Hpe 910249

Institut d'Elevage et de Médecine
Vétérinaire des Pays Tropicaux
10, rue Pierre Curie
94704 MAISONS-ALFORT Cedex

Ecole Nationale Vétérinaire
d'Alfort
7, avenue du Général-de-Gaulle
94704 MAISONS-ALFORT Cedex

9876

Institut National Agronomique
Paris-Grignon
16, rue Claude Bernard
75005 PARIS

Muséum National d'Histoire Naturelle
57, rue Cuvier
75005 PARIS

BIBLIOTHÈQUE
IEMVT
10 rue P. Curie
94704 MAISONS-ALFORT Cedex

Bibliothèque de l'I.E.M.V.T.

DIPLOME D'ETUDES SUPERIEURES SPECIALISEES PRODUCTIONS ANIMALES EN REGIONS CHAUDES

MEMOIRE DE STAGE

PATHOLOGIE ET ELEVAGE INTENSIF EN CUVES DU SAINT-PIERRE (FLORIDA RED TILAPIA HYBRID) A LA MARTINIQUE

par

Joseph-Pierre KICHENAMA

année universitaire 1990-1991

CIRAD
000065558

DIPLOME D'ETUDES SUPERIEURES SPECIALISEES

PRODUCTIONS ANIMALES EN REGIONS CHAUDES

PATHOLOGIE ET ELEVAGE INTENSIF EN CUVES DU SAINT-PIERRE (FLORIDA RED TILAPIA HYBRID) A LA MARTINIQUE

Par Joseph-Pierre KICHENAMA

Lieux du stage : Ferme aquacole CHARMINE-IFREMER-SICA Ecloserie

Organisme d'accueil : SICA Aquacole

Période de stage : Mai-Août 1991

Rapport présenté oralement le : 21 novembre 1991

SOMMAIRE

Remerciements

Introduction 1

PREMIERE PARTIE : BIOLOGIE ET ELEVAGE

I. GENERALITES 2

1. Taxonomie, origine et distribution géographique du Saint-Pierre 2

2. Choix de l'espèce et intérêt relatif en aquaculture 4

3. Ethologie et normes biologiques 5

II. REPRODUCTION ET PRODUCTION D'ALEVINS 9

1. Introduction 9

2. Stock de géniteurs 10

3. Ponte et incubation 11

4. Production d'alevins par inversion hormonale de sexe 13

5. Discussion 16

III. GROSSISSEMENT 19

1. Introduction 19

2. Exemple d'une exploitation aquacole 19

2.1. Lieu et infrastructure de production 19
2.2. Schéma de production 25
2.2.1. Alimentation 26
2.2.1.1. Besoins du Saint-Pierre 26

2.2.1.1. Besoins du Saint-Pierre 26
2.2.1.2. Composition de l'aliment 29
2.2.1.3. Ration alimentaire 29
2.2.1.4. Mode de distribution 30

2.2.2. Zootechnie 30
2.2.2.1. Quelques définitions 30
2.2.2.2. Elevage intensif en cuves 32
2.2.2.2.1. Manipulations et tris 32
2.2.2.2.2. Performances zootechniques de référence 34
2.2.2.2.3. Résultats 34

2.2.2.3. Elevage semi-extensif en bassins 37
2.3. Analyses et discussion 37

DEUXIEME PARTIE : DOMINANTES PATHOLOGIQUES

I. Taux de mortalité observés 41

II. Symptomatologie et lésions 43

III. Hypothèses étiopathogéniques 47

1. Etude de l'environnement aquatique 47

1.1. Analyses physico-chimiques 47
1.1.1. Matériels et méthodes 47
1.1.2. Résultats 50
1.2. Analyses bactériologiques 50
1.2.1. Matériels et méthodes 50
1.2.2. Résultats 52
1.3. Interprétation 55

2. Recherches bactériologiques et parasitologiques 56

2.1. Bactériologie 56
2.1.1. Matériels et méthodes 56

2.1.2. Résultats 57
2.2. Parasitologie 60
2.2.1. Matériels et méthodes 60
2.2.2. Résultats 61
2.3. Interprétation 63

IV. Synthèse et discussion 64

V. Prévention et traitement 67

Conclusion générale 71

Résumé 73

Bibliographie 74

Annexes

Illustrations

REMERCIEMENTS

Mes remerciements vont

à Monsieur Jean GRUVEL, qui a accepté que ce stage puisse se dérouler dans mon pays natal. Hommages reconnaissants

à Monsieur LOUISE et Madame BOIS-DE-FER qui m'ont permis d'effectuer cette étude au sein de la SICA Aquacole. Remerciements distingués

à Monsieur DORMOY, exploitant aquacole, sans l'aide duquel ce travail n'aurait pas vu le jour, qu'il veuille trouver ici l'expression de ma sympathie et de ma sincère reconnaissance

à Monsieur RICARD qui m'a donné la possibilité d'accéder au laboratoire de bactériologie de l'IFREMER et à toute l'équipe du G.I.E Recherche Aquacole. Qu'ils soient remerciés et plus particulièrement Mademoiselle Viviane VIANAS pour l'attention qu'elle a bien voulu m'accorder dans ce laboratoire

à Monsieur GALLET de SAINT-AURIN pour ses conseils sur le déroulement de ce stage. Vifs remerciements

à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de certaines recherches. Je pense particulièrement au docteur GOUANEL (laboratoire d'anatomopathologie), à Monsieur PAMPHILE (laboratoire Départemental d'Hygiéne) et surtout au docteur BAUDIN-LARENCIN (laboratoire IFREMER-Brest) pour son interprétation des coupes histologiques. Respectueuse gratitude

à tous les proches qui m'ont apporté soutien et sympathie

et enfin à ma famille, qu'elle trouve ici le témoignage de ma profonde reconnaissance et de mon amour. Hommages affectueux.

INTRODUCTION

Introduit en 1986 à la Martinique, le Florida red Tilapia hybrid ou Saint-Pierre a connu un début de commercialisation dès 1988 par l'intermédiaire de la SICA Aquacole, coopérative regroupant la quasi-totalité des aquaculteurs de l'île.

Si l'année 1990 a permis la production de 35 tonnes de poissons, 1991 représente une année au terme de laquelle la barre des 20 tonnes ne sera pas dépassée. Les facteurs capables de dresser ce constat sont multiples et relèvent d'ordres climatiques, technologiques, économiques mais aussi de la pathologie rencontrée. En effet, en élevage intensif, les risques de morbidité et de mortalité peuvent affecter un pourcentage non négligeable d'individus, surtout lorsque l'on sait que les poissons sont agressés par diverses situations technologiques correspondant au surpeuplement et aux différentes manipulations. Les conséquences économiques entraînées par ces pertes nous conduisent à rechercher les moyens d'en limiter l'ampleur.

Après une analyse de l'élevage du Saint-Pierre, de son éclosion à son grossissement en cuves chez un particulier, seront abordées les dominantes pathologiques recensées chez ce dernier et la possibilité de les éviter.

PREMIERE PARTIE

BIOLOGIE ET ELEVAGE

I. GENERALITES

1. Taxonomie, origine et distribution géographique du Saint-Pierre

Répartis sur l'ensemble du globe terrestre, les tilapias peuvent être élevés en eau douce, en eau saumâtre ou en eau de mer. Ils appartiennent à :

Embranchement : Vertébrés
Classe : Osteichthyens (poissons osseux)
Sous classe : Téléostéens
Super-ordre : Acanthoptérygiens
Ordre : Perciformes
Sous-ordre : Percoïdes
Famille : Cichlidés
Genres : Trois principaux
- genre TILAPIA
- genre SAROTHERODON
- genre OREOCHROMIS

Espèces : On en dénombre une centaine environ dont le Saint-Pierre

Le Saint-Pierre est issu d'un croisement entre :

Oreochromis red mossambicus ♂ x Oreochromis hornorum ♀

Florida red Tilapia x O. red aureus

Florida red Tilapia hybrid

Diverses méthodes d'approches ont été utilisées afin de déterminer les genres de tilapias : elles se basent notamment sur des critères anatomiques, le régime alimentaire et le comportement de reproduction; ce dernier critère semblant faire l'unanimité parmi les différents auteurs.

Trois genres de tilapias se sont érigés ainsi et correspondent tous à des pondeurs sur substrats (TREWAVAS, 1982). On distingue :

- le genre TILAPIA qui après la ponte laisse éclore ses oeufs au fond de l'eau;

et deux autres genres qui, après avoir pondu, incubent leurs oeufs dans leur bouche

- le genre SAROTHERODON : incubateurs buccaux biparentaux (mâles ou femelles) ou paternels (mâles uniquement)
- le genre OREOCHROMIS : incubateurs buccaux maternels (femelles uniquement)

Malgré ces distinctions, il n'est pas rare d'être confronté à une espèce dont des problèmes de synonymies peuvent laisser perplexe un aquaculteur. Oreochromis ou Sarotherodon, Tilapia ou Oreochromis, bref, une telle classification n'a pas vraiment d'intérêt pour un éleveur (contrairement à un spécialiste) dont les principales préoccupations devraient être l'identification exacte du matériel génétique de ses souches, la méthode culturale leur convenant le mieux et les résultats qu'il peut en attendre. Dès lors, il serait en présence de critères de choix lui permettant ainsi de sélectionner telle ou telle espèce reconnue en fonction de son environnement propre.
Notre espèce en question, appelée "Saint-Pierre" pour des raisons de marketing, provient de la Jamaïque et dérive de nombreux croisements dont les premiers ont eu lieu à la fin des années 70 aux Etats-Unis par un certain Mike SIPE de Palmetto (Floride).

Dans ces années, ce dernier s'intéressant à l'élevage de poissons tropicaux eut pour idée d'obtenir un mutant rouge à partir d'*Oreochromis mossambicus* dont la couleur naturelle s'apparente au noir. Mais à la suite de croisements intraspécifiques, il s'aperçut que la résultante se traduisait par une baisse des qualités de croissance et de morphologie des individus. Dès lors, et afin de recourir à ses qualités, il introduisit *Oreochromis hornorum*, un poisson de couleur noire, pour produire une première génération d'hybrides. Les meilleurs résultats furent obtenus par le croisement : Oreochromis mossambicus mâle x Oreochromis hornorum femelle.
Ainsi était né le Florida red Tilapia (FI) dont les principaux atouts étaient caractérisés par une croissance rapide associée à l'apparition du phénomène d'hétérosis ou vigueur hybride avec pour conséquence une augmentation de la résistance aux variations environnementales et aux manipulations (JAMAICA LTD, 1987). Ce croisement avait aussi pour effet de produire une forte quantité d'alevins ainsi qu'un pourcentage élevé de poissons de couleur rouge à orange. Parallèlement, une forte proportion d'individus tachetés de noir et la supériorité en nombre des femelles atténuaient ces résultats si attendus.

Dès la seconde génération (FII), se faisait sentir une baisse de performances zootechniques et au fur et à mesure des croisements, on assistait à une résurgence des caractères liés à *Oreochromis mossambicus*. L'idée fut alors non plus de croiser les FI obtenus entre eux, mais de faire intervenir une autre espèce hybride FI de meilleure qualité telle que *Oreochromis red aureus*. Les individus de cette espèce présentaient en effet une croissance idéale, une maturité sexuelle tardive et aussi une grande résistance au froid. Leur croisement avec des Florida red Tilapia (FI) mâles aboutit finalement au Florida red Tilapia hybrid, c'est-à-dire au Saint-Pierre.

Plusieurs variétés de tilapias mutants rouges se rencontrent en Asie du Sud-Est (Taïwan, Philippines), en Afrique ou encore en Amérique Centrale. Par contre, le Florida red Tilapia hybrid est particulièrement connu dans le sud des Etats-Unis et à la Jamaïque d'où proviennent lessouches de géniteurs.

2. Choix de l'espèce et intérêt relatif en aquaculture

Son choix a été guidé par un certain nombre de contraintes
- biotechniques : ses performances zootechniques ainsi que son mode d'élevage devaient être connus de façon à ne pas tomber dans les mêmes erreurs commises lors des essais antérieurs d'élevage sur des espèces autochtones (*Ocyurus chysurus*, *Trachinotus goodei*). Les conditions suivantes devaient être remplies :

1- reproduction naturelle aisée en captivité et succession rapide des génération

2- taux de croissance élevé même avec une alimentation pauvre en protéines (ce qui est le cas pour la plupart des tilapias)

3- adaptation aux conditions d'alimentation artificielle et aux possibilités de régime alimentaire végétarien dans le cadre de grossissement en bassins en terre

4- possibilité d'adaptation à un environnement varié (eau douce, eau saumâtre ou eau de mer)

5- résistance aux manipulations, stress et autres maladies

6- bonne qualité organoleptique et alimentaire

- économiques : le choix d'une espèce à cycle court (obtention d'un poisson marchand de 300-350 g en 6 mois environ à la Jamaïque) devait permettre de mieux rentabiliser les investissements des aquaculteurs et de proposer aux habitants un produit de consommation courante à un prix raisonnable.
- de marché : les poissons rouges étant en général très prisés par la population, le choix du Saint-Pierre ne devrait être au moins qu'un stimulateur.

3. Ethologie et normes biologiques

De couleur rouge, orange ou rose, le Saint-Pierre a un corps trapu et peut présenter des taches multicolores. Il est capable de vivre en eau douce comme en eau de mer. Le mâle est territorial et creuse un nid où se déroule la reproduction puis l'incubation des oeufs dans la bouche des femelles.
D'activité diurne, le Saint-Pierre est un phytoplanctonophage omnivore capable de valoriser les particules végétales. Son tractus digestif se compose de dents pharyngiennes et râteaux branchiaux aptes à broyer et à filtrer les matières en suspension dans l'eau. Des sécrétions stomacales acides lui permettent aussi de digérer la cellulose.
Le Saint-Pierre évolue dans un milieu 800 fois plus dense que l'air. Sa dépendance vis à vis du milieu aquatique est beaucoup plus grande que ne l'est celle des vertébrés supérieurs vis à vis de leur environnement aérien.
L'étude des paramètres tels que la température, l'oxygène dissous, l'acidité de l'eau, la teneur en ammoniac et en nitrites permettent de définir des seuils de tolérance pour cet hybride étant donné qu'ils interviennent conjointement dans l'environnement de ce poisson.
Les valeurs citées ci-après se dégagent de données bibliographiques et d'observations de terrain dont on dispose. Elles permettent de cerner réellement différents paramètres relatifs à l'élevage du Florida red tilapia hybrid sachant que l'objectif visé par chaque aquaculteur est l'amélioration de la qualité de l'élevage et l'obtention de poissons marchands dans des conditions de rentabilité économique (LECOZ et al, 1986; GALLET DE SAINT AURIN, 1990).

• Température

Facteur essentiel réglant le métabolisme du poisson, toutes les fonctions vitales lui sont liées, notamment la reproduction, la respiration, l'équilibre hydrominéral, la nutrition et la croissance. Concernant la reproduction, la température idéale varie de 28 à 32°C. En ce qui concerne la croissance proprement dite, les meilleurs résultats sont obtenus entre 23 et 30°C en eau douce et entre 26 et 28°C en eau de mer.

• Salinité

Bien que présentant un caractère euryhalin, le Saint-Pierre est une espèce d'eau douce. Il peut néanmoins être élevé en eau de mer avec un degré se salinité avoisinant 35%. Pour mémoire, il est bon de rappeler que les souches dont est issu le Saint-Pierre à savoir *Oreochromis red mossambicus* et *Oreochromis red aureus*, sont capables respectivement de supporter de 100 à 55% de salinité en eau de mer après accommodation.

• Oxygène dissous

Les poissons doivent entretenir un courant d'eau important au niveau des filaments branchiaux pour tirer leur oxygène de l'eau; l'eau dissout à saturation un volume d'O_2 30 à 40 fois moindre que celui contenu dans la même quantité d'air. Alors que la proportion d'oxygène dans l'air est constante, la teneur en oxygène de l'eau varie en fonction de plusieurs paramètres; par exemple dans le cas de la température, plus celle-ci augmente, moins la quantité d'oxygène à saturation est importante. Ceci est aussi vrai pour la salinité.

Les tilapias résistent bien en général à des conditions difficiles d'oxygénation. Comme tous les poissons, ce sont des poïkilothermes et leur niveau de métabolisme, donc leur concentration en oxygène varie en fonction de la température ambiante. En Martinique, l'amplitude thermique étant faible toute l'année, d'autres facteurs en particulier le niveau d'alimentation des poissons auront des répercussions sur leur consommation en oxygène. A noter que le niveau d'alimentation influence la quantité d'O_2 consommé par le biais des oxydations des glucides et des lipides et que dans des conditions de croissance, on estime cette consommation en O_2 de 0,1 à 0,2 kg par kilogramme d'aliment. Les besoins de survie sont de l'ordre de 0,8 à 1 mg d'O_2 /l et 4 à 5 mg d'O_2 /l sont nécessaires pour assurer au Saint-Pierre une bonne croissance.

• pH

Le pH des eaux douces est susceptible de varier de façon importante (en relation avec certaines pollutions). Bien que cette éventualité est assez rare à la Martinique, il se pourrait que certains produits utilisés en agriculture viennent à être déversés dans les cours d'eau et atteindre ainsi les exploitations aquacoles de l'île.

Une diminution du pH se traduit par une dissolution accrue du gaz carbonique dans l'eau sous forme d'acide carbonique. Ceci se répercute sur la régulation acido-basique du poisson et sa respiration. Une baisse brutale du pH a les mêmes conséquences qu'une hypercapnie, et provoque une augmentation de la fréquence de l'amplitude de ventilation. Au niveau physiologique, on observe une baisse du pH sanguin si l'on maintient des poissons à pH 5 et une augmentation du nombre d'érythrocytes contrebalançant ainsi les effets de l'acidémie sur la capacité de transport de l'oxygène dans le sang.

Les tilapias peuvent se développer dans une gamme élargie de pH allant de 5 à 11. Toutefois, il est conseillé de respecter une fourchette de pH entre 7 et 8,5. Entre 6 et 9, il n'y a pas d'accidents par effet direct mais l'on peut redouter une action toxique due à l'ammoniaque.

En eau de mer, les écarts maximaux relevés de pH se situent entre 8,1 et 8,3. Il faut dire que cette faible variation de pH en surface est due à une réaction alcaline suite à l'hydrolyse des sels d'acide faible tels que l'acide carbonique, ce qui aboutit à la formation d'ions OH^- dans l'eau de mer.

En raison du pouvoir tampon de l'eau de mer lié à l'équilibre gaz carbonique - acide carbonique - bicarbonates - carbonates,

$$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 \underset{4}{\overset{1}{\rightleftharpoons}} HCO_3^- + H^+ \underset{3}{\overset{2}{\rightleftharpoons}} CO_3^{2-} + 2\,H^+$$

acide carbonique ion bicarbonate ion carbonate

Les variations de pH seront moindres et se traduiront par une variation de la teneur en bicarbonates.

La photosynthèse consomme du CO_2 et par conséquent augmente le pH. L'équilibre sera déplacé dans le sens de la formation d'ion carbonate.

Inversement, la respiration et l'oxydation de la matière organique produisent du CO_2 et donc diminuent le pH (équilibre 3 et 4).

• Ammoniac et nitrites

En élevage intensif, il faut toujours s'attendre à la présence de composés ammoniacaux dans le milieu ambiant. Pour l'élevage du Saint-Pierre, les produits d'excrétion azotée sont l'ammoniaque (NH_4OH) principalement et l'urée.

Formée dans le foie, l'ammoniaque est en grande partie excrétée par les branchies. Si le taux de renouvellement de l'eau est faible, l'ammoniaque va atteindre rapidement une concentration toxique pour les poissons. Le problème se pose aussi bien en circuit fermé qu'en milieu ouvert notamment si la charge en poissons augmente.

Quant aux nitrites également très toxiques, ils sont presque toujours associés à une forte concentration en ammoniaque.

En solution acqueuse, on a la dissociation suivante :

$$NH_3 + H_2O \underset{2}{\overset{1}{\rightleftharpoons}} NH_4^+ + OH^-$$

La toxicité de l'ammoniaque est principalement due à sa forme non ionisée NH_3 (ammoniac) en raison de son affinité plus grande pour les membranes lipidiques. Cette toxicité peut être modifiée à tout moment par l'influence directe (pH, température) ou indirecte (CO_2, O_2) de paramètres physico-chimiques déplaçant l'équilibre pré-cité (GAIGNON, 1978).

Ainsi, une augmentation de la température déplace l'équilibre dans le sens 2

une augmentation du pH déplace l'équilibre dans le sens 2

une augmentation de la teneur en CO_2 du milieu ambiant diminue la toxicité de NH_3 en abaissant le pH qui régule l'équilibre NH_3 /NH_4^+ .

Expérimentalement, suivant les doses et la durée d'exposition, on observe des réactions allant de la mort à une acclimatation progressive, ceci permettant des éventuelles lésions branchiales.

Il est difficile de donner des seuils de tolérance sachant que l'optimum est "0" et que de nombreux paramètres du milieu vont intervenir. Néanmoins, les taux d'ammoniac doivent rester le plus bas possible (dose létale de 2,4 mg/l; REDNER & STICKNEY, 1979) de même que ceux en nitrites.

II. REPRODUCTION ET PRODUCTION D'ALEVINS

1. Introduction

Située dans la triste célèbre ville de Saint-Pierre sur la côte nord Caraïbe de la Martinique, l'écloserie du même nom gérée par la SICA aquacole fut d'abord conçue pour assurer l'élevage larvaire de *Macrobrachium rosenbergii* (KICHENAMA, 1991).
Engagés dans un processus de diversification, ses locaux ont subi une légère modification de façon à accueillir les alevins du Florida red Tilapia hybrid.
Trois bâtiments la composent (illustration 1) :

• Bâtiment n°1 : écloserie poisson
- 6 raceways de $3m^3$: 1 d'entre eux est surmonté d'incubateurs artificiels et permet de récupérer les premiers alevins nageants, les 5 autres servent au prégrossissement des nouveau-nés.
- 2 cuves cylindroconiques de $1m^3$.
- 2 bacs cylindroconiques de petite taille servant à l'éclosion des nauplii d'artémia.

• Bâtiment n°2 : écloserie écrevisse
- 3 bacs de $7m^3$ de forme cylindoconique avec vidange et bullage centraux
- 1 réservoir d'eau saumâtre (chauffée après préparation) de $18m^3$.
- 2 cuves cylindroconiques de $1m^3$.
- 4 bacs également pour la préparation des nauplii.

• Bâtiment n°3 : stockage
- 3 raceways de $7m^3$ dans lesquels sont stockés des post-larves destinées à la vente ou des poissons.

A l'extérieur se trouvent des bassins de géniteurs de Saint-Pierre et un bac mélangeur en vue de la préparation de l'eau saumâtre pour le prégrossissement des écrevisses.
Ce présent chapitre aura pour but de décrire et d'analyser uniquement l'élevage larvaire du Saint-Pierre.

2. Stock de géniteurs

Tous importés de la Jamaïque, les géniteurs de Saint-Pierre sont au nombre de 205 : 177 femelles et 28 mâles de n-ième génération. On pense qu'il s'agirait d'une F10 mais aucun point ne permet de le prouver apparemment.
La mise en charge a lieu dans 7 bassins de $3m^3$ dont le volume en eau est renouvelé le matin 2 à 3 fois par semaine. La température avoisine les 27-28°C et peut varier de + 2°C dans le cadre d'un réchauffement solaire.
Le sex-ratio est de 6 femelles pour 1 mâle.
Alors que le poids des femelles varie de 100 à 800 g, celui des mâles est plus élevé et s'étend de 300 g à plus de 1 000 g.
L'alimentation est à base de granulés extrudés importés (AQUA REPRO d'AQUALIM pour Salmonidés) couvrant après la ponte la forte demande énergétique des reproducteurs. Le rationnement peut varier de 0,5 à 1% du poids vif par jour.
La composition en est la suivante : Farine de poisson, concentré de protéines de poisson, farine de viande, farine de crustacés, farine de sang, soluble de distillerie, céréales extrudées, issues de blés, huile de poisson, composé minéral, composé vitaminosé antioxydé.

Quant à l'analyse moyenne, sa teneur en vitamines et sa structure ont pour but de préparer les géniteurs à une bonne maturation sexuelle :

matières protéiques brutes	50%
matières grasses brutes	10%
cendres brutes	13%
celluloses brutes	2%
humidité	11%

Vitamines au kg d'aliment (+ antioxydant : Ethoxyquine)

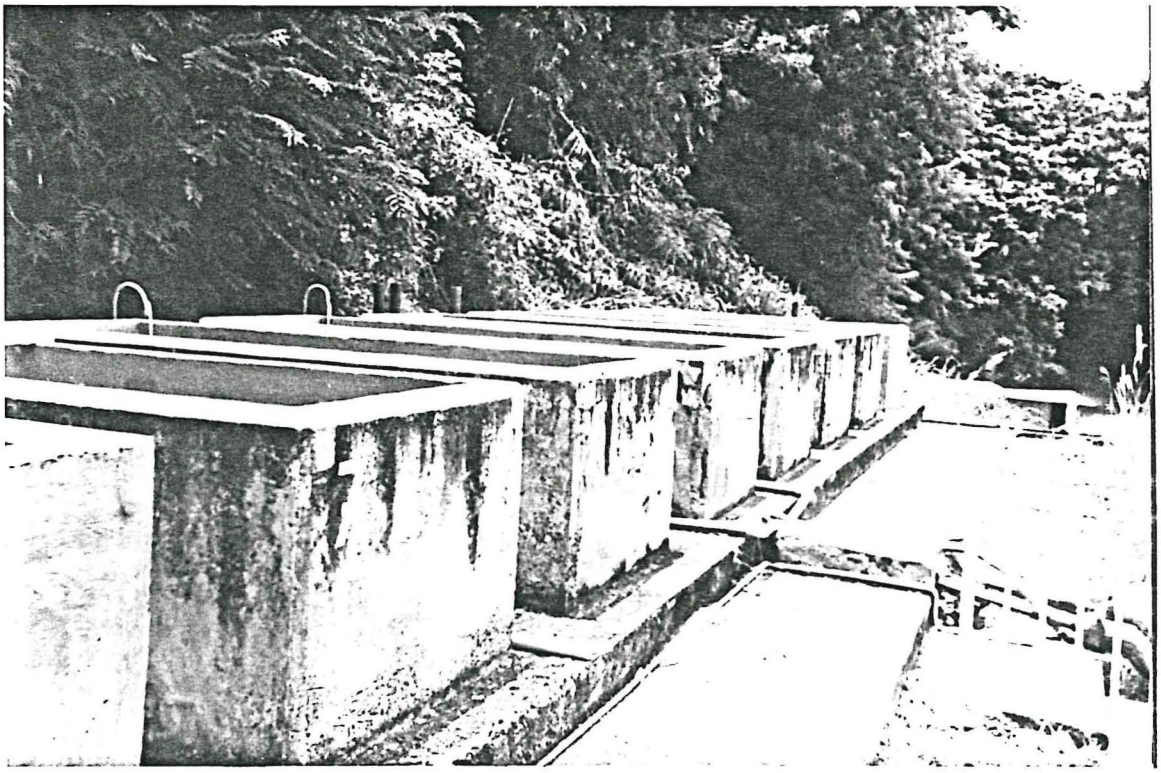
Vit-A	30 000 UI
Vit D_3	2 500 UI
Vit-E	150 mg.

