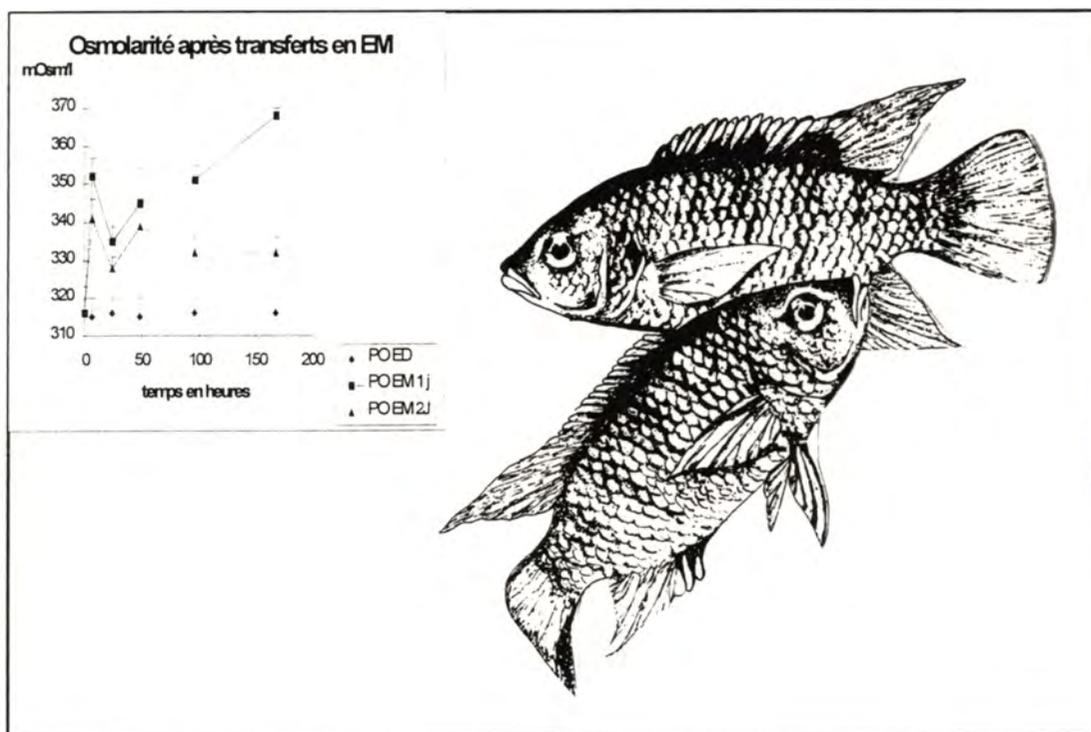




# EVALUATION DE LA CAPACITE D'ADAPTATION A L'EAU DE MER DE LA SOUCHE HYBRIDE DE TILAPIA ROUGE EXPLOITEE EN EAU DOUCE AUX ANTILLES FRANCAISES

J.C. Falguière, O. Denis, V. Vianas, A. Leroux, A. Sevère, G. Boeuf



FICHE DOCUMENTAIRE

<b>Type de rapport :</b> Rapport de résultats de recherches scientifiques et/ou techniques	
<b>Numéro d'identification du rapport :</b> DRV/RA/97-6	<b>date de publication</b> Février 1997
<b>Diffusion :</b> libre X restreinte <input type="checkbox"/> interdite <input type="checkbox"/>	<b>nombre de pages</b> 34
<b>Validé par :</b>	<b>bibliographie (oui)</b>
<b>Adresse électronique :</b>	<b>illustration(s) (oui)</b>
- chemin UNIX :	<b>langue du rapport</b> Français
- adresse WWW :	
<b>Titre et sous-titre du rapport :</b>	
Evaluation de la capacité d'adaptation à l'eau de mer de la souche hybride de Tilapia rouge exploitée en eau douce aux Antilles Françaises	
<b>Titre traduit :</b>	
Seawater adaptation in red tilapia hybrid reared in freshwater in French west Indies.	
<b>Auteur(s) principal(aux)</b>	<b>Organisme / Direction / Service, laboratoire</b>
Jean Claude Falguière Olivier Denis Viviane Vianas Annick Leroux Armelle Severe Gilles Boeuf	IFREMER / DRV / Laboratoire R.A. du Robert IFREMER / DRV / Laboratoire R.A. de Brest
<b>Collaborateur(s) : nom, prénom</b>	<b>Organisme / Direction / Service, laboratoire</b>
Organisme commanditaire : nom développé, sigle, adresse Ministère des DOM-TOM. CORDET. DAESC. 27 rue Oudinot. 75358 Paris 07 SP	
<b>Titre du contrat :</b>	<b>n° de contrat Ifremer</b>
Diversification en aquaculture marine de poissons aux Antilles	Contrat CORDET 94 D 0 64
<b>Organisme(s) réalisateur(s) : nom(s) développé(s), sigle(s), adresse(s)</b>	
Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) Responsable scientifique : Jean Claude Falguière	
<b>Cadre de la recherche :</b>	
<b>Programme :</b>	<b>Convention :</b>
<b>Projet :</b>	<b>Autres (préciser) :</b>
Campagne océanographique : (nom de campagne, année, nom du navire)	

## FICHE DOCUMENTAIRE

### Résumé :

Une série d'expériences a été conduite dans les installations de la station IFREMER du Robert (Martinique) pour évaluer les possibilités d'élevage en eau de mer (EM) de la souche locale hybride de tilapia rouge (appelé "Saint Pierre"). Cet hybride, proche de la souche "Red Florida", a été introduite en 1986 des USA. Le potentiel de cette filière d'élevage est considéré comme considérable dans ces régions insulaires dépourvues de ressources importantes en eau douce (ED). Des poissons de différentes classes de poids (5-150 g) ont été transférés d'ED en EM suivant différents types de transfert direct ou progressif, et ensuite élevés en EM. La survie et la croissance ont été suivies dans différentes conditions de salinités et dans différentes structures d'élevage (cage ou bassin). La pression osmotique sanguine, les concentrations en ions sodium, chlorure, les niveaux d'hormones circulantes (tri-iodo-thyronine ou T3 et thyroxine ou T4) ont été suivis pour évaluer les réactions du poisson face à la variation de la salinité et ses capacités de croissance.

Au vu des résultats obtenus lors du transfert direct en EM, il apparaît que ces poissons sont incapables de s'adapter à leur nouveau milieu car ils ne peuvent pas contrôler leur pression osmotique interne. Par contre, après un transfert progressif (48 h), les poissons peuvent s'adapter puis grossir en EM, même pour de petites tailles (>5 g). Les capacités osmorégulatrices de cette souche sont donc importantes. Après deux mois de grossissement en EM, tous les poissons sont "normalement adaptés" du point de vue physiologique mais les performances zootechniques (croissance, survie) sont affectées et des problèmes parasitologiques (monogène *Neobenedenia melleni*) apparaissent contrairement à l'élevage en eau douce et en eau saumâtre. Cette souche possède un bon potentiel d'adaptation à la salinité, mais l'élevage en eau de mer à pleine salinité est difficile en raison de l'occurrence de problèmes pathologiques qui sont révélateurs probablement d'une adaptation imparfaite.

### Abstract :

Different experiments have been carried out in the facilities of IFREMER Le Robert, in Martinique island, to assess the possibility to rear in seawater (SW) the local hybrid of red tilapia (denominated "Saint-Pierre"). This hybrid, closed to the strain denominated "red Florida", has been transplanted from United States in 1986. Seawater rearing possibilities would be great in such islands which don't have abundant fresh water (FW). Fish of different sizes (5-150 g) have been transferred to full salinity seawater (34-36 ppt) according direct or progressive exposures, and thereafter reared in SW. Survival and growth have been checked, at different salinities and in different rearing frames (net pen or tank culture). Blood plasma osmolarity, sodium, potassium and chloride, thyroid hormones levels (both tri-iodo-thyronine or T3 and thyroxine or T4) have been measured in order to control the reactions of the fish to salinity and to assess growth capacities.

From the results observed in direct transfer, it appears that these tilapias are unable to adapt directly to SW, being unable to control their osmotic disequilibrium. After progressive transfer (48 h), fish can adapt themselves and subsequently grow in SW, even at very small sizes (> 5 g). The osmotic potential of this broodstock is high. After two months grow out in SW, all the fish are "normally adapted" on a physiological point of view but zootechnical data show bad growth and survival and parasitological problems (monogen *Neobenedenia melleni*) comparing to fresh and brackish water culture. This broodstock is able to adapt correctly to salinity, but long-term rearing in full salinity SW is not so easy, with the appearance of pathological problems which seems to be a consequence of an inadequate adaptation.

### Mots-clés :

Tilapia rouge, osmoregulation, aquaculture, Martinique, Antilles Françaises.

### Key words :

Red Tilapia, osmoregulation, aquaculture, Martinique, French West Indies.

# TABLE DES MATIERES

<b>I - INTRODUCTION</b>	<b>1</b>
<b>II - MATERIEL ET METHODE</b>	<b>3</b>
II - 1 - Expérience N° 1 : épreuves de résistance lors d'un transfert direct de poissons d'eau douce en eau de mer	5
II - 2 - Expérience N° 2 : épreuves de transfert progressif et par "paliers" de poissons d'eau douce en eau de mer	5
II - 3 - Expérience N° 3 : tests de grossissement de poissons sur différentes classes de poids ayant subi différents protocoles d'acclimatation lors du transfert d'eau douce en eau de mer	6
II - 4 - Expérience N° 4 : tests de grossissement de poissons en eau douce, en eau saumâtre et en eau de mer de pleine salinité	8
<b>III - RESULTATS ET PREMIERES OBSERVATIONS</b>	<b>9</b>
III - 1 - Expérience N° 1 : épreuves de résistance lors d'un transfert direct de poissons d'eau douce en eau de mer	9
III - 2 - Expérience N° 2 : épreuves de transfert progressif et par "paliers" de poissons d'eau douce en eau de mer	12
III - 3 - Expérience N° 3 : tests de grossissement de poissons sur différentes classes de poids ayant subi différents protocoles d'acclimatation lors du transfert d'eau douce en eau de mer	15
III - 4 - Expérience N° 4 : tests de grossissement de poissons en eau douce, en eau saumâtre et en eau de mer de pleine salinité	20

<b>IV - DISCUSSION</b>	<b>22</b>
<i>Transferts en eau de mer</i>	22
<i>Influence du poids des poissons sur les performances en grossissement</i>	23
<i>Influence du protocole d'acclimatation sur les performances en grossissement</i>	25
<i>Influence de la structure d'élevage sur les performances en grossissement</i>	26
<i>Problèmes pathologiques</i>	28
<i>Influence de la salinité sur les performances de grossissement</i>	28
<b>V - CONCLUSIONS</b>	<b>31</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>32</b>

## I - Introduction

La famille des Cichlidae est très largement distribuée dans le monde, principalement intertropical (figure 1), et notamment en Afrique, Palestine, Amérique du Sud et centrale, dans le sud de l'Inde et au Sri Lanka, à Taiwan, dans tout le sud-est asiatique, en Indonésie et aux Philippines. On les retrouve aussi dans des régions tempérées, car de nombreuses espèces ont été transplantées par l'homme, et on peut les rencontrer dans des centres de recherche ou des exploitations (USA, Belgique, Royaume-Uni ou Japon). Les tilapias sont représentés par environ 70 espèces distinguées actuellement en 3 genres : *Tilapia* et *Oreochromis* qui sont macrophages et pondent sur un substrat, et *Sarotherodon*, dont les espèces sont plutôt microphages et incubateurs buccaux. Ils ont été introduits dans le Nouveau Monde.

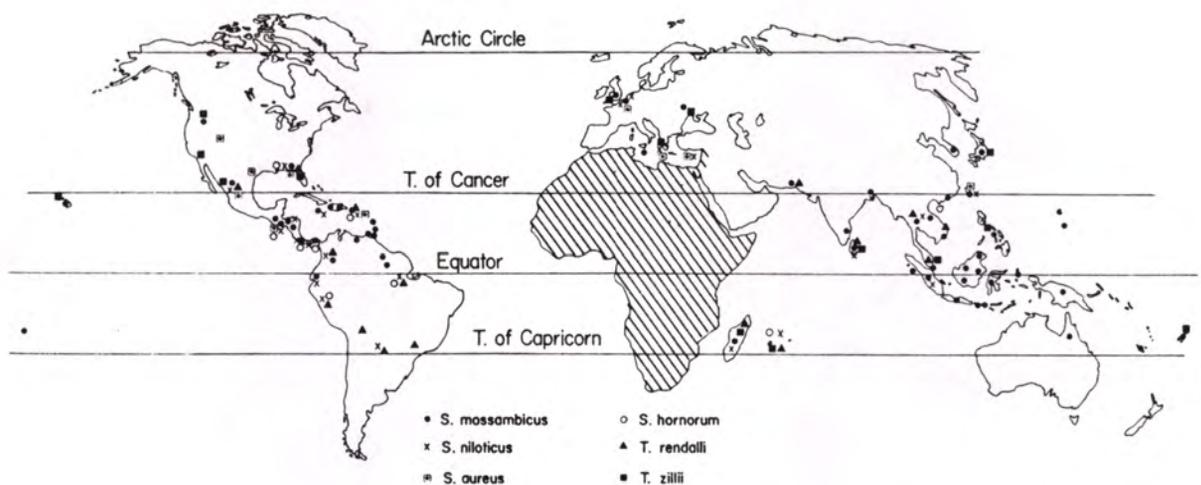


Figure 1 : Distribution de 6 des principales espèces de tilapias en dehors de l'Afrique (Philippart *et al*, 1982)

Les statistiques de la FAO font état, en 1992, d'une production annuelle de 473 000 t de Cichlidés sans distinction d'espèces. Dans la Caraïbe, le plus gros producteur est de loin la Jamaïque dont le tonnage annuel s'élève à plus de 2 500 tonnes d'hybrides de tilapias de couleur rouge, assez proches de celui élevé en Martinique puisque issu à l'origine de la même souche "Red Florida". La majorité de la production mondiale de Cichlidés et la quasi - totalité des hybrides de couleur rouge s'élève en eau douce et en bassins en terre selon des modèles, le plus souvent, extensif à semi-intensif.

Dans la zone intertropicale, la production de ces espèces s'est considérablement développée grâce principalement à leur rusticité et à des techniques d'élevage d'une grande simplicité, ce qui en fait une filière facilement transférable dans les pays en voie de développement. Cependant, dans le contexte insulaire rencontré, notamment, en Caraïbes, on se heurte à une limitation des sites disposant d'eau douce. Des travaux, réalisés il y a une dizaine d'années, ont révélé la possibilité pour certaines espèces de tilapias de se développer, voire de se reproduire en eau de mer (Watanabe et Kuo, 1985 ;

Stickney, 1986 ; Watanabe *et al*, 1985, a et b, 1988 a et b ; Prunet et Bornancin, 1989). Aussi, la communauté scientifique s'est demandé s'il s'avérait possible d'élever ces espèces en eau salée et notamment en cages en raison de l'abondance de sites disponibles en contexte insulaire tropical. C'est ainsi que des espèces comme *Oreochromis mossambicus*, *Oreochromis aureus* et *O. spirulus*, ont fait l'objet de travaux en eau de mer dans différentes parties du monde sans que cela ait cependant jusqu'à présent débouché sur une exploitation commerciale. Il nous faut préciser qu'adaptabilité à l'eau de mer et potentiel zootechnique ultérieur ne vont pas forcément de pair. Ainsi, *T. mossambica* est une espèce très euryhaline mais dont la croissance est faible. D'un autre coté, *O. niloticus* est très performante du point de vue zootechnique, mais résiste mal à une augmentation de la salinité.

Par ailleurs, certains marchés, notamment Caraïbéens, sont demandeurs en poissons de couleur rouge. Cela a conduit à créer des races hybrides de cette couleur à partir principalement de croisements d'*O. mossambicus* et d'*O. niloticus* afin de répondre à cette demande. La totalité de ces hybrides est exploitée en production en eau douce (ED). Bien que de nombreux travaux aient fait apparaître le potentiel de certains de ces hybrides, comme la souche "Red Florida", à s'acclimater à l'eau de mer (Liao et Chang, 1983, Watanabe *et al*, 1988a), aucune production significative de tilapias rouges en eau de mer (EM) n'est mentionnée dans les statistiques. La plupart des experts semblent s'accorder sur le fait qu'à moyen ou long terme il n'est pas impossible d'envisager que l'on puisse rassembler ces deux caractéristiques, couleur rouge et élevage en eau de mer, grâce à l'obtention en élevage d'hybrides adéquats. Nos travaux ont, quant à eux, porté sur le testage de la souche de Tilapia rouge qui était exploitée en eau douce aux Antilles Françaises depuis plusieurs années afin d'évaluer son potentiel d'élevage en eau salée.



Figure 2 : Tilapia rouge exploité par les producteurs en eau douce en Martinique.

La première souche de tilapia rouge a été importée en Martinique en 1986 par l'ADAM en provenance de Floride (figure 2). Il s'agissait à l'origine d'un hybride dérivé du "Red Florida". Par la suite et jusqu'en 1989, plusieurs autres introductions de différentes souches furent réalisées par l'ADAM ou par des producteurs (Tableau 1). La souche dénommée "Saint Pierre", importée de Jamaïque, est finalement celle qui est exploitée par les producteurs regroupés au sein de la SICA Aquacole. C'est elle que nous avons étudié. Sa caractérisation génétique a donné les résultats suivants (d'après Anonyme, 1993) :

- *Oreochromis mossambicus* : 50 %
- *O. hornorum* : 35 %
- *O. niloticus* : 12 %
- *O. aureus* : 3 %

Après des essais d'élevage en eau douce effectués en bassins de polyester par l'ADAM et un producteur de *Macrobrachium*, la SICA Aquacole a décidé en 1989 de développer une filière intensive sur le modèle de la trutticulture, en bassins en béton à partir de sa propre souche importées de Jamaïque. Parallèlement, l'ADAM a testé la faisabilité technique de l'élevage en eau de mer d'une souche provenant de Floride (Margerit, 1986 ; Le Coz *et al.*, 1989).

La filière s'est développée en eau douce jusqu'à atteindre une production annuelle d'une soixantaine de tonnes en 1994, la moitié produite selon le modèle intensif, l'autre moitié étant réalisée en bassins en terre selon un modèle semi-intensif (type jamaïcain).

