

**Rapport de mission à l'Ile de la Réunion**

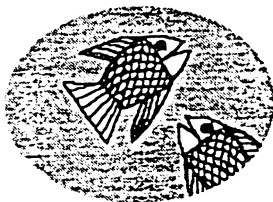
**13 - 24 mai 1995**

**Programme de recherche sur le "Gueule Rouge"**

**(*Tilapia Oreochromis* rouge "Red Florida") à l'Ile de la Réunion**

Jérôme Lazard

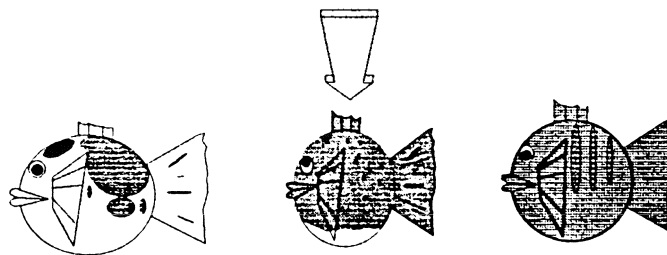
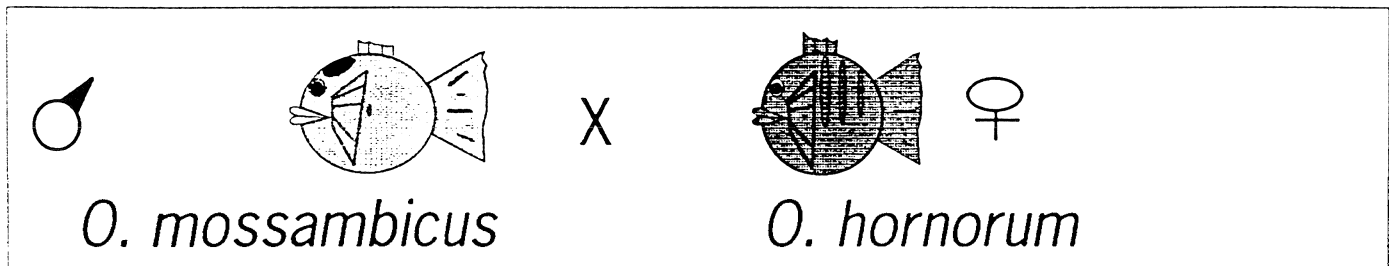
mai 1995



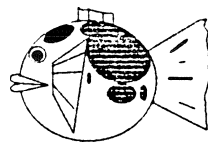
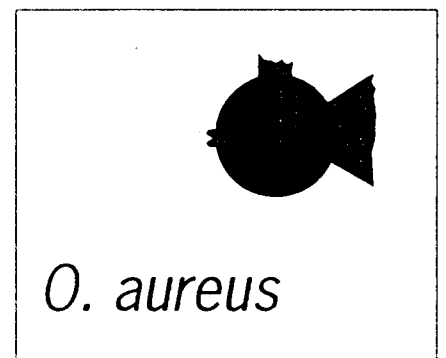
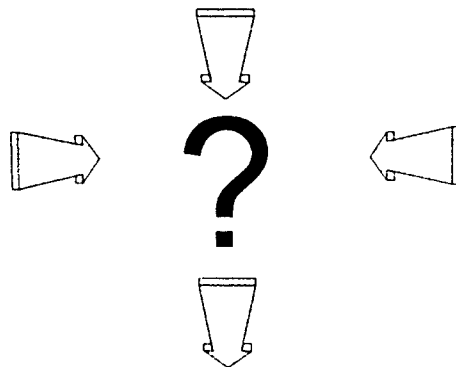
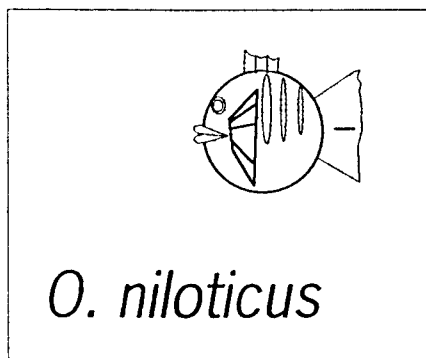
CIRAD-EMVT  
Département d'Elevage  
et de Médecine vétérinaire  
du Cirad  
10 rue Pierre Curie  
94704 - Maisons Alfort Cedex France

Programme Aquaculture et Pêche  
GAMET  
Groupe Aquaculture continentale  
Méditerranéenne Et Tropicale  
BP 5095  
34033 - Montpellier cedex France

Once upon a time ...  
The "Gueule Rouge" story



Souche Red Florida



N générations

Gueule rouge

## TABLE DES MATIERES

1. Objectifs de la mission
2. Programme de recherche sur le Gueule Rouge à l'île de la Réunion
  - 2.1. Situation actuelle
  - 2.2. Année 1996 et suivantes
3. Les moyens humains et financiers
4. Coopération internationale
5. Aquaculture du Gueule Rouge à Mayotte
6. Accord cadre CIRAD-EMVT/ARDA

Annexe I

Annexe II

Annexe III

## 1. OBJECTIFS DE LA MISSION

Les objectifs de cette mission étaient :

- ⇨ Participation au conseil scientifique du CIRAD-EMVT de la Réunion
- ⇨ Participation au programme de recherche piscicole mené à la Réunion en association avec l'ARDA et bilan d'étape
- ⇨ Visite des producteurs privés installés par l'ARDA
- ⇨ Discussion sur le projet aquacole de Mayotte
- ⇨ Réflexion au programme de coopération régionale.

## 2. PROGRAMME DE RECHERCHE SUR LE GUEULE ROUGE à l'ILE DE LA REUNION

### 2.1. Situation actuelle

Identifié en 1993 à l'occasion d'une mission conjointe CIRAD-INRA (Lazard et Jalabert) auprès de l'ARDA, en concertation avec - et sur des problématiques soulevées par - cette Association dirigée par P. Bosc, les travaux de recherche sur le "Gueule Rouge" (*Oreochromis* hybride rouge "Red Florida") ont démarré dès cette année grâce à un financement du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche auquel se sont ajoutés courant 1994 des financements du Ministère de la Recherche et de la Région.

L'évolution de la dynamique de recherche et de développement, les principaux artisans de ces travaux ainsi que les rapports et publications auxquels ils ont donné lieu sont donnés en annexe I. Les principaux résultats scientifiques sont donnés en annexe II. Le coordonnateur principal et notamment scientifique en a été J.F. Baroiller.

Les résultats de ce programme ont été évalués à l'occasion du conseil scientifique du CIRAD-EMVT de la Réunion (13-18 mai 1995) dont le rapport en constituera l'évaluation officielle.

L'UR-Aquaculture du CIRAD-EMVT a délibérément choisi, en accord avec son partenaire ARDA de privilégier la qualité scientifique par rapport à une présence lourde phénotypique sur l'île de la Réunion. En d'autres termes, elle a privilégié des stagiaires et VAT bien encadrés par des chercheurs spécialisés travaillant en étroite collaboration avec des laboratoires d'excellence plutôt que des chercheurs seniors isolés.

Actuellement le programme de recherche se déroule "matériellement" à l'île de la Réunion sous la conduite d'un VAT auquel participe une technicienne à 3/4 temps dans le cadre de l'outil expérimental de la ferme du Gol (ARDA). Un appui scientifique, notamment sous forme de missions d'appui est assuré par l'UR - Aquaculture CIRAD-EMVT, en collaboration étroite avec les laboratoires de Rennes et de Jouy-en-Josas de l'INRA.

Les principales thématiques traitées en 1995 sont :

VAT D. Desprez <sup>1</sup>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Optimisation des traitements à la <math>11\beta\text{OH}\Delta 4</math> et transfert de la technique en vraie grandeur à l'ARDA</li><li>• Déterminisme génétique du sexe du Gueule Rouge (avec une composante sur le déterminisme de la couleur)</li></ul>
stagiaire Y. Carteret <sup>1</sup>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Détermination des caractéristiques de la reproduction du Gueule Rouge</li></ul>

## 2.2. Années 1996 et suivantes

En toute logique, le travail de défrichage réalisé en 1994 se poursuit en 1995 selon l'axe prioritaire "monosexage" et la totalité des expérimentations se déroule à l'île de la Réunion dans les nouvelles infrastructures expérimentales en circuit fermé réalisées sur la ferme du Gol directement inspirées, dans la conception, de celles du GAMET-Montpellier (un technicien, Laurent Trarieux, ayant séjourné à Montpellier en 1994 en a assuré le transfert).

Il semble raisonnable d'envisager leur poursuite sur 1996 en y adjoignant, si les infrastructures expérimentales et le financement du fonctionnement le permettent, un volet sur le déterminisme de la couleur.