3. **Ponte et incubation**

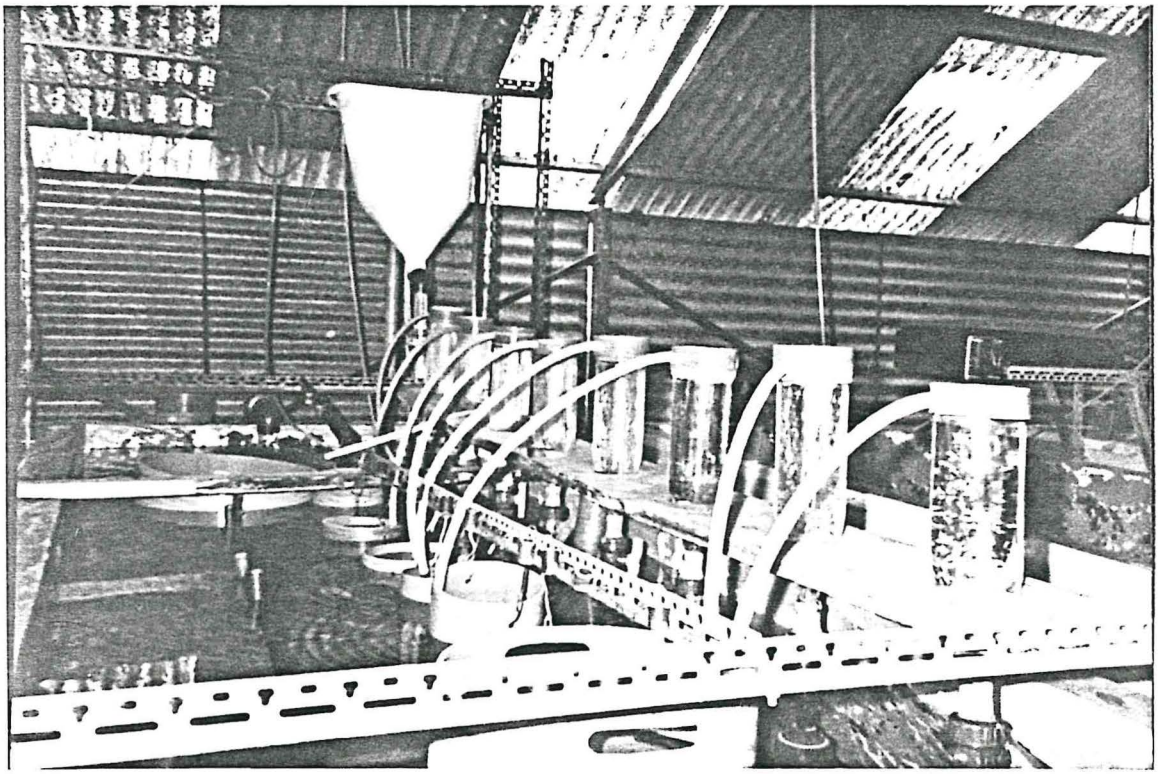
Le Saint-Pierre s'adapte relativement bien à la reproduction en captivité. Après une parade de synchronisation sexuelle, la femelle dépose un lot d'ovules qui sont fécondés immédiatement par un mâle puis elle les reprend dans sa bouche afin de les incuber. Chez cette espèce, il n'y a pas de formation véritable de couples mais une polygénie et une polyandrie successives (une femelle pouvant être fécondée par le même mâle ou par un autre). La fréquence de ponte est très variable, de 30 à 40 jours; une femelle peut pondre 2 à 3 fois de suite et s'arrêter pendant 1 mois. A 200-300 g, la ponte moyenne d'une femelle est de 600 à 800 ovules.
Les oeufs après fécondation sont récupérés dans des bassines tous les 10 jours à partir de la cavité buccale des femelles. La séparation des deux sexes est basée sur la structure de leur papille génitale; chez les femelles, trois orifices se distinguent sous le ventre (anus, orifice urinaire et orifice génital) alors que chez les mâles, il n'y en a que deux (anus et orifice uro-génital). L'ouverture uro-génitale des mâles est constituée par un petit point et la papille génitale est bien développée. Chez les femelles, l'orifice urinaire est microscopique et à peine visible tandis que l'orifice génital ressemble à un trait perpendiculaire à l'axe du corps (illustration 2). En dehors de ces caractéristiques sexuelles et du dimorphisme au niveau de la taille du Saint-Pierre, les différences externes ne sont pas toujours faciles à vérifier.

Quatre stades différents d'éclosion peuvent être obtenus lors de la récupération :
- des oeufs non éclos
- des oeufs à demi-éclos (yeux visibles)
- des oeufs bien éclos (yeux + queue)
- des alevins nageants.

Chaque catégorie est placée après rinçage dans des bouteilles d'incubation de Zugger sur air-lift à raison de 3 000 oeufs/bouteille de 1 litre au maximum. Autrefois, les oeufs non éclos présentaient un fort pourcentage de mortalité et par conséquent étaient laissés aux femelles. Après observation, aucune éclosion n'était pourtant réalisée. Des expérimentations ont eu lieu en faisant varier la densité des oeufs par bouteille (de 1 000 à 5 000 oeufs/bouteille). Aucune technique n'a permis d'arriver au but recherché.

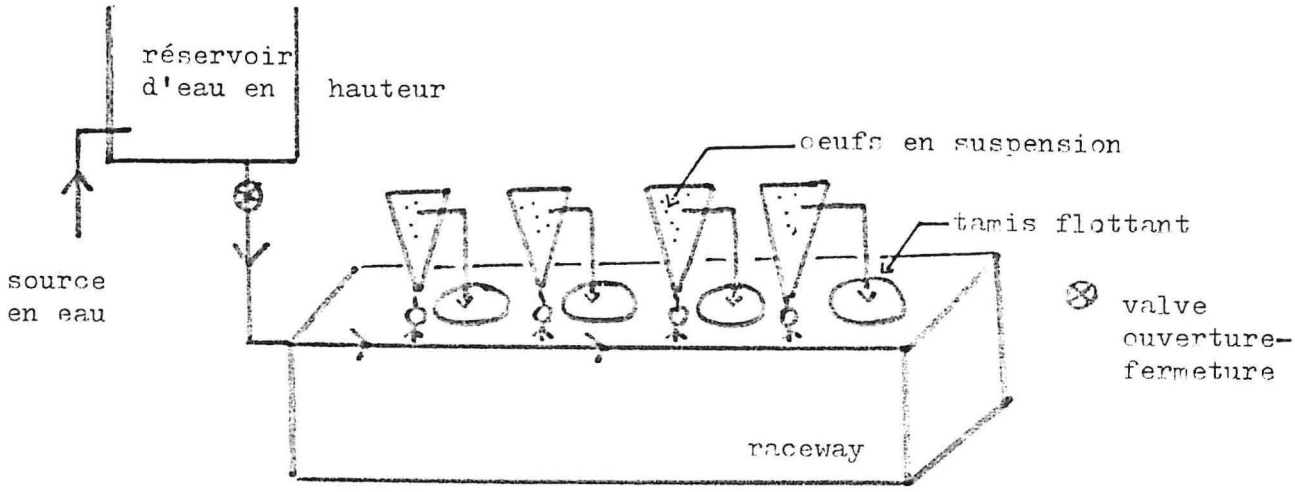


BASSINS DES GENITEURS



SYSTEME D'INCUBATION EN BOUTEILLES

Après suivi, la mise en évidence d'oeufs morts de couleur blanche par opacification d'une globuline s'est révélée déterminante dans la non-éclosion car source de prolifération bactérienne. A l'heure actuelle, tous les oeufs sont pris et quotidiennement, un nettoyage des bouteilles est effectué chaque matin de façon à éliminer les sources de contamination infectieuse.
Le système employé par l'incubation des oeufs offre une éclosion en 48 heures environ. Il a fallu trouver un processus expérimental capable de simuler les caractéristiques spéciales de l'incubation buccale.



SCHEMA DU SYSTEME D'INCUBATION

Grâce à une circulation d'eau obtenue par gravité à partir d'un réservoir placé en hauteur, les oeufs répartis dans des bouteilles d'incubation en plastique sont brassés délicatement puis nettoyés comme s'ils étaient dans la bouche de leur mère. Dans la nature, en effet, le phénomène consiste pour la femelle à aspirer de l'eau dans sa bouche puis à la rejeter au travers de ses branchies, ce qui entretient un environnement agréable pour ses petits. Ici, la pression peut être régulée et un tuyau d'évacuation par trop plein laisse passer les alevins nageants qui tombent alors dans un tamis de récupération flottant.
Le taux d'éclosion en bouteille est de 85% et le taux de survie jusqu'au tamis de 80% environ.
De même que dans la suite de l'alevinage, l'eau d'arrivée provient d'une nappe phréatique située non loin de l'écloserie et sa température est de 26-27°C.

Durant leur passage en bouteilles, les alevins se nourrissent grâce à leur réserve vitelline. Une fois celle-ci résorbée, les nageants arrivés au sein du tamis sont nourris toutes les heures pendant 1-2 jours avec des nauplii d'artémia. Ce procédé évite à ce stade l'apparition de phénomènes de cannibalisme pouvant exister.

4. **Production d'alevins par inversion hormonale de sexe**

A partir du stade précédent, les alevins subissent un prégrossissement jusqu'à un poids de 1-1,5 g pendant 40 à 45 jours, puis sont ainsi prêts à être livrés aux aquaculteurs qui se chargent de leur propre grossissement.
Schématiquement, le parcours est le suivant :

Structure	Durée	Poids	Alimentation
Cuve cylindro-conique de $1m^3$.	10-15j	10 à 30 mg	nauplii d'artémia puis farine Aqualim truite 0,25 mm à 20% du PV (AS_0)
Raceway de $3m^3$.	30-35j	30 mg à 0,3g	Aqualim truite 1er âge 0,50 mm à 20% du PV (AS_1) + artémia
		0,3 g à 0,7 g	Aqualim truite 2ème âge 0,80 mm à 15% du PV (AS_2)
		0,7 g à 1,1,5 g	Aqualim truite 3ème âge 0,90 mm à 10% du PV (AS_3)

Les alevins sont gavés toutes les heures dès leur plus jeune âge de nauplii d'artémia, puis à partir de 20 mg cette distribution ne se fait qu'en fin d'après-midi jusqu'à un poids de 300 mg, laissant alors la place à une alimentation à base de farine (AS_0).

La distribution de nauplii a lieu manuellement tandis que celle de farine ou de miettes est assurée, sauf dans le cas des cuves cylindroconiques, par des distributeurs automatiques. L'emploi de ces appareils permet de réduire au maximum l'hétérogénéité des lots de poissons. L'alimentation s'effectue pendant 6 heures de temps soit de 8 h à 14 h.

A partir d'un poids moyen de 20 mg (farine AS_0) jusqu'à 700 mg inclus (miettes AS_2) intervient une opération particulière qui consiste à inverser le sexe des alevins femelles de façon à ne disposer que de mâles à la fin de l'alevinage. Pour comprendre la raison de ce procédé, il faut savoir que les tilapias (donc le Saint-Pierre) sont très prolifiques et sont capables de se reproduire rapidement très tôt en bassins donnant naissance à une pléthore d'alevins. La grande hétérogénéité des populations qui en résulte influence négativement la croissance de l'ensemble des poissons, ce qui laisse à penser qu'en élevage, une reproduction contrôlée doit être de base. Sachant en outre qu'un dimorphisme sexuel s'installe chez ces Cichlidae favorisant le développement des mâles, plusieurs méthodes ont été conçues afin d'aboutir à un élevage monosexe :
La première idée est celle d'effectuer un sexage manuel. Cette méthode ne peut être réalisée que sur des poissons ayant atteint une taille suffisante (30-50 g, voire 70 g), taille à partir de laquelle peut être notée la distinction de sexes via les papilles génitales. Il est important que le sexage soit appliqué avec précaution car la moindre erreur peut entraîner des "reproductions sauvages". Or les tris restent aléatoires ce qui amène à une deuxième méthode fondée sur la production d'hybrides monosexes. L'obtention de ces individus nécessite la présence de géniteurs spécifiques dont le croisement aboutit à plus de 95% d'hybrides mâles. C'est le cas des croisements entre quatre parents mâles (*O. hornorum*, *O. nacrochir*, *O. aureus*, *O. variabilis*) et trois parents femelles (*O. mossambicus*, *O. niloticus* et *O. spilurus*). Le Saint-Pierre n'y étant pas inclus, la dernière méthode induisant la réversion de sexe des alevins juste éclos a été retenue.
Cette technique repose sur l'administration aux alevins d'androgènes, plus particulièrement de 17α- métyltestostérone (hormone de synthèse), incorporés dans l'aliment pendant une période de 40 jours environ à partir du 7è-8è jour.

Au départ, chaque alevin a la possibilité de devenir mâle ou femelle. Pendant la période de traitement hormonal, l'androgène va marquer l'hypothalamus de la femelle, la sensibiliser à ses propres sécrétions de testostérone et inhiber sa sensibilité aux hormones femelles. La femelle génotypique va devenir mâle phénotypique à la puberté et présenter un potentiel de croissance comparable à celui des mâles. Chez les mâles, les métabolites ingérés sont utilisés principalement pour la constitution des muscles et autres tissus corporels alors que chez les femelles, ils le sont moins et leur réquisition s'emploie plutôt dans la ponte des oeufs.
D'un point de vue productif, cela signifie que pour atteindre un poids marchand, la durée de l'élevage est plus élevée chez les femelles que chez les mâles donc des coûts supplémentaires notamment en aliments seraient à prendre en considération.
L'incorporation de l'hormone a lieu à raison de 60 mg/kg d'aliment; l'huile de foie de morue jouant le rôle de liant permet à l'ensemble nutritif de rester compact une fois dans l'eau. Les résultats semblent être de 80 à 85% de mâles pour les premiers lots traités.
Au niveau de la composition des aliments, les matières premières sont les mêmes que celles destinées aux reproducteurs. Seuls diffèrent les pourcentages des principaux nutriments :

Analyse moyenne :

matières protéiques brutes	55%
matières grasses brutes	15%
cendres brutes	12%
celluloses brutes	1%
humidité	10%

Les teneurs en vitamines demeurent identiques.

En vue d'ajuster la ration alimentaire, la quantité d'alevins est estimée par pesée totale lors du transfert des cuves cylindroconiques vers les raceways, puis par détermination du poids moyen hebdomadaire pour les étapes successives en prélevant deux échantillons contenant 200 individus dont on établit une moyenne arithmétique.

Pour de bonnes croissances, la densité de 10 alevins/l n'est pas dépassée dans les raceways. Aussi, pour assurer une bonne homogénéité des lots, un tri est effectué vers 0,7-0,8 g grâce à une trieuse manuelle. Théoriquement 10% de la population est éliminé mais en pratique ce pourcentage peut être élevé. Déjà, se pose le problème de la qualité des géniteurs, problème abordé dans la partie discussion.
Sur le plan pathologique, deux remarques essentielles sont à signaler :
- quelquefois, la présence de réserves vitellines de couleur jaune et non orangée laisse présager de la qualité de l'alimentation des géniteurs.
- certaines parasitoses dues principalement à des protozoaires ciliés tels que Trichodina sont assez fréquentes.
Toutefois, des traitements préventifs sont réalisés tous les deux jours au formol (antiparasitaire à la dose de 100 ppm) et à la Furaltadone (antiseptique à 50 ppm) au niveau des structures d'élevage mais aussi lors des tris et des transferts.
Un nettoyage de raceways a lieu tous les jours surtout avant les traitements.
Pour conclure ce paragraphe, il ne faut pas omettre de mentionner que cet alevinage oscille entre un système continu et discontinu en ce sens que l'eau est renouvelée 1 fois/jour dans les cuves cylindroconiques de 1 m^3 et pendant 6 heures (à plus de 200%/h) dans les raceways de 3 m^3. Un bullage d'appoint assure une oxygénation au cours des processus discontinus.

5. Discussion

A l'issue de ce passage à l'écloserie, différents points doivent être abordés de façon capitale afin d'éviter de fâcheuses conséquences à l'avenir.

• Tout d'abord, il serait plus que souhaitable de connaître la lignée des géniteurs afin d'expliciter les performances zootechniques de leurs descendants. Le sex-ratio rencontré (1 mâle : 6 femelles) est trop élevé par rapport aux valeurs théoriques (1 : 3; 1 : 4), ce qui expliquerait en partie la faible production d'alevins.
• La qualité des géniteurs est à revoir d'une part car ils sont trop gros, trop âgés ce qui entraîne une ponte irrégulière, une quantité d'alevins insuffisante; d'autre part progressivement tendent à devenir hétérogènes les lots de poissons avec une queue de lot importante.

• En élevage, il est nécessaire d'instaurer un repos sexuel des femelles de 6 semaines toutes les 12 semaines en alternance avec un cycle de ponte, ce qui évite leur épuisement, la baisse de la fécondité et du nombre d'oeufs. Or les femelles sont manipulées d'une façon quasi-hebdomadaire. Vu le volume d'élevage restreint, il serait bon de trouver un moyen de les distinguer entre elles (marquage à l'opercule, à l'encre de chine...) bref, une technique qui puisse permettre de les manipuler avec parcimonie.
• Le procédé d'incubation semble efficace puisque le taux d'éclosion est de 85%. Il pourrait être amélioré par la mise en place d'un dispositif visant à augmenter la température de l'eau de 1 à 2 °C pour atteindre l'optimum de croissance situé à 28-29 °C en alevinage. Un système thermostatique aurait non seulement un effet positif sur l'éclosion mais sur l'ensemble de l'élevage car il conduirait à un accroissement pondéral individuel plus rapide chez les poissons. Dès lors, la durée à l'écloserie se trouverait réduite.
• Même si la composition alimentaire paraît convenir aux reproducteurs et aux alevins, des expériences réalisées avec des aliments "spécial Tilapia" devraient être menées par simple comparaison dans un premier temps. Elles permettraient de justifier de la qualité des alevins et de celle des géniteurs à en produire.
Bien que les conditions de stockage des aliments soient acceptables (local sec, à l'abri de la lumière), en revanche il n'en va pas de même pour sa fraîcheur qui laisse à désirer. En un sens, et on peut le comprendre, les aliments importés d'une provenderie française doivent traverser l'Atlantique puis être acheminés à l'écloserie. Il en résulte des coûts de transports non négligeables ce qui incite les responsables à grouper leurs commandes pour en diminuer les frais. Ainsi stagnent généralement des stocks importants de denrées destinées à une alimentation dans un délai supérieur à 4 mois, soit au-delà de la garantie de conservation en vitamines. Les conséquences peuvent être multiples et se traduire par une augmentation de la température des produits stockés, une transformation de matières premières, une détérioration principalement des graisses et des vitamines, l'apparition des moisissures, etc...

Un des moyens d'y remédier autre que celui d'un investissement dans une chambre réfrigérée serait de compléter l'aliment avec des premix vitaminiques (à base de vit C, vit E...) ou encore avec des antioxydants (car l'oxydation provoque soit des pertes en vitamines, en acides gras essentiels, et en acides aminés essentiels, soit l'apparition de produits toxiques issues des acides gras).

• Des analyses devraient être effectuées dans l'espoir de mieux déterminer l'efficacité de l'hormonation.

Dans l'ensemble, bien que le matériel soit assez vétuste et que les conditions de travail ne soient pas les meilleures, l'écloserie parvient à produire mensuellement environ 30 000 alevins dont 25 000 sont vendus, le reste étant éliminé (animaux tachetés, rachitiques, queues de lots).

Le prix de vente à l'aquaculteur est de 1,10 F l'unité; le prix de revient est de 0,80 F. La livraison des alevins aux aquaculteurs a lieu faute de mieux dans des sacs en plastiques remplis d'eau et gonflés à l'O_2 par (10 l d'O_2 pour 10 l H_2O) dans lesquels sont placés 700 g de poissons de 1 à 1,5 g. Chaque éleveur prend la responsabilité d'emporter ses attributs.

II. GROSSISSEMENT

1. Introduction

Différentes techniques subsistent quant au grossissement du Saint-Pierre : cela va de la méthode la plus intensive en raceways à un mode de production plus extensif se pratiquant en bassins, ceux-ci étant constitués en majorité d'anciens bassins d'écrevisses "reconvertis" pour l'occasion.
Néanmoins, un certain nombre de points communs se dégagent de ces différentes exploitations. Tout d'abord, les alevins sont issus de l'écloserie de la SICA Aquacole et par conséquent dérivent des mêmes stocks de géniteurs.
Autre caractéristique principale, l'alimentation est assurée par la distribution de granulés fabriqués localement par la même provenderie PROMA SA située dans le centre de l'île. Cependant, même si les aquaculteurs arrivent à une production convenable comparativement à leurs moyens, il est extrêmement difficile d'effectuer un parallèle entre les différentes performances zootechniques obtenues par chacun d'entre eux faute de l'utilisation régulières de fiches techniques d'élevage.

2. Exemple d'une exploitation aquacole

Parmi les différentes fermes aquacoles, il en est une qui, en 1991, assure près de 75% de la production de Saint-Pierre commercialisée par la SICA Aquacole. La technique de production retenue ici sera commentée ci-après, mais tout d'abord une brève présentation de la société s'impose.

2.1. Lieu et infrastructure de production

Située non loin de la capitale sur le territoire communal de Saint Joseph, la ferme aquacole CHARMINE possède une superficie en élevage de 0,7 ha pour le Saint-Pierre et de 2,2 ha pour les chevrettes appelées encore *Macrobrachium rosenbergii*. Ces informations ne seraient pas complètes si on omettait d'y inclure 111m^3 de cuves d'élevage destinées à accueillir des poissons aux premiers stades de leur grossissement.

L'infrastructure d'élevage comprend ainsi :

- 24 cuves provenant d'une ancienne distillerie et aménagées pour la circonstance (en réalité, seules 23 cuves sont disponibles et la dernière sert à stocker les poissons destinés à la vente)

12 cuves longitudinales de 5 m^3 en eau/ 6,2 m^2.

9 cuves carrées de 5 m^3 en eau/ 4,8 m^2.

2 cuves circulaires de 3 m^3 en eau / 3,8 m^2.

6 cuves (dont 4 longitudinales, 2 carrées et 2 circulaires) sont placées sous un hangar et sont destinées à accueillir quand cela est possible les alevins provenant de l'écloserie. Les autres cuves demeurent à l'extérieur et sont utilisées pour la croissance intermédiaire du Saint-Pierre.

- 4 bassins en terre d'un mètre de hauteur environ et de surfaces respectives

B20 : 1550 m^2.

B21 : 1055 m^2.

B23 : 2250 m^2.

B24 : 2050 m^2.

Ils participent à la croissance finale des poissons.

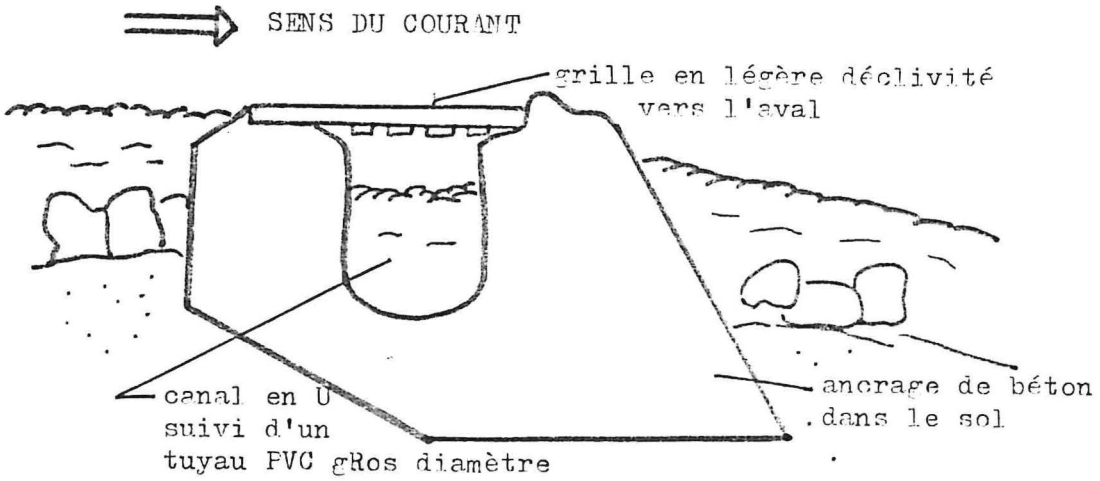
- Un bureau servant à la fois de lieu de décision et de lieu de stockage (congélateur, matériel électrique, etc...)

- Un local dans lequel s'effectue la pesée du poisson de taille commerciale et le "conditionnement" des chevrettes en sachets. Y sont également abrités les aliments des poissons à l'instar de tout le matériel destiné aux manipulations et aux tris (épuisettes, seaux...).

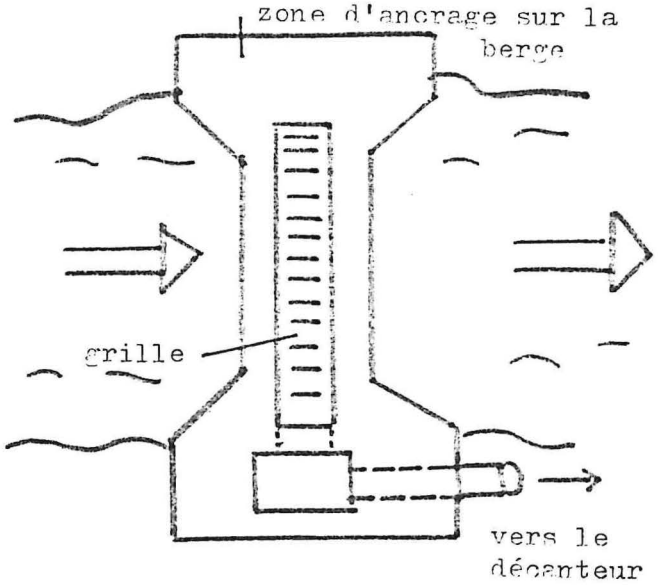
• ***Hydrologie et réseau hydraulique***

L'exploitation CHARMINE se trouve au fond d'une vallée dans une région où la pluviométrie moyenne annuelle est de 2 500 à 3 000 millimètres (illustration 3). La Rivière Blanche y assure de façon permanente une alimentation en eau dont le débit est suffisant pour couvrir les besoins aquacoles de l'exploitation en toute saison.

L'eau est captée par un système "seuil de mise en charge" dont la base est ancrée dans le lit de la rivière. Par-dessus la dalle en béton est placéeune grille inclinée de façon à éviter l'aspiration des éventuelles feuilles drainées par le courant.

