée. C'est en effet le lien de passage obligé des crues de la Comoë et l'influence marine y est forte en raison de la proximité du canal portuaire de Vridi.

Le mois de janvier correspond à un basculement rapide de l'hydroclimat du fait :

- de la pénétration d'eau de mer en lagune qui fait suite à l'arrêt des crues,
- de la prédominance temporaire et brutale de l'harmattan sur la mousson.

Il se produit donc à la fois une augmentation sensible de la salinité jusqu'à environ 20°/∞ et une fluctuation rapide et importante de la température qui chute de 30-31°C à 25-26°C pour remonter ensuite (fig. 3).

Cette période correspond à des mortalités massives de poissons non seulement dans les bassins de la Station d'Anna (espèces ou hybrides allochtones de tilapias) mais aussi dans le milieu naturel (tilapias lagunaires et crustacés notamment). On observe sur les poissons, toutes espèces confondues, des altérations très importantes des branchies avec des nécroses et parfois disparition complète des filaments sur un arc branchial. Bien que les mortalités se produisent plutôt lors de la remontée de température, la rapidité du phénomène ne nous a jusqu'à présent pas permis de préciser à quel moment il commence à y avoir une atteinte des branchies.

On observe également, à la même période, une concentration très forte de poissons sauvages devant le rejet de la Station d'Anna, moins salé que l'eau de lagune puisque la station fonctionne en partie sur eau douce de forage. Ces poissons présentent des signes cliniques analogues.

Si, toujours à la même période, on maintient des lots de poissons en eau de lagune diluée avec de l'eau douce pour limiter l'augmentation de salinité à 10% (tout en restant dans des conditions de température comparables), on constate également une augmentation brusque du taux de mortalité avec toutefois un décalage dans le temps d'une dizaine de jours comparativement aux poissons placés en pleine eau de lagune (fig. 3 et 4)

Il apparaît donc :

- a) que la salinité a une influence sur la survie (d'où le décalage observé),
- b) qu'elle ne constitue pas à elle seule un facteur limitant de l'adaptation au milieu (10°/∞ ne correspond pas à une salinité létale comme les autres essais en lagune et les tests en laboratoire - cf. Document n° 3 - l'ont prouvé),
- c) qu'il faut également tenir compte du facteur température (\*).

L'hypothèse d'un rôle prédominant du couple salinité-température sur l'adaptation au milieu lagunaire paraît donc la plus vraisemblable. Ceci a d'ailleurs été démontré au cours de l'étude sur l'osmorégulation faite au laboratoire (Document n° 3).

Il semble aussi qu'il faille des fluctuations concomitantes de la salinité et de la température pour qu'il y ait des mortalités puisqu'on ne constate pas de pic de mortalité à la même période sur la Station de Jacquville (fluctuation de température de même amplitude qu'à Anna mais salinité constante à Jacquville).

---

(\*) ce qui a également été confirmé par d'autres auteurs (voir notamment RNST et al. in Aquaculture, 80 : 247-260. 1989).

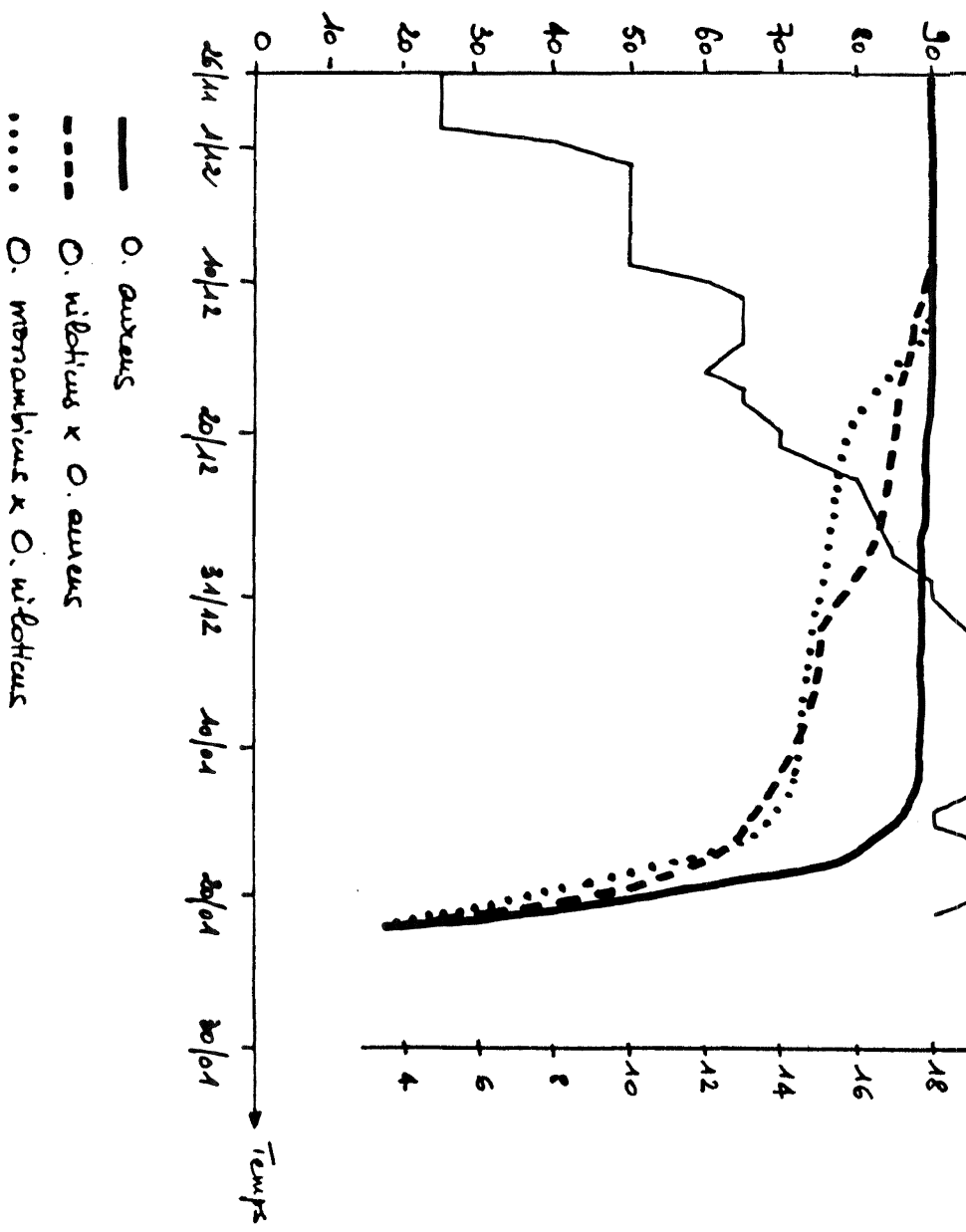


Fig. 3 : Essai Station de Bingerulle  
Période : décembre 87 - Janvier 88  
(Bassin alimenté en eau de lagune ;  
2 répétitions par espèce ou hybride)

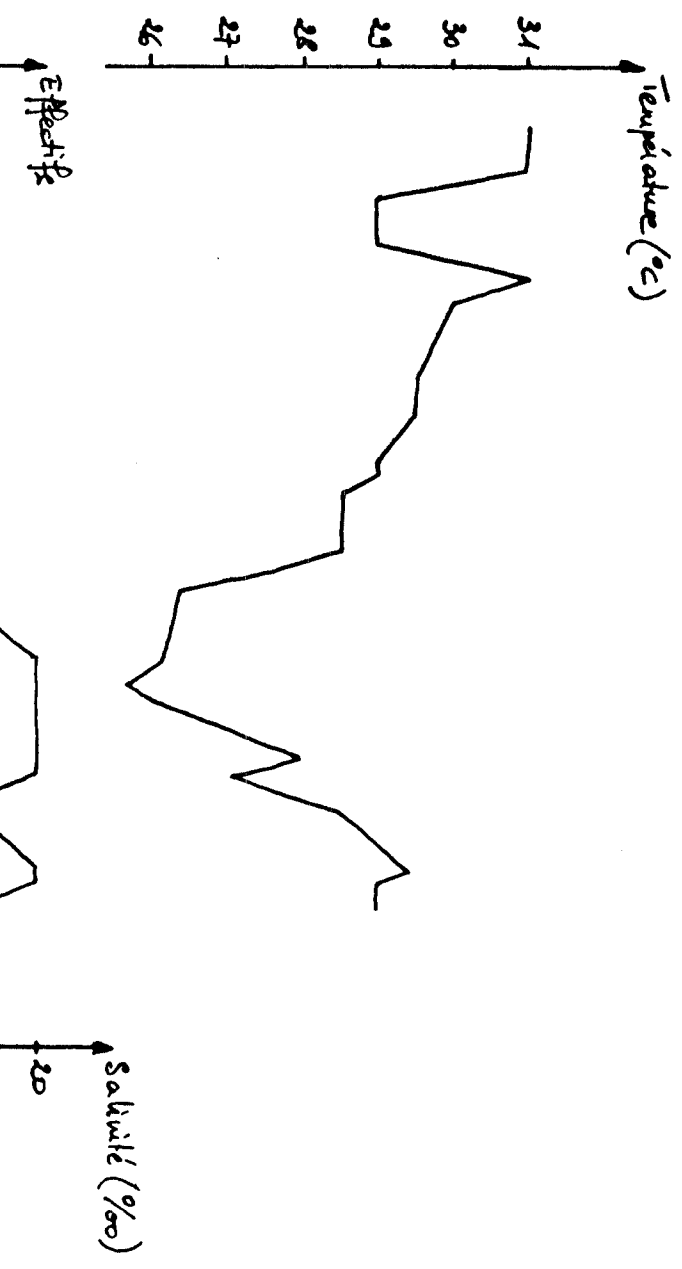
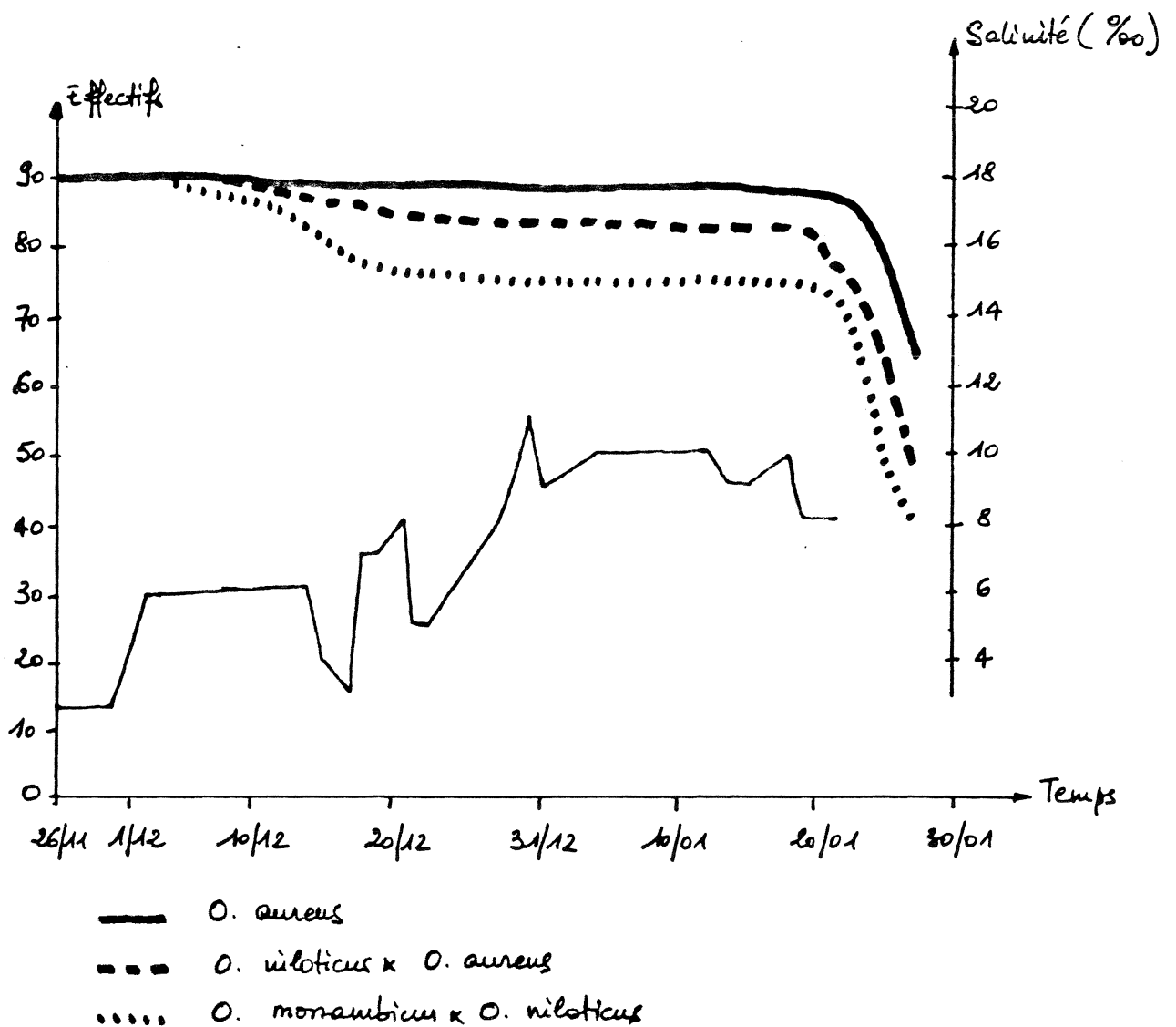