L'objet du présent travail était de voir dans quelle mesure la souche encore présente et exploitée en Martinique en eau douce pouvait s'adapter au passage en eau de mer et de mesurer les contraintes liées à son élevage dans ce milieu. Il est donc bien question dans cette étude de "testage" de souche déjà présente en Martinique sans préjuger de l'opportunité d'introduction de nouvelles souches ni de mise au point de nouveaux hybrides mieux adaptés à l'eau de mer. En effet ce dernier point nécessiterait une réflexion plus approfondie tenant compte notamment des risques écologiques de dissémination et de colonisation du milieu naturel marin martiniquais par des poissons connus pour leur forte capacité d'adaptation et de survie à des conditions très diverses.

## II - Matériel et méthodes

L'ensemble des essais s'est déroulé dans les installations de la Station IFREMER du Robert. Les enceintes d'élevages à terre sont des raceways en polyester de 1,8 m<sup>3</sup> unitaire. Deux bassins ont été aménagés de manière à pouvoir être alimentés en eau douce du réseau par l'intermédiaire d'un château d'eau où le temps de passage est suffisamment long pour permettre une élimination du chlore résiduel. Chaque raceway en eau douce est équipé d'un circuit fermé. Trois autres raceways sont aménagés de manière à pouvoir être alimentés en eau de salinités établies par l'intermédiaire d'un bac de mélange recevant de l'eau de mer filtrée par filtre à sable à environ 30µm et de l'eau douce en provenance du château d'eau douce. Ce dispositif permet aussi d'obtenir une augmentation progressive de la salinité de manière à effectuer des transferts d'eau douce en eau de mer sur une durée plus ou moins longue, selon le protocole fixé. Enfin, 6 autres raceways ne sont équipés que d'une alimentation en eau de mer filtrée à 30 µm. Les enceintes d'élevage en mer sont constituées de deux radeaux de 3 cages de 2 m<sup>3</sup> chacune Il s'agit de deux pontons flottants de fabrication artisanale à l'intérieur desquels sont suspendues des cages en filet de maille 5 mm. La salinité de l'eau de mer est comprise entre 34 et 35 g/l.

Dans les différentes expériences, le terme transfert est employé pour désigner le passage des Tilapias d'eau douce en eau de mer, que ce passage soit direct ou non (progressif ou par pallier). Il n'y a pas eu de prélèvement de poisson durant le transfert et de ce fait, le temps T<sub>0</sub> correspond au contact avec la pleine salinité.

Tableau 1 : Historique des introductions et de l'évolution des différentes souches de Tilapia à la Martinique (d'après Anonyme, 1993)

Année	1933	1986	1987	1988	1989	
Souche	O. mossambicus sauvage	Taïwanaise	Florida	Red Florida	Saint Pierre	Stirling
Croisement		O. mossambicus mutant rouge mâle x O. niloticus fem. (F1)	O. mossambicus mutant rouge mâle x O. hornorum fem. (F1)	F1 Florida x O. aureus (F2)	O. mossambicus mutant mâle x O. hornorum fem. x O. aureus x O. niloticus (F16)	O. niloticus mutant rouge
Origine	Niger via SainteLucie	Floride	Floride	Jamaïque	Jamaïque	Ecosse
Destinataire	Milieu naturel martiniquais	ADAM	ADAM	ADAM	SICA + Producteurs	Producteurs
Etat en Fév. 92	Présente dans les cours d'eau	Disparue	Mélange + contamination		Souche exploitée pureté correcte	Disparue

*II - 1 - Expérience N° 1 : épreuves de résistance lors d'un transfert direct de poissons d'eau douce en eau de mer*

La première partie de cette expérience (suivi de la mortalité post transfert) a porté sur 3 catégories de poids : 0,65g, 3g et 19g de poids moyen. Dans chaque catégorie, le stock de poissons est issu d'un même élevage : écloserie SICA pour les alevins de 0,65 g, grossisseur privé pour les 2 autres catégories. A partir de ce stock, 2 lots de 50 poissons sont transférés directement en eau de mer dans les raceways pendant que 2 autres lots de 50 poissons constituent les témoins en eau douce. L'évolution du comportement et de la mortalité est suivie au cours du temps; aucun prélèvement sanguin n'est effectué sur ces lots.

Par ailleurs, dans la deuxième partie de l'expérience qui porte sur le transfert en mer d'un lot de poissons de plus grand poids (50-150 g), des prélèvements sanguins ont été effectués. Après une acclimatation des poissons en eau douce dans nos installations pendant une semaine, la chronologie des prélèvements est la suivante : premier prélèvement en eau douce de départ (ED) puis prélèvements suivants, 1 h, 3h et 7 heures après le transfert en eau de mer (EM). Le sang est prélevé grâce à l'aide d'une seringue héparinée dans l'aorte postérieure au niveau du pédoncule caudal, centrifugé, puis le plasma est conservé au congélateur à -28°C. Les analyses ont été effectuées au laboratoire de physiologie des poissons à Brest. Ont été dosés les niveaux d'osmolarité plasmatique (en mOsm.l<sup>-1</sup>, grâce à un micro osmomètre Advanced Instruments), les électrolytes essentiels (en mmol.l<sup>-1</sup>, chlorures Cl<sup>-</sup>, grâce à un chloridomètre Radiometer, sodium Na<sup>+</sup> et potassium K<sup>+</sup>, grâce à un spectromètre Beckmann à électrodes spécifiques) ainsi que les niveaux plasmatiques circulants des deux hormones thyroïdiennes (HT), la tri-iodothyronine ou T<sub>3</sub> et la thyroxine ou T<sub>4</sub>. Celles-ci sont dosées grâce à deux dosages radioimmunologiques très sensibles (Boeuf et Prunet, 1985 ; Martinez *et al*, 1995) et les niveaux sont exprimés en ng.ml<sup>-1</sup>. Les valeurs de l'osmolarité (pression osmotique) et des ions plasmatiques sont un bon reflet des capacités osmorégulatrices des poissons et les HT (surtout la T<sub>3</sub>) un bon indicateur du potentiel de croissance.

*II - 2 - Expérience N° 2 : épreuves de transfert progressif et par "paliers" de poissons d'eau douce en eau de mer*

Nous avons ainsi choisi d'expérimenter le transfert progressif avec des animaux de 3 à 4 g de poids moyen pour des raisons de disponibilité de cette catégorie de poids dans l'écloserie de production de la SICA. Watanabe *et al* (1988a ; 1989b) avaient utilisé des protocoles de transferts sur la souche "Red Florida" allant de 1 à 7 jours et nous avons choisi des durées de 24, 48 et 96 h. A partir d'un stock de poissons conservés en eau douce, 2 lots de 50 poissons chacun sont transférés d'eau douce en eau de mer après 24, 48 ou 96 h d'acclimatation progressive à la salinité (figure 3). Le comportement des poissons est suivi et les mortalités éventuelles sont enregistrées.

Par ailleurs, pour chaque type d'acclimatation, des prélèvements sanguins sont effectués sur des poissons de 50 à 150 g à différents temps après le transfert : ED départ, 7 j et 21 jours ; en EM, 6 h, 24 h, 48 h, 4 j, 7 j et 21 jours après le contact avec l'EM complète.

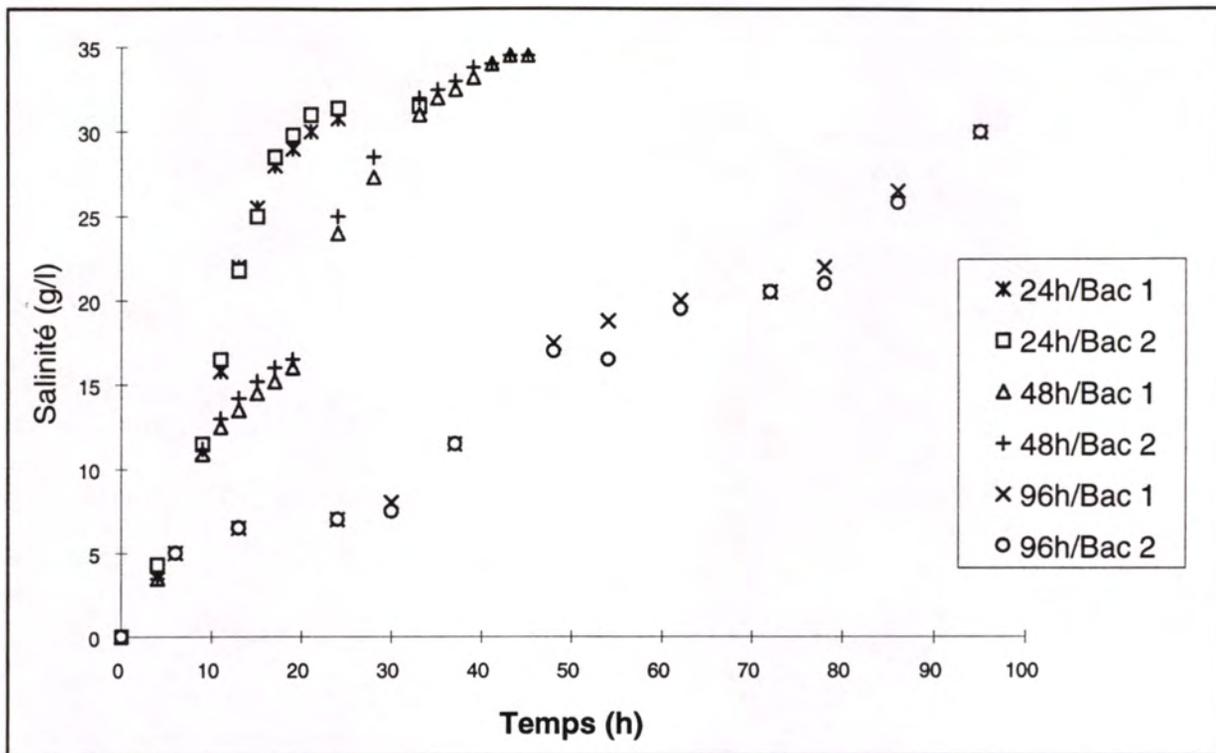


Figure 3 : Evolution de la salinité au cours du transfert progressif de tilapia d'eau douce en eau de mer dans l'expérience N° 2.

II - 3 - Expérience N°3 : Tests de grossissement de poissons sur différentes classes de poids ayant subi différents protocoles d'acclimatation lors du transfert d'eau douce en eau de mer

Pour chaque classe de poids, un lot d'environ 400 poissons provenant de l'écloserie de la SICA est prégressé en eau douce jusqu'à l'obtention du poids moyen correspondant à la classe que l'on souhaite éprouver. Les classes de poids prédéterminées sont : 5-10 g, 10-20 g, 20-50 g et 50-150 g.

Les 3 protocoles d'acclimatation des poissons utilisés pour chaque classe de poids sont les suivants :

- Protocole 1 : Passage de 0 à 35 ‰ en 48 heures  
 Transfert direct de 0 à 15 ‰ puis 24 h à 15 ‰  
 Transfert direct de 15 à 25 ‰ puis 24 h à 25 ‰  
 Transfert direct de 25 à 35 ‰.
- Protocole 2 : Passage de 0 à 35 ‰ en 24 heures  
 Transfert direct de 0 à 15 ‰ puis 24 h à 15 ‰  
 Transfert direct de 15 à 35 ‰
- Protocole 3 : Passage de 0 à 35 ‰ en 48 heures par un transfert progressif

Les dates de début et de fin d'expérience ainsi que la durée du grossissement sont indiquées dans le tableau 2.

Tableau 2 : Dates et durées d'élevage dans l'expérience N° 3.

Classe de poids	Début d'expérience	Fin d'expérience	Durée de grossissement
5-10 g	31/10/94	10/01/95	71 jours
10-20 g	21/03/94	21/05/94	61 jours
20-50 g	16/05/94	12/07/94	57 jours
50-150 g	30/06/94	02/09/94	64 jours

Pour chaque classe de poids, 6 lots de 50 poissons sont acclimatés à l'eau de mer à raison de 2 lots par protocole. Sur ces 2 lots, un sera grossi ultérieurement en cage flottante en mer et l'autre en raceway à terre. Pendant la phase d'acclimatation, les poissons ne sont pas alimentés. Dès l'obtention de la salinité voulue, les poissons sont nourris 7 jours sur 7 avec un granulé de type industriel titrant 32% de protéines et 8% de lipides (voir annexe 1). Il est utilisé en production par les éleveurs de tilapias en eau douce. La ration est calculée selon une grille alimentaire donnée dans le tableau 3. Elle correspond à une table "basse" utilisée par les éleveurs en eau douce. L'aliment est distribué à terre comme en mer à l'aide de distributeurs mécaniques à tapis sur l'ensemble de la durée du jour.

Au cours du grossissement, le suivi du cheptel est fait toutes les 2 semaines par un dénombrement et une évaluation du poids moyen de chaque lot sur la totalité de la population. La ration alimentaire est alors réajustée. En fin de grossissement, après deux mois de stabulation en EM, les poissons sont pesés et mesurés individuellement. Un prélèvement sanguin est effectué sur 8 poissons au moins pour mesures des caractéristiques liées à l'osmorégulation et la croissance. L'évolution de la pression osmotique (osmolarité) du plasma sanguin est étudiée, ainsi que natrémie, chlorémie, kaliémie et les niveaux circulants des deux hormones thyroïdiennes.

Tableau 3 : Grille alimentaire "basse" utilisée dans l'expérience N° 3.

Poids (g)	2	3	5	10	15	20	25	30	35	40	50
TN (%/j)	8,0	6,5	5,5	4,4	3,9	3,5	3,3	3,1	2,9	2,8	2,6
Poids (g)	60	70	80	100	120	150	200	250	300	350	400
TN (%/j)	2,5	2,3	2,2	2,1	2,0	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3

L'analyse des paramètres physico-chimiques de l'eau dans les bacs correspondant aux différents protocoles a été faite 3 fois par semaine pour la température, la salinité, l'oxygène dissous, le pH et l'ammoniaque pour les 2 premières classes de poids (20-50 g et 50-150g). Vu les différences négligeables entre les protocoles, il a été décidé de ne l'effectuer que sur un seul bac pour les 2 autres classes de poids (5-10 g et 10-20 g). Les moyennes observées sont indiquées dans le tableau 4.

Les résultats moyens de croissance, survie et indice de conversion sont comparés entre chaque classe de poids en ne tenant pas compte du protocole d'acclimatation à la salinité. Ensuite, la comparaison est faite entre les différents protocoles en ne tenant pas compte des classes de poids. Enfin une comparaison est faite entre cage et bassin en ne tenant compte ni des différentes classes de poids ni des différents protocoles. Dans chaque cas, une analyse de variance est faite en premier lieu. Si ce test conclue à une différence significative, alors un test de Newman et Keuls est effectué pour identifier les moyennes significativement différentes.

Tableau 4 : Relevés physico chimiques moyens de l'eau de mer dans l'expérience N° 3.

Classe de poids (g)	Protocole	Salinité (g/l)	Température (°C)	O <sub>2</sub> dissous (mg/l)	pH	NH <sub>4</sub> (mg/l)
5 - 10	1	34,8	27,5	5,4	8,05	<0,1
10 - 20	1	34,7	27,7	5,58	8,25	<0,1
20 - 50	1	35,0	27,9	5,65	8,32	<0,1
	2	35,0	27,9	5,55	8,33	<0,1
	3	35,0	27,9	5,54	8,34	<0,1
50 - 150	1	34,6	28,0	5,61	8,28	<0,1
	2	34,6	28,0	5,58	8,32	<0,1
	3	34,6	28,0	5,55	8,33	<0,1

*II - 4 - Expérience N°4 : Tests de grossissement de poissons en eau douce, en eau saumâtre et en eau de mer de pleine salinité.*

Un lot d'environ 400 poissons provenant de l'écloserie de la SICA est prégrossi en eau douce jusqu'à l'obtention d'un poids moyen compris entre 5 et 10 g. Les protocoles d'acclimatation des poissons utilisés pour le passage de l'eau douce à l'eau salée (eau saumâtre ou eau de mer de pleine salinité) sont les suivants :

(a) transfert en eau de mer :

Transfert direct de 0 à 15 ‰ puis 24 h à 15 ‰

Transfert direct de 15 à 35 ‰

(b) les transferts en eau saumâtre ont été réalisés de 0 à 18 ‰ directement.

Les lots sont constitués de 50 poissons par bac, 2 bacs par condition (eau douce, eau saumâtre, eau de mer "pure"). En phase d'acclimatation, les poissons ne sont pas alimentés. Dès l'obtention de la salinité voulue, les poissons sont nourris 7 jours sur 7 avec le même aliment que dans l'expérience 3. La ration est calculée selon une grille alimentaire donnée dans le tableau 5. Par rapport à l'expérience N° 3, la grille utilisée correspond à une table "haute" car nous avons observé que la précédente était trop faible dans nos conditions d'élevage. L'aliment est fourni à l'aide de distributeurs mécaniques à tapis sur l'ensemble de la durée du jour.

Tableau 5 : Grille alimentaire "haute" utilisée dans l'expérience N° 4.

Poids (g)	2	5	10	15	20	30	40	50
TN (%/j)	9	8	6,8	6,5	6	5,3	4,8	4,3
Poids (g)	75	100	150	200	250	300	350	400
TN (%/j)	3,8	3	2,6	2,3	2,2	2,1	2	1,9

Au cours du grossissement, le suivi du cheptel est fait toutes les 2 semaines par un dénombrement et une évaluation du poids moyen de chaque lot sur la totalité de la population. La ration alimentaire est alors réajustée. Le 17/01/95 au 70<sup>ème</sup> jour, 4 poissons sont prélevés dans chaque bac (soit 8 par condition) pour effectuer un prélèvement sanguin afin de mesurer les caractéristiques liées à l'osmorégulation en milieu marin (ainsi qu'indiqué précédemment). En fin de grossissement le 12/04/95 au 155<sup>ème</sup> jour, les poissons sont pesés et mesurés individuellement.

L'étude des paramètres physico-chimiques de l'eau dans les bacs correspondant aux différentes salinités a été faite 3 fois par semaine pour la température et la salinité car ce sont les paramètres les plus susceptibles de varier. Pour l'oxygène dissous, le pH et l'ammoniaque, on a utilisé une fréquence de 1 fois par semaine seulement. Les moyennes observées sont indiquées dans le tableau 6.