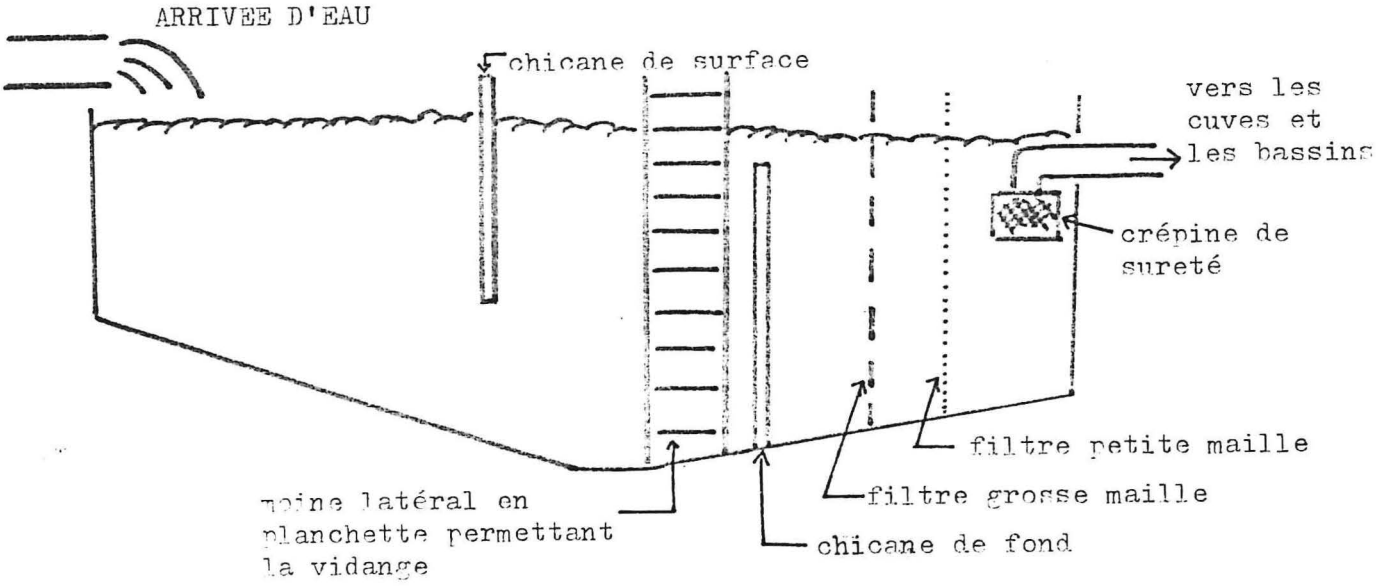


COUPE DE LA PRISE D'EAU



COUPE VUE DE DESSUS

Cette eau est ensuite filtrée par un décanteur en béton muni de filtres et de chicanes afin de réduire au maximum les grosses particules apportées par l'eau. Le plan schématique du décanteur est le suivant :

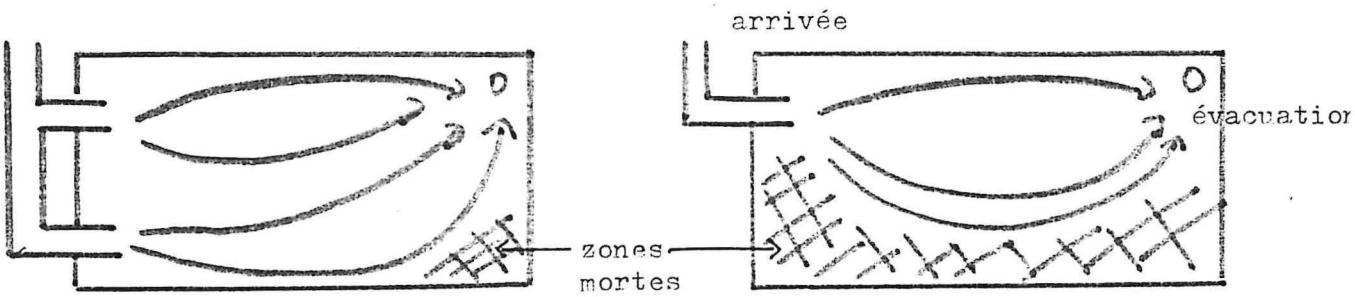


SCHEMA DU DECANTEUR

Une canalisation souterraine en tuyaux PVC permet de véhiculer l'eau filtrée jusqu'aux bassins et aux cuves pourvues d'alimentation à débit réglable.

En ce qui concerne les bassins, les arrivées d'eau sont situées sur une de leurs largeurs et placées en hauteur de façon à créer une chute d'eau les oxygénant ainsi tout en favorisant le mélange de l'eau "froide" d'arrivée et de l'eau "chaude" du bassin. D'un point de vue quantitatif, les expériences ont montré que les bassins nécessitent un renouvellement minimal en eau de 10% par jour. Qualitativement, la température en bassin peut varier de 22 à 30 °C sans oublier l'évolution de celle-ci avec l'ensoleillement. Son pH peut osciller entre 6 et 8.

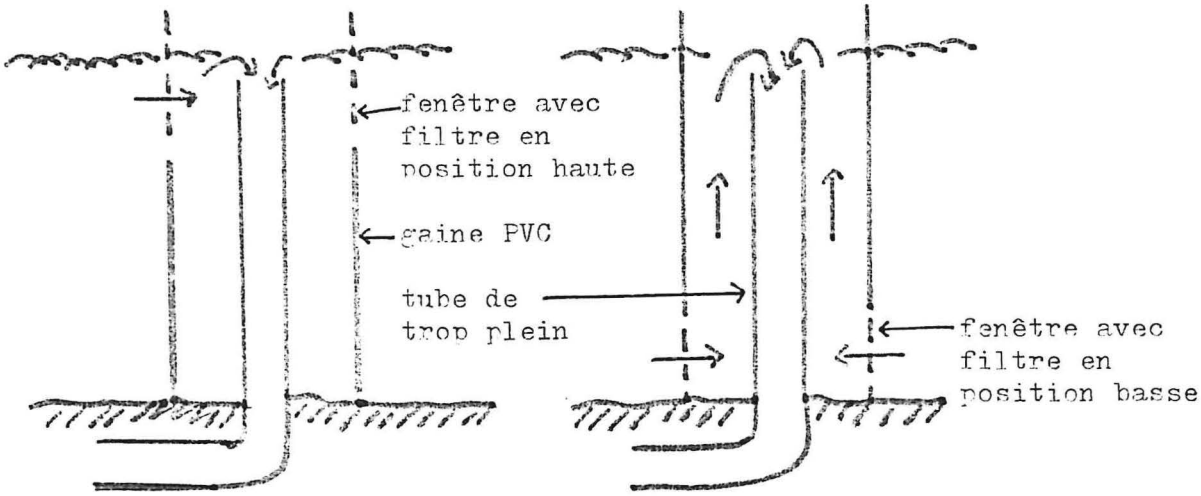
Le débit d'eau est un moyen important d'intervention sur la qualité de l'eau. Il est donc essentiel d'avoir la plus large circulation d'eau possible d'où la présence au moins de deux arrivées d'eau limitant la création de zones mortes.



bonne circulation

mauvaise circulation

Généralement, les bassins sont orientés suivant le vent dominant pour faciliter la circulation de l'eau. L'évacuation de cette dernière est réalisée sur le bord opposé et a lieu par un système de fenêtres avec filtres évacuant l'eau de surface et de fond.



EVACUATION

DE SURFACE

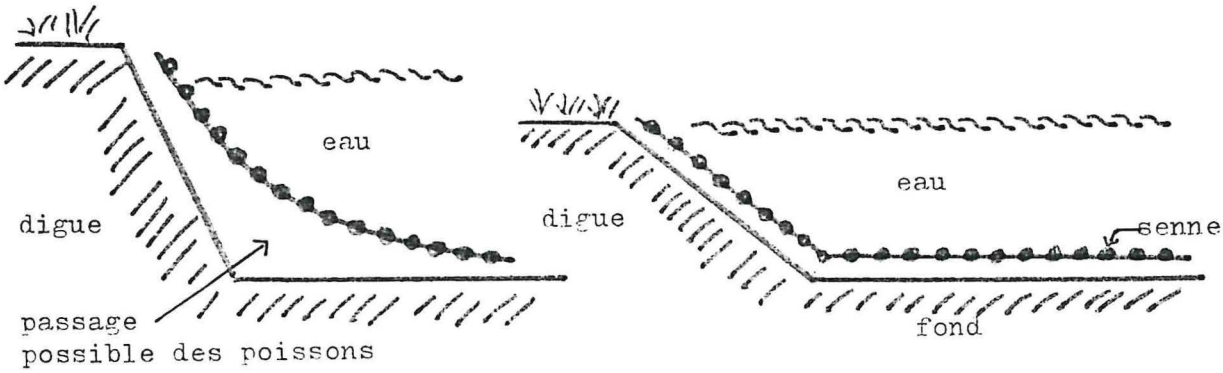
DE FOND

L'évacuation de surface élimine le phytoplancton en excès et assure l'éclaircissement des bassins qui ont un problème de pH du à une turbidité trop forte. Quant à l'évacuation de fond, elle élimine l'eau la plus froide, la plus polluée et la moins oxygénée.

L'alimentation en eau des cuves est différente en ce sens que l'on distingue une arrivée d'eau claire provenant bien sûr de la Rivière Blanche, mais aussi une arrivée d'eau verte qui dérive des bassins. Cette dernière constituerait un complément d'alimentation pour les poissons et induirait une baisse du taux de conversion des granulés.
Même si les problèmes de dynamique d'eau seront évoqués plus longuement dans la deuxième partie de ce mémoire, il est bon de noter déjà que l'évacuation de l'eau a lieu grâce à un tuyau coudé en PVC réglable et qui permet de vidanger partiellement ou totalement le contenu des cuves. Les valeurs moyennes de températures et de pH relevées sont respectivement de 26 °C et de 7 unités.

• ***Construction des bassins***

Lors de la confection des bassins, certaines normes ont dû être respectées quant à leur dimension, leur pente de fond ou encore à la réalisation des digues.
- forme et dimension : les bassins sont de type rectangulaire, leur surface entre 1 000 et 2 500 m^2 avec un rapport longueur/largeur de 2 à 3,5. En effet, on tend à limiter leur largeur ce qui facilite la pêche à la senne et assure également une meilleure répartition de l'aliment (distribué automatiquement à partir du milieu du bassin).
- pente de fond : elle facilite une vidange complète du bassin ainsi que le renouvellement de l'ensemble de la masse d'eau. On l'estime de 0,5 à 1%. Une irrégularité dans la construction de la pente aboutirait à la formation de flaques durant l'assec du bassin qui ordinairement a lieu tous les quatre mois. Ces poches d'eau stagnantes favoriseraient aussi en période de production le développement d'une flore bactérienne anaérobie faute d'une teneur suffisante en oxygène.
- digues : les digues ont été réalisées de façon à ce que leur largeur permette un déplacement plus aisé d'un bassin à l'autre. Certaines d'entre elles acceptent même la venue du tracteur qui participe au transfert des poissons des cuves aux bassins. La pente interne ne doit être ni trop abrupte, ni trop faible : dans le premier cas, un risque d'érosion puis de formation de boue dans le bassin peut être signalée; dans le second cas, il peut y avoir une multiplication d'algues filamenteuses empêchant entre autre la circulation de l'eau. Enfin, une pente trop faible faciliterait les prédations en particulier par les oiseaux. Le schéma ci-après résume les répercussions de la pente des digues sur l'efficacité des pêches.



Mauvaise liaison digue-fond
Pente trop abrupte

Bonne liaison digue-fond

RELATION PECHE ET PENTE DES DIGUES

Le compactage des digues se fait par couches successives. Elles sont ensuite enherbées avec une végétation "gazonnante" dont les racines maintiennent les couches superficielles et les protègent du ravinement.

2.2. Schéma de production

Le schéma de production employé au sein de l'exploitation CHARMINE comprend deux grandes phases :
- la production intensive en cuves de poissons dont le poids moyen environne les 100 g à partir des alevins issus de l'écloserie.
- la production semi-extensive en bassins de poisson marchand (poids moyen de 300 à 350 g).

En fait, le circuit parcouru par les alevins est le suivant :
- de 1 à 30 g, "prégrossissement" en cuves sous hangar
- de 30 à 100 g, élevage en cuves extérieures
- de 100 à 300-350 g, l'élevage en bassins extérieurs

Avant d'aborder chacune de ces étapes, il y a lieu de s'arrêter sur l'alimentation du Saint-Pierre durant sa période de croissance.

2.2.1. Alimentation

2.2.1.1. Besoins du Saint-Pierre

Comme pour les autres espèces de tilapias, il existe peu de renseignements sur les besoins nutritifs du Saint-Pierre, ce qui laisse entrevoir à long terme la possibilité de symptômes de carence.
Il est vrai que l'on pourrait utiliser en élevage des aliments frais mais ceux-ci auraient principalement deux inconvénients : le premier étant bien sûr la difficulté de les conserver, et le second, celle de les manier surtout quand les quantités à distribuer auraient été importantes. Pourtant, la propriété intéressante résiderait dans le fait que ces nutriments seraient loin d'être carencés, ce qui placerait les tilapias au contact d'une alimentation proche de celle qu'ils rencontrent dans leur milieu naturel.

• *Energie*

Sur le plan énergétique, HEPHER et al (1983) ont exprimé des besoins de 73 calories par jour et par gramme à 25 °C chez le red Tilapia pour son métabolisme d'entretien; le métabolisme de routine, défini comme le besoin d'énergie nécessaire à l'activité spontanée du poisson hors alimentation et perte sous forme de chaleur, est lui réduit de moitié. En gros, les besoins d'entretien représentent près de 50% de l'énergie métabolisable qui elle-même équivaut à 75% de l'énergie brute des aliments. Cet hybride aurait par conséquent un métabolisme très efficace.
D'un autre côté, il n'existe pas de données concernant les besoins de croissance de cet hybride. Aussi, faut-il rappeler que les besoins énergétiques varient avec la température du milieu d'élevage et d'autres facteurs tels que le pH, la salinité ou encore l'état de jeûne. Un jeûne de courte durée (1 à 2 jours) entraîne une baisse du métabolisme de 10% environ et qui peut atteindre 25 à 50% dans le cadre d'un jeûne prolongé (7 à 30 jours).

• ***Protéines et acides aminés***

Alors que qualitativement les besoins en protéines sont les mêmes chez les poissons et chez les mammifères, au niveau quantitatif, les premiers en requièrent un apport plus important. Qui plus est les muscles représentent le composant majeur du poisson, les protéines constituant habituellement 68 à 85% de la matière sèche de la carcasse de ces animaux.
Certains auteurs estiment qu'un aliment à 35% de protéines est proche de l'optimum pour la croissance des tilapias en phase de grossissement (DESILVA-PERRERA, 1985; NEWMAN et al, 1979; JAUNCEY et ROSS, 1982). En tenant compte du rationnement susceptible de varier dans une gamme de 3 à 15% du poids vif/jour, on peut en tirer un besoin en protéines de 10 à 50 g/kg PV/jour.

Pour les acides aminés, peu d'études ont été réalisées pour déterminer les exigences des tilapias et de leurs hybrides vis à vis de ces métabolites. En 1983, JAUNCEY et al ont pu exprimer ces besoins pour *Oreochromis mossambicus* (annexe 1). Il en ressort que 10 acides aminés sont indispensables à une croissance normale (Arg, His, Iso, Leu, Lys, Met, Phe, Thr, Trp, Val).
L'apport protéique peut provenir de protéines animales ou végétales. Même si le Saint-Pierre est un phytoplanctonophage et qu'il est capable de se nourrir à 100% de protéines végétales, la meilleure source de protéines recensée demeure la farine de poisson. 1/3 de farine de poisson dans l'aliment permet de diminuer le taux de conversion (DAVID-STICKNEY, 1978). En élevage, les meilleures performances zootechniques obtenues à partir d'une alimentation en protéines végétales sont celles de blé comparativement au soja et au maïs (VIOLA-ARIELI, 1983). Apparemment le maïs contiendrait des facteurs antinutritionnels et serait donc à déconseiller.
Au niveau de la digestibilité pour les protéines animales, elle se situe autour de 90-95% alors que pour les protéines d'origine végétale, elle approche les 80-90%.

• *Lipides*

Tandis que la plupart des espèces marines et d'eau froide comme la truite arc-en-ciel nécessitent un apport en acides gras insaturés appartenant à la série w3 (série de l'acide linolénique), les tilapias semblent avoir une préférence pour les séries w 6 (série de l'acide linoléique). C'est ainsi que STICKNEY et HARDY (1979) ont pu montrer que O. aureus assimilait mieux les AG insaturés de type w 6, la présence de l'acide linolénique (w 3) dans la ration ayant pour effet de diminuer la croissance. En général, 1% minimum en AG de type w 6 est requis et les meilleurs résultats s'obtiennent avec une ration lipidique d'origine végétale à un taux voisin de 5 à 6% en phase de croissance.
La teneur en w 3 et w 6 de quelques lipides est présentée en annexe 2. Le coefficient de digestibilité des lipides tourne autour de 90%.
Il est bon de rappeler que les lipides sont la meilleure source d'énergie pour les poissons (9 Kcal/g) et qu'une teneur élevée permet de réduire leurs besoins en protéines (les protéines servent également à fournir de l'énergie via le catabolisme protéique).

• *Glucides*

Les besoins en glucides ont été considérés pendant longtemps comme négligeables chez les poissons en raison de leur mauvaise digestibilité. Il faut dire que les recherches avaient porté essentiellement sur des espèces carnivores comme les Salmonidés et non sur des poissons omnivores ou herbivores comme les tilapias. Ces Cichlidés sembleraient utiliser des glucides digestibles notamment sous forme de sucres simples (glucose) plutôt que de polyholosides (amylose...). Le taux de digestibilité se situerait autour de 60% et les besoins autour de 25%. A propos des fibres (composées en majorité de cellulose), ANDERSON et al (1984) ont noté un taux d'incorporation dans l'aliment de 8 à 10% maximum pour la croissance métabolique d'*O. niloticus*.

2.2.1.2. Composition de l'aliment

Le Saint-Pierre est nourri avec des granulés secs (fabriqués par une entreprise locale PROMA SA) dont la composition est à base de céréales, de blé floconné, de tourteaux de soja, de farines de poisson et de viande et aussi d'un composé minéral vitaminé.
Trois présentations sont possibles : des miettes, des granulés de 2,5 mm et de 4 mm de diamètre.
Analyse moyenne des aliments (en %)

	Miettes et granulé 2,5 Ø	Granulé 4Ø
Matières protéiques brutes	32	45
Matières grasses brutes	4,5	5
Matières minérales	11	14
Cellulose brute	5	2,5
Humidité	14	14

Vitamines au Kg d'aliment

Vit A	13 000 UI	13 000 UI
Vit D'	3 300 UI	3.330 UI
Vit E	3,3 mg	3,3 mg

Pour les trois catégories, une supplémentation en choline (16 mg/100 kg) et en sélénium (40 mcg/100 g) est assurée.

2.2.1.3. Ration alimentaire

La ration journalière attribuée aux poissons est exprimée en fonction de leur poids moyen.

Poids des poissons	Ration journalière (% du poids corporel)	Type de granulé
1-5 g	15-12	miettes
5-20 g	10-6	1/2 miettes + 1/2Ø 2,5
20-40 g	5	Ø 2,5
40-100 g	5	Ø 2,5
100-350 g	4-3	Ø 4

2.2.1.4. Mode de distribution

Afin d'assurer de façon régulière une meilleure consommation des miettes et des granulés, des distributeurs automatiques d'aliments sont utilisés et fixés sur le rebord des cuves. La fréquence journalière, la durée de chaque nourrissage ainsi que la quantité d'aliments distribuée peuvent ainsi être réglées. Cette dernière est estimée tous les quinze jours grâce au calcul de la biomasse pour les différentes cuves.

Le processus requis pour l'alimentation en bassins est le même. La seule différence réside dans la caractéristique des distributeurs qui sont capables de flotter sur l'eau et que l'on place au milieu des bassins pour une répartition équitable de l'aliment.

2.2.2. Zootechnie

2.2.2.1. Quelques définitions

Avant d'aborder les résultats zootechniques obtenus, il semble utile de redéfinir la terminologie qui sera employée ultérieurement.

• ***Biomasse et production***

- la biomasse d'une population est égale au produit du poids moyen individuel par l'effectif total de la population.

Soit $B = \overline{W}.N$ avec B = biomasse, $\overline{W}$: poids moyen individuel, N : effectif

Si l'effectif total de la population est connu à un instant t, on peut calculer sa masse totale en prélevant au hasard dans cette population un échantillon représentatif dont on calculera le poids moyen individuel. A partir de cette estimation du poids moyen, la biomasse totale de la population sera facilement obtenue à cet instant t.

- la production est la quantité de matières organiques synthétisée par l'espèce durant la période relative à son élevage. Elle correspond aux variations de biomasse d'une population donnée durant un intervalle de temps donné.

• *Densité*

La densité correspond au nombre de poissons par unité de volume (m^3) ou de surface (m^2) selon que l'on ait affaire à des élevages en cuves, raceways, bassins ou étangs. On parle généralement de charge lorsque l'on fait appel au poids moyen des poissons.

Exemple : 5 000 Saint-Pierre de 30 g sont élevés dans une cuve de 5 m^3.

Impliquent une densité de 5 000/5 = 1 000/m^3.

une charge de 5 000 x 30/5 = 3 000 g/ m^3 = 3 kg/m^3.

• *Croissance*

Plusieurs expressions peuvent être utilisées. Les plus courantes étant :

- le gain de poids journalier (en grammes par jour)

$$= \frac{\text{Poids moyen final (g) - poids moyen initial (g)}}{\text{durée de l'élevage (j)}}$$

- le coefficient instantané de croissance pondérale (en % par jour)

$$= \frac{\text{ln poids moyen final (g) - ln poids moyen initial (g)}}{\text{durée de l'élevage (j)}} \times 100$$

Ce coefficient donne l'augmentation moyenne du poids en pourcentage par jour sur un intervalle de temps.

• *Alimentation*

- le taux de conversion alimentaire ou indice de consommation ou quotient nutritif

$$= \frac{\text{quantité d'aliments distribuée}}{\text{quantité de poissons récoltée en kg}} = \frac{\text{aliment ingéré}}{\text{gain de poids}}$$

C'est la quantité nécessaire pour produire un gramme de croît de poisson.

2.2.2.2. Elevage intensif en cuves

Durant leur passage en cuves de 1 à 100 g environ, les alevins reçoivent une attention particulière : en effet, l'aquaculteur peut suivre leur croissance de visu mais aussi en pratiquant tous les quinze jours des prélèvements de poissons destinés à établir leur poids moyen. Il est aussi plus facile de constater un défaut dans l'alimentation en eau et d'y remédier rapidement. Plusieurs analyses (physico-chimiques, comportement alimentaire, etc...) peuvent être réalisées et inciter l'éleveur à intervenir sur les paramètres qu'il juge néfaste pour la conduite de ses différents lots de poissons.

2.2.2.2.1. Manipulations et tris

En vue de maintenir une certaine homogénéité dans les populations ichtyologiques, il est indispensable d'effectuer des tris au cours de la croissance. En effet, certains poissons grossissent plus vite que d'autres et sont alors capables de s'accaparer de la nourriture distribuée aux dépens des plus petits. Le retrait des individus dominants va favoriser la prise de poids des poissons jusque-là dominés, par le biais de la reconstitution d'une nouvelle hiérarchie sociale.
Aussi, plus le tri est précoce, plus la population peut être préservée des risques de cannibalisme. La conduite de l'élevage se voit facilitée (choix des granulométries, amélioration de l'échantillonnage). Durant ces manipulation, l'aquaculteur peut constater les éventuelles morbidités de certains poissons et s'informer dès lors sur leur étiologie.
Parmi les différentes manipulations, on distingue :
- les tris proprement dits
- les échantillonnages destinés au calcul du poids moyen
- le ramassage des morts.

•Dans le premier cas, toute la population d'une cuve est passée en revue. En général, trois tris sont accomplis à l'exploitation CHARMINE : le premier à 12-13 g, le second à 30 g avant le passage des fingerlings dans les cuves situées à l'extérieur et le dernier vers 100 g juste avant le transfert en direction des bassins sur terre. Il arrive le plus souvent que l'un des deux premiers tris ne soit pas effectué ou le soit tardivement faute de cuves disponibles ou d'une main-d'oeuvre non avertie.

Les tris sont réalisés au moyen d'une trieuse manuelle qui sélectionne par ses mailles la taille des poissons. La méthode de tri est la suivante :
Après avoir baissé le niveau de l'eau, les poissons sont prélevés grâce à une épuisette puis triés chacun. Ils sont ensuite séparés dans des bassines en tête, milieu et/ou queue de lot, c'est-à-dire en deux ou trois lots successifs. Lorsque la queue de lot accuse un retard important de croissance, comme c'est généralement le cas, elle est éliminée. Les plus gros individus quant à eux, sont transférés dans une autre cuve pour la poursuite de leur croissance.
Une opération particulière intervient lors du dernier tri sur les poissons d'une centaine de grammes. Il s'agit du sexage manuel.
On s'est aperçu que l'on pouvait trouver des femelles parmi les poissons supposés être tous des mâles après leur traitement à la méthyltestostérone à l'écloserie. L'efficacité de l'hormonation n'est donc pas à 100%. En conséquence, les orifices génitaux de chaque poisson sont examinés afin de différencier les mâles des femelles, puis de garder uniquement les mâles pour leur grossissement en bassins. Les avantages de ce sexage manuel résident dans le fait que c'est un moyen efficace pour lutter contre l'excessive reproduction et que son application semble facile pour améliorer la production. Pourtant des inconvénients sont aussi à noter : ce travail est laborieux et coûteux en temps; vu le grand nombre de poissons à trier, des risques d'erreurs peuvent survenir inconsciemment ou lorsque l'on se trouve en présence d'individus plus ou moins hermaphrodites.
Lorsque le poids moyen de chaque lot de poissons est réalisé toutes les quinzaines de jours, un échantillon est prélevé dans chaque cuve. Pour échantillonner correctement au sein de chaque population, il est indispensable de concentrer les poissons dans un minimum d'eau et d'utiliser une épuisette. Il faut que l'échantillonnage soit représentatif de la population et que la manipulation évite de provoquer des mortalités chez les individus en phase de grossissement. Les poissons sont récupérés dans un seau de cinq litres contenant quelques gouttes de phénoxy 2 éthanol de façon à les anesthésier, puis tous les individus contenus dans le seau sont pesés par groupe de cinq afin de ne pas introduire un facteur d'erreur dû à l'échantillonnage. Une moyenne en est ensuite tirée et les différents résultats sont reportés sur un cahier récapitulant les données de croissance.

« La dernière manipulation qui intervient dans le milieu d'élevage est le ramassage quotidien des morts. Il y a lieu tous les matins. Seuls sont en principe prélevés les cadavres flottant à la surface de l'eau. De temps à autre des chasses d'eau sont réalisées et permettent de dégager les éventuels morts du fond des cuves. Là aussi, un registre permet de connaître à tout moment la biomasse de chaque cuve.

2.2.2.2.2. **Performances zootechniques de référence**

Il est assez difficile de se fixer à des valeurs arbitraires pour l'élevage du Saint-Pierre à la Martinique, et plus particulièrement à la ferme CHARMINE où le schéma de production diffère de celui utilisé notamment à la Jamaïque. Les données récupérés sont présentées sous forme d'une grille alimentaire (Tableau A).
Il en ressort que pour obtenir un poisson de 315 g, la durée de l'élevage est égale à vingt six semaines soit environ six mois. La fréquence alimentaire et le taux de nutrition quotidiens diminuent progressivement au cours de la croissance passant pour la première de 6 à 2 fois par jour, et pour le second de 15 à 2% de la biomasse en début et en fin d'élevage.
Une remarque importante à signaler est que ces résultats ont été obtenus dans le cadre d'un élevage semi-intensif en bassins avec des densités de 12000 à 16000/m^2. L'alimentation contenait 30-50% de protéines, 2-10% de lipides et 4-12% de fibres, ceci bien sûr en fonction de l'âge du poisson. Une complémentation en vitamines et en minéraux était généralement conçue pour les alevins.

2.2.2.2.3. **Résultats**

Les résultats du tableau B portent sur 3 lots depuis leur
arrivée à leur passage en bassins.
Comme on peut le constater, la densité de mise en charge est variable : de 754 à 1820 poissons/m^3 âgés de 1,3 à 1,9 g.
La durée de l'élevage en cuves est d'environ 6 mois, période nécessaire à l'obtention de poissons de 110 à 150 g.