---

<sup>1</sup> Encadrés par J.F. Baroiller

Un bilan scientifique et technique doit être prévu fin 1996 afin :

- ⇔ d'évaluer la valeur scientifique des résultats obtenus,
- ⇔ de valider l'outil expérimental
- ⇔ de définir un programme pour les années suivantes (cf schéma ci-joint).

### 3. LES MOYENS HUMAINS ET FINANCIERS

Les seconds déterminent malheureusement les premiers, ils sont indissociables.

Les moyens dévolus au projet proviennent essentiellement de 4 sources :

ARDA  
Région  
CIRAD  
MRT (Cordet *et al.*)

#### ○ VAT

Pour 1995, le financement du VAT et les moyens de fonctionnement de la recherche sont assurés par la Région (200 kF de 1994+ 200 kF de 1995).

L'ARDA assure quant à elle le financement *sensu lato* de l'environnement relatif à l'outil expérimental et le financement de la technicienne.

Le temps et le financement du VAT s'achèvent en mars 1996. Compte tenu de la compétence de celui-ci (cf. CV, annexe III), de sa bonne insertion au sein de l'ARDA et de la durée escomptée du programme qu'il mène, il faut envisager la poursuite de son financement jusque fin 1996.

#### ○ Formation de la technicienne de l'ARDA

M.C. Hoareau doit venir 2 mois (janvier-février 1996) en Europe (Montpellier, Rennes, Tihange-Liège) se perfectionner aux techniques relatives à la reproduction et au déterminisme du sexe chez le tilapia.

Priorité du tilapia dans le monde: Biblio

tilapia = "modèle" de l'UR  
 Aquaculture CIRAD  
 sexe = axe prioritaire de recherche

- CIRAD-EMVT  
 UR Aquaculture  
 - INRA  
 - Univ. de Liège

Axes de recherche

ARDA

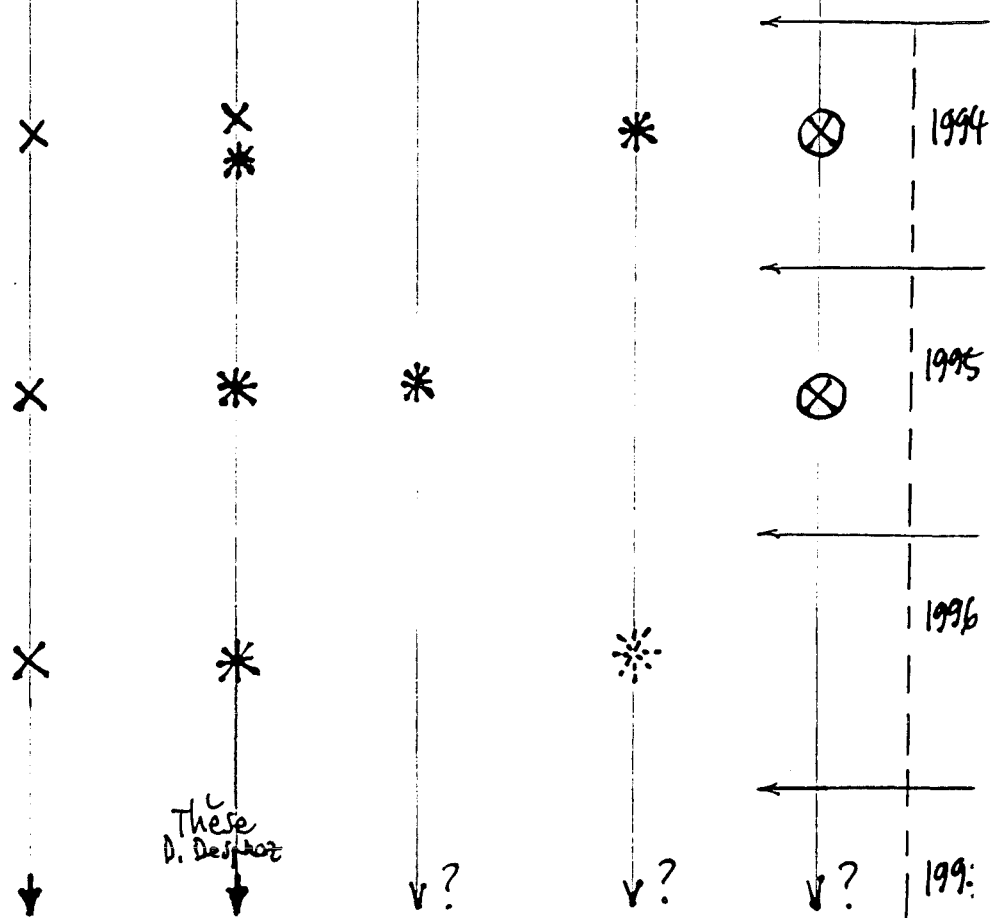
- Ecloserie
- Rech. Dev
- Ingénierie/Coopion

transfert  
 outil expérimental

- Caractérisation génétique
- monoxage det. sexe
- caractérisation de la reprod.
- détermination couleur
- adaptation osmotique

transfert hors Réunion  
 autres DOM-TOM  
 • PVD (Afrique, Am. lat., Asie)  
 en association avec  
 CIRAD-EMVT UR Aquac.

Évaluation scientifique



Repartition des tâches ARDA, CIRAD-EMVT, INRA ....

Formation à la recherche du personnel ARDA

- ⊗ : élevages "commerciaux" (semi-expérimentaux).
- X : expérimentations réalisées en métropole (Montpellier, Rennes, Jouy)
- \* : expérimentations réalisées à la Réunion avec encadrement scientifique CIRAD-EMVT.
- ✱ : allocation de recherche CIRAD-INRA

○ Thésard sur le déterminisme de la couleur

Au cours de la réunion du Conseil Scientifique de l'EMVT-Réunion, le Directeur Scientifique des Productions Animales de l'INRA (F.Grosclaude) a proposé d'affecter à ce programme un allocataire de recherche cofinancé INRA-CIRAD.

Cela paraît une proposition tout à fait constructive qu'il conviendrait de matérialiser lors de la prochaine session d'attribution de ces bourses (octobre/novembre 1995 pour démarrage immédiat).

○ Technicien animalier

Un technicien animalier dévolu au volet recherche manque au dispositif. Même à mi-temps, le financement d'un tel technicien doit être trouvé dans les meilleurs délais.

Pour résumer :

⇒ 1995 est bouclé côté moyens humains et financiers

⇒ pour 1996 on peut distinguer :

⇒ **financement assuré**

- ① 200 kF Région
- ② 200 kF contrepartie CIRAD
- ③ budget ARDA "recherche" (ressources propres + financement Région)

① et ③ permettent d'assurer le fonctionnement de l'outil expérimental.

② éventuellement majoré devra servir à couvrir le complément du séjour de D. Desprez de mars à décembre 1996 (sur la base d'une allocation de recherche car il est inscrit en thèse "Européenne" à Liège) et les missions d'appui à la Réunion des chercheurs seniors de l'UR aquaculture EMVTet de l'INRA le cas échéant.

⇒ **financements à rechercher/dossier à monter**

- salaire technicien animalier (CIRAD-Réunion ?)
- compléments pour "mieux" fonctionner sur la ferme du Gol (Cordet, MRT, stages longue durée) auprès de la DRRT de la Réunion dont le responsable a été rencontré lors de la mission



- bourse (voyage + séjour) pour le stage de la technicienne ARDA en Europe
- bourse de thèse cofinancement INRA-CIRAD.

Fin 1996, un bilan scientifique sera effectué et la pertinence et les conditions de la poursuite du programme précisées.

#### **4. Coopération internationale**

Dans le double cadre du mandat du CIRAD (coopération internationale en recherche pour le développement) et de l'ARDA suite à sa restructuration dans le cadre de son volet "Ingénierie/coopération", il est prévu d'évaluer les possibilités de coopération entre le tandem CIRAD-ARDA et les services chargés de la recherche (FOFIFA) et du développement (Direction Pêche et Pisciculture, projets...) de la pisciculture à Madagascar. A l'occasion de cette mission conjointe, l'ARDA et le CIRAD-EMVT participeront au symposium "Fish Africa'95" qui se tient du 30 novembre au 2 décembre en Afrique du Sud. Outre le transfert de savoir faire acquis sur l'aquaculture du tilapia, cette mission évaluera également les possibilités d'accueillir en formation sur le Centre de la ferme du Gol de l'ARDA (CRAA : centre de recherche et d'application aquacole de la Réunion) des techniciens, ingénieurs et chercheurs malgaches.

#### **5. Aquaculture du Gueule Rouge à Mayotte**

L'ARDA a entrepris depuis déjà 2 ans à la demande de la DAF (Direction de l'Agriculture et de la Forêt) de la Collectivité Territoriale de Mayotte, des essais d'élevage en cage en mer de Gueule Rouge. Compte tenu des résultats biotechniques et micro-économiques obtenus à petite échelle, une étude socio-économique sur l'introduction d'une aquaculture artisanale à Mayotte a fait l'objet d'un mémoire de stage d'un étudiant du CNEARC (Alain Schübel) encadré par P. Bosc avec moi-même pour directeur de mémoire.

