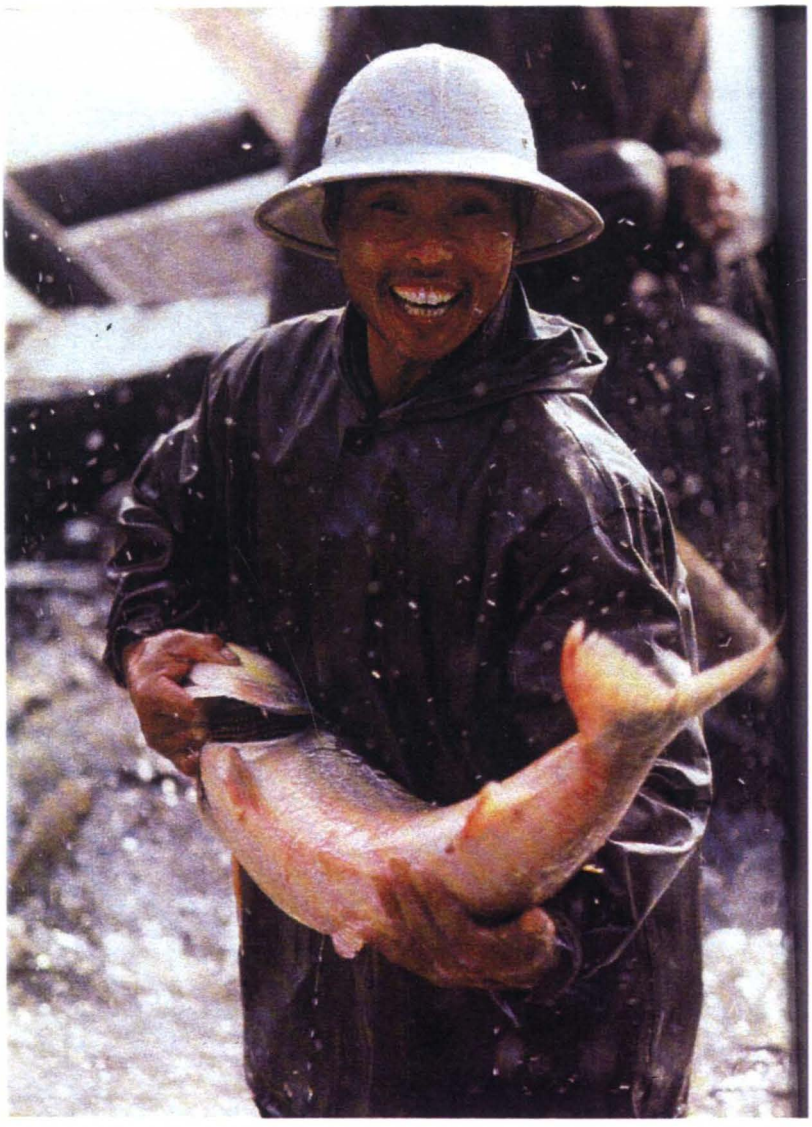
Compte-rendu de mission en CHINE
Pisciculture marine et d'eau douce
1 – 11 mars 2000

Séminaire sino-français "pisciculture marine et d'eau douce"
de Wuhan 1-5/03/2000
Visites des provinces de Fujian et du Shandong 6 -11/03/2000

Rapport conjoint IFREMER – INRA – CIRAD

Par

Jean-François Baroiller – Cirad, Jean-François Bernardet - Inra, Chantal Cahu - Ifremer, Jacques Fuchs - Ifremer, Yves Harache - Ifremer, Bernard Jalabert - Inra, Alan Jones – Sturgeon farm, Gilles Lemarié - Ifremer, Li Zheng - Inra, Gérard Maisse - Inra, Marc Vandeputte - Inra.



Coordination du projet : Jacques Fuchs, Zheng Li
Coordination du rapport : Jacques Fuchs, Bernard Jalabert

Remerciements :

Les auteurs du rapport de mission Pisciculture en Chine remercient Madame Lu Belei de la NNSF, Monsieur François Sastourne, Consul Général de France à Wuhan, Monsieur Antoine Mynard, Conseiller scientifique de l'Ambassade de France, Monsieur Jean-Louis Porry, conseiller agricole au poste d'expansion économique, Monsieur Li Zheng, représentant de l'Inra en Chine et Messieurs Chen Shuping et Jacky Jiang de la CSF pour le soutien qu'ils leur ont apporté dans l'organisation et la tenue du séminaire de Wuhan et de la mission de terrain dans les province de Fujian et du Shandong.

Diffusion du rapport

IFREMER
Direction Générale
Direction des Ressources Vivantes
Direction des Relations Internationales

INRA

CIRAD

NNSF – Madame Lu Belei

Ambassade de France et **Poste d'expension économique** à Pékin

Consulat de France à Wuhan

Entreprises privées
Sturgeon farm
Sepia
Cofrépêche
Idee

Sommaire

Résumé détaillé du rapport : principaux points marquants de la mission – perspectives...4-8

1 – Présentation de la mission.....9-10
1.1 – Objectifs
1.2 – Participants
1.3 – Déroulement

2 – Contexte, situation et grandes tendances de l'aquaculture en Chine 11-13

3 – Principales étapes de la mission.....13-24
3.1 – Séminaire piscicole de Wuhan 1 au 5 mars 2000
3.2 – Visite de la province de Hubei
3.3 – Visite de la province de Fujian
3.4 – Visite de la province de Shandong

4 – Synthèse des discussions par domaine de recherche.....25-35
4.1 – Reproduction
4.2 – Génétique
4.3 – Contrôle du sexe
4.4 - Pathologie
4.5 – Nutrition
4.6 - Biotechnologie
4.7 – Systèmes d'élevage
4.8 – Transfert de technologie

5 – Conclusions - perspectives.....36-38

6 – Annexes

Mission en CHINE Pisciculture marine et d'eau douce
1 – 11 mars 2000

RESUME DETAILLE

❑ Panorama de la pisciculture chinoise en quelques mots

Secteur aquacole :
- Activité économique de première importance : 11 millions tonnes de poissons d'eau douce, 225 000 tonnes de poissons marins et d'eau saumâtre pour un total de 21,2 M tonnes de produits aquacoles en 1997,
- Activité encore très traditionnelle, faisant appel à des technologies peu sophistiquées sauf cas particulier (exemple de l'élevage du turbot dans la province du Shandong),
- Fortes contraintes de développement liées notamment aux problèmes pathologiques et à la dégradation de l'environnement,
- Accroissement rapide de la pisciculture marine (140 000 tonnes en 1995, 225 000 tonnes en 1997) et demande très forte pour l'introduction de nouvelles espèces et de nouvelles technologies,
- Evolution de la demande vers des espèces de haute valeur commerciale : anguilles et poisson mandarin (160 000 et 83 000 tonnes de production respectivement en 1998).

Recherche :
- Très forte atomisation du dispositif de recherche chinois avec de nombreuses redondances dans les programmes des instituts et des universités,
- Quelques laboratoires de pointe de renommée internationale (Institut d'océanologie, Sinica, Wuhan, universités de Shangai et de Xianmen),
- Installations expérimentales souvent très vétustes et peu sûres sanitairement,
- Demandes de coopération scientifique très diversifiées mais nombreuses dans quatre domaines prioritaires : génétique et reproduction, nutrition et croissance, prévention des maladies, systèmes d'élevage.

Il est important de noter qu'aujourd'hui en Chine, les laboratoires de recherche sont tous incités à développer des collaborations avec des équipes étrangères (ref discours introductif du séminaire de Wuhan par Mrs Lü Beilei, NNSF).

❑ Points forts de la mission

- Approche concertée et coordonnée entre les instituts français impliqués dans les recherches en pisciculture marine et d'eau douce en France :
La mise en commun des expériences et l'examen des problèmes et demandes exprimés par les partenaires chinois à l'occasion du séminaire et des diverses tables rondes ont permis d'aboutir à une analyse précise et pertinente des conditions du développement de la pisciculture chinoise et à une évaluation objective du potentiel de recherche.

- Organisation de la mission :
Le fait de concilier un séminaire de travail franco-chinois avec la réunion annuelle de la CSF (Chinese Society of Fisheries) à Wuhan a facilité la rencontre avec de nombreux chercheurs chinois souvent dispersés et difficiles à contacter. De même, la tenue d'un stand à l'occasion du séminaire a permis aux entreprises françaises de présenter leurs produits et aux instituts

d'exposer certains de leurs travaux de recherche. On notera que la France était le seul pays étranger à participer à cette manifestation.
Enfin, les visites de terrain organisées dans deux des provinces (Fujian et Shandong) où l'aquaculture joue un rôle économique essentiel ont été l'occasion de mieux appréhender les systèmes d'élevage et les structures de recherche.

- Soutien financier :
Le fait de disposer d'un budget de l'Ambassade de France a facilité la venue d'une délégation importante de scientifiques français. De même, la participation financière de la NNSF à l'organisation du séminaire de Wuhan et l'implication du Consulat de France à Wuhan ont été particulièrement appréciées.

- Appui local fort :
La mission n'aurait certainement pas eu un tel succès si le représentant de l'Inra à Pékin n'avait pas pris en charge l'ensemble des relations avec la partie chinoise. Nous avons rencontré les plus grandes difficultés pour identifier un partenaire fiable et son aide a été essentielle dans la mise en place de la mission.

- Participation d'entreprises françaises :
La participation d'une entreprise française à la mission a été particulièrement bien ressentie. On regrettera que les bureaux d'étude spécialisés, déjà impliqués en Chine, n'aient pu ni assister au séminaire, ni participer à la mission de terrain.

- **Principaux acquis**

- Meilleure connaissance de l'état de développement de la pisciculture en Chine et des orientations à court et moyen terme,
- Evaluation du potentiel de recherche et des capacités réelles des équipes, pré-sélection des laboratoires les plus aptes à coopérer,
- Identification des sujets les plus prioritaires dans les quatre principaux domaines de recherche en pisciculture,
- Première analyse des opportunités pour répondre à la demande.

La synthèse des demandes est présentée dans le **tableau 1** ci-après.

- **Modalités de coopération**

Dans une première étape, les participants à la mission ont recommandé d'approfondir les domaines de coopération retenus en invitant des chercheurs chinois doctorants ou post-doctorants à séjourner en France pour des périodes de quelques mois.

Une autre modalité consiste à utiliser les mécanismes de coopération mis à disposition par le MAE et l'Ambassade de France sous la forme d'appels d'offre afin de lancer des projets de recherche de moyenne envergure (1 à 2 ans).

- **Retombées à court et moyen terme**

1/ Identification et rédaction de projets de coopération scientifique :

- Unité mixte de nutrition Ifremer/Inra – Ocean university de Qingdao : nutrition larvaire du Yellow croaker – projet déposé à l'appel d'offre du programme franco-chinois de recherches avancées clos en juin 2000 (résultat attendu fin novembre),

2/ Renforcement des liens institutionnels :

- Signature en septembre 2000 d'une convention Ifremer – NNSF en complément de celle déjà signée en 1999 par l'Inra et le Cirad

3/ Opportunités commerciales par les entreprises privées :

- Vente d'alevins de nouvelles espèces – esturgeon (Sturgeon farm), turbot (France-Turbot).

4/ Identification d'un besoin de mise à niveau des laboratoires et des installations expérimentales notamment pour améliorer les conditions sanitaires des élevages et disposer d'installations de quarantaine actuellement inexistantes.

5/ Visites de délégations en France :

- Accueil par Ifremer d'une délégation de la province de Fujian (Xianmen), fin novembre en Bretagne et Méditerranée : conchylicultre, élevage de poissons marins.

Tabeau 1 - Synthèse des discussions par domaine de recherche

Domaine de Recherche	Niveau connaissance	Domaines abordés	Demande en recherche	Partenariat	Modalités
Reproduction	Empirique sauf Quelques labo de pointe (Sinica Wuhan).	Qualité œufs et ovocytes.	1/ Mécanisme maturation, ovulation, 2/ Déterminsime qualité des œufs, 3/ Contrôle de l'âge à la première maturité sexuelle.	1/ Institut hydrobiologie – Sinica – Wuhan 2/ 3th Institute of oceanography and univ. Xianmen – Fujian.	Accueil de doctorants – post-doctorants
Génétique	Disparate – orienté vers l'introduction nouvelles espèces et biotechnologie (transgénèses). Absence de programme de sélection.	- Transgénèse : Institut hydrobiologique de Wuhan et Academia Sinica de Qingdao, - Sélection : Univ Shanghai, YSFRI Qingdao, peu convainquants.	1/ Sélection Tilapia résistants à la salinité, alcalinité et froid, 2/ Cellules Es pour intégration ciblée de gènes.	Pas de laboratoire clairement identifié.	Accueil de doctorants – post-doctorants.
Contrôle du Sexe	Chez Tilapia (520 000T en 1998), hybridation inter-spécifiqiue uniquement.	- Pas de programme de recherche sur Tilapia, - Carpe : production de monosexe femelles par gynogénèse et traitement hormonal, - Autres travaux sur Mérous, crabe.	1/ Contrôle du sexe chez Tilapia *O.niloticus, O.aureus* et hybrides rouges.	- Fujian Research Institute of Oceanography, - 3 Institute of Oceanography, - Shangaï Fisheries University, - Institute of Hydrobiology, Sinica, Wuhan, - National Qindao tilapia Seed Farm, - National Guangzhou tilapia Seed Farm, - Wuhan University, College of Life Sciences, - *Ferme privée Luye (Xiamen Luye - Fisheries Co., Ltd,)* - Hunan Normal University, Department of Biology, Changsha, - Zhongshan Univ., Dept of Biology, Guangzhou.	Accueil de doctorants – post-doctorants.

Domaine de Recherche	Niveau connaissance	Domaines abordés	Demande en recherche	Partenariat	Modalités
Nutrition	10% production aquacole nourrie sur aliments artificiels soit 3M tonnes/an aliments – 400 entreprises.	Nombreux domaines de la nutrition : protéine, énergie, acides gras, vitamines, attractants …..	1/ Nutrition larvaire (yellow croaker), 2/ Besoins nutritionnels poisson mandarin (eau douce), 3/ Utilisation sources alternatives protéines.	- Ocean university of Qingdao – élevage larvaire yellow croaker - Institut d'Hydrobiologie – Sinica – Wuhan – sources alternatives de protéines .	Soumission d'un projet en commun avec l'université de Qingdao – AO Ambassade de France 2000.
Pathologie	Disparate mais assez bon dans l'ensemble.	La pathologie, et surtout celle des poissons, est souvent le parent pauvre des instituts visités; quelques personnes travaillent sur les pathogènes des poissons (surtout marins) mais surtout sur ceux des mollusques et des crustacés.	Nombreuses mais vagues. Concernent des applications sophistiquées (diagnostics moléculaires, vaccins à ADN...) mais l'agent pathogène n'est souvent pas encore déterminé.	1) Institute of Hydrobiology, Wuhan: virologie moléculaire, réponse immunitaire à un vers parasite 2) Aquaculture Department de la Jimei University; virus des ormeaux, pathogènes de l'anguille, 3) Ocean University, Qingdao: bactériologie marine, 4) Yellow Sea FRI: pathogènes de crevettes et mollusques	A définir, mais probablement accueil de doctorants et post-doctorants.
Biotechnologie	Longue expérience dans le domaine de l'ingénierie cellulaire (polyploidie, gynogénèse, androgénèse, transgénèse ..) sur certaines espèces aquacoles.	Priorités transgénèse et clonage avec plusieurs modèles (cyprinidés notamment).	Pas de demande explicite, mais mais souhait de collaborations sur les points de bloquage identifiés sur transgenèse et clonage (recombinaison homologue et reprogrammation nucléaire).	- Institut hydrobiologie Sinica – Wuhan.	Accueil de doctorants – post-doctorants.
Systèmes d'élevage	Peu sophistiqués mais robustes.	Peu de recherche dans ce domaine –circuits fermés.	1/ Systèmes recyclage en écloserie et grossissement, 2/ Effet des paramètres environementaux sur la croissance.	- Institut hydrobiologie Sinica – Wuhan, - Fujian Fisheries Research Institute.	Visites techniques en France (délégation Fujian..).
Transferts		Toutes espèces nouvelles, toutes technologies.	1/ Introduction de nouvelles espèces (Turbot, Esturgeon, Coquille St Jacques..), 2/ Partenariat sous forme de joint-venture.	Bureaux d'étude et entreprises privées.	Contacts directs.

I – Présentation de la mission

1.1 - Objectifs

Les objectifs de cette mission, financée par l'Ambassade de France en Chine, étaient triples :

1 – Participer au séminaire sino-français en pisciculture marine et d'eau douce de Wuhan, organisé conjointement par Ifremer, l'Inra, le Cirad et la China Society of Fisheries : présentation de l'état des recherches conduites en France dans le domaine de la pisciculture marine et d'eau douce ; en retour, information sur la situation de la production piscicole chinoise, des contraintes actuelles de son développement, et du niveau des recherches menées par les équipes chinoises dans ce secteur,
2 –Faciliter le rapprochement entre les entreprises et bureaux d'étude français et les producteurs chinois à l'occasion du séminaire de Wuhan (tenue d'un stand présentant les technologies françaises) et des visites de sites,
3 – Evaluer les possibilités de coopération scientifique entre la France et la Chine après avoir visité deux zones importantes de production aquacole et les instituts de recherche chinois susceptibles d'intervenir.

1.2 - Participants

1.2.1 – Délégation française :

La délégation française était composée de 11 personnes :

Ifremer :
Yves Harache - Directeur du Département aquaculture de l'Ifremer, chef de mission,
Chantal Cahu – Laboratoire Mixte Nutrition Ifremer/Inra de Brest,
Gilles Lemarié – Laboratoire de Recherche en Pisciculture marine/ Ifremer – Palavas,
*Jacques Fuchs – Ifremer/DRCI/Paris

Inra :
Bernard Jalabert – Inra/Rennes
Gérard Maisse – Inra/Rennes
Jean-Français Bernardet – Inra Jouy en Josas,
Marc Vandeputte – Inra Jouy en Josas
*Zheng Li – Inra Beijing

Cirad :
Jean-Français Baroiller – Rennes

Enterprise Privée :
Alan Jones – Sturgeon farm

**** Coordinateurs du projet***

A cette délégation, il convient d'ajouter la participation au séminaire de Wuhan de messieurs Antoine Mynard, Conseiller scientifique de l'Ambassade de France en Chine, Jean-Louis Porry, conseiller agricole au poste d'expension économique et François Sastourne, Consul général de France à Wuhan.

1.2.2 – Délégation Chinoise :

Liste des principaux instituts ayant participé au séminaire de Wuhan :
- China Society of fisherie (co-organisateur du séminaire),
- National Natural Sciences Foundation of China (co-financeur du séminaire),
- Bureau of Fisheries, Ministry of Agriculture,
- China Academy of Sciences – Institute of Hydrobiology -Wuhan,
- Ocean university of Qingdao,
- Shanghai fisheries university,
- Fish disease laboratory, Luojiashan,
- Beijing fisheries research institute,
- Guangdong fishery import&export company,
- Tianjin bureau of fisheries,
- Shanxi bureau of water resources,
- Shanxi fisheries research institute,
- Liaoning bureau of fisheries and Ocean.

Les noms des participants chinois au séminaire sont précisés dans **l'annexe 1**.

Principaux instituts visités dans la province de Fujian :
- Fujian Provincial Science&Technology Commission,
- Xianmen municipal Science&Technology Commission,
- Fujian Institute of Oceanography,
- Fisheries Research Institute of Fujian,
- Third Institute of Oceanography (SOA), Xianmen,
- Xianmen et Jimei universities.

Principaux instituts visités dans la province de Shandong :
- Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences,
- Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fisheries Sciences,
- Ocean university of Qingdao,
- First Institute of Oceanography (SOA), Qingdao.

1.3 – Déroulement de la mission

29/02 – 1/03/2000	Paris – Wuhan (Province de Hubei),
2/03/2000	Visite Académie des Sciences – Institut d'Hydrobiologie (Prof Zhu Zuoyan) – réception Consul Général de France,
3 - 4/03/2000	Séminaire Pisciculture marine et d'eau douce de Wuhan,
5/03/2000	Wuhan – Fuzhou – réception par le Vice-Gouverneur de la province de Fujian,
6/03/2000	Réunion de travail avec l'ensemble des Instituts de recherche du Fujian, départ Fuzhou – Xianmen, visite ferme esturgeons,
7/03/2000	Xianmen, visite 3ème Institut d'océanographie du SOA, université de Xianmen, université de Jimei, Institut des Pêches du Fujian,
8/03/2000	Xianmen – Qingdao (Province du Shandong),
9/03/2000	Visite de l'université de Qingdao, de l'Académie des Sciences, du YSFRI (Yellow Sea Fisheries Research Institut) et du SOA (1er Institut d'océanographie),
10/03/2000	Visite de fermes aquacoles et des installations expérimentales du SOA,
11/03/2000	Départ Paris

2 – Contexte – situation et grandes tendances de l'aquaculture en Chine

Extrait de la synthèse rédigée par Y.Harache, E.Bachere (Ifremer), J.Lazard (Cirad) et P.Sorgeloos (université de Gent) à l'occasion du séminaire de Guangzhou, organisé du 16 au 19 janvier 2000 par la Chinese National Center for Biotechnology Development (CNCBD), la China Society of Fisheries et l'European Biotechnology Node for Interaction with China (EBNIC), Allemagne.

Situation de l'aquaculture en Chine en 2000 :

Avec un territoire de 9,6 millions km^2 et une population estimée de 1,244 milliards en 1997, la Chine demeure aujourd'hui le plus grand pays du monde. 725 millions de personnes constituent la force de travail dont 509 dans le domaine de l'agriculture (70%). Per capita, le PIB reste faible (US$ 668), et l'agriculture n'y contribue qu'à hauteur de 10%. Elle utilise une surface totale de 124 millions hectares contre 52 millions hectares pour l'aquaculture qui représente à elle seule 67% de la production mondiale en 1997.

- Evolution de la production aquacole chinoise en quelques chiffres

Les produits aquatiques représentaient 14 millions de tonnes en 1990, 38 millions en 1997 (56% par l'aquaculture soit un peu plus de 21 millions de tonnes). L'évolution des productions est présentée dans le **tableau 2** suivant :

	Aquaculture par rapport à la Pêche	**Production aquacole totale**	
		Tonnes	Valeur (US$)
1990	51,62%	7,5	4
1995	60,5%	17,6	16,3
1997	56%	21	Non communiquée

Tableau 2 - Production aquacole en Chine 1990-1997
Source : FAO

Parmi les raisons de ce fort développement sont souvent évoqués :
- l'accroissement du nombre d'espèces élevées : 60 espèces de poisson (x6 depuis les années 60), 10 de mollusques (x2), plus de 10 de crustacés et 10 espèces d'algues,
- l'augmentation très significative des rendements à l'ha depuis 1980 et 1998 par système d'élevage (eau douce) et par esèces (eau saumâtre et marine)(**tableau 3**)

Eau douce	**1980**	**1985**	**1990**	**1995**	**1998**
Bassins	0.765	1.395	2.385	3.742	4.562
Lacs	0.150	0.256	0.435	0.710	0.970
Réservoirs	0.090	0.150	0.435	0.538	0.810
Chenaux	0.345	0.525	0.795	1.337	1.703
Champs				0.265	0.418

Eau saumâtre et marine	1980	1985	1990	1995	1998
Poissons	0.150	0.315	0.915	1.188	4.509
Crevettes	0.285	0.690	1.275	0.343	0.735
Mollusques				3.373	10.641
Algues				17.224	21.247

(Source LI SIFA, 2000)

Tableau 3 : Evolution de la production aquacole par unité de surface depuis 1980 (tonnes/hectares/an)

- Principales espèces élevées en eau douce

La pisciculture d'eau douce représente à elle seule près de la moitié de l'aquaculture totale (**tableau 4**) avec une production supérieure à 11 millions de tonnes en 1998 dont près de 80% de carpes et 530 000 tonnes de tilapia

Espèces	1978	1998
Silver & bighead carps	0,53 (70%)	4,700 (36%)
Grass carp	0,12 (16%)	2,808 (21%)
Common carp	0,05 (7%)	1,927 (15%)
Crucian carp	0,02 (3%)	1,030 (8%)
Black carp	0,02 (2%)	0,28 (2%)
Bount snout bream	0,04 (5%)	0,50 (3%)
Tilapias	0,01 (1%)	0,53 (4%)
Total (millions tonnes)	**2,6**	**11,71**
% FW production	**100%**	**89%**

(source LI SIFA, 2000)

Tableau 4 – Niveau de production d'espèces aquacoles d'eau douce en Chine (millions de tonnes et % de la production continentale)

- Aquaculture marine

La production aquacole marine et d'eau saumâtre (450 940 tonnes en 1986, 2,5 millions de tonnes en 1995, 2,8 en 1997) reste modeste comparés aux 11 millions de tonnes produits par la pisciculture d'eau douce mais son accroissement depuis 10 ans est très significatif comme le montrent les chiffres indiqués dans le **tableau 5** suivant :

Espèces	1986	1990	1995	1997
Huîtres	54 994	62 354	373 119	
Moules	210 657	495 895	415 179	
Coquilles St Jacques	23 686	147 003	916 492	
Palourdes	41 603	109 702	502 003	
Total Mollusques	**330 940**	**814 954**	**2 206 793**	**2 329 000**
Poissons marins	30 000	35 000	140 000	225 000
Crustacés	90 000	200 000	140 000	102 000
Total aquaculture marine	**450 940**	**1 049 954**	**2 486 793**	**2 656 000**
Aquaculture continentale	3 000 000	3 5000 000	8 200 000	11 000 000

Tableau 5- Evolution de l'aquaculture marine (à l'exclusion des algues) et comparaison avec la pisciculture d'eau douce entre 1986 et 1997.

- Liste des principales espèces de poissons marins élevées en Chine en 1997 (**tableau 6**)

L'évolution récente de l'aquaculture tend à promouvoir depuis une dizaine d'années l'élevage d'espèces de haute valeur commerciale tels que les anguilles, les crevettes et chevrettes, les tortues et crabes d'eau douce, les poissons marins et d'eau douce carnivores, les coquilles St Jacques **(Tableau 6)**. Elle répond à une demande croissante de consommateurs friands de nouveaux produits. On estime en effet à 100 millions le nombre de consommateurs chinois ayant des revenus similaires à ceux des pays européens. Plusieurs espèces de poissons marins ont ansi été importées en Chine ces dernières années : turbot japonais (*Paralychtys olivaceus*) importé du Japon dans les années 1980 et turbot européen *(Scophtalmus maximus*) en 1992 en provenance de l'île de Man.