TABLEAU A

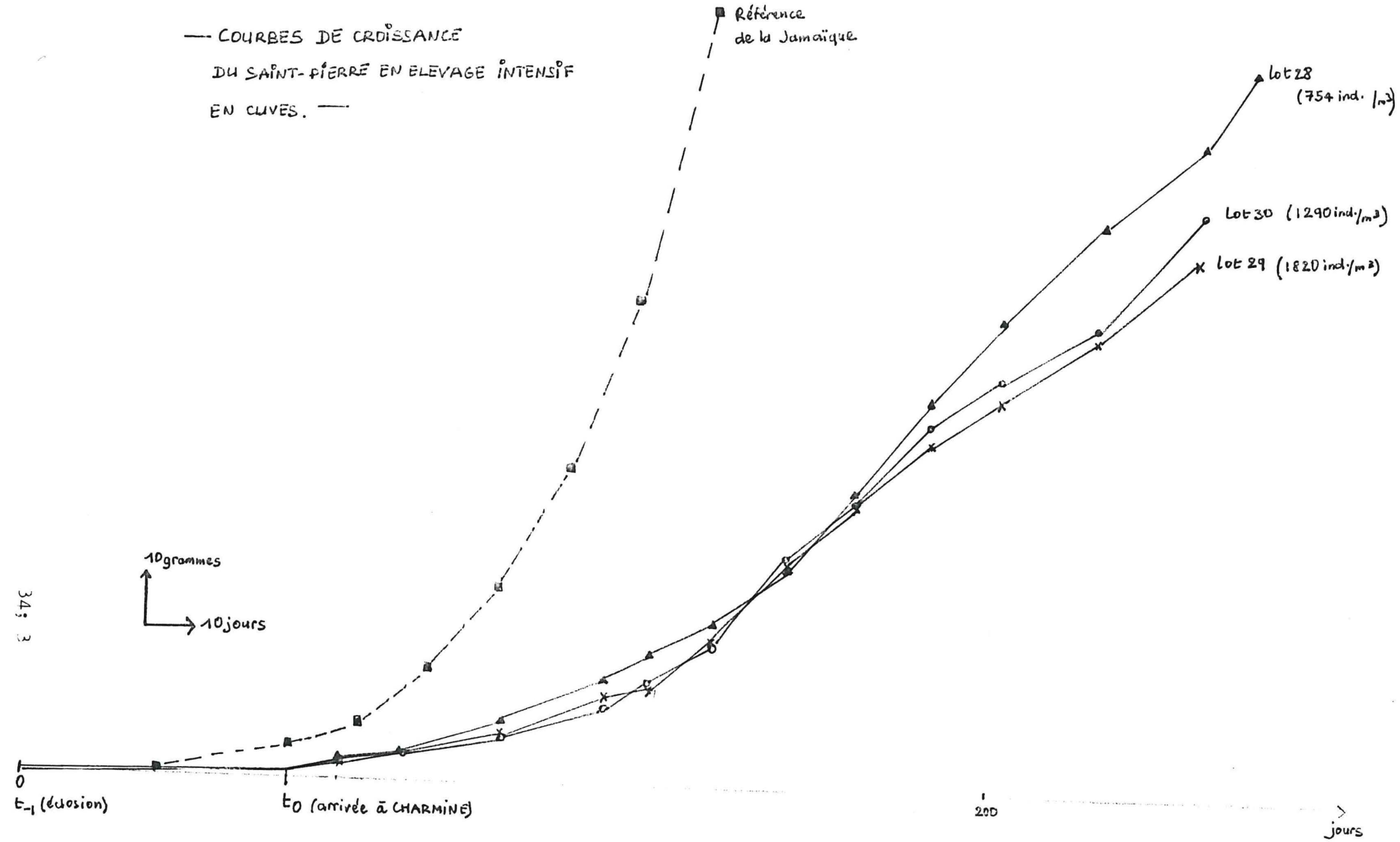
Age (en semaines)	Poids moyen (g)	Gain de poids quotidien (g)	Taux de nutrition et (fréquence al.) quotidiens en % et (x/jour)	Poids d'alim./j/ I000 ind. (en kg)
4	I	0.03	I5-6 ; (6)	0.I5-0.06
8	7	0.I3	I5-6 ; (6)	I.05-0.42
I0	I2	0.I7	5 ; (4)	0.6
I2	23	0.27	5 ; (4)	I.I5
I4	40	0.4I	4-3 ; (4)	I.6 - I.2
I6	65	0.58	4-3 ; (4)	2.6 - I.95
I8	I00	0.79	4-3 ; (4)	4 - 3
20	I60	I.I4	3 ; (3)	4.8
22	200	I.30	3 ; (3)	6
24	270	I.60	2 ; (2)	5.4
26	3I5	I.73	2 ; (2)	6.3

GRILLE ALIMENTAIRE POUR LE

RED HYBRID TILAPIA

TABLEAU B

Numéro du lot	29	30	28
Densité de mise en charge (ind./m3)	I820	I290	754
Nbre à la mise en charge	9I00	6450	3770
Nbre lors du transfert	I700	I8I3	I600
Biomasse initiale (kg)	I3.2	8.4	7.2
Biomasse finale (kg)	I87	2I6.2	240
Production (kg)	I73.8	207.8	232.8
Charge initiale (kg/m3)	2.6	I.7	I.4
Charge finale (kg/m3)	37.4	43.3	48
Durée de l'élevage (j)	I87	I87	I96
Poids moyen initial (g)	I.45	I.3	I.9
Poids moyen final (g)	II0	II9.2	I50
Croissance ind./jour (g/j)	0.58	0.63	0.76
Tx de survie constaté (%)	I8.7	28.2	42.4
Tx de survie estimé (%)	32.7	48.9	52.8
Poissons manquants par rapport à t0 (%)	40.6	40.2	3I.8
G. (%/j)	2.32	2.42	2.23
Taux de conversion	6.7I	5.I5	6.29
Rendement (kg/cuve/an)	34I	405	434
Rendement (kg/m3/an)	68.2	8I	86.8


— COURBES DE CROISSANCE
DU SAINT-PIERRE EN ELEVAGE INTENSIF
EN CUVES. —
Référence
de la Jamaïque
lot 28
(754 ind. /m³)
Lot 30 (1290 ind./m³)
lot 29 (1820 ind./m³)
10 grammes
10 jours
0
t-1 (éclosion)
t0 (arrivée à CHARMINE)
200
jours

La charge finale varie inversement par rapport à la charge initiale : ainsi on passe de 1,4 kg/ m^3 à 48 kg/ m^3 pour le lot de 3770 poissons et de 2,6 à 37,4 kg/m^3 pour le lot de 9100 individus. Ceci se répercute sur le rendement des différentes cuves : Les meilleurs résultats s'observent pour les cuves les moins chargées initialement.
En moyenne, le rendement est d'environ 80 kg/m^3/an soit 400 kg/cuve/an pour un taux de conversion alimentaire de 6.
Si l'on se base sur la courbe de croissance, l'évolution des populations paraît homogène jusqu'à un poids moyen de 60-70 g puis au-delà, il semblerait que les cuves les plus chargées accusassent un certain retard.
Au niveau du taux de croissance pondéral, les résultats sont les suivants (en %/J) :

	29	30	28
t0 + 44j	4,38 (10)	4,75 (10,5)	4,57 (14,2)
t0 + 117 j	3,15 (58)	3,26 (58,8)	2,97 (61,9)
t0 + 132 j	2,95 (71,4)	3,01 (74,6)	2,84 (80,2)
t0 + 187 j	2,32 (110)	2,42 (119,2)	2,27 (134)

Avec premier chiffre : en %/jour = Gp
chiffre entre parenthèses : poids moyen en g
t0 : démarrage de l'élevage en cuve

La croissance initiale des alevins est rapide (Gp = 4,5 - 4,6 %/j pour un poids moyen de 11-12 g), puis elle diminue au fur et à mesure que les animaux prennent du poids.

Il faut noter que le meilleur résultat est obtenu avec la cuve de charge moyenne (1290 poissons/m^3) pour le lot 30.
Un problème subsiste cependant, c'est celui du taux de survie. Sa détermination est incertaine et c'est la raison pour laquelle seront distingués un taux de survie constaté et un taux de survie estimé.

Les chiffres établis dans le tableau B pour le taux de survie constaté sont calculés sur la base du dénombrement des poissons à l'instant initial (chiffre communiqué à l'aquaculteur par l'écloserie) et sur le nombre de poissons récupérés avant leur transfert en bassins. Il se trouve que lors des tris, force est de constater qu'un nombre considérable de poissons manquent à l'appel. Plusieurs hypothèses peuvent être émises et seront discutées dans le paragraphe 2.3, mais avant tout, un exemple permet de mieux comprendre la situation.

Le lot 30 livré possède 6450 poissons (chiffres SICA-écloserie)
Au cours du grossissement, un tri est réalisé vers 40-50 g faute de cuves disponibles et de trieuse. Le dénombrement des morts jusqu'au jour du tri s'élève à 365 (d'après le cahier pré-cité)
Soit au temps t-tri : 6450 - 365 = 6085 poissons supposés vivants.
Or le comptage des individus présents indique 3493 dont 1259 poissons à éliminer (retard de croissance) et 2234 poissons (soit 63,9%) à transférer dans une autre cuve.

En conséquence, le manque à gagner est de : 6085 - (1259 + 2234) = 2592 poissons disparus ou absents soit 40,2% de la population initiale.
Le taux de survie estimé avant le tri est de : 6085/6450 x 100 = 94,4%.
Le taux de survie constaté lors du tri est de : 3493/6450 x 100 = 54,2%.
A la fin de l'élevage, 1813 poissons sont récupérés (soit 81,2% des 2234 transférés).

Au total, le taux de survie constaté est de 28,2%.
le taux de survie estimé est de 48,9%.

2.2.2.3. Elevage semi-extensif en bassins

C'est la principale inconnue de tout le système.
Certes, les poissons y sont intégrés vers un poids moyen de 100g (et même plus) et pêchés au bout de 2-3 mois grâce à une cage calibrante vers 300-350 g.
Ils sont nourris par un distributeur automatique de granulés (10 h/jour) à un taux de nutrition de 3% et aussi d'aliments naturels rencontrés dans les bassins.
Aucune pêche statistique n'est realisée pour évaluer la croissance.
La fréquence des pêches destinées à la vente est très variable et basée le plus souvent sur des a priori.
Une fois pêchés, les poissons de taille marchande sont "stockés" dans une cuve de façon à dégorger au minimum pendant 48 h. Dans un laps de temps inférieur à quatre jours, ils sont alors prêts pour la commercialisation.

2.3. Analyses et discussion

L'obtention d'un poisson de poids moyen équivalent à 100 g nécessite une durée d'élevage de 6 mois et demi à 8 mois (alors qu'à la Jamaïque, 4 mois suffisent pour atteindre cet objectif). Evidemment, les conditions d'exploitation n'étant pas les mêmes, la comparaison des résultats obtenus à la ferme CHARMINE et de ceux de la Jamaïque serait dénuée de tout fondement scientifique. Toutefois, ils seront données à titre indicatif comme étant la seule source de référence.
Au niveau de l'alimentation, la teneur en principaux éléments nutritifs semble être respectée (du moins en théorie), et un peu moins le taux de nutrition. Ce dernier pourrait être diminué de 1 à 2% néanmoins à partir de 40 g ce qui éviterait un gaspillage alimentaire. En plus, certains auteurs tels que NOARES et BALON (1982) ont pu observé une légère diminution de la croissance chez certains poissons lorsque la ration alimentaire était trop élevée par rapport à la valeur maximale. Ce phénomène pourrait s'expliquer par un manque d'appétence dans un milieu sursaturé en nourriture. Ce n'est pas vraiment le cas ici, mais une attention particulière veillera à ne pas réaliser d'excès.

La fréquence de distribution alimentaire s'échelonne de 6 à 4 fois par jour jusqu'à 100 g dans le cadre de l'élevage jamaïcain. A Saint Joseph, par contre, l'utilisation de distributeurs automatiques permettant d'ajuster la fréquence des repas (toutes les heures pendant 10 h) est un atout tendant à éviter une grande hétérogénéité au sein des populations ichtyologiques. Pourtant, les taux de conversion calculés sont mauvais et trop élevés. Le taux de conversion minimum (5,15) est obtenu avec une charge finale moyenne de 43 kg/m^3. A faible et à forte densité, le gaspillage d'énergie et de nourriture accroissent le taux de conversion.
Le meilleur résultat de croissance s'observe à densité moyenne : 1290 individus/m^3; à faible (754 individus/m^3) et à forte densité (1820 individus/m^3), les vitesses de croissance sont inférieures pour une même durée d'élevage (G = 2,27 et 2,32 respectivement). L'influence de facteurs comportementaux pourrait apparaître ainsi sur le taux de croissance à des densités différentes. Au fur et à mesure que la densité augmente, s'accroît la compétition entre les individus pour arriver au point de nourrissage adéquat. Ceci entraîne une dépense énergétique et un gaspillage de nourriture se traduisant par une diminution de la croissance. Aussi, des effets dus au stress, à l'agressivité inter-individuelle et à la production de certaines substances chimiques inhibitrices doivent être envisagées.

Le stress est un facteur important dont il faut tenir compte dans les élevages aquacoles. Comme nous le verrons dans la deuxième partie du mémoire, son origine peut être diverse mais il provoque toujours une réponse physiologique de la part du poisson; celle-ci peut consister en une libération d'hormones (corticostéroïdes...), une variation de la concentration des composés du sang (hyperglycémie, hypochlorémie...) ou un accroissement du métabolisme de l'azote. Face à un état de stress comme la surdensité de peuplement, MORIARTY (1973) a mis en évidence chez *O. niloticus* une baisse de sécrétions stomacales d'acide et par conséquent des possibilités de digestion.

Le phénomène de territorialité peut être évoqué pour expliquer l'effet de la densité sur la croissance du Saint-Pierre. A faible densité se développe la territorialité entre autre à un grand nombre de mâles à acquérir le maximum d'espace. Or dans cet élevage en cuves, il y a peu d'espace disponible d'où l'apparition de comportements agressifs.

Il en résulte une perte d'énergie chez les poissons ainsi qu'une perte de nourriture dans le milieu aquatique, avec à la clé une diminution du taux de croissance et une augmentation du taux de conversion alimentaire. A forte densité, le manque d'espace disponible et peut-être l'état de stress ont tendance à limiter la territorialité d'où une baisse de l'agressivité et un effet moindre sur le taux de croissance.

A de fortes densités, certains poissons peuvent émettre des substances inhibitrices spécifiques de la croissance. Chez *Oreochromis mossambicus* élevé dans de pareilles conditions, HENDERSON-ARZAPALO et al (1980) ont observé une hypersensibilité (réaction anaphylactique cutanée) à un composant du mucus présent dans l'eau du milieu d'élevage, et qui est capable d'entraîner des mortalités et un ralentissement de la croissance. Cette substance, émise par *Oreochromis mossambicus*, d'un poids moléculaire de $8x10^5$ daltons présente une migration électrophorétique proche de celle d'une béta-globuline et touche également d'autres espèces de tilapias tels que *O. aureus*, *O. niloticus*, *T. zilli*.
En conséquence, l'effet de la densité sur l'élevage du Saint-Pierre en cuves regrouperait l'ensemble de ces facteurs précédemment cités mais ces résultats ne permettent pas de justifier d'une densité idéale qui conduirait à l'obtention d'un coefficient de croissance plus favorable et surtout à un meilleur taux de conversion de l'aliment. D'autres éléments sont donc à prendre en considération et en particulier l'alimentation dans son ensemble dont l'inadéquation peut causer l'apparition de pathologies.

Les valeurs observées pour les taux de survie sont à vérifier vu le pourcentage important de poissons dont l'inexistence ou la disparition ne peut que nous laisser pantois. L'origine de ce phénomène peut s'expliquer par :
- une mauvaise comptabilité des morts. La mortalité quotidienne relevée étant basée uniquement sur les individus flottant à la surface de l'eau, une hypothèse consiste à dire que bon nombre de poissons stagnent au fond des cuves. Or cette hypothèse peut être vérifiée notamment lors de la détermination habituelle des poids moyens et ne suffit pas à expliquer le fort pourcentage rencontré.

- une forte prédation aviaire. Occasionnellement, à la tombée de la nuit, certains oiseaux comme les caïalis ou les malfinis peuvent s'approcher des cuves et ainsi s'octroyer leur dîner. S'agit-il d'un grand festin, nul ne le sait, mais la pose récente de filets sur les cuves permettra à l'avenir d'éliminer cette probabilité.
- la dernière hypothèse et sans doute celle qui est capable de provoquer le plus de remous chez les principaux intéressés se base sur la mauvaise détermination du nombre de poissons à l'arrivée. Aucune affirmation n'est lancée sinon qu'une simple vérification de la part de l'aquaculteur pourra corroborer ou non cette assertion.

Bref, encore une fois, une plus grande attention serait bienvenue de la part de tous les responsables à propos de la conduite de l'élevage. Malgré les corrections effectuées, les taux de survie estimés restent faibles et entraînent une perte économique pour l'aquaculteur.

D'après le schéma de production de cette exploitation, le rendement moyen réalisé est d'environ 400 kg/cuve/an. En admettant que toutes les cuves soient chargées identiquement et que les conditions d'environnement et d'élevage restent les mêmes (ce qui n'est pas le cas), il en résulterait pour l'ensemble de la ferme une production d'environ 9 t/an de poissons en fin d'élevage intensif, et près de 30 t/an à la sortie des bassins si l'on considère que la mortalité y est négligeable comme c'est le cas actuellement.

DEUXIEME PARTIE

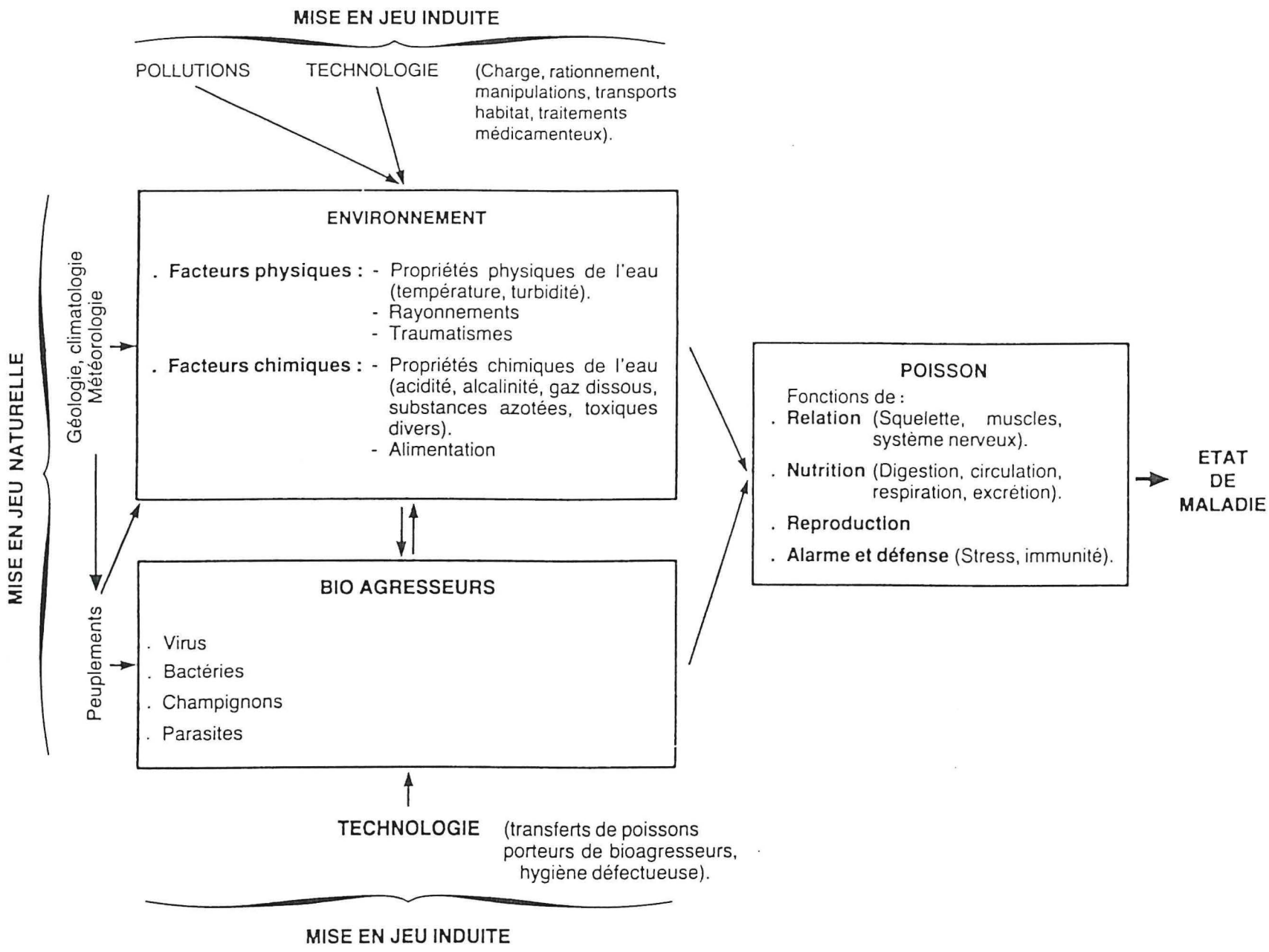
DOMINANTES PATHOLOGIQUES

Généralement, en élevage aquacole, l'aquaculteur a tendance à prendre en compte les problèmes pathologiques uniquement quand s'expriment les mortalités. Or la maladie n'est pas provoquée par un événement unique, mais résulte d'un certain nombre d'interactions entre l'agent étiologique, l'hôte (poisson) et l'environnement comme le montre le schéma 1.
De plus, en milieu d'élevage intensif à la différence du milieu naturel, le poisson est soumis à des modifications plus ou moins brutales de paramètres sans pouvoir fuir, et aussi aux technologies piscicoles utilisées (alimentation, manipulations...). Il peut s'en suivre un ajustement excessif du poisson; outrepassant ses capacités homéostasiques (stress), qui risque d'être létal ou d'entraîner l'apparition de la maladie chez l'animal.

I. TAUX DE MORTALITE OBSERVES

Faute de pouvoir realiser une étude correcte sur des lots isolés en plus petit nombre, la détermination du nombre de poissons morbides est difficile (problèmes de marquage sur plus de 2 000 individus). Alors seuls seront pris en compte ici les taux de mortalité.
Afin d'homogénéiser quoique peu les résultats, le suivi de la pathologie porte sur 3 lots de poissons pendant une période de deux mois environ et ceci pour plusieurs raisons :
- la necessité de tris éventuels risque de rompre l'équilibre poisson-environnement et d'influencer les paramètres relevés (physico-chimiques ou bactériologiques).
- l'accès à certaines techniques (bactériologiques,parasitologiques) ou à certains appareils (balance pour poids moyen) n'est pas d'emblée facile contrairement à ce que l'on peut penser.

Ainsi le lot 30 (en cuve 2) dont le suivi s'effectue à la suite d'un tri regroupe des poissons en fin de grossissement en cuves (50-100 g) contrairement au lot 34 (en cuve 4) avec de jeunes alevins (< 50 g) qui subit un tri vers 44 g en fin d'étude.
Deux particularités caractérisent ces deux lots : ils sont situés sous un hangar dans des cuves de structure et de volume différents, le lot 30 est placé dans une cuve circulaire légèrement cylindro-conique de 3 m^3 en eau, quant au lot 34, il se trouve dans une cuve rectangulaire de 5 m^3 en eau.



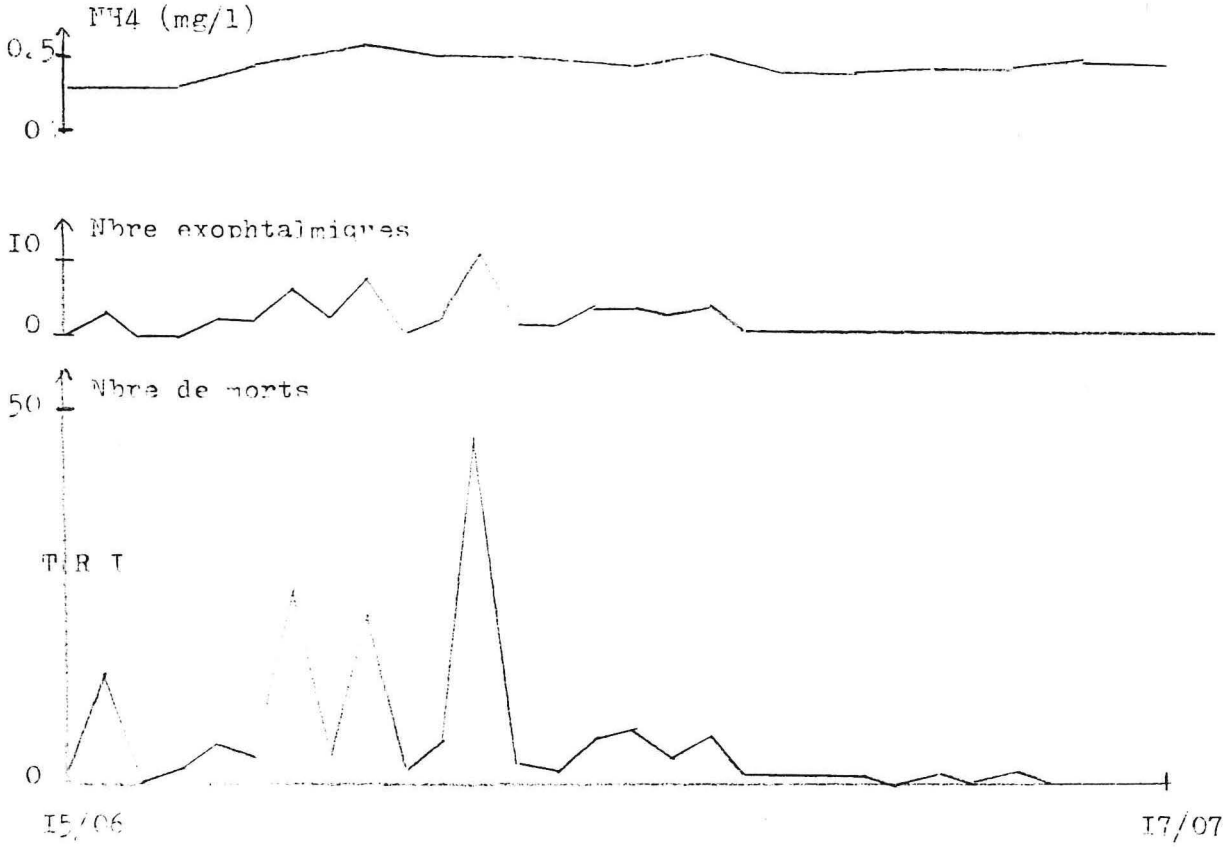
1. Schéma étiologique général montrant les interactions et la mise en jeu des causes de maladies des poissons.