Tableau 6 : Relevés physico chimiques moyens de l'eau dans l'expérience N° 4.

Condition de salinité	Salinité (g/l)	Température (°C)	O <sub>2</sub> dissous (mg/l)	pH	NH <sub>4</sub> (mg/l)
Eau douce	0	26,9	5,4	8,0	0,18
Eau saumâtre	18,5	27,0	5,8	8,1	0,10
Eau de mer	34,9	27,3	5,5	8,1	< 0,10

### III - Résultats et premières observations

#### III - 1 - Expérience N° 1 : épreuves de résistance lors d'un transfert direct de poissons d'eau douce en eau de mer

La figure 4 montre l'évolution de la survie comparée en eau douce et en eau de mer pour chaque catégorie de poids. Il apparaît que la première mortalité intervient après 1 h 40 pour les poids 0,6g et 3g, après 2 h 40 pour le poids de 19g. La mortalité est totale après 6 h 30, 4 h et 4 h 40 respectivement pour les classes <1g, 3g et 19g. Le temps au bout duquel on obtient 50 % de mortalité est comparable : 3 h 30, 2 h 30 et 3 h 40 respectivement pour les 3 catégories de poids croissant. Pour les plus grands animaux (50-150 g), la mortalité était totale après 8 h 00. Il apparaît que les poissons des trois catégories de poids présentent une résistance équivalente lors d'un transfert direct de l'eau douce en eau de mer.

Les symptômes observés lors de cette expérimentation sont identiques pour tous les poids. Les poissons présentent un comportement anormal, une tendance à perdre l'équilibre puis se tiennent prostrés dans un coin du bac, commencent par ne plus réagir lorsqu'on essaye de les saisir, et finissent par se retourner et mourir.

Les prélèvements sanguins effectués après différents laps de temps après le transfert en eau salée montrent que les poissons (50 à 150 g) ne sont pas capables de maintenir une osmorégulation normale après transfert direct de l'ED vers l'EM de pleine salinité : osmolarité (PO), Cl<sup>-</sup>, Na<sup>+</sup> et K<sup>+</sup> augmentent rapidement (figure 5 et tableau 7), dès 1 heure après le contact avec l'eau salée, et rapidement, les niveaux atteints ne sont plus compatibles avec la survie. Chez les quelques survivants, après 7 h, les niveaux sont très élevés et indiquent une mort très proche, les poissons pouvant être déshydratés et ayant accumulé beaucoup des électrolytes de l'eau de mer ambiante. Le niveau de T<sub>3</sub> circulante s'effondre très rapidement (figure 6), indiquant de très graves perturbations. La thyroxine circulante s'abaisse également beaucoup. La valeur de K (Coefficient de condition) peut donner des indications sur la déshydratation éventuelle des animaux (valeurs basses).

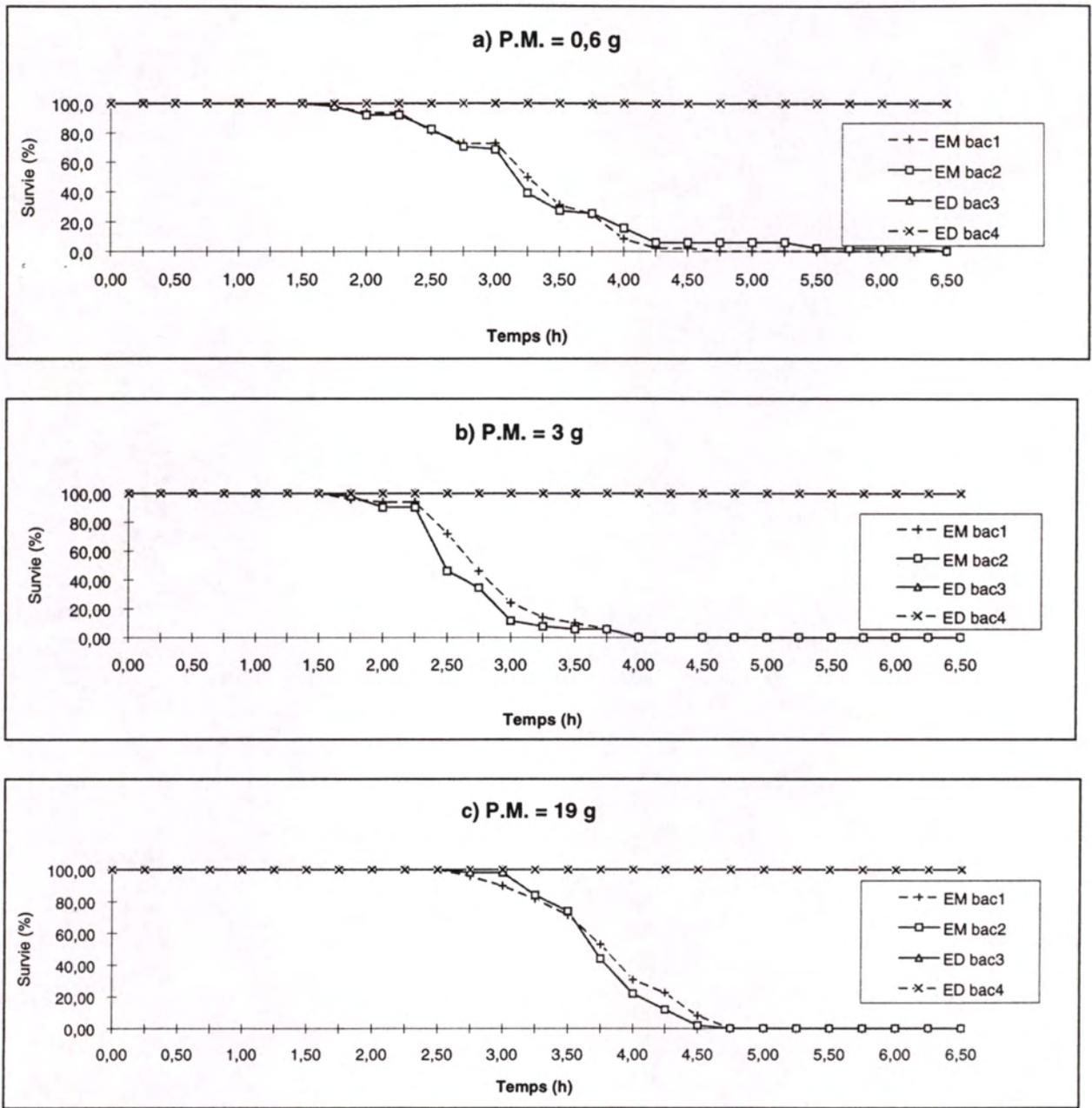


Figure 4 : Evolution de la survie au cours du temps suite au transfert direct d'eau douce en eau de mer de tilapias de différents poids moyens.

Tableau 7 : Evolution du sodium et potassium plasmatiques après transfert direct en eau de mer de jeunes tilapias de 50 à 150 g (n = 8, moyenne  $\pm$  erreur standard).

Temps	poids en g	longueur en mm	K (coef. de condition)	sodium mmol.l <sup>-1</sup>	potassium mmol.l <sup>-1</sup>
ED départ	116 $\pm$ 12	186 $\pm$ 6	1,8 $\pm$ 0,1	152 $\pm$ 2	5,5 $\pm$ 0,3
EM 1 heure	106 $\pm$ 18	179 $\pm$ 10	1,7 $\pm$ 0,1	176 $\pm$ 4	5,3 $\pm$ 0,4
EM 3 h	74 $\pm$ 15	157 $\pm$ 10	1,8 $\pm$ 0,1	220 $\pm$ 4	5,8 $\pm$ 0,8
EM 7 h	116 $\pm$ 15	182 $\pm$ 7	1,9 $\pm$ 0,1	254 $\pm$ 6	9,6 $\pm$ 0,8
ED 7 h	98 $\pm$ 14	169 $\pm$ 8	2,0 $\pm$ 0,1	152 $\pm$ 2	5,0 $\pm$ 0,3

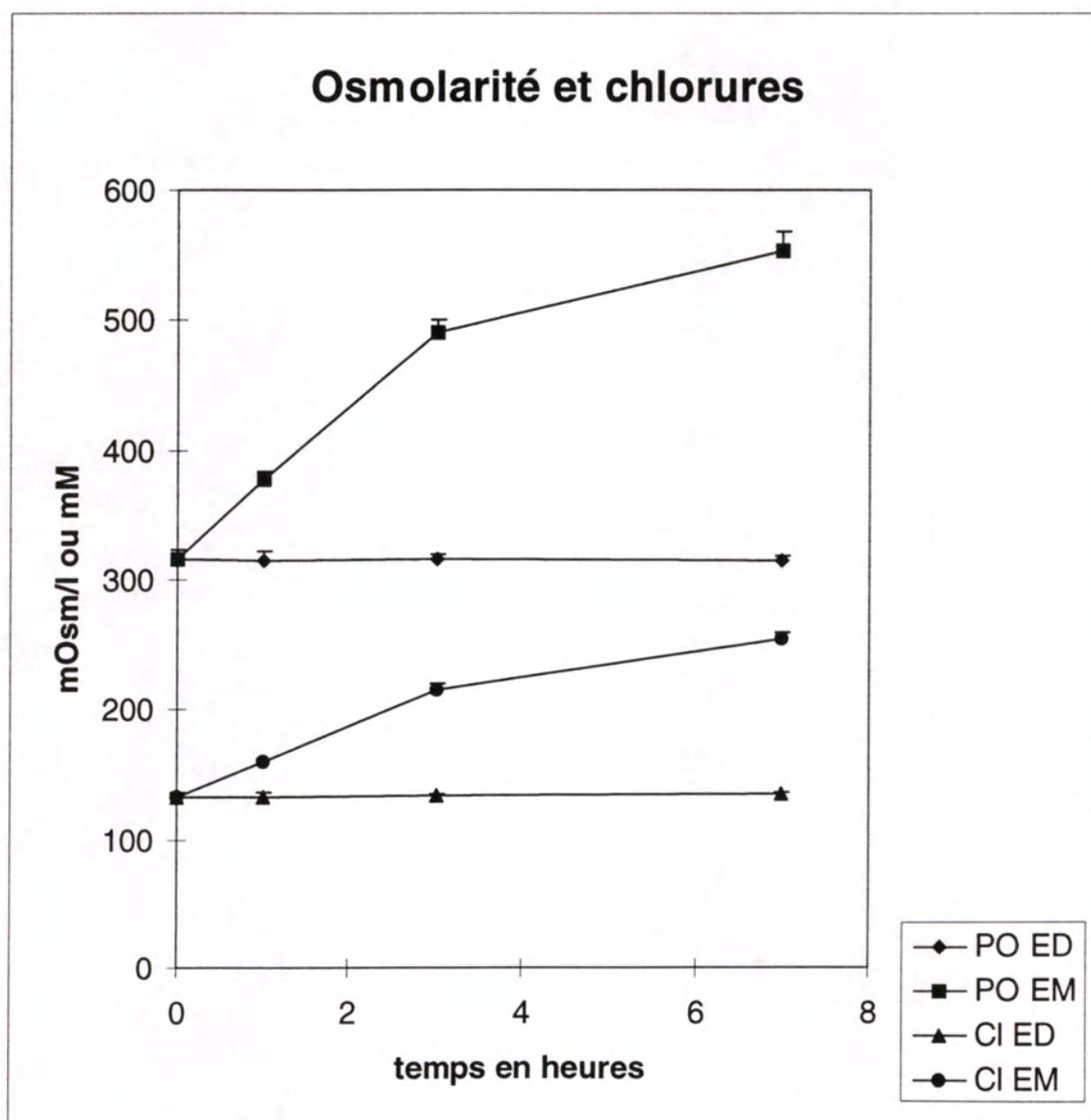


Figure 5 : Evolution de l'osmolarité plasmatique (PO) et de la chlorémie (CI) après transfert direct en eau de mer de pleine salinité, de jeunes tilapias de 50 à 150 g.

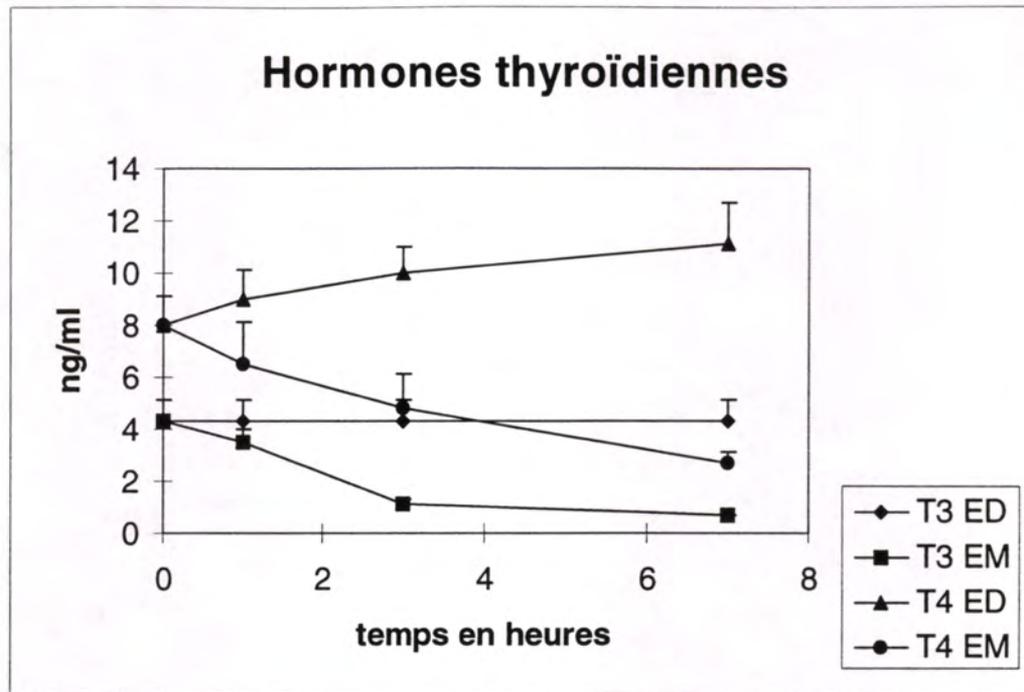


Figure 6 : Evolution des hormones thyroïdiennes circulantes après transfert direct en eau de mer de pleine salinité, de jeunes tilapias de 50 à 150 g.

### III - 2 - Expérience N° 2 : épreuves de transfert progressif et par "paliers" de poissons d'eau douce en eau de mer.

Les résultats de survie sont synthétisés dans la figure 7. On peut noter une mortalité anormalement forte dans le bac 1 lors du transfert sur 48 h dans la période 0-4 h. Celle-ci est liée à la réalisation de travaux sur la canalisation d'eau du réseau de ville et qui a pu heureusement être contrôlée pour le second bassin.

Il apparaît nettement que le transfert progressif sur 24 h induit une mortalité forte : la survie moyenne sur les 2 bacs est de 78,6 % au bout de 24 h et de 64,8 % au bout de 33 h soit 9 h après l'obtention d'une salinité de 31 ‰. En ce qui concerne le transfert sur 48 h, si l'on excepte la mortalité massive due à l'eau du réseau, on obtient une survie de 95,8 % à 48 h. Lors du transfert sur 96 h, la survie finale moyenne est de 99 %.

Les prélèvements sanguins effectués à différents moments après le transfert en mer montrent que dans ces conditions, les tilapias utilisés (50-150 g) se sont révélés capables de beaucoup mieux supporter l'eau salée, grâce à ce passage par des salinités intermédiaires. Cependant, pour le transfert sur 24 h, un certain déséquilibre (figure 8 et tableau 8) apparaît assez rapidement (dès 6 h en EM complète) et par la suite, vers 7 j, le niveau n'est plus contrôlé de manière satisfaisante (PO et ions). Le niveau circulant de  $T_3$  s'effondre après 48 h et indique clairement des perturbations, non compatibles avec une croissance correcte. Par contre, après le transfert sur 48 h, les animaux contrôlent leur niveau de régulation hydrominérale et les poissons en eau salée n'apparaissent que légèrement plus concentrés que les témoins maintenus en ED (figure 8). Tout ceci est compatible avec un maintien de la capacité à grandir, indiqué par la stabilité du niveau circulant de  $T_3$ . La thyroxine augmente après le transfert en mer, puis revient au niveau de base après une centaine d'heures. Tout ceci est illustré sur la figure 9.

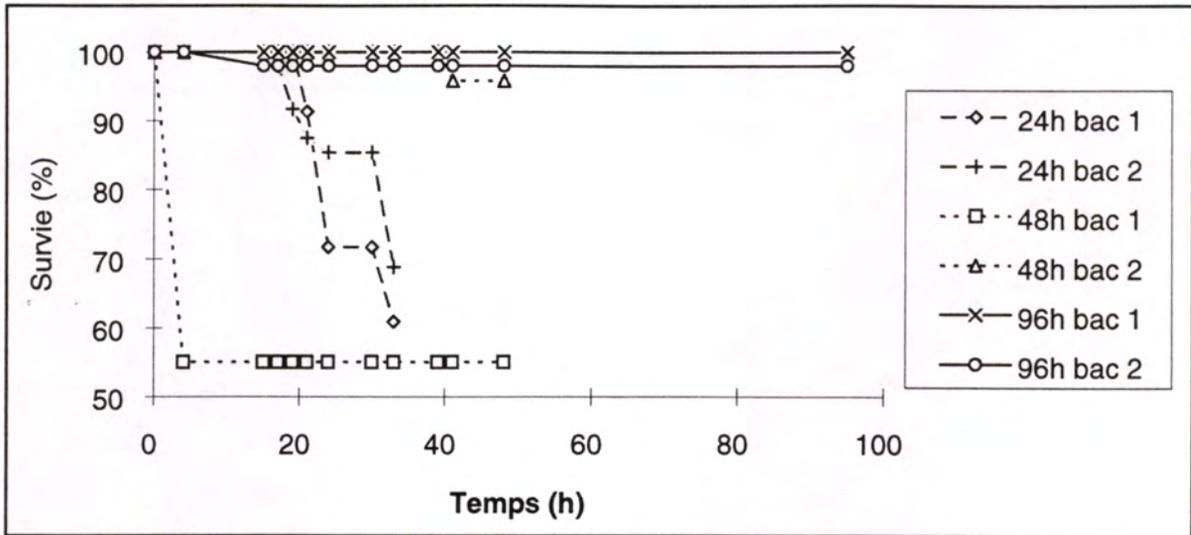


Figure 7 : Evolution de la survie au cours du temps de tilapias lors d'un transfert progressif d'eau douce en eau de mer durant 24, 48 et 96 heures.