Fig. 4: Essai Station de Bingerville  
 Période: Décembre 87 - Janvier 88  
 (barnus alimentés avec 50% eau de lagune  
 et 50% eau douce de forage ; 2 replicats  
 par espèce ou hybride)





Remarque : L'hypothèse qui avait été émise d'une altération de la qualité de l'eau au moment où la lagune était envahie de végétaux flottants, ne semble pas fondée. Les mesures que nous avons pu faire en continu pendant les mois de décembre et janvier n'ont en effet jamais mis en évidence de signes de dégradation si on se réfère aux paramètres mesurés ( $O_2$ ,  $NO_2$ ,  $NO_3$ ,  $NH_3$ ,  $H_2S$ ) pour lesquels les valeurs sont toujours restées très satisfaisantes.

DOCUMENT N° 3

PHYSIOLOGIE DE L'ADAPTATION DES TILAPIAS  
*OREOCHROMIS NILOTICUS* ET *OREOCHROMIS AUREUS*  
A DES EAUX SAUMATRES

(Etude financée sur ATP/CIRAD-CTFT n° 131/87)

## 1. INTRODUCTION

Les poissons du genre *Tilapia* sont caractérisés par une croissance rapide, une étonnante faculté de reproduction et, pour la plupart d'entre eux, par une bonne capacité à valoriser des aliments de nature très diverse. Ces qualités, auxquelles s'ajoute une grande tolérance à un large éventail de conditions environnementales, ont favorisé le développement de leur aquaculture ces dernières années à un point tel que la production de tilapias se classe aujourd'hui au troisième rang des productions piscicoles mondiales derrière le groupe des carpes et le milkfish (*Chanos chanos*).

La compétition avec l'agriculture dans l'utilisation du foncier et des ressources hydriques ainsi que la volonté de valoriser les plans d'eaux lagunaires ont créé des pressions pour un développement de l'aquaculture des tilapias en milieu saumâtre. Beaucoup d'espèces présentent en effet une euryhalinité marquée et de nombreux travaux ont décrit ces espèces dans des estuaires ou des régions côtières d'Afrique. Cependant, il n'y a pas forcément adéquation entre les plus hautes salinités tolérées et les conditions de production optimales car les espèces à fortes potentialités aquacoles ne présentent pas forcément une bonne euryhalinité.

Des essais conduits en Côte d'Ivoire sur *Oreochromis niloticus* et sur *Sarotherodon melanotheron* et *Tilapia guineensis* illustrent bien cette difficulté. *O. niloticus*, espèce à croissance rapide couramment utilisée en pisciculture continentale, est incapable de s'adapter au milieu lagunaire où elle subit de fortes mortalités même dans les élevages situés dans des zones à faible salinité. Au contraire, *S. melanotheron* et *T. guineensis* qui sont deux espèces autochtones du milieu lagunaire, présentent des performances zootechniques incompatibles avec une exploitation commerciale de type intensif.

Pour tenter d'apporter des solutions à la production de tilapias à croissance rapide en milieu saumâtre, deux démarches ont été entreprises.

La première de ces démarches est essentiellement zootechnique puisque basée sur la sélection. Elle a été mise en oeuvre dans le cadre d'un Projet Pilote de Développement de l'Aquaculture Lagunaire en Côte d'Ivoire auquel le CTFT/CIRAD apporte une assistance technique. Elle consistait à tester en milieu lagunaire, d'abord à l'échelon expérimental puis en vraie grandeur, les performances de différentes espèces et différents hybrides de tilapias en réalisant un screening aussi complet que possible avec comme espèce de référence *O. niloticus* (tableau 1). Ce programme a permis de retenir l'espèce *O. aureus* dont les paramètres biotechniques et économiques de production font actuellement l'objet d'une mise au point dans différentes structures d'élevage (cages flottantes et enclos) en zone lagunaire oligo à mésohaline.

Mais ce type d'approche, qui vise à obtenir des résultats immédiatement applicables, ne permet ni de comprendre les difficultés d'adaptation qui peuvent se poser à des tilapias placés dans un environnement saumâtre et des conditions réelles de production (surtout lorsque, par exemple, la littérature rapporte de bons résultats concernant des tests de résistance à la salinité en aquarium), ni d'expliquer les différences de comportement observées *in situ* entre espèces ou hybrides.

Afin d'améliorer nos connaissances sur les mécanismes physiologiques d'adaptation des tilapias confrontés à des problèmes d'osmorégulation, des conventions de recherche ont été passées entre le CTFT/CIRAD, le Laboratoire de Physiologie Cellulaire et Comparée de l'Université de Nice (Prof.M. BORNANCIN) et le Laboratoire de Physiologie des Poissons de l'INRA à Rennes (P. PRUNET).

Les travaux entrepris dans le cadre de ces conventions ont consisté, dans une première étape, à étudier systématiquement sur des tilapias d'espèce et de provenance variées certaines caractéristiques structurales et fonctionnelles des épithéliums branchiaux dans différentes conditions expérimentales de salinité externe. Dans une seconde étape, l'influence des facteurs biotique (poids des animaux) et abiotique (température du milieu extérieur) sur la modification de la cinétique d'adaptation a été évaluée. Enfin, dans une troisième étape, une recherche sur le rôle des hormones habituellement impliquées dans le contrôle endocrinien de l'osmorégulation a été amorcée en particulier sur l'effet inhibiteur de la prolactine sur l'adaptation à l'eau saumâtre.

Ce sont les résultats de ces travaux fondamentaux constituant l'ATP 131/87, sur laquelle ces conventions étaient financées, qui font l'objet du présent compte-rendu.

## 2. PARAMETRES ETUDIÉS

Les branchies des poissons, tant marins que d'eau douce, constituent une structure hautement organisée assurant de multiples fonctions qui sont la respiration, l'excrétion et l'osmorégulation. L'osmorégulation constitue sans doute le problème physiologique majeur des poissons qui ont l'obligation de maintenir la composition de leur milieu intérieur dans des limites relativement étroites de concentration (homéostasie osmotique) en dépit d'un milieu extérieur franchement hyper ou hypo-osmotique. Le maintien de l'équilibre hydrominéral du poisson est assuré par divers organes en contact avec le milieu extérieur en particulier les branchies qui jouent un rôle primordial dans l'osmorégulation.

L'organisation anatomique de l'appareil branchial comprend trois niveaux qui sont les arcs branchiaux (4 paires), les lames primaires et les lames secondaires. Chez les Salmonidés, il existe une double circulation branchiale irriguant les deux épithéliums :

- le sinus veineux central baigne la lame primaire qui, recouverte de cellules épithéliales, s'interrompt de place en place pour laisser émerger, entre autres, des cellules à chlorure (CC) responsables des transports ioniques en eau de mer,

- la circulation artérielle est en relation avec les lames secondaires au niveau desquelles s'effectuent principalement les échanges ioniques en eau douce et qui sont recouvertes, entre autres, de cellules respiratoires.

Pour ces poissons, le passage d'eau douce en eau de mer entraîne des modifications structurales, en particulier une réorganisation et une prolifération des CC interlamellaires, qui sont caractéristiques de leur euryhalinité.

L'excrétion de Na Cl s'effectuant au niveau des CC, les concentrations en  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  dans le plasma sont révélatrices de l'état physiologique du poisson vis-à-vis de ses capacités osmorégulatrices. Ces concentrations peuvent un peu augmenter lorsque la salinité du milieu s'accroît, mais elles doivent rester dans des limites physiologiques compatibles avec la vie du poisson.

Au niveau cellulaire, le maintien de la composition ionique interne est la conséquence d'une pompe ionique excrétrice de sodium contre du potassium. Ce mécanisme d'échange actif consomme de l'énergie provenant de l'hydrolyse de l'ATP grâce à une ATPase  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  dépendante. Le fonctionnement de cette enzyme membranaire dépend de la présence de magnésium dans le milieu et son activité augmente en fonction de la concentration en ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$ . Cette activité enzymatique qui est maximale au niveau des CC est beaucoup plus élevée chez les poissons marins que chez les poissons d'eau douce. Elle est liée à une excrétion active du sodium et, de ce fait, contribue à l'osmorégulation de ces poissons.

On retiendra donc pour évaluer l'aptitude de différentes espèces à mettre en place des mécanismes d'osmorégulation et à vivre en eau saumâtre, outre les pourcentages de mortalité lors des transferts en milieu salé qui permettent de faire une approximation comparative de leur tolérance à la salinité, les paramètres suivants :

- sur le plan physiologique : la natrémie et la chlorémie du plasma sanguin,
- sur le plan histologique : la structure des épithéliums branchiaux,
- sur le plan biochimique : l'activité  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -ATPase branchiale.

### 3. MATERIEL ET METHODES

Seules les principales caractéristiques des protocoles expérimentaux nécessaires à la compréhension de ce compte-rendu sont rappelées ici. Les méthodes d'analyses plasmatique, morphologique et biochimique sont à rechercher dans les rapports relatifs à cette ATP.

#### 3.1. MATERIEL BIOLOGIQUE

L'étude a concerné *O. niloticus* et *O. aureus* compte tenu des données recueillies sur ces deux espèces lors des essais expérimentaux conduits en lagune en Côte d'Ivoire, *O. niloticus* étant l'espèce la moins tolérante au milieu lagunaire et *O. aureus* la plus tolérante.

Les souches utilisées sont originaires de Côte d'Ivoire (Centre Piscicole de l'IDESSA à Bouaké). Pour l'espèce *O. niloticus*, deux souches étaient disponibles. La première provenait directement de Côte d'Ivoire et est qualifiée ici de souche de terrain. La seconde, présente au Laboratoire de Physiologie des Poissons à Rennes depuis 1984, est issue de plusieurs générations ; elle est qualifiée ici de souche de laboratoire. L'espèce *O. aureus* étudiée provient directement de Côte d'Ivoire (souche de terrain).

Dans tous les cas, les poissons ont été, préalablement à leur transfert en eau saumâtre, maintenus en eau douce filtrée dans des conditions de nourrissage, de température (27° C) et d'éclairement (8 à 9 h/jour) identiques.

#### 3.2. TRANSFERTS EN EAU SAUMATRE

Deux types de transfert d'eau douce (ED) en eau saumâtre (ES) ont été utilisés : des transferts directs et des transferts progressifs (fig. 1.).

Pour l'étude physiologique comparative des potentialités d'adaptation des différentes souches, une adaptation progressive ED → ES 10 ‰ → ES 20 ‰ a été pratiquée. Par contre, l'adaptation ED → ES 20 ‰ → ES 30 ‰ n'a été possible que sur *O. niloticus*, souche de laboratoire.

L'étude de l'influence des facteurs biotique et abiotique a été faite sur *O. niloticus*, souche laboratoire, après un transfert direct des poissons ED → ES 23 ‰. Par contre, l'effet d'un traitement à la prolactine également testé avec cette souche a été effectué avec des poissons adaptés en 8 jours à une eau saumâtre à 23 ‰ et traités entre le 18<sup>ème</sup> et le 22<sup>ème</sup> jour par injections intrapéritonéales (trois hormones testées : la prolactine ovine, ovPRL, et deux prolactines d'*O. niloticus* obtenues par génie génétique la tPRL I et la tPRL II).