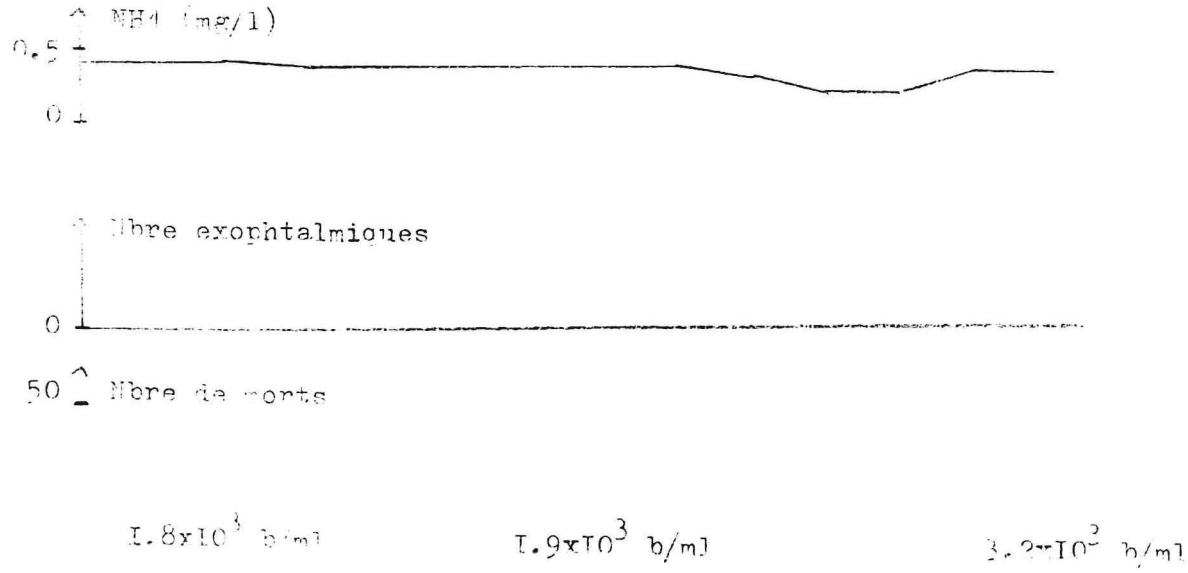
La dynamique d'eau n'est pas la même dans ces deux cuves (illustration 4) ce qui peut poser des problèmes de pathologies.
Le 3ème lot, le lot 36 (en cuve 18) est présent dans une cuve rectangulaire à l'extérieur de 5 m^3 en eau. Sa population est jeune et pratiquement identique au lot 34.
Mais avant d'exposer les résultats, il nous a paru intéressant d'étudier un phénomène de pathologie oculaire qui spécifie l'état de morbidité de certains individus. Il s'agit de l'exophtalmie dont la définition la plus simple donnée par le Petit Larousse est la "saillie du globe oculaire hors de son orbite". Cette affection est directement visible chez les animaux concernés et demeurera une source d'investigation pendant toute cette étude. Néanmoins, par la suite, le prélèvement de malades permettra d'effectuer des recherches étiologiques et de préciser les risques de létalité ultérieure.

Les taux de mortalités observés (Tableau C) sont variables et non caractéristiques d'un lot ou d'une cuve quelconque (8 à 18% de morts). Toutefois, si l'on compare le taux de mortalité sur toute la durée de l'élevage pour les lots 34 et 36, il semblerait que le lot 36 placé dans une cuve rectangulaire à une mauvaise dynamique d'eau, présenterait un pourcentage élevé de morts (34,3% contre 17,6%).
Aucune comparaison n'est à faire avec le lot 30 car c'est un lot en fin d'élevage qui par conséquent possède un taux de mortalité plus élevé (la durée de son elevage étant plus longue).
En observant les graphes, la mortalité semble se limiter à la période suivant le tri pour le lot 30, ce qui n'est pas le cas pour le lot 34 dont le nombre de morts chute considérablement grâce à cette manipulation. Nous essayerons de cerner l'influence du tri sur les poissons dans les prochains chapitres.
Chez les lots 34 et 36, un traitement aléatoire à base de furaltadone-formol-vert malachite (respectivement antibactérien, antiparasitaire et antifongique) a permis de diminuer la mortalité. Mais faute d'un suivi, plus de 400 morts par lot ont été recensés ensuite.
Il semble que l'on soit en présence d'épizooties dont les analyses suivantes permettront d'en connaître l'origine.

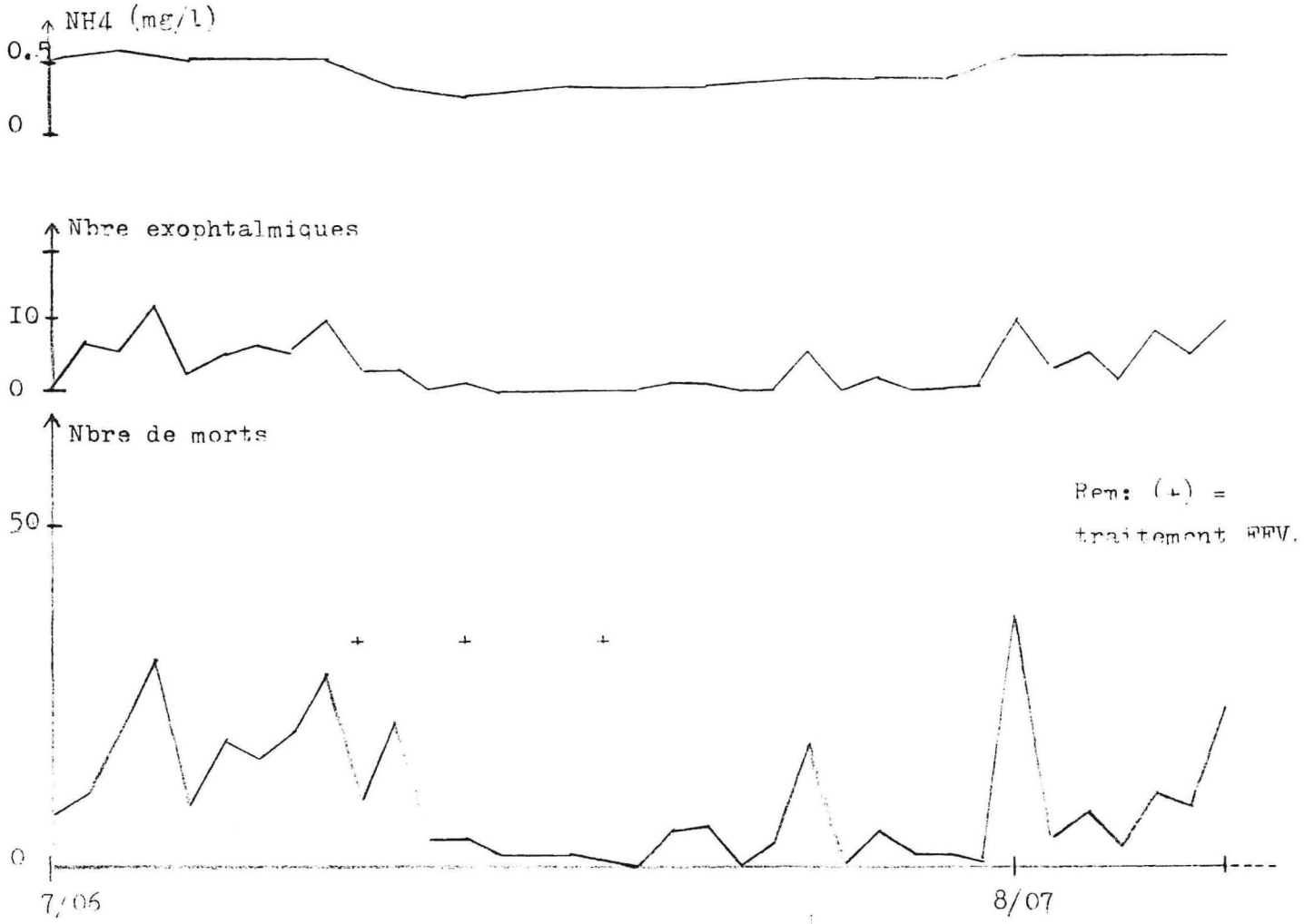
TABLEAU C

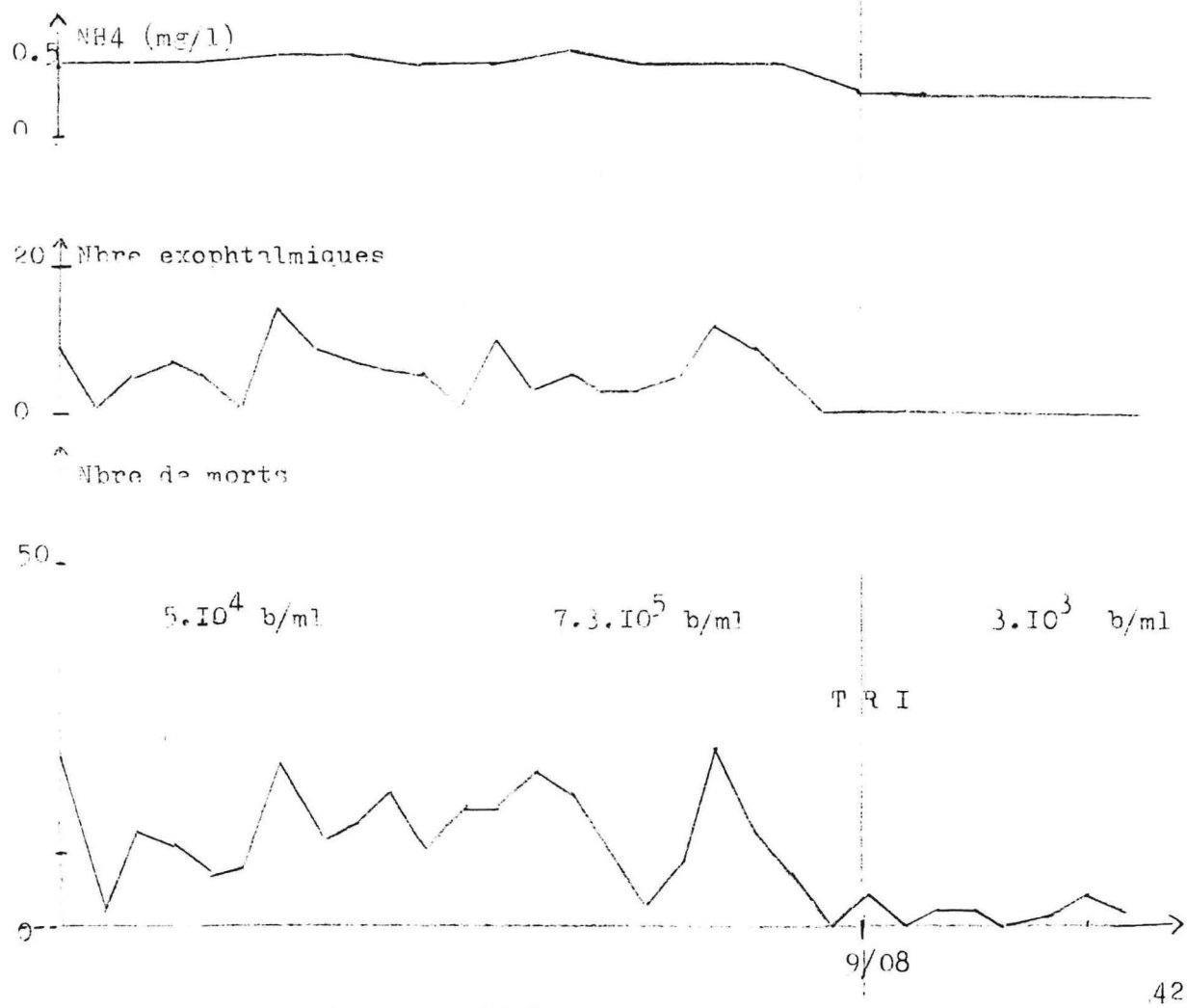
Numéro du lot	30	34	36
Nbre à la mise en charge (t0)	6450	6800	5000
Nbre en début d'étude (tI)	2I99	62I3	4078
Nbre en fin d'étude (t2)	2025	5600	3288
Nbre de morts (t2 - tI)	I74	6I3	790
Nbre d ' exophtalmiques parmi les morts (t2-tI)	47	227	20I
Mortalité totale (t2-t0) en %	68.6	I7.6	34.3
Mortalité étudiée (t2-tI) en %	7.9	9.8	I9.4
dont exophtalmies en %	27	37	25.4
Poids moyen à t0 (g)	I.3	I.7	I.5
Poids moyen à tI (g)	54	II.5	7.8
Poids moyen à t2 (g)	I00	44	53.6
Charge à t0 (kg/m3)	8.4	3.86	I.5
Charge à tI (kg/m3)	23.7	23.8	6.4
Charge à t2 (kg/m3)	40.5	82.2	35.3
Densité à t0 (ind/m3)	I290	2266	I000
Densité à tI (ind/m3)	434	207I	8I6
Densité à t2 (ind/m3)	405	I866	657





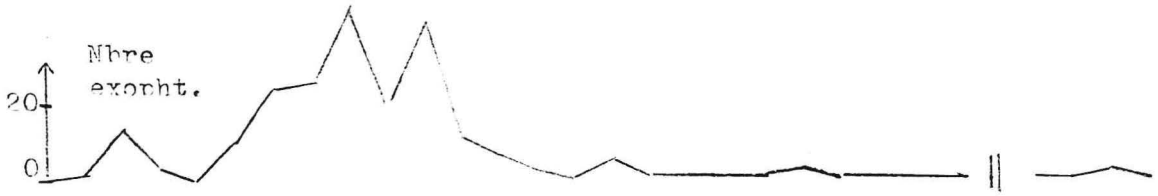
LOT 30 - CUVE C_2

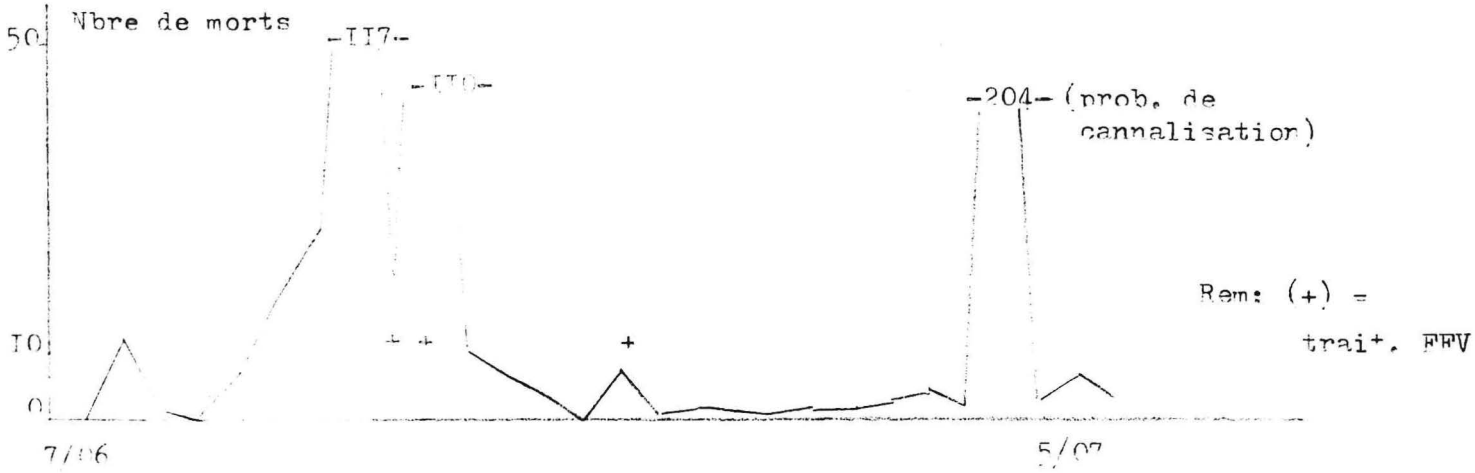


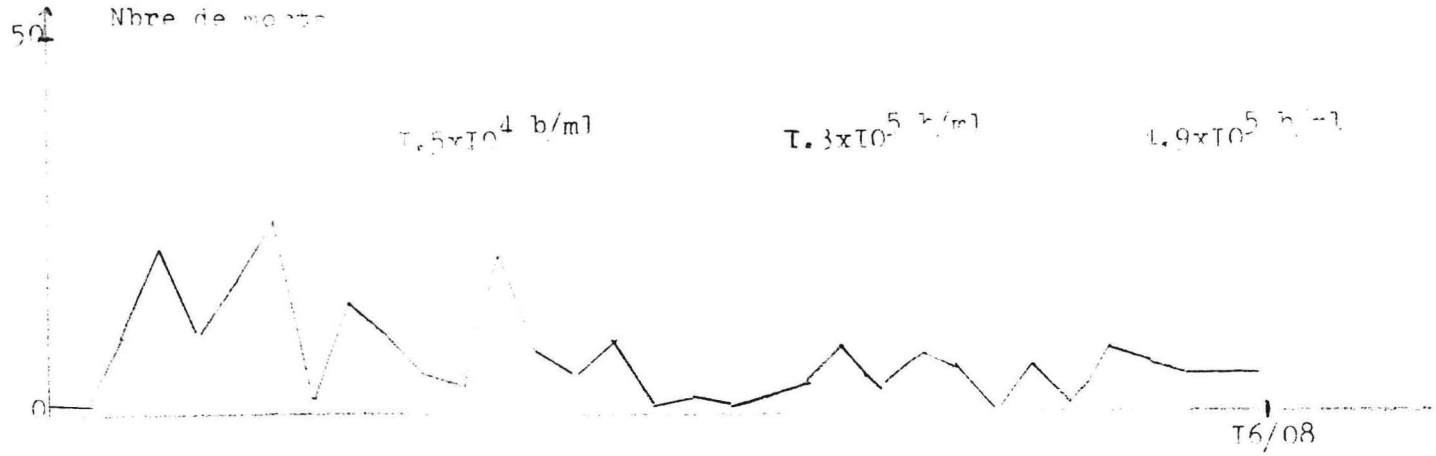


42: 3

LOT 34 - CUVE C_4







LOT 36 - CUVE C_{T8}

II. SYMPTOMATOLOGIE ET ASPECTS LESIONNELS

En ichtyopathologie, les symptômes et lésions ne sont pas toujours spécifiques d'une maladie. Différentes etiologies peuvent conduire à l'apparition d'un même symptôme ou de modifications corporelles identiques. Inversement, une même infection peut se presenter sous diverses formes.
C'est ainsi qu'au début de cette étude, trois cas sont pris en considération de façon aléatoire : il s'agit de poissons atteints d'exophtalmie, d'hydropisie abdominale et enfin d'individus presentant de fortes zones nécrotiquessurtout au niveau des nageoires.

• ***Cas des poissons exophtalmiques***

Il n'est pas toujours évident de déceler différents symptômes chez un poisson susceptible de devenir exophtalmique. L'exophtalmie, n'étant pas une fin en soi, les modifications morphologiques et comportementales des poissons observés citées ci-après ne conduisent forcément à l'atteinte du système oculaire. Toutefois, chez ces poissons en début de maladie, ces symptômes se confirment et sont plutôt lents à s'installer. Puis l'évolution plus ou moins rapide du processus exophtalmique aboutit à la mort du poisson précédée ou non de l'énucléation partielle ou totale.
Les principaux symptômes rencontrés sont les suivants :

• ***Modifications du comportement***

- comportement alimentaire : les poissons s'alimentent peu (anorexie) et tendent progressivement à passer près du granulé.
- comportement de fuite : au cours de l'évolution de la maladie, la nage devient plus difficile et souvent les poissons restent prostrés d'un côté de la cuve. Il y a perte du reflexe de fuite suite à l'introduction par exemple de la main dans l'eau des cuves. De même, la présence d'une surface colorée (plaquette rouge) ne repousse pas l'animal.
- comportements aberrants : la plupart des poissons exophtalmiques viennent piper à la surface de l'eau et, par conséquent se trouvent dans la partie supérieure des cuves. Ils ont aussi tendance à se "frotter" contre les cuves.

• ***Modifications de l'intégrité corporelle***

Une des deux caractéristiques rencontrées fréquemment est la décoloration générale des poissons.

Certains peuvent présenter des zones hémorragiques notamment à la base des nageoires ou autour de l'anus. Des pétéchies sont également possibles à la surface du corps. De temps à autre, on observe des nécroses principalement au niveau des nageoires.

L'autre trait typique consiste en une hypersécrétion du mucus traduisant vraisemblablement l'irritation de la surface cutanée du poisson.

Bien entendu, ces lésions et symptômes s'accompagnent de modifications au niveau de la structure de l'oeil du Saint-Pierre. Chez les poissons malades, l'exophtalmie peut être unie ou bilatérale quelque soit l'âge ou le sexe (car présence de rares femelles). On note néanmoins une prédominance des poissons atteints unilatéralement. Ceux-ci peuvent évoluer de diverses façons:

- une bilatéralité demeure possible
- chez les plus jeunes, ce processus peut être devancé par la perforation de l'oeil suivi de la perte du cristallin. Autant ce phénomène est-il fatal pour les alevins de poids inférieur à 30-40 g, autant les plus gros poissons peuvent-ils survivre parfois sans que cet handicap ne les affecte vraiment.

L'examen clinique de l'oeil révèle d'importantes informations : sont touchés aussi bien la cornée que le cristallin (bien que ce dernier ne soit pas toujours bien visible au travers de la chambre antérieure de l'oeil). En effet, dans un premier temps, on note une protubérance de la cornée tendant à extérioriser l'oeil de son orbite. Ce développement cornéen peut atteindre plusieurs millimètres tant en profondeur qu'en diamètre comparativement à un oeil non affecté. Il en va de soi que l'on assiste à une augmentation du volume de la chambre antérieure. Ces observations, facilitées par l'anesthésie des poissons dans du phénoxy-2-éthanol et par l'utilisation d'une loupe grossissante, révèlent également une opacité plus ou moins prononcée du cristallin et surtout de la cornée.

Très fréquemment, la chambre antérieure de l'oeil semble être occupée par un liquide blanchâtre d'aspect visqueux et purulent.

Chez les exophtalmiques unilatéraux, la palpation digitale des deux yeux laisse entrevoir une certaine souplesse et une grande flaccidité au niveau des yeux atteints.
Même si de rares perforations cornéennes se terminent par une cicatrisation, la très grande majorité des poissons finissent par mourir avec un oeil ou sans yeux. Ils flottent alors à la surface et on peut les récupérer facilement.

Observations histologiques

a- Matériels et méthodes
10 prélèvements d'yeux de poissons sains et malades observés préalablement ont été effectués dans différentes cuves en vue d'un examen histologique au laboratoire d'anatomie-pathologie du CHU La Meynard de Fort de France.
Les organes ont été prélevés en entier après anesthésie des poissons, et plongés dans du liquide de Bouin (annexe 3) afin de les fixer. Le mélange de Bouin est préférable car il pénètre plus rapidement dans les tissus et rend la coloration ultérieure plus facile contrairement au formol. Après inclusion dans la paraffine, les yeux ont été découpés en sections semi-fines, montés sur lames puis colorés à l'hématoxylin-éosine.

b- Résultats
Aucune lésion significative n'est visible sur les coupes d'yeux sains. Les décollements, ruptures, apparentes ulcérations de l'épithélium cornéen correspondent vraisemblablement à des artefacts ou sont liés aux manipulations.

Concernant les yeux malades, on observe une endophtalmite généralisée. Les fibres du cristallin sont quelque peu dilatées et oedémateuses, ce qui est plus la conséquence que la cause du phénomène inflammatoire général. A l'intérieur de l'oeil essentiellement prédomine une hémorragie qui semble d'ailleurs être générale.
La choroïde est principalement affectée par ce processus inflammatoire notamment dans sa partie la plus antérieure. Dans un tissu de granulation où voisinent monocytes et granulocytes, résidus nécrotiques et néocapillaires, on observe assez souvent de petits nodules granulomateux épithélioïdes.

La présence de formes apparemment "mycotiques" peut être notée chez la plupart des poissons à l'intérieur même de ces granulomes mais l'absence de colorations particulières ne permet pas d'en déterminer la nature, ni de rechercher la présence éventuelle de germes acido-résistants.
La rétine ne présente pas de lésion significative malgré des aspects de lyse sans doute secondaires. Aucune forme de dégénérescence rétinienne semblable à celle décrite par RAYMOND (1988) dans le syndrome de cécité-mélanisme chez des poissons marins n'a été mise en évidence. Dans l'ensemble, aucune lésion primaire du cristallin et de la rétine n'est à signaler.

A l'autopsie, certains poissons possèdent un foie parfois enflé ainsi qu'une dilatation de la vésicule biliaire. Dans certains cas, on note la présence d'un liquide transparent à jaunâtre dans la cavité abdominale.
Peu d'hémorragiessont à constater.
Ces informations sont aussi valables pour les autres poissons exophtalmiques analysés par la suite.

• *Cas des poissons atteints d'hydropisie*
Chez ces poissons dont la cavité abdominale est distendue, il est fréquent d'y voir apparaître en fin d'évolution de petites ulcérations sanguinolentes. Les troubles comportementaux évoqués chez les exophtalmiques sont les mêmes, par contre, au niveau de l'intégrité corporelle, les hémorragies sont plus fréquentes.
La durée de vie s'étend sur plusieurs semaines durant lesquelles les poissons continuent de s'alimenter non sans mal puisqu'ils éprouvent de plus en plus de difficulté à se déplacer en raison de leur volume abdominal .
A l'autopsie, on note des organes oedématiés; le foie peut paraître décollé et les reins hypertrophiés. Un liquide d'ascite abondant est révélé.

• *Cas des poissons atteints de nécrose*
Ces poissons présentent de fortes zones nécrotiques au niveau de leur corps mais surtout au niveau de leurs nageoires. Ceci s'accompagne d'un hérissement des écailles lorsque la peau est atteinte.
Les branchies sont également touchées et regorgent de mucus.
La mort se déclare rapidement après une période d'anorexie et d'apathie.

Ainsi à l'issue de ce chapitre, on constate que plusieurs symptômes identiques se retrouvent au niveau des 3 cas pathologiques évoqués précédemment. Toutefois, ils ne présentent pas la même ampleur chez les 3 groupes d'individus concernés. Il est donc essentiel d'établir un diagnostic de base reposant sur une combinaison de sémiologie et sur des techniques de laboratoire. C'est le but de la démarche suivante.

III. HYPOTHESES ETIOPATHOGENIQUES

La santé du poisson doit être conçue comme un état de bien-être physique. Ce bien-être est sous la dépendance de divers facteurs biotiques ou abiotiques qui par déséquilibre de l'un d'entre eux peut donner lieu à une pathologie. La non-résistance vis à vis de certains agents infectieux, les modifications du milieu aquatique, une mauvaise alimentation, tout cela peut influencer la stabilité relative dans laquelle évoluent les poissons.

1. Etude de l'environnement aquatique

La notion de confort du milieu représente un moyen de prévention des maladies liées à l'environnement. C'est pour cela que deux types d'analyses seront réalisées à savoir des analyses bactériologiques et des analyses physico-chimiques, dont les résultats sont capables de contribuer à l'orientation d'un diagnostic, certes partiel, mais incitant l'aquaculteur à intervenir rapidement sur son milieu d'élevage.
Alors que les mesures des paramètres abiotiques sont prélevées sur le terrain, celles inhérentes à la bactériologie nécessitent la présence d'un laboratoire tel que celui d'IFREMER accessible pour cette étude. Les mesures porteront bien évidemment sur les 3 cuves citées antérieurement à l'instar des eaux d'alimentation de l'élevage.

1.1. Analyses physico-chimiques

1.1.1. Matériels et méthodes

Il serait irréaliste de penser que l'on pourrait définir complètement le milieu aquatique tant ses paramètres sont modulables et interagissent entre eux. Toutefois, la qualité des eaux peut être cernée grâce à certains renseignements tels que :

A. La température

En élevage intensif, la santé des poissons dépend de leur capacité d'adaptation aux variations thermiques. Les modulations de température influent sur la teneur en oxygène dissous, la dissolution de l'ammoniac ou encore la prolifération de certains germes favorisent leur croissance, leur invasion et leur virulence. Directement, la température agit sur les activités biologiques des poissons qui doublent pour chaque élévation de 10 °C. Son impact peut entraîner un coma puis la mort de l'animal précédéed'une phase d'anorexie et d'une accélération de la demande respiratoire.