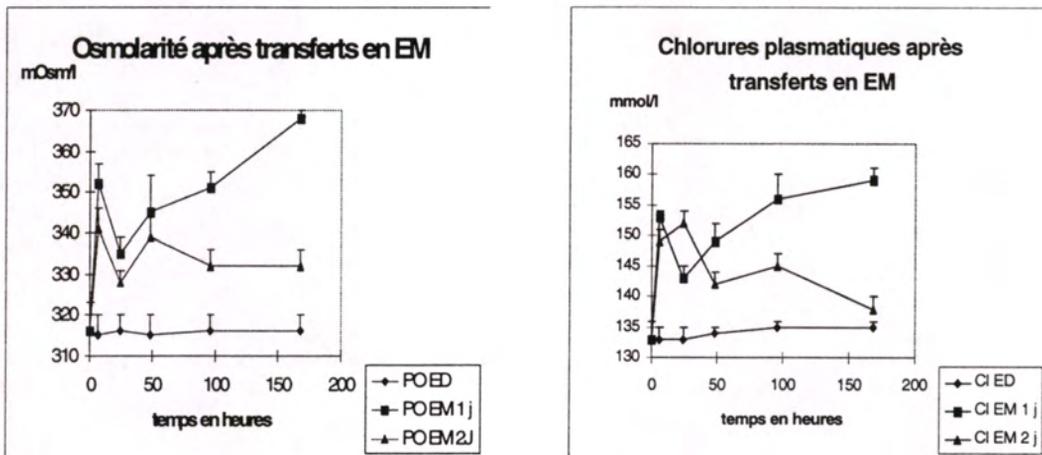


Figure 8 : Evolution des valeurs d'osmolarité plasmatique et de la chlorémie après transfert progressif de l'ED vers l'EM chez des jeunes tilapias. EM 1 j : après transfert progressif sur 24 heures, EM 2 j, sur 48 h (les temps sont donnés après le contact avec la pleine salinité).

Tableau 8 : Evolution du sodium et potassium plasmatiques après transferts progressifs en eau de mer de jeunes tilapias de 50 à 150 g. (moyenne  $\pm$  erreur standard)

Temps	poids en g	longueur en mm	K (coef. de condition)	sodium mmol.l <sup>-1</sup>	potassium mmol.l <sup>-1</sup>
ED départ	116 $\pm$ 12	186 $\pm$ 6	1,8 $\pm$ 0,1	152 $\pm$ 2	5,5 $\pm$ 0,3
ED 7 j	98 $\pm$ 14	169 $\pm$ 8	2,0 $\pm$ 0,1	152 $\pm$ 2	5,0 $\pm$ 0,3
EM 1 j, 6h	97 $\pm$ 12	178 $\pm$ 5	1,7 $\pm$ 0,1	165 $\pm$ 1	5,1 $\pm$ 0,5
EM 1 j, 24 h	108 $\pm$ 9	180 $\pm$ 5	1,8 $\pm$ 0,1	159 $\pm$ 1	5,1 $\pm$ 0,3
EM 1 j, 48 h	87 $\pm$ 10	164 $\pm$ 8	1,9 $\pm$ 0,1	157 $\pm$ 5	5,2 $\pm$ 0,3
EM 1 j, 4 j	89 $\pm$ 18	160 $\pm$ 12	1,9 $\pm$ 0,1	166 $\pm$ 3	4,9 $\pm$ 0,3
EM 1j, 7 j	85 $\pm$ 10	172 $\pm$ 7	1,6 $\pm$ 0,1	174 $\pm$ 2	5,8 $\pm$ 0,3
EM 2 j, 6h	92 $\pm$ 13	171 $\pm$ 10	1,8 $\pm$ 0,1	163 $\pm$ 3	5,0 $\pm$ 0,2
EM 2 j, 24 h	110 $\pm$ 12	179 $\pm$ 6	1,9 $\pm$ 0,0	152 $\pm$ 2	4,9 $\pm$ 0,3
EM 2 j, 48 h	91 $\pm$ 13	171 $\pm$ 9	1,7 $\pm$ 0,1	159 $\pm$ 3	4,9 $\pm$ 0,4
EM 2 j, 4 j	104 $\pm$ 11	176 $\pm$ 6	1,9 $\pm$ 0,0	157 $\pm$ 3	4,8 $\pm$ 0,4
EM 2j, 7 j	117 $\pm$ 10	184 $\pm$ 6	1,8 $\pm$ 0,1	162 $\pm$ 2	5,3 $\pm$ 0,3

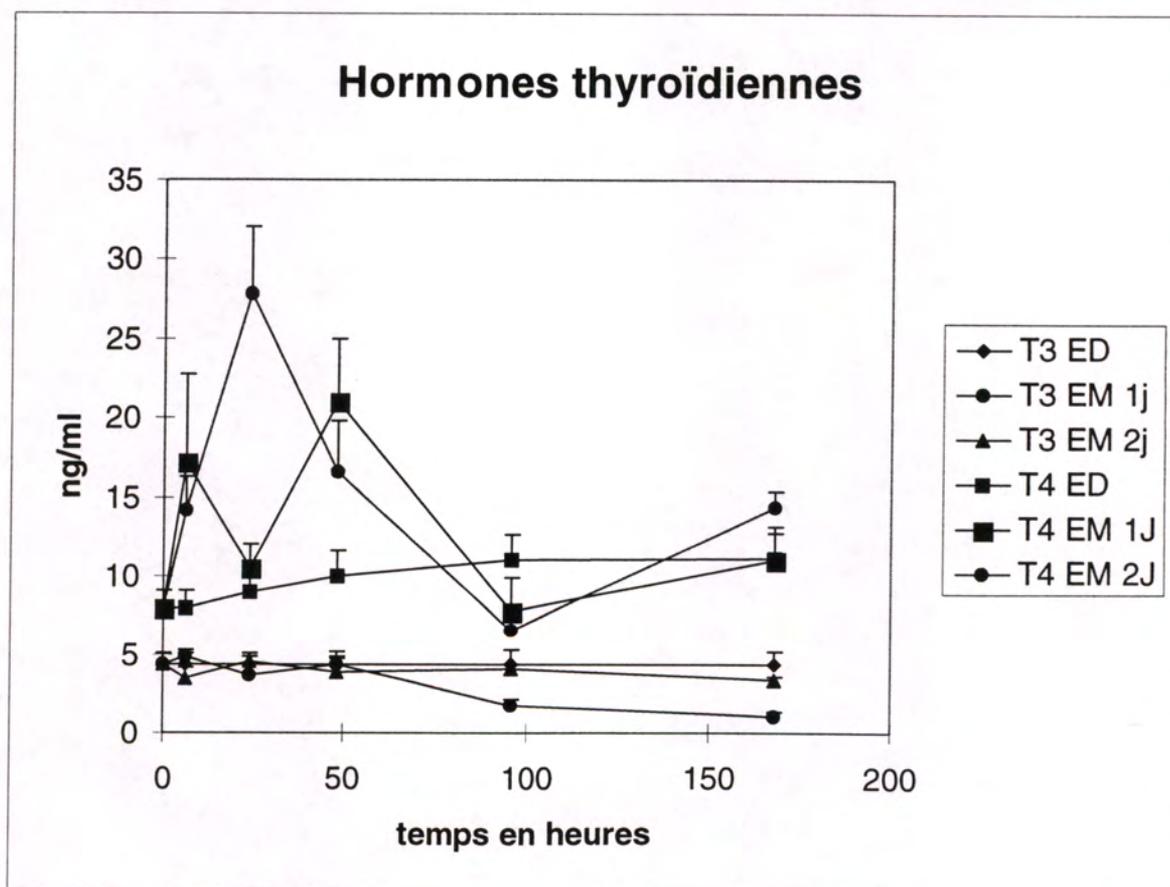


Figure 9 : Evolution des hormones thyroïdiennes circulantes après transfert progressif de l'ED vers l'EM chez des jeunes tilapias. EM 1 j : après transfert progressif sur 24 heures, EM 2 j, sur 48 h (les temps sont donnés après le contact avec la pleine salinité).

Le tableau 9 nous indique certaines valeurs de divers paramètres mesurés après une longue stabulation en bassins.

Tableau 9 : Valeurs des paramètres plasmatiques mesurés en eau douce et en eau de mer chez des tilapias de 50 à 150 g (moyenne  $\pm$  erreur standard)

Temps	poids en g	longueur en mm	K	sodium mmol.l <sup>-1</sup>	potassium mmol.l <sup>-1</sup>	chlorures mmol.l <sup>-1</sup>	osmolarité mOsm.l <sup>-1</sup>
ED départ	116 $\pm$ 12*	186 $\pm$ 6	1,8 $\pm$ 0,1	152 $\pm$ 2	5,5 $\pm$ 0,3	133 $\pm$ 3	316 $\pm$ 7
EM 21 j	169 $\pm$ 13	192 $\pm$ 6	2,0 $\pm$ 0,1	166 $\pm$ 2	5,3 $\pm$ 0,3	139 $\pm$ 3	339 $\pm$ 4
EM 1 mois	121 $\pm$ 12	186 $\pm$ 5	1,8 $\pm$ 0,1	165 $\pm$ 1	5,1 $\pm$ 0,5	140 $\pm$ 1	319 $\pm$ 2
EM 3 mois	97 $\pm$ 11	177 $\pm$ 9	1,7 $\pm$ 0,0	151 $\pm$ 1	3,3 $\pm$ 0,2	144 $\pm$ 3	326 $\pm$ 4
ED 7 j	98 $\pm$ 14	169 $\pm$ 8	2,0 $\pm$ 0,1	152 $\pm$ 2	5,0 $\pm$ 0,3	135 $\pm$ 1	316 $\pm$ 4

\* les valeurs des poids et longueurs ne sont données qu'à titre indicatif, les quelques prélèvements effectués ne pouvant donner un reflet de l'hétérogénéité des poids et tailles des poissons de la population

Il ressort de ces valeurs que les tilapias, dans la gamme de poids utilisée, sont parfaitement capables après quelques semaines et sur de longues périodes de maintenir un bon équilibre de leur balance hydrominérale en eau salée après un transfert progressif en eau de mer sur 48 heures.

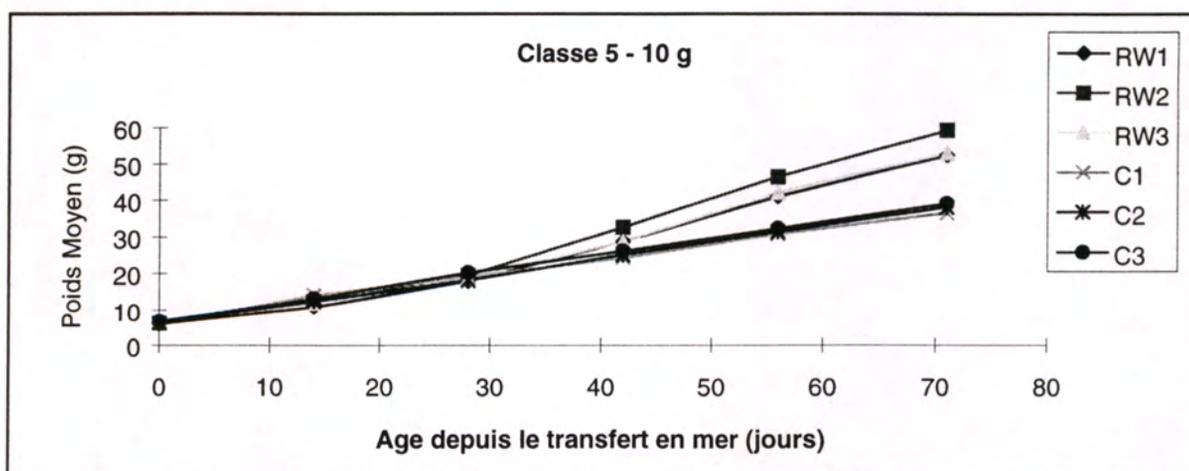
### III - 3 - Expérience N°3 : Tests de grossissement de poissons sur différentes classes de poids ayant subi différents protocoles d'acclimatation lors du transfert d'eau douce en eau de mer

Le tableau 10 synthétise les résultats de grossissement obtenus dans les différentes classes de poids initiales pour les 3 protocoles d'acclimatation. Les courbes de croissance des différentes classes de poids sont données dans la figure 10.

Tableau 10 : Résultats zootechniques obtenus dans l'expérience N° 3.

Classe de poids	Protocole d'acclimatat°	P.M. initial (g)	P.M. final (g)	Survie (%)	Indice de Conversion	T CJ (%/jour)
RW 5-10 g	1	5,8	52,4	98,2	1,04	3,11
	2	6,1	59,3	87,2	1,11	3,21
	3	6,6	53,1	94,4	1,12	2,94
Cage 5-10 g	1	6,1	36,5	39,7	3,32	2,52
	2	6,2	38,1	43,3	2,89	2,55
	3	6,7	39,1	46,3	2,86	2,50
RW 10-20 g	1	14,3	61,6	91,8	1,44	2,42
	2	14,4	63,3	86,0	1,49	2,46
	3	14,4	58,0	92,0	1,54	2,31
Cage 10-20 g	1	14,0	50,6	78,4	2,09	2,13
	2	14,7	56,6	70,0	2,00	2,23
	3	13,6	50,5	86,0	1,76	2,17
RW 20-50 g	1	34,0	84,0	96,0	1,52	1,60
	2	33,7	84,6	98,0	1,44	1,63
	3	34,5	85,4	98,0	1,43	1,60
Cage 20-50 g	1	36,5	76,4	94,0	1,91	1,30
	2	34,7	72,1	92,0	2,02	1,29
	3	36,3	61,5*	100,0*	1,79*	1,26*
RW 50-150 g	1	74,1	155,2	76,0	2,62	1,18
	2	89,5	167,6	94,0	2,02	1,00
	3	89,2	169,6	96,2	1,92	1,02
Cage 50-150 g	1	82,1	136,4	92,6	2,52	0,81
	2	78,8	132,4	81,1	4,19	0,83
	3	77,4	134,8	80,7	3,58	0,88

\* : à J 42



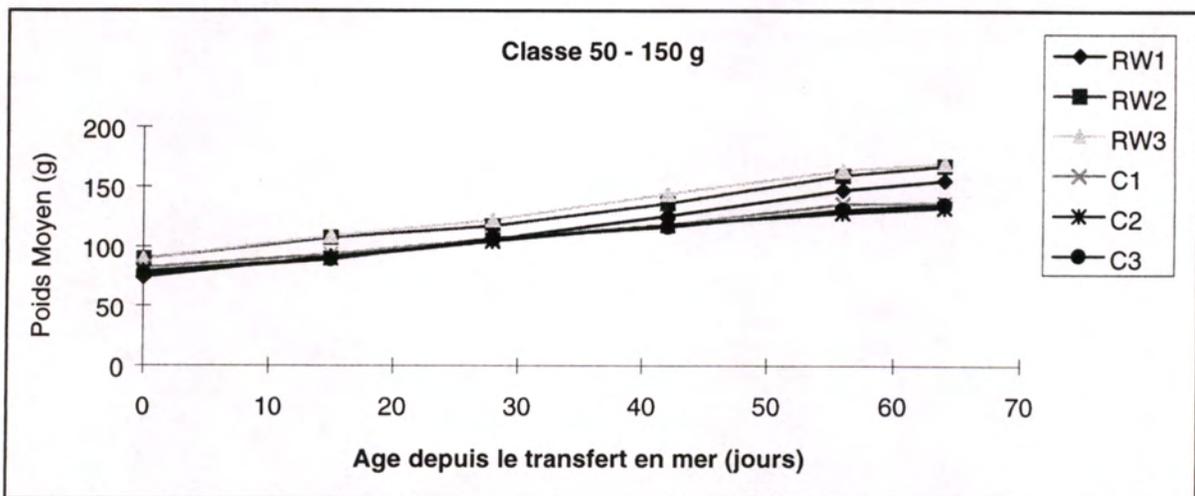
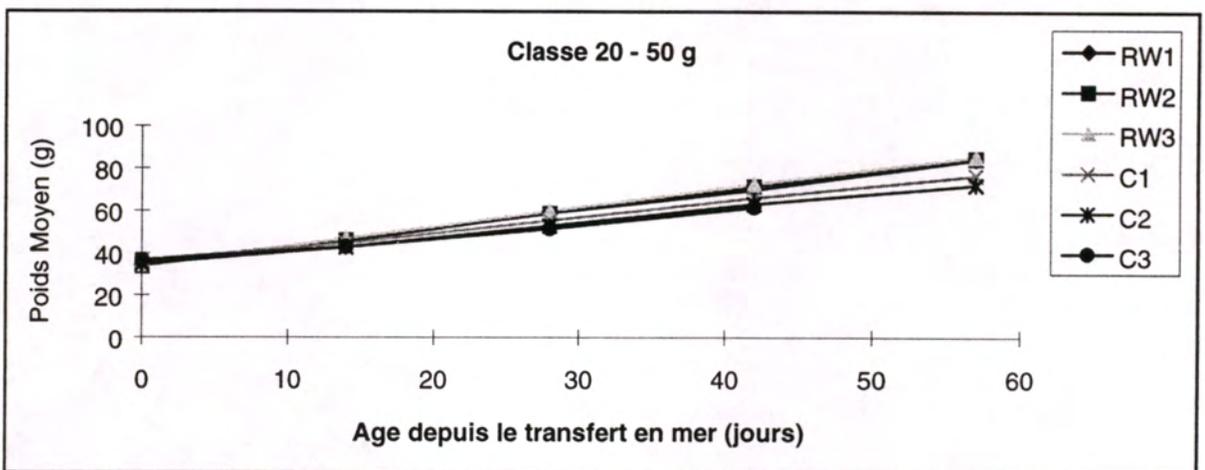
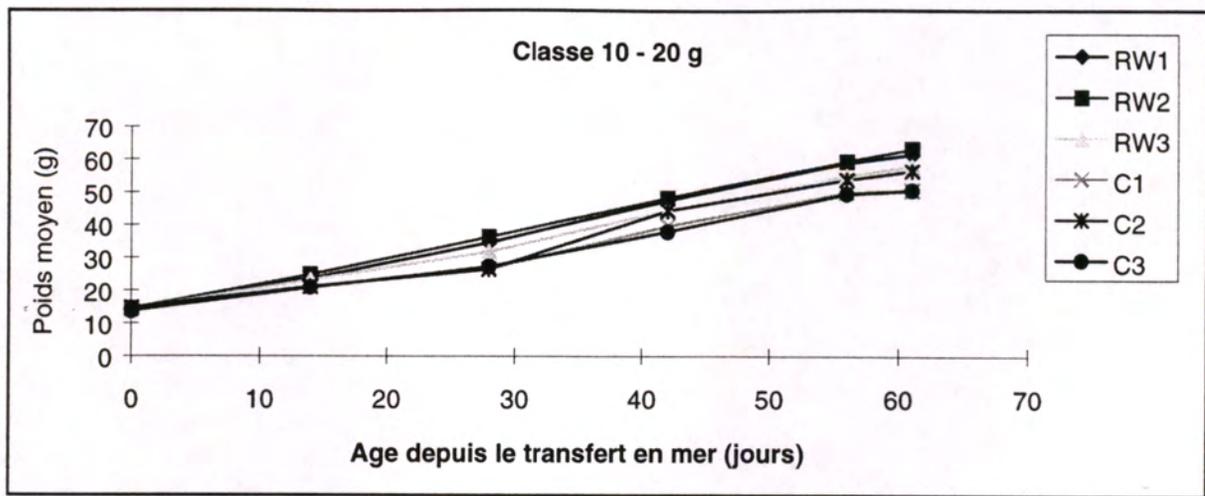


Figure 10 : Courbes de croissance en bassin (RW) et en cage (C) de tilapias élevés en eau de mer de pleine salinité pour différentes classes de poids dans l'expérience N° 3.