Les différents scénarios pour une stratégie de développement ont été discutés lors de mon séjour à la Réunion et notamment 2 alternatives :

- ① un “remake” du modèle réunionnais (ferme pilote, transfert...) dont le coût élevé n'est pas justifié de façon évidente
- ② l'installation d'un producteur privé (avec les aides et subventions classiques à ce type d'activité) dont l'outil de production ferait office de ferme pilote.

Deux facteurs, d'une certaine façon limitants, doivent à mon sens être pris en considération pour la conception de ce projet :

- ⇨ le risque pour les opérateurs artisans (agriculteurs, pêcheurs...) de réaliser avec succès un véritable bond technologique pour se transformer en aquaculteurs (d'autant qu'il s'agit d'une aquaculture en cage de type hors sol avec haut niveau d'intrants) ;
- ⇨ un marché solvable dont la seule certitude aujourd'hui est qu'il s'élève à une vingtaine de tonnes.

Dans l'option ②, un cahier des charges devra être imposé à l'opérateur de façon à ce qu'il assume la cohabitation d'exploitations artisanales.

## **6. Accord cadre CIRAD-EMVT/ARDA**

Un accord cadre entre le CIRAD-EMVT et l'ARDA devrait être rapidement signé pour formaliser les relations entre ces 2 organismes.

Cet accord, à préparer par les services compétents du CIRAD, doit tenir compte en particulier des aspects spécifiques suivants :

- ⇨ conditions d'encadrement scientifique des stagiaires et thésards sur la ferme du Gol par des chercheurs du CIRAD-EMVT et de l'INRA
- ⇨ conditions et mise en oeuvre sur la ferme du Gol des protocoles expérimentaux définis et décidés conjointement par le CIRAD et l'ARDA
- ⇨ valorisation des résultats hors Ile de la Réunion
- ⇨ accueil de stagiaires des PVD à l'Ile de la Réunion et accueil de stagiaires réunionnais en métropole

- ↔ recherche conjointe de financements et gestion collégiale de leur utilisation
- ↔ affectation de personnel CIRAD (chercheurs, VAT, thésards, stagiaires...) à l'ARDA.
- ↔ propriété des animaux

## Annexe I

Dynamique, acteurs et publications relatifs aux actions de recherche en aquaculture du Gueule Rouge à la Réunion

La collaboration ARDA-CIRAD/INRA a été identifiée et précisée en avril 1993 et les principaux axes de recherche ont été définis comme suit :

- la production de populations monosexes mâles par des voies hormonale (utilisation d'hormone naturelle), génétique et environnementale ;
- la caractérisation et le maintien de la qualité génétique des stocks de poissons élevés (couleur, conformation, performances zootechniques...) ;
- l'adaptation osmotique et l'élevage en milieux salés ;
- la caractérisation du milieu d'élevage sur la ferme du Gol.

La première phase des travaux de recherche s'est déroulée en 1994 sur un financement du Ministère de l'Agriculture, relayé, pour la deuxième phase, par des financements de la Région Réunion et du Ministère de la Recherche ainsi que par une participation de l'ARDA et du CIRAD-EMVT. En 1994, ces travaux ont été réalisés pour partie à l'ARDA (Réunion) et pour partie au GAMET (Montpellier). En 1995, l'essentiel du travail se déroule à l'ARDA sous la conduite d'un jeune chercheur du CIRAD-EMVT encadré par l'UR Aquaculture de cet institut en collaboration avec l'INRA.

Les principaux intervenants dans ces travaux de recherche sont :

- 3 étudiants : Cédric BRIAND (ENSA Rennes), Eddie GERAZ (ENITA Bordeaux), David MILLY (ENITA Bordeaux) ;
- ARDA : Pierre BOSC, Olivier DUTARTRE, Marie Claude HOAREAU, Laurent TRARIEUX ;
- CIRAD : Jean-François BAROILLER, Damien DESPREZ, Jérôme LAZARD,  
INRA : Daniel CHOURROUT, René GUYOMARD, Bernard JALABERT,  
Jean PETIT, Xavier ROGNON (ex-thésard CIRAD-EMVT)
- Université de Liège (BELGIQUE) : Charles MELARD.

**Evolution de la dynamique Recherche et Développement  
de l'aquaculture du Gueule Rouge (*Oreochromis* sp. "Red Florida")  
sur l'île de la Réunion**

- 1989** Etat des lieux sur la situation de la production halieutique à la Réunion et étude de l'opportunité de développer une filière piscicole
- 1990** Création de l'Association Réunionnaise de Développement de l'Aquaculture dotée d'une ferme expérimentale et d'un centre d'application
- Objectifs : - Mise au point de techniques d'élevage - Production commerciale  
- Validation des process d'élevage - Etablissement des circuits commerciaux
- 1993** Identification conjointe ARDA - CIRAD - INRA des points de blocage et des thématiques de recherche :
- Caractérisation et gestion génétique des souches utilisées
  - Production de descendances monosexes mâles
  - Adaptation osmotique (élevage en eaux salées)
- 1994**
- | <b>Développement (ARDA)</b>   | <b>Recherche</b>  |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Installation et encadrement de 3 producteurs</li> <li>- Transfert de technologie et du circuit commercial</li> </ul> | <p>Expérimentations sur la caractérisation génétique, le déterminisme du sexe et de la couleur, le monosexage (hormonal, environnemental)</p> <p>Lieu d'expérimentation : ARDA (Réunion), GAMET (Montpellier)</p> <p>INRA (Laboratoire de Génétique des Poissons)</p> |
- 1995**
- | <b>Restructuration de l'ARDA</b>  |   |  |
|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Production de juvéniles pour les producteurs privés</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Etude, conseil, ingénierie encadrement, formation</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Recherche en partenariat avec le CIRAD, l'INRA et l'Université de Liège (Belgique)</li> </ul> |

## Publications et rapports relatifs au programme de recherche

- BAROILLER J.F., 1994. Recherche et mise au point de techniques de productions de populations monosexes mâles chez le tilapia rouge, souche Red Florida. Rapport de fin de contrat Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, ARDA, CIRAD-EMVT, GAMET Montpellier, 108 p.
- BAROILLER, J.F., 1994. Proposition de Programme de travail sur le déterminisme du sexe chez le tilapia dans le cadre du plan Etat Région mis en place sur l'île de la Réunion. CIRAD-EMVT, GAMET Montpellier, 28 p.
- BAROILLER, J.F., 1988. Etude corrélée de l'apparition des critères morphologiques de différenciation de la gonade et de ses potentialités stéroïdogènes chez *O. niloticus*. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris VI, 70 p.
- BAROILLER, J.F., DESPREZ, D., TOGUYENI, A., MELARD, Ch., HOAREAU, M.C. and BOSCH, P., 1995. Use of a natural steroid  $11\beta$  - hydroxyandrosténédione, for the production of male monosex populations in 4 tilapias species, *Oreochromis niloticus*, *O. aureus*, *S. melanotheron* and the red hybrid "Red Florida". Soumis pour publication. Aquaculture.
- BRIAND, C., 1994. Revue sur les aspects de la détermination génétique du sexe et des mutations colorés dans le genre *Oreochromis*. Etude bibliographique, ENSA Rennes, 45 p.
- BRIAND, C., 1994. Etude des ségrégations des déterminants génétiques du sexe et de la couleur chez le tilapia rouge de la Réunion (*Oreochromis* sp). Mémoire D.A.A. Halieutique, ENSA Rennes, ARDA, CIRAD-EMVT, INRA Rennes, 35 p. + annexes.
- LAZARD, J. et JALABERT, B., 1993. Projet de recherche sur l'Aquaculture des tilapias rouges à l'île de la Réunion. CIRAD-EMVT Montpellier, INRA Rennes, 11 p. + annexes.

## Annexe II

Principaux résultats du programme de recherche mené sur le Gueule Rouge en 1994 et opérations en cours en 1995<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Document préparé par D. Desprez à l'occasion du Conseil Scientifique du CIRAD-EMVT de l'Ile de la Réunion (13-18 mai 1995)



## 1. Introduction

Chez les espèces du genre *Oreochromis*, les populations monosexes mâles sont recherchées afin de contrôler le taux de reproduction et de par l'existence d'un dimorphisme sexuel de la croissance en faveur des mâles. L'inversion hormonale du sexe au moyen de stéroïdes artificiels reste à ce jour la technique la plus couramment utilisée de par sa fiabilité et sa rentabilité. Cependant dans les pays industrialisés, l'utilisation des stéroïdes artificiels sur des individus destinés à la consommation humaine est interdite. Plusieurs techniques sont étudiées actuellement pour se substituer à l'utilisation des stéroïdes artificiels dans la production de populations monosexes mâles :

i) l'inversion hormonale du sexe au moyen d'un androgène naturel, la 11  $\beta$  hydroxyandrosténédione (11  $\beta$  OH A4). Cette technique constitue plus une solution d'alternative qu'une solution de remplacement.

ii) une approche génétique basée sur la production de géniteurs mâles et femelles homozygotes (génotype mâle) sur le plan du génotype sexuel. Le croisement de ces individus permet théoriquement l'obtention de populations monosexes mâles. L'utilisation d'individus inversés, comme géniteurs, pour la production de populations destinées à la consommation est légalement autorisée.

iii) l'existence d'une thermosensibilité de la différenciation du sexe a été démontrée chez deux espèces de tilapia (*O. niloticus* et *O. aureus*). Chez ces deux espèces, l'effet des hautes températures (34-36 °C) se caractérise par le déplacement du sexe-ratio des populations en faveur du sexe mâle.