La liste des principales espèces de poissons marins élévées en Chine est présenté dans la **tableau 6** suivant :

	Espèces	
Poissons plats	*Paralychtys olivaceus*	
	Scophtalmus maximus	
Mullets	**Mugil cephalus**	
Seabass	*Lateaolabrax japonicus*	
	Lates calcarifer	
	Larimichthys croces (Yellow crockle)	
Sparidés	*Acanthopagrus sp.*	
	Rhabdosargus sarba	
	Pagrosomus major (red bream)	
	Sparus macocephalus (black porgy)	
Lutjanidés	*Lutjanus stellatus* (snapper)	
Mérous	*Epinephelus sp.*	
TOTAL		**255 000 tonnes**

(*source LI SI FA, 2000*)

Tableau 6- Liste des principales espèces de poissons marins élevées en Chine en 1997

3 – Principales étapes de la mission

3.1 – Séminaire pisciculture marine et d'eau douce de Wuhan – 1 au 5 mars 2000

3.1.1 – Programme

- Contexte :

L'idée d'organiser un séminaire d'échange scientifique et technique entre la Chine et la France dans le domaine de la pisciculture marine et d'eau douce a été lancée par le Département des Ressources Aquacoles de l'Ifremer à l'occasion du Seafood exhibition de Pékin en 1998. Cette initiative a reçu le soutien de l'Ambassade de France à Beijing mais n'a pu être menée à bien à cette date en raison de la défection de la Chinese Academy of fisheries Sciences (CAFS), avec qui les premiers contacts avaient été pris.

Il a fallu attendre novembre 1999 pour identifier un partenaire, la China Society of Fisheries (CSF) et obtenir son accord pour organiser un atelier de travail à Wuhan. Il s'est tenu du 2 au 5 mars 2000 en parallèle à la réunion annuelle de la Société des Pêches où plus de 500 chercheurs et producteurs chinois étaient attendus. Les organisateurs avaient également prévu une exposition technique et ont sollicité la participation de la délégation française pour y présenter son savoir-faire dans le domaine de la pisciculture.

Ifremer a assuré la coordination de ce séminaire en association étroite avec l'Inra, le Cirad et la CSF et reçu le soutien financier de l'Ambassade de France et de la NNSF (National Natural Science Foundation of China).

- Attendus du séminaire :
Les attendus du séminaire étaient triples :
1/ mieux faire connaître les recherches menées en France par les organismes de recherche impliqués dans le domaine de la pisciculture marine et d'eau douce, en présentant un état des connaissances et les innovations scientifiques et techniques récentes,
2/ s'informer de l'évolution de la production piscicole chinoise, des contraintes actuelles de son développement et du niveau des recherches menées par les équipes chinoises dans ce secteur afin d'identifier les domaines d'intérêt commun et les partenaires potentiels,
3/ élaborer des projets de coopération scientifique et technique et évaluer les opportunités de transferts de technologie.

- Programme du séminaire et participants
Trois personnalités ont ouvert officiellement le séminaire : Monsieur Li Ming Qui, Président de la CSF, le professeur Zhu Zuoyan, vice Président de la Natural National Sciences Foundation of China, et Monsieur François Sastourne, Consul Général de France à Wuhan.

L'atelier de travail a été divisé en 4 sessions d'une demi-journée chacune :

Session 1 – Etat des productions piscicoles et présentation du dispositif de recherche en Chine, en Europe et France,
Session 2 – Introduction d'espèces non indigènes,
Session 3 – Innovation dans les principales disciplines de recherche : reproduction, pathologie, nutrition, génétique, biotechnologie, systèmes d'élevage,
Session 4 – Discussion finale autour de 4 thèmes (1) Reproduction et génétique (2) Prévention des maladies (3) Nutrition et croissance (4) Systèmes d'élevage.

Les résumés de toutes les interventions avaient été traduits en chinois et anglais et distribués à chaque participant avant la conférence.

Le détail du programme, la liste des intervenants et les résumés des présentations sont présentés dans **l'annexe 1.**

3.1.2 – Situation de la recherche piscicole en Chine au travers des présentations du séminaire

Au terme de deux jours de séminaire couvrant pratiquement tous les aspects de la pisciculture chinoise, il apparaît difficile d'avoir une vision complète de la situation de la recherche aquacole en Chine en raison de l'étendu du sujet et des difficultés de traduction qui ont rendu les échanges très lents et relativement superficiels.

D'un côté, au vu des présentations générales des professeurs Li Sifa (état des recherches aquacoles en Chine, introductions d'espèces) et Cui Yibo (interactions aquaculture - environnement), les besoins apparaissent énormes, compte tenu de la diversité des espèces élevées et des milieux à prendre en compte.

D'un autre côté, les travaux de recherche présentés (mais ils ont vraisemblablement été sélectionnés...) montrent souvent des objectifs scientifiques et technologiques ambitieux (exemple de l'amélioration génétique par la transgenèse et le clonage plutôt que par des méthodes classiques mais éprouvées de sélection). On note également une focalisation de certaines équipes sur ces sujets très « académiques », en pathologie notamment : biologie d'un organisme (exemple du Bothriocéphale), alors que les problèmes de pathologie liés à la diversité des espèces aquacoles et de leurs pathogènes sont énormes et n'ont pas été abordés.

En matière de transgenèse, transfert nucléaire et clonage, les travaux présentés, réalisés depuis une quinzaine d'années au « State key laboratory » de Wuhan, et pour une petite partie publiée dans des revues internationales, sont incontestablement d'un haut niveau. La question de l'acceptabilité des poissons transgéniques par les consommateurs, même si elle ne semble pas se poser de façon aussi aiguë qu'en Europe, est néanmoins posée, comme le montrent les efforts déployés pour la réalisation de transgènes « tout poisson » et pour démontrer l'innocuité de la chair des poissons transgéniques pour le consommateur.

Dans le domaine des introductions d'espèces, en revanche, il semble que toute préoccupation sur les risques pour l'environnement (biodiversité et cortège de pathogènes) ait été totalement absente jusqu'à présent. Pratiquement toutes les espèces de poisson marins et d'eau douce présentant un intérêt aquacole, qu'elles soient d'origine chinoise ou étrangère, sont présentes en Chine. L'un des derniers exemples d'introduction concerne le Turbot atlantique importé de l'île de Man dans les années 1995 et plus récemment de France (France-Turbot).

3.1.3 – Synthèse des tables rondes

Quatre grands domaines d'intérêt commun ont été identifiés à l'occasion des tables rondes qui ont suivi les exposés. Ils concernent :

Domaine 1 - Nutrition et croissance
1.1 - nutrition larvaire de nouvelles espèces (Yellow croaker),
1.2 - sources alternatives de protéine dans les aliments artificiels.

Domaine 2 – Génétique et reprodutcion
2.1 – contrôle du sexe de plusieurs espèces (Turbot, Tilapia),
2.2 – contrôle de la gamétogénèse,
2.3 – recherche sur la qualité des œufs (moléculaire et biochimique).

Domaine 3 – Prévention des maladies
3.1 – pathogénicité d'importants pathogènes en Chine,
3.2 – immunologie,
3.3 – maladies parasitaires, bactériennes et virales.

Domaine 4 – Systèmes d'élevage et protection de l'environnement
4.1 – environnement et performances d'élevage,
4.2 – intensification des élevages (offshore, circuits fermés)

Le détail des propositions de collaboration est présenté dans **l'annexe 2** (rédacteur Dr Li Sifa, Université de Shanghai)

3.1.4 – Conclusion du séminaire et perspectives

- Participation

Nous avons pu constater une forte participation des scientifiques de Wuhan et de leurs étudiants en thèse (Académie SINICA, université de Wuhan), de l'université de Shanghai (Dr Li Sifa) et de Qingdao, et des représentants de la CSF. Par contre, peu de scientifiques d'autres provinces étaient présents, et certains instituts, comme le YSFRI dont la visite était prévue en fin de mission, n'étaient pas représentés.

- Domaines d'intervention

Les intervenants chinois étaient pour la plupart soit des scientifiques renommés au niveau international, soit leurs collaborateurs. Les domaines couverts étaient extrêmement diversifiés, de la génétique moléculaire aux systèmes d'élevage, ce qui interdisait tout approfondissement, compte tenu du peu de temps disponible et des difficultés de traduction.

- Contrainte

La traduction des exposés et des discussions s'est avérée extrêmement laborieuse. La traduction de l'anglais au chinois, et inversement, avait en effet été confiée par la CSF à des thésards du « State Key Laboratory of Freshwater Ecology and Biotechnology » de Wuhan qui ont eu beaucoup de difficultés avec l'accent français des intervenants et/ou avec certains termes techniques en dehors de leur propre discipline (génétique moléculaire). Enfin il est à noter que le matériel disponible pour les exposés était un système de vidéoprojection moderne, parfaitement adapté aux présentations par micro-ordinateur, mais très mal adapté à la projection des transparents ou des diapositives apportées par les participants français, ce qui n'a pas facilité la communication.

- Perspectives

Demande forte pour un partenariat scientifique dans les quatre domaines de recherche évoqués, avec dans un premier temps un échange de chercheurs. Ces perspectives ont été précisées à l'occasion des visites des instituts de recherche des provinces de Fujian et du Shandong.

3.2 – Visites - Province de Hubei

Visite de l'Institut d'hydrobiologie, China Academy of Sciences - Wuhan

- State Key Laboratory of Freshwater Ecology and Biotechnology

- *Département de Biotechnologie* :

Visite pilotée par le Professeur Zhu Zuoyan (Vice-Président du National Sciences Foundation Council) à Wuhan. D'après les discussions avec le professeur Zhu et ses étudiants, et au vu des communications affichées, les travaux portent essentiellement sur la transgenèse et le clonage, l'objectif étant d'associer ces deux méthodologies pour avoir la possibilité de multiplier les individus transgéniques. En matière de transgenèse, le laboratoire a été l'un des

pionniers en produisant dès 1985 des carpes transgéniques par microinjection de constructions hétérologues dans le pronucléus. Depuis, ces travaux ont été répétés avec succès chez la carpe et la loche en utilisant les gènes de l'hormone de croissance humaine (hGH) et l'hormone de croissance de truite arc-en-ciel. Les poissons transgéniques se caractérisent par une croissance supérieure à celle des témoins, avec une amélioration significative du taux de transformation et de rétention azotée. L'objectif est maintenant la réalisation de transgènes « tout poisson » (promoteur et gène d'une hormone de croissance GH) afin de lever d'éventuelles réticences de la part des consommateurs. Des méthodes d'intégration du transgène autres que la microinjection dans le pronucléus sont également explorées, comme l'électroporation pratiquée sur des œufs ou surtout sur des cultures d'explants de nageoires. Dans ce dernier cas, il s'agit d'obtenir *in vitro* la recombinaison homologue des gènes d'intérêt, puis de transférer le noyau des cellules transgéniques dans un œuf énucléé. Les difficultés majeures rencontrées résident d'une part dans la sélection des cellules issues d'un événement de recombinaison homologue, et d'autre part dans l'aptitude des œufs énucléés de carpe à effectuer la « reprogrammation » des noyaux transgéniques transférés.

- *Département de Pathologie des Poissons* :

Visite et présentation éclair par le Prof. NIE Pin. Les travaux de parasitologie ont fait l'objet d'une communication lors du séminaire. Plusieurs articles ont été publiés dans de bonnes revues sur la réponse immunitaire des poissons à l'infestation par un botryocéphale, et les travaux ; sur ce sujet se poursuivent, avec des projets sur la phylogénie du parasite et sa diversité génétique. Nous n'avons eu aucune indication sur les autres travaux du laboratoire, censés être menés, selon la plaquette de l'Institut, sur la pathogénie des maladies, les traitements, etc...

- Fondation pour la conservation des dauphins d'eau douce :

Recherches sur la reproduction des dauphins d'eau douce du Yang-Tsé kiang (dauphin Baiji, *Lipotes vexilifer*), espèce menacée d'extinction, dont la population n'excède pas une centaine d'individus. Les problèmes rencontrés par cette espèce sont multiples : trafic intense sur le Yang-Tsé (bruit des bateaux perturbant le système d'écholocation), pêche intensive (compétition alimentaire, et mortalité par asphyxie dans les filets de pêche), dégradation de l'habitat, pollution chimique. Nous n'avons pas eu beaucoup d'informations sur la nature des recherches qui semblent se limiter à des essais de reproduction en captivité, jusqu'à présent peu fructueux.

3.3 – Visites – Province de Fujian

3.3.1 – Contexte de l'aquaculture dans la province de Fujian

Le Fujian est une vaste province côtière du sud-est de la Chine (33 millions d'habitants) bénéficiant de plus de 3000 km de côte, de nombreuses îles et zones peu profondes, et d'un climat tempéré à subtropical. Les importants apports financiers et industriels depuis Taiwan, située juste en face, expliquent le développement et la richesse relatifs de cette province, en particulier des 2 villes côtières que nous avons visitées (Fuzhou, la capitale provinciale, et Xiamen). Tous ces éléments ont fait du Fujian la province de Chine dont la production per capita de produits aquacoles est la première en Chine, représentant plus de 10% de la production aquacole totale du pays; la progression a été particulièrement spectaculaire depuis une vingtaine d'années. La production marine est composée pour 2/3 par les produits de la pêche en mer et pour 1/3 par ceux de l'aquaculture marine. La production d'huîtres est de 1,2 millions de tonne/an et celle de poisson 520 000 tonnes. C'est dans cette province que la

consommation par habitant de produits aquacoles est la plus élevée en Chine (150 Kg/habitant/an). La température de l'eau de mer en surface est en moyenne de 9 à 11°C au nord de la province et de 11 à 13°C au sud en hiver, et d'environ 28°C tout au long de la côte en été. Malgré ces conditions très favorables, les discussions avec les collègues chinois font apparaître des problèmes. Certains sont inhérents au caractère subtropical du climat: on observe 5 ou 6 typhons modérés par an, et un beaucoup plus grave tous les 40 ans en moyenne. En outre, si la qualité générale de l'eau est considérée comme bonne, les pollutions locales sont très fréquentes, liées avant tout à la densité de population: coliformes fécaux en provenance des égouts, métaux lourds et déchets pétroliers de l'industrie, aquaculture intensive elle-même... Des problèmes liés à la surexploitation se posent aussi; par exemple, l'exportation intensive de civelles vers le Japon a conduit la province à en importer massivement de France. De plus, la reproduction de nombreuses espèces n'est encore pas maîtrisée. Enfin, comme partout, l'intensification des productions aquacoles s'accompagne d'un spectaculaire développement de la pathologie, toutes espèces confondues, même si les agents sont rarement identifiés.

3.3.2 – Programme des visites

- **6 mars au matin, Fuzhou** :

Une table ronde a réuni la délégation française et une trentaine de partenaires chinois de différents instituts. Les chinois ont présenté l'aquaculture dans leur province ainsi que leurs principaux thèmes de recherches: océanologie, hydrologie-géologie, surveillance des environnements marins, amélioration des techniques de pêche et d'aquaculture, prévention et contrôle des maladies, introduction de nombreuses espèces aquacoles et développement d'une alimentation artificielle pour certaines d'entre elles, industrie des aliments d'origine aquatique... Y. Harache, J.F. Baroiller et B. Jalabert ont ensuite présenté les 3 instituts français et leurs axes de recherches, enfin A. Jones a exposé l'élevage des esturgeons en France.

- **7 mars, Xiamen** :

- Visite d'une firme de production de denrées alimentaires d'origine aquatique, la Xiamen Huashun Foodstuff Co., qui possède plusieurs autres usines en Chine. Cette joint-venture avec Taiwan emploie cinq cents ouvriers à Xiamen et traite et conditionne de la chair de poisson et de crabe pour produire du surimi, des poissons fumés ou congelés, des conserves, des sauces, des raviolis, des brioches et croquettes fourrées... Cette usine a également une unité de contrôle sanitaire et organoleptique. Ce type d'aliments, distribués en supermarchés (et exportée en Europe et en Australie), se développe considérablement.
- Visites des instituts suivants : le Third Institute of Oceanography et le College of Oceanography and Environmental Science; puis, après le déjeuner, l'université Jimei (en particulier son Aquaculture Biotechnology Institute et sa Luyei Aquaculture base) et le Fisheries Research Institute of Fujian Province (**voir présentation détaillée de chaque institut en annexe 3)**
- Visite de 3 sites de production:
  - une unité de production de tilapia, la Xiamen Luye Fisheries Co., firme privée qui collabore avec l'université Jimei (des étudiants y effectuent des stages). Située dans les environs de Xiamen à proximité de sources chaudes (sources thermales à 92°C), elle produit 200 millions d'alevins par an. Après plusieurs années de sélection, la ferme s'est spécialisée dans la production de 2 espèces en eau douce, *O. niloticus* et *O. aureus*, dont les premiers représentants ont été importés de Taiwan. En outre, des croisements avec *O. mossambicus,* dont la résistance en mer est bonne, ont permis une production en enclos en mer, mais les

conditions sont néanmoins limites (voir plus loin). La production de la ferme de Luye est de 35 kg/m3/an. Un coup de filet dans un bassin nous permet d'admirer 2 beaux spécimens de "red tilapia" de 4 ans; la couleur de cette espèce (en fait orange) est appréciée par le consommateur, sans doute grâce à la ressemblance qu'elle confère au tilapia avec certains poissons marins réputés, tels les lutjans. Pour la reproduction, les proportions de mâles et de femelles mis en présence sont de 3 pour 1.

- une vaste écloserie de crevettes, de construction de type japonais, dans laquelle plusieurs espèces tropicales *Penaeus monodon, P. vannamei, P. penicillatus* sont élevées. Les géniteurs de *P. vannamei* sont achetés directement en Equateur, à 20 US $ la paire. Soixante millions de post-larves sont produites par an, avec une survie de 70%, et envoyées sur une grande partie de la côte chinoise. La ferme est située en bord de mer, mais la mauvaise qualité de l'eau locale rend nécessaire la livraison de l'eau par camion ou bateau. Chaque bassin comporte de nombreux bulleurs ainsi que des tuyaux immergés dans lesquels circule de l'eau chaude. Nous observons différents stades larvaires ainsi que des adultes reproducteurs. Les larves sont nourries avec des aliments "non vivants", algues lyophilisées, aliments composés de différentes granulométries apparemment fabriqués en Chine. La technologie semble parfaitement maîtrisée.

- un ensemble de cages flottantes dans une baie peu profonde abritée par une île; il s'agit encore d'une firme privée, mais travaillant en collaboration avec le Fujian Oceanography Research Institute (le petit bateau de pêche qui nous y emmène passe à côté de leur navire océanographique). Un millier de cages en filet de 9 m3 reliées entre elles permettent de produire une dizaine d'espèces de poissons dont des "red snapers", des "yellow croakers", des turbots et des tilapias. Ces 2 dernières espèces sont dans des conditions très limites (température de 13 à 28°C) et donc sensibles à toutes sortes de stress, comme le montre le mauvais état des individus. L'alimentation, constituée de poissons broyés, est complétée par des granules (fabriqués en Chine, 40% proteins, 1,4 de taux de conversion). La profondeur d'eau à cet endroit n'est que de 10m.

Pour toutes ces visites de terrain, il est étonnant de voir des lieux de production si proches des zones habitées: les cultures et habitations entourent les exploitations, et les buildings du centre ville se dressent à peu de distance.

- **8 mars matin** :

Deux exposés sont présentés, le premier par le Professeur Xu Xun, académicienne et directrice du Key State Laboratory of Marine Biotechnology Research (Third Institute of Oceanography), exposant l'aquaculture régionale et insistant sur les problèmes liés à la pathologie et sur la nécessité de développer des techniques de production saines ("healthy cultural techniques"), en particulier pour la crevette; le second par le Professeur Su Yong Quan, du College of Oceanography and Environmental Science, soulignant les problèmes liés à la qualité de l'eau et à l'absence de maîtrise de la reproduction de nombreuses espèces.

3.3.3 – Synthèse des discussions – identification des thèmes de coopération souhaités - partenaires

Les discussions entre experts français et chinois du Fujian ont eu lieu lors des réunions des 7 mars au soir et 8 au matin; elles aboutissent à la rédaction conjointe d'une liste de propositions.

Domaine 1 – Nutrition et croissance :
1.1 - Utilisation d'aliments artificiels pour larves de poissons marins
Fujian Research Institute of Oceanography, Jamei university, Ifremer

Domaine 2 – Génétique et reproduction :
2.1 – Tolérance des Tilapia à la salinité
Fujian Research Institute of Oceanography, Cirad, Inra, Ifremer.
2.2 – Contrôle du sexe chez les Tilapia
Fujian Research Institute of Oceanography, 3th Institute of Oceanography, Cirad, Inra.
2.3 – Amélioration des performances de croissance (sélection génétique, contrôle de l'âge à la première maturité sexuelle).
Xianmen university, 3th Institute of Oceanography, Inra/Rennes.
2.4 – Génétique des huîtres
Fujian Research Institute of Oceanography, Ifremer.

Domaine 3 – Prévention des maladies
3.1 - Identification et caractérisation du virus responsables des mortalités importantes chez l'ormeau : développement d'un vaccin, souches résistantes
Jimei University, Inra, Unité de Virologie et Immunologie Moléculaires (et/ou Ifremer La Tremblade)
3.2 – Identification , diagnostic rapide et contrôle des principales maladies des anguilles et des autres espèces (poissons, crevettes)
Jimei University, third Institute of Oceanography, the College of Oceanography, Environmental Science and the Fisheries Research Institute of Fujian Province, Inra unité de Virologie et Immunologie Moléculaires, Ifremer.
3.3 - Autres domaines :
- avec laboratoire du Prof. Xu Xun au Third Institute of Oceanography: virologie moléculaire (donc Inra ou Ifremer selon les espèces animales en cause)
- avec le pathologiste non identifié du College of Oceanography and Environmental Science: pathologie des crevettes (donc plutôt Ifremer -Tahiti)
- avec le laboratoire du Prof. Zeng Zhinan du Fisheries Research Institute of Fujian Province: pathologie des poissons marins, crevettes et mollusques.(donc Inra, Ifremer -La Tremblade, Ifremer - Tahiti)

Remarques concernant la préservation des maladies:
Seuls les chercheurs de l'Aquaculture Department de la Jimei University, (Prof. Guan Ruizhang, Song Zhen Rong, et Ji Rong Hing) ont formé avec J.-F. Bernardet le groupe de travail sur la pathologie. Les préoccupations sont nombreuses et variées, mais il manque le plus souvent l'élément décisif : la nature du pathogène en cause! Les demandes sont pressantes pour la mise au point de méthodes de diagnostic rapide et spécifique (de préférence moléculaires...), de traitements efficaces et de vaccins (de préférence à ADN...) mais on ne sait en général pas si ce qui tue l'animal est une bactérie, un virus, un parasite... ou la mauvaise qualité de l'eau! Il y a donc un énorme travail d'identification d'éventuels pathogènes à réaliser en tout premier lieu, et c'est le message que J.-F. Bernardet tente de faire passer.
Outre certains problèmes annexes (maladies des tortues à carapace molle et des grenouilles dont l'élevage commence à se mettre en place, mortalités de langoustes dont les essais d'élevage débutent à peine...), 3 sont nettement plus sérieux:

- une **maladie virale des ormeaux**. La production de ces mollusques si appréciés des chinois est en expansion, mais des mortalités catastrophiques surviennent de plus en plus

souvent. Elles ont été reliées à la présence d'un virus en abondance dans le foie; les photos en microscopie électronique montrent une morphologie icosaèdrique proche de celle des iridovirus. Tout le travail est donc à faire: caractérisation du virus, mise au point d'un diagnostic, essais de protection, sélection de lignées d'ormeaux résistants... Aucune lignée cellulaire de mollusque n'étant actuellement connue pour cultiver le virus, en mettre une au point est l'une des orientations possibles. Une autre possibilité est l'application de techniques moléculaires permettant de caractériser le virus à partir de matériel infecté, comme cela est couramment fait pour d'autres virus non cultivables. Ce type de techniques est parfaitement maîtrisé dans l' Unité de Virologie et Immunologie Moléculaires (VIM) de INRA à Jouy-en-Josas (), on peut donc imaginer qu'un étudiant chinois vienne les apprendre sur un autre virus, puis les applique à la **Jimei University** sur le virus de l'ormeau. Une autre solution enfin serait de passer le sujet aux collègues de l'IFREMER plus spécialisés en virus des mollusques (La Tremblade).

- une **maladie non identifiée de l'anguille**. Il s'agit encore d'une espèce pour laquelle la demande est très forte, en Chine même et au Japon. La production se développe donc, mais la pathologie en fait autant et le ou les agents pathogènes ne sont pas identifiés pour l'instant. Cette identification, prélude à tout travail, doit pouvoir être réalisée par les équipes de la **Jimei University** car elles possèdent des lignées cellulaires d'anguille pour isoler un éventuel virus et comportent aussi des bactériologistes. Une collaboration avec des virologistes ou des bactériologistes de la VIM est aussi possible pour les travaux ultérieurs sur le virus ou la bactérie identifiés, l'anguille rentrant parfaitement dans le domaine des espèces sur lesquelles nous pouvons travailler. Si une partie du travail nécessite l'utilisation d'anguilles vivantes et si les installations expérimentales de Jouy-en Josas ne permettent pas de les accueillir, une collaboration serait aussi possible avec les équipes de l'AFSSA à Brest ou celles de l'École Vétérinaire de Nantes.

- une demande assez forte mais beaucoup plus générale des collègues de la **Jimei University** porte aussi sur les recherches concernant **la pathologie des nombreuses espèces de poissons marins cultivées dans des cages flottantes**. Le nombre élevé de cages dans certaines zones propices et la densité très forte de poissons dans les cages sont à l'origine de nombreux épisodes de mortalité. L'identification de leur cause (problèmes d'environnement ou agents pathogènes) doit précéder tout autre travail et il est clair que si une coopération devait voir le jour dans ce domaine, il faudrait au préalable préciser considérablement le sujet de recherches... La même demande générale porte sur les mortalités de crevettes, mais ici encore il semble logique d'aiguiller les collègues chinois vers les équipes concernées à l'IFREMER-Tahiti. (Phénomène retrouvé dans les 3 villes côtières visitées: une forte demande chinoise pour les travaux sur les mollusques et surtout les crustacés, alors que notre mission était clairement étiquetée "poisson"...)

Domaine 4 – Systèmes d'élevage
4.1 – Transfert de l'élevage de l'esturgeon : écloserie, grossissement (joint-venture avec des partenaires chinois),
4.2 – Importation de juvéniles de France vers la Chine.
4.3 – Mariculture du Tilapia
Fujian Research Institute of Oceanography, Cirad

Le détail des discussions, rédigé par Ms. Zhuang Ruzhen - Project officer - Xiamen Municipal Science & Technology Commission, est présenté en **annexe 4**.