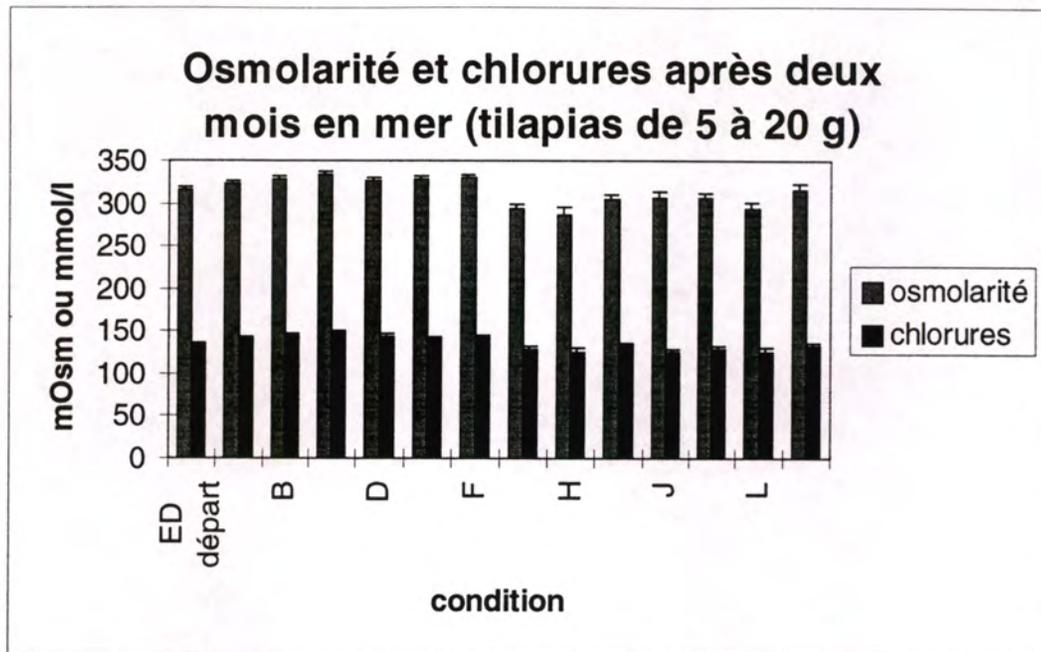


Figure 11 : Valeurs de l'osmolarité et des chlorures plasmatiques chez des jeunes tilapias de 5 à 20 g après deux mois d'expérimentation :

ED : en eau douce; A à F (tilapias de 5 à 10 g) A : progressif (0-15-25-35) sur 2 jours en raceways; B : progressif (0-15-35) sur 1 j, en raceways; C : graduel sur 2 j en raceways; D : progressif sur 1 j en cage; E : progressif sur 2 j en cage; F : graduel sur 2 j en cage; G à L (tilapias de 10 à 20 g) G : progressif 2 j en raceways; H : progressif sur 1 j en raceways; I : graduel sur 2 j en raceways; J : progressif sur 1 j en cage; K : progressif sur 2 j en cage; L : graduel sur 2 j en cage; M : ED 2 mois.

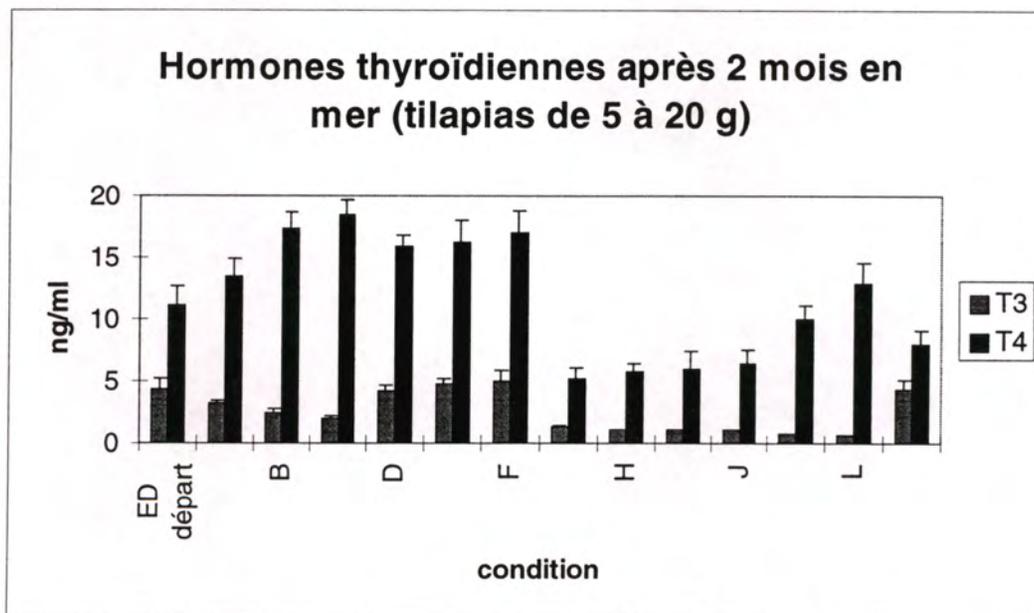


Figure 12 : Valeurs des hormones thyroïdiennes plasmatiques chez des jeunes tilapias de 5 à 20 g après deux mois d'expérimentation :

ED : en eau douce; A à F (tilapias de 5 à 10 g) A : progressif (0-15-25-35) sur 2 jours en raceways; B : progressif (0-15-35) sur 1 j, en raceways; C : graduel sur 2 j en raceways; D : progressif sur 1 j en cage; E : progressif sur 2 j en cage; F : graduel sur 2 j en cage; G à L (tilapias de 10 à 20 g) G : progressif 2 j en raceways; H : progressif sur 1 j en raceways; I : graduel sur 2 j en raceways; J : progressif sur 1 j en cage; K : progressif sur 2 j en cage; L : graduel sur 2 j en cage; M : ED 2 mois.

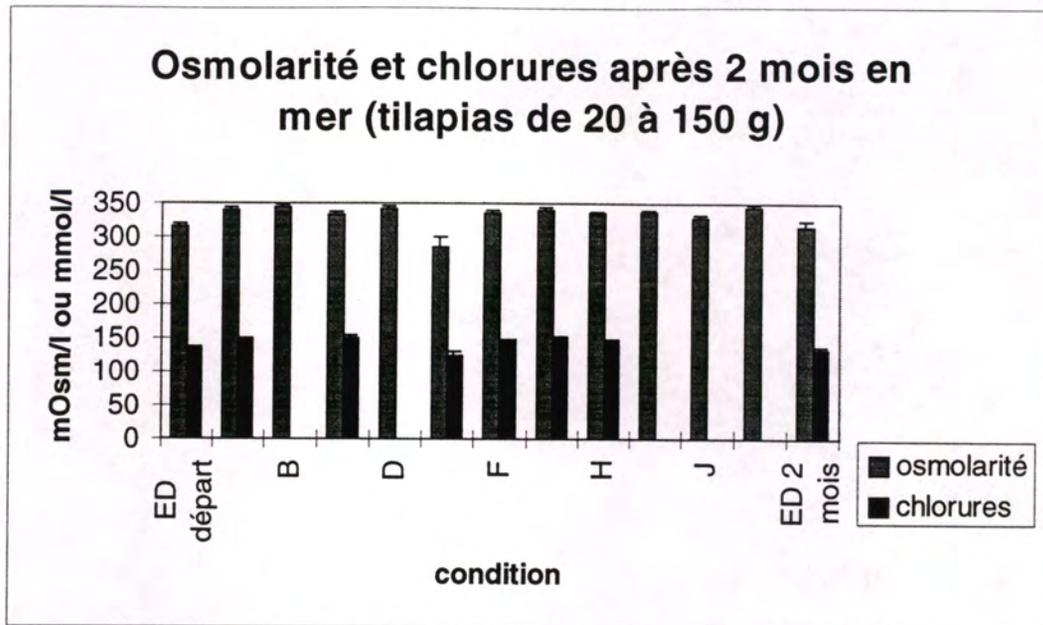


Figure 13 : Valeurs de l'osmolarité et des chlorures plasmatiques chez des jeunes tilapias de 20 à 150 g après deux mois d'expérimentation :

ED : en eau douce ; A à E (tilapias de 20 à 50 g) A : progressif (0-15-25-35) sur 2 jours en raceways ; B : progressif (0-15-35) sur 1 j, en raceways ; C : graduel sur 2 j en raceways ; D : progressif sur 1 j en cage ; E : progressif sur 2 j en cage ; F à K (tilapias de 50 à 150 g) F : progressif 2 j en raceways ; G : progressif sur 1 j en raceways ; H : graduel sur 2 j en raceways ; I : progressif sur 1 j en cage ; J : graduel sur 2 j en cage ; K : progressif sur 2 j en cage .

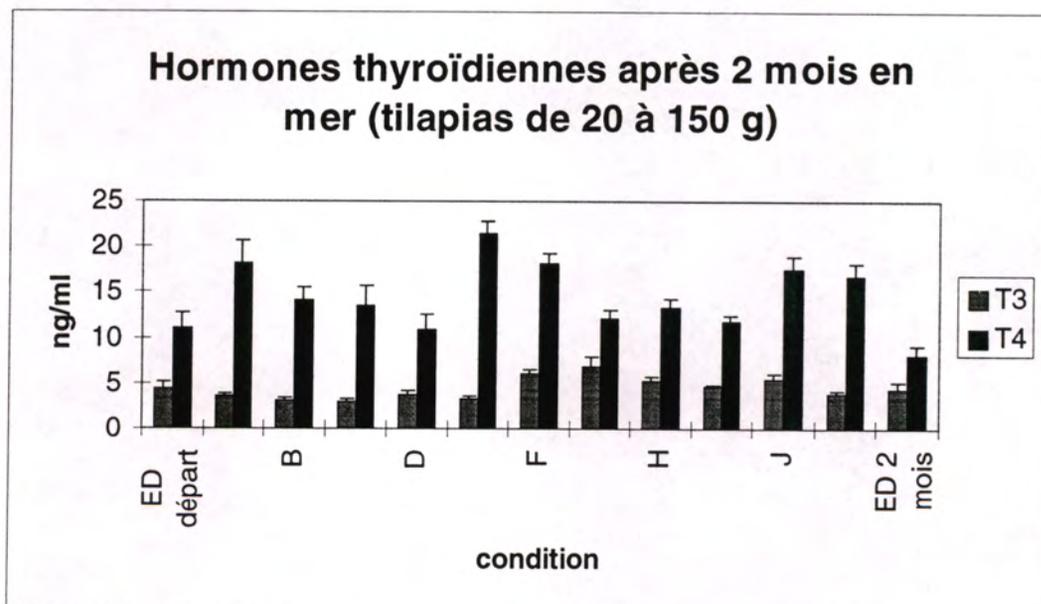


Figure 14 : Valeurs des hormones thyroïdiennes plasmatiques chez des jeunes tilapias de 20 à 150 g après deux mois d'expérimentation :

ED : en eau douce ; A à E (tilapias de 20 à 50 g) A : progressif (0-15-25-35) sur 2 jours en raceways ; B : progressif (0-15-35) sur 1 j, en raceways ; C : graduel sur 2 j en raceways ; D : progressif sur 1 j en cage ; E : progressif sur 2 j en cage ; F à K (tilapias de 50 à 150 g) F : progressif 2 j en raceways ; G : progressif sur 1 j en raceways ; H : graduel sur 2 j en raceways ; I : progressif sur 1 j en cage ; J : graduel sur 2 j en cage ; K : progressif sur 2 j en cage .

Pour les résultats physiologiques, nous avons vérifié l'homogénéité des variances (test de Bartlett) puis utilisé un test d'analyse de variances à deux voies (P au minimum fixé à 0,05), et enfin effectué une analyse de rangs multiples pour les différents groupes. En première analyse, il ressort de ces 4 derniers graphes (figures 11, 12, 13 et 14) que les tilapias, dans les gammes de poids utilisées, et après une période de deux mois en eau de mer, élevés soit en raceways, soit en cages, sont tous capables d'osmoréguler correctement et ne présentent aucun déséquilibre de leur balance hydrominérale (figures 11 et 13). Certains poissons en eau de mer sont légèrement plus concentrés que ceux conservés en eau douce, mais ceci dans une plage parfaitement naturelle. Les chlorémies ne sont jamais significativement différentes pour les plus gros animaux et pour les plus petits, seules les valeurs chez les poissons transférés graduellement, tant en cages qu'en bassins, apparaissent légèrement plus élevées. Pour l'osmolarité, les variations restent également très faibles. En fait, après deux mois de mer, survivent et grandissent les poissons correctement adaptés.

Pour les hormones thyroïdiennes (HT), les valeurs sont plus fluctuantes, surtout pour la thyroxine (T<sub>4</sub>). Ainsi, il apparaît (figures 12 et 14) 5 classes de valeurs pour le niveau circulant de cette hormone, sans qu'il soit possible de le relier avec une condition particulière. En revanche, pour la tri-iodothyronine (T<sub>3</sub>), deux classes de valeurs se distinguent et elles sont significativement plus basses pour les poissons de la classe 10-20 g (G à L sur figure 12) quelles que soient les conditions d'élevage. Pour les plus grands tilapias (figure 14), des fluctuations sont enregistrées, mais sans relation claire avec les conditions de stabulation.

### III - 4 - Expérience N°4 : Tests de grossissement de poissons en eau douce, en eau saumâtre et en eau de mer de pleine salinité.

Le tableau 11 synthétise les données zootechniques enregistrées pendant cette expérience. Ces valeurs intègrent le prélèvement de poissons pour analyse de sang comme une sortie de biomasse non comptabilisée comme une mortalité dans le calcul de la survie et de l'indice de conversion.

Tableau 11 : Résultats zootechniques obtenus dans l'expérience N° 4.

	N° de bac	P.M. initial (g)	P.M. final (g)	Survie (%)	Indice de Conversion	T CJ (%/jour)
Eau Douce	1	7,3	311,5	98,0	1,47	2,45
	2	7,6	342,0	98,0	1,51	2,49
Eau Saumâtre	3	6,6	292,5	96,0	1,57	2,48
	4	7,2	324,2	94,0	1,59	2,49
Eau de mer	5	7,9	242,6	42,0	4,25	2,23
	6	7,7	242,8	56,0	2,83	2,25

La figure 15 montre les croissances comparées des poissons des différents bacs aux différentes salinités sur la période d'élevage de 155 jours. On peut noter le "décrochement" de la croissance en eau de mer à partir de 120 jours qui peut être mis en relation avec les épisodes pathologiques qui se sont déclarés. Sur la figure 16 on peut noter la chute brutale de la survie en fin d'élevage, conséquence de l'apparition des problèmes pathologiques.

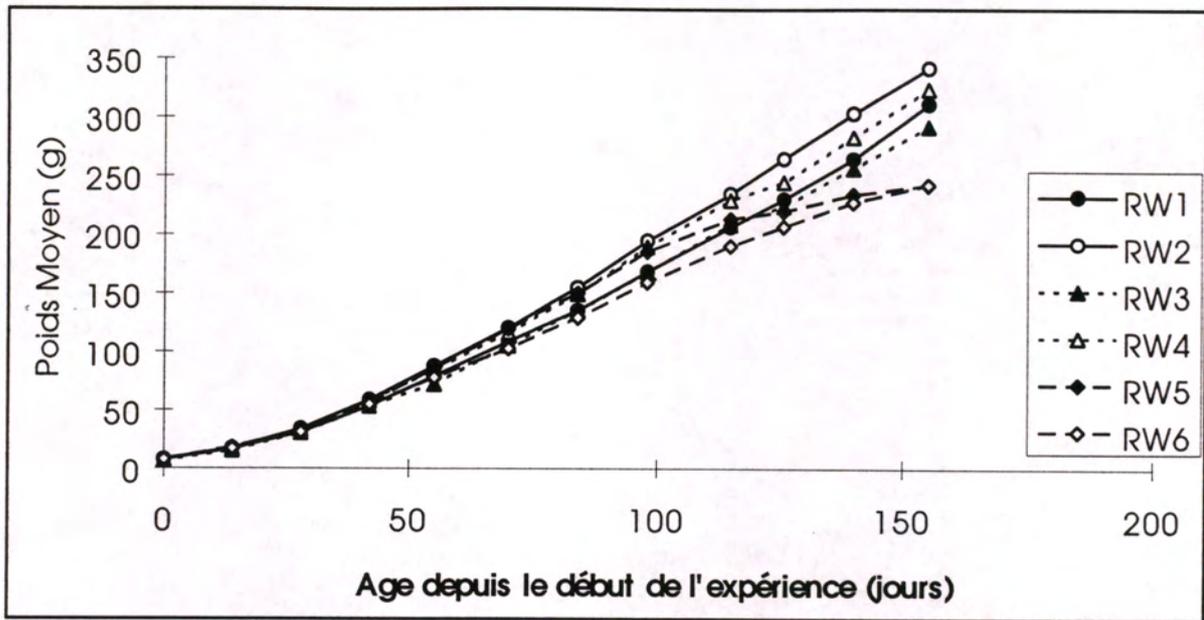


Figure 15 : Courbes de croissance de tilapias élevés en bac à différentes salinités : 0 ‰ (RW 1 et 2), 18 ‰ (RW 3 et 4) et 35 ‰ (RW 5 et 6).