Dans le cadre du programme de recherche sur le tilapia rouge à la Réunion, ces trois axes de recherche seront abordés.

## 2. L'inversion hormonale du sexe au moyen de la 11 $\beta$ OH A4

### **2.1. Introduction**

Cette technique est basée sur la possibilité d'inverser le sexe d'alevins indifférenciés au moyen de stéroïdes incorporés dans l'aliment. Les travaux de Baroiller (1988) ont permis d'identifier des androgènes naturels (androsténédione, l'androstérone) pendant les étapes précoces de la mise en place du testicule du jeune alevin. Des essais d'inversion au moyen de la 11  $\beta$  OH A4 ont démontré une efficacité de masculinisation comparable à la 17  $\alpha$  méthyltestostérone, hormone artificielle couramment utilisée, chez 3 espèces de tilapia : *O. niloticus*, *O. aureus* et *S. melanotheron*.

Chez l'hybride rouge Red Florida, des essais en aquarium réalisés au GAMET Montpellier ont démontré qu'une dose de 50  $\mu\text{g.g}^{-1}$  d'aliment appliqué pendant 28 jours permettait d'obtenir des populations à haut pourcentage de mâles (> 98 %).

Sur base de ces résultats la technique a été appliquée aux productions commerciales de la ferme du Gol depuis septembre 1994 et un suivi des résultats d'inversion a été effectué sur toutes les productions.

### **2.2. Protocole**

#### 2.2.1. Production d'alevins

Les alevins pélagiques issus d'une pêche sont transférés en bassin de 200 litres à raison de 10 000 alevins par bassin. Le traitement hormonal (50  $\mu\text{g.g}^{-1}$ ) est appliqué pendant 28 jours. L'hormone est incorporée dans l'aliment au moyen d'éthanol absolu. A la fin du traitement les alevins, issus de la même pêche, sont regroupés et transférés en bassin de 12 m<sup>3</sup>. A l'âge de deux mois, lorsque les caractéristiques histologiques de la gonade sont bien en place un échantillon de 500 poissons est prélevé et sexé par examen des gonades

(technique du squash gonadique). Suite à cet échantillonnage, la production est triée en trois classes de poids : les queues de lot, les moyens, les têtes de lot (ces 3 catégories ont été définies par des impératifs de commercialisation des juvéniles). Un nouveau sexage est réalisé sur 250 individus de chaque classe de poids. Le sexe-ratio de la population est ainsi déterminé. A ce jour nous avons sexé 8 productions de juvéniles dont les résultats sont présentés sur le tableau 1.

### 2.2.2. Résultats

Le pourcentage de mâles obtenu sur l'ensemble des population de **99,1 %**. Le sexage par classes de tri permet d'observer dans toutes les populations un pourcentage de mâles plus faible dans les queues de lots. Sur le plan de la production cette catégorie de poids est actuellement éliminée du circuit de commercialisation. Ce résultat pourrait résulter de phénomènes de dominants - dominés ; les individus de faible poids ayant plus difficilement accès à l'aliment, et donc une ingestion plus faible de l'aliment hormoné, d'où un pourcentage de mâles plus faible.

La survie moyenne, sur l'ensemble des productions, à l'âge 2 mois post-fécondation sur des juvéniles de 1 à 15 g est de **38,2 %**. D'après la littérature, le taux de survie observé sur les populations Red Florida est en moyenne de 65 %. Trois explications majeures peuvent être avancées pour expliquer les taux élevés de mortalité sur les populations réunionnaises :

- i) la couleur attractive de l'hybride en fait une proie facilement repérable par les oiseaux prédateurs dont les populations sur le site sont importantes et protégées,
- ii) un taux élevé d'infestation des individus par un protozoaires ciliés (*Trichodina sp.*),
- iii) une forte hétérogénéité des tailles apparait également dès les premières semaines d'élevage. Les mortalités sont, d'après nos observations, beaucoup plus importantes chez les individus de petites tailles. L'origine de cette disparité de taille sera recherchée

<b>Production</b>	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Survie après inversion (%)</b>	85,6	82,6	79,7	83,5	77,9	85,3	86,1	79,5
<b>Survie finale (%)</b>	66,2	38,9	25,7	39,4	41,5	47,4	26,8	32,3
<b>Pourcentage de mâles avant tri</b>	<b>98,0</b>	<b>99,4</b>	<b>99,6</b>	<b>99,4</b>	<b>98,6</b>	<b>99,6</b>	<b>99,6</b>	<b>99,2</b>
<b>Pourcentage de mâles par classe de poids</b>								
<b>Tête de lot (&gt; 6 g)</b>	99,6	99,6	100,0	99,6	100,0	ND	100,0	100,0
<b>Moyens (5 - 6 g)</b>	99,2	99,6	99,6	100,0	99,2	ND	100,0	99,2
<b>Queues de lot (&lt; 5 g)</b>	99,0	96,8	98,8	99,2	98,4	ND	99,2	98,4

**Tableau 1:** Survie et sexe-ratio de populations *Oreochromis sp* rouges inversées à l'androsténédione (11 $\beta$ OHA4), durée de traitement 28 jours, dose de traitement 50  $\mu\text{g.g}^{-1}$  d'aliment.

ND : Non déterminé

parallèlement à l'étude sur le déterminisme du sexe. Un tri fréquent des populations pourrait limiter cet effet si il n'est pas d'origine génétique.

### **2.3. Optimisation du traitement hormonal**

Ce transfert de technologie a démontré l'efficacité de la  $11 \beta$  OH A4 dans la production massive de populations monosexes mâles. Compte tenu du prix élevé de l'hormone (1500 F/g), nos travaux vont, et se sont déjà, orientés vers l'optimisation du traitement.

Suite aux travaux réalisés sur les différentes espèces de tilapia (Baroiller et al, 1995) il s'avère que la dose de  $50 \mu\text{g.g}^{-1}$  est optimale ; en effet pour des doses inférieures une hétérogénéité de la réponse à l'hormone est observée. Nous allons donc nous attacher à diminuer la durée de traitement ce qui permettra par la même de diminuer les quantités d'hormone utilisées puisque les plus grosses quantités d'aliment hormoné sont distribuées en fin de traitement.

Deux essais préliminaires ont été réalisés depuis novembre 1994.

#### 2.3.1. Essai en aquarium

##### *Protocole expérimental*

7 lots de 350 alevins sont placés en aquarium de 100 litres. 2 lots sont traités pendant 22 jours, 2 pendant 25 jours, 2 pendant 28 jours et un lot témoin nourri avec un aliment normal. L'hormone est incorporée dans l'aliment au moyen d'éthanol absolu. Suite à la période de traitement les alevins sont nourris avec un aliment normal jusqu'à l'âge de deux mois. A ce stade les gonades sont prélevées et examinées au microscope et le sexe-ratio de la population est déterminé.

Caractéristiques du traitement		Caractéristiques des alevins lors du sexage		Survie (%)	Sexe-ratio (%) (100 poissons examinés)		Pourcentage de femelles inversées par rapport au lot témoin
Hormone	Durée (jours)	Poids moyen (g ± Ecart type)	Age (jours)		Mâles	Femelles	
Témoin		8,6 ± 7,7	76	51,4	24	76	
11βOHA4	22	7,6 ± 6,6	76	48,9	98	2 (*)	97
11βOHA4	22	9,1 ± 8,5	76	55,7	90	10 (*)	87
11βOHA4	25	7,7 ± 6,8	76	58,0	99	1 (*)	99
11βOHA4	25	9,02 ± 7,9	76	79,1	100	0 (*)	100
11βOHA4	28	8,4 ± 7,1	76	56,8	98	2 (*)	97
11βOHA4	28	8,1 ± 7,1	76	52,0	98	2 (*)	97

**Tableau 2** : Poids moyen, survie et sexe-ratio de populations *Oreochromis sp* rouges inversées à l'androsténédione (11βOHA4), durée de traitement variable (22, 25 ou 28 jours), dose de traitement 50 µg.g<sup>-1</sup> d'aliment.

(\*) : p < 0,01 (test χ<sup>2</sup>, ddl = 1).

