

Les
publications
de la Direction de l'innovation
et des technologies

Compte rendu

N° 25

Biofiltration, recirculation d'eau et réduction des rejets dans les systèmes de production piscicole

Simona Motnikar
Robert Champagne

**Biofiltration, recirculation
d'eau et réduction des rejets
dans les systèmes de
production piscicole**

Un projet de coopération franco-québécoise 2004-2005
dans le cadre de l'entente de collaboration Ifremer-MAPAQ

Compte rendu n° 25

Simona Motnikar
Robert Champagne

Réalisation

Marc Veillet, responsable du bureau d'édition
Nancy Godin, agente de secrétariat du bureau d'édition

Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
Bureau d'édition - DIT
96, montée de Sandy Beach, bureau 2.05
Gaspé (Québec) G4X 2V6
publications.dit@mapaq.gouv.qc.ca

Pour une version gratuite (fichier pdf) de ce document, visitez notre site Internet à l'adresse suivante :
<http://www.mapaq.gouv.qc.ca/Fr/Peche/md/Publications/> ou envoyez un courriel à l'adresse mentionnée ci-dessus.

ISBN (version imprimée) : 2-550-47005-2
ISBN (version PDF) : 2-550-47006-0

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2006
Dépôt légal – Bibliothèque nationale du Canada, 2006

Biofiltration, recirculation d'eau et réduction des rejets dans les systèmes de production piscicole

Simona Motnikar¹, Robert Champagne²

1. CAMGR, DIT, MAPAQ, Grande-Rivière

2. STPED, DIT, MAPAQ, Québec

On doit citer ce document comme suit : Motnikar S., R. Champagne. 2006. *Biofiltration, recirculation et réduction des rejets dans les systèmes de production piscicole*. MAPAQ, DIT, Compte rendu n° 25, 25 p.

Sommaire

La biofiltration, la recirculation et la réduction des rejets dans les systèmes de production piscicole font l'objet d'une fiche incluse dans l'entente de collaboration Ifremer-MAPAQ 2004. De tels systèmes de production piscicole en recirculation permettent de réduire la consommation de l'eau et donc les coûts d'énergie pour le chauffage et le pompage de l'eau. Plus important encore, leur usage fait en sorte que des sites dans des régions très diverses seraient propices à l'établissement des entreprises, qui pourraient être ainsi un peu plus dégagées des contraintes climatiques et de la disponibilité de l'eau en quantité suffisante. De plus, la maîtrise de la température de l'eau des bassins peut améliorer la productivité d'une entreprise piscicole ou maricole et permettre d'établir des installations où les conditions environnementales et climatiques ne sont pas propices à ce type d'activité. Elle représenterait ainsi une voie d'avenir pour l'établissement d'entreprises dont le développement est actuellement limité par les normes environnementales et les conflits d'usage. En 2003, une première activité a été réalisée dans le cadre de l'entente Ifremer-MAPAQ. La Direction de l'innovation et des technologies du MAPAQ a accueilli un des spécialistes dans le domaine, Jean-Paul Blancheton, de la station de Palavas-les-Flots (Ifremer) lors des deux rencontres sur les systèmes de recirculation. La suite de la collaboration dans le cadre de cette entente s'est réalisée en octobre 2004 avec une mission en France qui a permis aux délégués québécois de reprendre le contact avec Jean-Paul Blancheton, afin de faire le point sur les actions en cours et les actions communes à entreprendre dans l'avenir. De plus, la mission a inclus des visites des systèmes en recirculation déjà implantés et fonctionnels, tant au niveau expérimental que commercial, en eau douce ainsi qu'en eau salée et d'échanger avec les chercheurs et l'industrie sur leur perception de la performance et de l'applicabilité de cette technologie. Cette information acquise sur la technologie pourra être transmise aux intervenants québécois qui s'y intéressent. Des projets sont prévus afin d'évaluer l'application de la recirculation en eau marine dans le contexte québécois.

Mots-clés

Recirculation
biofiltration
mission
France

Table des matières

Liste des annexes	V
Introduction.....	1
Contexte	1
Objectifs poursuivis	1
Objectif principal	1
Objectifs secondaires	1
Personnes impliquées.....	2
Participants de la mission.....	2
Contacts principaux en France.....	2
Visites effectuées dans le cadre de la mission	2
Recherche-développement sur les systèmes de circulation en circuit fermé	2
Industrie : Reproduction et nurserie en eau salée	3
Industrie : Grossissement en eau salée	3
Industrie : Intégration de tous les cycles en eau douce	3
Industrie : Intégration du cycle d'élevage complet en eau salée	4
Utilisation des unités de recirculation en eau salée et douce, niveau expérimental.....	4
Discussion	5
Applications possibles au Québec	5
Constats	5
Milieu dulcicole et maricole.....	5
En eau douce.....	5
En eau salée.....	5
Collaboration future	5
Ifremer-MAPAQ	5
France Turbot	5
INRA-SCRIBE.....	6
Conclusion.....	6
Remerciements	6

Liste des annexes

Annexe 1 : Programme de mission (date, personnes ou organismes rencontrés).....	7
Annexe 2 : Informations techniques récoltées lors des visites des stations piscicoles	8
2.1 La station de l'Ifremer située à Palavas-les-Flots.....	8
2.2 L'entreprise Les Poissons du Soleil.....	9
2.3 L'entreprise Pisciculture Méditerranéenne	12
2.4 L'entreprise Les Fontaines de Charles Murgat.....	16
2.5 France Turbot	20
2.6 INRA-SCRIBE, Rennes	21
Annexe 3 : Exemples d'activités de l'INRA-SCRIBE	23

Introduction

Contexte

Avec ses partenaires, le MAPAQ travaille à la mise en place d'un centre technologique sur la recirculation et le traitement des eaux aquacoles en eau douce. Il s'intéresse également au développement de la pisciculture marine, notamment celle des lous de mer (*Anarhichas* sp.) et des ombles. Au Québec, l'intérêt se porte actuellement sur l'adaptation de moyens d'expérimentation, l'acquisition d'expertise et éventuellement l'utilisation de la technologie pour la production de différents stades de développement d'alevins de poissons, d'espèces de mollusques ou de crustacés. D'autres projets sont en évaluation tels que la mise en place d'une ferme expérimentale d'élevage de poissons marins, qui vise l'utilisation de la technologie de recirculation à une échelle précommerciale.

Les systèmes de production piscicole en recirculation permettent de réduire la consommation de l'eau et donc les coûts d'énergie pour le chauffage de l'eau à des températures permettant d'améliorer la productivité. Plus important encore, de tels systèmes intègrent des équipements plus performants pour le traitement des eaux piscicoles et les débits moindres rejetés permettent un traitement plus efficace et une plus grande réduction des rejets dans l'environnement. Leur usage fait en sorte que, plus de sites dans des régions très diverses seraient propices à l'établissement d'entreprises qui pourraient être ainsi un peu plus dégagées des contraintes climatiques, de la disponibilité de l'eau en quantité suffisante et des limites imposées par la capacité du milieu à supporter une nouvelle production piscicole. De plus, la maîtrise de la température de l'eau des bassins peut améliorer la productivité d'une entreprise piscicole ou maricole et permettre d'établir des installations là où les conditions environnementales et climatiques ne sont pas nécessairement propices. Elle représenterait ainsi une voie d'avenir au Québec pour l'établissement d'entreprises dont le développement est actuellement limité par les normes environnementales et les disponibilités en eau de qualité.

Dans le cadre de l'entente de collaboration Ifremer-MAPAQ, la présente mission vise à poursuivre la collaboration avec Jean-Paul Blancheton, expert en systèmes de recirculation en circuit fermé en eau marine, de l'Ifremer (Station d'expérimentation en aquaculture de Palavas-les-Flots). Dans la première phase de collaboration (2003), Jean-Paul Blancheton était conférencier invité aux rencontres de travail organisées par le MAPAQ sur le sujet à Grande-Rivière et à Québec. La première, qui traitait de cette application en eau marine, a eu lieu au Centre aquacole marin de Grande-Rivière, le 6 août 2003. Le deuxième atelier touchait aux systèmes en eau douce, le 8 août 2003 et s'est tenu à Québec. La participation de Jean-Paul Blancheton aux ateliers était jumelée à des visites des organismes possédant déjà des infrastructures de recirculation ou manifestant de l'intérêt en cette technologie dans les régions de la Gaspésie, du Bas Saint-Laurent et du Québec. Découlant de ces ateliers, un projet conjoint s'est organisé dans le cadre du programme FQRNT : Comparaison de la performance de deux systèmes de circuit recyclé avec évaluation de la biofiltration à membrane immergée (BMI); production d'omble chevalier en eau douce et salée.

La suite de la collaboration dans le cadre de l'entente s'est réalisée en octobre 2004 avec une mission en France qui permettait

aux délégués québécois de reprendre contact avec Jean-Paul Blancheton afin de faire le point sur les actions en cours et les actions futures communes possibles. De plus, la mission a permis des visites des systèmes en recirculation déjà implantés et fonctionnels, tant à l'échelle expérimentale que commerciale et d'échanger avec les chercheurs et les industriels sur leur perception de la performance et de l'applicabilité de cette technologie. Cette information acquise sur la technologie pourra être transmise aux intervenants intéressés ici, au Québec. Des projets sont prévus afin de tester l'application de la recirculation en eau marine dans le contexte québécois.