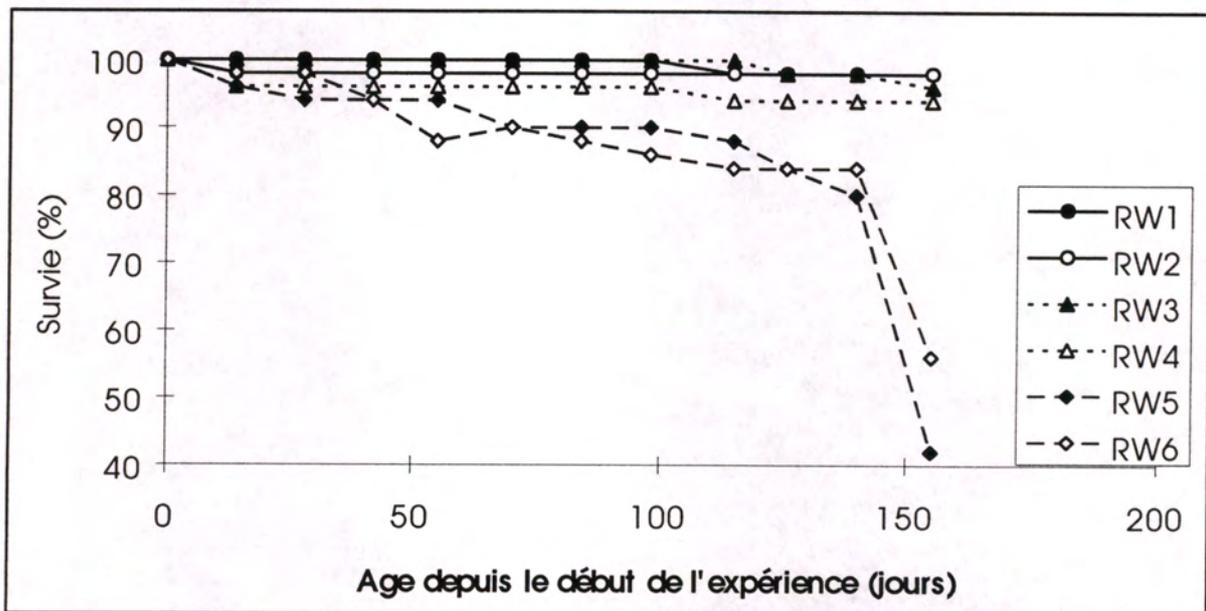


Figure 16 : Evolution de la survie au cours du temps de tilapias élevés à différentes salinités : 0 ‰ (RW 1 et 2), 18 ‰ (RW 3 et 4) et 35 ‰ (RW 5 et 6).

Pour les résultats plus physiologiques, le tableau 12 présente les valeurs obtenues.

Tableau 12 : Paramètres plasmatiques mesurés sur les trois lots de tilapias de l'expérimentation (4) après 70 jours (moyenne  $\pm$  erreur standard)

Condition	Osmolarité	Chlorures	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>
Eau douce	313 $\pm$ 3	134 $\pm$ 1	5,5 $\pm$ 0,5	13,8 $\pm$ 1,7
Eau saumâtre	318 $\pm$ 3	138 $\pm$ 1	5,9 $\pm$ 0,6	12,4 $\pm$ 1,3
Eau de mer	328 $\pm$ 3	144 $\pm$ 2	4,9 $\pm$ 0,6	10,9 $\pm$ 0,7

L'osmolarité et la chlorémie apparaissent reliées à la salinité de l'eau extérieure, mais les différences ne sont que très faibles et restent dans les 10% de la plage reconnue comme "normale" entre téléostéens d'eau douce et d'eau de mer. Les niveaux circulants de T<sub>3</sub> sont identiques chez les trois lots de poissons, alors que la thyroxine diminue avec la salinité extérieure.

#### IV - Discussion

##### *Transferts en eau de mer*

Les données analysées dans la bibliographie montrent clairement que la résistance au transfert en eau salée, et donc la durée d'acclimatation et l'aptitude à l'élevage, dépendent des espèces de tilapias ou des espèces à la base des hybrides utilisés. Ainsi, lors du transfert d'eau douce en eau de mer, Hopkins *et al* (1989) sur *O. spirulus*, et Watanabe *et al* (1988a) sur l'hybride "Red Florida" proposaient une procédure basée sur une augmentation de salinité de 5 ‰ par jour. Sur un hybride taïwanais, Liao et Chang (1983) rapportent une survie de 94 % après 40 jours d'élevage en eau de mer, l'acclimatation s'étant déroulée sur 48 h.

Nous avons donc dissocié dans cette étude la partie transfert en eau de mer de la partie élevage proprement dite. L'expérience 1 qui porte sur le transfert direct de l'hybride de tilapia rouge d'eau douce en eau de mer, montre que, selon le poids, il n'existe pratiquement pas de différence dans l'apparition de la mortalité consécutive au transfert. Cette observation est en contradiction avec celle effectuée par Watanabe *et al* (1985a) sur des hybrides *O. mossambicus* x *O. Niloticus* d'âges différents. Il est possible que des différences apparaissent en fonction de l'âge chez l'hybride utilisé par ces auteurs car il est plus résistant au transfert en eau de mer. Ceux ci concluaient comme Villegas (1990) que plus que l'âge, c'était le poids ou la taille du poisson qui avaient une influence sur les performances lors du transfert en eau de mer. Stickney (1986), puis Prunet et Bornancin (1989) proposent des revues sur le sujet.

Des résultats physiologiques obtenus dans nos propres expérimentations, il ressort clairement pourquoi nos tilapias sont incapables de supporter un transfert direct en eau de pleine salinité. Nos résultats de mesures des niveaux de divers paramètres ioniques et endocrinologiques sont bien en adéquation avec les observations de survie pour les expérimentations à court terme. Nous confirmons la non - possibilité pour l'hybride expérimenté en Martinique de supporter un transfert direct à 34-36 ‰. Il se déséquilibre très vite, présentant de très fortes valeurs de l'osmolarité et des électrolytes plasmatiques (figure 5), sans pour autant pour cela démontrer dans ce court terme une trop forte déshydratation qui serait indiquée par un effondrement du coefficient de condition (tableau 6). Les poissons ne peuvent survivre au-delà de quelques heures dans ce nouveau milieu, même après transfert d'assez gros individus (200 g). Les valeurs de flux ioniques branchiaux mesurées dans d'autres travaux (Dharmamba *et al*, 1975) chez *O. mossambicus* nous indiquent une très forte

augmentation des flux entrants en eau salée (multipliés par 50 pour le sodium par exemple) et peut-être les niveaux atteints après le transfert direct se révèlent-ils incompatibles avec une régulation qui pourrait être compensée par des flux sortants suffisants ? Chez des tilapias correctement adaptés, ces flux sortants peuvent atteindre 1700 et 1500  $\mu\text{Eq}\cdot\text{h}^{-1}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ , respectivement pour le sodium et les chlorures. Des niveaux de l'activité  $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-ATP}$ asique des microsomes branchiaux ou une quantification de l'expression des messagers de la protéine seraient aussi très informatifs. Au niveau hormonal, le niveau circulant de  $\text{T}_3$  (figure 6) apparaît, comme bien souvent, un bon indice de détection potentielle de perturbations. Sur les variations aiguës de salinité, la tri-iodothyroïnée s'effondre et indique un état de détresse physiologique, qui n'est plus compatible avec la croissance. L'influence d'autres facteurs de l'environnement a aussi été évoquée, tels température de l'eau, oxygène dissous, ou présence d'ammoniaque (revue dans Prunet et Bornancin, 1989). Une préparation des poissons en eau douce par distribution d'aliments plus salés semblerait capable de favoriser le transfert postérieur en eau de mer (Al-Amoundi, 1987).

L'expérience 2 montre que, pour un poids donné, un transfert trop rapide induit des mortalités plus ou moins importantes selon la durée de l'acclimatation à l'eau de mer. Il apparaît que pour obtenir une survie supérieure à 95 %, sur des poissons de 3 g, il faut que le transfert se déroule sur une durée d'au moins 48 heures. L'allongement de la durée d'acclimatation de 48 à 96 h augmente ce chiffre de survie à 99 %. Ces résultats sont sensiblement équivalents à ceux obtenus par Watanabe *et al* (1990) sur la souche "Red Florida", proche de celle que nous avons utilisée. L'acclimatation avait lieu dans ce cas à partir d'une salinité de 5 ‰, par paliers de 5 ‰ par jour c'est à dire sur une durée de 6 jours plus longue que la notre. Margerit en 1986 a obtenu des résultats voisins, à savoir une mortalité de 3 % 90 h après le transfert, avec des poissons de 0,1 à 1,9 g.

A l'instar de cette étude, les différents auteurs remarquent qu'un transfert progressif augmente les performances de survie par rapport à un transfert direct. On peut relever par exemple une tolérance à une salinité de 51,8 ‰ par transfert progressif sur *O. aureus* alors que le transfert direct fixait une limite de 21 ‰ (Lotan, 1960). De même, Chervinsky et Hering en 1973, notent que la tolérance de *T. zillii* lors de transferts direct et progressif est respectivement de 27 et 35 ‰. La plupart des études sur différentes espèces de tilapias fait apparaître que la limite de salinité pour un transfert direct est généralement de 18 ‰. C'est sur ces bases que nous avons élaboré les trois protocoles d'acclimatation utilisés dans l'expérience 3 :

Dans l'ensemble de ces 12 acclimations (4 classes de poids x 3 protocoles), la survie lors du transfert n'est jamais descendue en dessous de 98 %, témoignant de la bonne maîtrise de cette phase, au moins à court terme.

#### *Influence du poids des poissons sur les performances en grossissement*

Le tableau 13 synthétise les performances moyennes obtenues en grossissement en eau de mer par des lots d'individus de différentes classes de poids initial, tous protocoles de transfert confondus ainsi que les résultats de l'analyse statistique. Une analyse de variance sur les valeurs moyennes de survie observées selon les différentes classes de poids fait apparaître que les survies sont différentes à un seuil de 0,05. Les résultats du test de Newman et Keuls montrent que la meilleure survie est obtenue pour la classe 20-50 g et la moins bonne pour la classe 5-10 g; les survies dans les classes 10-20 et 50-150 g sont significativement égales à un seuil de 0,05. La faible survie de la classe 5-10 g provient de résultats très bas obtenus en cage ce qui se traduit par un écart-type très fort dans cette classe comparativement aux autres. Nous reviendrons plus loin sur ce caractère aléatoire de la survie en cage.

Par ailleurs, l'analyse de variance effectuée sur les résultats moyens de croissance montrent que ceux-ci sont différents. En utilisant le test de Newman et Keuls, il apparaît que les résultats moyens de croissance sont tous significativement différents entre eux (tableau 13). Ces résultats sont logiques car le taux de croissance journalier décroît avec le poids et il apparaît donc difficile de savoir si le

poids du poisson lors du transfert a une influence sur le grossissement à la suite du passage en eau de mer. Les niveaux hormonaux circulants apportent quelques éléments à ce sujet.

Si l'on teste maintenant les indices de conversion obtenus par les différentes classes de poids, il apparaît là aussi qu'ils diffèrent. Seuls les résultats des classes 20-50 et 10-20 sont significativement égaux. Il n'y a pas d'explication rationnelle à ce résultat qui est la résultante des performances de survie et de croissance.

*Tableau 13* : Performances moyennes ( $\pm$  écart type) obtenues en grossissement selon les différentes classes de poids, tous protocoles de transfert confondus. Les lettres entre parenthèses signalent les groupes où les résultats sont significativement égaux (test de Newman et Keuls,  $\alpha = 0,05$ ).

Classe de poids	Durée d'élevage	Survie (%)	Taux Croissance Journalier(%/jour)	Indice de Conversion
5-10 g	71	68,2 $\pm$ 27,8 (a)	2,81 $\pm$ 0,32 (d)	2,06 $\pm$ 1,07 (b)
10-20 g	61	84,7 $\pm$ 8,0 (b)	2,29 $\pm$ 0,13 (c)	1,72 $\pm$ 0,28 (a)
20-50 g	57	96,3 $\pm$ 2,9 (c)	1,45 $\pm$ 0,18 (b)	1,69 $\pm$ 0,26 (a)
50-150 g	64	87,7 $\pm$ 9,5 (b)	0,95 $\pm$ 0,14 (a)	2,81 $\pm$ 0,90 (c)

Pour la souche "Red Florida", Watanabe et al (1990) concluent que ni l'âge ni le poids au transfert ne jouent sur la croissance ultérieure, mais cette expérience était effectuée sur 3 lots de poissons de poids moyens respectifs 3,03, 1,88 et 2,42 g et d'âges respectifs de 11, 25 et 39 jours. Notre étude utilise des poids moyens initiaux beaucoup plus éloignés entre eux et sont donc difficilement comparable à ceux de Watanabe. Dans cette étude, les croissances et les indices de conversion enregistrés sont meilleurs que les nôtres si l'on compare avec la classe 5-10 g qui est la plus proche, et ce, pour une durée d'élevage légèrement plus courte (57 jours contre 71). Par contre, nous obtenons de meilleures survies : 93,3 % en raceways dans cette étude contre 86,2 % en bassins ronds dans celle de Watanabe.

Les résultats de dosages de divers paramètres physiologiques et endocrinologiques présentés sur les figures 11 à 14 nous montrent qu'après deux mois en mer, les tilapias, dans les gammes de poids utilisées, sont tous capables d'osmoréguler correctement en mer, quelle que soit la structure de stabulation dans laquelle ils se trouvent et le poids initial auquel ils avaient été transférés. Certains animaux apparaissent légèrement plus concentrés que ceux conservés en eau douce, mais ceci dans des limites parfaitement compatibles avec la croissance. Si, comme déjà indiqué, des variations des niveaux de la  $T_4$  existent, ils ne sont cependant pas corrélables avec les performances de croissance. Une différence ( $P < 0,01$ ) se dégage pour les niveaux circulants de  $T_3$  (figure 12) des poissons des lots G à L, correspondant aux classes de poids 10 à 20 g lors du transfert en eau salée. Ceci est très intéressant à noter, car même si aucune différence statistique claire n'apparaît pour les valeurs de poids entre les divers lots de poissons, ces faibles valeurs de tri-iodothyronine pourraient indiquer une moindre capacité future à grandir. Nous pouvons donc émettre l'hypothèse, avec les réserves qui s'imposent pour un seul prélèvement effectué après deux mois en mer, que pour cette classe de poids, le potentiel de croissance aurait pu ne pas être aussi bon à long terme. Par contre, les plus petits (5-10 g) présentent des niveaux tout à fait analogues à ceux des animaux plus grands (20-50 et 50-150 g). Plus qu'un poids absolu, les lots de poissons seraient plus ou moins aptes à des bonnes performances à long terme en mer.

### *Influence du protocole d'acclimatation sur les performances en grossissement*

Le tableau 14 synthétise les performances moyennes obtenues en grossissement en eau de mer par des lots ayant subi des protocoles de transferts différents, toutes classes de poids confondues. Une analyse de variance sur les valeurs moyennes de survie observées selon les différents protocoles fait apparaître que les survies sont égales à un seuil de 0,05. De même, les taux de croissance journaliers moyens sont égaux ainsi que les indices de conversion. On constate ici *a contrario* du cas précédent que toutes les valeurs moyennes sont proches, ainsi que les écarts-types, ce qui provient d'un effet de lissage entre les classes de poids dont nous reparlerons plus loin. A partir de ces résultats, il se dégage que les 3 protocoles de transfert utilisés n'ont pas d'influence sur les performances obtenues ensuite durant le grossissement. Une fois que les poissons sont adaptés, ils expriment de la même manière leur potentiel.

Tableau 14 : Performances moyennes ( $\pm$  écart type) obtenues en grossissement selon les différents protocoles de transferts, toutes classes de poids confondues.

Protocole de transfert	Durée d'élevage moyenne (jours)	Survie (%)	Taux Croissance Journalier(%/jour)	Indice de Conversion
Protocole 1	63	84,8 $\pm$ 19,7	1,88 $\pm$ 0,79	2,06 $\pm$ 0,74
Protocole 2	63	81,5 $\pm$ 17,7	1,90 $\pm$ 0,84	2,15 $\pm$ 0,98
Protocole 3	63	86,5 $\pm$ 17,6	1,84 $\pm$ 0,75	2,00 $\pm$ 0,82

On ne trouve pas trace dans la bibliographie de travaux à proprement parler sur l'influence du protocole d'acclimatation sur les performances de grossissement. On peut noter que Bashamohideen et Parvatheeswararao (1976) ont observé que le coût énergétique de l'adaptation à la salinité augmentait dans de l'eau constituée à 25 % d'eau de mer, diminuait pour de l'eau constituée à 50 % d'eau de mer, avant de ré-augmenter dans de l'eau constituée à 75 % d'eau de mer. Le passage ensuite à une eau de mer "complète" faisait apparaître une diminution de ce coût énergétique qui a été interprété de la manière suivante : la première acclimatation à de l'eau de mer à 75 % facilite ensuite l'adaptation à l'eau de mer de pleine salinité. Cette hypothèse aide à comprendre pourquoi la plupart des auteurs observent que le poisson a de meilleures performances en eau de mer quand l'acclimatation a eu lieu de manière progressive. Ceci va dans le même sens que Watanabe *et al* (1989b) qui ont observé que les performances de grossissement de la souche "Red Florida" en eau de mer sont meilleures quand le poisson est exposé à l'eau salée dans ses premiers stades. Ainsi, lorsque l'élevage larvaire se déroule à une salinité de 18 ‰, la croissance est meilleure que lorsqu'il se déroule à 4 ‰. Nous pouvons à ce niveau rapprocher nos résultats de divers travaux réalisés chez les salmonidés, migrateurs ou non. Il a été ainsi démontré que le saumon coho (*Oncorhynchus kisutch*) est capable de mieux supporter des transferts en eau de mer complète après élevage en eau saumâtre de 8-15 ‰ durant quelques semaines (Garrison, 1965). Les truites arc-en-ciel (*O. mykiss*) et fario (*Salmo trutta*) sédentaires apparaissent quant à elles, directement dépendantes de leur taille et état de maturation sexuelle pour plus ou moins supporter des transferts en eau salée (Boeuf, 1987, 1993). Ces espèces sont capables de supporter un transfert en eau de mer de pleine salinité, même directement, mais uniquement au-dessus d'une certaine taille, et en dehors de l'époque de la maturation sexuelle.