Ces expérimentations ont été réalisées sur des animaux à jeûn avec des lots de poids moyen compris entre 30 et 40 g. L'influence du poids a été étudiée sur des lots de poids moyen 20 g, 50 g et 200 g.

## 4. RESULTATS

### 4.1. COMPARAISON DES DIFFERENTES SOUCHES

#### 4.1.1. Mortalité (Tableau 2)

*O. niloticus*, souche de terrain, est celle qui s'adapte le plus mal à la salinité. Elle tolère difficilement un passage progressif en eau saumâtre à 10 ‰ de salinité (10 % de mortalité) puis à 20 ‰ de salinité (65 % de mortalité finale). Elle ne supporte absolument pas un transfert direct ED → ES 20 ‰ (100 % de mortalité).

En passage progressif, la mortalité est nulle aussi bien avec *O. aureus*, souche de terrain, qu'avec *O. niloticus*, souche de laboratoire. Toutefois l'analogie s'arrête là car *O. aureus* ne s'acclimata pas lors d'un transfert direct ED → ES 20 ‰ (100 % de mortalité). En revanche, *O. niloticus*, souche de laboratoire supporte facilement ce passage et peut même tolérer un passage en eau à 30 ‰ de salinité (25 % de mortalité).

#### 4.1.2. Sodium plasmatique (figure 2 A)

Lors du maintien à long terme des poissons en eau douce, le Na<sup>+</sup> plasmatique s'avère constant pour toutes les souches mais toujours plus bas chez *O. aureus* que chez *O. niloticus*.

Chez *O. niloticus*, souche de laboratoire, l'augmentation rapide de la salinité externe à 20 ‰ ne modifie pas la natrémie qui n'augmente de façon significative (+ 13,5 %) qu'après un transfert à 30 ‰. Chez *O. aureus*, souche de terrain, l'augmentation progressive de la salinité produit une stimulation transitoire (+ 12,5 %) du Na<sup>+</sup> plasmatique à 10 ‰ qui retourne à la normale lors du passage à 20 ‰. Enfin, *O. niloticus*, souche de terrain, subit en transfert progressif à 20 ‰ une stimulation drastique de la natrémie.

#### 4.1.3. Activité Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>-ATPasique branchiale (figure 2 B)

L'activité enzymatique chez les témoins maintenus en eau douce est plus faible chez *O. aureus*, souche de terrain, que chez *O. niloticus*, souche de laboratoire. Le passage progressif ED → ES 10 ‰ → ES 20 ‰ est très comparable pour ces deux souches en ce qui concerne l'activité enzymatique. Celle-ci n'est stimulée que lors du passage ES 10 ‰ → ES 20 ‰ d'un facteur 1,6 pour *O. niloticus* et d'un facteur 3 pour *O. aureus*.

Le transfert rapide ED → ES 20 ‰ → ES 30 ‰, possible uniquement avec *O. niloticus*, souche de laboratoire, stimule transitoirement (d'un facteur 2 au bout de 4 jours) l'activité enzymatique branchiale qui retourne à la normale une semaine après.

#### 4.1.4. Morphologie branchiale

Chez les poissons témoins en eau douce, on constate quelle que soit la souche étudiée que les CC sont inexistantes au niveau lamellaire (lames secondaires) et rares au niveau interlamellaire (lames primaires).

Au cours de l'acclimatation aux eaux saumâtres, il se produit chez *O. niloticus*, souche de laboratoire :

- à 10 ‰, une apparition des CC interlamellaires,
- à 20 ‰, une augmentation du nombre de CC interlamellaires,
- à 30 ‰, une stabilisation du nombre de CC interlamellaires. Cependant, les cellules des lames primaires semblent s'apparier avec les CC voisines ou augmenter de volume.

On observe la même évolution morphologique chez *O. aureus*, souche de terrain, transférée en eau saumâtre à 10 ‰ de salinité, mais l'augmentation du nombre de CC paraît plus faible que chez *O. niloticus*, souche de laboratoire, lorsque la salinité externe est de 20 ‰. A cette même salinité, on n'observe qu'une faible apparition du nombre de CC chez *O. niloticus*, souche de terrain.

#### 4.2. VARIATION DE LA CAPACITE D'ADAPTATION EN FONCTION DU POIDS CORPOREL (Figure 3 et 4).

Après un transfert direct en eau à salinité de 23 ‰, la natrémie et la chlorémie mesurées chez *O. niloticus*, souche de laboratoire, augmentent très sensiblement au cours des premières 24 heures puis diminuent régulièrement pour atteindre un plateau vers le 6<sup>ème</sup> jour avec pratiquement un retour à l'équilibre hydrominéral de départ (ED).

Le même type d'acclimatation, répété en utilisant des lots de poids moyens différents d'*O. niloticus* de cette même souche, montre une augmentation de la chlorémie analogue à celle de l'expérimentation précédente mais dont la cinétique varie en fonction du poids corporel. Le pic est plus élevé pour les poissons de 50 g que pour les poissons de 20 ou 200 g.

#### 4.3. EFFET DE LA TEMPERATURE SUR LA CAPACITE D'ADAPTATION (Figure 5)

Lors du transfert direct dans une eau saumâtre à la salinité de 23 ‰ et à la température de 30°C, le pic de chlorémie chez *O. niloticus*, souche de laboratoire, apparaît au bout de 6 heures alors qu'il ne survient qu'au bout de 24 heures lorsque la température de l'eau est de 25°C (cas des expérimentations précédentes). Le taux de mortalité qui est nul à 25°C passe à 22 % à 30°C, ce qui traduit une aggravation des désordres physiologiques. Toutefois, à cette température, les poissons survivants reviennent plus rapidement à une chlorémie d'équilibre.



#### 4.4. EFFET D'UN TRAITEMENT A LA PROLACTINE (Figure 6 et 7 et tableau 3)

Après quatre jours de traitements appliqués sur des poissons de l'espèce *O. niloticus*, souche de laboratoire, préalablement adaptés à une eau à 23 ‰ de salinité, on remarque principalement les effets suivants :

- quelque soit le traitement appliqué (ovPRL, tPRL I et II), une augmentation de la natrémie et de la chlorémie est observée, la rétention étant plus forte chez les animaux traités à l'ovPRL,
- les poissons traités à l'ovPRL et la tPRL I ont une activité enzymatique de niveau comparable à celle des témoins non traités. Par contre, elle est fortement stimulée chez les poissons traités à la tPRL II,
- on constate une diminution des CC interlamellaires chez les animaux traités à l'ovPRL et à la tPRL I, mais pas chez ceux traités à la tPRL II.

### 5. DISCUSSION

Chez les trois souches étudiées, la morphologie branchiale en eau douce ressemble à celle de poissons sténohalins dulcicoles ce qui ne laisse *a priori* pas supposer une possibilité d'adaptation à l'eau saumâtre. Celle-ci n'est révélée que lors du transfert dans un environnement hypertonique. Les structures branchiales qui apparaissent sont fonctionnelles puisqu'on observe simultanément à une prolifération de cellules à chlorure interlamellaires une stimulation de l'activité  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -ATPase branchiale.

Les caractéristiques morphofonctionnelles de l'épithélium branchial évoluent de façon parallèle et en harmonie avec la tolérance à la salinité de chacune des souches mesurées par le taux de mortalité. La capacité d'adaptation est également bien corrélée à la natrémie, grandeur caractéristique de l'équilibre hydrominéral du poisson. Celle-ci est bien régulée chez *O. aureus*, souche de terrain, et *O. niloticus*, souche de laboratoire. Toutefois, l'étape de 30 ‰, possible uniquement avec cette dernière souche, s'avère être un véritable seuil maximal à partir duquel l'état physiologique des poissons s'aggrave de façon critique jusqu'à provoquer la mort des animaux.

L'évolution des paramètres morphologiques, biochimiques et plasmatiques au cours des phases d'acclimatation permet de classer les trois souches étudiées en fonction de leur tolérance croissante à la salinité selon le schéma suivant :

*O. niloticus* souche de terrain      <      *O. aureus* souche de terrain      <      *O. niloticus* souche de laboratoire

En ce qui concerne *O. niloticus* et *O. aureus*, souches de terrain (provenance directe de Côte d'Ivoire), la mortalité observée face à la salinité externe est en accord avec les expériences effectuées en lagune en Côte d'Ivoire et les données bibliographiques et se trouve confirmée par l'évolution des paramètres physiologiques et morphologiques. Par contre, les observations faites sur *O. niloticus*, souche de laboratoire, sont tout à fait surprenantes puisqu'il s'avère que cette souche s'adapte le mieux. Les différences sont visibles tant du point de vue de la mortalité que du point de vue physiologique et morphologique. Cela pourrait provenir :

- soit d'une dérive génétique de l'espèce au cours des différentes années d'élevage à l'INRA de Rennes,
- soit d'une action directe de l'environnement et donc de l'"histoire" de ces poissons.

La réussite d'une acclimatation à l'eau saumâtre peut en effet être influencée par les conditions de milieu et d'élevage en eau douce. L'analyse de la composition ionique de l'eau des élevages en Côte d'Ivoire montre, par exemple, une teneur en calcium extrêmement faible. Or, le calcium est connu pour jouer un rôle dans l'imperméabilité membranaire et dans les jonctions intercellulaires. En outre, l'adaptation à l'eau saumâtre est peut-être meilleure pour ce qui concerne le calcium lorsque celui-ci est déjà présent en eau douce à une forte concentration. D'autres facteurs du milieu sont également susceptibles d'intervenir dans le fonctionnement et la perméabilité des branchies :

- soit directement par l'action d'autres ions ( $Mg^{++}$  par exemple),
- soit indirectement par les variations endogènes de certaines hormones qui peuvent être induites par les conditions environnementales ou d'élevage comme le confinement ou les manipulations.

On sait, par exemple, que chez les poissons en eau douce, le stress peut stimuler les niveaux plasmatiques de prolactine. Or, la présente étude confirme globalement le rôle inhibiteur de la prolactine sur l'adaptation à un milieu hyperosmotique. Parmi les résultats obtenus, on note en effet :

- une augmentation de la chlorémie et de la natrémie quelle que soit la nature du traitement appliqué (ovPRL, tPRL I et II),
- une diminution du nombre de cellules à chlorure branchiales chez les poissons traités à l'ovPRL et à la tPRL I qui peut expliquer la rétention de  $Na^+$  et  $Cl^-$  plasmatiques observée.

Mais on remarque également une contradiction entre les données morphologiques et biochimiques pour les poissons traités à l'ovPRL et à la tPRL I puisque la disparition des cellules à chlorure devrait s'accompagner d'une baisse de l'activité  $Na^+/K^+$ -ATPase ce qui n'est pas le cas. De même, le traitement à la tPRL II produit des effets inattendus (aucune variation du nombre de cellules à chlorure, stimulation de l'activité  $Na^+/K^+$ -ATPase) et contradictoires avec l'élévation de la natrémie et de la chlorémie.

L'influence des conditions environnementales sur la capacité d'adaptation est également clairement mise en évidence tout au moins pour ce qui concerne le facteur température. Lorsque celle-ci passe de 25 à 30°C, on constate un effet négatif associé à des mortalités élevées. L'interaction salinité-température décrite dans la littérature est donc bien réelle et confirme les observations faites en Côte d'Ivoire où les fortes mortalités dans les élevages en milieu lagunaire se produisent :

- soit, lorsque la température de l'eau est élevée, c'est-à-dire égale voire supérieure à 30°C (saison sèche),
- soit, lorsque la température et la salinité augmentent ensemble (période d'inter-saison).

Cela pourrait s'expliquer par les désordres physiologiques provoqués par cette augmentation de température et/ou par la diminution de la quantité d'oxygène dissous qui lui est liée.

Enfin, cette étude met en évidence une variation de la capacité d'adaptation en fonction du poids corporel des animaux, les poissons de 20 g et de 200 g s'acclimatant mieux à la salinité que les poissons de 50 g. Ces résultats sont en contradiction avec l'analyse classique des capacités d'adaptation à l'eau de mer des poissons euryhalins qui établit en général une corrélation négative entre les potentialités d'acclimatation et le rapport surface branchiale/taille du poisson (la surface branchiale étant proportionnellement plus faible chez les gros poissons, la déshydratation et la diffusion d'ions à travers la branchie sont quantitativement moins importantes). Une hypothèse explicative de ces résultats pourrait être que les différences d'adaptabilité observées entre les trois catégories de poisson testées sont liées à des différences de stade dans la maturation sexuelle. On sait que chez la truite (arc-en-ciel ou fario), la non-maturation sexuelle est impérative pour réussir le transfert en mer.