## *Résultats*

La survie varie de 48,9 à 79,1 % (Tableau 2). Le traitement de référence, utilisé en production intensive, à savoir 28 jours de traitement permet d'obtenir 98 % de mâles en aquarium. Une diminution de la durée de traitement (25 jours) ne modifie pas ce pourcentage et tend même à l'augmenter (99 et 100 % de mâles dans les deux lots inversés). Pour une durée plus faible de 22 jours deux types de réponses sont observées : 98 et 90 % de mâles (Tableau 2). Sur base de cet essai nous avons effectué un essai en bassin du type de ceux utilisés pour la production commerciale

### 2.3.2. Essai en bassin

#### *Protocole expérimental*

Le protocole suivi est identique à celui utilisé pour les inversions de la production, à savoir une inversion en bassin de 200 litres à raison de 10 000 alevins par bassin. Deux durées de traitement ont été testées (22 et 25 jours) avec pour chaque durée un réplicat. Un lot témoin a également été constitué et nourri avec un aliment normal. Un manque d'alevins et d'infrastructures n'a pas permis de constituer deux lots de référence traités à 28 jours.

#### *Résultats*

Contrairement à l'essai réalisé en aquarium, une hétérogénéité des réponses est observée pour des traitements d'une durée de 25 jours respectivement 96,5 et 99,0 % de mâles alors que pour une durée plus faible le pourcentage de mâles observé dans les deux lots est de 98,5 % (Tableau 3).

Caractéristiques du traitement		Caractéristiques des alevins lors du sexage		Survie (%) après inversion	Sexe-ratio (%) (100 poissons examinés)		Pourcentage de femelles inversées par rapport au lot témoin
Hormone	Durée (jours)	Poids moyen (g ± Ecart type)	Age (jours)		Mâles	Femelles	
Témoin		2,1 ± 1,4	84	80,8	31,0	69,0	
11βOHA4	22	2,6 ± 1,6	84	85,0	98,5	1,5 (*)	98,0
11βOHA4	22	3,6 ± 2,2	84	86,3	98,5	1,5 (*)	98,0
11βOHA4	25	3,2 ± 1,8	84	72,6	99,0	1,0 (*)	99,0
11βOHA4	25	3,6 ± 2,0	84	77,0	96,5	3,5 (*)	95,0

**Tableau 3** : Poids moyen, survie et sexe-ratio de populations *Oreochromis sp* rouges inversées à l'androsténédione (11βOHA4), durée de traitement variable (22 ou 25 jours), dose du traitement 50 µg.g<sup>-1</sup> d'aliment.

(\*) :  $p < 0,01$  (test  $\chi^2$ , ddl = 1).



## 2.4. Conclusion

Ces résultats préliminaires effectués en aquarium et en bassin sont très variables. Cependant, et hormis pour le lot 22 jours en aquarium où nous avons obtenu 90 % de mâles, le pourcentage de mâles obtenu dans les différentes conditions de traitement est supérieur à 96,5 % et le maximum observé est de 100 % (25 jours de traitement en aquarium). De nouveaux essais sont programmés pour septembre 1995 sur base du protocole d'inversion en bassin de production. Des durées de 22, 25 et 28 jours seront testées. Pour chaque essai un lot témoin sera constitué. L'analyse de l'ensemble des résultats permettra de définir la durée de traitement optimale.

## 3. Déterminisme génétique du sexe chez l'hybride rouge.

### 3.1. Introduction

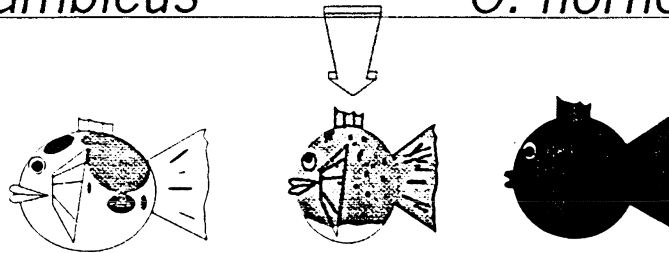
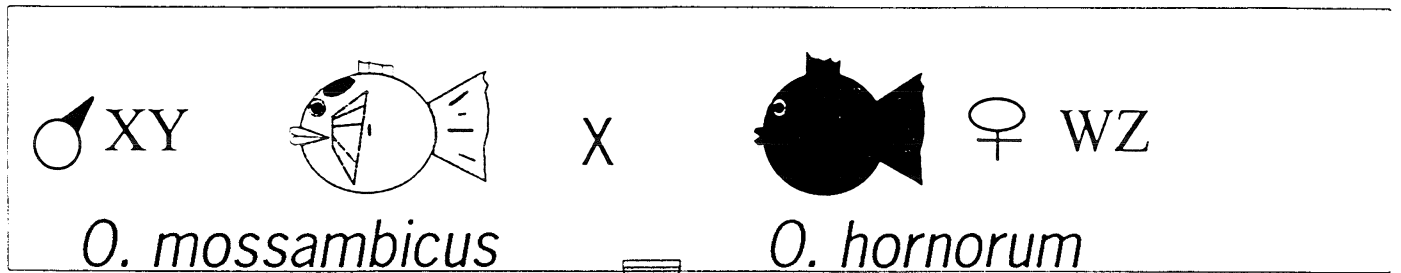
Le genre *Oreochromis* présente, selon les espèces, 2 systèmes monofactoriels de déterminisme du sexe :

Le groupe des espèces à homozygotie femelle comme *O. niloticus* et *O. mossambicus* (femelle XX et mâle XY)

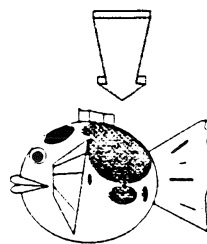
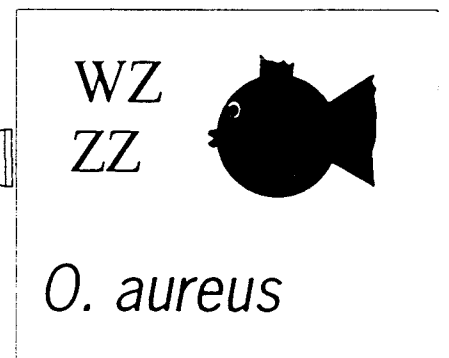
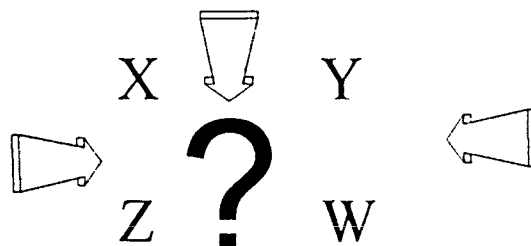
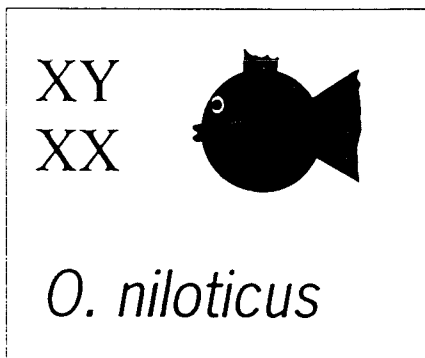
Le groupe des espèces à homozygotie mâle : *O. aureus*, *O. hornorum* (femelle ZW et mâle ZZ)

### 3.2. Présentation de l'hypothèse de déterminisme génétique du sexe.

L'hybride rouge résulte à l'origine du croisement d'un mâle mutant rouge *O. mossambicus* (XY) et d'une femelle *O. hornorum* (WZ) (voir figure page suivante). Le sexe-ratio des descendance issues de ce croisement initial est de 75 % de mâles et 25 %



Souche Red Florida



Gueule rouge

N générations

de femelles ce qui nous permet d'établir le génotype des individus résultants de ce croisement à savoir 25 % de femelles XW, 25 % de mâles YW, 25 % de mâles YZ et 25 % de mâles ZX. Afin d'améliorer les performances de croissance et la résistance aux basses températures de l'hybride rouge, des introgressions ont été réalisées à partir des espèces pures *O. niloticus* et *O. aureus*. La caractérisation génétique (Laboratoire de Génétique des Poissons, INRA Jouy en Josas) effectuée sur 30 individus (11 locus analysés) de la souche utilisée à la Réunion a permis de confirmer que nous sommes bien en présence d'une population issue de l'hybridation entre *O. mossambicus* et *O. hornorum* avec toutefois une faible introgression génétique par *O. niloticus* et *O. aureus*.

Sur base de la composition génétique des individus de la F1, recroisés entre eux, nous obtenons les génotypes suivants ainsi que les hétérosomes pouvant exister chez le mâle (X, Y, W, Z) et la femelle (X, W, Z) et par déduction les génotypes susceptibles d'être présents dans la souche de la Réunion.