En ce qui concerne les données obtenues grâce aux mesures de divers paramètres physiologiques, il apparaît nettement que les tilapias utilisés dans ces expériences (animaux entre 50 et 150 g) sont capables de supporter un transfert progressif en eau de mer. Par rapport aux animaux témoins conservés en eau douce, le déséquilibre est faible et transitoire (figure 8) pour le passage en eau salée sur 48 heures (via une acclimatation en eau saumâtre) alors qu'il est plus fort et durable lorsque les poissons sont acclimatés sur 24 heures. Ceci peut être rapproché des données explicitées sur la figure 7, où il est possible de constater les difficultés rencontrées par les tilapias lorsque la

stabilisation est trop courte en eau saumâtre. Leurs réactions sont en fait intermédiaires entre celles enregistrées après un plus long transfert progressif et celles des animaux plongés abruptement en eau de mer (figure 5). Sodium et potassium (tableau 7) nous apportent des indications similaires. Le coefficient de condition est très stable et n'indique pas de déshydratation importante. En fait, après transfert progressif, ces animaux parviennent à équilibrer les flux entrants d'électrolytes à travers la branchie par des flux sortants suffisamment conséquents (Dharmamba *et al*, 1975). Les différences à court terme sont très significatives entre les deux procédures de transferts. Pour les hormones thyroïdiennes, la thyroxine augmente après le passage en eau salée puis se stabilise après une centaine d'heures au niveau de base, pour les deux conditions, la procédure la plus courte entraînant cependant l'existence de très fortes valeurs après 24 h en mer (figure 9). Le niveau de T<sub>3</sub>, ici encore, s'effondre chez les animaux transférés trop vite, indiquant de fortes perturbations du moins à court terme. Un tel transfert ne devrait pas permettre la possibilité de bonnes croissances par la suite.

#### *Influence de la structure d'élevage sur les performances en grossissement*

Le tableau 15 synthétise les performances moyennes obtenues en grossissement en eau de mer par des lots élevés en cages et en bassins, tous protocoles de transfert confondus et toutes classes de poids confondus. Un test de comparaison des moyennes des survies observées selon la structure d'élevage fait apparaître que celles ci sont identiques à un seuil de 0,05. Pourtant les valeurs du tableau 15 font apparaître une tendance à enregistrer des performances moindres en cage, comparativement aux poissons maintenus en bassins. Ce "décalage" entre nos observations et les résultats des tests statistiques provient d'un écart-type important des résultats en cage ce qui permet de mettre en évidence le caractère plus aléatoire de la survie dans ce type de structures. Ceci est le reflet de l'influence des épisodes pathologiques dont nous discuterons plus en détail plus loin. La croissance elle aussi est affectée en cage bien que là aussi, le test statistique ne le fasse pas apparaître (croissance identique à un seuil de 0,05). Seul le test de comparaison des moyennes sur les indices de conversion en bassins et en cages donne un résultat de différences significatives. Cela provient du fait que cet indice répercute de manière amplifiée les différences de survie et de croissance.

*Tableau 15* : Performances moyennes ( $\pm$  écart type) obtenues en grossissement selon la structure d'élevage, cage ou bassin, tous protocoles de transfert confondus et toutes classes de poids confondus.

Structure d'élevage	Durée d'élevage moyenne (jours)	Survie (%)	Taux Croissance Journalier(%/jour)	Indice de Conversion
Bassin	63	92,3 $\pm$ 6,5	2,04 $\pm$ 0,81	1,56 $\pm$ 0,45
Cage	63	76,1 $\pm$ 21,6	1,71 $\pm$ 0,70	2,58 $\pm$ 0,80

Malgré les résultats des tests statistiques, on peut noter une tendance à obtenir des performances moindres en cage par rapport à l'élevage en bassin. Pour s'en persuader un peu plus, on peut examiner les courbes d'évolution de la croissance et de la survie en cage et en bassin (figures 17 et 18). Il faut préciser que la courbe de croissance a été établie en mettant bout à bout et en "recalant" les croissances des différentes classes de poids. Il ne s'agit donc pas d'une courbe de croissance réellement obtenue de manière continue, du début à la fin. Enfin, il ne faut pas considérer ces courbes de croissance comme une "norme" en raison de la grille alimentaire utilisée qui s'est avérée sous-évaluée à l'usage. Pour ne pas compromettre les interprétations, nous avons volontairement conservé cette grille jusqu'à la fin de l'expérience N° 3. L'utilisation d'une grille "haute" dans l'expérience N° 4 fait apparaître nettement l'insuffisance de cette grille comme on le verra plus loin.

Du point de vue physiologique, sur des prélèvements ainsi pratiqués après une assez longue période en eau de mer, aucune différence n'apparaît dans l'état des poissons, sur les critères retenus, entre les divers types de structures d'élevage. Pour essayer d'apporter un début d'explication, on peut noter que les épisodes pathologiques sont apparus de manière plus aigue en cage qu'en bassin. Ceci peut provenir de la difficulté accrue à suivre l'état sanitaire et le comportement du cheptel en cage (eau parfois turbide, cages plus profondes que les bacs, ...). Nous reviendrons plus en détail sur cet élément dans la partie pathologie. Une autre explication réside dans l'efficacité moindre de l'alimentation en cage par rapport à l'élevage en bassin où ce facteur est mieux contrôlé.

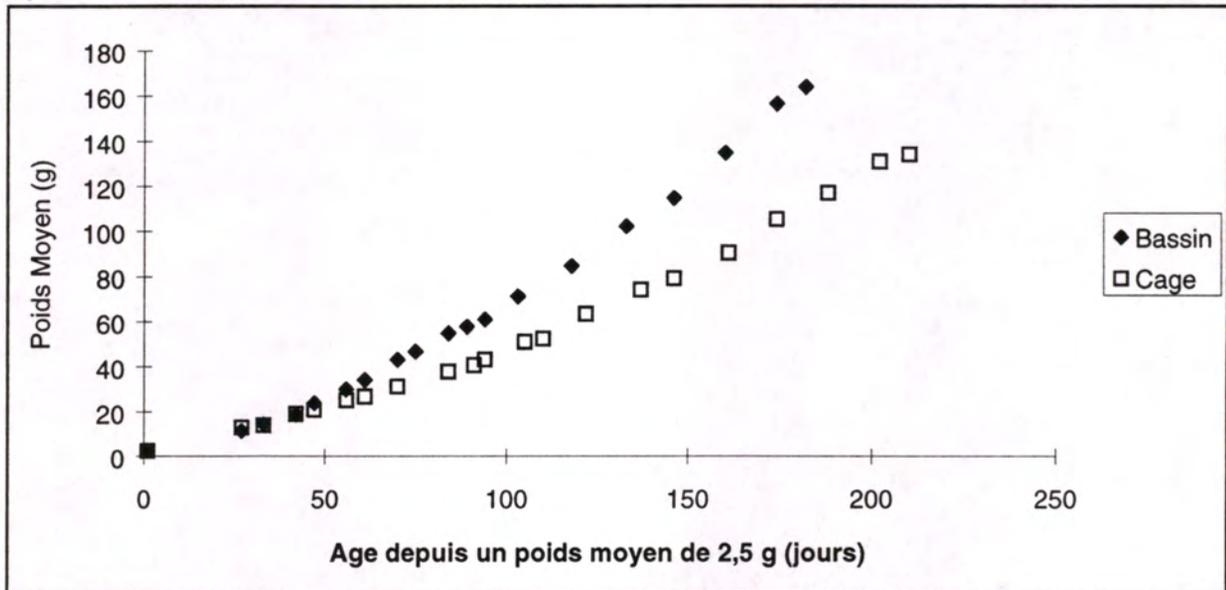


Figure 17 : Courbe recalculée de la croissance de tilapias élevés en eau de mer en cage et en bac lors de l'expérience N° 3, toutes classes de poids confondues.

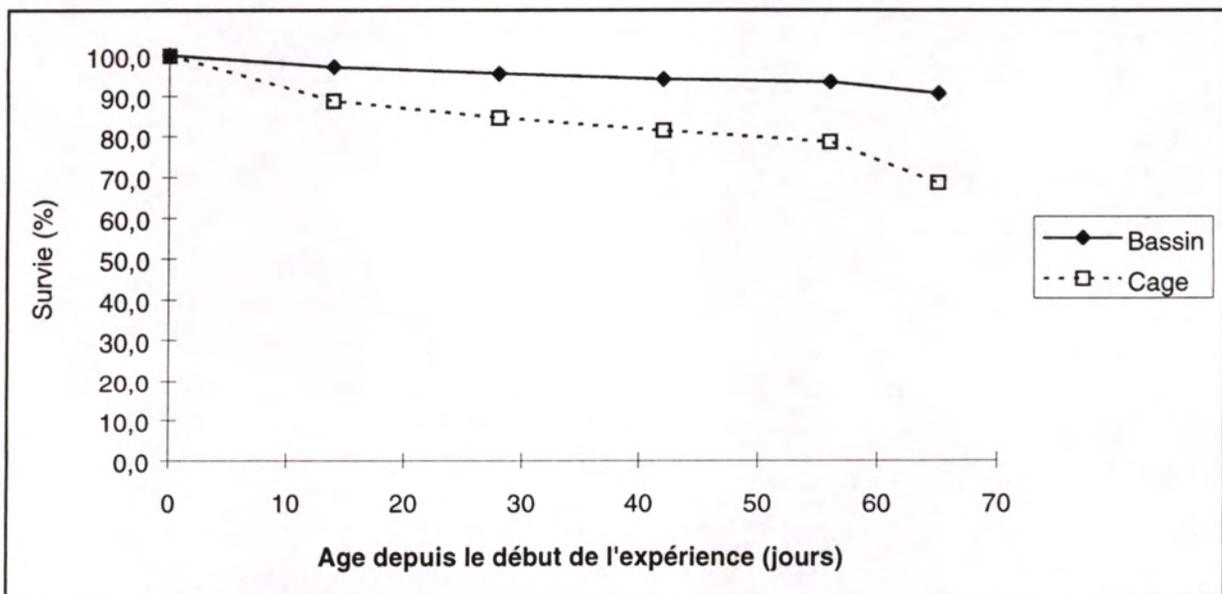


Figure 18 : Evolution moyenne de la survie en cage et en bac lors de l'expérience N° 3, toutes classes de poids confondues.

### *Problèmes pathologiques*

Ces trois types de comparaison (par classe de poids, par protocole et par structure d'élevage) mettent en évidence un élément important qui est apparu tout au long des différentes expériences. Les épisodes pathologiques dus quasi exclusivement au parasite monogène *Neobenedenia melleni* ont influé sur les performances, principalement en cage. Ce pathogène est apparu de manière récurrente et, outre les mortalités qu'il induit s'il n'est pas traité à temps, il provoque une diminution de la croissance. Les symptômes observés sont identiques à ceux décrits par Watanabe (1991), à savoir une perte d'appétit, un comportement de prostration au fond du bac ou de la cage, une hyper-sécrétion de mucus avec parfois des lésions hémorragiques sur les flancs et un oeil plus ou moins opaque. Le traitement - bain dans de l'eau douce pendant 10 mn - s'est avéré très efficace et nous n'avons pas eu recours aux traitements plus agressifs décrits dans la bibliographie (Hall, 1992). Des traitements préventifs existent et sont plus ou moins efficaces ou applicables. Watanabe (1991) suggère de diminuer la salinité pendant 48 h à 18 ‰, 2 fois par mois, alors que Robinson *et al* (1992) proposent de placer les cages de telle sorte que le bas du filet soit 3 m au moins au-dessus du fond de la mer ou d'effectuer l'élevage en bassin en utilisant de l'eau filtrée pour éviter l'introduction d'adultes du parasite (6 mm) et d'oeufs (120 µm). Ces 2 dernières mesures ont été respectées dans notre cas.

Lors de nos travaux, il est apparu que le phénomène est mieux maîtrisé en bassin avec eau de mer filtrée qu'en cage, mais cela peut provenir aussi d'une plus grande facilité de surveillance qui permet d'intervenir rapidement et de traiter les poissons lorsque les premiers symptômes apparaissent. En cage, même si des traitements à l'eau douce ont été réalisés lors des échantillonnages et chaque fois que cela s'est avéré nécessaire, la pathologie est détectée moins rapidement ce qui influe sur les performances générales moyennes. Par ailleurs, l'épisode pathologique se propage d'une cage à l'autre ce qui se répercute sur les moyennes par classes de poids car les séries d'expérimentations étaient effectuées classe après classe. On n'observe pas cet artefact dans les moyennes par protocole, car il n'y a pas de synchronisation ; en effet, il intervient un "lissage" de l'effet pathologique car chaque protocole est représenté de manière équivalente pour chaque classe de poids.

### *Influence de la salinité sur les performances de grossissement*

D'après des travaux antérieurs, on pouvait attendre de cette expérience des performances supérieures en eau salée par rapport à celles en eau douce. Ainsi, Watanabe *et al* (1988 a et b) ont mis en évidence sur la souche "Red Florida" que la consommation alimentaire et la croissance augmentaient avec la salinité. En 1989, Ernst *et al* obtiennent sur cette même souche une croissance en eau de mer supérieure à celle obtenue dans d'autres travaux en eau douce et en eau saumâtre sur d'autres souches de couleur rouge. D'après ces auteurs, une augmentation sensible de la consommation en aliment en eau de mer est enregistrée et est à mettre en relation, d'une part avec les observations de Watanabe *et al* (1988 a et b) sur une diminution de l'agressivité entre individus, et d'autre part avec l'enregistrement de taux de consommation d'oxygène supérieurs (Farmer et Beamish, 1969; Febry et Lutz, 1987).

Cependant, même si la plupart des auteurs s'accordent pour dire que les performances en eau de mer sont supérieures, Watanabe *et al* (1993) sur la souche "Red Florida" obtiennent une meilleure croissance en eau saumâtre (18 ‰) par comparaison avec l'élevage en eau de mer et en eau douce et ce, quelle que soit la température utilisée. De plus, sur un hybride d'*O. mossambicus* x *O. hornorum*, Febry et Lutz (1987) ont montré que les besoins énergétiques nécessaires à l'osmorégulation étaient inférieurs à une salinité de 12-15 ‰ par rapport à 0 et à 36 ‰. Lotan (1966) avait quant à lui noté sur *O. aureus* que la consommation d'oxygène augmentait pour des salinités de part et d'autre de 40 ‰ de la salinité de l'eau de mer c'est à dire environ 14 ‰. Il attribuait ce phénomène au fait qu'à cette salinité, qui est presque isosmotique avec le milieu intérieur du poisson, le gradient osmotique sang-milieu extérieur est minimal.

On se retrouve donc face à deux interprétations contradictoires. Dans le cas de notre étude, si l'on fait abstraction de la dernière partie du grossissement en eau de mer (120-155 jours) où la

diminution de la croissance à pleine salinité est à mettre en parallèle avec une mortalité accrue due à des attaques du monogène, il n'apparaît pas de différence entre les croissances dans les 3 milieux d'élevage (figure 15). La différence se fait sentir plutôt au niveau de la survie entre eau douce et eau saumâtre d'une part et eau de mer d'autre part. Même si l'on ne tient pas compte des 15 derniers jours du grossissement, on observe une mortalité faible mais chronique tout au long de l'élevage en eau de mer (figure 16).

On peut noter par ailleurs, que la croissance obtenue dans l'expérience 4 est supérieure à celle obtenue dans l'expérience 3. En effet, dans l'expérience 3, la grille alimentaire était trop faible car élaborée pour des conditions d'élevage de fermes privées où la température est plus faible que celle dont nous bénéficions au Robert. Nous l'avons donc revu à la hausse ce qui s'est répercuté sur la croissance dans les expériences aux différentes salinités. Cependant les performances en eau de mer sont inférieures à celles obtenues par Ernst *et al* en 1989 (de 1 à 467 g en 170 jours avec une survie de 89,7 % et un indice de conversion de 1,6) en raison des problèmes pathologiques évoqués plus haut. Les performances obtenues en eau douce et en eau saumâtre en sont quant à elle beaucoup plus proches :

- en eau douce, de 7,4 à 323 g en 155 jours avec une survie de 98 % et un indice de conversion de 1,49,
- en eau saumâtre, de 6,9 à 308 g en 155 jours avec une survie de 95 % et un indice de conversion de 1,58.

On peut interpréter les problèmes rencontrés épisodiquement en eau de mer comme une fragilité accrue du poisson vis à vis de son milieu d'élevage. En effet, le parasite est naturellement présent dans les eaux de la Martinique. Il a parfois été responsable d'attaques pathologiques ayant pu conduire à des mortalités sur d'autres espèces de poisson marin sur lesquels nous avons travaillé. C'est ainsi que l'on a pu le mettre en évidence sur la carangue "ailes rondes" *Trachinotus goodei*, la sarde "queue jaune" *Ocyurus chrysurus* et le bar européen *Dicentrarchus labrax* (Gallet de Saint Aurin *et al*, 1990 ). Dans la majeure partie des cas, ces attaques étaient liées à de mauvaises conditions d'élevage qui avaient affaibli le poisson (sous-alimentation, carence vitaminique, salissure excessive du filet, *etc* ...). Ces causes étant éliminées, on peut penser que c'est aussi un affaiblissement du poisson en eau de mer qui déclenche la "poussée" pathologique. On pouvait raisonnablement établir l'hypothèse que les efforts qu'effectue le poisson pour réguler son milieu intérieur lorsqu'il est en eau de mer, le conduisent à un état de fragilité qui le rend plus sensible au monogène. Cependant, ceci devrait être surtout important au début de la stabulation en eau de mer, l'animal bien adapté par la suite n'étant probablement pas plus susceptible. Et, de plus, l'élevage en bassin n'est pas plus favorisé sur ce point précis.