3.4 – Visite des instituts de recherche du Shandong (Qingdao)

3.4.1 – Contexte de l'aquaculture dans la province du Shandong

La province du Shandong est l'une des régions chinoises les plus dynamiques en matière d'aquaculture marine. Située dans la partie Nord de la Chine, elle bénéficie d'une côte découpée très favorable et d'un climat permettant l'élevage des principales espèces d'eau tempérée froide. Les écarts thermiques sont cependant importants avec des températures de l'eau variant de 3-4°C en hiver à 26-27 °c en été. L'élevage d'espèces marines est concentrée dans les larges baies protégées (baie de Qingdao), et à terre dans les zones de marais salans. Les principales espèces élevées concernent les pétoncles, les palourdes, les ormeaux, les poissons marins en cage et bassins, les algues et les crevettes (*P.orientalis*).

L'élevage des poissons est aujourd'hui en pleine expension avec trois espèces dominantes : la dorade japonaise, un sparidé local *Sparus macrocephalus* et le turbot japonais (Hirame) élevés en cages et en bassins à terre. Plusieurs producteurs investissent massivement dans l'élevage des poissons plats (Hirame) et depuis peu dans celui du turbot européen importé de France (France-Turbot). Plusieurs fermes à terre de grande capacité incluant écloserie, prégrossissement et grossissement en bassins béton ont été construites récemment. Nous avons pu visité une de ces fermes à 100 km au nord de Qingdao, à Hei Yang.

Malgrès ces atouts, l'aquaculture marine dans la province du Shandong est confrontée à de nombreuses contraintes :
- Mortalités massives des crevettes depuis quelques années, la production ayant chuté de 220 000 tonnes à 60 000 tonnes en 10 ans,
- Surcharge* des baies en mollusque avec une réduction significative de la production naturelle des pétoncles (1 million de tonnes/an), ayant occasionné l'introduction d'*Argopecten irridians*.
- Contraintes thermique obligeant les éleveurs de poissons marins en cage à rapatrier les animaux en bassins pendant la période hivernale.

* *La capacité trophique des baies pour l'élevage fait l'objet d'un programme de coopération entre le SOA, le YSFRI , l'Ifremer/Crema dans le cadre d'un prgramme européen Inco depuis 1998.*

3.4.2 – Programme des visites (9 mars 2000)

- Ocean University - Qingdao

L'exposé général sur l'université par son vice-président, le Prof. Kangsen Mai a été suivi d'une discussion pendant laquelle chacun a présenté son travail.
Le Prof. Huai-shu XU, directeur du Departement de Biologie Marine de l'université et aussi directeur du centre chinois d'enseignement et d'entraînement en biotechnologie (Biotechnology Education and Training Center) désigné et financé par le Biotechnology Action Council de l'UNESCO (il existe 4 autres centres dans le monde) a notamment présenté les travaux de son équipe sur la bactériologie marine :
- pathologie: *Vibrio* pathogènes pour la crevette et le bar;
- écologie: effet de la flore bactérienne du support sur la fixation des larves d'*Agropecten*;
- bioremèdiation: sélection de souches bactériennes dégradant les polluants organiques dans les bassins d'élevage de crevette;

- probiotiques: identification de bactéries inhibant fortement les bactéries pathogènes pour la crevette;
- biodiversité: inventaire des bactéries des côtes de la région (coopération avec l'Australie).

Sa présentation été suivi par celle du Prof. Shicui Zhang qui fait part de son intérêt pour les recherches sur les mécanismes et le contrôle de la maturation et de l'ovulation chez les poissons.

- Visite de l'Institute d'océanographie – Chinese Academy of Sciences

L'IOCAS de Qingdao a été présenté par son vice-Directeur, le Dr Sun Song et son ancien Directeur, le Professeur Liu Ruiyu. Participaient également à la réunion le professeur Linsheng Song, spécialiste en génétique/pathologie et le Dr Lin Ronggen en environnement/traitement des eaux. Une visite des laboratoires du département de biologie marine travaillant sur la génétique des crevettes et des poissons a ensuite été faite sous la conduits du professeur Song..

L'institute d'océanographie de la China Academy of Sciences, créé en 1950, est structuré en 4 grands départements de recherche fondamentale : océanologie, géologie et géophysique, environnement marin et biotechnologie. Des recherches appliquées sont également conduites par le IOCAS dans les domaines de l'aquaculture, de l'environnement marin et des substances bioactives. L'institut compte environ 60 professeurs et 168 chercheurs.

Dans le domaine de l'aquaculture et de la biotechnologie, l'institut s'intéresse à l'ensemble des filières d'élevage développées dans la province du Shandong : algues, crevettes, mollusques (pétoncles, palourdes, ormeaux) et plus récemment poissons marins.

Le domaine d'excellence de l'IOCAS concerne principalement la biotechnologie avec la production de triploïdes de *Peneus chinensis* et l'obtention de poissons marins 100% femelles chez le turbot japonais par le laboratoire du professeur Song. Des essais d'obtention de poissons transgénqiues sont également en cours au laboratoire sur deux espèces : carpe et dorade japonaise.

La visite des laboratoires de l'IOCAS nous a permis d'évaluer les capacités réelles de l'institut pour mener à bien des travaux en biotechnologie. Comme dans la plupart des Instituts et universités visitées, les installations expérimentales sont particulièrement vétustes et peu fonctionnelles pour mener à bien de tels travaux. Nous avons été frappé par le peu de précautions sanitaires prises par les chercheurs travaillant dans le domaine de la génétique. De même les équipements sont relativement anciens.

Les domaines d'intérêt de l'IOCAS concernent en priorité la biotechnologie avec une priorité affichée pour l'immunologie et l'obtention d'animaux résistants (crevetttes et pétoncle).

On notera que le professeur Son est en relation avec l'unité mixte de recherche Ifremer/CNRS de la DRIM (E.Bachere) avec laquelle il a participé en septembre 2000 à l'élaboration d'une proposition dans le cadre de l'appel à proposition du programme INCO – DC du 5 PCRDT dans le domaine de l'immunologie des mollusques et des crevettes .

- Visite du Yellow Sea Fisheries Research Institute

Le Directeur du YSFRI, Dr Tang avait organisé un mini-symposium d'une demi-journée pendant lequel ont été abordés les sujets de recherche les plus prioritaires pour le

développement de l'aquaculture dans le Shandong. La discussion a abouti à la rédaction d'une longue liste de sujets pouvant donner lieu à collaboration (**voir détail dans l'annexe 5**).
La pathologie (crevette et mollusques uniquement) est développée dans l'exposé du Prof. Huang Jie (directeur du State Key Lab. of Maricultural Diseases and Ecology), dont l'équipe réalise des travaux ayant trait aux kits de détection du baculovirus de la White Spot Disease de la crevette; aux mécanismes cellulaires et moléculaires de la pénétration des virus de crevette; à l'origine de l'épidémie récente chez les pectens; à l'étude d'un nouveau virus de la crevette; et à l'inventaire des virus dans les différents compartiments d'un élevage de crevettes. Les centres d'intérêt actuels du laboratoire sont très variés (écologie, mécanismes de l'infection, détection, immunologie, stimulants de l'immunité, gènes de résistance aux maladies...).
Dans le domaine des biotechnologies, les ambitions affichées (mise au point de cultures de cellules ES pour recombinaison homologue, transgenèse et clonage, préservation des ressources génétiques par la cryopréservation du sperme et des embryons...) semblent disproportionnées par rapport aux moyens humains apparemment disponibles.

3.4.3 Synthèse des discussions – identification des thèmes de coopération souhaités – partenaires

Les propositions de collaboration émanent du YSFRI et de l'université de Qingdao :

*Domaine 1 – Nutrition et croissance (Pour le YSFRI, voir détail **annexe 5**):*
1.1 - Utilisation d'aliments artificiels pour larves de poissons marins (Yellow croaker), University of Qingdao (Dr Kangsen Mai), Ifremer – Brest
1.2 – Pigments, attractants, vitamines.

*Domaine 2 – Génétique et reproduction (Pour le YSFRI, voir détail **annexe 5**)::*
2.1 – Sélection génétique crevettes et mollusques,
2.2 – Marqueurs génétiques,
2.3 – Amélioration des performances de croissance des poissons marins,
2.4 – Génétique des huîtres.

*Domaine 3 – Prévention des maladies (Pour le YSFRI, voir détail **annexe 5**):*
3.1 – Infection virale,
3.2 – Identification, diagnostique et contrôle des principales maladies des espèces aquacoles,
3.3 – Immunologie,
3.4 – Bactériologie.

*Domaine 4 – Ecologie marine Systèmes d'élevage (Pour le YSFRI, voir détail **annexe 5**):*
4.1 – Capacité trophique.

*Domaine 5 – Biotechnologie (Pour le YSFRI, voir détail **annexe 5**):*
5.1 – culture cellulaire,
5.2 – cryopréservation,
5.3 – contrôle du sexe chez l'Hiramé.

*Domaine 6 – Echange d'information (Pour le YSFRI, voir détail **annexe 5**):*

4 – Synthèse des discussions par domaine de recherche

Pour chacun des grands domaines de recherche en coopération identifiés, ont été précisés les points suivants :
- niveau de connaissance et thèmes de recherche abordés,
- demande en recherche,
- partenariat envisagé.

4.1 – Reproduction (B. Jalabert – Inra)

Il s'agira ici des éléments relatifs à la biologie de la reproduction sensu stricto, les éléments relatifs au contrôle du sexe et aux biotechnologies de la reproduction étant détaillés par ailleurs.

❑ Niveau des connaissances et domaines abordés

L'impression générale est celle d'un très grand contraste entre une grande fascination, assez générale, pour les technologies de pointe (outils de la biologie moléculaire, polyploïdisation, transgenèse, cellules ES, clonage…), et l'empirisme requis, au moins dans un premier temps pour parvenir à maîtriser efficacement la reproduction d'un grand nombre d'espèces d'intérêt aquacole. De fait, ces technologies de pointe sont effectivement utilisées au moins par les chercheurs du State Key Laboratory of Freshwater Ecology and Biotechnology de Wuhan sur des espèces dont la reproduction artificielle est bien maîtrisée (carpes, loche…). Chez ces espèces, les seuls aspects de leur reproduction qui semblent intéresser les chercheurs de ce groupe correspondent à des points de blocage pour certaines de ces technologies (la « qualité » des œufs, et plus particulièrement la capacité des ovocytes en cours de maturation ou des œufs à permettre une « reprogrammation » correcte des noyaux somatiques transgéniques transférés) ou à des avancées scientifiques susceptibles de les faire progresser (mécanismes de l'allogynogenèse naturelle de *Carassius auratus gibelio* (« silver crucian carp »).

Dans les autres instituts, et sur les autres espèces, notamment marines, le niveau de maîtrise semble beaucoup plus empirique, en dépit des ambitions parfois affichées, et sans doute fortement marquées par la démarche ci-dessus.

❑ Demande en recherche

La demande explicitement formulée concerne essentiellement
- les mécanismes de la maturation et de l'ovulation, d'une part en relation avec la compréhension du mécanisme de l'allogynogenèse observée chez certaines espèces, et d'autre part en relation avec les possibilités de reprogrammation de noyaux somatiques transférés pour des opérations de clonage (Wuhan State Key Laboratory) ;
- le déterminisme de la qualité des œufs (aspects génétique et nutritionnel) ;
- le contrôle inhibiteur de la première maturité sexuelle (Xiamen University).

❑ Partenariat envisagés

Un partenariat est envisageable avec au moins deux des instituts visités:
- le « State Key Laboratory of Freshwater Ecology and Biotechnology », Institute of Hydrobiology à Wuhan, et plus particulièrement avec les équipes des professeurs Zhu Zuoyan, Gui Jian-Fang et leurs collaborateurs), sur les mécanismes de la maturation ovocytaire en relation avec la qualité des œufs ;
- le « Third Institute of Oceanography », Université de Xiamen (Fujian), sur le contrôle de la première maturation sexuelle chez le « Yellow croaker ».

Dans les deux cas, toutefois, il serait indispensable de bien préciser au préalable, à la faveur de contacts ultérieurs, les domaines d'intérêt et les attentes des partenaires potentiels et les modalités d'un éventuel partenariat. A moyen terme, l'accueil de doctorants ou de post doctorants pourrait être envisagé sur les thèmes évoqués.

4.2 – Génétique (M.Vandeputte – Inra)

- Niveau des connaissances et domaines abordés

Les recherches actuelles en amélioration génétique sont assez disparates et semblent peu suivies, à part quelques cas bien particuliers détaillés ci-après. On peut assez grossièrement résumer le thème "amélioration génétique" de la recherche chinoise à deux aspects : l'introduction de nouvelles espèces, et les biotechnologies (transgenèse), qui sont deux voies dont on peut espérer des gains importants et rapides en termes de productivité. Par contre, la sélection selon les méthodes classiques de la génétique quantitative est pratiquement absente des préoccupations. Les techniques de manipulations chromosomiques sont relativement peu utilisées. Le manque de publications scientifiques (ou de résultats suffisamment précis pour être évaluables) et la barrière de la langue rendent très difficile une évaluation précise du niveau des intervenants rencontrés.

Pour ce qui est de la transgenèse, deux laboratoires parmi ceux visités semblent avoir une réelle activité : celui de l'Institut d'hydrobiologie de Wuhan (Dr Zhu Zuoyan), qui est un des pionniers de la transgenèse poisson (sur la carpe), qui annonce des transgéniques GH de 2,7 kg à 5 mois (contre 1,1 kg pour le témoin). Avec des régimes pauvres en protéines, on observe une ingestion accrue chez les transgéniques, alors qu'avec des régimes riches en protéine, c'est l'efficacité alimentaire qui est améliorée. Ce laboratoire travaille également maintenant sur des transgéniques "tout poisson" (promoteur et GH). Des travaux physiologiques et histologiques ne semblent montrer aucune différence entre des souris nourries avec de la carpe transgénique "tout poisson" et des souris nourries avec de la carpe normale. Ce laboratoire évoque également la possibilité (en test) d'obtenir des événements de recombinaison homologue sur des cultures de cellules de nageoires de carpe, et sur l'obtention ultérieure d'animaux porteurs en utilisant la technique du transfert nucléaire (dont les Chinois sont spécialistes). Le second laboratoire ayant présenté un travail sur la transgenèse est le laboratoire de l'Academia Sinica de Quingdao, qui rapporte des essais de transgenèse GH sur la daurade rouge, l'hiramé et la carpe (sans donner de résultats). Des transgéniques ont également été produits chez la crevette avec un gène de ribozyme censé digérer le virus du White spot . Une expression transitoire a été détectée (200 adultes transgéniques), mais elle ne semble conférer aucune résistance à la maladie. Des essais sont également réalisés sur Laminaria japonica avec le gène HBs (antigène de surface de l'hépatite B), dans le but de protéger contre la maladie les personnes qui consommeraient ces algues. Des tests d'efficacité chez la souris sont en cours. Des essais sur Laminaria sont aussi effectués avec le gène RAPC (?) de Cyanobactérie, qui semble avoir un effet antitumoral chez la souris. Les laminaires transgéniques sont élevées en mer ouverte dans des poches en filet, ce qui laisse rêveur sur les possibilités de dissémination.... Il semble qu'il n'y ait pour l'instant aucune réglementation concernant l'utilisation de transgéniques, cependant les recherches évoquées ci-dessus restent pour l'instant au niveau du laboratoire, et il ne semble pas que des poissons transgéniques soient actuellement élevés pour la consommation en Chine. Il a été mentionné que les consommateurs chinois *n'étaient a priori* pas très chauds pour consommer du poisson transgénique.

L'Academia Sinica (Quingdao) a mentionné l'obtention de *crabes (Eriocher sinensis)* et crevettes triploïdes avec un traitement chimique (brevet en cours). Les crevettes triploïdes

auraient une meilleure croissance. Le Yellow Sea Fisheries Research Institute (Quingdao) a obtenu des pétoncles *Chlamys farreri* triploïdes, qui présentent un poids de muscle supérieur de 66% aux témoins diploïdes.
Pour ce qui est de la sélection classique, une expérience de sélection de brême a été mentionnée par Shanghai Fisheries University (apparemment peu convaincante, mais aucun résultat chiffré). Une sélection sur la taille et la couleur chez *Chlamys farreri* (Yellow Sea Fisheries Research Institute - Quingdao) aurait donné de bons résultats, mais aucun résultat n'est disponible.. Dans le même institut, 3 générations de sélection familiale ont été réalisées sur la crevette depuis 1997, et auraient induit une réponse positive en terme de longueur, poids et résistance aux maladies (également absence de données chiffrées). La sélection a porté au départ sur 50 familles, puis est passée en massale, avec sélection à chaque génération d'un noyau de 300 reproducteurs sur une population de 10.000. La sélection massale sur le poids se fait sur les individus rescapés des attaques virales.

- Demande en recherche

On perçoit peu de demandes construites de collaborations, les points les plus précis évoqués sont les suivants :
- Sélection sur Tilapia pour la résistance à la salinité, à l'alcalinité, au froid et pour la croissance (Shanghai fisheries university, Pr. Li Sifa)
- Développement de cellules ES pour l'intégration ciblée de gènes et la conservation des poissons marins (Dr. Chen Song-Li, YSFRI Quingdao)

- Partenariat envisagés

Aucun dans l'immédiat, pour ce qui concerne le laboratoire INRA de génétique des poissons.

4.3 – Contrôle du sexe (Jean François Baroiller)

- Niveau des Connaissances et domaines abordés

Deux types d'espèces dominent la production chinoise en matière de poissons, les Carpes et les tilapias. La production chinoise de tilapia représente environ 70% de la production mondiale de ce groupe d'espèces (520.000 tonnes produites en 1998). Dans la province du Fujian (33 millions d'habitants), 100.000 tonnes de tilapias sont produites chaque année.
L'essentiel de la production chinoise de tilapia repose sur l'hybride Oreochromis niloticus x O. aureus (environ 90% de la production de chinoise de tilapia) et sur le tilapia rouge (au moins 2 stocks disponibles, dont l'exacte nature génétique n'a pu nous être précisée ; la production de tilapia représenterait environ 10% du volume de tilapias produits).
Chez le tilapia, un contrôle strict de la reproduction constitue un préalable nécessaire à la rentabilité de l'élevage (maturité sexuelle précoce, et reproduction continue). L'élevage en populations monosexes constitue généralement la meilleure réponse à ce problème, et permet en outre de bénéficier de la meilleure croissance des mâles. Parmi les 4 approches classiquement mises en œuvre pour l'obtention de populations monosexes (sexage manuel d'après papille, inversion hormonale, hybridation inter-spécifique et monosexage génétique intra-spécifique), seule l'hybridation inter-spécifique semble actuellement utilisée en Chine. Cette approche, qui avait suscité beaucoup d'espoirs dans les années 1970, a été aujourd'hui abandonnée par la quasi-totalité des producteurs de tilapia. Seul Israel utilise encore cette technique, généralement en association avec de l'inversion hormonale permettant de sécuriser le résultat. La technique d'inversion hormonale semble soulever une réticence importante de la part des consomateurs. Le monosexage génétique intra-spécifique (production de mâles YY chez *O. niloticus* ou de néo-femelles ZZ chez *O. aureus*) ne semble pas pour l'instant avoir été recherché.

Dans toutes les provinces visitées, existe une production de tilapia en eau douce ou en eau de mer. Lors de chaque réunion de travail, le contrôle du sexe chez le tilapia ressortait comme l'une des priorités, mais ne faisait pour l'instant apparemment pas encore l'objet de programme de recherche (aucune présentation de résultats). La forte activité de transformation/exportation actuelle du tilapia (filetage, congélation, ...) nécessitant la production de poissons de plus grande taille, rend probablement plus nécessaire qu'avant un contrôle du sexe strict.

D'autres aspects plus ponctuels du contrôle du sexe ont été abordés sur d'autres espèces :

- Chez la Carpe commune, Cyprinus carpio, en combinant des techniques de gynogenèse et de traitements hormonal féminisants, des populations monosexes femelles de Carpe ont été produites à grande échelle (Institute of Hydrobiology, Laboratory of Freshwater Ecology and Biotechnology, Wuhan)
- Un travail a été réalisé jusqu'en 95 sur un mérou, le Red grouper (Epinephelus akaara). Des réversions de sexe (obtention d'individus mâles à partir de femelles) ont été induites par traitement oral stéroïdien (17α-methyltestosterone), comme déjà décrit dans la littérature sur plusieurs autres espèces de mérous.
- Chez le crabe tropical, Scylla spp., le déterminisme génétique du sexe est analysé par cytogénétique (caryotype et C-banding): les femelles pleines, particulièrement recherchées par les consomateurs, ont une valeur marchande multipliée par 2. Par ailleurs, les survies et croissance sont meilleures en élevage monosexe.
- Enfin des recherches plus fondamentales sur les chromosomes sexuels et les gènes de la cascade du déterminisme du sexe sont entreprises chez différentes espèces de poissons, dans une optique évolutive.

❑ Demandes en recherche

Les demandes en recherche sur le contrôle du sexe chez le tilapia, concernent aussi bien *O. niloticus*, *O. aureus* et leurs hybrides que le tilapia rouge. Différentes stratégies peuvent être envisagées selon que l'on considère des espèces dites pures ou des hybrides. Il serait donc important dans un premier temps de caractériser les stocks utilisés (caractérisation enzymatique, et ADN mitochondrial) pour déterminer les meilleures stratégies possibles en matière de contrôle du sexe.

Un transfert des approches génétiques de production de géniteurs à descendances monosexes mâles (mâles YY chez *O. niloticus*, et/ou de femelles ZZ chez *O. aureus*) est souhaité. Par ailleurs, un travail d'analyse de la thermosensibilité des souches locales est envisagé (espèces pures et hybrides).

L'inversion hormonale classique, utilisant des hormones artificielles (17α-methyltestosterone) semble peut acceptable par le consommateur. Des approches basées sur l'utilisation d'hormones naturelles et/ou d'inhibiteurs d'enzymes de la stéroïdogenèse peuvent être envisagées.

❑ Partenariat envisagé

Partenaires rencontrés lors de cette mission :

Fujian Research Institute of Oceanography,
Third Institute of Oceanography,
Shangaï Fisheries University,
Institute of Hydrobiology, Laboratory of Freshwater Ecology and Biotechnology, Wuhan
National Qindao tilapia Seed Farm,
National Guangzhou tilapia Seed Farm

Wuhan University, College of Life Sciences
Ferme privée Luye (Xiamen Luye Fisheries Co., Ltd)

Partenaires rencontrés lors d 'une mission précédante :

Hunan Normal University, Department of Biology, Changsha (Dr. Yun Liu, Dr. SongPing Liang, Dr. Shaojun Liu),
Zhongshan Univ., Dept of Biology, Guangzhou (Prof. Hao-Ran Lin)

4.4 – Pathologie (Jean-François Bernardet)

- Niveau des connaissances :

Il faut signaler d'emblée que, si notre mission avait bien été clairement ciblée "poisson" dès sa conception, une grande partie des connaissances constatées, des domaines abordés, et des demandes en recherche évoquées ont en fait concerné les mollusques et les crustacés, et ce tout particulièrement dans le domaine de la pathologie. J'ai donc été fréquemment amené à aiguiller les collègues chinois sur les laboratoires compétents à l'IFREMER. Je m'en tiendrai dans la suite à la pathologie des poissons. En tenant compte du fait que le niveau réel de connaissances des chinois en pathologie est difficile à évaluer (manque de publications en anglais et de participation aux congrès spécialisés, barrière de la langue, brièveté de notre visite...), il semble pourtant qu'il soit dans l'ensemble bon.

- Domaines abordés

L'impression qui domine à la suite du voyage est que la pathologie en général et celle des poissons en particulier semble bien le parent pauvre parmi les recherches concernant l'aquaculture en Chine. Dans les instituts visités, peu de laboratoires lui sont consacrés et très peu de chercheurs se déclarent pathologistes. Même quand l'intitulé du laboratoire inclue bien la pathologie, on constate souvent que ce sont d'autres domaines qui sont majoritairement développés. On ne peut qu'en être surpris quand on connaît (même très approximativement) le nombre considérable de pathogènes (bactéries, virus et parasites) capables d'infecter les poissons dans l'énorme zone géographique que couvre la Chine, et aussi quand les collègues chinois admettent que la pathologie est un problème majeur de l'aquaculture dans leur pays... Ils mettent très souvent en cause les problèmes liés à la qualité de l'environnement, mais cet aspect n'a pratiquement jamais été cité parmi les programmes de recherche en cours. Quelques instituts poursuivent bien des recherches en bactériologie, virologie et parasitologie des poissons, encore que leur niveau soit difficile à apprécier. Les domaines abordés sont extrêmement variés: vers parasites, infections à *Aeromonas* spp. et à *Vibrio* spp., pathologie des poissons marins et de l'anguille... Comme pour les autres domaines de recherche en aquaculture, il se dégage une impression de foisonnement des sujets et des thématiques, de redondances entre instituts, et de recherche des sujets à la mode.

- Demandes en recherche

Compte tenu de l'importance reconnue de la pathologie et du faible nombre de recherches conduites dans ce domaine en Chine, il n'est pas surprenant que les demandes soient à la fois nombreuses et très vagues: "identification, rapid diagnosis and control of ...", "mechanisms of virus infection and molecular virology", "bacterial ecology and complexity"...!! Les discussions sont parfois surréalistes: demandes insistantes pour un vaccin efficace, un diagnostic moléculaire type puce à ADN, et un traitement performant... alors qu'aucun travail n'a été effectué pour identifier l'agent pathogène (bactérie? virus? parasite?...ou problème environnemental?)! En réalité, seuls quelques collègues de l'Aquaculture Department de la

Jimei University à Xiamen ont vraiment discuté longuement avec moi lors d'une réunion et ont affiché des demandes, même si ces dernières étaient vagues et si certaines concernaient une fois de plus plutôt les mollusques et crustacés. A Wuhan et à Qingdao, les pathologistes rencontrés ont fait part d'un intérêt poli pour ce que je leur racontait, ont posé quelques questions, et ont parfois même rédigé des propositions de collaboration, mais sans qu'une véritable demande franche et enthousiaste soit formulée et discutée: retenue traditionnelle des chinois ou vrai manque d'intérêt? En conclusion, des pistes ont bien été affichées mais aucune demande construite de collaboration n'a été élaborée. Un autre obstacle possible à certains types de partenariat tient aux différences de mentalité entre recherche chinoise et française, en particulier au niveau des applications sur le terrain: les réserves émises de notre part à propos de l'utilisation en aquaculture de nombreux antibiotiques et de vaccins vivants ou recombinants sont totalement étrangères aux chinois...