TABLEAU 1

Survie, exprimée en pourcentage, de différentes espèces et hybrides d'*Oreochromis* en milieu lagunaire en Côte d'Ivoire. Essais réalisés en cages ou en bassins alimentés en eau de lagune à une salinité maximum de 15 ‰ et à une température moyenne variant entre 27 et 30,5°C. Durée des essais comprise entre 45 et 153 jours (d'après DOUDET, 1988).

Numéro de l'essai	Espèces ou hybrides							
	O.a.	O.n. x O.a.	O.m. x O.u.h.	O.m.	O.u.h.	O.n. x O.u.h.	O.m. x O.n.	O.n.
1	96 <sup>a</sup>	92 <sup>a,b</sup>	91 <sup>a,b</sup>	86 <sup>b</sup>	-	-	-	57 <sup>c</sup>
2	-	98 <sup>a</sup>	85 <sup>b</sup>	85 <sup>b</sup>	80 <sup>b</sup>	80 <sup>b</sup>	-	67 <sup>c</sup>
3	-	99 <sup>a</sup>	84 <sup>b</sup>	74 <sup>c</sup>	77 <sup>c</sup>	78 <sup>c</sup>	-	58 <sup>d</sup>
4	85 <sup>a</sup>	77 <sup>a</sup>	-	-	-	-	-	55 <sup>b</sup>
5	91 <sup>a</sup>	-	-	-	-	-	80 <sup>a</sup>	-

Dans un même essai, les moyennes portant la même lettre en indice ne diffèrent pas significativement (P < 0,05).

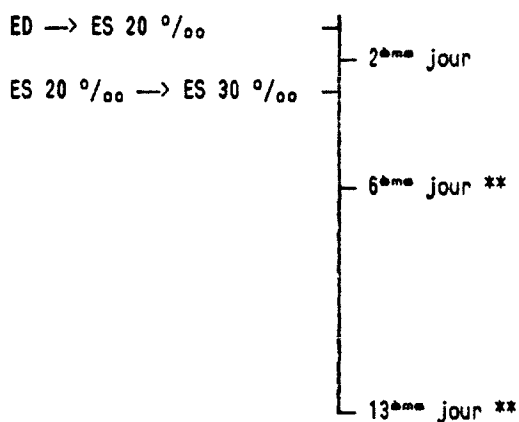
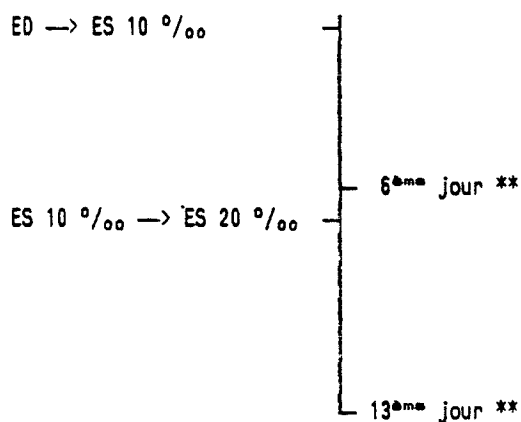
Abréviations utilisées : O.a. pour *Oreochromis aureus* ; O.n. pour *O. niloticus* ; O.m. pour *O. mossambicus* ; O.u.h. pour *O. urolepis hornorum*.

FIGURE 1

Protocoles de transfert d'eau douce (ED) en eau saumâtre (ES)  
(d'après AVELLA et BORNANCIN, 1989 et FEVRIER, 1989)

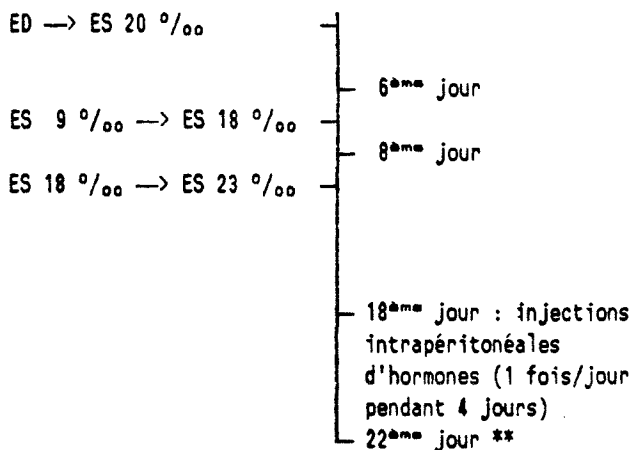
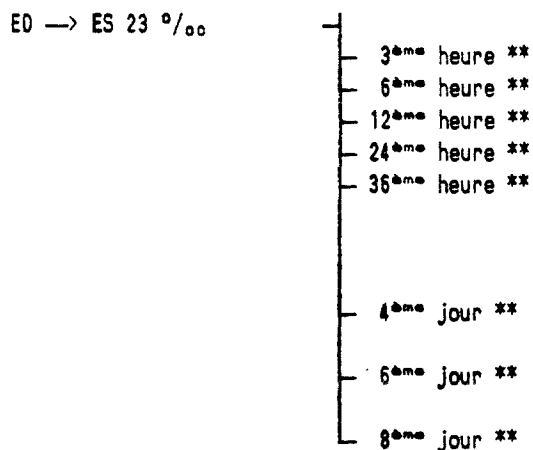
O. aureus souche de terrain  
O. niloticus souche de terrain  
O. niloticus souche de laboratoire

O. niloticus souche de laboratoire



O. niloticus souche de laboratoire

O. niloticus souche de laboratoire



\*\* : prélèvements d'échantillons pour analyse

TABLEAU 2

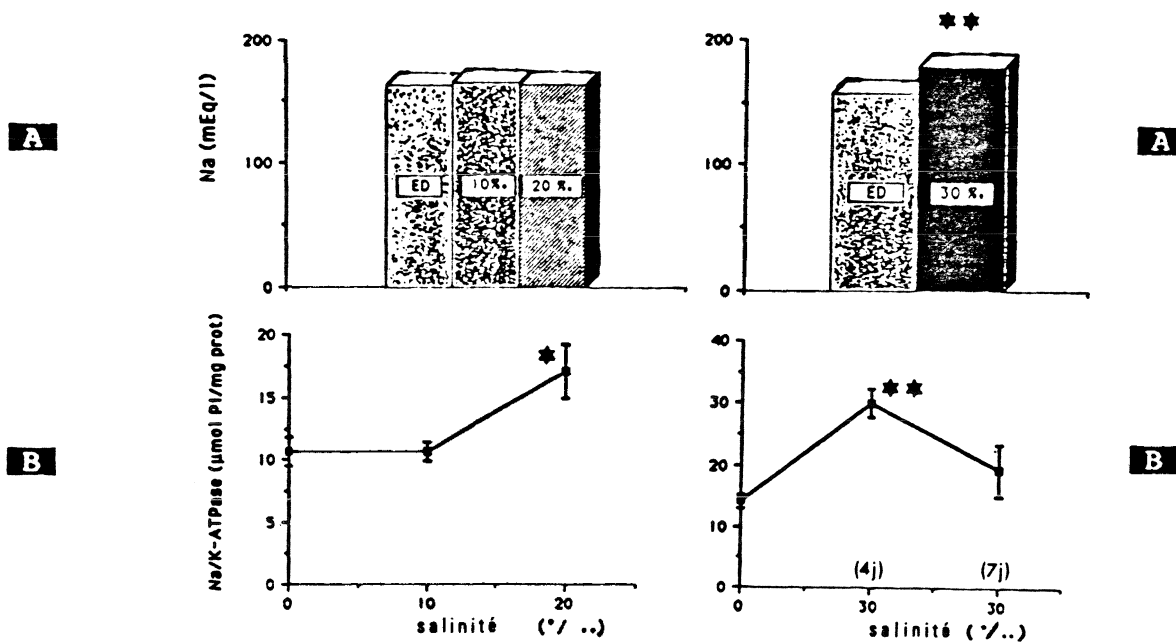
Mortalité exprimée en pourcentage,  
 au cours des transferts d'eau douce (ED)  
 en eau saumâtre (ES) à différentes salinités  
 (d'après AVELLA et BORNANCIN, 1989)

Modalité de transfert	<i>O. aureus</i> souche de terrain	<i>O. niloticus</i> souche de terrain	<i>O. niloticus</i> souche de laboratoire
ED → ES 10 ‰ → 20 ‰ (6)* (7)*	0	65	0
ED → ES 20 ‰ → 30 ‰ (2)* (4)*	100	100	25

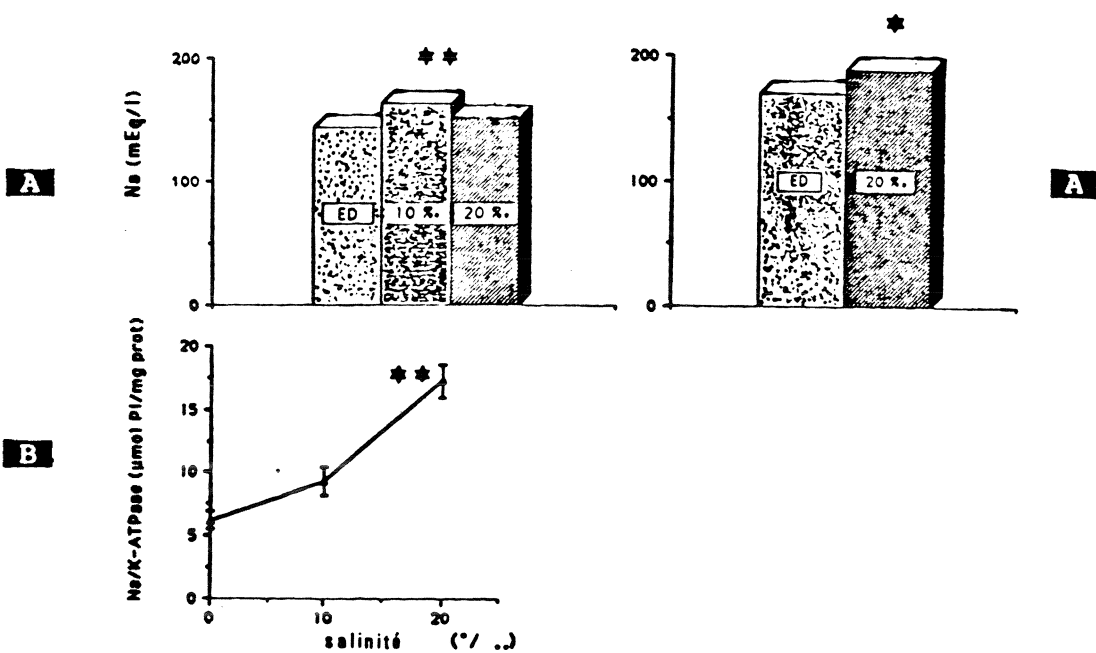
\* : nombre de jours où les poissons sont restés à cette salinité.