Les lésions signalées dans le cadre de ce type de pathologie concernent les cellules renales à la base du système de régulation osmotique chez les poissons. Le coma constaté s'explique par une augmentation de la perméabilité à l'eau de ces cellules si bien que des expériences réalisées en présence d'ions (Na^+, Ca^{++}, Mg^{++}) ont pour effet d'accroître la résistance des poissons aux variations de température.

Pour ce suivi, la détermination de la température a lieu grâce à un thermomètre à mercure (variation de 0,1 °C) deux fois par jour, le matin et en fin d'après-midi à 16 h.

B. Le pH

Le pH de l'eau d'alimentation des cuves dépend de la nature géologique des terrains dont elle est issue mais aussi, en particulier pour l'eau verte, de l'activité biologique des organismes animaux et végétaux qui y habitent. Les répercussions entraînées par ses variations ont déjà été citées dans la première partie (I, 3).

Des électropH mètres ou des indicateurs colorés permettent d'en mesurer les unités. Dans cette étude, l'utilisation des comparateurs à disque (variation de 1 unité pH) avec des pastilles de phénol-red assure la lecture d'un échantillon après un prélèvement quotidien.

Un blanc de réactif est réalisé avec de l'eau d'élevage.

C. Les substances azotées NH_3, NO_2, NO_3

Déjà mentionnées dans la première partie, l'influence de ces substances est liée à la température et au pH. Leur mesure est réalisée tous les deux jours à la même heure grâce à une trousse "HACH" munie d'un comparateur à disque.

Les limites de lecture sont :
- pour les nitrates NO_3 : 0 - 50 mg/l
- pour les nitrites NO_2 : 0 -0,5 mg/l
- pour l'ammoniaque NH_4^+: 0 -5 mg/l

Les prélèvements ont lieu en milieu de cuve à 30 cm de fond à partir du niveau de l'eau. La fiabilité des mesures sur le terrain devant être vérifiée, certains échantillons ont été transportés au laboratoire Départementale d'Hygiène. Les valeurs sont obtenues au moyen d'un autoanalyseur dont le principe de la méthode consiste
- pour NO_2, en l'utilisation d'un procédé de réduction des NO_3^- en NO_2^-par une colonne réductrice Cadmium-Cuivre. Les nitrites réagissent avec le sulfanilamide en milieu acide pour donner un composé diazo. Celui-ci forme avec la N-naphtyl-éthylénodiamine un complexe coloré violacé (annexe 5). La lecture spectrophotométrique se fait à une longueur d'onde de 520 nm. La détection est 1 mg/l.
- pour l'azote ammoniacal, en la formation d'un complexe coloré entre l'ion ammonium, le salicylate de sodium et de chlore en milieu alcalin. Le complexe forme est mesuré à 660 nm. La gamme de concentration varie de 0 à 3 mg/l.

D. L'oxygène dissous
Malheureusement, aucun oxymètre n'a pu être trouvé !
Pour mémoire, il est bon de savoir que les exigences en oxygène croissent avec une hausse de la température, de la teneur en ammoniaque, en nitrites et en CO_2. Elle augmente avec la croissance, la reproduction et l'état de stress.

E. Le débit
En élevage, un bon débit permet d'éliminer le maximum de déchets, source de multiplication bactérienne.
S'il est suffisant, il compense le déficit en oxygène de l'eau et dans notre cas, il présente une valeur essentielle.
Il est calculé tous les jours (grâce à un chronomètre et un seau de 10 l) et s'exprime en m^3/s ou en %/h.

TABLEAU D

Paramètres mesurés	Lectures Minimun	Maximum	Origines
Température (°C)	25.5± 0.2	27.2± 0.2	C2 et C4
	26.0± 0.2	27± 0.2	CI8
pH	7.5	7.6	eau claire
	7.2	7.5	eau verte
	6.8	7	C2 et C4
	6.8	6.9	CI8
NH_4 (NH_3) (mg/l)	traces	traces	eau claire
	0.2 (0.27)	0.35 (0.48)	eau verte
	0.25 (0.II)	0.55 (0.24)	C2
	0.3 (0.I3)	0.6 (0.26)	C4
	0.35 (0.I6)	0.6 (0.28)	CI8
NO_3 (mg/l)	0.I	0.2	eau claire
	0.3	0.45	eau verte
	0.4	0.55	C2
	0.4	0.5	C4
	0.45	0.6	CI8
NO_2 (mg/l)	-	-	eau claire
	0.05	0.I	eau verte, C2, C4 et CI3
Débit (%/h)	I00	I92	C2
	90	I79	C4
	65	I84	CI8

I.I.2. **Résultats**

Ils sont publiés dans le tableau D.
Il ressort de ces résultats que si la température paraît convenable, la baisse du pH des eaux des cuves, acceptable par ailleurs, s'explique la concentration en NO_2 et NO_3 mais aussi surtout par celle en ammoniaque.
Le pouvoir toxique de l'ammoniaque étant dû à sa forme NH_3, les valeurs déduites pour NH_3 grâce à la table d'EMERSON et al, 1975 (annexe 6) sont certes loin du seuil de toxicité de 2,4 mg/l rencontré chez *O. niloticus* (REDNER & STICKNEY, 1979), mais dépassent largement les normes de qualité des eaux douces recommandées par the Environmental Protection Agency (1973) pour la sauvegarde de la vie aquatique, et qui sont inférieures à 0,025 mg NH_3 /l.
Il faut noter que chez les Salmonidés, des taux élevés en NH_3 sont capables de provoquer diverses anomalies, dont l'hydropisie, signe d'une atteinte rénale et circulatoire (DE KINKELIN et coll, 1985); mais ce n'est pas la seule étiologie possible pour cette affection. Toujours chez cette espèce, un fort taux d'ammoniac et de nitrites (> 0,1 mg/l) induit des lésions branchiales caractérisées par une hypertrophie lamellaire.
Les valeurs les défavorables dans l'ensemble sont rencontrées pour la cuve 18 située à l'extérieur dont les variations de débit peuvent dépasser 250% mais dont le renouvellement minimum observé est de 65%/h soit près de 2/3 de l'eau de la cuve.

1.2. **Analyses bactériologiques**

1.2.1. **Matériels et méthodes**

• ***Estimation quantitative***

Principe

L'estimation des populations bactériennes est réalisée par numération indirecte des bactéries viables sur milieu nutritif TSA ou trypto-caseine soja (annexe 7). En théorie, cette numération est basée sur l'hypothèse selon laquelle chaque bactérie donne naissance à une colonie après incubation sur un milieu gélosé favorable.

Technique

Les échantillons d'eau prélevés tous les 15 jours sont dilués afin de constituer une gamme de concentrations variables. Des dilutions au 1/10e, 1/100e, 1/1000e, 1/10000e sont effectuées dans du sérum physiologique avec des pipettes stériles, puis 0,1 ml de chaque dilution est étalé dans desboites de Pétri contenant le milieu TSA préparé extemporanément. C'est un milieu qui convient à la culture de nombreux germes aérobies et anaérobies qui s'y développent rapidement. Il permet aussi la croissance de germes exigeants (streptocoques, corynébactéries...)

Les lectures sont faites après 24 h d'incubation à 30 °C. Le nombre de bactéries est ramené au millilitre après comptage au compteur Coulter.

• *Isolement des souches bactériennes*

Cet isolement va permettre d'obtenir des cultures pures indispensables aux études bacteriologiques successives.

A l'aide d'une anse de platine et selon l'aspect des colonies obtenues précédemment, des souches sont prélevées et réensemencées sur gélose TSA. Après purification des colonies isolées par repiquage successif sur TSA, elles sont soumises à un certain nombre de tests sélectionnés en fonction de leur pouvoir discriminant mais aussi de la possibilité d'exploitation de leur information.

• ***Identification***

Tests morphologiques

Les cellules d'une culture de 24 heures sur TSA sont mises en suspension entre lame et lamelle dans une goutte de sérum physiologiques (9 gNaCl/l et observées au microscope en contraste de phase à l'immersion. La forme des cellules, leur mode d'agencement et leur éventuelle mobilité peuvent être déterminés.

Une coloration de Gram les situe taxonomiquement (annexe 3).

Tests biochimiques

La caractérisation des souches a été faite grâce à une micro-méthode standardisée galerie API 20E. Les galeries API 20E comportent 21 tests biochimiques qui utilisent divers réactifs donnant des réactions colorées. La note des caractères biochimiques testés est donnée en annexe 9.

Les galeries sont inoculées à partir d'une seule colonie prélevée sur le milieu TSA, et révélées selon la notice technique API après incubation de 24 h. Sur la fiche de résultats API, les tests sont séparés par groupe de trois et une valeur 1, 2 ou 4 est indiquée pour chacun. En additionnant à l'intérieur de chaque groupe les nombres correspondants à des réactions positives, on obtient 7 chiffres. Ce profil numérique conduit à l'identification rapide des souches grâce à un index analytique API.

Tests complémentaires du métabolisme

Quelques tests supplémentaires sont réalisés lors d'une faible discrimination entre deux souches bactériennes.

- étude de la croissance en milieu lactosé.
- étude de la production d'exoenzyme telle que la recherche d'une DNAse sur milieu DNAse (annexe 7).
- étude du comportement d'une souche vis à vis du chlorure de Na 6,5%.

Lectures après 24 h à 30 °C.

1.2.2. Résultats

• ***Estimation quantitative***

On sélectionne les boites qui présentent entre 30 et 300 colonies et on fait la moyenne entre les deux essais pratiqués avec la même dilution. Les résultats sont exprimés en nombre de cellules/ml.

	19/07	1/08	14/08
Eau claire	$1,2\ 10^3$	$1,4\ 10^3$	$0,98\ 10^3$
Eau verte	$1,4\ 10^3$	$1,6\ 10^3$	$3,1\ 10^3$
C2	$1,8\ 10^3$	$1,9\ 10^3$	$3,2\ 10^3$
C4	$5\ 10^4$	$7,3\ 10^5$	$3\ 10^3$(C14)
C18	$1,5\ 10^4$	$1,3\ 10^5$	$4,9\ 10^5$

Les concentrations bactériennes en eau claire et en eau verte sont à peu près stables durant la période du 19/07 au 14/08 et elles sont légèrement plus élevées en eau verte, ce qui traduirait une légère multiplication en bassins.
Cette étude quantitative montre également que la microflore bactérienne passe de 10^3 germes/ml dans l'eau claire à 10^4 - 10^5 germes/ml dans les différentes cuves sauf en C2.
Par conséquent, le contact des bactéries avec les cuves C4 et C18 leur permet d'y trouver un plus grand nombre de substrats nécessaires à leur reproduction. Sur une même période, les valeurs sont 3 à 5 fois plus élevées en C4 qu'en C18. Donc la multiplication bactérienne serait plus importante dans la cuve C4 qui possède un nombre de poissons plus élevé (6213 individus en C4 contre 4078 individus en C18 et 2199 individus en C2).
Enfin, suite au tri du lot 34 présent initialement en cuve C4 et transféré en cuve C14, on constate une baisse du nombre de bactéries dans ce nouveau milieu (de $7{,}3\text{-}10^5$ /ml à $3\text{-}10^3$ /ml). Le tri aurait eu donc un effet bénéfique sur l'environnement aquatique des animaux.

Généralement, on estime que les chiffres à 10^3 sont bons, entre 10^3 et 10^5 acceptables, et supérieurs à 10^5 mauvais. Dans notre cas, la prolifération de certaines souches éventuellement pathogènes peut constituer un danger pour ce système d'élevage.

• ***Profils bactériens rencontrés***

4 genres de bactéries ont été mis en évidence
- le genre Aeromonas
- le genre Alteromonas
- le genre Flavobacterium
- le genre Achromobacter

Quant aux espèces, sont à distinguer
- Aeromonas hydrophila

Formant des colonies lisses, brunes et translucides, cette bactérie apparaît au microscope comme de petites baguettes. Il s'agit de coccobacilles, Gram négatif, mobiles formés de flagelles polaires. Ils sont soit isolés, ou forment occasionnellement des paires ou de petites chaînes.

Ses principaux caractères biochimiques sont la présence d'une oxydase et d'une ADH (Arginine dihydrolase) mais aussi d'un métabolisme hydrocarboné de type fermentatif expliquant les possibilités de culture en aérobie et en anaérobie. Cette bactérie peut aussi réduire les nitrates en nitrites et possède une DNAse capable d'hydrolyser l'ADN.
A. hydrophila fait partie de la famille des *Vibrionaceae* qui selon le "Bergey's Manual of Systematic Bacteriology" (HOLT et al, 1984) regroupe 5 genres dont *Vibrio*, *Aeromonas*, *Pleisomonas*, *Photobacterium* et *Lucibacterium*.
L'habitat normal d'*A. hydrophila* est l'eau mais elle peut demeurer non pathogène dans l'intestin des poissons. C'est donc un genre opportuniste qui peut provoquer des septicémies hémorragiques lorsque les poissons sont soumis à un stress quelconque de même que l'apparition d'hydropisies en association avec ou non d'autres bactéries (*Pseudomonas*, *Vibrio*...).

- Alteromonas putrefaciens

L'aspect de ces colonies est rugueux, laiteux et mate. Gram negatif, ce sont des bacilles droits ou incurvés, mobiles par la présence d'un flagelle (de type polaire), chimioorganotrophes capables de respirer mais ne présentant pas de métabolisme fermentatif, ni d'ADH.
La majorité de ces espèces requiert une concentration minimale de 100 M de Na^+ pour une croissance optimale mais cette demande peut être réduite si les taux en magnesium Mg^{++} et en calcium Ca^{++} sont suffisants. On la rencontre généralement chez des espèces marines côtières ou pélagiques.

- Flavobacterium multivorum

Caractéristique par ses colonies jaunes, cette bactérie se présente sous la forme de bacilles Gram négatif, mobiles à ciliature péritriche, saprophytes, aérobies préférentiels attaquant d'abord les sucres par voie oxydative, puis par voie fermentaire.
Les affections à *Flavobacterium* sont rares chez les poissons. Rien n'a encore permis d'en rendre responsable une espèce donnée de ces microbes (KLUGE, 1965). Ils vivent dans le sol, les eaux douces ou salées.

TABLEAU E

	A.hydro	A.hydro	Alt.pu	Alt.pu	Alt.pu	Ach.spp	Ach.spp	Fla.mult	Fla.mult
ONPG	+	+	-	-	-	-	-	+	+
ADH	+	+	-	-	-	-	-	-	-
LDC	+	+	-	-	-	-	-	-	-
ODC	-	-	+	+	+	-	-	-	-
CIT	-	+	+	-	-	+	+	-	-
H_2S	-	-	-	-	-	-	-	-	-
URE	-	-	-	-	-	+	+	-	-
TDA	-	-	-	-	-	-	-	-	-
IND	+	+	-	-	-	-	-	-	-
VP	+	+	-	-	-	-	-	+	+
GEL	+	+	+	+	+	-	-	-	-
GLU	+	+	-	-	-	-	-	-	-
MAN	+	+	-	-	-	-	-	-	-
INO	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SOR	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RHA	-	-	-	-	-	-	+	-	-
SAC	-	+	-	+	-	-	-	-	-
MEL	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AMY	-	-	-	-	-	-	-	-	+
ARA	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OX	+	+	+	+	+	+	+	+	+

CARACTERES BIOCHIMIQUES DES SOUCHES RENCONTREES

	ONPG	ADH	LDC	ODC	CIT	H_2S	URE	TDA	IND	VP	GEL	GLU	MAN	INO	SOR	RHA	SAC	MEL	AMY	ARA	OX
1	+	+	+	−	−	−	−	−	+	+	+	+	+	−	−	−	−	−	−	−	+
2																					
4																					
Total	7			0			4			7			1			0			4		

api 20 E

Identification : Aeromonas hydrophila

	NO$_2$	N$_2$	MOB	McC	OF.O	OF.F
1						
2						
4		+				

REF. : HV/L Patient :

Date : Origine/*Source* : Très bonne identification

Dr : eau verte Service/*Dept* :

41.0005 C

	ONPG	ADH	LDC	ODC	CIT	H_2S	URE	TDA	IND	VP	GEL	GLU	MAN	INO	SOR	RHA	SAC	MEL	AMY	ARA	OX
1	+	−	−	−	−	−	−	−	−	+	−	−	−	−	−	−	−	−	+	−	+
2																					
4																					
Total	1			0			0			1			0			0			5		

api 20 E

Identification : Flavobacterium multivorum

	NO$_2$	N$_2$	MOB	McC	OF.O	OF.F
1						
2						
4		+				

REF. : HC/J Patient : Faible discrimination

Date : colonies jaunes Origine/*Source* : ↳ { pigment jaune + ; lactose +

Dr : eau claire Service/*Dept* :

41.0005 C

	ONPG	ADH	LDC	ODC	CIT	H_2S	URE	TDA	IND	VP	GEL	GLU	MAN	INO	SOR	RHA	SAC	MEL	AMY	ARA	OX
1	−	−	−	+	−	−	−	−	−	−	+	−	−	−	−	−	−	−	−	−	+
2																					
4																					
Total	0			1			0			2			0			0			4		

api 20 E

Identification : Aeromonas putrefaciens

NaCl 6,5% +
DNASE +
lactose −

	NO$_2$	N$_2$	MOB	McC	OF.O	OF.F
1	+					
2		−				
4			+			

REF. : PC$_4$RA / R Patient :

Date : Origine/*Source* :

Dr : rein antérieur D Service/*Dept* :

41.0005 C

- Achromobacter Spp

Avec des colonies à aspect blanchâtre, ce genre bactérien est constitué de coccobacilles dont la coloration rose de Gram laisse présager qu'ils soient Gram négatif.

En général dépourvue d'un métabolisme hydrocarboné, c'est une bactérie oxydative dont aucun pouvoir pathogène expérimental n'a été décelé.

Comme on le constate, on observe plusieurs familles avec des profils biochimiques différents (Tableau E). Par exemple, au sein du genre Aeromonas, différentes variations peuvent intervenir quant à l'utilisation du citrate ou du saccharose.

Cette étude qualitative met en relief des transferts taxonomiques pouvant avoir lieu intraspécifiquement.

1.3. Interprétation

A partir de ces données sur le milieu d'élevage, peut-on déjà tirer une première conclusion ?

Si on se base uniquement sur une comparaison entre le taux de mortalité observé et les résultats bactériologiques, on pourrait dire qu'il existe une corrélation entre le pourcentage de morts totaux et les concentrations élevées en bactéries ou encore entre le pourcentage d'exophtalmiques (du moins pour les cuves C4 et C18) et ces mêmes concentrations. Mais cette interprétation serait simpliste sachant que la virulence d'un agent pathogène vis à vis d'un organisme animal résulte non seulement du bilan entre la charge en agents infectieux mais aussi entre le pouvoir d'infectuosité de l'agent au moment considéré et le degré de réceptivité de l'organisme animal résultant de son état physiologique du moment.

Dès lors, quelle(s) pourrait (ent) être alors le ou les sources de stress entraînant la pathogénicité de certaines bactéries rencontrées dans ce milieu et connues pour leur pouvoir infectieux chez les poissons ?

L'étude des paramètres physico-chimiques bien que non exhaustive a permis de noter une certaine teneur en ammoniac (quoique non létale car toutes les populations seraient décimées) et un débit capable de modulations. Seraient-ils les seuls en cause ? Le tableau symptomatique étant succinct, il est indispensable d'isoler des agents pathogènes chez l'hôte pour confirmer un diagnostic quelconque. Tel est le but du chapitre suivant.

2. Recherches bactériologiques et parasitologiques

Elles ont lieu sur des poissons morbides car dès la mort de l'animal peut survenir une prolifération bactérienne.

A des fréquences variables sont analysés dans la limite du possible pour chacune des cuves, 4 poissons sains, 4 exophtalmiques et 2 malades (hors exophtalmie) soit en total 66 poissons.

2.1. Bactériologie

2.1.1. Matériels et méthodes

• ***Ensemencement bactérien***

Deux types de prélèvements sont effectués :

- chez les exophtalmiques et chez les poissons sains, au niveau du rein antérieur et de la chambre antérieure de l'oeil.
- chez les autres, au niveau du rein antérieur.

Remarque : Chez les poisson, le rein est à la fois un organe excréteur et un organe lymphoïde et de ce fait, il est très irrigué. Il constitue une zone où se rencontrent en priorité les bactéries véhiculées par le sang lors de maladies bactériennes.

Derechef sur gélose TSA couléeen boite de Pétri sont ensemencés les divers prélèvements. Une fois déposé en un point périphérique de la surface du milieu, l'inoculum est réparti entièrement par la méthode des quadrants qui consiste à disséminer les bactéries en faisant tourner la boite de plusieurs quarts de tour. On obtiendra par conséquent des quadrants successifs ensemencés abondamment, moyennement, discrètement et très faiblement.

Au bout de 24 h d'incubation à 30 °C, la lecture y sera plus aisée et le choix des colonies à isoler plus simple.

• ***Isolement et identification des bactéries***

Les techniques employées sont les mêmes que dans le chapitre (II;1.2.1.).

• Sensibilité aux antibiotiques

Chaque souche isolée au bout de 24 h est mise en suspension dans 5 ml de sérum physiologique et ensemencée par inondation sur boite de Mueller-Hinton (annexe 7) en vue de tester leur sensibilité à différents antibiotiques.

L'excès d'inoculum est ensuite réaspiré à la pipette Pasteur et la boite est mise à sécher. Lorsque la surface du milieu est sèche, un distributeur automatique permet de déposer sur chaque plaque gélosée des disques imprégnés d'antibiotiques (Institut Pasteur).
Les boites renversées sont alors placées à l'étuve à 30 °C pendant 24 h puis les diamètres des zones d'inhibition où il y a absence totale de culture sont mesurés. Ces diamètres qui varient suivant la sensibilité de la souche sont comparés à des diamètres critiques (établis à l'aide de courbes de concordance).

2.1.2. Résultats

Deux genres bacteriens, *Aeromonas hydrophila* et *Alteromonas putrefaciens* sont mis en évidence sur les poissons, mais leur répartition est inégale quant à l'état de ces derniers.
En effet, alors que l'*A. hydrophila* est présente chez tous les poissons, *A. putrefaciens* n'est trouvée que chez les poissons exophtalmiques.
La répartition est la suivante :

	CA	RA
30 x S	10 (L)	30 (L)
24 x E	24 (L + R)	24 (L + R)
12 x M	-	12 (L)

avec S : sains
E : exophtalmiques
M : malades
CA : chambre ant. de l'oeil
RA : rein antérieur
L : A. hydrophila
R : Alt. putrefaciens

Soit sur 30 sains, 10 possèdent *A. hydrophila* au niveau de la cavité de l'oeil
30 " " au niveau du rein antérieur
Sur 24 exophtalmiques, les deux genres se rencontrent au rein et à l'oeil
Sur 12 malades, A. hydrophila est présente au niveau du rein.

Quelquefois, des tests supplémentaires ont permis de confirmer
- la présence d'*A. hydrophila* contre celle de *Vibrio Spp* grâce à l'utilisation d'un biodisque imprégné de ptéridine (agent 0/129); la sensibilité à cet agent différencie les Vibrio des Aeromonas résistantes.
- la présence d'*A. putrefaciens* par croissance sur milieu NaCl 6,5%, absence de croissance sur milieu EMB + lactose, lyse sur milieu DNAse.

Les diamètres critiques ainsi que ceux de *A. hydrophila* (L) et *A. putrefaciens* (R) sont exprimés en nm.
La lecture des diamètres permet de distinguer
- des souches sensibles qui peuvent être atteintes par un traitement à dose habituelle
Pour *A. hydrophila* : cas successif de la fluméquine, du chloramphénicol, STX, nitrofurantoïne.
Pour A. putrefaciens : cas de la fluméquine, érythromycine, nitrofurantoïne.
- des souches intermédiaires qui peuvent être atteintes avec une augmentation des doses
Pour *A. hydrophila* : A30, E15 et Kan.
Pour *A. Putrefaciens* : C30, A30.
- des souches résistantes qui ne réagissent pas quelque soit le type de traitement. Dans ce cas, pas de zones d'inhibition.
Pour A. putrefaciens : Kan, STX.
Il est bon de rappeler que cette méthode ne permet ni une mesure exacte de la sensibilité d'une souche, ni la comparaison de l'activité de deux antibiotiques. Elle ne permet qu'une estimation destinée aux besoins de la cliniques.

Plusieurs antibiotiques ont été testés

Famille	Dénomination	Codes	Charge (mcg)	Diamètre critique	L	R
Phénicols	Chloramphé-nicol	C	30	15	42-44	24-25
Quinolones	Fluméquine	AR	30	16	++	40
Furanes	Nitrofurantoïne	FM	300	16	28-30	30
Tetracyclines	Chlortetra-cycline	A	30	23	20	25-26
Macrolides	Erythromycine	E	15	15	16-18	30-32
Aminosides	Kanamycine	Kan	30 UI	15	17-20	-
Sulfamides Associés	Trimethoprim-Sulfametho-xazole	SXT	1,25 + 23,75	-	40	-

2.2. Parasitologie

2.1.1. Matériels et méthodes

Dans cette étude sera abordée la recherche de parasitesexternes sur le Saint-Pierre vivant, car ceux-ci abandonnent leur hôte rapidement après sa mort.
Deux techniques sont employées :

- la première consiste à gratter avec un scalpel le corps du poisson, ses branchies et sa cornée puis le prélèvement est déposé sur une lame avec une goutte d'eau physiologique et l'observation est faite à la loupe binoculaire (x500) et au microscope (x 100 puis 1 000). Une observation directe des individus à la loupe binoculaire peut avoir lieu au niveau de la cornée et des nageoires grâce aux fibres optiques et au contraste de phase.
- la seconde, plus "radicale" qualifiée de méthode de CHARDEZ (1979), prône l'immersion de l'hôte dans une solution de sulfate de nickel à 4% dans l'eau pendant 2 minutes environ. Cette solution anesthésie les parasites (particulièrement les protozoaires ciliés) qui se détachent et tombent sur le fond d'un cristallisoir servant à les récupérer.
L'inconvénient est qu'il faut observer un grand volume de liquide dans un délai court afin d'éviter l'éclatement ou la mort du parasite. L'avantage, par contre, est que tous les parasites tombent après détachement.
Avec cette technique, on procédera
1- à l'énucléation et au dépôt de l'oeil dans une salière avec quelques gouttes d'anesthésiant.
2- au maintien des poissons, opercules fermés, dans le bain de sulfate de nickel en vue de récupérer les parasites cutanés.
3- à la récupération des branchies et à leur immersion dans une boite de Pétri.
Ensuite, un minimum de milieu provenant de ces 3 origines est déposé à la pipette Pasteur sur une lame de verre pour observation.

2.2.2. Résultats

Le pourcentage de poissons parasités se répartit comme suit :

Sains	36%	10%	0%
Exophtalmiques	79%	79%	8%
Autres	100%	100%	0%
	Peau	Branchies	Oeil

Parmi les poissons sains (30 individus), 36% sont porteurs de parasites sur le corps dont 10% au niveau des branchies.

Parmi les exophtalmiques (24 individus), 79% sont atteints de parasitisme tégumentaire et branchial et 8% d'entre eux ont une atteinte oculaire (plus précisement la cornee).

Parmi les autres poissons malades (hydropisie, nécroses, 12 individus), 100% presentent un parasitisme branchial et cutané.

Les parasites rencontres sont de deux types et appartiennent à l'embranchement des protozoaires. Ce sont des Protozoaires Ciliés caracterises par le port de cils vibratifs, pendant au moins une partie de leur cycle, et la presence de deux types de noyaux (macronucleus et micronucleus). Seuls les genres ont été définis :

- Trichodina Sp

Classe : Oligohymenophorea
Sous classe : Peritrichia
Ordre : Peritrichida

Les Trichodines sont des parasites aussi bien des poissons d'eau douce que d'eau de mer, de 40 à 100 microns de diamètre. Ils se caractérisent par leur forme en demi-sphère plus ou moins aplatie suivant les espèces et par la structure de leur disque adhesif. Ils possèdent deux faces, une face de fixation ("ventouse") ou face aborale et une face buccale ou orale (CORLISS, 1979).