- Partenariats envisagés

Il est néanmoins possible de lister des partenariats potentiels qui pourraient probablement plutôt se matérialiser sous la forme de séjours de doctorants ou de post doctorants chinois dans des laboratoires français:

1- Wuhan, Institute of Hydrobiology:

- avec le Prof. NIE Pin: étude de la réponse immunitaire des poissons à l'infection par un botryocéphale; quelqu'un pourrait venir travailler dans notre laboratoire à Jouy-en-Josas avec Stefan Chilmonczyk qui étudie les modifications des populations leucocytaires et les mécanismes de défense des poissons vis-à-vis de différents pathogènes par cytométrie de flux. La technique pourrait ensuite être appliquée à Wuhan à condition qu'un cytomètre y soit disponible. Une autre collaboration avec le même scientifique pourrait concerner les *Aeromonas* spp. provoquant diverses pathologies dans les élevages chinois; ces bactéries pourraient être étudiées au plan de leur taxonomie, de leur virulence, et de la réponse immunitaire qu'elles suscitent chez les poissons infectés.

- les techniques de virologie moléculaire qui sont réalisées en routine dans notre unité intéressent le Dr. ZHANG Qiya et le Dr. DAI Heping; le travail de cette dernière sur un virus de crevette est déjà bien avancé, mais il est parfaitement possible qu'elle vienne apprendre des techniques supplémentaires pour les appliquer ensuite à la crevette à Wuhan. Je lui ai aussi suggéré de s'adresser aux spécialistes des crevettes à l'IFREMER.

2-Xiamen, principalement l'Aquaculture Department de la Jimei University: les Profs. GUAN Ruizhang, Song Zhen Rong, et Ji Rong Hing se sont montrés très intéressés mais un gros travail d'identification des pathogènes en cause est un préalable incontournable. Trois domaines sont évoqués: une grave maladie virale des ormeaux (une collaboration avec l'IFREMER s'impose si un travail sur les mollusques eux-mêmes est nécessaire, mais les techniques de virologie classique et moléculaire pourraient être apprises dans notre unité); une maladie non identifiée de l'anguille (une fois le virus ou la bactérie identifié par les équipes de la Jimei University, son étude détaillée pourrait se dérouler dans notre unité); de façon beaucoup plus vague, la demande est aussi forte pour des collaborations portant sur les maladies infectieuses des poissons marins. En dehors de la Jimei University, ce même domaine pourrait aussi donner lieu à collaboration avec le Prof. ZENG Zhinan du Fisheries Research Institute of Fujian Province. Des travaux de virologie moléculaire pourraient en outre être envisagés avec le laboratoire du Prof. Xu Xun au Third Institute of Oceanography.

3- Qingdao, Ocean University: l'équipe du Prof. XU Huai-shu réalise de nombreuses recherches dans le domaine de la bactériologie marine, certaines ayant trait à la pathologie des poissons, mais aucune perche ne nous a été tendue pour d'éventuelles collaborations... Au

Yellow Sea Fisheries Research Institute (Prof. HUANG Jie), la discussion a abouti à la rédaction d'une liste de propositions de collaboration, mais celles concernant la pathologie sont exclusivement tournées vers les crevettes et les mollusques; je signale néanmoins que notre unité est disposée à accueillir des collègues voulant apprendre des techniques pour les appliquer ensuite sur ces espèces.

4.5 – Nutrition (Chantal Cahu)

- Niveau de connaissance et domaines abordés

Il est difficile d'évaluer le niveau des connaissances dans ce domaine en Chine, après une séjour concernant l'aquaculture en général et pas de visite de laboratoires de nutrition. J'ai rencontré 5 (ou 6) nutritionistes.
Ces chercheurs publient dans des revues chinoises (Acta Zoologica Sinica, Chinese Journal of Zoology, Journal of Fisheries of China, Chinese Science Bulletin…), mais aussi dans des revues internationales. En Octobre 1999, un congrès « International Workshop on Fish Nutrition and Growth » a été organisé à Wuhan (Dr Yibo Cui), et faisant intervenir pour la première fois des chercheurs étrangers (S. Kaushik était présent à ce symposium).
Les recherches concernent de nombreux domaines de la nutrition -nutrition protéique, energie, acides gras, vitamines, attractants, minéraux, comportement alimentaire-, et sont conduites sur de nombreuses espèces de poisson d'eau douce et d'eau de mer, les crabes, les crevettes Pénéides et les mollusques.
Ces données sont encore relativement peu utilisées par l'industrie, bien que 10% de la production aquacole chinoise (soit 2 millions de tonnes) soit produite en utilisant des aliments composés. Cela représente 3 millions de tonnes d'aliments pour l'aquaculture produites par an en Chine (400 entreprises), et il s'agit essentiellement d'aliments à faible teneur protéique pour des espèces bon marché. Cependant, l'industrie se tourne de plus en plus vers des espèces à plus forte valeur, ayant généralement des besoins en protéine plus élevés (induisant un prix plus élevé de l'aliment). L'industrie est demandeuse de plus de données sur les besoins nutritionnels des différentes espèces et sur la possibilité de remplacer les farines de poisson et de soja, qui sont des sources de protéines chères, par d'autres sources protéiques. L'utilisation de sources protéique végétales, telles que le colza ou le tourteau de coton est étudiée; les protéines provenant de sous produits d'animaux terrestres ne sont pas exclues. D'autre part, il semble que les espèces non indigènes aient été introduites sans réelle prise en compte des données souvent existantes de leurs besoins nutritionnels.

J'ai rencontré les chercheurs suivants :

- Le Professeur Yibo CUI et le Dr Shouqi XIE, Laboratory of Freshwater Ecology, Institute of hydrobiology, The Chinese Academy of Sciences à Wuhan, qui s'intéressent particulièrement à la bioénergétique et à la nutrition des espèces d'eau douce : la carpe (*Carassius auratus*), l'esturgeon (*Acipenser tramontanus, A. sinensis*), le tilapia (*Oreochromis niloticus* et hybride *Oreochromis mossambicusXO. niloticus*), le poisson mandarin (*Siniperca chuatsi*), le Chinese snakehead (*Channa argus*). Ces chercheurs orientent également une partie de leurs recherches vers les sources de protéines alternatives.
- Le Professeur Zhang HAIMING, Fisheries college of Jimei University, dont l'équipe fait des recherches sur la nutrition du crabe et du poisson mandarin.
- Le Dr Liang MENGQING, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Nutrition and Fish Feed Department. Cette chercheuse a fait un séjour de quelques mois en Norvège (Institut de Nutrition à Bergen) sur l'étude de la qualité des protéines pour l'alimentation des poissons. Ce laboratoire s'intéresse également à la formulation d'aliments pour les jeunes stades de dorade japonaise et le large yellow croaker

(*Pseudociaena crocea*), les attractants alimentaires, les besoins en acides gras et vitamines et la réduction de la pollution par voie alimentaire.

- Le Dr Kangsen MAI, vice president de l'Ocean University of Quindao, qui travaille essentiellement sur la nutrition de l'ormeau, les besoin en phosphore et la biomineralisation, mais également sur l'ontogenèse des fonctions digestives, et les techniques de microencapsulation des vitamines solubles pour l'alimentation de différentes espèces aquacoles.
- Le Dr Yongxu CHENG Fisheries college, Shanghai University, qui travaille sur la nutrition lipidique du crabe chinois *Ericheir sinensis* et du mud crab, *Scylla serrata*, notamment les besoins liés à la reproduction et au développement larvaire.

❑ Demande en recherche

La demande de collaboration a concerné de nombreux thèmes de recherche :

- Une demande a été formulée par de nombreux chercheurs sur le domaine de la nutrition larvaire des poissons. En effet, la production de juvéniles se fait encore pour une grande part avec des techniques extensives et repose sur une alimentation avec des proies vivantes (*Brachionus*, copépodes, *Artemia*, larves d'autres espèces de poissons). La production d'alevins de poisson, en Chine comme dans de nombreux pays, constitue une limite à l'augmentation de la production. C'est notamment sur le « yellow croaker » (*Larimichtys crocea*) que la demande a été formulée. La reproduction en captivité est maîtrisée depuis 1985 en Chine, et il existe 300 écloseries, dont la production est fluctuante. La mise au point d'un aliment composé utilisable dès les plus jeunes stades permettrait d'augmenter et de fiabiliser cette production.
- Une demande de collaboration concerne l'étude des besoins nutritionnels et a mise au point d'aliments pour le poisson mandarin, espèce d'eau douce (Pf Zhang HAIMING). 68000 tonnes par an sont actuellement produites en Chine. Le chiffre d'affaire généré par cette espèce est de 5700 Yuan par hectare, soit 2 à 3 fois plus que le chiffre d'affaire obtenu avec les espèces classiquement élevées dans les lacs.
- Une demande de collaboration est souhaitée par le Pf Yibo CUI sur l'utilisation des sources alternatives de protéines dans l'alimentation des poissons.
- Une demande de collaboration a été formulée par le Dr Yongxu CHENG sur la nutrition lipidique des crustacés et la maturation ovarienne.
- Parmi les autres demandes, il faut citer les études concernant:

. la formation du « foie gras » (Dr K. MAI)
. *la relation nutrition-immunologie (Dr K. MAI)*
. la pigmentation du de la dorade et du large yellow croaker (Dr J. FANG, YSFRI)
. les attractants alimentaires pour poissons et crevettes (Dr J. FANG, YSFRI)
. les besoins en acides gras et en vitamines (Dr J. FANG, YSFRI)
. la qualité de l'aliment et la pollution (Dr J. FANG, YSFRI).

❑ Partenariat possible

Une collaboration a été envisagée avec l'Ocean university de Quindao (Dr K. MAI) sur le domaine de la nutrition larvaire du yellow croaker. Ce projet aurait pour but d'étudier la mise en place des fonctions digestives et les besoins nutritionnels de cette espèce au cours de son développement larvaire. Les résultats devraient permettre de formuler un aliment composé remplaçant les proies vivantes dans l'alimentation des larves. L'Unité mixte INRA-IFREMER de nutrition des poissons a déjà conduit de nombreuses recherches sur ce sujet, sur des espèces tempérées. Cette espèce, dont la température optimale de développement larvaire est de 28°C, constitue un modèle biologique intéressant pour les espèces tropicales. Le

laboratoire du Dr MAI travaille également sur les enzymes digestives et les techniques de microencapsulation (utilisables dans les aliments pour larves) .

Un autre partenariat peut être envisagé sur le domaine de l'utilisation de protéines végétales, avec le Dr Yibo CUI, ce thème de recherche étant également largement développé dans notre laboratoire.

4.6 – Biotechnologie (Gérard Maisse)

- Niveau des connaissances et domaines abordés

Les aspects reproduction, nutrition et pathologie étant développés plus haut nous limiterons cette partie à l'ingénierie cellulaire

Les biotechnologies aquacoles et plus particulièrement celles mettant en œuvre l'ingénierie cellulaire (polyploïdie, gynogénèse, androgénèse, cryoconservation du sperme, transgénèse, clonage, etc..) ont fait l'objet d'efforts de recherches importants depuis de nombreuses années. Le niveau de connaissances des équipes chinoises abordant ce domaine paraît donc élevé, voire en avance pour certains points (transfert nucléaire en particulier). Cependant l'essentiel des publications étant en chinois il est assez difficile de se faire une idée précise du niveau réel de travaux qui n'ont pas été validés selon les critères de la recherche internationale occidentale. La mission réalisée n'a pas permis d'approfondir ce point faute de temps. Quoi qu'il en soit c'est l'ensemble des filières aquacoles qui est concerné par l'ingénierie cellulaire : algues, mollusques, crustacés, poissons

Les deux domaines prioritaires aujourd'hui sont la transgénèse et le clonage. Plusieurs méthodes de transgénèse sont aujourd'hui pratiquées en laboratoire : la microinjection (depuis 1985), l'électroporation des spermatozoïdes (depuis 1989). Le transfert nucléaire est en cours de développement. Une lignée de carpe commune transgénique GH (de carpe herbivore) a été produite, caractérisée par une très forte croissance (7,4 kg à 17 mois), une amélioration significative du coefficient de transformation, et une diminution du taux lipidique de la chair. Afin de répondre aux questions posées en matière de santé du consommateur, l'effet de l'ingestion de la chair de carpe transgénique a été étudié chez la souris : aucun effet n'a été mis en évidence au niveau de l'analyse de différents tissus (sang, foie, gonades, etc..).

Le clonage d'animaux transgéniques sélectionnés est un objectif complémentaire directement lié à la transgénèse.

- Demande en recherche

Compte tenu de l'état de développement des biotechnologies en Chine, il n'y a pas à proprement parler de véritable « demande en recherche » dans ce secteur vis à vis de la France. Il est donc préférable de parler de possibilités de collaboration avec des partenaires de haut niveau (reconnus en tant que « *State Key Laboratory* » par la Recherche Chinoise) disposant de moyens sinon importants du moins suffisants à la mise en œuvre de programmes de haut niveau.

Si l'objectif finalisé des études en cours sur la transgénèse ne fait aucun doute, des recherches plus fondamentales viennent en appui des travaux technologiques. C'est le cas de l'analyse des interactions entre le noyau et le cytoplasme durant le développement précoce et de l'étude de l'expression des gènes d'intérêt. Le transfert de noyaux de cellules embryonnaires ou somatiques (cellules de nageoires) après électroporation et recombinaison homologue est en

cours de développement. La transmission des transgènes et leur expression sont bien entendu suivies sur la descendance et les générations suivantes.

Les caractères visés par les chercheurs chinois, travaillant sur la transgénèse, sont : une croissance rapide, une plus grande efficacité alimentaire, une résistance à certaines maladie. Parmi les sujets abordés par les équipes françaises en matière de biotechnologie c'est probablement la production de poissons transgéniques stériles (stratégie antisens du GnRH) qui a retenu le plus l'attention de nos collègues chinois.

- Partenariat envisagé

Des partenariats peuvent être développés avec les équipes ayant le label « *State Key Laboratory* » et plus particulièrement l'équipe du Professeur Zhu Zuoyan (Vice-Président du National Sciences Foundation Council) à Wuhan (State Key Laboratory of Freshwater Ecology and Biotechnology, Institute of Hydrobiology).

Des programmes de coopération, aussi bien cognitifs que technologiques, peuvent être mis en place. Il faut cependant avoir conscience que les philosophies en matière d'application des technologies nouvelles sont sensiblement différentes. Contrairement à la position française, nos collègues chinois semblent privilégier la transgénèse au détriment de la sélection génétique. Bien que la question de l'innocuité des carpes transgéniques pour le consommateur ait commencé à être étudiée par l'équipe du Professeur Zhu, la question environnementale ne semble pas être posée dans les mêmes termes qu'en Europe. Les poissons génétiquement modifiés se fondent apparemment sans problème dans une tradition d'introduction d'espèces acceptée par les hydrobiologistes chinois. A l'heure où dans l'Union Européenne l'utilisation des OGM en agriculture est fortement contestée, le développement de partenariats dans ce domaine risque de ne pas être neutre, à moins de le réfléchir dans le cadre d'un programme de confinement biologique par stérilisation génétique des OGM.

4.7 – Systèmes d'élevage (Gilles Lemarie et Jacques Fuchs)

- Niveau des connaissances et domaines abordés

Les systèmes et techniques d'élevage marin en Chine sont simples, à l'instar de ce qui se pratique en aquaculture continentale. Les élevages sont pratiqués à terre et en eaux abritées (lagunes, estuaires, baies) et, en fonction des espèces, utilisent divers systèmes pour le grossissement jusqu'à la taille marchande. Ils sont directement soumis aux conditions météorologiques naturelles. A terre, des bassins en terre peu profonds (1.5 m) de taille variable et alimentée en eau par la marée ou par pompage en mer permettent l'élevage de crevettes. Il n'existe qu'une ou 2 fermes (mais plusieurs sont en projet) utilisant des bassins béton de type race-ways protégés par des serres ou des toiles-ombrage pour l'élevage de poissons marins. Les zones sabloneuses de l'estran accueillent les élevages de palourdes, les bouchots de moules ou d'huîtres, ces dernières étant aussi élevées sur cordes horizontales accrochées à des pieux. Des enclos de filets permettent le grossissement de juvéniles de crabes capturés en mer. Plus vers le large, les filières flottantes avec cordes verticales suspendues sont utilisées pour l'élevage des algues macrophytes, des moules et des huitres. Ces filières peuvent être également munies de lanternes suspendues pour le grossissement des ormeaux et des pectinidés (coquilles St Jacques et pétoncles). Des structures flottantes simples (planches de bois et flotteurs en polystyrène) équipées de cages en filet de petites dimensions (3.5x3.5x3.5m) hébergent les élevages de poissons ronds ou plats. Plusieurs dizaines de cages sont assemblées en radeau avec ou non la présence d'un petit bâtiment en bois pour assurer stockage de matériel et surveillance. Les radeaux sont parfois accolés entre

eux. La production des jeunes plants d'algues, des juvéniles de crustacés et de poissons est majoritairement assurée dans des écloseries à terre, sous serre, équipées de bassins en béton rectangulaires à fond plat, de faible profondeur (1 à 2m) et de volumes allant de quelques m3 à quelques dizaines de m3. Les élevages larvaires sont réalisés en eau stagnante pompée en mer ou pouvant provenir du large par bateau. Une thermorégulation peut être assurée par un système fonctionnant au charbon. Les concentrations en oxygène des eaux d'élevage (rarement mesurées) sont maintenues par utilisation d'air surpressé. Les densités d'élevage sont faibles et les taux de survie sont à peu près moitié de ceux qui sont observés avec des techniques plus intensives avec recyclage de l'eau utilisées par ailleurs dans le monde.

- Demande en recherche

Les demandes, qui ne peuvent à priori pas être retenues comme demandes de recherche, ont porté principalement sur les systèmes recirculés en écloserie (Fujian Fisheries Research Institut, Jimei University), plus sans doute par les taux annoncés de survie larvaire que par la baisse du prix de revient. A ce niveau, il est difficile d'envisager un partenariat et les besoins seraient mieux comblés par un transfert de matériel et de technologie par des entreprises privées françaises. Il n'a pas été noté de demande particulière de recherche sur les effets des facteurs de l'environnement sur les espèces élevées alors que la qualité de cet environnement a souvent été mis en avant par nos interlocuteurs chinois pour expliquer une bonne part des problèmes rencontrés dans les élevages.
Les techniques d'élevage à terre en systèmes recirculés ou au large (off-shore), qui demain feront aussi partie du paysage aquacole chinois, n'ont pas été identifiées comme pouvant faire l'objet de demandes en recherche. Cela ne signifie pas pour autant que les Instituts Chinois ne s'y intéressent pas comme l'exemple nous a été fourni lors de la visite du Wuhan Intensive Aquaculture Engineering Research Center – WIAERC – (Institute of Hydrobiology of Wuhan) où un circuit recyclé expérimental neuf (1998) avait été monté par une entreprise danoise.

- Partenariat envisagé

Demandes faites par plusieurs Instituts dont

- Effet des paramètres environnementaux sur la performance des élevages – Institut hydrobiologique de Wuhan;
- Intensification des élevages (cages, bassins) – Institut hydrobiologique de Wuhan;
- Elevage des Tilapia – Fujian Reseach Institute of Oceanography;
- Traitement des eaux usées et recyclage - Fujian Reseach Institute of Oceanography – Jumei université.

4.8 – Transfert de technologie (Jacques Fuchs)

- Niveau des connaissances

La Chine, premier producteur mondial d'aquaculture, n'a rien à envier aux autres pays pour ce qui concerne la maîtrise des élevages piscicoles. Le développement de la pisciculture, qu'elle soit d'eau douce ou d'eau de mer, s'appuie sur une très longue tradition et il est peu vraisemblable que les producteurs soient prêts à partager leur savoir ou à recevoir des conseils. Tout ce qui peut s'élever a été testé et l'ingéniosité des fermiers est surprenante. Chaque nouvelle espèce introduite fait l'objet d'adaptations au contexte local sans réel transfert de technologie.

- Demande en transfert de technologie

La demande que nous avons perçue concerne avant tout l'importation de nouvelles espèces pour satisfaire un marché toujours plus demandeur de nouveautés. L'acquisition de nouvelles technologies ne semble pas une priorité, ou tout au moins n'existe –t-il pas de réel marché pour l'achat d'équipement et de technologies.
Deux espèces intéressent plus particulièrement les producteurs chinois : le turbot et l'esturgeon auxquelles il convient d'ajouter une demande récurrente pour l'introduction de *Pecten maximus*.

- Partenariat

Plusieurs bureaux d'étude sont en négociation pour introduire l'élevage du turbot (espèce et technologie) sous la forme de joint –venture mais aucun projet n'a encore démarré. Une autre approche consiste à vendre directement des produits vivants sur place (exemple de France-Turbot qui exporte des œufs et des juvéniles de turbot dans la province de Shandong ou de Sturgeon farm qui expédie régulièrement des alevins d'esturgeons à Hong Kong).

5 – Conclusions - perspectives

Malgré l'étendu et la complexité du sujet abordé et les contraintes liées notamment au barrage de la langue, le bilan de la mission conjointement organisée en Chine par les trois Instituts français impliqués dans les recherches en pisciculture marine est globalement positif. En conclusion, on retiendra de cette mission les points forts suivants :

- **Panorama de la pisciculture chinoise en quelques mots**

Secteur aquacole :
- Activité économique de première importance : 11 millions tonnes de poissons d'eau douce, 225 000 tonnes de poissons marins et eau saumâtre pour un total de 21,2 M tonnes de produits aquacoles en 1997,
- Activités encore très traditionnelle, faisant appel à des technologies peu sophistiquées sauf cas particulier (exemple de l'élevage du turbot dans la province du Shandong),
- Fortes contraintes de développement liées notamment aux problèmes pathologiques et à la dégradation de l'environnement,
- Accroissement rapide de la pisciculture marine (140 000 tonnes en 1995, 225 000 tonnes en 1997) et demande très forte pour l'introduction de nouvelles espèces et de nouvelles technologies,
- Evolution de la demande vers des espèces de haute valeur commerciale : anguilles et poisson mandarin (160 000 et 83 000 tonnes de production respectivement en 1998),

Recherche :
- Très forte atomisation du dispositif de recherche chinois avec de nombreuses redondances dans les programmes des Instituts et des universités,
- Quelques laboratoires de pointe de renommée internationale (Institut d'océanologie, Sinica, Wuhan, universités de Shangai et de Xianmen),
- Installations expérimentales souvent vétustes et peu sûres sanitairement,
- Demandes de coopération scientifique très diversifiées mais nombreuses dans quatre domaines prioritaires : génétique et reproduction, nutrition et croissance, prévention des maladies, systèmes d'élevage.

Il est important de noter qu'aujourd'hui en Chine, les laboratoires de recherche sont tous incités à développer des collaborations avec des équipes étrangères (ref discours introductif du séminaire de Wuhan par Mrs Lü Beilei, NNSF).

- **Points forts de la mission**

- Approche concertée et coordonnée entre les instituts français impliqués dans les recherches en pisciculture marine et d'eau douce en France :
La mise en commun des expériences et l'examen des problèmes et demandes exprimés par les partenaires chinois à l'occasion du séminaire et des diverses tables rondes ont permis d'aboutir à une analyse précise et pertinente des conditions du développement de la pisciculture chinoise et à une évaluation objective du potentiel de recherche.

- Organisation de la mission :
Le fait de concilier un séminaire de travail franco-chinois avec la réunion annuelle de la CSF (Chinese Society of Fisheries) à Wuhan a facilité la rencontre avec de nombreux chercheurs chinois souvent dispersés et difficile à contacter. De même, la tenue d'un stand à l'occasion du séminaire a permis aux entreprises francaises de présenter leurs produits et aux instituts d'exposer certains de leurs travaux de recherche. On notera que la France était le seul pays étranger à participer à cette manifestation.
Enfin, les visites de terrain organisées dans deux des provinces (Fujian et Shandong) où l'aquaculture joue un rôle économique essentiel ont été l'occasion de mieux appréhender les systèmes d'élevage et les structures de recherche.

- Soutien financier :
Le fait de disposer d'un budget de l'Ambassade de France a facilité la venue d'une délégation importante de scientifiques français. De même, la participation financière de la NNSF à l'organisation du séminaire de Wuhan et l'implication du Consulat de France à Wuhan ont été particulièrement appréciées.

- Appui local fort :
La mission n'aurait certainement pas eu un tel succès si le représentant de l'Inra à Pékin n'avait pas pris en charge l'ensemble des relations avec la partie chinoise. Nous avons rencontré les plus grandes difficultés pour identifier un partenaire fiable et son aide a été essentielle dans la mise en place de la mission.

- Participation d'entreprises française :
La participation d'une entreprise française à la mission a été particulièrement bien ressentie. On regrettera que les bureaux d'étude spécialisés, déjà impliqués en Chine n'aient pu ni assister au séminaire, ni participer à la mission de terrain.

- **Principaux acquis** (voir synthèse des discussions dans le chapitre 4)

- Meilleure connaissance de l'état de développement de la pisciculture en Chine et des orientations à court et moyen terme,
- Evaluation du potentiel de recherche et des capacités réelles des équipes, pré-sélection des laboratoires les plus optes à coopérer,
- Identification des sujets les plus prioritaires dans les quatre principaux domaines de recherche en pisciculture,
- Première analyse des opportunités pour répondre à la demande.

- **Modalités de coopération**

Dans une première étape, les participants à la mission ont recommandé d'approfondir les domaines de coopération retenus en invitant des chercheurs chinois doctorants ou post-doctorants à séjourner en France pour des périodes de quelques mois.

Une autre modalité consiste à utiliser les mécanismes de coopération mis à disposition par le MAE et l'Ambassade de France sous la forme d'appels d'offre afin de lancer des projets de moyenne envergure (1 à 2 ans).

- **Retombés à court et moyen terme**

Court terme :

1/ Identification et rédaction de projets de coopération scientifique :

- Unité mixte de nutrition Ifremer/Inra – Ocean university de Qingdao : nutrition larvaire du Yellow croaker – projet déposé à l'appel d'offre du programme franco-chinois de recherches avancées (MAE) clos en juin 2000 (résultat attendu fin novembre),

2/ Renforcement des liens institutionnels :

- Signature en septembre 2000 d'une convention Ifremer – NNSF en complément de celle déjà signée en 1999 par l'Inra et le Cirad

3/ Opportunités commerciales par les entreprises privées :

- Vente d'alevins de nouvelles espèces – esturgeon (sturgeon farm), turbot (France-Turbot).

4/ Identification d'un besoin de mise à niveau des laboratoires et des installations expérimentales notamment pour améliorer les conditions sanitaires des élevages et disposer d'installations de quarantaine actuellement inexistantes.