FIGURE 2

Natrémie et activité Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>-ATPase chez différentes souches d'*Oreochromis* après transfert d'eau douce (ED) en eau saumâtre (ES) (d'après AVELLA et BORNANCIN, 1989)



*O. niloticus* souche de laboratoire



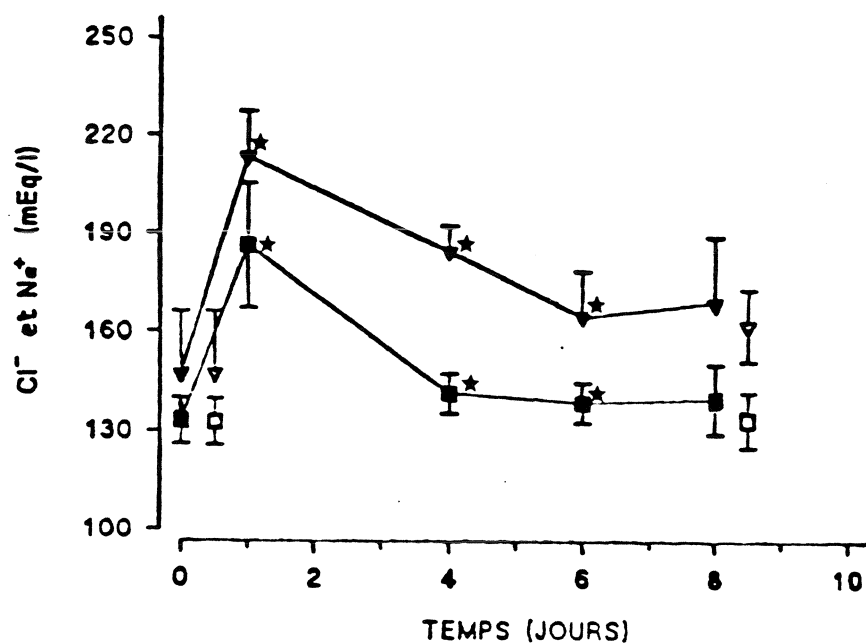
*O. aureus* souche de terrain

*O. niloticus* souche de terrain

\* Différence statistiquement significative avec P < 0.05  
 \*\* Différence statistiquement significative avec P < 0.001

FIGURE 3

Evolution de la natrémie et de la chlorémie du plasma sanguin chez *O. niloticus*, souche de laboratoire, après transfert direct en eau saumâtre à la salinité de 23‰ et à la température de 25°C (d'après FEVRIER, 1989)

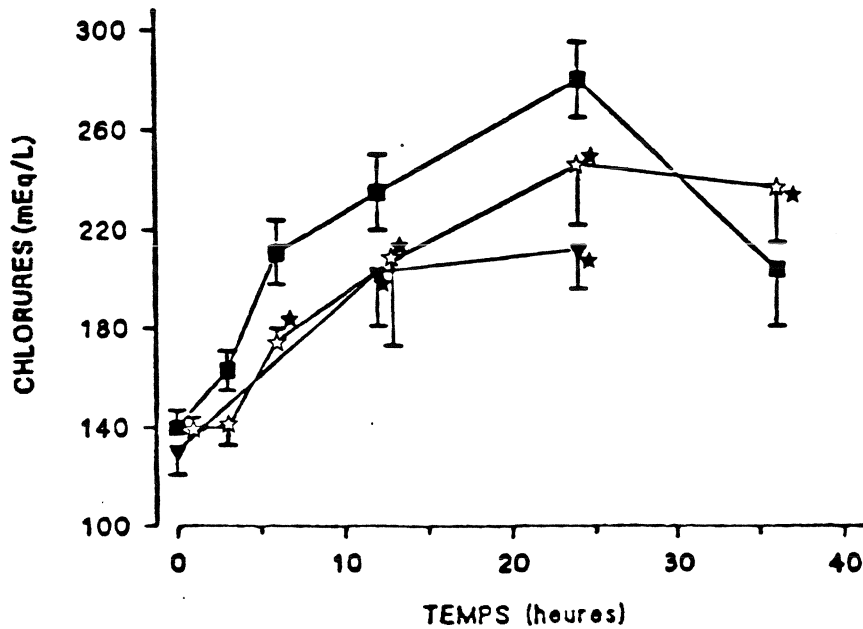


(■) : Cl<sup>-</sup> (□) : Cl<sup>-</sup> témoins ED  
 (▼) : Na<sup>+</sup> (▽) : Na<sup>+</sup> témoins ED  
 (★) : Différence significative par rapport au lot témoin ED (P < 0,05)



FIGURE 4

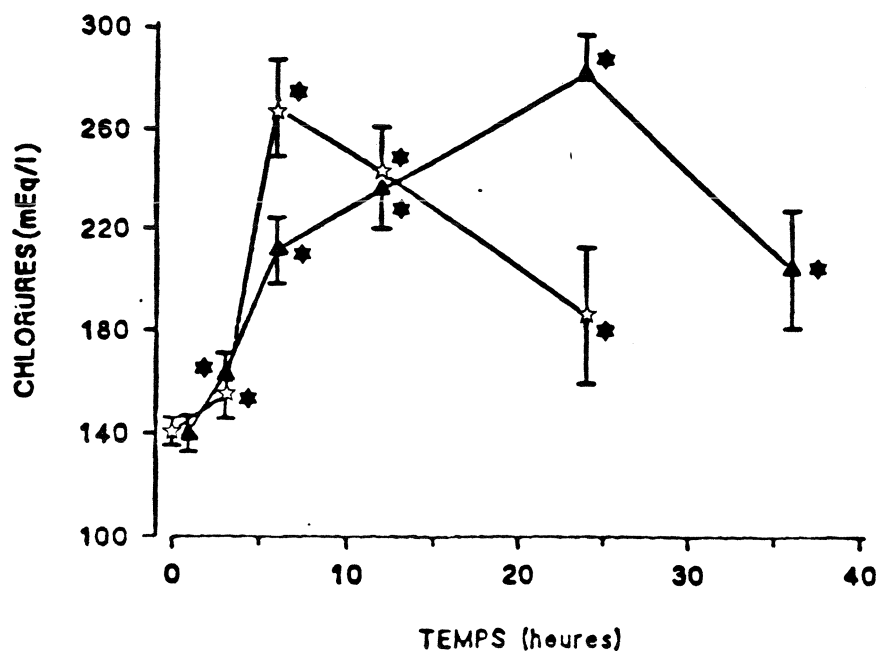
Evolution de la chlorémie du plasma sanguin chez *O. niloticus*, souche de laboratoire, en fonction de la taille après transfert direct en eau saumâtre à 23 ‰ de salinité et à la température de 25°C (d'après FEVRIER, 1989).



(☆) : poissons de 20 g. (■) : poissons de 50 g. (▼) poissons de 200 g.  
 (\*) : différence significative par rapport aux poissons de 50 g. (P < 0,05).

FIGURE 5

Effet de la température sur la chlorémie du plasma sanguin chez *O. niloticus*, souche de laboratoire, après transfert direct en eau saumâtre à la salinité de 23 ‰ (d'après FEVRIER, 1989)



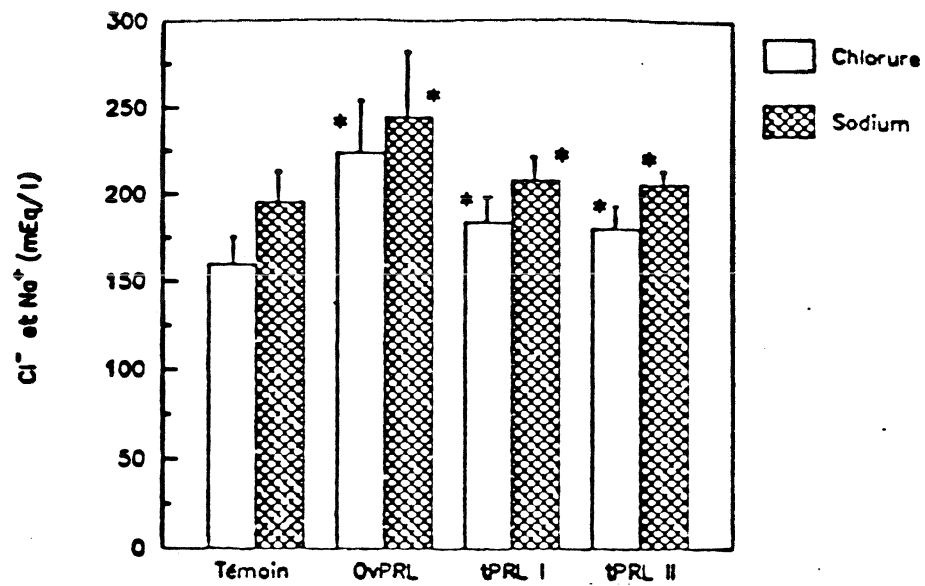
(▲) : température 25°C

(☆) : température 30°C

(★) : différence significative par rapport au lot témoin ED (P < 0,05)

FIGURE 6

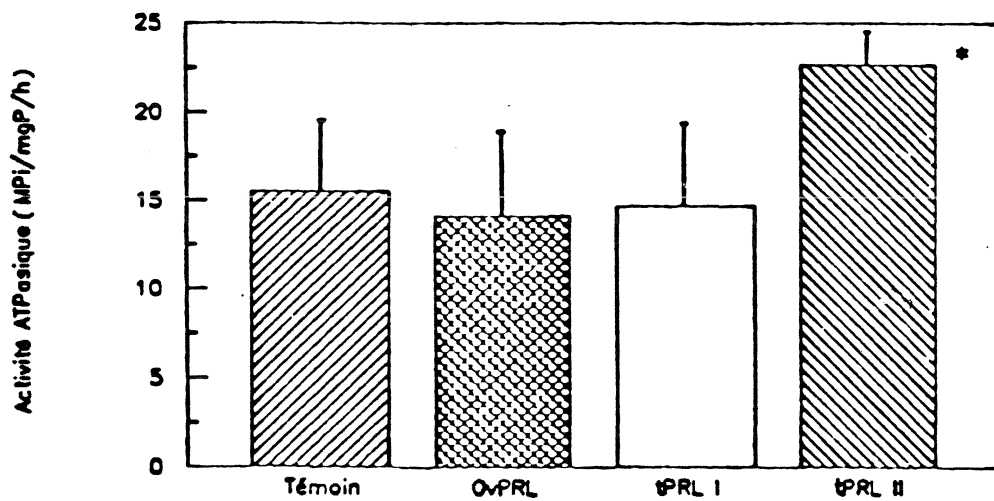
Natrémie et chlorémie chez *O. niloticus*,  
souche de laboratoire, adaptée à une eau saumâtre à 23 ‰ de salinité  
après 4 jours de traitement à la prolactine  
(d'après FEVRIER, 1989)



(\*) Différence significative par rapport au lot témoin non traité (P < 0,05)

FIGURE 7

Activité  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -ATPasique branchiale chez *O. niloticus*,  
souche de laboratoire, adaptée à une eau saumâtre à 23 ‰ de salinité  
après 4 jours de traitement à la prolactine  
(d'après FEVRIER, 1989)



(\*) Différence significative par rapport au lot témoin non traité ( $P < 0,05$ )

TABLEAU 3

Nombre de cellules à chlorure interlamellaires branchiales  
chez *O. niloticus*, souche de laboratoire  
adaptée à une eau à 23 ‰ de salinité  
après traitement à la prolactine  
(d'après FEVRIER, 1989)

	Témoin non traité	ovPRL	tPRL I	tPRL II
Nombre moyen de cellules à chlorure par filament branchial	18,4 ± 7	6,7* ± 3,7	9,8* ± 5,9	20,5 ± 3,4

(\*) Différence significative par rapport au lot témoin ED (P < 0,05)

---

**DOCUMENT N° 4**

---

**ANALYSE DES RESULTATS OBTENUS AVEC LES SOUCHES ISRAELIENNES ET EGYPTIENNES  
DE T. AUREA EN BASSINS A LA STATION D'ANNA ET EN CAGES FLOTTANTES  
EN LAGUNE AGHIEN**

## 1. INTRODUCTION

En corollaire aux essais réalisés à Jacquville dans les enclos (Document n° 2), des expérimentations ont été mises en place sur la lagune Aghien pour évaluer les paramètres de production de *T. aurea* en cages flottantes. Ces expérimentations en vraie grandeur se sont déroulées à la Ferme Pilote Tilapia du Projet Aquaculture et le poisson produit a été commercialisé pour tester la réaction du marché à cette nouvelle espèce qui se substituait à *T. nilotica*.

En effet, la réouverture du grau de Grand Bassam en septembre 1987 a fait perdre à la Lagune Aghien son caractère exclusivement continental. Si elle reste dessalée de juin à décembre, la salinité y augmente dorénavant de façon progressive à partir du mois de janvier pour atteindre un maximum de 6 à 7‰ au mois d'avril. Ces modifications apparemment minimales ont été suffisantes pour provoquer d'importantes mortalités de *T. nilotica* dès le début de 1988 et donc condamner définitivement la production de cette espèce en Lagune Aghien.

Les cages de la Ferme Pilote ont été mises en charge dès fin 1988 avec des alevins de *T. aurea* produits d'abord sur la Station d'Anna puis sur celle de Mopoyem. Pour les cages alevinées depuis la Station d'Anna, nous avons procédé à un essai comparatif élevage mixte/élevage monosexé  $\sigma$  ou  $\varphi$ . Les résultats obtenus au cours de cet essai sont présentés dans la première partie de ce document.