Le croisement de ces génotypes permet alors d'établir le tableau théorique des sexe-ratios (Figure 1). Les génotypes XX, WX, WZ et WW sont femelles et les génotypes ZX, ZZ, YW, YX et YZ sont mâles. Le sexe-ratio des descendance obtenues varie donc de 100 % de mâles à 100 % de femelles en passant par des sexe-ratios, mâle / femelle, de 50 / 50, 75 / 25 et 25 / 75.

Une étude réalisée en 1994 à l'ARDA (Briand, 1994) (Figure 2) a permis de confirmer partiellement cette hypothèse puisque suite à l'analyse du sexe-ratio de 37 descendance, 3 génotypes femelles (WW, WX et WZ) et 2 génotypes mâles YZ et ZX ont été identifiés de manière certaine. Pour trois individus mâles 2 hypothèses de génotypes sont possibles. Ces résultats suggèrent donc une conservation de la totalité des génotypes sexuels et donc absence de stabilisation sur un génotype mâle et un génotype femelle.

Figure 1: Hypothèses sur les génotypes présents dans les croisements.

Mâles / Femelles	Génotypes femelles				
		XX	WX	WZ	WW
Génotypes Mâles	ZX	50%M / 50%F	25%M / 75%F	50%M / 50%F	100% F
	ZZ	100% M	50%M / 50%F	50%M / 50%F	100% F
	YW	50%M / 50%F	50%M / 50%F	50%M / 50%F	50%M / 50%F
	YX	50%M / 50%F	50%M / 50%F	75%M / 25%F	50%M / 50%F
	YZ	100% M	75%M / 25%F	75%M / 25%F	50%M / 50%F

Figure 2: Hypothèses sur les génotypes sexuels probables des géniteurs de "Gueule Rouge" utilisés.

		Femelles									
		WZ	WW	(WW,WX)	WX	WW	WX	WX	WX	WX	WW
Mâles	(XY, YZ)	71:29									
	(WY, XY)					① 71:29			① 51:49		① 46:54
	YZ			89:11	② 74:26		③④ 60:40		③ 73:27	④ 73:27	
	ZX		③④ 19:81 12:88		③ 28:72	③④ 11:89	③④ 18:82	③④ 16:84		③ 24:76	③ 5:95
	(WY, XY)			③④ 65:35			① 42:58	③④ 60:40			
	ZX		③④ 34:66				③ 27:73				
	XY	③④ 65:37									

Test du  $\chi^2$ , comparaison aux sexe-ratios théoriques mâles:femelles

- ① Non significativement différent de (1:1)  $P < 0.05$
- ② Non significativement différent de (3:1)  $P < 0.05$
- ③ Non significativement différent de (1:3)  $P < 0.05$
- ④ Non significativement différent de (0:1)  $P < 0.05$

L'objectif du projet de recherche en cours est, dans un premier temps, de confirmer ce schéma de déterminisme génétique du sexe par des croisements impliquant les géniteurs utilisés lors de la précédente étude mais également les descendance de ces mêmes géniteurs.

Pour ce faire, 8 descendance, dont le génotype des parents est connu, ont été conservées. Sur les 8 descendance, 3 présentaient un sexe-ratio proche de 25 % de mâles (génotype ZX)-75 % de femelles (génotypes WZ, WX, XX), 2 un sexe-ratio proche de 75 % de mâles (génotypes ZX, YX, YW)-25% de femelles (génotype WZ) et une un sexe-ratio proche de 100 % de femelles (génotypes WZ et WX).

Nous avons constitué à partir des individus de ces descendance 3 aquariums de reproduction.

Aquarium 1 : Mâle ZX issu d'une descendance 25-75 % (mâles - femelles) croisé avec des femelles XX, WX et WZ issues d'une descendance 25-75 % (mâles - femelles). Ces femelles seront ensuite croisées avec un mâle *O. aureus* ZZ (souche pure) ce qui nous permettra de différencier les femelles XX et WZ.

Aquarium 2 : Femelles WX et WZ issues de la descendance 100 % femelles croisées successivement avec des mâles ZX ou YX ou YW issus d'une descendance 75-25 % (mâles - femelles).

Aquarium 3 : Femelles WZ issues d'une descendance 75-25 % (mâles - femelles) croisées successivement avec des mâles ZX, YX et WZ issus d'une descendance 75-25 % (mâles - femelles).

### *Protocole expérimental*

Le genre *Oreochromis* se caractérise par une incubation maternelle des pontes. Les géniteurs sont donc placés en aquarium et les femelles qui incubent sont isolées. 9 jours après la ponte, les alevins pélagiques sont récoltés dans la bouche de la femelle et élevés en bac individuel. A l'âge de 2 mois lorsque les caractères histologique des gonades sont bien en place, les gonades sont prélevées et examinées au microscope. Le sexe-ratio de la fratrie est ainsi déterminé.

Suite à ces croisements, et si le schéma de déterminisme est validé, nous disposerons de la majorité des génotypes présents dans la souche ce qui nous permettra d'envisager de poursuivre nos investigations sur le repérage et la production d'individus homozygotes, individus destinés à produire des populations monosexes mâles. 3 voies génétiques sont possibles pour obtenir ce type de populations.

### **3.3. Voies génétiques d'obtention de populations monosexes mâles.**

i) Produire des individus mâles et femelles ZZ (Figure 3)

ii) Produire des individus mâles et femelles YY (Figure 4)

iii) Produire des individus mâles et femelles YZ (Figure 5)

Figure 3 Production de Géniteurs mâles et femelles ZZ à descendance monosexes mâles

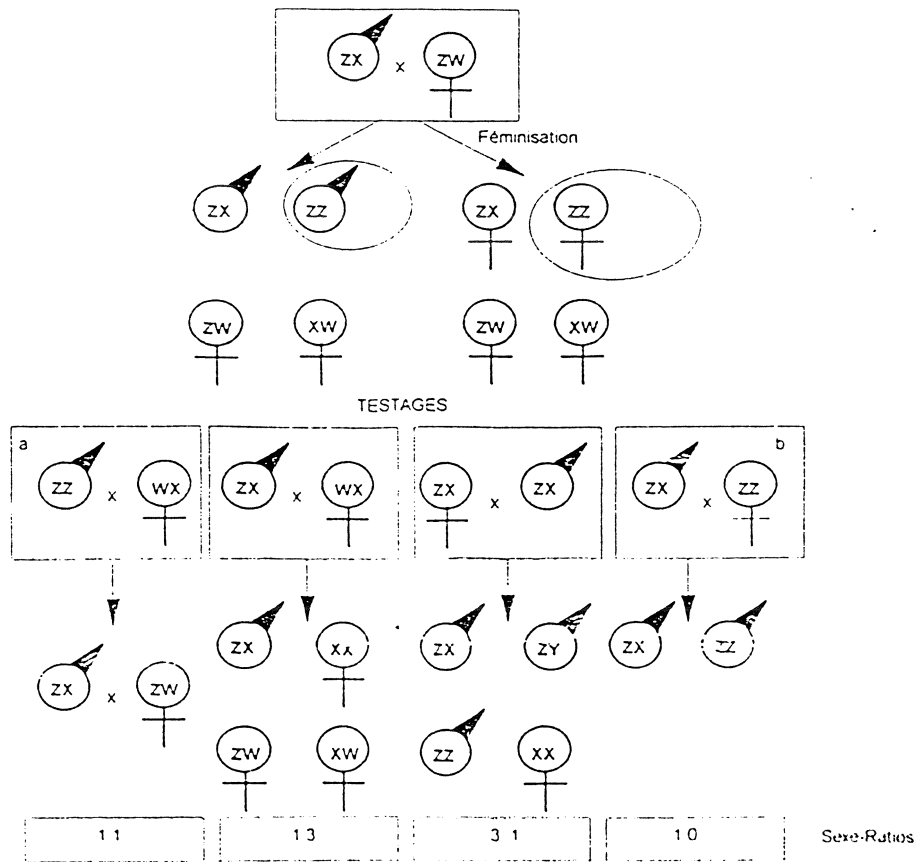


Figure 4 Production de Géniteurs mâles et femelles YY à descendance monosexes mâles