Les attaques pathologiques que subit le poisson peuvent être limitées voire éliminées principalement en bac dont le milieu est bien contrôlé et où on peut éviter l'introduction du pathogène. Dans ces conditions, Watanabe *et al* (1988a) obtiennent clairement une augmentation de la croissance lorsque la salinité augmente de 1 à 36 ‰. Dans le même temps ils ont pu mettre en évidence une augmentation de la consommation d'aliment et un meilleur indice de conversion. Dans une autre étude, Watanabe *et al* (1988b) montrent que lorsque la salinité augmente, les agressions entre individus diminuent. Ces deux études suggèrent qu'en eau de mer, le poisson dépense moins d'énergie dans les interactions avec ses congénères et de ce fait grossit mieux. L'augmentation de la survie témoignerait aussi de la baisse de ces agressions. La mise en évidence de ces phénomènes est subordonnée à la maîtrise des épisodes pathologiques qui masquent les gains potentiels dus à l'élevage en eau de mer, comme cela a été le cas dans notre étude.

D'autres interprétations peuvent être apportées pour tenter d'expliquer ces résultats. Parmi eux, on peut penser que dans l'état de fragilité où se trouve le poisson en eau de mer, il faille réduire au maximum les manipulations qui induisent des hypersécrétions de mucus voire des lésions qui sont propices à l'installation du parasite. Dans nos expériences, les poissons sont tous pesés individuellement à 2 semaines d'intervalle pour le suivi de la croissance, ce qui assez traumatisant. On

peut aussi envisager d'avoir recours à des aliments spécialement élaborés pour préparer le poisson au transfert en eau de mer.

Dans ces conditions, et avec ces résultats, il est difficile d'envisager le passage de cet élevage à une échelle de production car il sera impossible de maîtriser les épisodes pathologiques en bac sauf à filtrer l'eau de mer et *a fortiori* en cage flottante où le contrôle de ces phénomènes est hautement aléatoire. Une voie d'amélioration consiste à réaliser la reproduction et l'élevage larvaire en eau salée car comme l'ont montré Watanabe *et al* (1989a), la souche "Red Florida" peut se reproduire en eau salée jusqu'à 36 ‰. Cependant la fécondité diminue à partir de 18 ‰. En effet, ces mêmes auteurs ont démontré dans une autre étude (Watanabe *et al* 1989b) que l'exposition des premiers stades de développement de la larve à la salinité (18 ‰) provoquait une amélioration de la croissance, plus particulièrement en eau saumâtre. Dans ces mêmes travaux, il apparaît que lorsque la reproduction et l'élevage larvaire se déroulent en eau salée (18 ‰), le poisson est mieux adapté pour l'élevage en eau de mer et montre une meilleure survie dans les conditions où normalement il est fragilisé (température < 27°C). A cet égard, on peut noter que nos expériences se sont déroulées dans des conditions limites de ce point de vue, avec une température moyenne de 26,5 à 28°C selon les expériences. Ceci peut expliquer, du moins pour partie, que nous ayons ressenti comme aléatoire l'apparition d'épisodes pathologiques alors que ceux ci étaient aussi influencés par la température de l'eau de mer.

## V - Conclusions

Les résultats tant zootechniques que ceux concernant certains paramètres physiologiques font apparaître nettement que la souche testée présente une bonne capacité à s'adapter au changement de milieu eau douce - eau de mer. Sous réserve de respecter certaines précautions peu contraignantes, concernant notamment la durée de l'acclimatation, on obtient des survies proches de 100 % lors du transfert de l'eau douce vers l'eau salée, et une bonne reprise de croissance à court terme par la suite.

Plus tard, le grossissement en eau de mer de pleine salinité pose des problèmes de nature pathologique plus marqués en cage flottante qu'en bac à terre. Il n'a pas pu être mis en évidence de relation entre l'apparition de ces épisodes pathologiques et l'observation d'une dégradation des paramètres physiologiques. Est-il cependant possible que ces problèmes soient le reflet d'un état de souffrance physiologique de l'animal, dû à une adaptation imparfaite au milieu marin ?

Dans nos conditions expérimentales, l'élevage de cette souche n'est pas envisageable en cage flottante en mer, et reste quand même aléatoire en bac en raison de la variabilité des résultats de survie obtenus. La simplicité du traitement à l'eau douce contre les parasites ne doit pas masquer son application difficile à grande échelle sur une exploitation commerciale sauf à disposer sur un site à terre de ressources en eau naturelle permettant des traitements rapides quand le besoin s'en fait sentir. A cet égard, l'élevage en eau saumâtre représente un excellent compromis puisque celui-ci ne fait pas apparaître les épisodes pathologiques décrits plus haut, et conduit à des réponses en survie et croissance de la souche utilisée tout à fait acceptables, quelle que soit le poids initial d'acclimatation à l'eau salée.

On peut dégager quand même quelques axes d'études qui pourraient permettre le cas échéant d'améliorer les résultats que nous avons obtenus. Parmi ceux-là, le recours à la reproduction et l'élevage larvaire en eau salée doit probablement permettre d'améliorer les performances notamment de survie du poisson ensuite en eau de mer. Une autre voie semble porteuse de progrès potentiel également, il s'agit de l'utilisation d'aliment spécifique pour préparer le poisson au transfert en eau de mer. Par ailleurs, des progrès sensibles peuvent être attendus grâce à l'utilisation d'espèces ou d'hybrides, existants ou à mettre au point, mieux adaptés à l'élevage en eau de mer complète. Cependant l'introduction de telles souches dans des régions où elles ne sont pas présentes pose un problème écologique relatif à la grande capacité de colonisation de ces espèces ce qui pourrait provoquer des déséquilibres du milieu naturel.

Du point de vue de l'intérêt de la mesure de divers indicateurs physiologiques, il apparaît que ceux qui sont liés à l'osmorégulation sont très pertinents à étudier à court terme. En effet, ils permettent de déceler clairement le déséquilibre hydrominéral éventuel, transitoire ou chronique, des tilapias et d'estimer leurs capacités d'adaptation au milieu marin. Par la suite, ils perdent de leur informativité, car tous les animaux adaptés depuis longtemps à l'eau salée, et capables d'y développer une certaine croissance, osmorégulent plus ou moins correctement. Les niveaux circulants des hormones thyroïdiennes permettent par contre de déceler d'éventuels indices de la non parfaite adaptation au milieu et par conséquent des faiblesses dans le potentiel de croissance. A court terme, elles permettent la confirmation de la valeur des paramètres de la balance hydrominérale.

## BIBLIOGRAPHIE

- Al-Amoundi, M.M. 1987. The effect of high salt diet on the direct transfer of *Oreochromis mossambicus*, *O. spirulus* and *O. aureus/O. niloticus* hybrids to sea waters. **Aquaculture**, 64 : 333-338.
- Anonyme, 1993. Compte rendu du séminaire scientifique sur l'élevage du Saint-Pierre en Martinique (17-19 Février 1992) et analyse des modifications qui en ont résulté (juin 1993). **Rapport ADAM / SICA Aquacole**, 15 pp.
- Bashamohideen, M. and Parvatheeswararao, V., 1976. Adaptations to osmotic stress in the freshwater euryhaline teleost, *Tilapia mossambica*. **Zool. Anz. Jena**, 197 (1/2) : 47-56.
- Boeuf, G and Prunet, P. 1985. Measurements of gill (Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>)-ATPase activity and plasma thyroid hormones during smoltification in Atlantic salmon., *Salmo salar*. **Aquaculture**, 45 : 111-119.
- Boeuf, G. 1987. Bases physiologiques de la salmoniculture : osmorégulation et adaptation à l'eau de mer. **La Pisciculture Française**, 87 : 28-40.
- Boeuf, G. 1993. Sea water adaptation strategies in salmonids. In "**Aquaculture : fundamental and applied research**", Coastal and Estuarine Studies, B.Lahlou and P.Vitiello eds, Amer.Geophys.Union, Washington D.C., pp 61-80.
- Chervinsky, J. and Hering, E., 1973. *Tilapia zillii* (Gervais) (Pisces, Cichlidae) and its adaptability to various saline conditions. **Aquaculture**, 2 : 23-29.
- Dharmamba, M., Bornancin, M. and Maetz, J. 1975. Environmental salinity and sodium and chloride exchanges accross the gill of *Tilapia mossambica*. **J.Physiol.**, 70 : 627-636.
- Ernst, D.H., Ellingson, L.J., Olla, B.L., Wicklund, R.I., Watanabe, W.O. and Grover, J.J., 1989. Production of Florida red tilapia in seawater pools : nursery rearing with chicken manure and grow-out with prepared feed. **Aquaculture**, 80 : 247-260.
- Farmer, G.J. and Beamish, F.W.H., 1969. Oxygen consumption of *Tilapia nilotica* in relation to swimming speed and salinity. **J. Fish. Res. Board Can.**, 26 : 2807-2821.
- Febry, R. and Lutz, P., 1987. Energy partitioning in fish : the activity-related cost of osmoregulation in euryhaline cichlid. **J. Exp. Biol.**, 128 : 63-85.
- Gallet de Saint Aurin, D., Raymond, J.C. and Vianas, V., 1990. Marine fish pathology : specific problems and research in the French West Indies. Advances in Tropical Aquaculture. Tahiti, Feb. 20-March 4, 1989. Aquacop. IFREMER. **Actes de colloque**, pp 143-160.
- Garrison, R.L. Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) smolts in ninety days. **Progr.Fish Cultur.**, 27 (4) : 219-220.
- Hall, R. N., 1992. Preliminary investigations of marine cage culture of red hybrid tilapia in Jamaica. **Proceedings of the 42nd Annual Meeting of the Gulf and Carribbean Fisheries Institute**, 5-10 November 1989, Ocho Rios, Jamaica, pp 440.
- Hopkins, K., Ridha, M., Leclercq, D., Al-Ameeri, A.-A. and Al-Ahmad, T., 1989. Screening tilapias for sea water culture in Kuwait. **Aquacult. Fish. Manage.**, 20 : 389-397

- Le Coz, C., Margerit, P. et J.P. Marion, 1989. Elevage en eau de mer du tilapia rouge à la Martinique. In **Aquaculture**, coord. G. Barnabé. Technique et Documentation. Lavoisier. pp 930-938.
- Liao, I.C. and S.L. Chang, 1983. Studies on the feasibility of red tilapia culture in saline waters. In : L. Fishelson and Z. Yaron (compilers), **Proceedings of the International Symposium on Tilapia in Aquaculture**, Nazareth, Israel, 8-13 May 1983. Tel Aviv University, Tel Aviv, Israel, pp. 524-533.
- Lotan, R., 1960. Adaptability of *Tilapia nilotica* to various saline conditions. **Bamidgeh**, 12 : 96-100.
- Lotan, R., 1966. Oxygen consumption in the gills of *Tilapia aurea* (Steindachner) (Pisces, cichlidae) in various saline conditions. **Israel J. Zool.**, 15 : 33-37.
- Margerit, P., 1986. Introduction d'une nouvelle espèce de poisson en Martinique, le Saint-Pierre *Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*. **Proceedings of the 39th Gulf and Caribbean Fisheries Institute**. November 1986. Martinique, pp.446-452.
- Martinez, I., B.Dreyer, A.Agersborg, A. Le Roux and G.Boeuf. 1995. Effects of T<sub>3</sub> and rearing temperature on growth and skeletal myosin heavy chain isoform transition during early development in the salmonid *Salvelinus alpinus* (L.). **Compar. Biochem.Physiol.**, 112 B : 717-725.
- Philippart, J.C. and Ruwet, J.C., 1982. Ecology and distribution of Tilapias, p. 15-59. In R.S.V. Pullin and R.H. Lowe-McConnell (Eds) The biology and culture of tilapias. **ICLARM Conference Proceedings 7**, 432 pp. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- Prunet, P. and Bornancin, M. 1989. Physiology of salinity tolerance in tilapia : an update of basic and applied aspects. **Aquat.Living Resour.**, 2 : 91-97.
- Robinson, R. D., Khalil, L. F., Hall, R. N. and Steele, R. D., 1992. Infection of red hybrid tilapia with a monogenean in coastal waters off Southern Jamaica. **Proceeding of the 42nd Annual meeting of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute**, 5-10 November 1989, Ocho Rios, Jamaica. pp 441-447
- Stickney, R.R. 1986. Tilapia tolerance of saline waters : a review. **Prog.Fish Cult.**, 48 : 161-167.
- Villegas, C.T., 1990. Salinity tolerance of *Oreochromis mossambicus*, *O. Niloticus* and their F1 hybrids. SEAFDEC. **Asian Aquaculture**, 13(3) : 6-8.
- Watanabe, W.O. and Kuo, C.M. 1985. Observations on the reproductive performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in laboratory aquaria at various salinities. **Aquaculture**, 49 : 315-323.
- Watanabe, W.O., Kuo, C.M. and Huang, M.-C., 1985a. The ontogeny of salinity tolerance in the tilapias *Oreochromis aureus*, *O.niloticus*, and *O.mossambicus* X *O.niloticus* hybrid, spawned and reared in freshwater. **Aquaculture**, 47 : 353-367
- Watanabe, W.O., Kuo, C.M. and Huang, M.C. 1985b. Salinity tolerance of Nile tilapia fry (*Oreochromis niloticus*) spawned and hatched at various salinities. **Aquaculture**, 48 : 159-176.
- Watanabe, W.O., Ellingson, L.J., Wicklund, R.I. and Olla, B.L., 1988a. The effects of salinity on growth, food consumption and conversion in juvenile, monosex male Florida red Tilapia. In : R.S.V. Pullin, T. Bhukaswan, K. Tonguthai and J.L. Maclean (Editors), The second International Symposium on tilapia in Aquaculture. **ICLARM Conference Proceedings 15** Department of Fisheries, Bangkok, Thailand, and International Center for Living Aquatic Resources Management, Philippines, pp. 515-523.

Watanabe, W.O., French, K.E., Ellingson, L.J., Wicklund, R.I. and Olla, B.L., 1988b. Further investigations on the effects of salinity on growth in Florida red tilapia : evidence for the influence of behavior. In : R.S.V. Pullin, T. Bhukaswan, K. Tonguthai and J.L. Maclean (Editors), The second International Symposium on Tilapia in Aquaculture. **ICLARM Conference Proceedings 15** Department of Fisheries, Bangkok, Thailand, and International Center for Living Aquatic Resources Management, Philippines, pp. 525-530.

Watanabe, W.O., Burnett, K.M., Olla, B.L. and Wicklund, R.I., 1989a. The effects of salinity on reproductive performance of Florida red tilapia. **J. World Aquacult. Soc.**, 20 : 223-229.

Watanabe, W.O., French, K.E., Ernst, D.H., Olla, B.L. and Wicklund, R.I., 1989b. Salinity during early development influences growth and survival of Florida red tilapia in brackish and seawater. **J. World Aquacult. Soc.**, 20 : 134-142.

Watanabe, W.O., Ellingson, L.J., Olla, B.L., Ernst, D.H. and Wicklund, R.I., 1990. Salinity tolerance and seawater survival vary ontogenetically in Florida red tilapia. **Aquaculture**, 87 : 311-321.

Watanabe, W.O., 1991. Saltwater culture of tilapia in the Caribbean. **World Aquaculture** 22 (1). pp 49 : 54

Watanabe, W.O., Ernst, D.H., Chasar, M.P., Wicklund, R.I. and Olla, B.L., 1993. The effects of temperature and salinity on growth and feed utilization of juveniles, sex reversed male Florida red tilapia cultured in a recirculating system. **Aquaculture**, 112 : 309-320.

# ANNEXE 1

## NACIP

<b>ALIMENT :</b>		<b>TILAPIA ROUGE</b>	<b>90-3-E</b>
<b>ETIQUETAGE</b>		<b>CROISSANCE</b>	
Protéine		32%	
Lipide		8%	
Humidité		14%	
Cendre		11%	
Cellulose		6,0%	
Vitamine A		30000 UI/kg	
Vitamine D3		5200 UI/kg	
Vitamine E		70 mg/kg	
Vitamine C		190 mg/kg	
Choline		2400 mg/kg	
Méthionine + cystine		2,00%	
Arginine		1,30%	
Energie		16 MJ	

### COMPOSITION EN NUTRIMENTS (sur l'aliment sec)

Calcium	1,7%		VitA	11 mg/kg
Phosphore	0,7%		VitD3	0,14 mg/kg
Sodium	0,5%		VitC	200 mg/kg
Potassium	0,7%		VitE	90 mg/kg
Magnésium	0,3%		VitK3	4 mg/kg
			VitB1 thiamine	8 mg/kg
Lysine	1,3%	4,1%	VitB2 riboflavine	16 mg/kg
Méthionine	0,8%	2,3%	Vit B6 pyridoxine	9 mg/kg
Méthionine + cystine	2,1%	6,6%	VitB12 cobalamine	0,1 mg/kg
Tryptophane	0,3%	0,9%	VitB5 pantoté-te de Ca	10 mg/kg
Threonine	1,2%	3,8%	VitPP niacine	160 mg/kg
Glycine + serine	2,7%	8,4%	VitBc acide folique	5 mg/kg
Leucine	3,5%	10,9%	VitH biotine	0,8 mg/kg
Isoleucine	1,4%	4,4%	Choline	2600 mg/kg
Valine	1,6%	5,0%		
Histidine	0,8%	2,5%		
Arginine	1,4%	4,4%		
Phenilalanine + tyrosine	3,0%	9,4%		
			Par rapport aux protéines	
Linoléique	0,1%			
Eicosapentaénoïque	0,6%			
Docosahexaénoïque	0,4%			