5/ Visites de délégations en France :

- Accueil par Ifremer d'une délégation de la province de Fujian (Xianmen), fin novembre en Bretagne et Méditerranée : conchylicultre, élevage de poissons marins.

Moyen terme :

1/ Ouverture vers d'autres domaines de recherche :

- Ifremer : demande de collaboration par le YSFRI dans le domaine de l'halieutique : programme international Globec (anchois)

- **Principales contraintes pour le développement de coopérations avec la Chine**

- Dimension du pays et atomisation de la recherche,
- Barrière de la langue,
- Moyens financiers à rechercher (MAE, UE..).

- **Prochains rendez-vous** :

- Seafood exhibition de Pékin November 2000 auquel participera Ifremer : stand et conférence internationale dans le domaine des pêches,
- Comité mixte Franco-chinois de décembre 2000.

ANNEXES

ANNEXE 1 – Programme du séminaire piscicole de Wuhan – Liste des participants – Résumé des présentations

中法水产养殖学术交流及技术转让研讨会

SINO-FRENCH FINFISH CULTURE WORKSHOP

Mar. 3 – 4, 2000, Wuhan, Hubei, China

主　办
Organized by

中国水产学会
The China Society of Fisheries

法国海洋开发研究院
Institut Francais Recherche pour l'Exploitation de la MER

法国农业科学研究院
Institut National de la Recherche Agronomique

法国农业国际合作研究发展中心
Centre de Cooperation Internationale en Recherche Agronomique pour le Developpement

赞　助
Supported by

中国国家自然科学基金委员会
Nation Natural Science Foundation of China

法国大使馆
French Embassy in China

AGENDA

Friday, 3 march 2000

8.30 - 9.00 - Opening address Chair: Li Mingqi

Welcome remark by Tu Fengjun President of CSF
Francois Sastourne French Counsler in Wuhan
Zhu Zuoyan Vice President of NSFC

Topic 1 - State of finfish aquaculture development in China and France : from research to development

9:00-9:45 State of fish culture development and review of the research organisation in China
– Prof Li Sifa, Shanghai Fisheries University

9:45-10:30 State of fish culture development in Europe and review of the research organisation in France Y. Harache, IFREMER

10.30 - 10.45 – Break

Topic 2 - Introduction of new species in China

10:45-11:25 Introduction of new species in China : chinese experience
Prof Li Sifa, Shanghai Fisheries University

11:25-12:00 Introduction of non-indigenous species in France and Europe – regulation and policy
J. Fuchs, IFREMER

12:00-12:30 Opportunities for transferring new species from France : the exemple of Turbot
Gilles Brunel, Sepia group

12.30 - 13.30 Lunch

13:30-14:00 Commercial farming of sturgeon for meat and caviar
A. Jones, Sturgeon company

Topic 3 – Trends in research for finfish aquaculture

14:00-14:30 Control of reproduction and gamete management
Prof. Gui Jianfang, Hydrobiology Institute, Academia Sinica
14:30-15:00 Control of reproduction and gamete management
B. Jalabert, INRA

15.00 – 15.15 – Break

15:15-16:00 Nutrition and feeding,
Prof Mai Kangsen, Qingdao Oceanic University
16:00-16:45 Nutrition and feeding,
C. Cahu, IFREMER

16:45-17:20 Animal health and disease control
Prof Nie Pin, Hydrobiology Institute, Academia Sinica
17:20-18:00 J.F.Bernardet, INRA

18.00 - 20.00 - Buffet

Saturday 4 march 2000

Topic 3- Trends in research for finfish aquaculture (continue)

8:30-9:15 Genetic : selection methodologies
M.Vandeputte, INRA

9:15-10:00 Sex determination/Differentiation for sex control in Tilapias
J.F. Baroiller - CIRAD

10.00 - 10.15 – Break

10:15-10:50 Interaction aquaculture environnement
Prof. Cui Yibo, Hydrobiology Institute, Academia Sinica
10:50-11:30 G. Lemarie, IFREMER

11.30 - 12.30 - Topic 4 - Technical innovation

11:30-12:00 Development of new technologies in China : water treatment, recirculation systems and off-shor cage culture
Prof. Dong Shuanglin, Ocean University of Qiandao
12:00-12:30 Dr. Hu Wei Hydrobiology Institute, Academia Sinica

12.30 - 13.30 - Lunch

Topic 4 - Technical innovation (Continue)

13:30-14:30 Development of new technologies in European aquaculture : recirculation systems and cages
G. Lemarie, Y. Harache , IFREMER

14:30-15:00 Biotechnologies in aquaculture
G.Maisse, INRA

15.00 - 18.00 - Topic 5 – Free discussion - Conclusion

- Identification of scientific and technical areas of co-operation
- Opportunities for technology transfer

18.30 Dinner

French Participants

Dr. Alan Jones
Sturgeon Scea,
21 Rue de la Gare,
33450 Saint Sulpice et Cameyrac,
France.
Tel: 33（0）557 344 540
Fax:33（0）557 344 549
Email:Info@Caviar.Com

Dr. Chantal Cahu
Unite Mixte de Nutrition des
Poissons INRA-IFREMER,
29280 Plouzane,
France
Tel: 33（0）298 224 403
Fax:33（0）298 224 653
Email:ccahu@ifremer.fr

Dr. Bernard Jalabert
Institut National de la
Recherche Agronomique,
Departement d'Hydrobiologie,
S. C. R. I. B. E.
INRA-SCRIBE,Campus de Beaulieu,
F-35042 RENNES CEDEX
France
Tel: 33 223 485 002
Fax:33 223 485 020
Email:jalaberl@breaulieu.rennes.inra.fr

Dr. Jean Francios Baroiller
CIRAD-EMVT,GAMET, BP 5095,
34033 Montpellier Cedex l et
Equipe Sexualite et
Reproduction des Poissons, S. C. R. I. B.
E-INRA, Campus de Beaulieu,
35042 Rennes Cedex
France
Tel: 33(0) 2.23 48 50.12
Fax:33(0)2. 23 48 50.20
Email:jean-francois.baroiller@cirad.fr
jfb@beaulieu.rennes.inra.fr

Dr. Gilles Lemarie
IFREMER,
Chemin de Maguelone,
34250 Palavas,
France
Tel: 33 04 67 50 41 00
Fax:33 04 67 68 28 85
Email:gilles.lemarie@ifremer.fr

Dr. Gerard Maisse
INRA,
INRA-SCRIBE,
Campus de Beaulieu,
35042 RENNES Cedex,
FRANCE
Tel: 33 2 23 48 50 08
Fax:33 2 23 48 50 20
Email:maisse@beaulieu.rennes.inra.fr

Dr. Marc Vandeputte
Unité de Génétique des Poissons
INRA, Domaine de Vilvert, 78352 Jouy en Josas
Cedex
Tél (331) 34 65 23 54
Fax (331) 34 65 23 90
E-mail mvande@jouy.inra.fr

Dr. Jacques Fuchs
IFREMER
155 Rue Jean Jacques Rousseau
92 138, Issy Les Moulineaux
France
Tél 331 46 48 22 62
Fax 331 46 48 21 88
E-mail :jfuchs@ifremer.fr

Dr.Yves HARACHE
Ifremer/Nantes
IFREMER Centre de Nantes,
BP 21105 44300 Nanets Cedex3
FRANCE
Tél : (33) 02 40 37 40 45
Fax : (33) 02 40 37 40 80
E-mail : yharache@ifremer.fr

Dr. Gilles Brunel
Sepia
13 rue de l aGare
78 181 – Saint Quentin en Yvelines
Tél – 33 1 30 12 97 75
Fax – 33 1 30 57 22 69
E-mail : sepia@worldnet.fr

Dr. Jean Francois BERNADET
Unite de Virologie et
Immunologie Moleculaires Institut
National de la Recherche Agronomique,
Domaine de Vivert,
78352 Jouy-en-Josas cedex,
France.
Tel: 33 1 34 65 25 87
Fax:33 1 34 65 25 91
Email:jfb@biotec.jouy.inra.fr

Mr. Zheng Li
IRNA and CIRAD
Permanent Representative in China
1910 Golden Land Buiding N032,
Laing Ma Qiao Lu
Beijing 100016, China
Tel: 86-10-64638484
Fax:86-10-64643861
Email:inra.cn.zhengli@263.net

Mr J.L Porry
Agricultural Counsellor
French Embassy in China

Mr. Francios Sasourne
French Counsellor in Wuhan

Mr. Antoine Mynard
French Embassy in China

Chinese Participants

Prof. Cui Yibo
Institute of Hydrobiology,
the Chinese Academy of Sciences
Wuhan, Hubei, P.R.
China 430072
Tel: 86-27-87647664
Fax:86-27-87647664
E-mail :yibocui@ihb.ac.cn

Prof. Dong Shuanglin
Aquaculture Research Laboratory,
Ocean University of Qingdao,
Qingdao 266003
China
Tel: 86-532-2032964
Fax:86-532-2032799
Email: Dongsl@mail.ouqd.edu.cn

Prof. Gui Jianfang
State Key Laboratory of Freshwater Ecology and Biotechnology, Institute of Hydrobiology,
Chinese Academy of Sciences
Wuhan 430072, China
Tel : 86-27-87647707
Fax:86-27-87875132
E-mail : jfgui@ihb.ac.cn

Prof. Li Sifa
Shanghai Fisheries University
Shanghai, 200090
China
Tel: +86-21-65710333
Fax:+86-21-65684153
Email: lisifak@online.sh.cn

Prof. Mai Kangsen
Aquaculture Research Laboratory,
Ocean University of Qingdao,
Qingdao, China 266003
Tel: 86-532-2032282
Fax:86-532-2032799
Email: kmai@lib.ouqd.edu.cn

Prof. Nie Pin
State Key Laboratory of Freshwater Ecology and Biotechnology, and Laboratory of
Fish Diseases
Luojiashan, Wuhan 430072, Hubei Province,
China
Tel: 86-27-87664736
Fax:86-27-87875132
E-mail : pinnie@ihb.ac.cn

Dr. Yang Jian
Director General
Bureau of Fisheries,
Ministry of Agriculture
China
Tel: 86-10-64192936
Fax:86-10-64192961

Mr. Tu Fengjun
President
China Society of Fisheries
Bldg.22 Maizidian Str. Chaoyang Dist.
Beijing 100026
China
Tel: 86-10-64194233
Fax:86-10-64194231

Prof. Zhu Zuoyan
Vice President
National Natural Science Foundation of China
35 Huayuan Beilu, E.Gate
Beijing 100083, China
Tel: 86-10-62026379
Fax:86-10-62010306
Email:zhuzy@rose.nsfc.gov.cn

Prof. Lü Beilei
Deputy Director General
Bureau of International Cooperation
National Natural Science Foundation of China
35 Huayuan Beilu E.Gate
Beijing 100083, China
Tel: 86-10-62010390
Fax:86-10-62010306
Email:lubl@rose.nsfc.gov.cn

Dr. Li Mingqing
Secretary General
China Society of Fisheries
Bldg.22 Maizidian Str. Chaoyang Dist.
Beijing 100026
China
Tel: 86-10-64194233
Fax:86-10-64194231

Mr. Chen Shuping
Deputy Dector of INFOYU
China Society of Fisheries
Bldg.22 Maizidian Str. Chaoyang Dist.
Beijing 100026
China
Tel: 86-10-64195140
Fax:86-10-64195141
Email:infoyu@agri.gov.cn

Mr. Jacky Jiang
China Society of Fisheries
Bldg.22 Maizidian Str. Chaoyang Dist.
Beijing 100026
China
Tel: 86-10-64194233
Fax:86-10-64194231
Email:cnscfish@public.bta.net.cn

Mr. Zong Minqing
China Society of Fisheries
Bldg.22 Maizidian Str. Chaoyang Dist.
Beijing 100026
China
Tel: 86-10-64194233
Fax:86-10-64194231
Email:csfish@agri.gov.cn

Mr. Zhong Jiayu
Institute of Hydrobiology,
the Chinese Academy of Sciences
Wuhan, Hubei, P.R.
China 430072
Tel: 86-27-87647677
Fax:86-27-87876624
Email: jiayu@zhong.com.cn

Dr. Hu Wei
Institute of Hydrobiology,
the Chinese Academy of Sciences
Wuhan, Hubei, P.R.
China 430072
Fax:86-27-87876624

Dr. Zhang Fuying
Institute of Hydrobiology,
the Chinese Academy of Sciences
Wuhan, Hubei, P.R.
China 430072
Fax:86-27-87876624

Dr. Sun Yonghua
Institute of Hydrobiology,
the Chinese Academy of Sciences
Wuhan, Hubei, P.R.
China 430072
Fax:86-27-87876624

Dr. Wang Yaping
Institute of Hydrobiology,
the Chinese Academy of Sciences
Wuhan, Hubei, P.R.
China 430072
Fax:86-27-87876624

Dr. Wang Yuezhi
Assistant Director
Beijing Fisheries Research Institute
18 Jiaomen Rd. Yongwai Fengtai Dist.
Beijing 100075, China
Tel: 86-10-67254467

Dr. Zhang Xin
Beijing Fisheries Research Institute
18 Jiaomen Rd. Yongwai Fengtai Dist.
Beijing 100075, China
Tel: 86-10-67254467

Dr. Qin Sihai
Guangdong Fishery Import & Export Campany
Foreign Trade Bldg. 2218
31 Tianhe Rd.
Guangzhou 510620
Guangdong, China
Tel: 86-20-38809193
Fax:86-10-38808095

Mrs. Wang Jianmei
Representative
IMV technologies
Rm. 5G, Guo Men Buiding 1 Zuojiazhuang
Chaoyang Dist. Beijing 100028
China
Tel: 86-10-64604468
Fax:86-10-64604467
Email:honnete@bj.col.com.cn

Mr. Wang Feng
Shanxi Fisheries Research Institute
South Sanqiao
Xi'an 710086
Shanxi Province, China
Tel: 86-29-4521071
Fax:86-10-4521004

Mr. Liu Jinquan
Tianjin Bureau of Fisheries
1 Wenzhoudao, Hexi Dist.
Tianjin 300202, China
Tel: 86-22-23265064
Fax:86-22-23242367

Mr. Zhi Zongwei
Tianjin Bureau of Fisheries
1 Wenzhoudao, Hexi Dist.
Tianjin 300202, China
Tel: 86-22-23265064
Fax:86-22-23242367

Mr. Li Zhenquan
Division of Fisheries
Shanxi Bureau of Water Resources
113 Xinjian Rd.
Taiyuan 030002, China
Tel: 86-351-4051472

Mr. Li Hongchen
Liaoning Bureau of Fisheries and Ocean
2 North Taiyuan Rd.
Heping Dist. 110001
Shenyang, China
Tel: 86-24-22823967
Fax:86-24-23839350

Mr. Yang Feng
Liaoning Bureau of Fisheries and Ocean
2 North Taiyuan Rd.
Heping Dist. 110001
Shenyang, China
Tel: 86-24-22823967
Fax:86-24-23839350

ABSTRACT

Topic : Trends in research for finfish aquaculture – Sex Determination/Differentiation for Sex Control in Tilapias.
J.F. Baroiller
*address: CIRAD-EMVT, GAMET, BP 5095, 34033 Montpellier Cédex 1***et** *Equipe Sexualité et Reproduction des Poissons, S.C.R.I.B.E-INRA, Campus de Beaulieu, 35042 Rennes Cedex.*
Phone: 33(0) 2.23 48 50.12
Fax: 33(0) 2.23 48 50.20
E-mail : jean-francois.baroiller@cirad.fr *or* jfb@beaulieu.rennes.inra.fr

Objectives : Interest in sex determination/sex differentiation studies has been strongly stimulated by the need to farm all-male or all-female populations because one sex is more desirable than the other. In tilapia, male is preferred because it grows faster than female. Therefore, to our two main objectives for a better control of sex are:

1. the characterization of major factors/genes involved in natural and temperature-induced gonadal sex differentiation,
2. a better understanding of the interactions between temperature and genotype in the thermosensitivity of the progenies

State of the art : In tilapias, as in most teleost species, sex chromosomes are not sufficiently divergent to be recognized by microscopic analysis of chromosome preparations; indirect approaches demonstrated that sex determination is predominantly determined by a pair of sex chromosomes. Within the group of tilapias, the heterogametic sex can be the male in species such as *O. niloticus* (XY/XX as in mammals), or the female in other species such as *O. aureus* (ZW/ZZ as in birds). However, conversely to some other fish species (i.e. the rainbow trout), the control by a pair of sex chromosomes should be less strict in tilapia, because sex ratios frequently deviate from the predictions of the heterogametic models.

In tilapias, as in most teleosts, sex differentiation can be influenced by some specific exogenous factors: whereas salinity has no significant effect on sex ratio, temperature seems to be the most important environmental determinant of sex. High temperatures (>33°C) can increase the proportion of males, for treatments covering the sensitive period, at least in some progenies. All-male populations have been produced in some sensitive progenies of *O. niloticus*, whereas in some other progenies, the sex ratio is not affected by high temperatures. Both paternal and maternal effects are strongly suggested in tilapia sex determination: therefore in this group, sex is determined by genetic factors and temperature levels, and genotype/temperature interactions.

In tilapia, as in the rainbow trout, estrogens in females and 11-oxygenated androgens in males are probably key physiological steps in the regulation of the gonadal sex differentiation. Aromatase especially seems to be a key enzyme for ovarian differentiation. Higher levels of aromatase gene expression were revealed (by virtual Northern blots and semi-quantitative RT-PCR) in all-female populations when compared to males. Progenies in which temperature caused total sex inversion of gonads, showed a decrease in aromatase expression in treated groups. Therefore, estrogens (especially estradiol) could be involved in the mechanisms of thermosensitivity in tilapia.

Areas of investigation, innovations...
Our main areas of investigation in sex determination/sex differentiation in Tilapia are:

- the characterization of the major factors/genes involved in natural and temperature-induced gonadal sex differentiation,
- the analysis of the interactions between temperature and genotype in the sex determination

Main french Institutes involved :
National Institute of Agronomy (INRA)
Center of International Cooperation for Agronomic Research (CIRAD)

Selected references (7 articles)

Baroiller, J.F., Chourrout, D., Fostier, A., and Jalabert, B. 1995a. Temperature and sex chromosomes govern sex ratios of the mouthbrooding cichlid fish *Oreochromis niloticus*. J. Exp. Zool., 273: 216-223.

Baroiller, J.F., Nakayama, I., Foresti, F. and Chourrout, D.,. 1996b. Sex determination studies in two species of teleost fish, *Oreochromis niloticus* and *Leporinus elongatus*. Zoological Studies, 35 (4): 279-285.

Baroiller, J.F., and Clota, F., 1998. Interactions between temperature effects and genotype on *Oreochromis niloticus* sex determination. J. Exp. Zool., 281 : 507 (abstract).

Baroiller, J.F., Guiguen, Y., Iseki, K., and Fostier, A., 1998. Physiological role of androgens on gonadal sex differentiation in two teleost fish, *Oncorhynchus mykiss* and *Oreochromis niloticus*. J. Exp. Zool., 281 : 506 (abstract).

Baroiller, J.F., Guiguen, Y., and Fostier., A., 1999. Endocrine and environmental aspects of sex differentiation in fish. Cellular and Molecular Life Sciences, 55 : 910-931.

Guiguen, Y., Baroiller, J.F., Ricordel, M.J., Iseki, K., McMeel, O.M., Martin, S.A.M.,, and Fostier, A., 1999. Involvement of Estrogens in the process of sex differentiation in two fish species : the rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) and a tilapia (Oreochromis niloticus). Molecular Reproduction and Development, 54 : 154-162.

D'Cotta, H., Guiguen, Y., Govoroun, M.S., McMeel, O. and Baroiller, J.F., 1999. Aromatase gene expression in temperature-induced gonadal sex differentiation of tilapia *Oreochromis niloticus*. In "Proceedings of the Sixth International Symposium on Reproductive Physiology of Fish, Bergen, Norway. 4-9 Juillet, 1999.

ABSTRACT

Topic 3 Trends in research for finfish aquaculture - Animal health and disease control.

Jean-François BERNARDET
Laboratory: Unité de Virologie et Immunologie Moléculaires
Address: Institut National de la Recherche Agronomique, Domaine de Vilvert, 78352 Jouy-en-Josas cedex, France.
Phone number: 33 1 34 65 25 87
Fax number: 33 1 34 65 25 91
E-mail: jfb@biotec.jouy.inra.fr

Objectives: Rainbow trout represents the main freshwater fish species farmed in France, and the production of sea bass, sea bream and turbot is progressively increasing along French coasts. Because most fish farms are affected by pathological problems to various extend, the objective of our group is to improve fish health by increasing the knowledge about the dominant fish pathogens in order to elaborate efficient control methods. We have large and well-equiped laboratories as well as extensive experimental fish facilities. Moreover, Christian MICHEL is a member of the Fish Disease Commission of the OIE (World Organisation for Animal Health) which establishes guidelines for health control of fish and fish products in international trade.

State of the art: The dominant pathogens in French trout farming are two rhabdoviruses (the viral hemorrhagic septicemia virus=VHSV and the infectious hematopoietic necrosis virus=IHNV), a birnavirus (the infectious pancreatic necrosis virus=IPNV), various bacteria (*Aeromonas salmonicida*, responsible for furunculosis; *Flavobacterium psychrophilum*, responsible for the rainbow trout fry syndrome; Gram positive bacteria...), and parasites (particularly the PKX, agent of the proliferative kidney disease=PKD). In seawater, fish are also affected by various viruses (a nodavirus in sea bass; the virus responsible for the sleeping disease in salmonid fish; the iridovirus causing the epizootic hematopoietic necrosis=EHNV in perch...), bacteria (*Vibrio* and *Photobacterium* spp, *Flexibacter maritimus*, *Pseudomonas anguilliseptica*, etc) and parasites.

Areas of investigation: Two groups in our laboratory are involved in fish pathology:

1- The "infectious pathology and immunology of fish" group (leader: Dr. Abdenour BENMANSOUR, abdenour@biotec.jouy.inra.fr) is performing various studies on fish bacteria (the *Flavobacterium-Cytophaga* group: taxonomy, identification, growth, detection, molecular typing of the strains, preservation, virulence, experimental disease...; *Chryseobacterium* strains isolated from carp: taxonomy and identification; *A. salmonicida*: origin of the resistance of some trout strains; *Streptococcus* and *Lactococcus* spp; resistance to antibiotics), viruses (molecular bases of the VHSV virulence, resistance of trout clones and hybrids to VHSV, DNA vaccination against VHSV and IHNV), immunology (global - mRNA differential display- or partial -T cell repertoire- modifications induced in fish by VHSV; modifications of leucocyte population during various infections using cytofluorimetry), and on the myxosporean PKD parasite (biological cycle, molecular characterization, and immune response).

2- The "virology" group (leader: Dr. Michel BREMONT, bremont@biotec.jouy.inra.fr) is developping a reverse genetic system on VHSV and IHNV to introduce targeted mutations in the viral genomes in order to generate from infectious cDNAs new viral strains totally non-pathogenic which could represent live vaccine strains. Also, the virus responsible for the sleeping disease has been recently characterized as an atypical alphavirus, the first described from fish. Several early diagnosis tools for this disease have now been generated. Molecular studies are also performed on the iridovirus: a systematic nucleotide sequencing of the viral genome (150 Kbases) is underway. Finally, concerning the IPNV, the viral protease is being characterized, a reverse genetic system is being elaborated for the obtention of infectious cDNA, and the viral morphogenesis is studied through the analysis of the formation of pseudo-particles in recombinant systems.

Selected references:

Boudinot P. *et al.*, Vig-1, a new fish gene induced by the rhabdovirus glycoprotein, has a virus-induced homologue in humans and shares conserved motifs with the MoaA family. J. Virol. 73, 1846-1852, 1999

Michel C. *et al.*, Production of viable cultures of *Flavobacterium psychrophilum*: approach and control. Res. Microbiol. 150, 351-358, 1999

Michel C. and Hollebecq MG, Independence of phagocytic activity and susceptibility to furunculosis in families of rainbow trout genetically selected for differential resistance. Fish Shell. Immunol. 9, 81-93, 1999

Saulnier D. *et al.*, Molecular evidence that the proliferative kidney disease organism unknown (PKX) is a myxosporean. Dis. Aquat. Org. 36, 209-212, 1999

Villoing S. *et al.*, Rainbow trout sleeping disease virus is an atypical alphavirus. J. Virol. 74, 173-183, 2000

Other teams involved in fish pathology in France:

1-Prof. Hervé LE BRIS

Laboratory: Unité de Chimiothérapie Aquacole et Environnement

Address: Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes, BP 40706, 44307 Nantes Cedex 03, France. Phone number: 33 2 40 68 76 74; Fax number: 33 2 40 68 77 62; E-mail: lebris@vet-nantes.fr

Areas of investigation: evaluation of the environmental impact of drugs used in fish farms against bacteria and parasites; detection of antibacterial agents in fish tissue and environmental samples; metabolism of antibacterial agents by fish and persistance in the environment; resistance of fish-pathogenic bacteria to antibiotics.

2-Dr. Adam MARQUES

Laboratory: Département Biologie Ecologie Environnement

Address: Université Montpellier II, C.C. 96 UMII, Place Eugène Bataillon, 34095 Montpellier Cedex 05, France. Phone number: 33 4 67 14 36 83; Fax number: 33 4 67 14 30 31; E-mail: amarques@crit.univ-montp2.fr

Areas of investigation: parasites of fish: Myxozoa (Actinosporea/Myxosporea), Apicomplexa, Sporozoans coccidia; host-parasite interactions, co-parasitism, host-parasite co-evolution; identification of diseases caused by these organisms, alone or in combination with environmental disturbances.

3-Dr.Alain LAMBERT

Laboratory: Génomes-Populations-Interactions

Address: Université Montpellier II, C.C. 105 UMII, Place Eugène Bataillon, 34095 Montpellier Cedex 05, France. Phone number: 33 4 67 14 37 53; Fax number: 33 4 67 14 46 46; E-mail: lambert@crit.univ-montp2.fr

Areas of investigation: parasites of fish: Previously working on the Monogenea of European and African cyprinids (phylogeny, taxonomy, co-evolution, larval development...) and on Trematodes (biological cycle of *Bucephalus*); currently working on the Monogenea of African and Indonesian Siluriformes (taxonomy, biodiversity, specificity...).

4-Dr. Gilles BREUIL

Laboratory: IFREMER Palavas

Address: Chemin de Maguelone, 34250 Palavas-les-Flots, France. Phone number 33 4 67 50 41 00; Fax number 33 4 67 68 28 85; E-mail: gbreuil@ifremer.fr

Areas of investigation: the nodavirus responsible for the viral encephalopathy and retinopathy in sea bass (also in halibut in Japan): taxonomy, direct (cell culture, PCR, immunohistochemistry, Elisa) and indirect (serology) methods of diagnosis; horizontal and vertical transmission; vaccine.