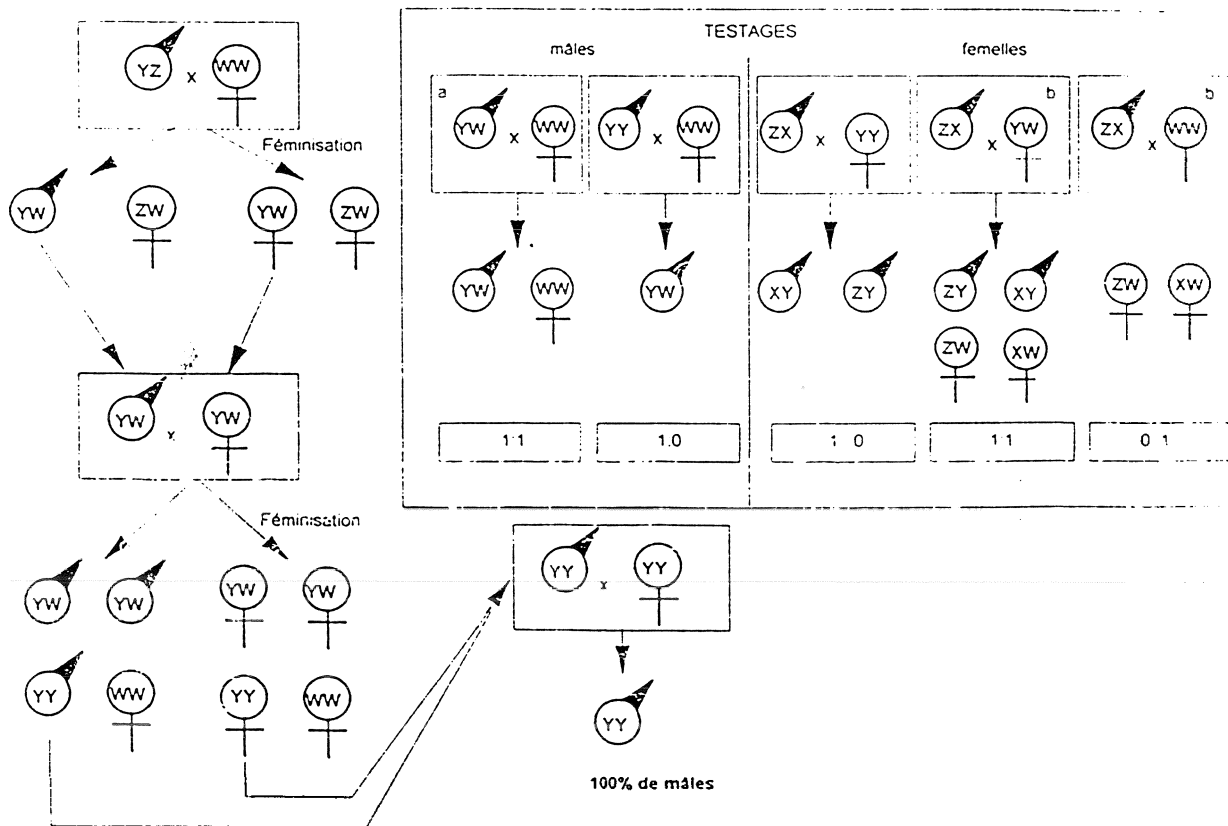
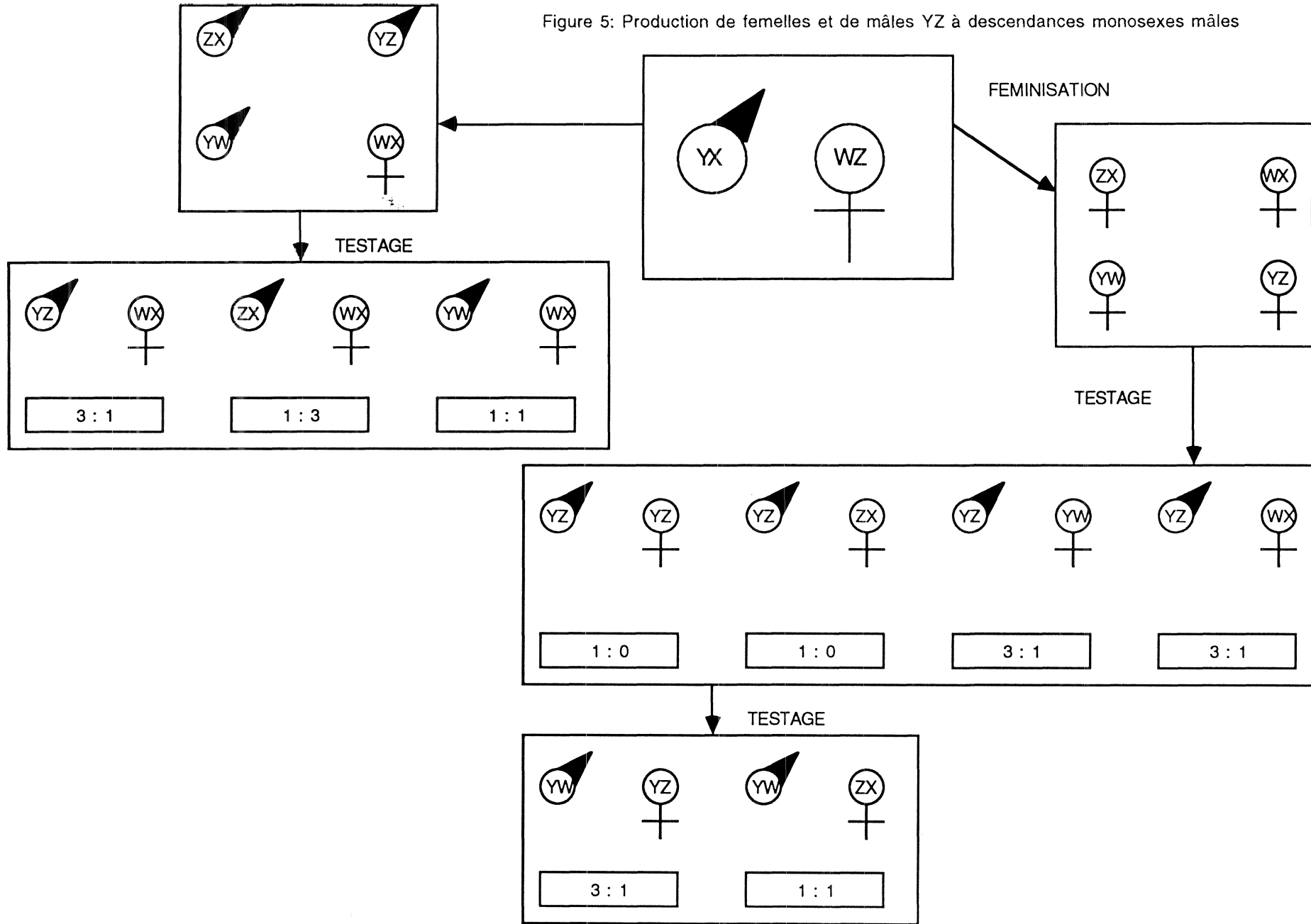


Figure 5: Production de femelles et de mâles YZ à descendance monosexes mâles





### **3.4. Etudes complémentaires sur les descendance**

Parallèlement à l'étude du sexe-ratio, 2 autres paramètres seront étudiés sur les descendance

#### 3.4.1. La couleur.

Une description des patrons de coloration des descendance sera effectuée. Les phénotypes couleurs sont, chez l'hybride rouge, très variables : absence de pigmentation, pigmentation orange (intensité et surface pigmentée variable), pigmentation noire (spots et /ou taches), pigmentation noire et orange associées. La couleur serait déterminée par des composantes génétique, comportementale et physiologique. L'étude de la couleur est complexe pour plusieurs raisons :

- i) la description d'un patron de coloration est soumise à l'interprétation personnelle de l'observateur ce qui rend difficile les comparaisons avec les études scientifiques ;
- ii) la composition génétique exacte de la souche n'est pas connue ;
- iii) la coloration semble liée aux conditions environnementales d'élevage et aux conditions physiologiques de l'animal.

L'objectif du programme de recherche n'est pas d'étudier, en priorité, le déterminisme de la couleur mais il consiste à s'assurer que les sélections effectuées sur le plan du déterminisme du sexe ne vont pas conduire à isoler des individus qui produiront des descendance présentant un phénotype les rendant impropres à la commercialisation.

#### 3.4.2. La distribution des poids individuels au sein d'une descendance.

Nos observations sur les premières descendance conservées nous ont permis de constater une forte hétérogénéité de croissance au sein d'une même descendance. Dans un premier temps nous souhaitons mettre en évidence cette variation individuelle de

croissance au sein d'une descendance puis dans un deuxième temps en rechercher les origines possibles (génétique, comportementale...).

### 3.5. Conclusion

L'approche génétique pour la production de populations monosexes mâles reste liée, chez l'hybride rouge, à la validation du schéma de déterminisme du sexe, schéma qui sera validé en principe fin 1995. Dans le cas d'une validation, 3 ans minimum seront nécessaires pour repérer et multiplier des individus ZZ et/ou YY et/ou YZ. Une phase d'essai, à grande échelle, de production de populations monosexes mâles à partir de ces individus sera également envisagée.