Objectifs poursuivis

Objectif principal

Cette seconde phase de collaboration en est une de prospection durant laquelle nous avons été à même de constater l'avancement des travaux sur la recirculation en France et l'identification de pistes plus concrètes de collaboration. Au Québec comme ailleurs, cette technologie est envisagée depuis peu d'années pour le maintien ou le développement de la production piscicole. Quelques entreprises québécoises commencent à examiner et même à utiliser (expérimenter) ces technologies. Notre connaissance des activités en recirculation et du secteur piscicole au Québec, nous a permis d'identifier des points d'intérêt en France qui pourraient initier des activités de collaboration. Plusieurs visites de stations piscicoles en recirculation ont été planifiées afin de voir et de comprendre leurs actions dans ce domaine.

Objectifs secondaires

- Discussion avec nos vis-à-vis français sur les grandes modalités de collaborations éventuelles;
- Échange d'informations et la possibilité de coordination de nos travaux afin de profiter d'échanges éventuels des spécialistes dans le domaine;
- L'acquisition de la technologie en recirculation afin d'évaluer la pertinence de son implantation au Québec et d'assurer un transfert technologique vers l'industrie;
- Échanges sur le projet « Comparaison de la performance de deux systèmes de circuit recyclé avec évaluation de la biofiltration à membranes immergées » : production d'omble chevalier en eau douce et salée;
- Consolidation du réseau de recherche et développement entre spécialistes dans le domaine – explorer la possibilité d'échanges et de stages entre les centres français et québécois concernés par cette technologie – explorer les possibilités de stages pour l'industrie québécoise.

Personnes impliquées

Participants de la mission

Simona Motnikar, biologiste et agente de liaison en mariculture
MAPAQ - Direction de l'innovation et des technologies
Centre aquacole marin de Grande-Rivière
6, rue du Parc, C. P. 340
Grande-Rivière (Québec) G0C 1V0

Robert Champagne, ingénieur et spécialiste
en pisciculture des eaux douces
MAPAQ - Direction de l'Innovation et des technologies
Station technologique piscicole des eaux douces
200, Chemin Sainte-Foy, 12^e étage
Québec (Québec) G1R 4X6

Nathalie Le François, Ph. D., spécialiste en élevage
des poissons marins
Université de Québec à Rimouski, MAPAQ
Centre aquacole marin de Grande-Rivière,
6, rue du Parc, C. P. 340,
Grande-Rivière (Québec) G0C 1V0

Contacts principaux en France

Jean-Paul Blancheton, Ph. D.
Ifremer; Station expérimentale d'aquaculture
Laboratoire de Recherche Piscicole de Méditerranée
Chemin de Maguelone
F-34250, Palavas-les-Flots, France

Didier Leclercq
France Turbot,
Île-de-Noirmoutier

Catherine Labbé, Ph. D.
INRA-SCRIBE
Campus Beaulieu, Bâtiment 16
Allée Fabre 35042, Rennes

Raul H. Piedrahita, Ph. D.
Prof. Aquacultural Engineering
University of California
Biological & Ag Engineering
One Shields Ave.
Davis, California 95616-5294, USA

Visites effectuées dans le cadre de la mission

Les visites et les rencontres prévues lors de la mission sont résumées dans le programme présenté à l'annexe 1.

Recherche-développement sur les systèmes de recirculation en circuit fermé

La station d'expérimentation en aquaculture Palavas-les-Flots, attaché à l'Ifremer (Annexe 2.1)

Accueil par Jean-Paul Blancheton. Une visite des installations et des rencontres avec le personnel de la station a eu lieu en compagnie de Jean-Paul Blancheton. Une rencontre avec le directeur de la station, Denis Lacroix, accompagné de Jean-Paul Blancheton, nous a permis d'échanger sur les objectifs de notre

visite et de réviser les projets structurés dans le cadre de la coopération franco-canadienne. Tout comme pour le Québec, l'Ifremer souhaite établir la coopération sur des projets qui seront mutuellement bénéfiques, qu'ils soient en phase exploratoire ou en phase de développement. Ifremer donnera priorité aux projets les mieux construits et ceux ayant des argumentations solides.

<http://www.ifremer.fr/francais/implant/palavas.htm>

À la Station de Palavas, une trentaine de personnes forment trois équipes distinctes : génétique, santé et environnement.

Notre objectif principal est l'étude des systèmes de recirculation pour les poissons marins et d'eau douce, nous avons pu visiter les salles où se gardent les stocks de géniteurs du bar, retenus dans des systèmes de recirculation de l'eau avec un taux de renouvellement de 30 % par heure. Sujet particulièrement intéressant, un des projets en cours au moment de la visite était structuré avec la collaboration de la Communauté européenne. L'objectif était la comparaison des systèmes en circuit fermé et ouvert au plan de l'efficacité des bactéries nitrifiantes sur un substrat et la floculation des résidus. Jean-Paul Blancheton a bien voulu discuter avec nous des détails des systèmes de recirculation, des avantages et des désavantages des matériaux utilisés ainsi que de la provenance des équipements utilisés.

Quelques-uns des projets en collaboration internationale dans lequel participe le personnel de la station sont :

WEALTH

http://europa.eu.int/comm/research/fp6/ssp/wealth_en.htm

L'objectif du projet est de donner aux producteurs des outils pour qu'ils puissent suivre l'état de leur production (poissons et physicochimie de l'eau).

AQUAETREAT

<http://www.aquaetreat.org/aquaetreat/>

Le projet, un aboutissement de huit années de travail, implique la définition des méthodes de traitement et de valorisation des rejets qui sortent de quatre piscicultures types soit en circuit fermé et en circuit ouvert. Les aspects économiques ne sont pas négligés.

CRAFT

<http://www.courrierfinancier.com/2001061902.shtml>

Les projets dans le cadre de ce programme impliquent le personnel de la station, mais sont financés à 100 % par des firmes privées.

Le programme CRAFT favorise les partenariats entre PME européennes. Ce programme permet aux PME d'utiliser les meilleurs développements technologiques en accordant les travaux de conception et d'adaptation à un ou plusieurs organismes (universités, centres de recherche, centres techniques, PME de haute technologie, grands groupes). Le programme soutient le financement de l'innovation dès que celle-ci est développée par au moins trois PME de deux pays européens. Le développement doit durer entre un et deux ans. La contribution est loin d'être négligeable puisque CRAFT participe à près de 50 % du coût total des travaux réalisés. Cependant, les PME

partenaires restent seules propriétaires des résultats issus du projet.

Industrie : reproduction et nurserie en eau salée

Visite de l'entreprise Les Poissons du Soleil (Annexe 2.2)
<http://www.poissons-soleil.com>

Notre délégation a été accueillie par Philippe Balma, gestionnaire responsable. L'entreprise, fondée en 1974 et compte 15 employés. Elle se spécialise dans la production des alevins. Elle contient une nurserie de bars¹, de daurades² et de maigres³ en système recyclé de bonne capacité. Les activités incluent l'élevage des algues, des rotifères et des artémies, nourriture vivante essentielle pour l'élevage des premiers stades des poissons. La vente implique le transport des alevins vivants vers des clients pour le grossissement. Les gestionnaires de l'entreprise nous informent que lorsque l'objectif à court terme (production de ces espèces) sera maîtrisée et en production commerciale, les objectifs à long terme viseront la diversification, ce qui serait un moyen de maintenir la compétitivité. Le bar est aussi en production en cycles successifs. La technique d'élevage du maigre, un poisson dont la vitesse de croissance est plus élevée que le bar, est en perfectionnement pour fins de production commerciale.

L'entreprise nous a permis de visiter ses locaux et de constater son application de la technologie de la recirculation, tout en permettant les échanges et la discussion. Les projets de cette entreprise sont soutenus par le financement de la région Languedoc-Roussillon et la Communauté européenne.

Industrie : grossissement en eau salée

Visite de la Pisciculture Méditerranéenne (Annexe 2.3)
<http://www.agroalimentaire-lr.com/php/fiche.php?id=86&nom=mediterranee%20p>

Jean-Paul Blancheton a organisé cette visite chez l'entreprise Méditerranée Pisciculture, une entreprise familiale localisée à Salses-le-Château, qui utilise les méthodes traditionnelles ainsi qu'en circuits fermés pour la production de 120 t/année de truite et de bar de Méditerranée. Le propriétaire, Marc Comte, nous a longuement décrit son entreprise. La source d'eau peut atteindre des niveaux de salinité jusqu'à 25 ppm, un paramètre que l'entreprise ne contrôle d'ailleurs pas. Leur gestion de l'eau est plutôt orientée vers le contrôle de la température. La production des larves oblige, de plus, à produire de la nourriture vivante (artémies). Facteur important, comme l'entreprise ne maintient pas de géniteurs, elle achète ses œufs à Graveline – ce qui la

1. C'est un poisson marin des zones tempérées (de la Bretagne à la Méditerranée) qu'on trouve aussi bien dans les eaux salées que saumâtres. Ce poisson peut atteindre un poids de 12 kg pour une taille supérieure à 1 m. C'est une espèce dont l'élevage a connu un essor fantastique à la fin des années 80 et surtout au début des années 90 plus particulièrement dans le bassin méditerranéen. On estime sa production annuelle en Méditerranée à environ 90 000 t. Nom latin : *Dicentrarchus labrax* (<http://www.aqua.legouessant.com/htm/glossaire.htm#Bar%20ou%20Loup%20>).
2. On a donné ce nom à ce poisson car il possède une bande dorée sur le front. La daurade est un poisson qui vit essentiellement en banc. Ce poisson dont la chair est recherchée s'élevé dans la même zone géographique que le bar. Nom latin : *Sparus aurata*.
3. *Argyrosomus regius* (<http://www.pechez.com/index.php?poisson=maigre>).

rend dépendante d'une source externe régulière et constante d'approvisionnement des œufs.