5-Dr. Martine VIGNEULLE

Laboratory: AFSSA-Brest

Address: Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA), Technopôle Brest-Iroise, BP 70, 29280 Plouzané, France. Phone number: 33 2 98 22 44 62; Fax number: 33 2 98 05 51 65; E-mail: afssa.brest@brest.afssa.fr

Areas of investigation: The group "fish immunology and therapeutics" studies the stimulation of immune potential in fish and the appraisal of drugs to be used in fish, the oral vaccination against vibriosis in turbot, the virus of the sleeping disease, as well as fish welfare. The group "infectious pathology of fish" is developping diagnosis and control methods for VHSV, the sleeping disease, and the nodavirus of sea bass (in collaboration with the previous team).

ABSTRACT

Topic : Trend in research for finfish aquaculture – Nutrition and feeding.
C.Cahu
address: Unite Mixte de Nutrition des Poissons INRA-IFREMER, 29280 Plouzane, FRANCE
Tél: 33(0) 298 224 403
Fax: 33(0) 298 224 653
E-mail :ccahu@ifremer.fr

Objectives : The objective of research in finfish nutrition in France and Europe is to determine the nutritional requirements of the species of main commercial interest in order to formulate diets able:
- to sustain good growth and health of fish,
- to ensure high quality of products (nutritional and organoleptic value of fillets)
- to minimize waste (organic pollution) of finfish farms
- to reduce production costs.

Besides, specific requirements of the physiological stages of life, breeders, larval stages and juveniles must be determinated for sustaining a durable development of aquaculture.

State of the art :
Nutritional requirements of the different life stages of some freshwater fish of economical interest for Europe (salmonids, carp) are rather well known. Data on different fields of nutrition have been published: protein and lipid metabolism, ratio protein/energy, fatty acid and amino acid requirements, vitamin nutrition....
Production of different marine fish, mainly sea bass (*Dicentrarchus labrax*), sea bream (*Sparus aurata*) and turbot (*Scophtalmus maximus*) is increasing in Europe, thanks to studies initiated since 30 years. Nevertheless, better knowledge is still needed on their nutritional requirements, mainly those of larvae stages and breeders.
In the last decades, nutritional studies were mainly aimed to sustain the quantitative increase in production. Now, in order to sustain a durable development of both fresh and sea water aquaculture, studies move towards the improvement of production quality and the reduction of waste from farms.

Areas of investigation, innovations...
The main areas of investigation in fish nutrition in France (and in Europe) are:

- Nutritional requirements of breeders, mainly protein, phospholipids, fatty acid and vitamins. The aim is to obtain eggs with biochemical composition adequate to sustain embryonic development, hatching and development of normal larvae during lecitotrophic stages. Commercial diets are now available for sea bass and sea bream, used in cofeeding with natural food.

- Nutritional requirement of larvae. Larvae of freshwater species can be fed compound diet, but larvae of marine species are still fed live preys (until 50 days post hatching in sea bass, sea bream and turbot) in hatchery. Recent studies have shown that digestive physiology is quite different between larvae and juveniles. Consequently, larvae have specific nutritional requirements, particularly in proteic fraction (role of short peptides) and in lipidic fraction (essentiality of phospholipids). Recently, theses studies have led to the formulation of a compound diet, which totally replaces live prey during development of marine fish larvae. Specially, high growth and survival are obtained in sea bass and red drum larvae fed this compound diet. This diet will be produced at commercial scale by food manufacturers for using in hatchery. Now, research moves towards the improvement of larvae quality, by nutritional way: the role of fatty acids, ascorbic acid and retinoic acid on pigmentation and skeleton formation is investigated.

- Improvement of flesh quality of reared fish. Composition of ingested diet is one of the main factors affecting nutritional value, organoleptic property and storage stability of fish fillet. During the last decade,

the dietary lipid level of most of the fish species has been increased, in order to spare protein and to reduce phosphorus and nitrogenous waste. The increase in dietary lipid level result in increase of fat deposition in different part of fish body: muscle in salmonid, muscle and liver in sea bass, and affect flesh quality. Moreover, it has been shown in sea bass that high dietary lipid levels may induce perturbation in intestinal digestive functions. The increase in total lipid in fish body is generally associated with an increase of highly unsaturated fatty acids of linolenic family (n-3 HUFA), which have a beneficial effect on human health. As these fatty acids are easily impaired by peroxydation, components (such as vitamins) and enzymes (such as dismutase, peroxydase) are studied.
A possible role of ascorbic acid in physical properties of flesh (texture, " gaping ") is investigated.

- Alternative protein sources. Fish meal contains proteins with optimal amino acid profile for fish nutrition. But the world resource in fish meal is limited and alternative protein sources must be found. Partial and total replacement of fish meal by vegetable protein has been tested. Besides soybean, vegetables produced in France have been tested in trout as well as in marine fish. Vegetables contains antinutritional factors, such as trypsin inhibitor, phytic acid, tannins. A part of these factors can be reduced by technological treatment of meals (extrusion) or genetic improvement of plant. Good fish growth was obtained by incorporating up to 25% extruded peas or extruded lupin. The incorporation level of rapeseed must be lower, because this vegetable contains glucosinolates, inducing perturbation in thyroid functions.

- Reduction of organic waste from farm by nutritional way. Different studies are conducted in order to reduce nitrogen and phophorus waste: regulation of voluntary feed intake and feeding rhythms, reduction of fish meal concentration in diets, dietary ingredients with high digestibility. A better knowledge of amino acid metabolism is also needed to improve protein utilization and reduce nitrogen excretion.

- Diversification. Besides the species previously mentioned, nutrition experiments are initiated on stripped mullet, cod, Senegal sole, red drum, pollack, wreck fish, sturgeon.

Main Institutes involved :
French Institute on sea research (IFREMER) and
National Institute of Agronomy (INRA) associated in a twin laboratory of fish nutrition
Brest University (UBO)
Nancy University (UHP)
Scientific partners: Research Institute for Agricultural and Environmental Engineering (CEMAGREF)
National Institute for Health and Medical science (INSERM)
Center of International Cooperation for Agronomic Research (CIRAD)

Selected references (6 articles)

Burel C., Boujard T. Corraze G., Kaushik S., Boeuf G., Mol K., Van der Geyten S. and Kuhn G., 1998. Incorporation of high levels of extruded lupin in diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): nutritional value and effect on thyroid status. *Aquaculture* 163: 325-345.
Cahu C., Zambonino J.L., Escaffre A.M., Bergot P. and Kaushik S., 1998. Preliminary results on sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae rearing with compound diet from first feeding. Comparison with carp (*Cyprinus carpio*) larvae. *Aquaculture*, 169: 1-7.
Dias J., Alvarez M.J., Diez A., Arzel J., Corraze G., Bautista J.M. and Kaushik S., 1998. Regulation of hepatic lipogenesis by dietary protein/energy in juvenile European seabass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, 161: 169-186.
Gelineau A., Medale F. and Boujard T., 1998. Effect of feeding time on postprandial nitrogen excretion and energy expenditure in rainbow trout. *J. Fish Biol.*, 52: 655-664.
Gouillou Coustans M.F., Bergot P. and Kaushik S., 1998. Dietary ascorbic acid needs of common carp (*Cyprinus carpio*) larvae. *Aquaculture*, 161: 453-461.
Péres A., Zambonino J.L. and Cahu C., 1998. Dietary regulation of activities and mRNA levels of trypsin and amylase in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae. *Fish Physiol. Biochem.*, 19: 145-152.

ABSTRACT

Topic : Introduction of non indigenous species in France and Europe – regulation and policy
By Jacques Fuchs – Ifremer
Address : IFREMER – 155 Rue Jean Jacques Rousseau – 92 138 – Issy Les Moulineaux - France
Tél 331 46 48 22 62
Fax 331 46 48 21 88
E-mail :jfuchs@ifremer.fr

Objectives : The objective is to present a analysis of the policies established to control and regulate the introduction of non indigenous species and/or the transfer and release of species outside their present geographical range through appropriate regulations or recommendations with the aim of preventing any zoosanitary problem (direct infestation or increase pathogenicity of existing pathogens) or ecological damage.

1 - Situation in France and Europe:

Human beings have always introduced non indigenous species (exotic species) into new environments or transferred animals from place to place with land animals (agriculture) and more recently with aquatic animals for aquaculture or fisheries purpose (figure 1). In Europe for example, Romans already transferred edible oysters, *Ostrea edulis,* from France to Italy, Great Britain, Tunisia, ... to mature. This tendency accelerated in the beginning of the 20th century with the transfer of shell fish "a sec" and salmon after the discovery of artificial fecondation and dissemination (1860, 1870).

Success and failures have been numerous but the tendency is to an increase in the exchanges of animals in period 1940 – 1979 due to the domestication of a large number of selected strains adapted to aquaculture (figure 2). Now-days, the list of species accidentally or intentionally introduced or transferred in France and Europe is long and concerned hundreds of fish and a few dozen records of shellfish species.

When considering the opportunity of introducing new species, it is important to clearly define the expected outputs (biological and economics), precise the studies necessary to conduct before acting and take the necessary precautions in order to limit ecological and zoosanitary risks. Problems and constraints are very diversified from species to species and group of animals : algae, shellfish, marine or fresh water shrimp, marine, brackishwater or marine fish...

Generally speaking, two hazards may become causes of troubles when introducing new species and/or transferring animals and plants :
1/ zoosanitary risks : direct infestation or increase pathogenicity of existing pathogens,
2/ ecological risk : negative impact on the ecosystem (decrease of the biodiversity....) and competition with other activity (fishery..)

Nevertheless, when the necessary precautions are taken in respecting zoosanitary rules (histological control, quarantine, production of F1 generation for release in the open sea), an introduction may be very positive. Among the most well -known cases of recently introduction new marine population, three species : Oyster (*Crassostrea gigas*), Manila Clam (*Ruditapes philipinarum*) and Salmonids lead to establish and/or reinforce existing aquaculture in France and Europe with not greatly disturb the natural biotops :

- Oyster, *Crassostrea gigas* has been introduced in France in the years 1971-1975 from British Colombia in order to maintain the mollusc industry damaged by an epizootic (iridovirus) on the native species, *Crassostrea angulata.* 20 years later France remains the first oyster producer in Europe with more than 150 000 tons/year (90% of the European production) corresponding to an income of 1.5 Billions Fr/year in 1996. Nevertheless doubts exists on a possible introduction of this iridovirus with the transfer of Crassostrea gigas. No significant ecological disruption has been observed except for some species :*Hydroides enzoensi, Aiptasia puchella, Anomia chinensi, Balanus amphitrite* accidentally introduced during the first immersion of spats (Grizel, 1996).

- Manilla clams (*Ruditapes philipinarum*), originated from Japon have been introduced in France from Canada in 1973 and 1974 and later in UK in 1980 then transferred all over Europe in order to create a new aquaculture activity based on a fast grower species compared to native ones. Presently, aquaculture production in Europe is 18 000 tons (600 tons in France in 1996). In a first step, clams were reared in closed areas with spats issued from hatchery. No indigenous species introduction has been noticed due to a strict zoosanitary control (histological control, quarantine, F1 generation for release in the wild). Therefore, this introduction led to the creation of important natural banks in Italy, and France allowing to develop a new fishery activity evaluated to 23000 tons/year competing with aquaculture for the price. No disease appeared in the wild stocks but two bacteriosis have been observed, one in hatchery and another one named "brown ring" during the growing phases in intensive conditions, probably due to unproper rearing management.
- Introduction of salmon, Pacific salmon (*Oncorhynchus sp)* or migrative salmon (*Salmo salar* and *S.trutta*), in order to create new wild populations, has been experimented at large scale since the beginning of the 20 century without great success. The main reasons of failure are due to inadequacy of the species to new environmental conditions (temperature, salinity, current..) and quality of the strains. The major success concern the introduction or the transfer of species (Pacific and/or Atlantic salmon) for aquaculture purpose as in Japon, Chili and Norway. Major disease problems have been encountered when transferring species without strict sanitary protection.
- The last example concerns Asian Seabass (*Lates calcarifer*) and red drum (*Sciaenops ocelatta*) originated from USA which have been introduced for aquaculture purpose the first one in Tahiti, French Polynesia, the second one in Martinique (French Western Indies). The objective was to supply local fisheries subject to annual fluctuations and risks of ciguatera contamination (Tahiti). This introduction leads to the creating of a new finfish aquaculture activities in cage culture for local consumption in a first step. No particular disease problem, except viral disease on seabass whose origin is uncertain, has been encountered after 15 years of experimentation and no dispersion in the wild has been observed in both cases; Seabass is a catadromous species and doesn't reproduce in Tahiti waters (no mangrove and brackishwater), red drum is a semi-tropical species and the water temperature is too high in Martinique (28-30°c) to induce natural breeding.

2 – Regulation and policy

Specific regulation and policy have been progressively implemented in each European country and recommendations have been written by international organisations as OIE (World Organization for Animal Health) and ICES (International Council of Exploitation of the Sea) to reduce the risk arising from introductions and transfers of non-indigenous species:

National regulation for marine finfish species :
Article L211.3 – rural code (law 2/02/1995) prohibiting the introduction for aquaculture of non-indigenous and/or non domesticated finfish species. Therefore, special authorisation are delivered by the administration after evaluation of possible consequences on the environment.
Several circulaires, notes and arrêtés have been taken by the Authorities to control the immersion of shellfish imported from non UE countries.

UE regulation : Several Directives and decisions have been taken since 1991 at European level concerning the importation of mollusc (Ostrea edulis, Crassostea gigas) from abroad in order to avoid the introduction of diseases (Bonamia ostreae, Marteilia refringens, Mickrocystis mackini..).

ICES recommendations (1990) in North Atlantic countries « Code of practices to reduce the risk of adverse effects arising from introductions and transfers of marine species » applied since Oct 1990 concerns :
1 – Recommended procedures for all species prior to reaching a decision regarding new introduction to communicate to the Council for evaluation and comments :
- produce information on the species; proposed plan of introduction, and objectives,
- analyse by the imported authorities of the justification for the introduction;
- examine the effect of previous introduction of this or similar species in other areas.
2 – If the decision is taken to proceed with the introduction, following actions are recommended :
- maintain a brood stock in quarantine situation and release F1 progeny if no disease or parasite become evident

- place F1 progeny on a limited area in open waters to assess ecological interactions with natives species
- sterilisation of all effluents or establishments used for quarantine
- continuous study with progress reports submitted to the Council.

3 – Regulatory agencies of all member countries are encouraged to use the strongest possible measures to prevent unauthorised or unapproved introductions.

4 – Recommended procedures for introduced or transferred species which are part of current commercial practices.

- periodic inspection of material prior to mass transplantation to confirm freedom from introducible pests,
- inspection of each consignment on arrival,
- desinfection whenever possible and when appropriate,
- establishment of brood stock certified free of pathogens.

3 - Recommendations for introduction species

Although a transfer of species and/or an introduction of a non-indigoes species can have a positive effect in increasing stocks or implementing new aquaculture, there is always a risk if precautions are not taken to carefully evaluate before promoting it. Based on the experience of European and French producers and scientists, following recommendations can be underlined :

1/ clearly define the objectives (biological and in term of economic return) ,
2/ follow strict zoosanitary rules and conduct a very of necessary studies in order to evaluate the possible impact on the environment
3/ Carefully select the origin and quality of the animal « disease free » and well-selected species
4/ Applied technology already improved on the species in term of technology and : food…

Selected references

Aquacop., Fuchs J., Thouard E et E Goyard., 1992. Développement de l'aquaculture des poissons tropicaux dans les Départements et Territoires français d'Outre-Mer : Introduction du Loup tropical, *(Lates calcarifer)* à Tahiti, de l'Ombrine (*Sciaenops ocellata*) en Martinique. Transfert d'espèces – Actes de réunions satellites, Colloque Bordeaux Aquaculture 1992, 57-75.

Grizel., H 1996. Quelques exemples d'introduction et de transferts de mollusques, 1996 – Rev.sci.tech.int.Epiz., 1996, 15 (2), 401-408.

Harache., Y., 1992. Pacific salmon in Atlantic waters, ICES mar.Sci.Symp., 194 :31-55.

Harache.,Y., 1992. Revue des introductions et transferts de saumons pour le repeuplement et l'aquaculture. Transfert d'espèces – Actes de réunions satellites, Colloque Bordeaux Aquaculture 1992, 43-56.

ICES – 1990 – Revised 1990 code of practice to reduce the risks of adverse effects arising from introductions and transfers of marine species.As adopted by the International Council for the Exploitation of the Sea, October 1999.

Database on introduction of aquatic species (DIAS) – FAO – 1998

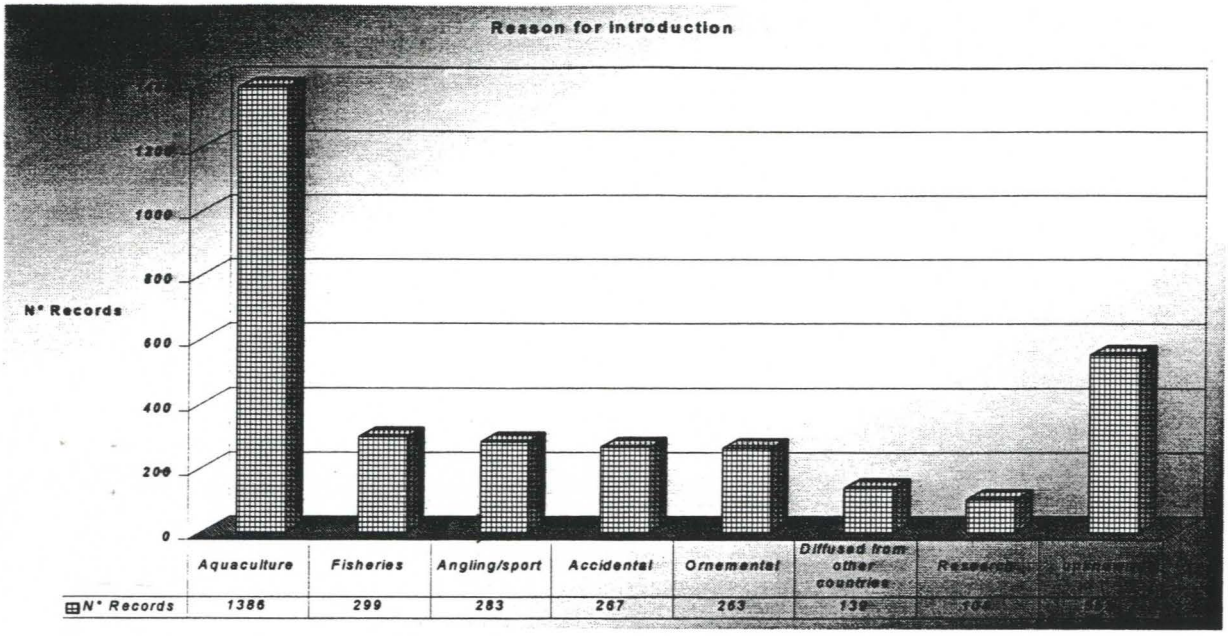


Figure 1 – Reason for introduction

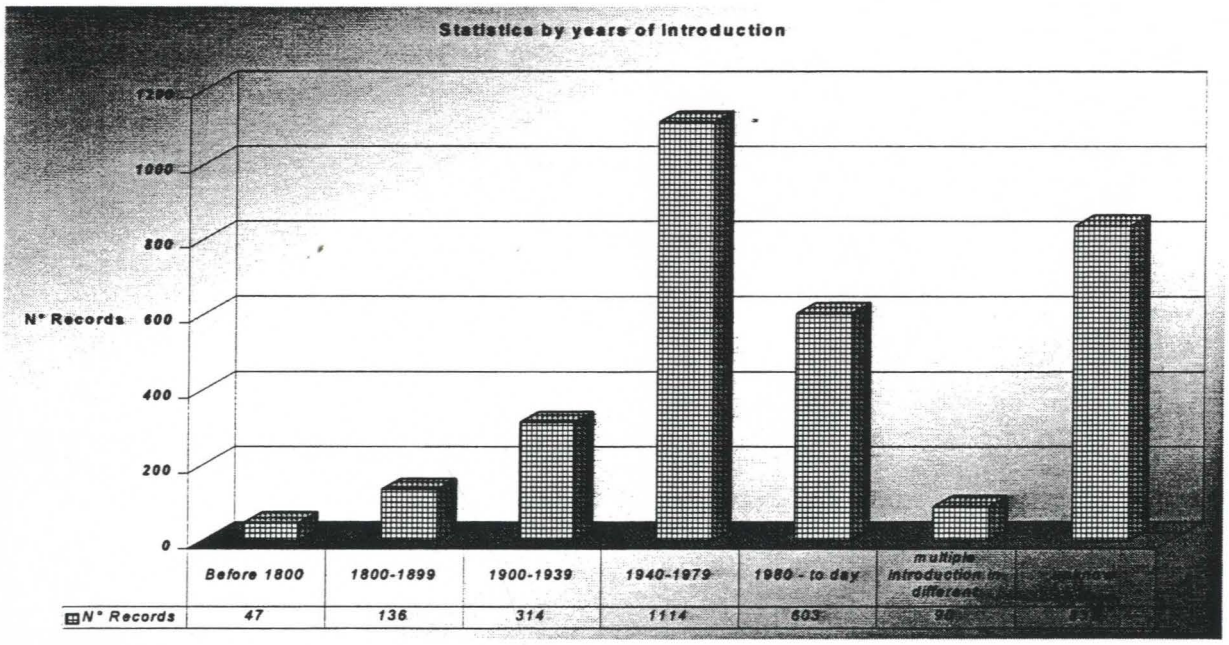


Figure 2 – Statistics by years of introduction

ABSTRACT

Topic : Status of Aquaculture development in Europe and review of the research organisation in France
Y. HARACHE – Ifremer/Nantes
Address : IFREMER Centre de Nantes, BP 21105 44300 Nanets Cedex3 FRANCE.
Tél : (33) 02 40 37 40 45
Fax : (33) 02 40 37 40 80
E-mail : yharache@ifremer.fr

Recent evolution of European aquaculture

Though small in terms of tonnage compared to the Chinese production (only 5.4% of the global production), European aquaculture has undergo a significant increase over the last twenty years. In 1997, it provided 16.5% of the "rest of the world" production. Besides long time existing traditional cultivation of molluscs on the sea shore (oysters and mussels) and freshwater fish culture inland, major changes occurred with the rising of an active sector of marine fish culture. This responded to a growing need of marine products for human consumption, especially for "high value" products such as salmon and marine fish which were in a situation of scarcity and high demand. This happened in two steps : the emergence and development, in the 70's, of salmon culture in marine waters mainly due to the Norwegian approach rapidly expanding in northern Europe. Then a new wave of development appeared after a phase of very active research on the domestication of marine fish, initiated mainly by U.K and France, leading to the beginning of mass production of hatchery reared juveniles of seabass, seabream and turbot (mid 80's), allowing the spreading of an active sector of development in southern europe (mediterranean basin). The historical background of these two activities will be comparatively analysed.

Moreover, a general trend towards species diversification is observed, both in continental aquaculture (salmonids, sturgeon), as well as in mariculture (clams, scallops, abalone, sparids and sciaenid fish...).

Evolution of aquaculture production in Europe by country *(thousands tons) –source FAO*

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Austria	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	2.9	3.0	3.0
Belgium	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.9	0.8
Denmark	42.0	42.1	43.2	43.2	42.9	44.7	41.4	39.9
Finland	18.6	19.3	17.9	17.5	16.7	17.3	17.6	16.4
France	256.6	245.0	250.2	277.3	280.9	280.6	285.6	287.6
Germany	64.7	71.1	90.3	63.4	42.9	58.1	75.2	59.4
Greece	9.6	12.6	20.3	32.6	33.1	32.6	39.9	44.3
Iceland	2.8	2.9	2.5	2.9	3.2	3.5	3.7	3.7
Ireland	26.7	27.7	27.1	30.2	28.6	27.4	34.9	36.6
Israel	14.6	15.1	12.4	13.6	15.0	15.9	17.6	17.3
Italy	144.3	155.2	165.2	160.6	172.2	223.0	207.3	212.5
Netherlands	101.0	51.6	54.1	71.1	103.4	83.9	99.9	98.2
Norway	150.0	160.7	137.4	173.1	218.5	277.6	321.5	366.3
Portugal	5.0	6.3	6.4	6.0	6.6	5.0	5.4	7.2
Spain	203.8	224.9	168.8	123.1	177.9	224.0	231.6	239.2
Sweden	9.1	8.0	7.1	5.9	7.4	7.6	78.3	6.7
U.K	50.0	60.9	56.8	68.8	85.7	93.8	109.9	129.2

Value of the Aquaculture European production *(million US $) – source FAO*

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Austria	2.1	2.1	2.0	2.1	2.1	2.1	2.1	2.2
Belgium	2.9	3.9	4.2	3.9	4.0	4.5	4.7	3.8
Denmark	153.5	137.2	140.8	135.6	137.1	177.7	138.7	134.4
Finland	92.9	95.6	83.4	65.7	70.5	60.5	58.2	48.0
France	527.6	496.8	563.4	571.5	640.5	664.7	604.3	634.1
Germany	154.1	154.6	202.9	135.2	127.6	162.7	125.5	101.2
Greece	63.5	95.0	177.2	150.6	119.7	157.3	235.8	244.8
Iceland	14.9	17.7	15.9	13.9	14.6	15.5	14.3	14.4
Ireland	50.4	64.4	70.5	74.5	73.7	75.4	82.8	76.0
Israel	39.8	40.4	33.2	37.2	40.2	48.3	52.5	52.7
Italy	346.7	373.1	388.0	346.2	427.5	511.5	416.4	406.2
Netherlands	65.1	58.9	64.5	65.0	76.4	67.9	84.4	82.4
Norway	773.2	669.8	655.8	688.8	848.9	1026.1	994.6	1034.8
Portugal	29.5	40.9	44.2	64.7	39.1	28.2	31.3	48.0
Spain	352.0	345.4	216.4	163.2	203.4	249.9	249.5	252.8
Sweden	31.9	32.1	23.1	19.3	23.1	25.1	25.0	19.6
U.K	199.9	227.9	227.6	288.7	374.1	265.4	268.6	426.8

Status of aquaculture in France

The increase in aquaculture production since 1985 has made France the first producer within the European Union in term of volume, recently surpassed by Norway due to the very rapid expansion of the salmon industry. In 1998, total production for human consumption amounted to over 285 thousands tons for a turnover of 627 million euros (including overseas territories production).