La détermination au microscope photonique de Trichodina Sp est facilitée par la spécificité de sa face aborale où deux structures sont visibles : des fibres radiaires et des dents formant un anneau denticulé(dont les formes et les ornementations sont importantes pour la classification de l'espèce).
Une ciliature somatique permet à l'animal de se déplacer à la surface du corps et des branchies des poissons, et des denticules assurent sa fixation. Ces ciliés sont aussi capables de nager librement et peuvent survivre deux jours sans hôte.
Leur effet nuisible est assuré par leur mobilité. Des lésions déjà présentes sur le poisson favorisent leur installation. Ils vivent d'exudats et des cellules de l'hôte.
La reproduction se fait par dichotomie ou par reproduction sexuée après conjugaison de deux individus.
Les Trichodines affectent les poissons de tout âge mais sont plus abondants chez les plus jeunes. La contagion d'un poisson à un autre se fait par contact direct. Les symptômes s'accompagnent d'une grande léthargie, d'une perte de l'appétit suivie de la mort. Au niveau lésionnel, on voit les poissons se couvrir entièrement d'une fine membrane transparente, les écailles peuvent se détacher, les nageoires s'éffilocher et il peut y avoir hyperémie de la peau. Des opacités cornéennes peuvent apparaître dans le cas d'un tel parasitisme (LOM, 1973; PAPERNA, 1980).

- Chilodonella Sp

Classe : Kinetofragminophorea
Sous classe : Holotrichia
Ordre : Cyrtophorida

Chilodonella possède un corps comprimé dorso-ventralement, sub-ovale en forme de coeur de 70 microns de long. Son cytoplasme comporte de nombreuses vacuoles digestives. Une ou deux vacuoles contractiles ainsi qu'une ciliature réduite lui permettent de se déplacer. Macronucleus et micronucleus sont localisés dans le tiers inférieur de la cellule.
Rencontrée plus fréquemment dans les zones tempérées, Chilodonella se déplace sur la peau des poissons grâce à des cils ventraux. Elle se nourrit de cellules épithéliales. Sa fixation peut avoir lieu sur la peau, les nageoires ou les branchies.

La reproduction a lieu par simple division et la survie hors de l'hôte est limitée à quelques heures. L'infestation provoque une forte sécrétion de mucus et les poissons deviennent apathiques. Chilodonella se rencontre souvent avec des infections mixtes associées à d'autres agents infectieux (parasites, organismes, bactéries).

2.3. Interprétation

Dans l'ensemble, tous les poissons sont porteurs d'agents infectieux qu'ils soient bactériens ou parasitaires.

- Chez les poissons sains, la présence d'*A.hydrophila* et de parasites semble ne pas affecter la santé de l'animal. A première vue, cela paraîtrait invraisemblable pour de pareils agents pathogènes.

Mais, il ne faut pas oublier les conditions de déclenchement d'une pathologie en aquaculture et la présence possible dans l'organisme du poisson d'agents opportunistes (tels que *A. hydrophila*) capables d'exprimer leur virulence au moindre stress.

De la répartition de ces agents, on retiendra que les bactéries (*A.hydrophila*) se situent principalement au niveau du rein antérieur et que les parasites sont en majorité sur la peau des poissons examinés dans cette étude.

Les facteurs environnementaux qui prédisposent les poissons à une infection par *A. hydrophila* incluent la surdensité, les manipulations (SNIESZKO & BULLOCK, 1968), une température élevée, une faible teneur en O_2, une concentration accrue en nitrites (HANSON & GRIZZLE,1985), de même qu'en ammoniac et la combinaison de tous ces facteurs.

VENTURA et al (1987) ont montré que sous l'effet de fortes densités (13,1 kg/m^3) et d'une température élevée (24 °C), *A. hydrophila* était capable d'accéder aux organes internes des poissons via leur tractus digestif ou via leur peau intacte (sans lésions). Par conséquent, dans notre cas où les charges finales s'échelonnent de 35 à 82 kg/m^3, il n'est pas étonnant de déceler *A. hydrophila* chez des poissons sains.

La présence des parasites (Trichodina et/ou Chilodonella) s'explique par le fait que leur potentiel de charge sur les poissons n'étant pas atteint, aucune virulence n'est à déclarer. Une autre explication se base sur la capacité de défense immunitaire du poisson qui lui permet de surmonter les infections en éliminant le maximum de parasites.

- Chez les poissons malades et exophtalmiques, la présence d'au moins 3 agents infectieux compliquent le diagnostic. D'autre part, l'originalité, s'il en est une, réside dans la localisation d'*A. putrefaciens* au niveau des exophtalmiques uniquement. Suffirait-elle à expliquer cette pathologie oculaire ? D'autres examens et analyses sont nécessaires.
L'identification biochimique des souches rencontrées dans les eaux des cuves est la même que celle des poissons sains, malades, ou exophtalmiques. En supposant que ces bactéries retiennent leur virulence (en particulier pour les individus sains), un grand nombre d'animaux constituent à l'heure actuelle des sources potentielles à des infections ultérieures.

IV. SYNTHESE ET DISCUSSION

Après avoir considéré trois anomalies majeures chez le Saint-Pierre à savoir
- une exophtalmie
- une hydropisie
- des nécroses

et leurs signes cliniques annexes qui souvent s'entrecroisent, après avoir réalisé une étude du milieu aquatique et recherché la présence d'agents pathogènes chez les poissons, il apparait que l'on soit en face d'une pathologie composite dominée par un parasitisme externe (*Trichodina*, *Chilodonella*) et une aeromonose à *Aeromonas hydrophila*.
Si ces dominantes permettent d'expliquer l'apparition des hydropisies ou des nécroses, l'exophtalmie quant à elle peut être un symptôme de maladie générale.
Facilement reconnaissable, l'exophtalmie peut être citée.
- dans le cas de sursaturation en gaz des eaux d'élevage (BOUCK, 1980)
- à la suite de blessures traumatiques provoquant une altération physiologique des organes vitaux (VAN DUIJN, 1967).
- lors d'un déséquilibre nutritionnel (ANDREWS & TAKESHI, 1978) en particulier l'hépatite nutritionnelle.
- lors de problèmes hormonaux (testostérone...), d'une hyperplasie thyroïdienne (SCHUBERT, 1968).

- ou lors de maladies infectieuses telles que la nécrose pancréatique infectieuse, la septicémie virale hémorragique et d'autres maladies bactériennes (corynebactériose, tuberculose, pseudomonose, flavobactériose, vibriose, aeromonose), parasitaires (helminthes) ou mycotoxiques.

Dans cette étude, on pourrait l'attribuer à la pathogénicité d'*A. hydrophila*. Mais alors, comment expliquer la présence d'*Aeromonas putrefaciens* uniquement chez ces individus ou les cataractes rencontrées chez certains d'entre eux ? Une complication bactérienne secondaire due à *A. putrefaciens* induirait-elle l'apparition de l'exophtalmie ? Interviendrait-il d'autres facteurs tels qu'une atteinte rénale ou un problème d'ordre nutritionnel ? Il faut l'envisager.

Un dysfonctionnement des néphrons suite à une atteinte rénale peut aboutir à une exophtalmie chez les poissons. Ceci a été notamment montré dans la maladie bactérienne du rein où la régulation de l'équilibre hydrominéral (assuré par les branchies mais aussi par le rein) est compromise. Mais des lésions rénales peuvent être provoquées aussi par des taux en NH_3 élevés, ce qui dans notre étude peut constituer une étiologie possible de l'exophtalmie mais aussi des ascites rencontrées fréquemment. Une étude histologique du rein permettrait de vérifier cette hypothèse.

Une autre hypothèse est basée sur une étiologie d'ordre alimentaire.
Comme pour les aliments des alevins, les granulés utilisés pour les phases de grossissement (bien que fabriqués localement) subiraient, vu leur condition de stockage (dans un coin sous une bâche), des détériorations au niveau de leur qualité mais aussi pourraient être le siège du développement de champignons.
Dans la littérature ichtyologique, on note qu'une carence en vitamine A, C et E peut entraîner l'apparition d'exophtalmies ou d'ascites chez les poissons (NRC, 1977).
La présence de cataractes pourrait intervenir non seulement secondairement à une infection bactérienne ou parasitaire (DUKES, 1975) mais également suite à une carence en riboflavine, méthionine, thiamine ou zinc.

Enfin, OLUFEMI et al (1986) ont mis en évidence expérimentalement la pathogénicité de mycotoxines telles que *Aspergillus flavus* chez *Oreochromis niloticus*. Se développant au sein de l'aliment distribué aux tilapias, ce contaminant fongique provoquait une baisse de l'alimentation après deux semaines puis l'apparition des premières mortalités au bout d'un mois environ. Décoloration, inappétence, léthargie, exophtalmie (parfois cataracte), étaient observés dès le début de la phase clinique. Puis, suite à ces prodromes, s'installait un oedème orbital et abdominal très caractéristique associé probablement aux modifications concomitantes du taux des protéines circulantes. Les principales lésions se situaient au niveau du foie et du système digestif. Le rein n'était pas épargné puisqu'on y dénotait une nécrose des tissus associée à la présence du champignon. Au niveau des yeux, chez beaucoup de poissons, l'exophtalmie était associée à une opacité de la cornée ou à un dépôt floconneux dans la chambre antérieure de l'oeil.

Du point de vue lésionnel, des hyphes étaient occasionnellement en relation avec une congestion de la membrane choroïde et avec un oedème des tissus périorbitaux. Les champignons pouvaient être présents dans la chambre antérieure et postérieure de l'oeil, associés aux cellules inflammatoires. Bref, ils en ont déduit que l'infection des différents tissus via la dissémination d'*Aspergillus flavus* était le fruit d'une septicémie.
Dans cette étude, cet aspect n'a pas été abordé, mais vu l'étrange coïncidence des symptômes et l'éventualité de formes mycotiques décelées au cours de l'histologie des yeux des poissons, il serait bon tout d'abord d'effectuer une identification de ces formes puis dans le cas d'une révélation positive, de tenter sur l'aliment un examen mycologique et toxicologique visant à déterminer les caractéristiques des agents fongiques présents.

Si cette dernière hypothèse se confirme, on voit que le diagnostic de l'exophtalmie s'avère difficile à cause de la ressemblance des symptômes des mycotoxicoses (en particulier *A. flavus*) à ceux des autres maladies (comme pour *A. hydrophila*) d'une part, et d'autre part à cause de la compétence pluridisciplinaire qui en augmente le coût.
Aussi, des expériences devraient être menées pour vérifier si il existe une corrélation entre l'exophtalmie et la présence d'*Alteromonas putrefaciens*. Dès lors, on comprendra le rôle essentiel de la prévention en élevage aquacole.

V. PREVENTION ET TRAITEMENT

La méthodologie générale de la prévention doit reposer sur un ensemble de mesures non exclusives
- des mesures zootechniques, visant à atténuer les contraintes d'élevage et à favoriser l'adaptation génétique du Saint-Pierre
- des mesures de prophylaxie et de contrôle sanitaire, visant à empêcher toute contamination et toute dissémination
- des mesures médicales, faisant appel à la thérapeutique par des médicaments et à la vaccination quand cela est possible.

Sur le plan zootechnique, il serait bon de connaître la disponibilité en O_2 de l'eau puis en fonction de ce paramètre d'en augmenter ou d'en diminuer l'apport pour les poissons.

Concernant la densité de mise en charge, aucune expérimentation n'a permis d'en définir l'optimum pour le Saint-Pierre. Cette densité optimum se définit à partir de la quantité d'eau disponible, de sa qualité mais aussi de la méthode d'élevage employée. Si l'on dépasse cette valeur optimum (qui est à déterminer dans chaque type d'élevage), on s'expose à une dégradation des paramètres de l'environnement (baisse du taux d'oxygène dissous, hausse de la concentration en déchets azotés, etc...) qui deviennent néfastes pour la santé des poissons.

Un autre paramètre sur lequel peut avoir accès l'éleveur est la teneur en NH_3 de l'eau. L'ammoniac provenant principalement de l'excrétion azotée des poissons (si l'on estime que le débit élimine le maximum de déchets), l'aquaculteur devra jouer encore une fois sur la charge, l'oxygénation et le rationnement. Dans cette étude, en admettant que le renouvellement de l'eau soit le plus souvent supérieur à 100%/h d'une part, et que l'utilisation des distributeurs automatiques permette un rationnement adéquat d'autre part, seuls la charge et l'oxygénation seraient à la gouverne de l'éleveur.
L'élimination des nitrites pourrait être obtenue en adoptant le même raisonnement.

Bien que le renouvellement de l'eau soit jugé satisfaisant, sa dynamique est à revoir vu la structure des cuves. La création d'un courant d'eau circulaire et surtout une meilleure évacuation au point bas permettrait de lutter contre la création de zones mortes d'une part et contre l'accumulation relative d'aliments au fond des cuves. Elle permettrait d'expulser efficacement les aliments non ingérés et les fèces qui se décomposent ou souvent flottent à la surface de l'eau. Dans le cas présent, la pose de grilles ou de filets au fond des cuves serait peut-être un moyen d'éviter le contact poisson-résidus accumulés à condition que les mailles utilisées soient suffisamment petites pour éviter de piéger les poissons et suffisamment grandes pour permettre le passage des déchets.
Principale source d'accumulation au fond des cuves, les granulés, bien que distribués à une fréquence régulière, possèdent une mauvaise tenue à l'eau et ont tendance à s'émietter rapidement. Aussi est-il d'usage de les tamiser avant l'emploi car on en décèle un fort pourcentage de poussière qui, une fois dans l'eau, conduirait à des proliférations bactériennes. Leur stockage devrait être amélioré par une plus grande aération faute de moyen de climatisation.

La pose récente de filets sur les cuves extérieures est une bonne initiative qui aura pour conséquence d'éviter une quelconque prédation aviaire mais surtout de percer le mystère des morts-disparus.

Les manipulations des poissons restent une pratique qui se situe à l'interface entre la zootechnie et la prophylaxie. La récupération quotidienne des cadavres est plus que primordiale de même que les tris visant à améliorer la croissance des poissons et à éviter un phénomène de cannibalisme. Même si "un bon tri vaut quinze jours de nourriture" comme l'affirment généralement les aquaculteurs, sa mise en opération nécessite une grande attention de façon à ne pas stresser les animaux. Si l'on observe les courbes de mortalité relevées ici, on constate que suite au tri du lot 34 on assiste à une baisse de la mortalité alors que pour le lot 30, la mortalité est au contraire élevée. Faut-il voir là un effet direct de cette manipulation sur les taux observés ?

Dans le premier cas (lot 30), le stress pourrait s'expliquer comme étant le révélateur d'un état de fragilité latente ou d'un traumatisme mécanique et le fait qu'un certain pourcentage de la population soit affecté par un processus pathologique dans les jours suivants ne signifie pas que chaque individu ne l'ait perçu de façon identique tout au moins.
Dans le deuxième cas (lot 34), le tri avait permis aux animaux de changer d'environnement aquatique qui leur était défavorable auparavant, et donc de diminuer le taux de mortalité dans leur nouvelle cuve.
On comprendra alors que les conséquences pathologiques d'un tri dépendent non seulement de l'état physiologique des poissons mais aussi de la dextérité de l'éleveur ou de ses employés.

Le réflexe de l'introduction d'un antiseptique (furaltadone) dans les bassines servant au tri est d'un bon aloi, toutefois il ne faudrait pas que les poissons y stagnent trop longtemps en surdensité, faute d'un bullage permanent.

Le nettoyage systématique des épuisettes devrait être assuré après chaque utilisation soit par trempage dans une solution antiseptique, soit faute de mieux, elles devraient être rincées puis sèchées.

Cette dernière recommandation serait la plus applicable pour un aquaculteur ne pouvant investir dans une "batterie" d'épuisettes à utilisation spécifique. On pourrait se passer de ce principe, vu la présence de germes occasionnellement pathogènes dans ce milieu, mais comme dit le proverbe : "Un homme averti en vaut deux".

Enfin, la thérapeutique médicale peut rester un moyen pour l'éleveur d'éviter et de négliger les précautions hygiéniques et sanitaires requises. Elle est coûteuse et ne saurait être un mode d'action à long terme surtout en présence des germes rencontrés dans cet élevage.

Toutefois, l'antibiogramme laisse présager une meilleure efficacité de la fluméquine, puis de l'érythromycine ou du chloramphénicol pour le traitement à envisager contre les bactérioses. Ce type de traitement, bien que d'emploi facile (aliments médicamentés ou bains thérapeutiques) implique un délai d'attente d'un mois avant la consommation du poisson. Certes, bien que les poissons en cuves soient destinés à finir leur croissance en bassins, on ne doit pas sous-estimer les dangers qu'entraînerait le rejet de l'eau traitée des cuves dans la Rivière Blanche (implantation de souches pathogènes pour les animaux et pour l'homme, résistances aux antibiotiques). *Aeromonas hydrophila* est capable de développer des phénomènes de résistances aux traitements médicamenteux et certaine souches peuvent se montrer pathogènes pour l'homme (MACLEAN, 1986).
Pour le parasitisme, l'emploi de formol-malachite servirait à limiter la propagation de tels organismes.

CONCLUSION GENERALE

L'élevage du Saint-Pierre souffre d'un manque de coordination ou plutôt d'un manque de rigueur. Malgré de bonnes intentions au départ, il s'avère que cette filière de production soit un peu bancale; les pertes en poissons suffisent à témoigner de la réalité.
Le premier point à souligner est l'insuffisance de références zootechniques et nutritionnelles chez cette espèce importée de la Jamaïque. Face à cet état de fait, chaque aquaculteur se débrouille comme il peut et, à travers cette exploitation dont le mode de production est essentiellement basée sur un élevage intensif, on s'aperçoit qu'il reste à acquérir une plus grande maîtrise de la conduite des animaux.

Des problèmes d'infrastructures de production et d'alimentation limitent la bonne croissance des poissons aussi bien en écloserie qu'en phase de grossissement chez l'aquaculteur. Par exemple, dans ce dernier cas, bien que cette ferme aquacole bénéficie d'un site parmi les plus favorables de l'île, la hauteur des cuves employée (1,50 m en moyenne) et leur conformation rendent successivement difficile leur accès et inapte l'évacuation de tous les déchets provenant des fèces ou de l'alimentation des poissons.
L'alimentation artificielle de par sa qualité et son rationnement devrait faire l'objet de travaux de recherche (obtention d'une grille alimentaire spécifique au Saint-Pierre avec un aliment spécial Tilapia de type Aqualim à 35% de protéines).

Même si le Saint-Pierre est considéré comme un poisson rustique à l'instar de tous les tilapias, cette étude a permis de mettre en évidence une pathologie composite à dominante bactérienne et parasitaire. Certes, quoique l'étiologie des exophtalmies rencontrées chez des malades n'ait pas pu être résolue, il est nécessaire de combattre l'extension des maladies recensées notamment par la prévention.

Le but pour l'éleveur serait d'arriver à un contrôle optimal de son cheptel aquacole en utilisant des moyens disponibles localement. En pratique, cela se traduirait par l'utilisation de comportements et de techniques appropriés afin de maintenir l'équilibre du milieu à un certain niveau au delà duquel s'instaurerait une perte économique considérable pour l'aquaculteur.

La viabilité économique de l'exploitation et de toute la filière nécessite une intégration dans un circuit économique fiable avec des marchés sûrs et rémunérateurs. Avec un prix de revient actuel de 28 F/kg et un prix de vente aux consommateurs d'environ 50 F/kg, il semble que la marge bénéficiaire ne permette pas pour l'instant à l'aquaculteur d'atteindre un seuil de rentabilité économique, qui de plus se voit restreint par la préférence alimentaire domienne en poissons marins.
Le facteur humain étant capital dans toute prise de décisions, c'est à lui qu'appartient la stratégie pour un meilleur avenir de l'aquaculture à la Martinique.

RESUME

A travers l'exemple d'une exploitation aquacole, est abordé l'élevage intensif du Saint-Pierre en cuves à la Martinique.
La description suivie de l'analyse du schéma de production employé permet de mieux comprendre les problèmes pathologiques qui en résultent. Aussi, une étude des paramètres physico-chimiques, bactériologiques et parasitaires du milieu d'élevage conduira-t-elle à proposer une étiologie possible pour les pertes observées chez les poissons et à indiquer des moyens de prévention essentiellement, puis de traitement dans ce genre de manifestations.

BIBLIOGRAPHIE

(1) ANDERSON (J.), JACKSON (A.J.), MATTY (A.J.) and CAPPER (B.S.), 1984 : Effects of dietary carbohydrate and Fibre on the Tilapia *Oreochromis niloticus* (Linn.) Aquaculture, 37, 303-314

(2) ANDREWS (J.W.), TAKESHI (M.), 1978 : Dietary niacin requirements for channel catfish. Journal of Nutrition, 108, 1508-1511

(3) BOUCK (G.R.), 1980 : Etiology of gas bubble disease. Trans. Amer. Fish. Soc, 109, 703-707

(4) CHARDEZ, 1979 : Etudes des Trichodines d'eau douce. Soc. Roy. Sc. Belgique, 78p.

(5) CORLISS (J.D.), 1979 : The ciliated Protozoa. Pergamon Press, Oxford, 455p.

(6) DAVID (A.T.) and STICKNEY (R.R.), 1978 : Growth responses of *Tilapia aurea* to dietary protein quality and quantity. Trans. Amer. Fish. Soc, 107, 479-483

(7) DE SILVA (S.S.) and PERERA (M.K.), 1985 : Effects of dietary protein level on growth, food conversion and protein ase in young *Tilapia niloticus* at four salinities. Trans. Amer. Fish. Soc., 114, 584-589

(8) DUKES (T.W.), 1975 : Optitalmic pathology of fishes. In : the pathology of fishes (ed. by W.E. Ribelin and G. Migaki), p. 383-398. The University of Wisconsin Press, Madison, Wisconsin

(9) EPA (Environmental Protection Agency), 1973 : Water Quality Criteria. Washington, D.C. March 1973. 594 p.

(10) GAIGNON (J.L.), 1978 : Toxicité de l'ammoniac en pisciculture. Rapport interne CNEXO/COB. 12 p.

(11) GALLET DE SAINT-AURIN (D.), 1990 : Communication interne SICA-Aquacole. 24 p.

(12) HANSON (L.A.) and GRIZZLE (J.M.), 1985 : Nitrite-induced predisposition of channel catfish to bacterial diseases. Prog. Fish. Cult. 47, 98-101.

(13) HENDERSON-AZPALO (A.) and STICKNEY (R.R.), 1980 : Immune hypersensitivity in intensirely cultured tilapia species. Trans. Amer. Fish. Soc., 109, 244-247.

(14) HEPHER (B.), LIAD (I.C.), CHENG (S.H.) and HSIEH (C.S.), 1983 : food utilization by red tilapia. Effects of diets composition, feeding level and temperature on utilization efficiences for maintenance and growth. Aquaculture, 32, 255-275

(15) HOKT (J.G.), KRIEG (N.R.), 1984 : Bergey's Manual of Systematic Bacteriology, vol. 1, William et Wilkins Co., Baltimore, London.

(16) JAMAICA LTD, 1987 : Origins of Sunfish genetic lines. Personnal communication. 5 p.

(17) JAUNCEY (K.) and ROSS (B.), 1982 : A guide to tilapia Feeds and Feeding. Institute of Aquaculture, University of Stirling, Scotland, 111 p.

(18) JAUNCEY (K.), TACON (A.C.J.) and JACKSON (A.J.), 1983 : The quantitative essential aminoacid and requirements of Oreochromis (sarotherodon) mossambicus. In : Racedings of the International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Nazareth, Israël, 8-13 may 1983. Tel-Aviv University, Tel-Aviv, 328-337.

(19) KICHENAMA (J.P.), 1991 : L'aquaculture domienne : mythe ou réalité. Maisons-Alfort, IEMVT, Synthèse bibliographique de DESS, 74 p.

(20) DE KINKELIN (P.), MICHEL (Ch.), GHITTINO (P.), 1985 : Précis de pathologie du poisson. INRA OIE, Paris, 348 p.

(21) KLUGE (J.P.), 1965 : A gramilomatous disease of Fish produced by Flavobacterium. Pathologia Vet., 2; 545-552

(22) LE COZ (C.), MARGERIT (P.), MARION (J.P.), 1986 : Elevage en mer du Tilapia rouge. ADAM, 8 p.

(23) LOM (J.), 1973 : The adhesive disc of Trichodinella epizootica. Ultrastructure and injury to the host tissue. Folia parasitologica (Praha), 20, 193-202

(24) MACLEA (J.L.), 1986 : Aeromonas hydrophila infections in Thailand. Roc. First Asium Fish. Forum, Manila, Philippines, 26-31 may 1986. Publ bu : Adian Fish SDC, Manila, (Philippines), 1986, p. 231-234.

(25) MORIARTY (D.J.W.), 1973 : The physiology of blue-grenn algae in the Cichlid Fish, Tilapia nilotica. J. Zool. London, 171, 25-39

(26) NEWMAN (N.W.), HVEZO (N.E) and HUGUES (D.G.), 1979 : the response of all male tilapia hybrids to four levels of proteins in isocaloric diets. Proc. Word Maricul. Soc., 10, 788-792

(27) NRC (Nationa Research Council). Sub. comiltee on warmwater fishes, 1977. Nutrients requirements of warmwater Fishes. National Academy of Sciences, Washington, D.C., 78 p.

(28) OLUFEMI (B.E.) and ROBERTS (R.J.), 1986 : Introduction of clinical aspergillomycosis by freding contaminated diet to tilapia, Oreochromis niloticus (L.) Journal of Fish Diseases, 9, 123-128

(29) PAPERNA (I.), 1980 : Parasites, infections and diesases of fish in Africa. FAO, CIFA Tech. Pap., 7, 216 p.

(30) RAYMOND (J.C.), 1988 : Syndrome de cécité-mélanisme chez 3 espèces de poissons marins élevés en cages flottantes à la Martinique. Nantes, ENVN, Thèse, 160 p.

(31) REDNER (B.D.) and STICKNEY (R.R.), 1979 : Acclimatation to ammonia by Tilapia aurea. Trans. Amer. Fish. Soc., 108, 383-385

(32) SCHUBERT (G), 1968 ; Exophtalmos caused by thyroid tissue in the choroid layer of the eye in Coris gaimard. Bulletin of the Wildlife Disease Association, 5, 113

(33) SNIESKO (S.F.) and BULLOUK (G.L.), 1968 : Freshwater Fish disease caused by bacteria belonging to the genera Aeromonas and Pseudomonas. U.S. Dep. Int. Fish Dis Leat. 11, 7 p.

(34) STICKNEY (R.R.) and HARDY (R.W.), 1979 : Lipid requirements of some warmwater species. Aquaculture, 79, 145-156

(35) TREWAVAS (E.), 1982 : Tilapas : Taxomy and speciation in : PULLIN (RSV) and LOWE CONNELL (R.H.) (eds). The biology and culture of tilapias. ICLARM (Manila). Brocedings of International Conference on the Biology and Culture of tilapias (1980), 3-13

(36) VAN DUIJN (C.), 1967 : Diseases of fishes. Charles C. Thomas, Springfield, Illinois.

(37) VENTURA (M.T.) and GRIZZLE (J.M.), 1987. Evaluation of portais of entry of Aeromonas hydrophila in channel catfish. Aquaculture, 65, 205-214.