Rappelons que cet essai a été réalisé avec une souche originaire d'Israël qui est la même que celle que nous avons utilisée au cours des expérimentations préliminaires (Document n° 1) et au cours de celles effectuées en enclos à Jacquville (Document n° 2). Mais, en 1988, le Centre Piscicole de l'IDESSA s'est procuré une autre souche de *T. aurea* provenant d'un lac saumâtre d'Egypte, le Lac Manzalla.

Un essai comparatif fut donc mis en place en 1989 à la Station d'Anna pour comparer les performances des deux souches en eau de lagune et, début 1990, des cages de la Ferme Pilote Tilapia furent alevinées avec du *T. aurea* de la souche Egypte.

La deuxième partie de ce document est donc consacrée à l'analyse des résultats obtenus au cours de ces deux derniers essais.

## 2. ESSAIS REALISES A LA FERME PILOTE TILAPIA (LAGUNE AGHIEN) AVEC LA SOUCHE ISRAEL DE T. AUREA

Ces essais ont été conduits sur une période de grossissement comprise entre 260 et 270 jours. Les densités à l'alevinage ont varié entre 80 et 115 poissons/m<sup>3</sup> de manière à maintenir une charge biotique à peu près équivalente dans toutes les cages. Celles-ci ont reçu un même traitement alimentaire qu'il s'a-

gisse de la taille des granulés distribués (2 mm jusqu'à 120 g, 4 mm au-delà) ou de la ration alimentaire. Pour les élevages mixtes, le sex-ratio et le poids moyen des mâles et des femelles ont été contrôlés en début et en fin d'élevage.

Les résultats bruts des élevages mixtes et monosexes mâles ou femelles sont présentés respectivement dans les tableaux 1, 2 et 3. Les courbes de croissance moyennes ont été tracées à partir des données des pêches de contrôle (fig.1).

On constate tout d'abord une grande homogénéité, ce qui signifie une forte ré-pétabilité, dans les résultats de croissance pour chacun des types de production. En élevage mixte, les gains moyens quotidiens (GMQ) pour  $\sigma + \varphi$ ,  $\sigma$  et  $\varphi$  sont respectivement de 1,05, 1,29 et 0,84 g/jour alors qu'en élevage monosexé la croissance des mâles est de 1,21 g/jour et celle des femelles de 0,93 g/jour. L'écart de croissance entre les deux sexes a donc tendance à se creuser en élevage mixte sans doute en raison d'une compétition sur l'aliment qui bénéficie aux poissons les plus gros. La fig. 1 montre également que la vitesse de croissance des femelles en élevage monosexé est pratiquement équivalente à celle d'une population mixte jusqu'à un poids moyen de 220 g à partir duquel la croissance des femelles a tendance à s'infléchir.

Les contrôles sur les sex-ratios, effectués au cours des essais d'élevage mixte, donnent 52% de mâles à la mise en charge contre 47% à la vidange. Cet écart s'explique vraisemblablement plus par des erreurs de sexage en faveur des mâles (lorsque les poissons sont petits) que par une mortalité différentielle entre les deux sexes. En effet, on obtient un taux de survie de 93% pour les mâles en élevage monosexé alors que celui-ci est respectivement de 86% et de 85% pour les femelles seules et pour les populations mixtes.

Les  $Q_n$  obtenus pour chaque type d'élevage sont assez homogènes, la variabilité étant essentiellement fonction du taux de survie et plus précisément du nombre plus ou moins grand de disparitions incontrôlées et constatées uniquement au moment de la vidange et du dénombrement final. Ces  $Q_n$ , sans être élevés, ont des valeurs assez moyennes compte tenu des taux de survie (notamment pour les mâles) mais il faut se souvenir qu'il s'agissait d'un premier essai de production au cours duquel aucun travail d'optimisation n'a été réalisé sur les taux de rationnement.

Globalement, par rapport aux résultats obtenus en enclos à Jacquville, les  $Q_n$  sont assez voisins mais la croissance apparaît beaucoup plus lente en cages qu'en enclos. Il faut, en effet, environ 8,5 mois pour produire un poisson de 300 g en cages alors que ce poids est atteint en moins de 5 mois dans les enclos. Toutefois, cette appréciation doit être modulée par deux éléments :

- a) la charge biotique est pratiquement 10 fois plus élevée dans les cages,
- b) la production est beaucoup plus fiable en Lagune Aghien qu'en Lagune Ebrié en ce qui concerne la survie (cf. Document n° 2).



**Tableau 1. Essai élevage mixte *T. aurea* souche Israël  
Ferme Pilote Tilapia (Lagune Aghien)**

cage n°	Nombre de jours	pmi (g)			pmf (g)			ni	nf	Survie (%)	PTi (kg)	PTf (kg)	Aliment (kg)	Qn	% $\sigma$ initial	% $\sigma$ final
		$\sigma$	$\sigma+\varphi$	$\varphi$	$\sigma$	$\sigma+\varphi$	$\varphi$									
9	267	29	24	20	362	298	240	1125	797	pré- vements pour labo.	27	238	624	-	53	48
18	267	27	23	19	366	298	241	1272	1103	87	29	329	775	2,58	53	45
7	267	30	25	20	394	316	243	1125	1074	95	28	339	714	2,29	53	48
17	267	29	24	20	347	291	247	1260	1096	87	30	319	778	2,69	53	44
31	261	32	26	21	363	300	237	1080	897	83	28	270	646	2,67	50	51
34	261	29	24	20	394	317	250	1093	778	71 (175 disp.)	24	247	659	2,96	50	47
moyenne	-	29	24	20	371	303	243	-	-	-	-	-	-	-	52	47
Totaux (sauf C9)	-	-	-	-	-	-	-	5830	4948	85	139	1504	3572	2,62	-	-

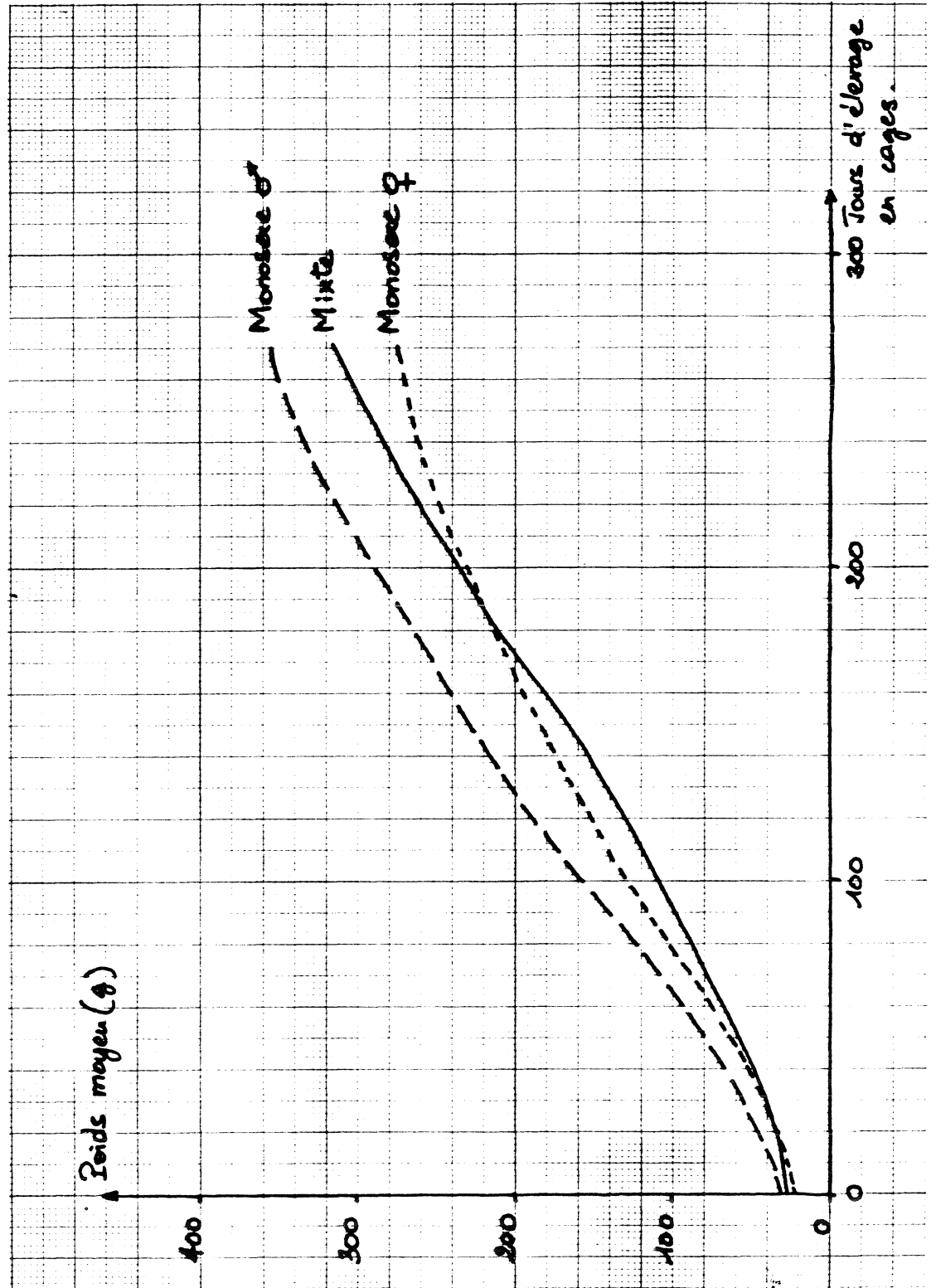
**Tableau 2. Essai élevage monosex  $\sigma$  *T. aurea* souche Israël  
Ferme Pilote Tilapia (Lagune Aghien)**

cage n°	Nombre de jours	pmi (g)	pmf (g)	GMQ (g/jour)	ni	nf	Survie (%)	PTi (kg)	PTf (kg)	Aliment (kg)	Qn
1	259	31	352	1,24	1100	1018	93	34	358	810	2,50
4	259	31	337	1,20	1100	1020	93	34	344	780	2,52
30	263	28	345	1,21	1089	1013	93	31	349	828	2,60
36	266	29	324	1,11	1100	1146	(104)	32	371	823	(2,43)
37	266	29	362	1,25	1098	891	(81)	32	322	827	(2,85)
38	265	28	355	1,23	927	899	97	30	319	693	2,40
moyenne	-	29	346	1,21	-	-	-	-	-	-	-
Totaux	-	-	-	-	6414	5987	93	193	2063	4761	2,55

**Tableau 3. Essai élevage monosex  $\varphi$  *T. aurea* souche Israël  
Ferme Pilote Tilapia (Lagune Aghien)**

cage n°	Nombre de jours	pmi (g)	pmf (g)	GMQ (g/jour)	ni	nf	Survie (%)	PTi (kg)	PTf (kg)	Aliment (kg)	Qn
13	263	23	261	0,91	1500	993	66	35	260	851	3,78
14	263	21	270	0,95	1500	1455	97	32	392	1051	2,92
28	263	22	268	0,94	1500	1430	95	33	384	1107	3,15
moyenne	-	22	266	0,93	-	-	-	-	-	-	-
totaux	-	-	-	-	4500	3878	86	100	1036	3005	3,21

Fig. 1: Croissance comparée de populations mixtes et de populations monosexes ♂ et ♀ de T. aurea proche Israël en cage flottante à la ferme pilote Tiliapia (lagune Agilen)



### 3. COMPARAISON DE LA SOUCHE EGYPTTE ET DE LA SOUCHE ISRAEL ET RESULTATS DE LA SOUCHE EGYPTTE A LA FERME PILOTE TILAPIA

#### 31. Comparaison des deux souches en bassins à la Station d'Anna

Cet essai a démarré en mai 1989 et s'est achevé au mois de décembre après 215 jours d'élevage. Les conditions de salinité ont donc été extrêmement variables. La salinité initialement proche de 15‰ est progressivement descendue à 1 ou 2‰ en juillet avec la saison des pluies. Elle s'est stabilisée à ce niveau jusqu'en septembre pour tomber à 0‰ pendant les crues puis remonter fin octobre pour revenir à son niveau de départ au mois de décembre.