L'entreprise utilise la technologie de la recirculation de l'eau en circuit fermé standard (filtre, UV, biofiltre, dégazage) depuis 1997, avec un traitement de l'eau de 200 m³/heure. Les bassins voient leur eau changée aux 45 minutes, avec un apport de 10 % d'eau nouvelle. Deux personnes spécialisées par année sont employées pour gérer cette technologie. L'entreprise gère son élevage à l'aide d'un logiciel informatisé, ce qui permet d'assurer la traçabilité de chaque lot. L'informatisation permet, de plus, le suivi des paramètres physicochimiques, tels que l'oxygénation et la température, ainsi que la distribution des aliments et le déclenchement des alarmes en cas d'urgence.

L'Ifremer et la pisciculture méditerranéenne travaillent à deux projets dans le cadre d'une collaboration bilatérale Ifremer-industrie. Un des projets concerne le comportement des particules dans un bassin d'élevage et l'évaluation, entre autres, de l'effet de l'activité des poissons sur la courantométrie et le déplacement des particules. Il se déroulerait dans la pisciculture, en collaboration avec des chercheurs internationaux.

Industrie : intégration de tous les cycles en eau douce

Visite de l'entreprise de la pisciculture Les Fontaines de Charles Murgat (Annexe 2.4)
<http://www.charlesmurgat.com/presentation.htm>

En compagnie de Jean-Paul Blancheton, nous avons visité la ferme piscicole Charles Murgat en eau douce et assisté à une rencontre au sujet d'une collaboration chercheurs – industrie, sur la collecte des particules dans un « raceway » (applicable également en eau marine).

Cette station piscicole de 19 employés, établie depuis plus de 100 ans, est alimentée avec de l'eau de sources émergeant d'un esker. Le potentiel en eau est de 2000 L/sec et la température moyenne de l'eau est de 11 à 12 °C. L'entreprise produit de la truite arc-en-ciel, de la truite mouchetée, truite fario⁴, et de l'omble chevalier. L'entreprise a déjà établi un lien avec l'industrie piscicole québécoise, puisqu'elle achète de l'omble chevalier du producteur québécois, Pisciculture des Alléghanys inc.

La pisciculture met une emphase exceptionnelle sur la gestion sanitaire de ses lieux d'alevinage et de production qui est appliquée rigoureusement par tout son personnel. D'ailleurs, ses employés proviennent d'écoles dispensant une formation appropriée en techniques piscicoles.

Les membres de la délégation ont pu visiter les lieux en suivant les consignes de gestion sanitaire. Particulièrement intéressant à constater était l'équipement automatique pour l'administration du vaccin contre la furunculose ainsi que le nourrisseur robotisé de la marque STORVIK. Celui-ci, informatisé et programmable, a la capacité de produire des courbes de croissance. La conception des salles d'incubation et d'alevinage était intéressante. D'autre part, l'automatisation dans cette pisciculture s'étend jusqu'aux opérations de transfert des poissons entre les bassins, qui se fait avec un minimum de manipulation manuelle ou de stress aux poissons.

4. *Salmo trutta fario* (Linné, 1758) ; Noms communs : fario, trota, trouche, troucho, troucia, trouette, truchat, trucho, truite sauvage, truito, truiton; Noms étrangers : Brown trout (GB) - Backforelle (All.). http://blaw.free.fr/POISSONS/truite_vario.htm

La pisciculture Charles Murgat collabore avec le syndicat des sélectionneurs, qui pilote les programmes de sélection des géniteurs. Il élabore le programme de sélection, un programme d'accouplement et assure un tri des œufs, basé sur le taux de croissance, le taux de graisse et le rendement du produit.

La pisciculture produit moyennement entre 600 et 650 tm de poissons, ayant atteint une production maximale de 780 tm. Actuellement, elle oriente leurs objectifs futurs vers la diversification, incluant une production sans traitement chimique.

Industrie : intégration du cycle d'élevage complet en eau salée

Visite de France Turbot, Noirmoutier (Annexe 2.5)
http://www.adrien.fr/fr/s08_franceturbot/s08p01_savoirfaire.php

L'objectif de cette visite était une rencontre avec les dirigeants de l'entreprise France Turbot à Noirmoutier, qui nous ont offert la possibilité de visiter certaines des installations techniques d'une ferme intégrée (reproduction, éclosion, nurserie, prégrossissement, grossissement et conditionnement).

Les membres de la délégation ont été accueillis par Didier Leclercq, gestionnaire des installations d'éclosion et de grossissement du turbot d'une capacité de production de cinq millions d'alevins. L'éclosion en Espagne produit 2,5 millions additionnels d'alevins. Cette entreprise emploie 140 personnes : 30 en Espagne, 15 en Bretagne et environs 100 à Noirmoutier.

L'entreprise garde près de 450 000 alevins qu'elle engraisse elle-même dans ses installations de Noirmoutier et de Trédarzec en Bretagne. Leur production est d'environ 450 tm dont environ 60 % à Noirmoutier même et 40 % dans la ferme de Bretagne.

Les points forts de la compagnie sont la génétique, la vaccination et la production des alevins des poissons plats. Le produit est mis sur le marché en format frais, vivant ou encore transformé, congelé, autant en Europe que sur le marché international tel que Singapour et Toronto. Des alevins sont vendus pour grossissement en Galice, en Espagne et en Chine. Une des spécialisations de France Turbot est le transport du poisson à sec pour la mise en marché, ce qui permet de rester compétitif. Le chiffre d'affaire de l'entreprise se situe entre 11 et 12 millions €.

L'entreprise ne réalise pas la production du turbot en cage en France parce que la croissance est médiocre en raison de la grande amplitude des températures d'eau. À Noirmoutier, celle-ci varie de 0 à 25 °C.

Les difficultés de l'entreprise se situent particulièrement dans le cycle de croissance. En production terrestre et en circuit fermé, celle-ci est bonne la première année mais devient moins homogène, plutôt aléatoire et variable la deuxième année. Une autre préoccupation majeure est la gestion sanitaire des lieux.

En augmentant sa production, l'entreprise s'est aperçue qu'il y a une interférence de croissance présente dans la production en grand volume qui n'existe pas en volume expérimental (par exemple, les résultats attendus de production de 215 tm ont en réalité produit seulement 180 tm. Selon Didier Leclercq, le coût de revient du jeune flétan atlantique est d'environ quatre à cinq dollars américains.

L'entreprise est impliquée sur des projets, en collaboration avec d'autres membres de la Communauté européenne.

Le gestionnaire de France Turbot estime que le coût d'un alevin de turbot, qui est d'environ 1,10 à 1,20 € en Europe, se situerait à 1,30 à 1,50 € à Montréal. Le poisson vivant entier (500 g à 1 kg) peut rapporter 25,00 à 28,00 \$ US chez le grossiste en Amérique du Nord (par exemple, à Toronto). Il faudrait obtenir entre 20 et 22 \$ US/kg de vente de la production à Boston, par exemple, afin d'atteindre la rentabilité dans une entreprise d'engraissement. M. Leclercq affirme que le marché existe, car France Turbot a vendu 40 à 45 tm sur le marché de New York avant les événements du 11 septembre 2001.

Un autre exemple cité : le loup de mer au magasin. Le filet de ce poisson peut coûter de 3,00 à 3,50 €/kg. Pour assurer une rentabilité, il faudrait donc arriver à le produire à un prix entre 2,00 et 2,50 €/Kg.

La réglementation des effluents devient plus sévère en France. La pisciculture marine se trouve encore entre deux chaises, quoique le ministère de l'Agriculture de la France essaye de mettre en place un cadre de réglementation.

Utilisation des unités de recirculation en eau salée et douce, niveau expérimental

Visite chez INRA – SCRIBE
Station Commune de Recherches en Ichtyologie - Annexe 2.6
<http://www.rennes.inra.fr/scribe/>

Catherine Labbé, personne contact et accueil

Les participants de la mission ont pu visiter les installations expérimentales de la station qui sont décrites à l'annexe 2.6.

La visite des installations a été suivie par les conférences présentées par les membres de la délégation. Les trois conférences ont inclus un survol décrivant le milieu québécois du point de vue de l'industrie et de la recherche et du développement des pêches et de l'aquaculture continentales et marines ainsi que le travail de Nathalie Le François. Les responsables, de chaque programme de INRA-SCRIBE ont ensuite procédé avec un exposé de leurs travaux et de leurs activités. On a pu ensuite échanger avec les 23 participants de INRA-SCRIBE sur des sujets d'intérêt commun. Quelques programmes de recherche d'intérêt particulier à INRA-SCRIBE, sont les projets sur la reproduction des poissons, préparés en collaboration avec l'Ifremer, la cryoconservation du sperme ainsi que la physiologie moléculaire. Ce dernier programme incorpore des thèmes de compétitivité, de diversification et de domestication des espèces d'intérêt aquacole, l'acceptabilité sociale des produits des piscicultures et les préoccupations par rapport à l'environnement. Le programme sur la reproduction des poissons traite de la génomique des fonctions d'intérêt aquacole chez les poissons ainsi que les projets spécifiques sur la reproduction et la gamétogenèse des mâles. Le programme sur la cryoconservation du sperme incorpore des travaux sur la régénération par le clonage somatique, l'établissement d'une cryofiche et la caractérisation des dommages lors de la cryoconservation. L'unité a aussi la capacité de réaliser des petits contrats pour la cryoconservation du sperme des différentes espèces d'intérêt aquacole (par exemple, les huîtres).