Quantity produced in 1998 in France *(thousand tons)*

Species	**1998**
Oyster	156
Mussel	60
Other molluscs	5.0
Total Molluscs	221
Seabass-bream	4.1
Turbot	0.9
Salmonids	1,4
Other fish	0.1
Total marine fish	6.5
Trout	43.5
Eels	0.2
Sturgeon	0.2
Other FW fish	13.4
Total freshwater fish	57.4
Shrimps	2.0
TOTAL	**285**

Traditional shellfish farming production has increased within the last 10 years (+30%) to exceed 200 thousands tons per year ; turnover doubled in nominal price between 1985 and 1996 (348 million euros in 1994). The number of farms decreased (-30% in 10 years), especially due to the disparition of small-scale and family-run business. Nevertheless, large firms are emerging in mussel farming as a consequence of the important investments in new off-shore techniques. The adaptation of the packaging and shipping units to European sanitary regulations has also induced merging between oyster farms companies. The spat used from ongrowing remains massively obtained by natural spat collection, but a growig share is now produced by specialized hatcheries (especially for oysters) which provide different products, including triploids and bring the premices of strains of juveniles selected towards their resistance to environmental factors and pathogens. Along with these activities for human consumption, the pearl oyster cultivation in French Polynesia –a very rapidly expanding activity- produced 6 tons of black pearls for a turnover of 128 million euros in 1998.

Extensive fish farming in freshwater ponds, an ancient activity is operated by 75 commercial farms, but also by 9000 part time farmers involved in polyactivities. Production mainly concerns carps, but growing interest has been brought to other species such as the european catfish (*Silurus glanis)*. The turn over of the activity is 140 million Euros in 1997.

Intensive farming of salmonids is almost exclusively based upon rainbow trout (*Onchorynchus mykiss*) which represents about 80% of the total production. The remaining production is for stock enhancement for recreative fisheries (brown trout *Salmo trutta*, atlantic salmon *Salmo salar* or chars *Salvellinus* sp. Altogether, 496 farms are in operation, with a turn over of 43 million Euros.

The overall production of marine finfish; seabass (*Dicentrarchus labrax)*, seabream (*Sparus aurata)* and turbot (*Scophtalmus maximus)* is still limited in volume (less than 3 % of the total), and development faces serious difficulties for exploiting coastal sites de to an acute competition with other users (tourism). In the other hand, the hatchery sector is well developed with elaborate technologies and keeps a major role for seed production in Europe. French hatcheries can be considered as leaders for the three marine species cultivated : seabass, seabream and turbot. Due to the high value of products, the value of the sector accounted for 52 million Euros in 1997, including seed production (9.1 M E).

Consumption of aquatic products in France

The apparent consumption of aquatic products, as a measure of the total supply of fish products (adding fisheries, aquaculture and imports, minus the exports), has regularly increased within the last ten years. In order to satisfy the demand, imports have drastically increased (+56% in volume and +68% in value since 1985) to reach about 2286.7 millions euros in 1995. The level of exports remains very low (about 762.2 millions euros in 1995) despite its increase over the last decade (+84% in volume and +46% in value). Expressed in net value, total consumption of sea-products reaches 1,12 millions tons, or 19 kg per capita per year . Home-domestic consumption represents about 70% of the total consumption and reached 818 thousands tons (5,1 billion Euros) in 1995. Over the past ten years, supermarkets have gained a very strong position on the retail market at the expense of fishmongers and open air markets; their market share (in volume) in the distribution of sea-products has reached 75% for fish and crustaceans and 60% for molluscs (mussels) in 1996.

Research Institutes involved in aquatic resources sectors

Several national research institutes and university laboratories and marine stations are involved in marine biology, fishery and aquaculture research, with specific research applied to fish culture.

- IFREMER (Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer) is in charge of the research in marine fisheries and marine aquaculture in France, including product processing as well as marine environment studies..
- INRA (Institut National de Recherche Agronomique) has developed a strong competence on the biology of aquatic vertebrates, as well as on the knowledge of freshwater ecosystems. The department devoted to Hydrobiology benefits from the expertise of other departments working on agriculture productions (genetics, pathology…).

- IRD (Institut de Recherche pour le Développement, ex-ORSTOM) conducts both academic and applied research on tropical and sub-tropical marine and continental aquatic ecosystems including fisheries and aquaculture.
- CIRAD (Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement) is mainly involved in tropical aquaculture.
- CEMAGREF (Centre National du Machinisme Agricole, du Génie Rural et des Eaux et Forêts) is involved in researches on continental waters (fisheries, aquaculture, post-harvest).
- AFSSA (Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments) concentrates its activities in safeguarding consumer safety and animal welfare and health.
- CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique) and MNHN (Museum National d'Histoire Naturelle) and several Universities (Paris VI, Caen, Lille, Brest, Rennes, Perpignan, Marseille, Montpellier) operate numerous laboratories, some of them conducts academic research on aquatic species and especially fish.

Status	**Institutes**	**Total staff**	**Staff in fisheries and aquaculture research**	**Staff in fish culture activities**	**Budget for fisheries and aquaculture research** *(million euros)*	**Total budget of the Institute** *(millions euros)*
Research Institutes	INRA	8500	115 *(55)*	115 *(55)*	10.6 (SI)	503
	IFREMER	1227 *(688 scient.)*	447 *(182)*	70 *(30)*	13.1 (SNI)	152 (salary included)
	IRD	2528	130	8 *(6)*	1,2 (SNI)	168
	CIRAD	1800	10	10 *(8)*		
	CEMAGREF	1000	28	12 *(8)*	0.84	2.02
	MNHN, CNRS, Univ.			105 (*) *(62)*		
Agency	AFSSA	720	38	21 (8)		53

SNI (salaries not included), SI (salaries included), (*) part time in fish aquaculture

Several mechanisms of coordination and collaborative research facilitate the scientific collaborations between institutes (joint programs, Associated laboratories, national calls from Ministry of research, or Agriculture...). A growing part of the research done by the institutes benefits from fundings by the European Commission.

ABSTRACT

Topic : Control of Reproduction
Jalabert B.
Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Département d'Hydrobiologie,.
Station Commune de Recherches en Ichtyophysiologie, Biodiversité et Environnement (S.C.R.I.B.E.),
Fish Sexuality and Reproduction Team (SRP Team).
Address : INRA – SCRIBE, Campus de Beaulieu, F-35042 RENNES CEDEX
Tél.: 33 223 485 002
Fax: 33 223 485 020
(*) E-mail :jalabert@beaulieu.rennes.inra.fr

Objectives :
To control various aspects of the reproductive biology of farmed fish species : proportion of sexes, first spawning age, spawning season, spawning time and duration, artificial insemination, gametes and eggs quality.
To understand the role and effects of physical, biological and chemical external factors (including pollutants) on fish reproduction, in order (1°) to improve broodstock management of domesticated species, (2°) to enable the domestication of new species and (3°) to help to assess quality criteria of the aquatic environment favorable to aquatic wildlife preservation.

State of the art :
In the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and other salmonids, eggs can be obtained all the year round by placing breeders under artificial photoperiod. Some problems may arise, however, due to excessively high temperatures during some steps of oogenesis. Monosex sterile female fish are commonly produced by using the sperm from xx phenotypic neomales. These are usually obtained through methods of hormonal sex-reversion that could be usefully replaced by non hormonal ones.

In the tilapia, (*Oreochromis sp.)*, the production of male monosex fry, which allows both exploiting male favorable growth dimorphism and avoiding unwanted reproduction, can be routinely obtained through interspecific hybridations or by hormonal treatments. However, hybridization requires maintaining separated pure parental strains, and the systematical use of hormones even in young fish is questionable when these are for human consumption.

In the Siberian sturgeon (*Acipenser baeri)*, reproduction can be obtained in captivity by hormonal induction and artificial insemination, but the age of first maturity is late (4-5 years), and the sex cannot be assessed easily before 2 years. Methods for an early selection of females or for the production of all female siblings would thus be of great interest for the production of caviar.

In the turbot (*Scophtalmus maximus*) and in the sea bass (*Dicentrarchus labrax*) reproduction is obtained in captivity by controlling temperature and photoperiod and when necessary by hormonal induction of final maturation, but the individual spawning rhythms and fecundity of female turbot, and the time of spawning of sea bass still exhibits a large variability. In both species, controlling the sex would be of great interest to exploit growth sexual dimorphism.

Areas of investigation, innovations.

Sexual differentiation : studies on the genetic expression and physiological mechanisms (role of steroid hormones) leading to the differentiation of the gonad in gonochoric and hermaphrodite species; studies on the effect of external factors (temperature, social factors, exogenous hormonal factors, xenobiotics) on these processes [5].
Functioning of the « reproductive brain » (brain-hypothalamus-pituitary system) : role and mechanism of action of regulation factors from the central nervous system (neurotransmitters, catecholamines, peptides) or produced by the gonad (sex steroids, peptides, growth factors). Application to the development of efficient treatments for spawning induction.

Areas of investigation, innovations (continue)

Analysis of the role of pituitary hormones (the two gonadotropins LH and FSH, growth hormone (GH) and prolactin (PRL)) and other factors involved in metabolism control (Insulin-like growth factors (IGF), thyroid hormones, leptin...) throughout the reproductive cycle in both sexes [3, 4, 8].

Endocrine and paracrine control of gametogenesis :

- mechanisms and regulation of vitellogenin incorporation in trout oocytes,
- identification of maturation inducing steroids (MIS) in various species,
- role and mechanism of actions of steroids and other paracrine factors in the ovary during vitellogenesis and oocyte maturation, and in the testis during successive spermatogenesis phases (gonial multiplication, meiosis, spermiogenesis, spermiation) [6].
- role of endocrine disrupters [1].

Research of new genes involved in the control of male and female reproductive cycle that could be differentially regulated throughout the reproductive cycle [2].

Research of biochemical and molecular criteria that could be used (1°) to select females able to respond to an appropriate gonadotropic stimulation and produce good quality eggs, (2°) to characterize good quality eggs.

Research on the effects of various perturbations (physical stress, abnormal temperatures, xenobiotics) during different steps of oogenesis on the final quality of the eggs [7].

Main Institutes involved :

INRA (Institut National de la Recherche Agronomique) :

- SCRIBE, Campus de Beaulieu, F-35042 Rennes cedex.
- U.A. INRA, Biologie de la Reproduction des Poissons, Univ. Bordeaux 1, F-33405 Talence Cedex

Université de Rennes 1, Endocrinologie Moleculaire de la Reproduction, Campus de Beaulieu, 35042 Rennes cedex

IFREMER, Station de Palavas, F-34250 Palavas les flots.

CEMAGREF Bordeaux, 50 avenue de Verdun, Gazinet F-33612 Cestas cedex

Selected references

[1] Bennetau-Pellissero C., Kaushik S., Sumpter J., Fostier A., Le Gac F., Valotaire Y., Davail-Cuisset B., Le Menn F., 1998. Effet du soja et des phyto-oestrogènes sur la vitellogénèse et l'endocrinologie stéroïdienne de la truite arc-en-ciel et de l'esturgeon sibérien. Approches *in vivo* et *in vitro*. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 350-351 : 571-583.

[2] Bobe J., Goetz F.W. (2000). A Tumor Necrosis Factor Decoy Receptor Homologue is Up- Regulated in the Brook Trout (*Salvelinus fontinalis*) Ovary at the Completion of Ovulation. *Biol. Reprod.*; **62** (2).

[3] Chyb, T. Mykolajczyk and B. Breton (1999). Post-ovulatory secretion of pitutary gonadotropins GTH I and GTH II in the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): regulation by steroids and possible role of non-steroidal gonadal factors. *J. Endocrinol.* **163**, 87-97.

[4] Gomez J.M., Mourot B., Fostier A., Le Gac F. (1999). Growth hormone receptors in ovary and liver during gametogenesis in female rainbow trout *(Oncorhynchus mykiss). J. Reprod. Fertil.* **115**, 275-285.

[5] Guiguen, Y., Baroiller, J.F., Ricordel, M-J., Iseki, K., McMeel, O.M., Martin, S.A.M., Fostier, A. (1999). Involvement of estrogens in the process of sex differentiation in two fish species: the rainbow trout *(Oncorhynchus mykiss)* and a tilapia *(Oreochromis niloticus). Mol. Reprod. Develop.* **54**: 154-162.

[6] Le Gac F., Loir M., Le Bail P.-Y., Ollitrault M., (1996). Insulin-like growth factor (IGF-I) mRNA and IGF-I receptor in trout testis and in isolated spermatogenic and Sertoli cells. *Mol. Reprod. Dev.* **44**, 23-35.

[7] Mugnier C., Fostier A., Guezou S., Gaignon J.L., Quemener L., (1998). Effect of some repetitive factors on turbot stress response. *Aquaculture International*, 6: 33-45.

[8] Tacon P., Baroiller J.-F. Le Bail P.-Y., Prunet P. and Jalabert B. (2000). Effect of Eggs Deprivation on Sex Steroids, Gonadotropin, Prolactin, and Growth Hormone Profiles during the Reproductive Cycle of the Mouthbrooding Cichlid Fish *Oreochromis niloticus*. *Gen Comp. Endocrinol.* **117**, 54-65.

ABSTRACT

Topic : **Sturgeon Farming**
Name : Alan Jones
Company address :

.STURGEON SCEA, 21 rue de la Gare, 33450 SAINT SULPICE ET CAMEYRAC, FRANCE.
Tél : 33(0) 557 344 540
Fax :33(0) 557 344 549
E-mail :info@caviar.com

Objectives :
The commercial farming of sturgeon for the production of meat and caviar.

State of the art :
In November 1996 TRAFFIC Europe published a report confirming that most of the worlds known species of sturgeon were under threat, some on the verge of extinction. While deterioration of the habitat is certainly a significant factor in this decline it is widely believed that fishing pressure on the stocks, both legal and illegal, to supply the international demand for caviar, has been the major cause particularly in recent years. The increasing plight of the wild sturgeon stocks has in recent years stimulated interest in the farming of sturgeon for its meat and for its caviar in many countries, including France.
In the Aquitaine region of France, in the Gironde estuary, the local species of sturgeon *Acipenser sturio* was commercially fished for its flesh and also its caviar. In 1947 the fishery yielded 120 tonnes of flesh and 5 tonnes of caviar however by 1980 the catch was down to 400 Kg and 25 Kg of caviar and in 1982 in an attempt to save the species fishing was banned.
The government research agency the CEMAGREF was charged to develop a programme to save the Atlantic sturgeon and to develop hatchery techniques for eventually set up a fry release programme to restock the rivers. In order to develop methods they imported a species from Russia, the Siberian sturgeon *Acipenser baeri*. The work conducted by the CEMAGREF demonstrated that this species adapted well to cative conditions and showed potential for farming. Sevearl commercial companies benefitted from a transfer of technology from the CEMAGREF and as a result commercial farming was able to start in the early 1990's.
The centre of activity for sturgeon farming is in the southwest of France, in the Bordeaux region, where there are curently five farms. Most of the production sites have warm water sources ranging from 16 to 19°C or natural temperature conditions with high temperatures during the summer from 20 to 25°C. The fish are grown at relatively low densities 15 to 25 Kg/m3 and reach a weight of 2 to 3 Kg in two and a half years. At this stage the male fish are sold for their meat. The female fish are grown on to produce caviar. They begin to mature between the age of 5 to 7 years and production of caviar takes place after 7 to 10 years when the fish weigh from 7 to 15 Kgs depending on the growing conditions.

At first maturation the yield in caviar is about 10% of the body weight. Most sturgeon produce eggs every two years on average, if fish are left until the second or third maturation caviar production can rise to 20 % of body weight.

Farmed sturgeon production in France was in the region of 200 tonnes in 1999. Caviar production reached 4 tonnes in 1999 and is expected to be in excess of 10 tonnes by year 2005. The majority of the product is produced by three companies Sturgeon SCEA, L'Esturgeonniere and Estudor who sell their product under the brand name "Le Caviar d'Aquitaine". Sturgeon SCEA is the largest producer with 2.5 tonnes in 1999. The eggs are grey/ to black in colour and comparable in size to oscietra. The French caviar is sold fresh in vacuum sealed tins, and is fast building a reputation for its freshness and flavour.

Main companies involved :
STURGEON SCEA : Production of meat and caviar

ECLOSERIE DE GUYENNE : Production and sales of fingerling sturgeon (*A.baeri)*

ABSTRACT

Topic : Interaction aquaculture environment.
Lemarié G., IFREMER, Chemin de Maguelone, 34 250 Palavas, France.
Tél : 33 04 67 50 41 00
Fax : 33 04 67 68 28 85
E-mail : gilles.lemarie@ifremer.fr

State of the art :Growth performances, metabolism and health status of fish in rearing conditions are controlled by environmental factors. Under natural conditions, the environmental factors are determined by latitude (water temperature, photoperiod), location (fresh, brackish or sea water, inshore or offshore location) and specific rearing parameters : culture systems (pond, tank, cage), hydrology (water current, renewal rate) and culture practices (species, density, feeding conditions). Environmental factors are generally classified in determining factors (temperature, salinity, photoperiod) and limiting factors which are modified by the presence of a living biomass : ammonia, oxygen, pH, CO2… These factors are fluctuating widely and may limit fish survival and growth. The knowledge of the specific effects of the environmental factors may help to select appropriate sites for aquaculture in natural conditions. In high density rearing systems (land based farms) , these factors can be controlled in order to improve the productivity. What is the effect of each of these factors ? What peculiar value has to be selected to get the best growth ? What is the threshold to avoid mortality or no growth ? If acute toxicity for some environmental factors have been investigated in marine fish, very few works were done on long-term effects.

Objectives :
To provide useful answers to the previous questions, IFREMER with others french research partners has developed since 5 years a large research program in aquaculture to estimate the specific long term effects of selected environmental factors on fish. Seabass (Dicentrarchus labrax) and turbot (Scophthalmus maximus) were the two main target species. Selected environmental factors were photoperiod, salinity, ammonia, oxygen, pH and CO2. Studied parameters were: behaviour, mortality, feed intake, growth performances, metabolism, health status and quality.

Temperature :
In fish, food intake and growth are completly dependent on temperature that naturally controls enzyme activities in ectotherm animals. For 30 – 350 g turbot (Scophthalmus maximus), experiments done in IFREMER -Brest have shown that optimal temperature level is 17 – 18°C. Below 14°C and above 20°C, low growth is the result of metabolic disturbances (lower level in thyroxin (T4), increase in food conversion index…).
Salinity :
Salinity from 0 to 35 ppm was tested in 30 – 350 g turbot. Below 6 ppm, total mortality occurs due to an impossible osmoregulation. From 10 to 35 ppm, turbot grows well but optimum feed intake and growth were between 15 and 25 ppm. (Na^+-K^+) - ATPasic activity is maximum for extrems salinities.
In 30 g seabass (t = 20 – 22°C, light = 18L : 6D, 5 months duration), mortality was 80 % in acclimatized fish to 0 ppm. No difference was found in food intake and growth in fish exposed to salinities from 5 to 35 ppm. Plasmatic chloride and osmolarity were lower in 0 ppm than in the other conditions.
Light :
In 1999, Gilles Bœuf has widely rewieved the litterature on the influence of light on fish growth. There is very little information about the influence of light quality (wavelength). In larvae, light is essentiel for body pigmentation and a minimal treshold intensity is needed generally to localize and catch preys. In older fish, light intensity is probably not an major factor and daylenght appears to be much more important. Some species as salmonids react very sensitively to photoperiod treatment and long daylength stimulates growth. Some experiments performed in IFREMER Brest and Palavas have shown that seabass (Dicentrarchus labrax) is less sensitive that salmon and turbot is unaffected by daylenght. Seasonnal cycles of daylight influences sexual maturation in most of the fish by regulating the levels of hormons (melatonin, somatotropin, thyroid hormones…).
Oxygen :

Long-term experiments under hypoxia conditions (7.2 - control, 5.0 and 3.5 mg O2.l^{-1}, corresponding to 100, 65 and 45 % of the O2 saturation respectively) have been done in IFREMER-Brest in 60 g and 130 g turbots and in 60 g seabass for 9 weeks. Food intake was reduced by half in the highest hypoxia and weight gain was 40 % of control fish. Food conversion ratio was the same under the 3 conditions, showing that hypoxia mainly acts on fish appetit. No change was noted in blood parameters (plasmatic TA-N, urea, cortisol, hematocrit) and oxygen uptake in starved fish.
Long-term experiments (6 weeks) under hyperoxia conditions (7.5 – control, 11.4, and 17.5 mg O2.l-1, corresponding to 100, 150 and 230 % of the O2 saturation respectively), have been performed in 54 g turbot. No difference was found in food intake, growth, food conversion ratio and oxygen uptake in starved fish.

Ammonia :

If considerable attention has been paid by several authors to ammonia in fresh water fish, especially in salmonids (in rainbow trout, 96 h LC 50 is 0.6 mg.l^{-1} $N\text{-}NH_3$ and no effect on growth is recorded until 0.06 mg.l^{-1} $N\text{-}NH_3$), very few works were done in sea water species.
Studies done in IFREMER have shown that 96 h LC 50 ranged from 1.7 to 2.7 mg.l^{-1} $N\text{-}NH_3$ in seabass (*Dicentrarchus labrax*) and turbot (*Scophthalmus maximus*). In long term experiments (60 days) the thresholds for no-growth were relatively high : 0.75 and 0.8 – 0.9 mg.l^{-1} $N\text{-}NH_3$ in 14 – 100 g turbot and 10 g seabass respectively. A low effect was observable at concentrations of 0.15 and 0.17 mg.l^{-1} $N\text{-}NH_3$ in turbot and seabass respectively. In both species, the first response to ammonia exposure was a change in appetite and, after an adaptation period of about 20 days, the fish regulated their food intake. No significant changes in food conversion ratio were observed up to 0.8 mg.l^{-1} $N\text{-}NH_3$ in turbot and 0.45 mg.l^{-1} $N\text{-}NH_3$ in seabass.Over 0.5 mg.l^{-1} $N\text{-}NH_3$, major changes were observed in blood plasma TA-N contents positively correlated to ambient ammonia concentrations.

pH :

Once more, very few works were done on the effect of pH in seawater in fish. Experiments were done in 125 g seabass at constant pH levels of 5.3, 6.1, 7.0, 7.96 (control) and 8.9 for 63 days. No mortalities were recorded at these pH levels. At pH 5.3, the behaviour was dramatically affected and erratic swimming, loss of reflex , lethargy and discoloration were observed and fish did not feed during 21 days. The highest feed intake ang growth rate were recorded at pH 7.0 (+8 % when compared to control fish). Physiologically, the fish were able to control the acid-base balance.

CO_2 :

Some workers have examined the mecanism of action and the effects of CO_2 as an anesthetic gas for fish, but chronic effects have not been explored widely and there is a lack of information regarding safe levels for carbon dioxide, especially in seawater fish. In the experiment done at IFREMER , 115 g seabass were exposed at 5 constant levels of CO_2 (0.8 – control, 9, 18, 36 and 75 mg.l^{-1} CO_2) for 63 days in seawater. No mortality was recorded. At the highiest CO_2 concentration, the behaviour was affected and lethargy, loss of reflex and discoloration were observed and fish did not feed during the early 10 days. No important change was observed in feed intake, growth rate and food conversion ratio up to 36 mg.l^{-1} CO_2. At 75 mg.l^{-1} CO_2, growth rate was only 25 % of control fish. The CO_2 levels in blood were increased with ambient CO_2 concentrations while blood pH was stable.

Areas of investigation, innovations

These experiments gave from now on useful tools to guide farmers through their rearing practices in seabass and turbot. Further investigations have to be developped in other species and also in the evaluation of combined effects when several parameters are fluctuating together as it is usual when high fish densities are used in flow-through production systems or when water is re-used.

Selected references :

LEMARIE G., MARTIN J.L., DUTTO G., GARIDOU C., Nitrogenous and phosphorus waste production in a flow-through land-based farm of European seabass (Dicentrarchus labrax). Aquatic Living Resources, 11, 4, 247-254.

LEMARIE G., Relationships between oxygen consumption, mean weight and temperature for seabream (Sparus aurata) and seabass (Dicentrarchus labrax). Bordeaux Aquaculture 92, 25-27 March 1992, Bordeaux, France, Poster.

LEMARIE G., COVES D., DUTTO G., GASSET E., PERSON-LE RUYET J., Chronic toxicity of ammonia for european seabass (Dicentrarchus labrax) juveniles. In : Applied environmental physiology of fishes symposium proceedings, Christina Swanson, Paciencia Young, Don MacKinlay (Ed.), International congress on the biology of fishes, San Francisco State University, July 14-18, 1996. Bethesda (Maryland, USA) : American fisheries society, 1996. p. 65-76.

COVES D., GASSET E., DUTTO, G., LEMARIE G., Influence of photoperiod regime on voluntary feed intake and growth performances in seabass (Dicentrarchus labrax L.) under self-feeding conditions. In : The feeding behaviour of fish in culture, second workshop of the COST 827 action on voluntary food intake in fish, 20-22 August, 1998, Umea, Sweden. p. 16.

ABSTRACT

Topic : Developments in recirculation systems for fish species
Lemarié G and J. P. Blancheton., IFREMER, Chemin de Maguelone, 34 250 Palavas, France.
Tél : 33 04 67 50 41 00
Fax : 33 04 67 68 28 85
E-mail : gilles.lemarie@ifremer.fr

Objectitive :
The objectives of the research conducted in France on the recirculation systems operating from now in most of european industrial hatcheries for all the rearing phases from breeders to several gram fingerlings are to extend the technology at industrial scale for on growing phase (from fingerling to market size) by:
1/ improving water treatment,
2/ optimising the growth and reduce waste production and their effect on the environment,
3/ tending to a closed recirculation in treating and introducing outlet waters in the systems,

State of the art :
Despite the original higher investment, recirculation technology allows lower production costs mainly because of drastic decrease in heating costs and better survival rate of fingerlings. It speeded up the development of reliable and cost effective hatcheries.
Industrial pregrowing units in recirculating system are now build to produce fish of about 50-120 g mean weight at the end of the cold season in order to improve the productivity of cage structures and to offer the possibility of settling them in less sheltered areas, or simply to answer a market demand in some countries.
Classical flow-through on-growing farms are characterised by large rearing units, high stocking densities (up to 100 kg/m^3), a high increase in biomass and a long term rearing depending on the fluctuating temperatures of natural available waters. The quantity of water in such flow-through systems is about 250 – 300 m^3 to produce 1 kg of biomass of seabass and, in Mediterranean conditions, the market size (400 g) needs 2.5 years from 1 g fingerling. Dissolved and solid wastes are diluted in a high volume of water making their treatment difficult and very costly. Several experimental scale units using water recirculating systems (2 to 5 tons of annual fish production) were proved effective. The main treatments of the recirculating water are mechanical filtration to remove suspended solids (50 % maximum efficiency), bacteriological treatment to turn ammonia into nitrate (100 times less toxic) in aerobic conditions and eventually nitrate into gaseous nitrogen in anaerobic conditions, desinfection by UV lights, degassing of CO_2 in excess by pack column, enrichment in oxygen, heating or cooling. Environmental factors (temperature, oxygen, ammonia, nitrite, nitrate, carbon dioxide, pH, suspended solids) are controlled and market size (400 g) fish are obtained in 1.5 year whereas 2.5 – 3 m^3 of water are required to produce 1 kg of fish biomass. Dissolved wastes are concentrated in a low water volume making their treatment possible.