### 4. Effet de la température sur le déterminisme du sexe

L'influence de la température sur le déterminisme du sexe a été démontrée chez les reptiles où la température d'incubation des oeufs détermine le sexe phénotypique de l'individu indépendamment du sexe génétique. Chez une espèce de poisson gonochorique, le *Menidia menidia*, 2 types de déterminisme du sexe ont ainsi été mis en évidence :

- un déterminisme génétique du sexe fixé à la fécondation
- un déterminisme environnemental lié à la température, du milieu naturel, durant les premiers stades de croissance des juvéniles

Chez le tilapia, l'influence de la température sur le déterminisme du sexe a été démontré chez *O. niloticus* pour des températures d'élevage supérieures à 36 °C où le sexe-ratio est déplacé en faveur des mâles. Un effet parental sur la sensibilité des descendances à la température a également été mise en évidence. Les mêmes observations ont été effectuées chez *O. aureus* pour des températures supérieures à 34 °C. Les limites exactes de l'effet de la température restent à définir. L'effet de la température sur le déterminisme du sexe

sera recherché chez l'hybride rouge. Les essais porteront sur des descendance d'origine parentale connue et s'attacheront à définir les seuils thermiques de cet effet température ainsi que les interactions environnement / génotype.

Cette influence thermique sur le déterminisme du sexe pourrait constituer également une technique de production de populations monosexes mâles, cependant des études sont encore nécessaires afin de préciser la pertinence d'une telle approche et les facteurs qui lui sont liés (parental, génétique...).

### **5. Conclusion générale**

Les recherches sur les mécanismes de production de populations monosexes mâles de tilapia rouge (approche génétique et environnementale) et leur validation, à condition que ces approches soient viables, nécessiteront encore 3 à 4 ans de travaux. Durant cette période, il est donc indispensable d'optimiser l'inversion hormonale du sexe au moyen de la 11  $\beta$  hydroxyandrosténédione afin disposer d'une technique efficace de production de populations monosexes mâles n'impliquant pas l'utilisation de stéroïdes artificiels.

## **Annexe III**

CV Damien Desprez (VAT Aquaculture CIRAD-EMVT - Ile de la Réunion en poste à l'ARDA)

## CURRICULUM VITAE

### Etat Civil :

Nom - prénom : DESPREZ Damien  
Date et lieu de naissance : 20.02.1970 à Orléans (Loiret - France)  
Nationalité : Française  
Domicile : 605 rue du Vieux Bourg  
45760 Marigny les Usages (France)  
Résidence : 6, chemin Bernardin  
97410 Saint Pierre (La Réunion)

### Situation de famille :

Célibataire.

### Situation militaire :

Volontaire de l' Aide Technique à l'île de la Réunion (du 15 novembre 1994 au 15 mars 1995) affecté au CIRAD élevage de Saint Pierre en qualité de biologiste et détaché à l'Association Réunionnaise de Développement de l'Aquaculture (ARDA)

### Diplômes obtenus :

31.05.1985 : Brevet des Collèges.  
02.07.1988 : Baccalauréat - série C : mathématiques et physique.  
28.06.1990 : Diplôme d'Etudes Universitaires Générales B (DEUG B)  
"Sciences de la nature et de la vie" - chimie - biologie -  
géologie - mention assez bien.  
09.1991 : Licence de biologie des Organismes et des Populations.  
Diplôme conjoint entre l'Université d'Orléans (France) et de  
l'Université de Liège (Belgique) obtenu dans le cadre d'un  
programme européen ERASMUS - mention bien.  
09.1992 : Maîtrise de Biologie des Organismes et des Populations de  
l'Université d'Orléans (mention bien) et Licence en sciences  
zoologiques de l'Université de Liège (Grande distinction).  
Diplômes obtenus dans le cadre du programme Européen  
COMETT. Réalisation pour ces derniers d'un mémoire de  
licence au laboratoire de Démographie des Poissons et  
d'Aquaculture du Docteur Philippart et à l'Entreprise

PISCIMEUSE S.A. - 10 Chemin de la Justice - 4500  
Tihange (Belgique).

**Activités de recherche au sein du Laboratoire de Démographie des  
Poissons et d'Aquaculture de l'Université de Liège :**

Février 1992 - Septembre 1992 : Réalisation d'un mémoire de licence intitulé  
"Etude comparée de la reproduction de femelles et de pseudofemelles chez le tilapia  
*Oreochromis aureus*".

Septembre 1992 - Mars 1993 : Boursier chercheur de l'Université de Liège au  
Laboratoire de Démographie des Poissons et d'Aquaculture.

Depuis Mars 1993 : Chercheur doctorant à l'Université de Liège. Les sujets  
étudiés dans le cadre de ce travail sont :

- le déterminisme du sexe chez *Oreochromis aureus* avec comme objectif  
la sélection de mâles et de pseudofemelles produisant systématiquement 100 % de mâles  
dans leur descendance,
- l'évolution des paramètres de la reproduction (fécondité, fréquence de  
pontes...) au cours des générations successives de pseudofemelles *O. aureus*,
- la qualité des oeufs pondus par les femelles et les pseudofemelles,
- l'inversion du sexe chez *O. aureus* et *O. niloticus* à partir d'androgènes  
et d'oestrogènes,
- l'effet de la température sur le déterminisme du sexe chez *O. aureus*,
- l'optimisation de la production massive de populations monosexes  
mâles à partir de pseudofemelles chez *O. aureus*,
- la détermination et la comparaison des potentialités de reproduction de  
deux espèces d'*Oreochromis* (*O. niloticus* et *O. aureus*).

J'ai également travaillé sur une souche de tilapia rouge originaire des Philippines et  
résultant du croisement théorique de *O. mossambicus* x *O. hornorum*. Les recherches  
avaient pour objectif de sélectionner un patron de coloration rouge uniforme et de le  
conserver au cours des générations successives. L'amélioration génétique de la  
croissance par hybridation avec des souches pures (*O. aureus* et *O. niloticus*), tout en  
conservant les patrons de coloration rouge avait également été envisagée. Suite à une  
réorientation des activités du laboratoire, les recherches sur le tilapia rouge ont été  
abandonnées fin 1993.

## **Encadrement d'étudiants-stagiaires**

1993 :

Bertrand, E. Ingénieur industriel (option Industries Agricoles et Alimentaires).

Titre du mémoire : "La croissance compensatoire chez *Oreochromis aureus* : influence des cycles alternés de jeûne et de nourrissage".

1994 :

MWEHU-Nyembo, J.P. Graduat en Agronomie (option Techniques et Gestion Agricoles).

Titre du mémoire : "Comparaison de la biologie de la reproduction de deux espèces de tilapias : *Oreochromis aureus* (Steindachner, 1864) et *Oreochromis niloticus* (Linné, 1758)".

## **Stage**

Stage de 10 jours (14 au 23 mars 1994) au Laboratoire de Génétique des Poissons (INRA Jouy en Josas).

Encadrement : Rognon Xavier et Guyomard René.

Objectif : acquérir les techniques et les connaissances de base de la caractérisation génétique des souches de tilapias par électrophorèse.

## **Publications et rapports**

Desprez, D., Mélard, C. and Philippart, J.C., 1995. Production of a high percentage of male offspring with 17 $\alpha$ -ethynylestradiol sex-reversed *Oreochromis aureus*. II. Comparative reproductive biology of females and F2 pseudofemales and large scale production of male progeny. *Aquaculture*, 130: 34-41.

Baroiller, J.F., Desprez, D., Toguyeni, A., Mélard, C., Hoareau, M.C. and Bosc, P., 1995. Use of a natural steroid, 11 $\beta$  - hydroxyandrostenedione (11 $\beta$ -OH-A4), for the production of male monosex populations in 4 tilapias species, *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis aureus*, *Sarotherodon melanotheron* and the red hybrid "Red Florida" (soumis pour publication à *Aquaculture*).

Mélard, C., Desprez, D. et Philippart, J.C., 1995. Le contrôle du sexe chez les tilapias : bilan et perspectives de 10 années de recherches à la station aquacole de Tihange. *Cahiers d'Ethologie*, 13(4): 421-434.

Ovidio, M., Poncin, P., Desprez, D., Mélard, C., Ruwet, J.C., 1995. Behavioural study of females and 17 $\alpha$ ethynylestradiol sexreversed males *Oreochromis aureus*. (Soumis pour publication à Aquaculture avril 1995).

Mélard, C., Desprez, D., Philippart, J.C. et Castelli, M., 1993. Rapport de recherche du Laboratoire de Démographie des Poissons et d'Aquaculture - C.E.R.E.R Pisciculture 1992. Université de Liège, Laboratoire de Démographie des Poissons et d'Aquaculture, 58 pages.

Mélard, C., Desprez, D., Castelli, M. and Philippart, J.C., 1994. Rapport de recherche du Laboratoire de Démographie des Poissons et d'Aquaculture - C.E.R.E.R Pisciculture 1993. Université de Liège, Laboratoire de Démographie des Poissons et d'Aquaculture, 77 pages.

Mélard, C., Desprez, D., Baras, E., Grignard, J.C., Philippart, J.C., 1995. Rapport de recherche du Laboratoire de Démographie des Poissons et d'Aquaculture - C.E.R.E.R Pisciculture 1993. Université de Liège, Laboratoire de Démographie des Poissons et d'Aquaculture, 112 pages.

---