Discussion

Applications possibles au Québec

Suite à ces visites, les membres de la mission ont fait un retour sur les objectifs de la mission et les visites effectuées.

Constats

Milieu dulcicole et maricole

Les intérêts de la part des promoteurs potentiels et des intervenants québécois sont présents dans les deux milieux. Au Québec, les besoins principaux en ce qui concerne les systèmes en circuit fermé sont l'acquisition et la transmission de l'expertise pour le montage et le fonctionnement efficace des unités d'élevage des diverses espèces et des stades de vie. Ces systèmes doivent être adaptés à nos conditions climatiques plus sévères que celles de la France.

En eau douce

Le projet de La Pocatière serait une ferme de démonstration permettant l'évaluation des composantes du système en circuit fermé dans le temps et sur des salmonidés dont la technique de production est maîtrisée en circuit ouvert et un centre d'entraînement ou de transfert de connaissances. De plus, la capacité d'élevage en un volume précommercial de ce centre est prévue afin de permettre l'évaluation des coûts d'exploitation. Le plan idéal serait de s'orienter vers des salles indépendantes contenant plusieurs petites unités séparées et adaptables selon différentes configurations.

Actuellement, ce projet est à l'étape d'identifier la technique qui permettra un approvisionnement en eau de bonne qualité. Une fois cette étape franchie, un plan d'affaires devra être préparé et déposé.

Durant cette mission à la station piscicole Charles Murgat, nous avons été amenés à discuter de la modification des bassins « raceways » existants afin qu'ils puissent fonctionner en circuit fermé. La récupération des matières solides selon une approche californienne (effet « Tea Cup ») et l'approche danoise avec des cônes ont fait l'objet de discussions. Une réflexion se fait à lieu sur des collaborations possibles entre les intervenants québécois et l'Ifremer pour ce projet. Cette collaboration nous permettrait d'entrevoir des solutions possibles à la récupération rapide des matières en suspension dans ce type de bassin qui existent dans certaines de nos stations piscicoles.

En eau salée

Au Québec, la technologie et l'expertise en eau salée sont encore moins développées que celles de l'eau douce. Le développement d'une production de poissons marins serait facilité en passant par la mise en place d'une ferme expérimentale qui pourrait être soutenue par des organismes et des partenaires en tant qu'un organisme sans but lucratif.

Les avantages de la recirculation par rapport aux systèmes en circuit ouvert sont nombreux :

- maintien constant de la température et d'autres facteurs physicochimiques de l'eau répondant aux besoins d'élevage des espèces d'eau froide ou d'eau tempérée;
- contrôle et diminution des coûts énergétiques, s'il est nécessaire de chauffer ou de refroidir l'eau;

- meilleur contrôle des rejets, ce qui répondra aux préoccupations du milieu et à la réglementation future plus rigoureuse, qui n'est cependant pas actuellement en place;
- maintien des conditions stables et optimales pour une espèce donnée et stade en élevage pendant 12 mois par année.

Sur la Côte-Nord, un certain développement utilisant des technologies de la recirculation serait intéressant dans la région de Sept-Îles et de Havre-Saint-Pierre, en autant que le milieu industriel serait récepteur pour le support du projet.

Collaboration future

Ifremer-MAPAQ

L'entente Ifremer-MAPAQ pourrait se poursuivre dans le cadre :

- d'une approche vers les systèmes de recirculation de l'eau;
- d'une approche du développement du secteur et les besoins de l'industrie;
- de ce qui limite le développement de l'aquaculture terrestre dans l'est du Québec.

France Turbot

L'entreprise France Turbot serait intéressée à établir une collaboration avec le Québec en tant que fournisseur d'alevins destinés à l'engraissement au Québec.

Le promoteur éventuel débiterait ses activités par l'achat de turbots juvéniles pour engraissement dans une unité de recirculation et destinés aux marchés du Québec, de l'Ontario et des États-Unis. Le délai de production pour un turbot de 10 g, avant qu'il n'atteigne 1,8 kg est de deux ans à des températures optimales entre 14 et 19 °C. Forcément, cette production devrait débiter à petite échelle. Les bassins utilisés pour la production du poisson plat en forme de « raceway » ou des bassins carrés, pourraient éventuellement être utilisés pour le turbot, le flétan ou le loup de mer. Bénéficiant d'une garantie sanitaire forte, France Turbot est prêt à approvisionner une ferme d'engraissement en plus de fournir du support technique pour l'élevage et la recirculation.

Le Québec serait actuellement en mesure de produire de une à cinq tonnes métriques de poisson de taille commerciale à l'échelle prépilote pour les essais et le perfectionnement des techniques autant de recirculation que de l'élevage du turbot.

La Gaspésie présente des possibilités d'exploitation d'eau salée souterraine dans le secteur de la Baie des Chaleurs et des eaux de surface où il y déjà des prises d'eau marine comme à Grande-Rivière ou à Rivière-au-Renard. Afin de faciliter la production, la diète pour les poissons serait achetée par le biais de France Turbot en même temps que les individus juvéniles. Les partenaires possibles pourraient être France Turbot, le MAPAQ, les universités et un partenaire privé qui seraient prêt à s'impliquer financièrement. À très court terme, une unité d'engraissement pourrait être mise en place. Elle permettrait d'atteindre la production commerciale du poisson marin le plus rapidement possible, tout en permettant de continuer le travail sur le loup de mer, dont la production commerciale serait à point à plus long terme.

INRA-SCRIBE

Des collaborations pourraient être établies entre Nathalie Le François et Catherine Labbé au cours de la codirection d'un étudiant qui travaillerait sur la qualité du sperme et du liquide cœlomique. Le travail, dont les manipulations pourraient se faire à INRA, concernerait la problématique du loup tacheté, plus spécifiquement, la caractérisation du liquide ovarien, le contrôle du pH, les concentrations des protéines du liquide et l'oxygène.

Conclusion

La technologie de la recirculation est utilisée en France dans le milieu de la recherche et du développement ainsi qu'en industrie. Elle est applicable autant en eau douce que dans les eaux marines. On a pu constater qu'elle s'applique à tous les stades de production, des œufs jusqu'à l'engraissement. Les visites effectuées aux instituts de recherche nous montrent que le travail sur la technologie se poursuit afin d'améliorer la performance et de solutionner les problèmes qui apparaissent dans l'industrie. De plus, la technologie elle-même permet d'effectuer des études en milieu urbain, loin des sources d'eau, sur des organismes des eaux douces et marines, provenant des eaux d'une grande gamme de températures.

On peut constater que les chercheurs et les industries en France ont établi d'excellents liens de collaboration afin de mener à bien les projets. Ceci se traduit par la mise en place de projets individuels entre chercheurs et pisciculteurs. Il existe des programmes qui supportent des projets répondant à une problématique commune de l'industrie qui peuvent être supportés par la Communauté européenne, les gouvernements, les universités et les associations des aquaculteurs. Lorsqu'un stade de production stable est atteint, cette collaboration s'oriente vers des objectifs communs à long terme, qui peuvent se traduire en la spécialisation de certaines entreprises qui développeront leur niche parmi les pisciculteurs, tout en évitant une compétition directe. Ainsi, chacun peut être assuré d'écouler son produit, de profiter de l'expérience de l'ensemble et d'établir une industrie plus solide. Il faut mentionner que les pisciculteurs français travaillent avec une clientèle internationale et cherchent continuellement à agrandir ce réseau.

Les piscicultures les plus performantes utilisent une main-d'œuvre formée dans le domaine. Les problématiques existantes sont celles que nous vivons chez nous, soit la conscience de minimiser les effets de l'aquaculture sur l'environnement, les variations de la mise en marché ainsi que la génétique de leurs stocks de poissons.

Il est bien certain que le volume de notre production aquacole n'est pas celui de la France. L'activités aquacole du Québec produit des volumes peu importants. L'investissement est ici à la taille de l'industrie. En terme de production, l'investissement public est cependant d'un ordre suffisant. Les ressources que nous pouvons y affecter sont plus limitées. Il nous faut donc favoriser les collaborations étrangères afin que l'on puisse bénéficier d'un développement exploitant des meilleures technologies. Nous sommes donc en situation d'importateur net en matière de technologies aquacoles. Ces technologies externes exigent habituellement une adaptation à notre contexte climatique plus rigoureux, d'où possiblement un raffinement plus poussé de la technologie qui pourrait intéresser nos collaborateurs externes. Dans le cadre de la STRADDAQ nous devons,

entre autres, trouver des technologies qui favorisent la récupération rapide et automatisée des matières en suspension dans les stations piscicoles exploitant avec des « raceways ». Ce sujet pourrait faire l'objet d'une collaboration avec la France, puisqu'on y étudie cette problématique.