Nous avons utilisé pour cet essai 12 bacs circulaires (dont le volume utile est d'environ 7 m<sup>3</sup>) de manière à tester 4 traitements en triplicat. En effet, au sein de chacune des deux souches, nous avons voulu tester indépendamment les poissons de sexe mâle et de sexe femelle. Ce schéma correspond donc sur le plan expérimental à un modèle hiérarchisé dont les résultats peuvent être traités par une analyse de variance à 2 critères.

Chaque bassin a été aleviné avec 60 poissons sauf les bassins contenant des femelles de *T. aurea* de la souche Egypte qui ont été mis en charge avec 42 à 45 individus. En effet, peu d'alevins de la souche Egypte étaient alors disponibles sur le Centre Piscicole de l'IDESSA car il s'agissait d'une des toutes premières descendances obtenues. Ceci explique également que les poids moyens initiaux des alevins ne soient pas identiques d'un traitement à l'autre.

Les résultats de ce test sont présentés dans le tableau 4.

L'analyse statistique montre qu'en moyenne, les survies obtenues avec la souche Israël sont très supérieures à celles obtenues avec la souche Egypte ( $\alpha = 0,001$ ) et qu'il n'existe aucune différence significative entre la survie des mâles et celle des femelles quelle que soit la souche considérée.

Les performances de croissance, interprétées par analyse de covariance sur les poids moyens, pour tenir compte des différences initiales, sont supérieures pour la souche Egypte en ce qui concerne les poissons de sexe mâle ( $\alpha = 0,01$ ). Par contre, ces performances ne sont pas significativement différentes entre les femelles des 2 souches ( $F_{obs.} = 1,63$ ). Globalement, la souche Egypte s'avère néanmoins plus performante que la souche Israël ( $\alpha = 0,05$ ).

On peut remarquer enfin qu'à traitement alimentaire équivalent (consommation totale/poids total moyen), les  $Q_n$  sont constants pour un même sexe indépendamment de la souche considérée.

**Tableau 4.** Comparaison des performances des 2 souches de *T. aurea* en eau de lagune à la Station d'Anna (moyennes calculées sur les triplicats)

Souche	Egypte		Israël	
	♂	♀	♂	♀
Sexe				
Survie (%)	74,4	74,3	98,9	99,3
Poids moyen initial (g) - Poids moyen final (g) —	45 371	29 248	73 364	50 247
Croissance (g/jour)	1,51	1,02	1,35	0,92
Qn	2,6	3,5	2,5	3,5

32. Essai de grossissement de la souche Egypte à la Ferme Pilote Tilapia (Lagune Aghien)

La souche Egypte s'étant révélée plus performante que la souche Israël sur le plan de la croissance, il a paru intéressant de poursuivre des essais avec cette souche en Lagune Aghien dans des conditions de salinité moins contraignantes et donc plus favorables à une meilleure survie.

Les cages ont été alevinées fin 1989 - début 1990 avec des poissons non sexés produits sur la Station d'Anna. Les conditions de densité et de nourrissage sont restées les mêmes que celles que nous avons précédemment employées avec la souche Israël en Lagune Aghien.

Les résultats bruts sont rapportés dans le tableau 5.

Ils montrent tout d'abord une très bonne survie, au moins égale et voire supérieure à celle de la souche Israël, alors que les essais se sont déroulés pendant la saison sèche, c'est-à-dire en période de salinité maximale.

Le Qn moyen est très inférieur à celui obtenu avec la souche Israël, vraisemblablement parce que les tables de rationnement étaient mieux adaptées à la vitesse de croissance de la souche Egypte (ce qui signifie réciproquement qu'il y a eu surnourrissage dans le cas de la souche Israël).

Le résultat le plus significatif est la croissance bien meilleure de la souche Egypte avec une moyenne de 1,79 g/jour, ce qui est supérieur à la croissance observée avec les populations monosexes mâles de la souche Israël. Les résultats obtenus en bassins se trouvent donc confirmés, la différence de croissance étant même encore plus grande en cages qu'en bassins.

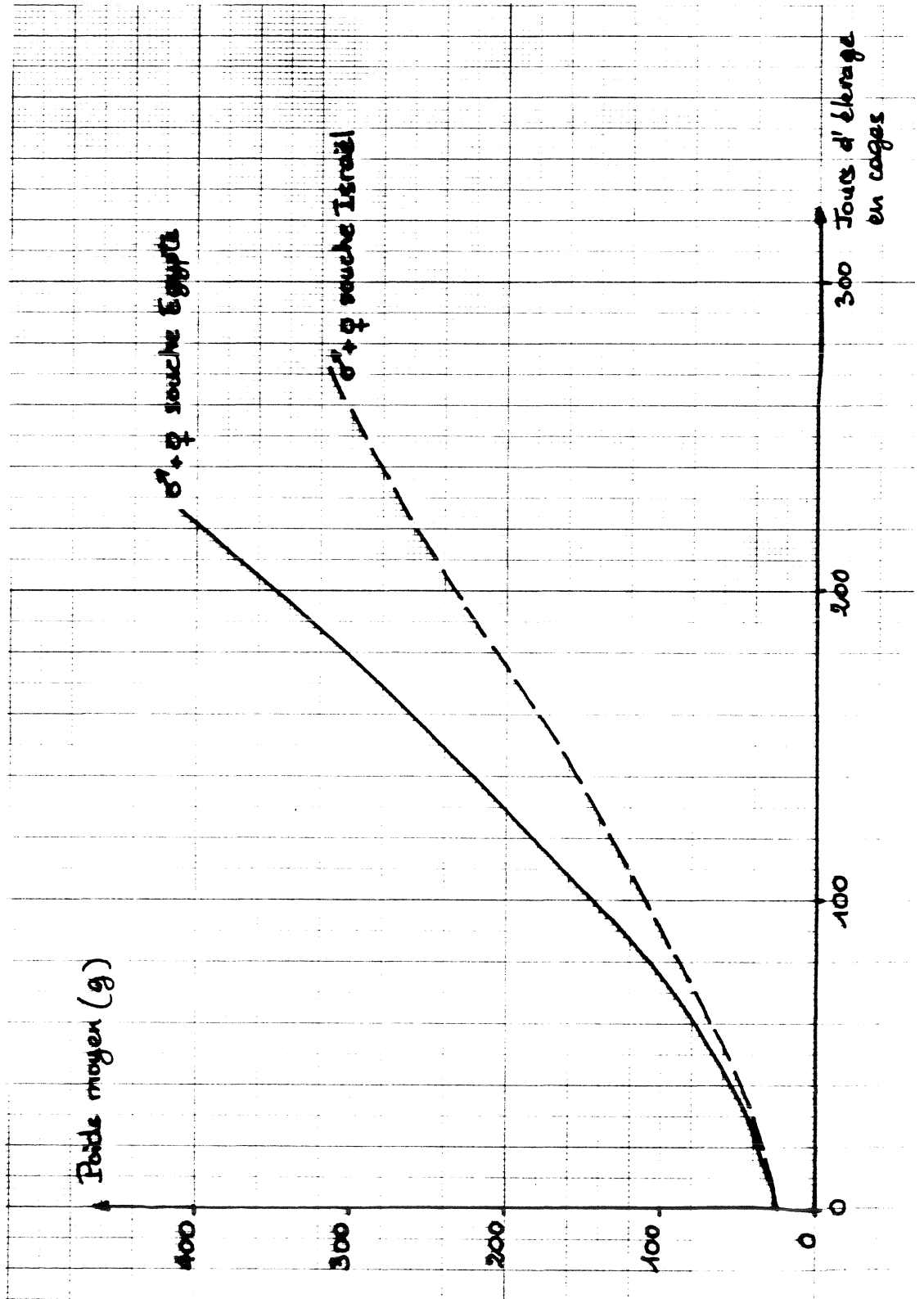
**Tableau 5. Essai élevage mixte *T. aurea* souche Egypte  
Ferme Pilote Tilapia (Lagune Aghien)**

Cage n°	Nombre de jours	pmi (g)	pmf (g)	GMQ (g/jour)	ni	nf	Survie (%)	Pti (kg)	Ptf (kg)	Aliment (kg)	Qn
7	186	62	417	1,91	1150	1069	93	71	445	625	1,67
6	187	46	404	1,91	1125	959	85	52	388	545	1,62
5	186	52	362	1,67	1162	998	86	81	362	572	1,90
10	132	29	248	1,66	1050	1019	97	30	253	317	1,42
9	132	28	263	1,81	899	872	97	25	229	277	1,36
moyenne	-	43	339	1,79	-	-	-	-	-	-	-
totaux	-	-	-	-	5386	4917	91	239	1677	2336	1,62

Pour illustrer ce résultat, nous avons reporté sur un même graphique (fig. 2) les courbes de croissance des deux souches en recalculant au départ la courbe de la souche Egypte pour éliminer les différences sur les poids moyens initiaux et obtenir une même abscisse à l'origine. Après 200 jours d'élevage, on constate pratiquement un écart de plus de 100 g sur le poids moyen.

En conclusion, la souche Egypte s'avère dans l'ensemble plus performante que la souche Israël en Lagune Aghien. Elle doit donc s'y substituer et être dorénavant produite sur la Station de Mopoyem, cette station étant chargée de l'alevinage des cages flottantes sur cette lagune.

Fig. 2: Croissance comparée des 2 souches de T. aurea en cages flottantes à la ferme El-Hote (Logone Ahkien)



---

**DOCUMENT N° 5**

---

**BIBLIOGRAPHIE GENERALE**



## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AL-AHMAD (T.A.), RIDHA (M.), AL-AHMED (A.A.), 1988. - Production and feed ration of the tilapia *Oreochromis spilurus* in seawater. *Aquaculture*, 73 : 111-118.
- AL-AMOUDI(M.M.), 1987. - Acclimation of commercialy cultured *Oreochromis* species to seawater - an experimental study. *Aquaculture*, 65 : 333-342.
- ALBARET (J.J.), ECOUTIN (J.M.), 1989. - Communication mer-lagune : impact d'une réouverture sur l'ichtyofaune de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). *Rev. Hydrobiol. trop.*, 22(1) : 71-81.
- ANCONA (U.d'), 1962. - Problèmes de spéciation et de sélection dans la mer et dans les eaux douces. *Ann. Soc. Zool. Belg.*, 93(2) : 203-219.
- Anonyme, 1987. - Projet Pilote de Développement de l'Aquaculture Lagunaire. Rapport Général. Direction des Pêches, Ministère de la Production Animale (Côte d'Ivoire), 110 p.
- ASSEM (H.), HANKE (W.), 1979. - Concentration of carbohydrates during osmotic adjustment of the euryhaline teleost, *Tilapia mossambica*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 64A : 5-16.

- AVAULT (J.W.), SHELL (E.W.), 1968. - Preliminary studies with the hybrid *Tilapia nilotica* x *Tilapia mossambica*. In Pillay (T.V.R.) (ed), Proceedings of the FAO Symposium on Warm Water Pond Fish Culture, Rome, 18-25 May 1966. *FAO Fisheries Report*, 44 (4) : 237-242.
- AVELLA (M.), MASONI (A.), BORNANCIN (M.), MAYER-GOSTAN (N.), 1987. - Gill morphology and sodium influx in the rainbow trout (*Salmo gairdneri*) acclimated to artificial freshwater environments. *J. Exp. Zool.*, 241 : 159-169.
- BARDACH (J.E.), RYTHER (J.H.), McLARNEY (W.O.), 1972. - *Aquaculture. The farming and husbandry of freshwater and marine organisms.* N.H. WILEY Interscience, New-York, NY. 808 p.
- BOEUF (G.), HARACHE (Y.), 1982. - Criteria of adaptation of salmonids to high salinity seawater in France. *Aquaculture*, 28 : 163-176.
- CHERVINSKI (J.), 1966. - Growth of *Tilapia aurea* in brackishwater ponds. *Bamidgeh*, 18(3-4) : 81-83.