(38) VIOLA (S) and ARIELI (Y), 1982. Nutrition studies with a high-protein pelet for carp and Sarothérodon spp (tilapia). Banidgeh, 34, 39-46.

ANNEXES

: Besoins quantitatifs en acides aminés de *O. mossambicus* (d'après Jauncey *et al.*, 1983)

Acide aminé	% de l'aliment	% des protéines
Arginine	1,13	2,82
Histidine	0,42	1,05
Isoleucine	0,80	2,01
Leucine	1,35	3,40
Lysine	1,51	3,78
Methionine	0,40	0,99
Phenylalanine	1,00	2,50
Thréonine	1,17	2,93
Tryptophane	0,17	0,43
Valine	0,88	2,20

ANNEXE 2

Teneur en w3 et en w6 de quelques lipides:

NATURE	w3 (%)	w6 (%)
HUILE DE POISSON	38	4
TOURNESOL	3	78
SOJA	7.7	52.8
SUIF DE BOVIN	-	2

ACIDE LINOLEIQUE C18 : 2w6

$CH_3-(CH_2)_4-CH=CH-CH_2-CH=CH-(CH_2)_7-COOH...$

ACIDE LINOLENIQUE C18 : 3w3

$CH_3-CH_2-CH=CH-CH_2-CH=CH-CH_2-CH=CH-(CH_2)_7-COOH...$

ANNEXE 3

§ Composition du liquide de BOUIN

Alcool à 80°	I50 ml
Formol à 35%	60 ml
Acide acétique	I5 ml
Acide picrique cristallisé	I g

§ Coloration de GRAM

Cette coloration permet de classer les bactéries en deux catégories:

- Les bactéries "Gram positif" qui gardent leur coloration violette après décoloration par l'alcool;
- Les bactéries "Gram négatif" qui, décolorées par l'alcool sont teintées par la fuchsine et apparaissent roses ou rouges.

Réactifs:

Violet de gentiane

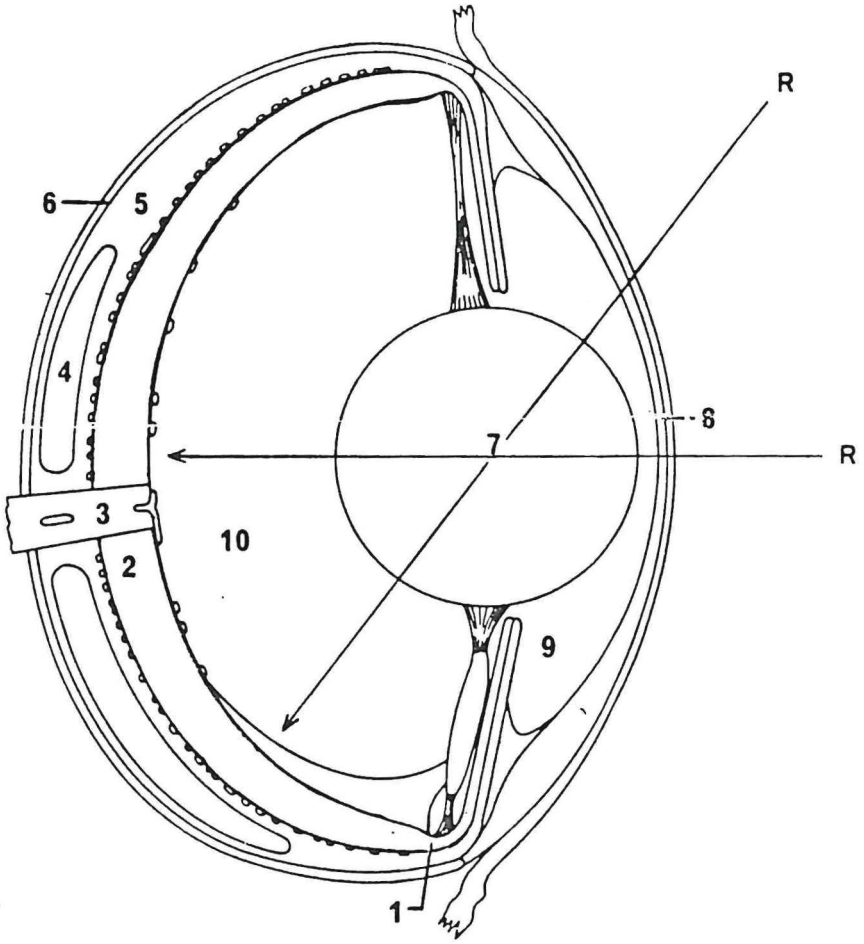
Solution iodo-iodurée de Lugol

Alcool à 95°

Fuschine phéniquée de Ziehl

COUPE SCHEMATIQUE DE L'ŒIL D'UN TELEOSTEEN

D'après ROCHON-DUVIGNEAUD, 1958.



1 Ora serrata
2 Retine
3 Nerf optique
4 Rete mirabile choroïdien
5 Choroïde
6 Sclérotique
7 Cristallin
8 Cornée
9 Iris
10 Vitré

R : Trajectoire d'un rayon lumineux

ANNEXE 5

§ Dosage de NO2 (Autoanalyseur) Ref: Industrial method IOO-70W

Réactifs:

I- Solution de Chlorure d'Ammoniun

Chlorure d'ammoniun NH4CL		IOg	(Ajuster le pH de la solution
Eau distillée	qsp	I000 ml	à 8.5 avec NH4OH)

2- Solution de Réactif Coloré

Sulfanilamide ($C_6H_8N_2O_2S$)	5g	5g
Acide phosphorique concentré (H_3PO_4)	50ml	50ml
Naphtyl éthylène diamine dihydrochlorure ($C_{I2}H_{I4}N_2$, 2 HCL)		0,25g
Eau distillée	qsp	500ml
Brij 35		0,25ml

Etalons préparés à partir d'une solution mère de

- Nitrate de Potassium ...dosage de NO3
- Nitrite de Sodium ...dosage de NO2

§ Dosage de l'azote ammoniacal

Réactifs:

- Solution de salicylate et de nitroprussiate de Na
- Solution de dichloro-isocyanate de Na
- Solution de chlorure de K
- Solution de NaOH
- Solution de tartrate double de Na et de K
- Solution tampon de travail pour échantillons neutres
- Solution stock KCl,NaOH,tartrate Na/K

Etalons à partir d'une solution mère de NH_4Cl

Pourcentage de NH_3 dans des solutions acqueuses (eau douce) d'ammoniaque à des pH compris entre 6 et 10, et à des températures situées entre 0 et 30°C (d'après Emerson *et al.*, 1975).

Temp. (C°) \ pH	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0
0	0,00827	0,0261	0,0826	0,261	0,820	2,55	7,64	20,7	45,3
2	0,00977	0,0309	0,0977	0,308	0,968	3,00	8,90	23,6	49,4
4	0,0115	0,0364	0,115	0,363	1,14	3,52	10,3	26,7	53,5
6	0,0136	0,0429	0,135	0,427	1,34	4,11	11,9	30,0	57,6
8	0,0159	0,0503	0,159	0,501	1,57	4,79	13,7	33,5	61,4
10	0,0186	0,0589	0,186	0,586	1,83	5,56	15,7	37,1	65,1
12	0,0218	0,0688	0,217	0,684	2,13	6,44	17,9	40,8	68,5
14	0,0254	0,0802	0,253	0,796	2,48	7,43	20,2	44,5	71,7
16	0,0295	0,0933	0,294	0,925	2,87	8,54	22,8	48,3	74,7
18	0,0343	0,108	0,342	1,07	3,31	9,78	25,5	52,0	77,4
20	0,0397	0,125	0,396	1,24	3,82	11,2	28,4	55,7	79,9
22	0,0459	0,145	0,457	1,43	4,39	12,7	31,5	59,2	82,1
24	0,0530	0,167	0,527	1,65	5,03	14,4	34,6	62,6	84,1
26	0,0610	0,193	0,607	1,89	5,75	16,2	37,9	65,9	85,9
28	0,0701	0,221	0,697	2,17	6,56	18,2	41,2	68,9	87,5
30	0,0805	0,254	0,799	2,48	7,46	20,3	44,6	71,8	89,0

ANNEXE 7

§ GELOSE Trypto-caséine soja (TSA)

Formule (en g par litre d'eau distillée)

Hydrolysat trypsique de caséine	I5	
Peptone de soja	5	pH: 7.3 environ
Chlorure de sodium	5	
Agar	I5	

§ DNAse - MILIEU (BIOMERIEUX)

Formule (en g par litre d'eau distillée)

Acide désoxyribonucléique	2	
Biotrypcase	I5	
Bio-peyase	5	pH: 7.3 environ
Chlorure de sodium	5	
Gelose	I5	

§ MILIEU DE MUELLER-HINTON

Milieu utilisé pour la recherche de la sensibilité des germes aux antibiotiques et aux sulfamides.

Formule (en g/l)

Macération de viande de boeuf	300ml	
Hydrolysat de caséine	I7.5g	pH: 7.4 environ
Amidon	I.5g	
Agar	I0g	

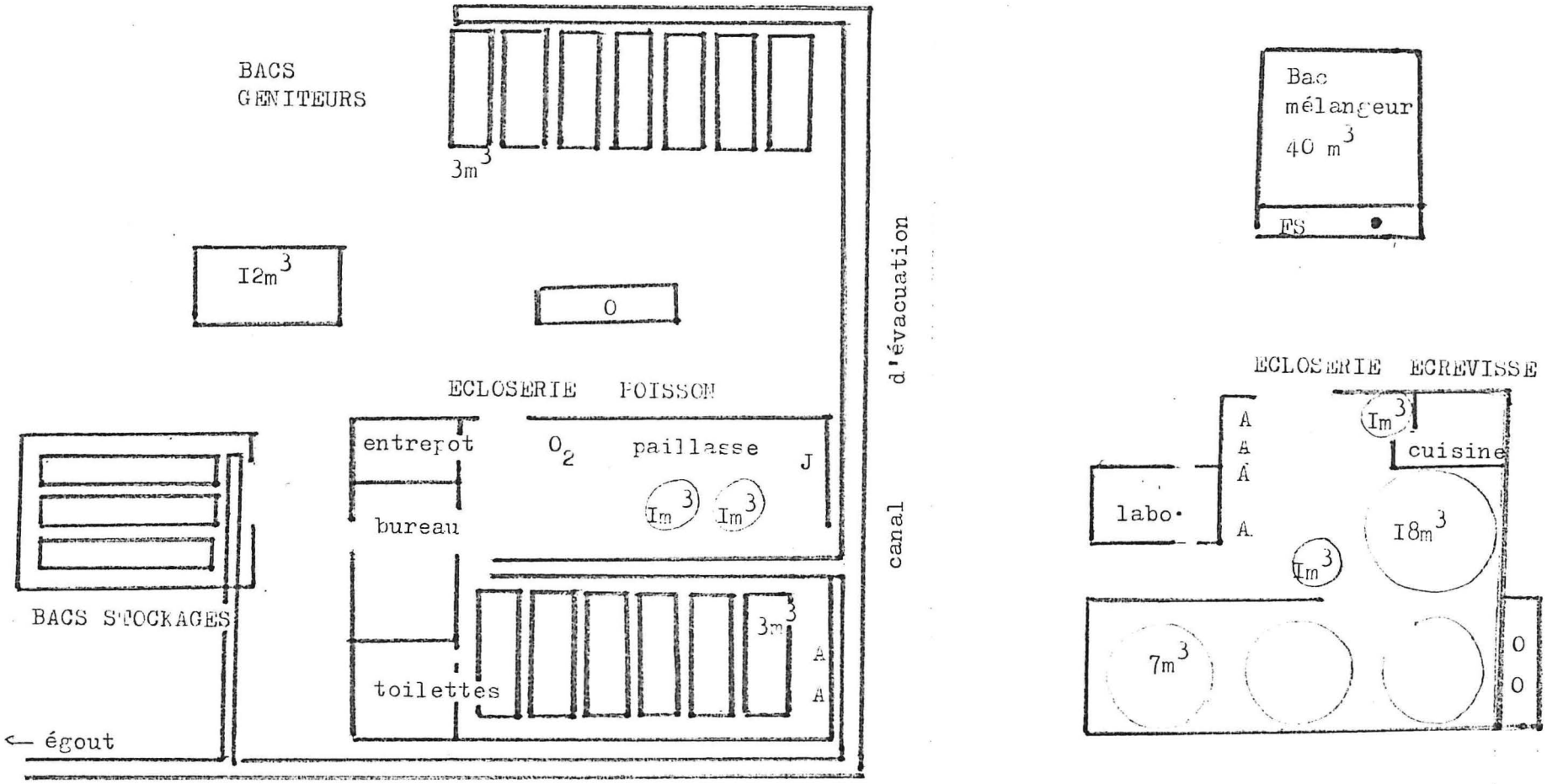
api 20 E

TABLEAU DE LECTURE

TESTS	SUBSTRATS	REACTIONS/ENZYMES	RESULTATS	
			NEGATIF	POSITIF
ONPG	ortho-nitro-phenyl-galactoside	beta-galactosidase	incolore	jaune
ADH	arginine	arginine dihydrolase	jaune	rouge/ orangé
LDC	lysine	lysine décarboxylase	jaune	orangé
ODC	ornithine	ornithine décarboxylase	jaune	rouge/ orangé
CIT	citrate de sodium	utilisation du citrate	vert pâle/ jaune	bleu-vert/ vert
H_2S	thiosulfate de sodium	production d'H_2S	incolore/ grisâtre	dépôt noir / fin liseré
URE	urée	uréase	jaune	rouge/ orangé
TDA	tryptophane	tryptophane desaminase	**TDA** / immédiat	
			jaune	marron foncé
IND	tryptophane	production d'indole	**JAMES**/ immédiat ou **IND**/ 2 mn	
			JAMES Vert pâle-jaune **IND** jaune	**JAMES** rose **IND** Anneau Rouge
VP	pyruvate de sodium	production d'acétoine	**VP 1** + **VP 2** / 10 mn	
			incolore	rosé-rouge
GEL	gélatine de Kohn	gelatinase	non diffusion	diffusion du pigment noir
GLU	glucose	fermentation/ oxydation (4)	bleu/ bleu-vert	Jaune
MAN	mannitol	fermentation/ oxydation (4)	bleu/ bleu-vert	Jaune
INO	inositol	fermentation/ oxydation (4)	bleu/ bleu-vert	Jaune
SOR	sorbitol	fermentation/ oxydation (4)	bleu/ bleu-vert	Jaune
RHA	rhamnose	fermentation/ oxydation (4)	bleu/ bleu-vert	Jaune
SAC	saccharose	fermentation/ oxydation (4)	bleu/ bleu-vert	Jaune
MEL	melibiose	fermentation/ oxydation (4)	bleu/ bleu-vert	Jaune
AMY	amygdaline	fermentation/ oxydation (4)	bleu/ bleu-vert	Jaune
ARA	arabinose	fermentation/ oxydation (4)	bleu/ bleu-vert	Jaune
OX	sur papier filtre	cytochrome-oxydase	**OX** / 5-10 mn	
			incolore	anneau violet

ILLUSTRATIONS

ILLUSTRATION I



ROUTE

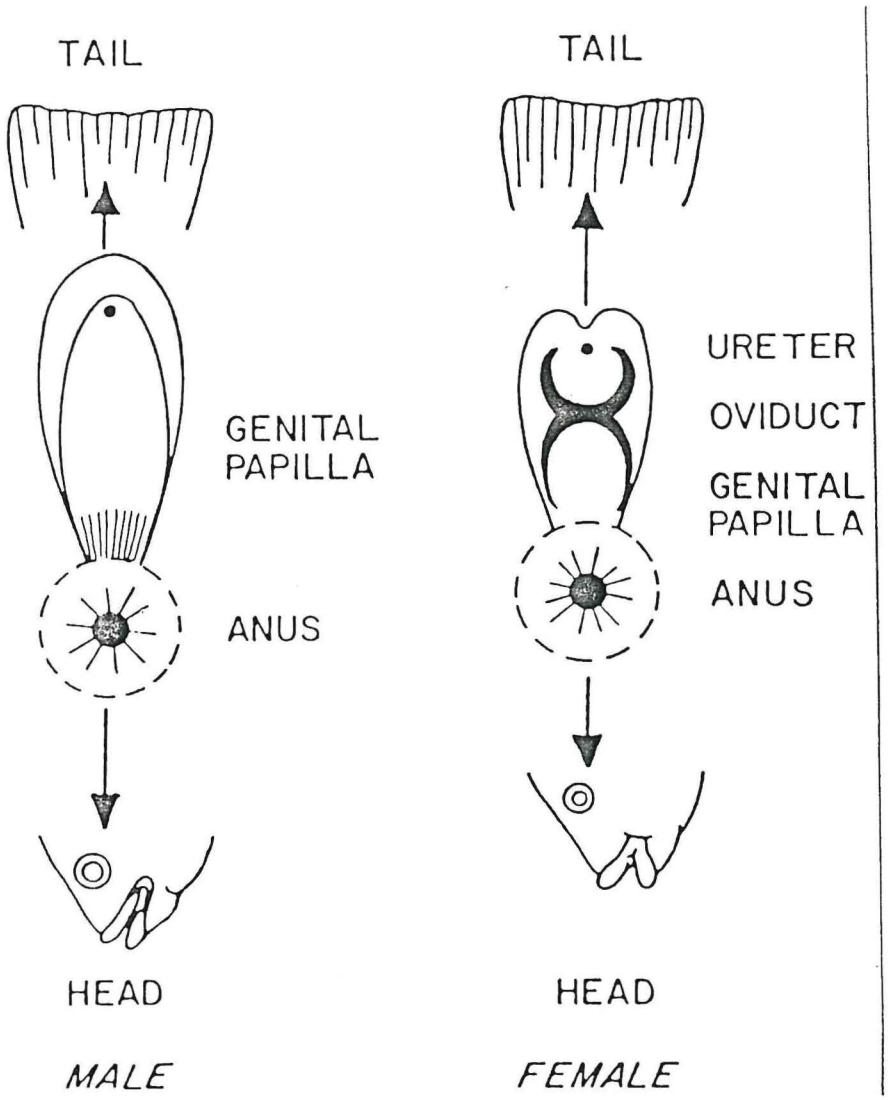
station de
pompage

PLAN GENERAL DE L'ECLOSERIE

A : bac 240 l
pour artemias

J : bac Javel
FS: filtre à sable
O : surpresseurs 80m3/h
● : pompe I2m3

ILLUSTRATION 2



CRITERES DE DIFFERENCIATION DES MALES ET DES FEMELLES
(after Mortimor and Van der Lingen, I966)

MOYENNE PLUVIOMETRIQUE ANNUELLE

(en Millimetre)

ILLUSTRATION 3

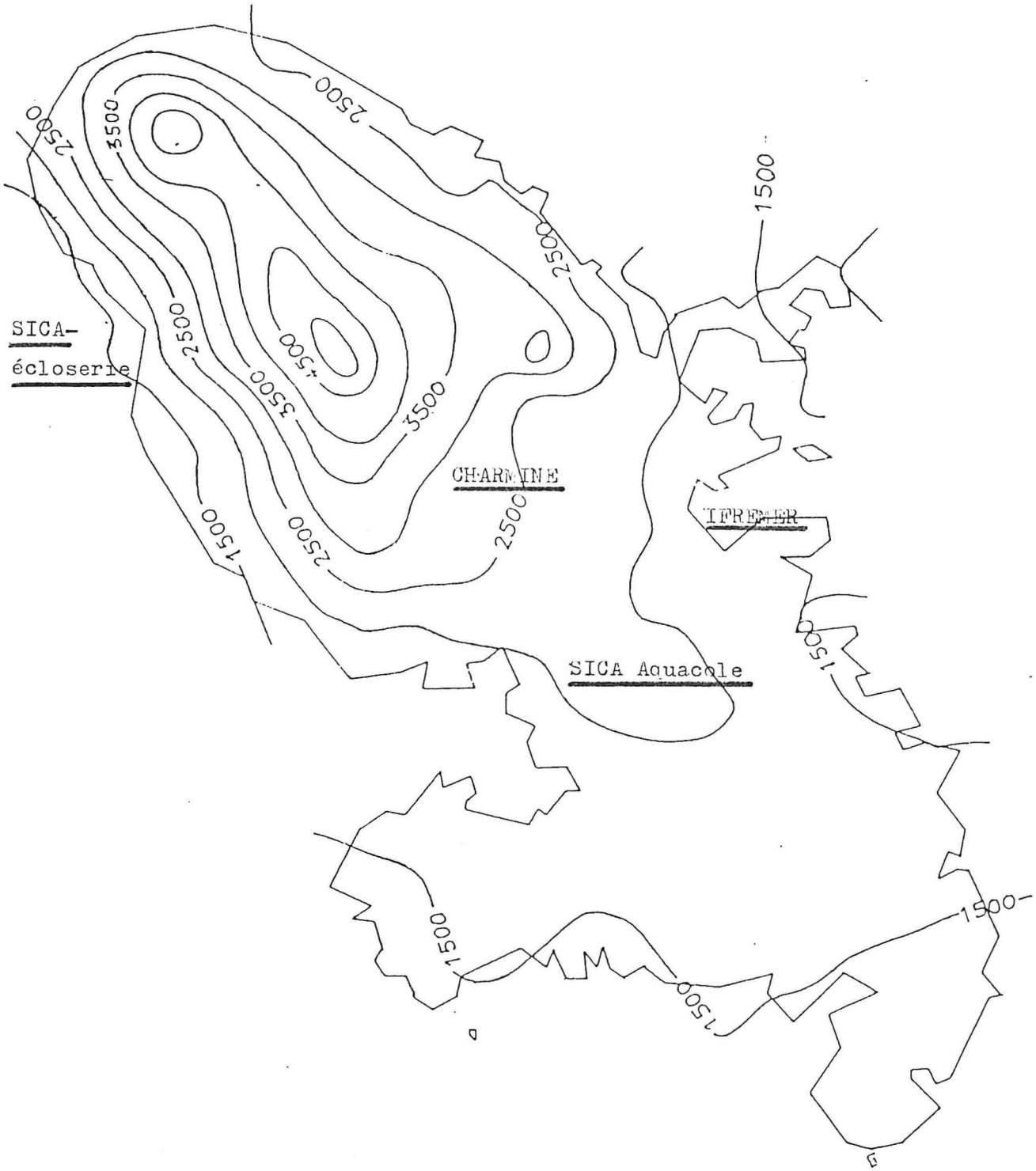


ILLUSTRATION 4

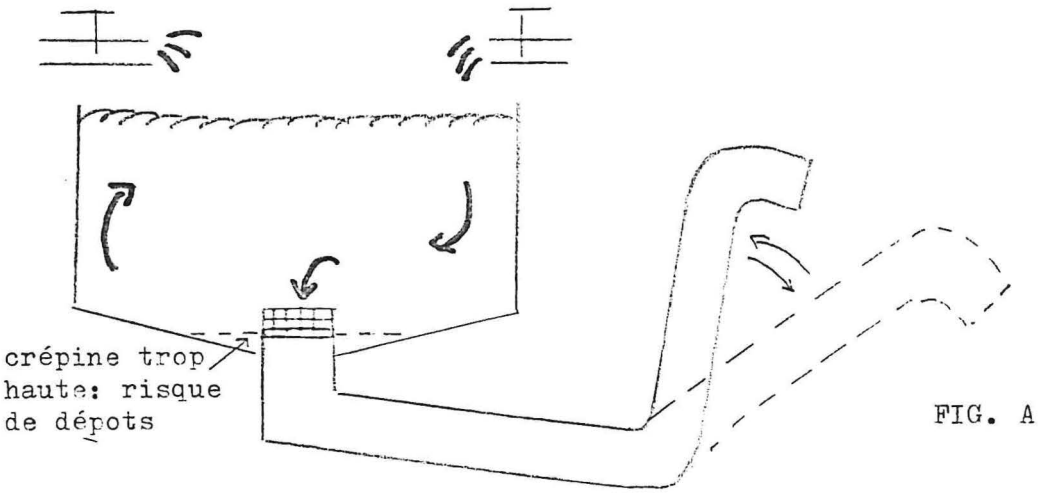
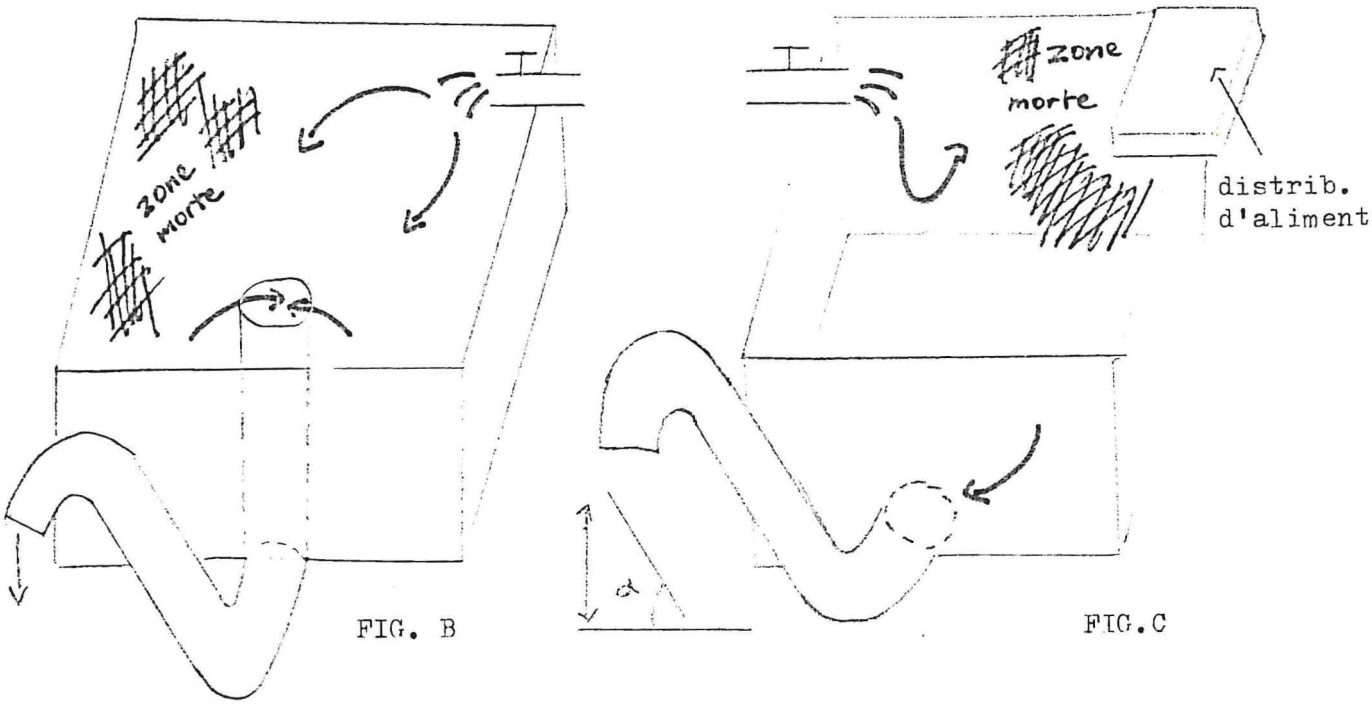


FIGURE A: Cuve circulaire

Flux d'eau: L'entrée d'eau crée un courant en spirale

Efficacité du nettoyage: Nettoyage quasiment automatique



FIGURES B et C: Cuves rectangulaire-cubique

Flux d'eau: Demande des courants très forts pour évacuer les déchets ; présence de zones mortes où l'O2 dissous diminue car le circuit de l'eau est court.

Nettoyage: Mauvaise élimination, aliments stagnant au fond surtout quand l'évacuation se fait par le trop-plein en surface (fig B)