Remerciements

Les participants à la mission désirent remercier le ministère des Relations internationales, la Direction de la coopération, la Commission permanente de coopération franco-qubécoise ainsi que le ministère des Affaires étrangères de France pour leur coopération et leur contribution financière afin que cette mission soit réalisée. Nos remerciements vont aussi au ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec pour son support et ses démarches dans l'organisation du voyage.

Plus particulièrement, nous désirons remercier Jean-Paul Blancheton de la Station d'expérimentation en aquaculture Palavas-les-Flots, attachée à l'Ifremer, pour l'organisation de notre séjour en France, pour sa grande disponibilité et pour son accompagnement lors de nos visites. Nous désirons aussi remercier les représentants des piscicultures pour leur accueil et leur disponibilité à présenter leurs installations. Finalement, nous aimerons remercier Catherine Labbé de INRA-SCRIBE, d'avoir facilité notre visite de l'institut et d'avoir organisé les conférences, les rencontres avec le personnel et les visites des salles expérimentales.

Annexe 1

Programme de mission

Date	Horaire	Déplacement	Rencontres et visites
23 octobre 2004	Après-midi et soir	Déplacement Québec - France	
24 octobre 2004	Avant-midi, après-midi, soir	Paris – Palavas-les-Flots	
25 octobre 2004	Avant-midi Après-midi Soir	Départ de Palavas vers Balaruc les Bains Palavas	Visite de l'entreprise « Les Poissons du Soleil » Journée des visites et discussions avec J.-P. Blancheton et l'équipe de la station de Palavas-les-Flots Rencontre avec « Les Viviers de la Castillonne »
26 octobre 2004	8h 10h-12h 12h-14h 14h-16h 18h-19h Soir	Palavas - Salses Retour Palavas	Visite de Méditerranée Pisciculture Rencontre avec J.-P. Blancheton et R. Piedrahita au sujet d'une collaboration concernant le comportement des particules dans un bassin d'élevage etc.
27 octobre 2004	Avant-midi Après-midi Soir	Pavalas - Beaufort Valence – Rennes - TGV	Visite de la ferme piscicole MURGAT Assister à la rencontre avec J.-P. Blancheton et R. Piedrahita au sujet d'une collaboration concernant la collecte des particules dans un raceway
28 octobre 2004	Matin Avant-midi et après-midi Fin après-midi	Rennes - Noirmoutier Épines (Noirmoutier) – Rennes	Visite de la ferme France-Turbot
29 octobre 2004	Avant-midi Avant-midi et après-midi Soir	Départ Rennes – Sizun Retour Sizun - Rennes	Visite de l'INRA - rencontre avec les chercheurs
30 octobre 2004	Avant-midi et après-midi	Rennes - Paris	
31 octobre 2004	Avant-midi, après-midi, soir	France - Québec	

Annexe 2

Informations techniques récoltées lors des visites des stations piscicoles

2.1 La station de l'Ifremer située à Palavas-les-Flots

Cette station expérimentale d'aquaculture méditerranéenne est construite sur un cordon du littoral qui sépare un grand étang (étang du Prévôt) de la mer Méditerranée. Le bar (appelé loup en Méditerranée) est la principale espèce élevée.

La station est alimentée en eau de mer de la Méditerranée par deux conduites utilisées en alternance, ce qui facilite l'entretien et le contrôle des bioalissures. Le point de captage est à environ 150 m au large et de quatre à cinq mètres de profondeur. La température de l'eau varie entre 7 et 24 °C. Il y a une présence de sable dans l'eau lors de gros vents. L'eau, à l'arrivée, traverse donc un filtre à sable de 40 microns, puis elle est accumulée dans un réservoir. La station est séparée en plusieurs unités de recherche et à chacune d'elle, l'eau utilisée traverse une seconde fois des filtres de 10 à 15 microns.



Bâtiment d'arrivée d'eau et filtres



Bouilloire de chauffage d'eau et échangeur de chaleur permettant d'ajuster la température désirée dans une section de recherche

L'eau est thermorégulée selon les besoins de chaque projet de recherche. Le chauffage de l'eau est assuré par une bouilloire au gaz et le refroidissement par des thermopompes de type air-eau.

Chaque unité de la station est entièrement modifiable afin de répondre aux besoins du projet de recherche. La station dispose d'un certain nombre de bassins et d'équipements qui sont mobiles et un montage technique est réalisé en fonction de chaque projet. À titre d'exemple, des unités peuvent présenter des montages en circuit ouvert et en circuit fermé pour vérifier, par exemple, la qualité de la chair ou l'effet du système sur la santé des poissons.

De façon générale, la station possède des équipements piscicoles pour un fonctionnement en circuit fermé tels que des bassins circulaires avec drain de fond ou trappe à sédiment, filtre à sable et filtre à tambour, filtre biologique avec argile expansée, des colonnes d'oxygénation/dégazage, des sursaturateurs en oxygène (de type cône inversé) et des pompes de recirculation. Les systèmes d'urgence sont constitués de sondes de surveillance avec suivi informatisé, de diffuseurs d'oxygène pur à démarrage automatisé ou de génératrices et d'alarmes.



Filtre à sable et filtre biologique avec argile expansée
et unité de recherche avec petits bassins à fond conique



Unité de recherche avec des bassins circulaires plus grands



Bassin de traitement des eaux usées avec des végétaux et vue des élevages de mollusques

À la sortie, l'eau piscicole passe par des bassins rectangulaires en béton (de forme « Burrows ») dans lesquels on fait se développer des algues pour traiter l'eau et réduire les rejets. La baie située à proximité de la station piscicole est un site abrité pour la production de mollusques.

2.2 L'entreprise Les Poissons du Soleil

L'entreprise est située à Balaruc les Bains sur une pointe de terre avançant dans un grand étang où elle puise une partie de son eau piscicole. L'entreprise réalise une production de lous et de maigres qu'elle vend à une taille d'environ 50 g à d'autres producteurs qui les engraisent jusqu'à la taille commerciale. Nous avons visité quatre parties de la station piscicole, soit celles destinées à la garde des géniteurs, à la production du phytoplancton, au démarrage larvaire, au préengraissement de 0,25 à 1 g et à l'engraissement de 1 à 50 g.



Vues extérieures de l'entreprise et bassin principal d'arrivée d'eau

L'approvisionnement en eau de l'entreprise est constitué d'un captage en eau de mer provenant du grand étang situé à proximité et de puits. La température de l'eau de l'étang varie de 4,5 à 30 °C et la température de l'eau souterraine est relativement constante à 17 °C. La salinité de l'eau de mer est de 10 ppt.

Les géniteurs sont gardés dans des bassins circulaires situés dans un bâtiment du type serre ayant une membrane opaque pour permettre d'avoir un cycle photopériodique adapté. Les bassins ont un diamètre de près de cinq à six mètres et une épaisseur d'eau d'environ 0,5 à 0,8 m.



Bassins des géniteurs

Dans la chaîne de traitement de l'eau, l'eau des bassins passe par un filtre à sable, un filtre biologique et une colonne d'oxygénation/dégazage avant de retourner aux bassins. L'eau, autant pour la réchauffer que pour la refroidir, est thermorégulée. Le chauffage est assuré par une chaudière au gaz et des échangeurs à plaques pour transférer la chaleur à l'eau piscicole. Le refroidissement est fait par des pompes thermiques.



Échangeurs de chaleur pour conditionner la température de l'eau et de l'unité de filtration biologique situé à l'extérieur pour la partie de la production consistant le démarrage larvaire

Le démarrage larvaire a lieu dans un autre bâtiment et dans des bassins rectangulaires. Ces derniers fonctionnent en circuit fermé avec la chaîne de traitement d'eau habituelle tels que le filtre à sable, le filtre biologique, les UV, le dégazage, l'oxygénation et le retour aux bassins. Dans cette partie, la température de l'eau peut être ajustée selon le besoin. L'alimentation est faite uniquement avec des rotifères. L'entreprise réalise donc la production d'algues et de rotifères dans des bassins cylindriques à fond arrondi. Leur diamètre est d'environ 1,5 à 2 m et leur profondeur est de près de 2,5 m.