- CHERVINSKI (J.), 1982. - Environmental physiology of tilapias.  
In Pullin (R.S.V.) and Lowe-McConnell (R.H.) (eds), The biology and culture of tilapias. ICLARM Conference Proceedings 7, ICLARM, Manila, Philippines. 119-128.
- CHERVINSKI (J.), YASHOUV (A.), 1971. - Preliminary experiments on the growth of *Tilapia aurea*, Steindachner (Pisces, Cichlidae) in seawater ponds. *Bamidgeh*, 23 (4) : 125-129.
- CHERVINSKI (J.), ZORN (M.), 1974. - Note on the growth of *Tilapia aurea* (Steindachner) and *Tilapia zillii* (Gervais) in seawater ponds. *Aquaculture*, 4 : 249-255.
- CHEVASSUS (B.), 1983. - Hybridization in fish. *Aquaculture*, 33 : 245-262.
- CRUZ (E.M.), RIDHA (M.), ABDULLAH (M.S.), 1990. - Production of the african freshwater tilapia *Oreochromis spilurus* (Günther) in seawater. *Aquaculture*, 84 : 41-48.
- DOUDET (T.), LEGENDRE (M.), 1986. - L'aquaculture. In Aménagement de la pêche et de l'aquaculture en Côte d'Ivoire. *Cent. Rech. Océanogr. Abidjan*, 109-125.
- DURAND (J.R.), CHANTRAINE (J.M.), 1982. - L'environnement climatique des lagunes ivoiriennes. *Rev. Hydrobiol. trop.*, 15 (2) : 85-113.

FORTES (R.D.), 1987.- Culture studies on *Tilapia sp.* under saline conditions at the Brackishwater Aquaculture Center. In Guerrero (R.D. III), Guzman (D.L.) and Lantican (C.M.) (eds), *Tilapia farming, Proceedings of the First National Symposium and Workshop on Tilapia Farming.* PCAARD Book Series 48, PCARRD, BFAR and SEAFDEC Aquaculture Department, Los Banos, Laguna, Philippines. 21-33.

FOSKETT (J.K.), LOGSDON (C.D.), TURNER (T.), MACHEN (T.E.), BERN (J.A. ), 1981.- Differentiation of the chloride extrusion mechanism during seawater adaptation of a teleost fish, the cichlid *Sarotherodon mossambicus*. *J. Exp. Biol.*, 93 : 209-224.

GLUCKSMAN (J.), WEST (G.), BERRA (T.M.), 1976. - The introduced fishes of Papua New Guinea with special reference to *Tilapia mossambica*. *Biological Conservation*, 9 : 37-44.

GUIRAL (D.), 1991. - Les macrophytes aquatiques des berges lagunaires. In Dufour (P.), Durand (J.R.) et Zabi (G.S.) (eds), *Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire. 2. Les milieux saumâtres : l'exemple de la lagune Ebrié.* A paraître, ORSTOM, Paris.

HOPKINS (K.D.), HOPKINS (M.L.), PAULY (D.), 1988. - A multivariate model on tilapia growth applied to seawater tilapia culture in Kuwait. In Pullin (R.S.V.), Bhukaswan (T.), Tonguthai (K.) and Maclean (J.L.) (eds), Proceedings of the Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Bangkok, 16-20 March 1987. ICLARM Conference Proceedings 15, Department of Fisheries, Bangkok, Thailand, and ICLARM, Manila, Philippines. 29-39.

JURSS (K.), BITTORF (Th.), VOKLER (Th.), WACKE (R.), 1984. - Biochemical investigations into the influence of environmental salinity on starvation in the tilapia *Oreochromis mossambicus*. *Aquaculture*, 40 : 171-182.

KIENER (A.), 1978. - Ecologie, physiologie et économie des eaux saumâtres. Collection de biologie des milieux marins. 1. Masson, Paris. 220 p.

LEGENDRE (M.), 1986. - Influence de la densité, de l'élevage monosexé et de l'alimentation sur la croissance de *Tilapia guineensis* et de *Sarotherodon melanotheron* élevés en cage-enclos en lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). *Rev. Hydrobiol. trop.*, 19 (1) : 19-29.

- LEGENBRE (M.), ECOUTIN (J.M.), HEM (S.), CISSE (A.), 1990. - Recherches sur les tilapias lagunaires de Côte d'Ivoire. In Lazard (J.), Jalabert (B.), Doudet (T.) (eds). L'aquaculture des tilapias : du développement à la recherche. *Cahiers Scientifiques du CTFT (supplément de Bois et Forêts des Tropiques)*, 10 : 93-116.
- LIAO (I.C.), CHANG (S.L.), 1983. - Studies on the feasibility of red tilapia culture in saline water. In Fishelson (L.) and Yaron (Z.) (comps), Proceedings of the International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Nazareth, 8-13 May 1983. Tel Aviv University, Tel Aviv, Israel. 524-533.
- LOBEL (P.S.), 1980. - Invasion by the Mozambique tilapia (*Sarotherodon mossambicus* ; Pisces ; Cichlidae) of a Pacific atoll marine ecosystem. *Micronesia*, 16 : 349-355.
- MAGNET (C.), 1980. - Développement de l'aquaculture lagunaire. Centre Technique Forestier Tropical, Nogent-sur-Marne, France, 45 p.
- MAGNET (C.), KOUASSI (Y.S.), 1979. - Essais d'élevage de poissons dans les lagunes Ebrié et Aghien. Reproduction en bacs cimentés, élevage en cages flottantes. Centre Technique Forestier Tropical, Nogent-sur-Marne, France, 70 p.

- MAJUMDAR (K.C.), McANDREW (B.J.), 1983. - Sex ratios from interspecific crosses within the tilapias. *In* Fishelson (L.) and Yaron (Z.) (comps), Proceedings of the International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Nazareth, 8-13 May 1983. Tel Aviv University, Tel Aviv, Israel. 261-269.
- MORISSENS (P.), ROCHE (P.), AGLINGLO (C.), 1986.- La pisciculture intensive en enclos dans les grandes lagunes du sud-est Bénin. *Bois et Forêts des Tropiques*, 213 : 51-70.
- MUUS (B.J.), 1967. - Some problems facing the ecologist concerning races and subspecies of brackishwater animals. *In* Lauff (G.H.) (ed), *Estuaries. Publ. Amer. Advanc. Sci.*, 83 : 558-563.
- PAYNE (A.I.), 1983. - Estuarine and salt tolerant tilapias. *In* Fishelson (L.) and Yaron (Z.) (comps), Proceedings of the International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Nazareth, 8-13 May 1983. Tel Aviv University, Tel Aviv, Israel. 534-543.
- PAYNE (A.I.), COLLINSON (R.I.), 1983. - A comparison of the biological characteristics of *Sarotherodon niloticus* (L.) with those of *S. aureus* (Steindachner) and other tilapia of the delta and lower Nile. *Aquaculture*, 30 : 335-351.

- PAYNE (A.I.), RIDGWAY (J.), HAMER (J.L.), 1988. - The influence of salt (NaCl) concentration and temperature on growth of *Oreochromis spilurus spilurus*, *O. mossambicus* and a red tilapia hybrid. In Pullin (R.S.V.), Bhukaswan (T.), Tonguthai (K.) and Maclean (J.L.) (eds), Proceedings of the Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Bangkok, 16-20 March 1987. ICLARM Conference Proceedings 15, Department of Fisheries, Bangkok, Thailand, and ICLARM, Manila, Philippines. 481-487.
- PERSCHBACHER (P.W.), McGEACHIN (R.B.), 1988. - Salinity tolerances of red hybrid tilapia fry, juveniles and adults. In Pullin (R.S.V.), Bhukaswan (T.), Tonguthai (K.) and Maclean (J.L.) (eds), Proceedings of the Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Bangkok, 16-20 March 1987. ICLARM Conference Proceedings 15, Department of Fisheries, Bangkok, Thailand and ICLARM, Manila, Philippines. 415-419.
- PHILIPPART (J.C.), RUWET (J.C.), 1982. - Ecology and distribution of tilapias. In Pullin (R.S.V.) and Lowe-McConnell (R.H.) (eds), The biology and culture of tilapias. ICLARM Conference Proceedings 7, ICLARM, Manila, Philippines. 119-128.
- PORA (A.E.), 1960. - L'homéopathie, une notion à préciser dans la physiologie écologique des animaux aquatiques. *Rapp. Comm. int. mer Médit.*, 15 (6) : 171-188.



- PORA (A.E.), 1969. - L'importance du facteur rapique (équilibre ionique) pour la vie aquatique. *Verh. int. Ver. Limnol.*, 17 : 970-986.
- POTTS (W.T.W.), FOSTER (M.A.), RUDY (P.P.), HOWELLS (G.P.), 1967. - Sodium and water balance in the cichlid teleost, *Tilapia mossambica*. *J. Exp. Biol.*, 47 : 461-470.
- PRUGININ (Y.), 1968. - The culture of carps and tilapia hybrids in Uganda. In Pillay (T.V.R.) (ed), Proceedings of the FAO Symposium on Warm Water Pond Fish Culture, Rome, 18-25 May 1966. *FAO Fisheries Report*, 44 (4) : 223-229.
- PRUGININ (Y.), ROTHBARD (S.), WOHLFARTH (G.), HALEVY (A.), MOAV (R.), HULATA (G.), 1975. - All-male broods of *Tilapia nilotica* x *T. aurea* hybrids. *Aquaculture*, 6 : 11-21.
- STICKNEY (R.R.), 1986. - Tilapia tolerance of saline waters : a review. *Prog. Fish Cult.*, 48 : 161-167.
- WATANABE (W.O.), KUO (C.M.), HUANG (M.C.), 1985. - Salinity tolerance of the tilapias *Oreochromis niloticus*, *O. aureus* and an *O. mossambicus* x *O. niloticus* hybrid. ICLARM Technical Report 16, Council for Agricultural Planning and Development, Taipei, Taiwan and ICLARM, Manila, Philippines. 22 p.

- WATANABE (W.O.), ELLINGSON (L.J), WICKLUND (R.I.), OLLA (B.L.), 1988. - The effects of salinity on growth, food consumption and conversion in juvenile, monosex male Florida red tilapia. In Pullin (R.S.V.), Bhukaswan (T.), Tonguthai (K.) and Maclean (J.L.) (eds), Proceedings of the Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Bangkok, 16-20 March 1987. ICLARM Conference Proceedings 15, Department of Fisheries, Bangkok, Thailand, and ICLARM, Manila, Philippines. 515-523.
- WHITFIELD (A.K.), BLABER (S.J.M.), 1976.- The effects of temperature and salinity in *Tilapia rendalli*, Boulenger 1896. *J. Fish. Biol.*, 9 : 99-104.
- WHITFIELD (A.K.), BLABER (S.J.M.), 1979. - The distribution of the freshwater cichlid *Sarotherodon mossambicus* in estuarine systems. *Environ. Biol. Fishes.*, 4 (1) : 77-81.
- WOHLFARTH (G.W.), HULATA (G.), ROTHBARD (S.), ITZKOWICH (J.), HALEVY (A.), 1983. - Comparisons between interspecific hybrids for some production traits. In Fishelson (L.) and Yaron (Z.) (comps), Proceedings of the International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Nazareth, 8-13 May 1983. Tel Aviv University, Tel Aviv, Israel. 559-569.

---

**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES COMPLEMENTAIRES**

---

AVELLA M. et M. BORNANCIN, 1988. Adaptation d'espèces et de souches de *Tilapia* à des eaux saumâtres : étude des potentialités d'*Oreochromis niloticus*.

Compte-rendu d'ATP/CIRAD, CTFT, 21 p.

AVELLA M. et M. BORNANCIN, 1989. Adaptation d'espèces et de souches de *Tilapia* à des eaux saumâtres : étude physiologique comparative des potentialités d'*Oreochromis niloticus* et *Oreochromis aureus*.

Compte-rendu d'ATP/CIRAD, CTFT, 38 p.

FEVRIER M.C., 1989. Effet du poids, de la température et de l'hormone prolactine sur les capacités physiologiques d'adaptation à l'eau saumâtre d'*Oreochromis niloticus*.

Mémoire de DEA, Université de Rennes, 39 p.

Centre Piscicole de l'IDESSA. Rapports annuels 1988 et 1989.

DOUDET T., 1988. Comparaison de la tolérance au milieu lagunaire saumâtre de différentes espèces et hybrides d'*Oreochromis* pour leur utilisation en aquaculture (Lagune Ebrié, Côte d'Ivoire).

In : Proc. Atelier International sur la Recherche Aquacole en Afrique, Bouaké, Côte d'Ivoire, 14-17 nov. 1988, CRDI (à paraître).

PRUNET P. et M. BORNANCIN. Physiologie de l'adaptation des tilapias à la salinité : aspects fondamentaux et appliqués.

In : L'aquaculture des tilapias : du développement à la recherche, CTFT ed., Journée Tilapia, 28 sept. 1987, Nogent-sur-Marne, FRANCE (à paraître).