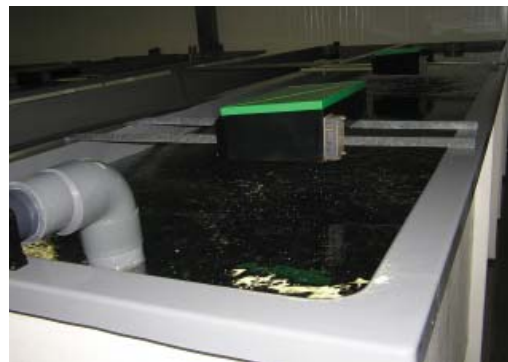


Système pour la production de phytoplancton et cuves de production des rotifères

L'entreprise a construit un nouveau bâtiment et des nouvelles unités de production pour les stades de 0,25 à 1 g. Au début, l'alimentation est faite uniquement avec une soupe de rotifères. Des pompes péristaltiques amènent cette soupe à chacun des bassins de poissons. Par la suite, l'aliment artificiel est ajouté à 50 % de la ration. Ce nouveau bâtiment contient 24 bassins rectangulaires qui fonctionnent comme des « raceways », leurs dimensions sont d'environ 8 m de long par 1,2 m de large et 1,2 m de haut. Ces derniers sont regroupés en groupes de six bassins ayant leur propre circuit d'eau et de traitement. Dans chaque groupe de bassins, le débit d'eau est de 240 m³/h. La chaîne de traitement est composée d'un filtre à sable, d'un filtre biologique avec des argiles expansées (deux à trois centimètres), d'un stérilisateur à UV, des colonnes d'oxygénation/dégazage, un sursaturateur en oxygène de type conique et d'un filtre à tambour. Le propriétaire nous a fait part de certaines problématiques dans les colonnes d'oxygénation/dégazage et du système d'oxygénation. Pour le dégazage, il souhaiterait avoir une colonne par bassin. Cependant dans un premier temps, il envisage d'ajouter un système de ventilation forcé aux colonnes actuelles. Le sursaturateur en oxygène peut conditionner un débit variant de 40 à 60 m³/h qui par la suite est mélangé au débit principal allant aux bassins. Il croit que la capacité de son système est à la limite du besoin. Pour un meilleur contrôle, il souhaiterait qu'il y ait des lignes de distribution d'eau suroxygénée à chaque bassin.



Local des équipements de traitement d'eau et bassins rectangulaires pour la production des 0,25 à 1 g



Système de pompes doseuses pour l'alimentation avec des rotifères et nourrisseur à courroie pour l'aliment artificiel

La dernière étape de production, soit les individus de 1 à 50 g, est réalisée dans un autre bâtiment ayant des bassins circulaires d'un volume de 45 m³. Le débit d'eau circulant dans les bassins est de 250 m³/h pour six bassins. La charge en poissons peut atteindre 500 kg/bassin soit 11 kg/m³. La chaîne de traitement est constituée d'un filtre à tambour, d'un filtre à sable, d'un filtre biologique avec argiles expansées, d'un dégazeur, de stérilisateurs à UV et d'un suroxygénateur. Selon le propriétaire, les bassins ont un volume unitaire trop grand ce qui amène un manque de bassins pour répartir les poissons une fois qu'ils sont calibrés en tailles uniformes.

L'entreprise est équipée des systèmes habituels de sécurité tels que des génératrices et des avertisseurs (alarmes) par télécommunication.



Bassins circulaires pour les individus de 1 à 50 g, unités de biofiltration à l'arrière et grilles pour les équipements de calibrage des poissons

2.3 L'entreprise Pisciculture Méditerranéenne

Cette entreprise est située à Salses-le-Château, une localité située le long de la Méditerranée dans le sud-est de la France à proximité des Pyrénées et de l'Espagne. La production annuelle est de 120 t de bars (loups) par année. L'approvisionnement en eau est constitué d'une source ayant un débit de 1,5 m³/sec (5 400 m³/h) dont la température est relativement constante à 17 °C et la salinité est de 2 ppt. Cette grande capacité d'approvisionnement en eau souterraine est due à la grande perméabilité de la roche en place, laquelle draine les terres montagneuses situées à l'ouest de la station piscicole. Comme la station piscicole est en zone de terres basses par rapport au niveau de la mer, elle exploite l'eau marine dont la température varie de 4 à 30 °C. Cette eau marine parvient au site à gravité par des canaux (fossés) puis elle est relevée sur une faible hauteur pour alimenter les bassins piscicoles.



Vue générale des installations piscicoles et une épuisette remplie de lous



Arrivée d'eau des sources et pompage de l'eau de mer

La température de production est ajustée par le mélange des deux approvisionnements en eau afin de modifier la croissance de différents groupes de poissons et d'avoir des produits selon la demande du marché. Pour la production au stade larvaire et aussi pour ceux maintenus en circuit fermé, l'eau piscicole est chauffée avec des pompes thermiques de type eau-eau.

L'entreprise achète ses œufs quatre fois par année (environ 500 000) d'une autre station piscicole située à Graveline. La production de l'entreprise se divise en quatre étapes soit le stade larvaire, le préengraissement jusqu'à 40 g, la première étape d'engraissement jusqu'à 150 à 200 g et l'engraissement final jusqu'à 300 à 500 g.

Stade larvaire :

Pour ce stade, des bassins circulaires de 1,5 m de diamètre et de 1,2 m de haut et à fond conique sont utilisés (environ 2 m³). À ce stade, le système fonctionne en recirculation avec une filtration à sable, un filtre biologique, un stérilisateur à UV et un dégazeur. Le temps de séjour de l'eau dans les bassins est d'environ 45 minutes. Il y a un apport continu de 10 % d'eau nouvelle dans le système en recirculation. La température de l'eau est de 16 °C au début puis elle est augmentée progressivement pour atteindre 21 °C à la fin de cette période. Au départ, les poissons sont nourris avec des artémies puis progressivement, on les habitue à l'aliment artificiel. Le temps de cette étape de croissance est d'environ 44 jours. Durant ce stade, il est préférable de maintenir des densités assez élevées de sorte qu'à la fin, il y ait entre 100 000 et 150 000 alevins par bassin. L'oxygène est amené aux poissons par un diffuseur d'oxygène pur situé au centre des bassins.



Bassins pour le démarrage larvaire avec une fenêtre d'observation et mélange (soupe) d'artémies



Distributeur à courroie pour aliment artificiel et écumeur pour maintenir la surface de l'eau libre de toute matière, en particulier les huiles provenant de l'alimentation



Deux cylindres de biofiltration avec des argiles expansées

Le préengraissement jusqu'à 40 g :

Cette étape se fait dans trois bassins octogonaux ayant un diamètre de 3,5 à 4 m et une profondeur de 1,8 m (environ 20 m³). Ces bassins sont munis de « Fecal trap » ou ECOFISH par laquelle 5 à 10 % du débit du bassin sort et cette eau est acheminée vers un petit sédimenteur/décanteur circulaire installé à chaque bassin. Ces bassins sont dans une boucle de recirculation comprenant un filtre tamis rotatif, un filtre à sable, un filtre biologique, un dégazeur et un sursaturateur en oxygène. Les petits poissons (queues de lot) sont éliminés dès le premier calibrage.

L'engraissement jusqu'à 150 à 200 g :

Cette étape se fait dans deux séries de quatre bassins octogonaux ayant un volume unitaire de 50 m³. Ces bassins sont importés de la Norvège; le fabricant est Aqua Optima (<http://www.ntnu.no/gemini/1996-03/19b.html>) Ces bassins sont aussi équipés du système de drains de fond ECOFISH. Une proportion de cinq à dix pourcent du débit sort par les drains de fond. La différence sort par la surface et par un tuyau placé verticalement près du mur du bassin. Comme le système précédent, cet ensemble de bassins fonctionne en circuit fermé et il est constitué des mêmes éléments de traitement. Le système de traitement d'eau a une capacité de 200 m³/h. L'eau est suroxygénée par un cône principal et par de petits cônes secondaires fonctionnant en boucle à chaque bassin.



Bassin de 50 m³ en acier avec membrane et crépine et drain au centre



Système de traitement des eaux des bassins de préengraissement (filtre à tambour et cylindre de filtration biologique)

L'engraissement jusqu'à la taille commerciale de 300 à 500 g :

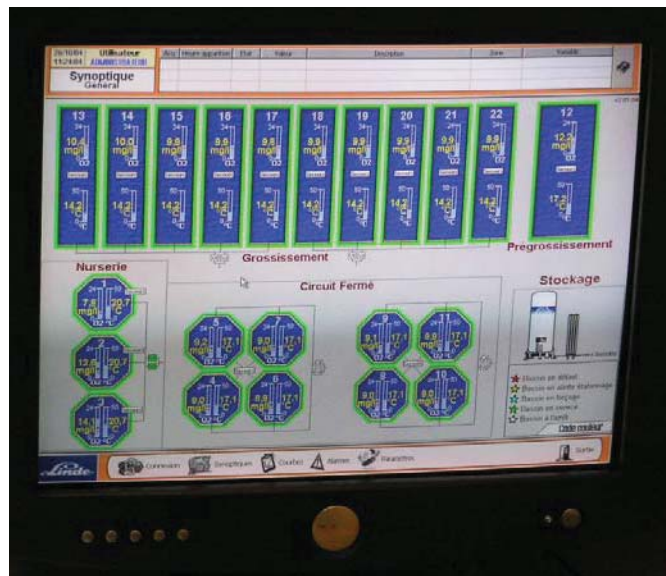
Cette étape se fait à l'extérieur dans six ou huit « raceways » d'environ 100 m³ de volume (3 x 30 x 1,2 m de profond). Ces bassins sont en circuit ouvert. L'approvisionnement en eau provient de la source à laquelle s'additionne un apport en eau de mer de 500 L/sec (1 800 m³/h). L'eau de mer est relevée d'une hauteur approximative de quatre mètres par des pompes de type axial de marque Flygt. Dans les « raceways », le débit d'eau est suffisant pour assurer les besoins en oxygène des poissons; il n'y a pas de système d'oxygénation.



Bassins de type « raceway » pour l'engraissement du loup (en circuit ouvert)

L'entreprise utilise un système de surveillance informatisé contrôlant l'apport en oxygène en fonction de la demande, en plus de contrôler l'alimentation et prévenir en cas de panne. Elle utilise Nova Fish pour son système de gestion de production (<http://www.star-syliance.com/nav.asp?page=novafishfr>).

L'entreprise assure la traçabilité de sa production, de l'œuf jusqu'au consommateur. D'ailleurs sur chaque poisson sortant de l'usine, une petite étiquette indique le nom de l'entreprise, le mois et la journée de la pêche. Le poisson est livré entier.



Unité électronique de suivi des paramètres de production des bassins de préengraissement



Loups en préparation pour la distribution à l'état frais (non éviscéré) sur glace



Étiquette apposée sur les loups dans le processus de traçabilité, loup catalan et couleurs sur l'étiquette de gauche et date de pêche sur celle de droite (verso)

2.4 L'entreprise Les Fontaines de Charles Murgat

Cette entreprise est située à St-Barthélemy près de Beaurepaire entre Vienne et Grenoble.

Cette entreprise, démarrée par Charles Murgat, est plus que centenaire (début 1898) dans la production de salmonidés. L'entreprise produit près de 20 t d'ombles chevaliers, de 60 à 80 t d'ombles de fontaine, 100 t de truites Fario et 400 t de truites arc-en-ciel. Au cours des dernières années, l'entreprise a réduit progressivement sa production massive de truites arc-en-ciel et produit davantage des poissons d'autres espèces de salmonidés qu'elle destine soit au marché des œufs ou des alevins certifiés exempts de maladie ou au marché du repeuplement. Cela fait en sorte que seulement le tiers de la surface de l'exploitation de la partie engraissement est actuellement utilisée.

L'entreprise s'est établie sur ce site en raison de la présence d'importantes sources d'eau. Le potentiel est de près de 2 000 L/sec (7 200 m³/h) à une température relativement constante de 11,7 °C. Ces eaux proviennent d'un esker qui draine le plateau des terres froides en Dauphiné et le massif préalpin des Chartreuses. Durant la saison sèche et pour l'approvisionnement d'eau pour la production des juvéniles (raisons sanitaires), cette eau est exploitée en partie par pompage. Lors de la visite, le débit qu'utilisait la station était de 600 L/sec (2 160 m³/h).

La station piscicole est divisée en deux sections majeures ayant chacune des barrières sanitaires. La première sert à la production des juvéniles et la garde des géniteurs et la deuxième pour l'engraissement des poissons.



Source d'eau et unité de dégazage par pression négative



Première section de la station piscicole (œufs, juvéniles et géniteurs) et deuxième section (engraissement)



Mesures de protection contre l'introduction de maladies à l'entrée de la première section



Appareil de vaccination automatisé et bassins rectangulaires à fond circulaire pour juvéniles



Robot d'alimentation sur monorail et bassins des géniteurs avec panneaux pour les contrôles photopériodiques



Photo de Monsieur Murgat avec vue d'ensemble des bassins extérieurs de type « raceway » et vue du filtre à tambour à la sortie de cette première section

La première section comprend un bâtiment dans lequel les activités de reproduction, celles de l'incubation et certaines activités spéciales, entre autres la garde des géniteurs d'ombles chevaliers en eau refroidie, sont réalisées. Pour ces derniers, il y a deux bassins circulaires ayant des serpentins réfrigérants dans la paroi des murs. Un second bâtiment ou abris rigides est le prolongement du premier et il contient des viviers rectangulaires en béton pour le préengraissement des juvéniles. Ces viviers rectangulaires ont environ 5 m de long par 1 m de large et 0,5 m de profond. Ils ont la particularité d'avoir un fond arrondi ou en demi cercle. Les poissons de ces bassins sont alimentés par un robot de marque STORVIK, se déplaçant sur un monorail. Compte tenu de la saison, cette partie de la station piscicole n'était pas utilisée lors de notre visite. À l'extérieur se trouvent plusieurs bassins de type « raceway » pour l'engraissement des juvéniles et la garde des géniteurs. Ces bassins auraient les dimensions d'environ 30 m de long par 6 m de large et 1 m de profond et ils seraient disposés en deux paliers. Les poissons dans ces bassins sont protégés contre la prédation des oiseaux par des filets. À l'entrée, l'eau d'origine souterraine est dégazée en la faisant chuter dans un caisson de béton muni de multiples orifices dans lequel une pression négative est maintenue. À la sortie de cette section, l'eau est filtrée par un tambour rotatif de 100 microns avant de retourner au milieu récepteur.

La seconde section de la station piscicole est construite avec de nombreux « raceways » de 75 m de long, 6 m de large et 1 m de profond. Seulement le tiers des bassins est utilisé. Ces bassins sont en deux paliers. À la sortie du dernier, l'eau est filtrée par des tamis rotatifs.



Vue d'un filtre à tambour à la sortie de la deuxième section de la station piscicole (engraissement) et vue du silo servant aux essais sur la concentration et la stabilisation des boues piscicoles



Vue de l'aire d'expédition avec camion en chargement située à l'extérieur de l'enceinte piscicole et vue de la barrière électrique située dans le canal d'effluent de la deuxième section de la station piscicole



Vue à l'intérieur de l'usine de transformation et filets de truites arc-en-ciel

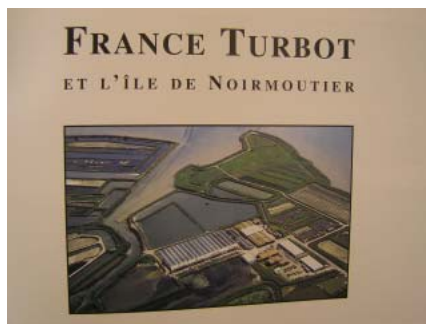
Quelques points particuliers mentionnés ou observés lors de la visite :

- l'entreprise suit un programme de sélection génétique sous l'égide de la SISAF;
- la sélection des géniteurs est faite selon deux critères principaux soit la croissance et la qualité des poissons;
- le parasite à problème chez les salmonidés en France est le *Flexibacter columnaris*;
- l'entreprise possède une machine à vacciner d'une capacité de 7 000 poissons/h;
- cet appareil de fabrication danoise est de marque Rossey;
- lors de la visite, l'entreprise réalisait un projet d'essai sur la densification et l'entreposage des boues en provenance des tamis rotatifs;
- à la sortie de la station piscicole et plus spécifiquement à la sortie de la section des géniteurs, en plus d'un grillage de retenu, l'entreprise utilise une barrière électrique.

Cette barrière électrique est composée d'une anode à la verticale dans la partie supérieure du canal et d'une cathode placée à l'horizontale sur le lit du cours d'eau. La barrière sert à empêcher les poissons sauvages d'entrer (action répulsive) et les poissons de la station piscicole de sortir (action mortelle). Ceux de l'extérieur qui remontent le courant d'eau et atteignent la barrière reçoivent un choc électrique qui les engourdit durant un court moment et se font ramener vers l'aval par l'eau. Ceux de la station piscicole qui descendent le courant d'eau reçoivent un choc électrique de longue durée jusqu'à la mort, le courant d'eau les maintenant vis-à-vis la barrière électrique. Les camions de transport des poissons vivants n'entrent jamais dans la station piscicole. L'entreprise a aménagé un quai d'embarquement à l'extérieur des clôtures où les poissons sont montés directement dans les bacs du camion par des élévateurs à poissons. L'entreprise a sa propre usine de transformation du poisson destiné à la consommation. Les produits de l'entreprise sont la truite ronde éviscérée et les filets de truites. Les arbres observés sur le site de la station piscicole portent le nom des «platanes».

2.5 France Turbot

France Turbot est une entreprise ayant plusieurs sites aquacoles dont le principal est situé à L'Épine sur l'Île de Noirmoutier en France. Au site de Noirmoutier, on réalise toutes les étapes de la production du turbot de l'écloserie jusqu'au grossissement. L'eau salée provient de la nappe souterraine; sa température est de 14 °C. Comme le débit exploitable de la nappe souterraine est insuffisant, la station piscicole fonctionne en circuit fermé.



Vue aérienne des installations de France Turbot

Sur l'Île de Noirmoutier, 4 800 m² d'espace d'élevage est en recirculation de l'eau en circuit fermé, avec un taux de renouvellement de l'eau d'environ 10 %. Tous les paramètres standard de la qualité physicochimique de l'eau sont suivis régulièrement, les bassins les plus critiques ayant des sondes d'oxygène, de température et de pH installés en permanence. La durée du cycle de production dans des installations de recirculation est essentiellement le même qu'en circuit ouvert, ainsi que les coûts de production.

La phase de grossissement chez France Turbot à Noirmoutier consiste en quatre unités, chacune ayant 1 200 m² de bassin qui produit 60 tm/année.



Vue des bassins pour le démarrage des juvéniles et unité de traitement d'eau de ces mêmes unités (filtre à tambour et filtre biologique)

Unités de production de 60 t en circuit fermé :

L'unité a une superficie totale de production de 1 200 m². Les bassins sont de forme carrée de 6,4 m de côté et à coins chanfreinés. Ils auraient une surface unitaire de près de 37,5 m². Ainsi, chaque unité devrait compter 32 bassins. Ces bassins ont une profondeur de 0,9 m. Le volume d'eau de chaque bassin, en considérant une hauteur d'eau de 0,7 m, serait de 28 m³. Ils ont deux sorties d'eau, soit une première située au centre avec un trop-plein situé en périphérie et une seconde prenant l'eau en surface et celle située dans un des coins. La crépine du drain de fond est bombée afin de limiter son obstruction par les poissons et la seconde située en surface permet de récupérer les déchets flottants telles que les huiles se détachant de l'aliment.



Vue des bassins d'engraissement de forme carrée à coins chanfreinés et une vue des cônes de sursaturation d'eau en oxygène



Sorties des bassins à doubles drains soit un au centre au fond et un autre en périphérie et images illustrant la densité d'élevage des turbots

Le débit de chaque bassin est de 37 m³/h, soit l'équivalent d'un renouvellement d'eau à chaque 45 minutes. Cela équivaut à un débit circulant dans l'ensemble des bassins de 1 184 m³/h. Cependant, l'entreprise nous a mentionné que le débit d'une unité était de 400 m³/h. Il est possible que seulement 400 m³/h passent par le système de traitement d'eau et qu'une partie importante du débit des bassins est repompé directement en tête de bassins, sans traitement, où elle passe en partie par les sursaturateurs en oxygène.

Le système de traitement d'eau d'une unité est composé d'un tamis rotatif à disque et de trois tours de biofiltration. Ces dernières ont environ quatre mètres de diamètre par six à sept mètres de haut. Les modules de support bactérien sont des balles de plastiques ayant de longs filaments. L'eau circule en cascade au travers du média. Le biofiltre sert également d'unité de dégazage. L'apport additionnel en oxygène est fourni par de l'oxygène pur provenant des sursaturateurs d'eau de type conique.



Filtre à tambour d'une des sections et tours de biofiltration situés à l'extérieur

L'entassement serait de 55 à 60 kg/m². L'inventaire d'une unité serait alors de 66 t. Un inventaire plus élevé que la production annuelle est un indice d'une croissance relativement lente de deux ans et plus (relatif au problème de croissance mentionné pour la deuxième année), de périodes où la température de l'eau est possiblement trop froide pour la croissance (en hiver) ou d'une production de juvéniles qui n'est pas désaisonnalisée. L'aliment utilisé est de marque « Skretting » fabriqué pour le turbot.

2.6 INRA-SCRIBE, Rennes

L'aquaculture est un axe de recherche de l'INRA de Rennes depuis plus de 20 ans. Pour réaliser les activités de recherche, des installations piscicoles ont été aménagées sur le campus dans un bâtiment sur le site de Beaulieu où une superficie de 3 000 m² est disponible.

La station utilise l'eau douce du réseau municipal de Rennes qu'elle conditionne en température ou en salinité selon les besoins de chacun des projets. La station comprend de nombreux petits systèmes de recirculation autonomes. Ces petits systèmes et les équipements qui les composent sont dans des salles expérimentales individuelles et indépendantes. Ils sont configurés en fonction du besoin de maintenir des conditions environnementales optimales pour les espèces de poissons en étude. Certaines espèces des eaux plus chaudes nécessitent le réchauffement de l'eau, en plus de la filtration, de la biofiltration et du recyclage presque complet. Une particularité dans cette station est l'utilisation d'argile expansée comme média des biofiltres. Ce produit est utilisé depuis plusieurs années dans les unités de biofiltration. C'est une pierre volcanique contenant de nombreux micropores dans lesquels s'incrusteront les bactéries nitrifiantes. Cela favorise une plus grande stabilité de la population bactérienne lors de traitements chimiques.

Cette station piscicole expérimentale en milieu universitaire est composée de bassins hors sol permettant d'éviter tout échappement de poissons dans le milieu naturel. Aussi, l'eau usée sortant de cette station piscicole expérimentale est traitée par des décanteurs lamellaires dans un caisson situé à l'extérieur. De plus, elle est possiblement stérilisée avec un dosage au chlore avant de retourner au réseau des eaux usées municipales.



Installations expérimentales typiques à l'INRA



Aquarium d'une des salles expérimentales et une partie de l'équipe œuvrant au maintien et à l'opération des installations ainsi que les participants à la mission



Cylindres de biofiltration avec des argiles expansées et unité de traitement d'eau adaptée à un besoin particulier et utilisant aussi des granules d'argiles expansées



Argile expansée de différentes grosseurs ou granulométrie et perte du système de traitement final de l'eau à la sortie de la station expérimentale

OBJECTIFS SCIENTIFIQUES De SCRIBE

Croissance et qualité de la chair des poissons

- Différenciation et développement musculaire
- Contrôle endocrine et paracrine de la croissance
- Analyse et construction de la qualité de la chair

Adaptation et stress chez les poissons

- Recherche de gènes majeurs impliqués dans la réponse au stress
- Contrôle endocrinien des échanges ioniques
- Fonctionnement des organes osmorégulateurs

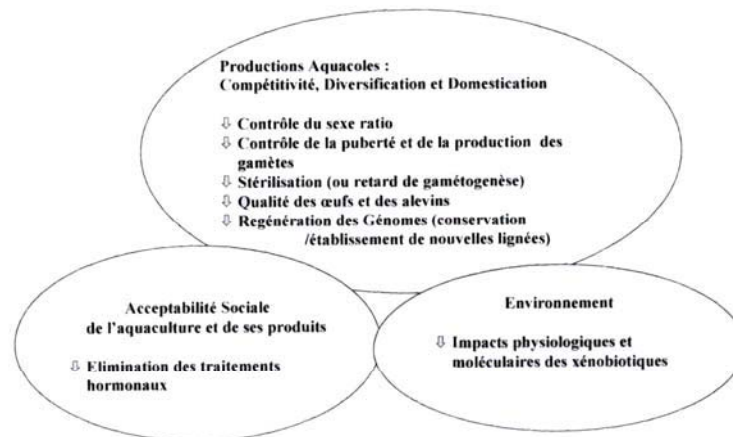
Sexualité et reproduction des poissons : SRP

- Différenciation et contrôle du sexe
- Physiologie testiculaire et spermatogenèse
- Ovogenèse et qualité des oeufs
- Ecotoxicologie de la reproduction
- Biotechnologies de la reproduction

Ichtyodiversité et Cryoconservation

- Réflexion sur la conservation de la biodiversité
- Cryoconservation
- Régénération du génome de poisson : androgenèse, greffe de blastocystes, clonage nucléaire

ENJEUX pour Sexualité et Reproduction des Poissons



Objectifs des recherches de SRP

<p>• Finalités</p> <ul style="list-style-type: none"> - Etude de la différenciation gonadique par les stéroïdes : gènes et voies métaboliques impliquées; nouvelles méthodes de contrôle du sexe ? - Facteurs de contrôle de la puberté et des cycles gamétogénétiques - Régulations des phases clés de la gamétogenèse - Induction de la ponte - Marqueurs précoces de qualité et Conservation des gamètes - Régénération des génomes par chimères ou transfert nucléaire 	<p>• Choix scientifiques</p> <ul style="list-style-type: none"> - analyse des mécanismes endocriniens et cellulaires de régulation : <ul style="list-style-type: none"> • périphériques • locaux (gonade) - approches génomiques <ul style="list-style-type: none"> • sur "gènes candidats" • différentielle • systématique - Exploration de déterminismes génétiques et exploitation de lignées ou de modèles extrêmes
---	--

- Identification des facteurs de perturbation, -dont EDC - et de leurs

Approches « Moléculaires »

transcriptome, protéome
et fonction des gènes

Thèmes

- Réseaux de gènes impliqués dans la différenciation gonadique
 - Gènes impliqués dans le contrôle de la gamétogenèse
 - Gènes et protéines liés à la qualité des oeufs
 - Gènes impliqués dans la régulation de la puberté
 - Toxicogénomique des perturbateurs endocriniens de la Reproduction
- Approches
1. **Gènes candidats** (*GnRH et GnRH Recept; Gonadotropines et Recept; GH et IGFs et Recepteurs; Gènes de la stéroïdogenèse et Recepteurs aux stéroïdes; Apoptose et prolifération somatiques ou germinaux...* **profils spatio temporels, et éléments de régulation**) QPCR+ HIS
1 seul programme de transgénèse SRP : AMH
 2. **Démarches sans a priori** - groupes de gènes et voies métaboliques impliquées
- nouveaux gènes candidats
puces à ADNc de truite (AGENAE)

COLLABORATIONS

•Organismes de Recherche en France

IFREMER Génomique des fonctions d'intérêt aquacole chez le poisson
CIRAD Transfert de technologies et d'outils; diversification
gènes impliqués dans le déterminisme et la différenciation du sexe
INSERM gènes ovocytaires, régulation spermatogénèse, CNS et puberté
CNRS

•Partenaires Internationaux

•Partenaires Institutionnels

↓ Ministères de l'agriculture
et de l'environnement
↓ OFIMER
↓ IFOP (UE)

•Partenaires sociaux professionnels

Comité interprofessionnel des produits de l'aquaculture (CIPA)
Syndicat des sélectionneurs avicoles et aquacoles français (SYSAAF)
Société IMV Technologies

Certains des gènes ou clusters = Futures CIBLES ?

•Mieux appréhender les phénomènes biologiques étudiés

•Gènes Futures CIBLES pour inactivation ciblée?

•Altération de l'expression de réseaux de gènes
- par traitement chimique ? par le mode d'élevage ?
(Via hormones - Via technologie d'élevage)

•localisation /polymorphisme ⇨ sélection
peut-on jouer sur leur expression/fonction par sélection?