Areas of investigation, innovations :
Several areas are investigated :

Optimisation of growth : Ifremer develops a research programme on the evaluation of the simple or combined influence of the environmental factors (temperature, ambient oxygen, ammonia, carbon dioxide, pH, suspended solids, fish density) in fish in relation with feeding behaviour, survival rate, feed intake, growth, physiologic status and quality in order to select their most efficient levels for on-growing in high density flow – through or recirculating systems
Reduction in waste production : Programs on feed quality aim to reduce waste production by a low phosphorus content in pellets and by a modification of the structure of the faeces produced by the fish in order to make them easier to remove from water by sedimentation or filtration.
Recirculating water treatment : Research programs in IFREMER aim to improve the water treatment in the recirculating technology (increase in mechanical filtration efficiency, better knowledge and control of bacterial populations in biological filters) in order to maintain a high level of water quality for rearing fish and to reduce the actual need of water which is 3 m^3 to produce 1 kg of seabass biomass in recirculating system.
Waste water treatment : To reduce their impact on the environment, IFREMER develops programs to treat both the dissolved and solid wastes from recirculating rearing(for fish production). Since 4 years, the

feasibility of the algal treatment of the dissolved fraction of marine effluents has been evaluated at an experimental scale. The high rate algal pond technique proved to be efficient enough to envisage its adaptation to the existing pilot farms in order to abide by local and national regulations on environmental protection. Special attention is paid to select potentially valuable algae. Studies are planned in a near future to treat the sludge (solid wastes) by aerobic or anaerobic digestion and to use them as fertilisers.

Up scaling : the utilisation of this rearing technology to build commercial farms (several hundreds to several thousand tons) necessitates to overcome the problem of up-scaling. To solve this problem several companies are involved since 3 years together with Ifremer in the operation and study of industrial pilot scale production units (50 to 70 tons of annual production) financed by private investors, national funds and the Economic Union.

Three of these pilot units are now built, one situated in the south of France, the second one in Iceland both operating with sea bass, the third one is situated in west of France (Brittany) and operates with turbot. The final aim of these pilot units is to provide data enabling to model, as far as possible, the functioning of every component of the recycling system in order to build a global model that will allow to size fish production farms according to geographical, biological and economical parameters.

Closed recircülating : A first experiment, at an experimental scale, demonstrated that the outlet waters of a high algal pond can be re introduced in a recirculating system, during 2 months, without negative impact on the fish growth. . These trials will be continued in order to evaluate if the treated water can be totally re-used in a closed recirculating systems and if consequently such a fish production system could be settled in areas remote from the seashore.

Main Institutes involved

Ifremer : French Institute for the Exploitation of the Sea, France.
University of Montpellier, France.
Institut de Recherche pour le Développement, France.
Danish Institute for Fisheries Research, Denmark.
University of Stirling, United Kingdom.
Institut für Meereskunde an der Universitaet Kiel, Germany.
Rogaland Research, Norway.
ENEL Spa, Italy.

Selected references:

Blancheton J.P., Coves D., Lemarie G., 1996. Intensive land based marine fish aquaculture in closed system, hatchery and ongrowing units : state of the art and prospects. In : Kobe International conference center, 2-3 February, 1996, Kobe, Japan. Suisanzoshoku, the Journal of the Japan aquaculture society, 45, 1, 143-149.

Blancheton J.P., De La Pomelie C., and Vincent M., 1996. Potential gains through new rearing technologies: culture in recirculation systems. Seabass and Seabream culture: problems and prospects, B. Chatain, M. Saroglia, J. Sweetman, P Lavens (Eds.), *International workshop on Seabass and Seabream culture, Verona, Italy, October 16-18, 1996.* European aquaculture society, Oostende, 189-205.

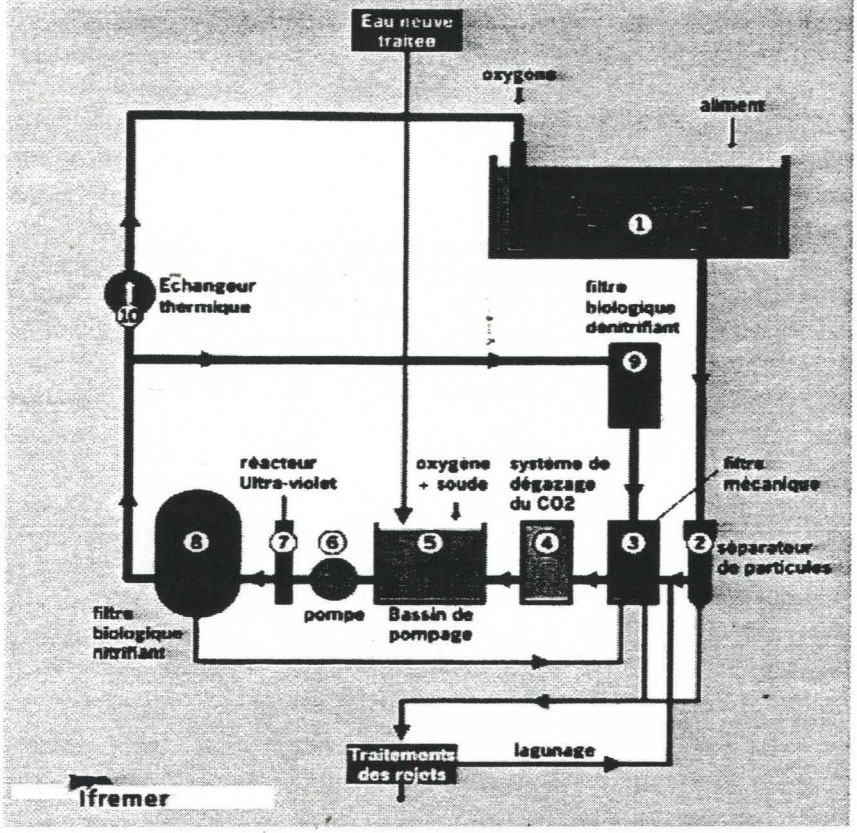
Sautier N., Grasmick., and Blancheton J.P,. 1998. Biological denitrification applied to a marine closed aquaculture system. *Water Research* , **32**, 1932-1938.

Leonard J.P., Blancheton J.P., and Guirard J.P. Populations of heterotrophic bacteria in a recirculating fish system. *Aquacultural Engineering* (to be published, 2000).

Pagand P., Blancheton J.P., Lemoalle J., and Casellas C. High rate algal pond for the treatment of marine effluent from a semi-closed fish rearing system. *Aquaculture research* (to be published, 2000).

Système de production de poisson en eau recyclée

Equipe ASC 1998



ABSTRACT

Topic : Biotechnology in fish farming
Maisse G.
INRA, Departement Hydrobiologie et Faune Sauvage, Station Commune de Recherches en Ichtyophysiologie, Biodiversité et Environnement, Ichtyodiversity and Cryopreservation Group
address..... .....INRA-SCRIBE, Campus de Beaulieu, 35042 RENNES Cedex, FRANCE
Tél 33 2 23 48 50 08
Fax 33 2 23 48 50 20
E-mail :maisse@beaulieu.rennes.inra.fr

Objectives :

The aim of the research in this field is the elaboration of different tools for the control of the fish biology in fish farming. Some of them are patented and developed with industrial partners.

State of the art :
Some of the main technologies which are available today are presented here:
Reproduction:
- sexing by 11-ketotestosterone and vitellogenin assays (1)
- spawning induction by GnRH treatment (injection or oral) (1, 5, 6)
- in vitro maturation of the testicular spermatozoa of salmonids (maturation solution) (1)
- different spermatozoa quality tests (motility, swelling test, ...) (1, 4, 5)
- different extenders and methods for the short term storage of sperm (1, 4)
- artificial fertilisation: activating solutions for spermatozoa of salmonid, fresh water fish and marine fish and washing solution for ova (1, 4, 5, 6)
- cryopreservation of fish genome (spermatozoa and blastomeres) (1, 4, 5, 6)

Genetics:
- molecular techniques for the characterisation of the genetic structure (allozymes, mitochondrial DNA, microsatellites) (2)
- genetic control of sex, gynogenesis (1, 2)
- triploidisation and tetraploidisation (2)
- transgenesis (not permitted today in French fish farming)(1, 2)

Nutrition:
- food and feeding methods for fish larvae (3)
- food for fresh water and marine species (3)

Flesh quality:
- techniques for the characterisation of the flesh quality of the living fish (scan, Torry Fat-meter) (1)
- colour measurement of flesh of salmonid (3)

Aquatic environment:
- growth hormone treatment to improve the survival of salmon juveniles after transfer in sea water (1)
- biomarkers of exposure to pollutants (1)

Areas of investigation, innovations..

Reproduction:

- criteria to select females before hormonal induction of spawning
- criteria to characterise the ova quality and short term storage of ova
- technology for the regeneration of the cryopreserved genomes (androgenesis, grafting of blastomeres, nuclear transfer)

Genetics:

- molecular tools for selection programmes
- transgenesis for the production of sterile genetically modified fish

Genetics-Nutrition-Flesh quality:

- new parameters for selection programmes based on the feeding performance and on the flesh quality criteria

Stress:

- criteria to characterise the chronic stress in intensive fish farming

Main Institutes involved :

(1) INRA - SCRIBE, Campus de Beaulieu, F-35042 RENNES cedex
(2) INRA – Laboratoire de Génétique des Poissons, F-78350 JOUY-EN-JOSAS
(3) INRA-IFREMER – Unité de Nutrition des Poissons, BP 3, F-64310 SAINT-PEE SUR NIVELLE
(4) Museum National d'Histoire Naturelle, Laboratoire d'Ichtyologie Générale et Appliquée, 13 rue Cuvier, F-75231 PARIS cedex 05
(5) IFREMER Station de Palavas, F-34250 PALAVAS LES FLOTS
(6) CEMAGREF Bordeaux, 50 avenue de Verdun, F-33612 CESTAS cedex

Selected references (5 articles)

- Breton B., Roelants Y., Ollevier F., Epler P., Mikolajczyk T., 1998. Improved bioavailability of orally delivered peptides and polypeptides in teleost fish. *J. Applied Ichtyol.*, 14, 251-257.
- Leveroni Calvi S., Maisse G., 1998. Cryopreservation of Rainbow trout blastomeres : influence of embryo stage on postthaw survival rate. *Cryobiology,* **36**, 255-262
- Estoup A., Gharbi K., Sancristobal M., Chevalet C., Haffray P., Guyomard R., 1998. Parentage assignment using microsatellites in turbot (Scophthalmus maximus) and rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) hatchery populations. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.,* 55, 715-725.
- Valente L.M.P., Gomes E.F.S., Fauconneau B., 1998. Biochemical growth characterization of fast and slow growing rainbow trout strains : effect of cell proliferation and size. *Fish physiology and biochemistry*, 18 213-224.
- Geurden L., Marion B., Charlon N., Coutteau P., Bergot P., 1998. Comparrison of different soybean phospholipidic fractions as dietary supplements for common carp, Cyprinus carpio, larvae. *Aquaculture*, 1-4, 225-235

ABSTRACT

Topic : Genetics: selection methodologies
Name : Marc Vandeputte
Laboratory: Unité de Génétique des Poissons
Address: INRA, Domaine de Vilvert, 78352 Jouy en Josas Cedex
Tél (331) 34 65 23 54
Fax (331) 34 65 23 90
E-mail mvande@jouy.inra.fr

Objectives :

The objective is to provide efficient tools for genetic improvement of economically important characters in aquaculture. The main characters investigated include growth rate, processing ability (carcass yield, fillet yield), quality (e.g. lipid content, external appearance) and disease resistance (viruses and bacteria).

Due to the small to medium size of many fish farms in France, emphasis is put on selection programmes that can be managed on farm without specialised genetic selection facilities.

State of the art :

The main advantages of fish for the geneticist are the possibility in many species to use artificial fertilisation to set up all types of crossing designs, the possibility to manipulate the chromosomal stocks in order to produce polyploids or perform uniparental reproduction, as well as the existence of many wild or domesticated genetic resources. The main constraints are the extreme sensitivity of fish to their environment, the existence of strong social interactions and the impossibility to tag fish at hatching, which makes genealogical information unavailable in many cases. Therefore, selection programmes have to be specifically optimised for aquaculture.

The emphasis was first put on the description of the between species and between strains variability in salmonids for major traits such as growth rate and disease resistance, and the potentialities of several hybrids (diploid and triploid) were investigated.

An innovative individual selection methodology (PROSPER) was developped in order to permit efficient selection on growth rate without genetic testing facilities. The main principle is the maximisation of genetic variation, together with the minimisation of within group environmental effects (maternal effects, social interactions). This methodology has proved to be efficient in brown trout, resulting in a 10-20 % increase in growth rate per generation, after 5 generations of selection.

For disease resistance (Viral Haemorragic Septicemia and furonculosis), the emphasis was put on the development of indirect selection criteria and on the use of clones, which allowed to select VHS resistant fish. The situation for furonculosis is more delicate.

Areas of investigation, innovations..

For growth rate, one important issue is now to use the selected and control material in order to better understand the mechanisms of increased growth rate, and its implications in terms of quality, feed efficiency and satiation regulation.

Methodologies for comparison of strains are being optimised for non-salmonid species (carp, seabass).

The most important innovation for quantitative genetics is the availability for most species of highly variable genomic markers such as microsatellites. These markers will allow unambiguous tracing of any individual to its parents, thus making genealogical information available and considerably expanding the possibilities for genetic selection, in terms of estimation of genetic parameters and breeding values. However, the cost of

such information is still high, and its use should be optimised on a cost/benefits approach

Areas of investigation, innovations (continue)

In some species such as salmonids, many markers have been developped and genetic maps are being built. Once dense enough, these will allow linkage studies between zootechnic characters and the genome, in a QTL (Quantiative Traits Loci) approach. QTLs may be especially useful for disease resistance issues, through a limitation of the tedious procedures of experimental infection.

Due to the cost of selection programmes, especially when markers are used, an effort is also done on the optimisation of designs through computer simulation, on the short term (genetic parameters estimation, comparison of strains), but also on the long term (conservation of the genetic variability in selected populations).

Main Institutes involved:

INRA – Laboratoire de Génétique des Poissons, F-78350 JOUY-EN-JOSAS

INRA - SCRIBE, Campus de Beaulieu, F-35042 RENNES cedex

IFREMER Station de Palavas, F-34250 PALAVAS LES FLOTS

Selected references (5 articles)

CHEVASSUS B., KRIEG F., QUILLET E., 2000, The PROSPER process for enhancing individual selection for growth in fish. I. Theoretical aspects (submitted)

VANDEPUTTE M., PEIGNON E., VALLOD D., HAFFRAY P., KOMEN J., CHEVASSUS B., 2000, Use of an internal control in the comparison of growth performances of three French strains of common carp (*Cyprinus carpio*) (submitted)

MICHEL C., HOLLEBECQ M.G., 1999, Independance of phagocytic activity and susceptibility to furonculosis in families of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) genetically selected for differential resistance, *Fish and Shellfish Immunology* 9: 81-93

ESTOUP A., GHARBI K., SANCRISTOBAL M., CHEVALET C., HAFFRAY P., GUYOMARD R., 1998, Parentage assignment using microsatellites in turbot (*Scophtalmus maximus*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) hatchery populations, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 55: 715-725

DORSON M., QUILLET E., HOLLEBECQ M.G., TORHY C., CHEVASSUS B., 1995, Selection of rainbow trout resistant to viral haemorragic septicemia virus and transmission of resistance by gynogenesis, *Veterinary research* 26: 361-368

ANNEXE 2 – Propositions de collaborations issues du séminaire de Wuhan (Rédacteur Dr Li Sifa, université de Shanghai).

TOPICS OF COMMON INTEREST

The subjects of interest for future scientific and technical collaboration between chinese and french partners have been classified into 4 main topics which have been discussed by 4 parallel groups during the workshop in Wuhan.

Topic 1 - NUTRITION & GROWTH

Two subjects of research have been discussed :

1. Larval nutrition and starter feed development on large yellow croaker(*Pseudosciaena crocea*)
Chinese side: Prof Mai Kangson – Ocean University of Qingdao
French side : Ifremer

2. Alternative protein sources in fish diets with a special attention to plant protein sources.

Topic 2 - GENETICS & BREEDING

1. Sex determination and sex differentiation in tilapia & turbot (by Sifa LI & IHB,Dr. Gui)
   a) sex differentiation
   b) sex control
   c) mono sex tilapia/turbot commercial production

Chinese side : Shanghai Fisheries University; Institute of Hydrobiology – SINICA; National Qiangdao Tilapia Seed Farm; National Guangzhou Tilapia Seed Farm; Penglai Turbot Farm.
French side : Dr. Baroiller, Dr. Lazard, CIRAD; EMVT; possible participation of a French private company

2. Research of genes involved in the control of gametogenesis, especially meiosis - Approach on gynogenesis (Prof Gui Jianfang, IHB)

3. Research of molecular and/or biochemical to assess egg and larvae quality
   a)genetic influences on egg quality and criteria for assessing egg and larvae quality.(Chinese side)
   b) analysis of the efffects of external factors during oogenesis (stress, abnormal temperatures, xenobiotics) on ELQ (French interest)

Topic 3 - DISEASE PREVENTION/HEALTH

Areas of interest expressed by the Chinese participants :

1 - Proposal of Prof. Nie Pin – Sate Key Laboratory of Freshwater ecology - Wuhan:

1.1. Pathogenicity of some important pathogens and identifications of pathogenic antigens :
- hemorrhaged disease of grass carp (a major species in Chinese aquaculture),
- Aeromonas causing various diseases in Chinese aquaculture,

- some monogeneans and parasitic copepops.

1.2. Development of fish immunology :
As little has been done in this field in China, there is a need to develop this discipline. Trainings or joint research in this area will be of great benefits to the development of the discipline and the development of fish vaccines here in China.
1.3. Cellular response to Brotryocephalus infection :
Flow cytometry techniques could be used for assessing the modification of the profile of leucocyte population and the defense mechanisms

2 - Proposal of Prof. Dahui YU
2.1. Disease control and healthy aquaculture
2.2. Disease caused by parasites, bacteria and virus in abalone, grouper and shrimp
2.3. Immunology study in marine fish
2.4. Micro-organism productions

3 - Proposal of Dr. Heping DAI
3.1. To clone the antibody's gene into a suitable vector and transfer it into yeast or single cell alga.
3.2. To introduce this antibody into the shrimps by feeding way.
3.3. To test passive immune effect of scFv against WSBV in shrimp
3.4. To study interaction of WSBV and host cell of the shrimps using phage antibody as a control.

4 - Proposal of Dr. Qiya ZHANG
Study of fish viruses

Areas of interest expressed by the French delegation

1. Study of fish pathogenic bacteria :
Taxonomy, virulence, immune response (INRA, J.F. BERNARDET) (possible connection with Prof. NIE Pin)

2. Study of fish pathogenic viruses :
-molecular characterization, classical and DNA vaccines (INRA, A. BENMANSOUR or M. BREMONT)(possible connection with Dr. Qiya ZHANG)
-study of the immune response by global and partial m RNAs modifications (INRA, P. BOUDINOT) (possible connection with Dr. Heping DAI)

3. Cellular aspects of the immune response against various pathogens using flow cytometry techniques ; (INRA, S. CHILMONCZIK) (possible connection with Prof. NIE Pin)

4. Disease control -non specific immune response, host pathogens interactions in shrimps (several institutes Chinese and European -Fr, NW,UK. Discussed in Guangzhou).
-characterization of anti-infectious effectors in molluscs and shrimps for health management and selection of new traits of interest applied to vira & bacterial diseases, molecular level, gene level. Possible follow up of ending INCO project (IFREMER coordinator). Discussed in Guangzhou

Topic 4 - CULTURE SYSTEM AND ENVIRONMENT

1. Biological aspect
Effect of environmental parameters on high-value fish performances - marine, brackish, freshwater fish
Chines side : long-snout catfish/sturgeon (Inst. Hydrobiol., Wuhan)
France : IFREMER for marine fish,

2. Technical aspect of fish farming intensification (marine, brackish, freshwater) in relation with environment
   a) pond culture,
   b) concrete tanks (open flow/recirculation)
   c) floating cages
Chinese side : Inst. Hydrobiology.; Wuhan, ..
France :Improvement of waste water treatment in recirculating systems (IFREMER)

OTHERS TOPICS OF INTEREST

Carrying capacity of coastal bays in Shandong province for shellfish farming. European reserach projet INCO initiated in 1998, continuing (YSFRI/SOA/UK Plymouth/Canada/IFREMER)

ANNEXE 3 - Présentation des Instituts de la province du Fujian

❑ The Third Institute of Oceanography of the State Oceanic Administration

Adresse: 178 University Road, Xiamen 361003, Fujian, RPC; tel 86-592-2085831, fax 86-592-2086646, tiosoa@public.xm.fj.cn

Domaines de compétence: nombreux domaines de l'océanographie physique, mais aussi biologie et écologie marines, développement et utilisation des ressources biologiques marines, biotechnologie marine, technologie de l'aquaculture marine et maîtrise de la reproduction. Les laboratoires conduisent entre autres des recherches sur la reproduction et la génétique de différentes espèces marines ("mud crab" = Scylla serrata, "marine crab", holothurie, "yellow croaker"...), la qualité de l'eau de mer locale, et la production de « médicaments » (EPA et DHA, vitamineE microencapsulés) à partir des produits de la mer.

Personnes rencontrées: surtout le Prof. Xu Xun, académicienne et directrice du Key State Laboratory of Marine Biotechnology Research, que nous visitons; elle nous explique les travaux portant sur la purification et le séquençage du génome du baculovirus des crevettes, la mise au point d'un kit de détection par PCR de ce virus et d'un autre kit pour détecter le virus de l'hépatite A dans l'environnement, le clonage et séquençage du gène de l'hormone de croissance de la perche japonaise ("yellowtail"), le séquençage du gène de l'ARNr 16S de bactéries isolées des grandes profondeurs marines... Nous voyons aussi une salle d'élevage de turbots pour des travaux sur la croissance et l'adaptation à différents climats. Ces turbots ont été importés de Grande Bretagne en 1992. Autres personnes rencontrées: Dr. Dezan Ye (Microbiologie), Prof. Fang Yong-Qiang (endocrinologie et biologie de la reproduction), Prof. Yusheng Zhang (sous-directeur du Département de Biologie Marine).
Domaines d'intérêt pour une coopération: en ce qui concerne la pathologie, le nom de l'institut est cité dans le projet final de collaboration Fujian-France (cf. plus loin), surtout à cause des travaux du Prof. Xu Xun sur les virus de crevette.
Perspectives: le laboratoire du Prof. Xu Xun semble assez vieillot et médiocrement équipé mais s'agissant d'un "State Key Laboratory" il doit pourtant être connu et pourvu de moyens financiers. On m'a remis 2 publications de bon niveau mais je ne trouve pas le travail très novateur (manque de connaissance de ce qui est déjà publié dans les revues internationales?); de plus, les thèmes développés sont trop variés et disparates, comme si le laboratoire s'engageait sur tous les sujets à la mode.

❑ College of Oceanography and Environmental Science, Xiamen University

Adresse: 422 Siming South Road, Xiamen 361005, Fujian, RPC; tel: 86-592-2183065; fax: 86-592-2183064; coe@jingxian.xmu.edu.cn; site web: www.xmu.edu.cn/oce/e-oce.htm
Vice-Doyen : Dr Su Yong Quan

Domaines de compétence: Le collège comporte 5 unités (Dept. of Oceanography, Inst. of Subtropical Oceanography, Environmental Science Research Center, Research Lab. of Marine Ecological Environment, Coastal Sustainable Development Training Center). Outre l'océanographie physique, chimique et exploratoire, le collège aborde les sujets suivants: microbiologie marine, éco-toxicologie, biologie de la reproduction et contrôle du sexe des espèces marines d'intérêt économique, écologie marine, biodiversité, et extraction de principes actifs à partir d'organismes marins. En plus des sujets abordés ci-dessous, le document distribué permet d'identifier des groupes travaillant sur: l'induction du changement de sexe chez le "red grouper" Epinephelus akaara, la cryopréservation du sperme de poisson, le croisement de la "red seabream" Pagrosomus major et du "black porgy" Sparus

macrocephalus, et le contrôle du développement des gonades chez différents poissons marins (4 sujets de recherches de Hong Wanshu, Dept. of Oceanography); le contrôle des maladies des animaux marins par des méthodes microbiologiques (??) et la relation entre algues et microorganismes dans les marées rouges (2 sujets du Prof. Zhen Tianling, de l'Environmental Science Research Center).
Personnes rencontrées: nous n'avons pas visité de laboratoire, mais le Prof. Minhan Dai (qui a réalisé ses études à l'université Paris VI et a ensuite travaillé aux USA), de l'Environmental Science Research Center, nous a présenté les différentes unités du collège. Plusieurs exposés scientifiques ont suivi concernant: la biologie de la reproduction et le contrôle du sexe du "mud crab" Scylla serrata (par le "Research group on Scylla serrata" du Dept. of Oceanography); le devenir dans les environnements côtiers des hydrocarbures aromatiques (par le Prof. Zhang Yong, de l'Environmental Science Research Center); et la pathologie des crevettes (problème de l'alimentation artificielle, les pollutions, les virus, les essais de désinfection de l'eau et de production de souches dépourvues de pathogènes, les importations de souches résistantes en provenance de Taiwan...).
Domaines d'intérêt pour une coopération: en ce qui concerne la pathologie, seul le Prof. Su Yong Quan parait concerné mais nous n'avons pas vraiment discuté et il n'a pas participé aux discussions du 7 au soir et du 8 au matin. Les recherches en pathologie semblent peu développées au sein du collège, et celles qui existent sont ici encore essentiellement tournées vers la crevette. En effet, la production de crevettes a réellement commence en Chine en 1985 et atteignait 210 000tonnes/an en 1991. Cette production s'est effondrée à cause de gros problèmes pathologiques, les virus étant généralement introduits avec les espèces.

- **Aquaculture Département, Fisheries College, Jimei University**

Adresse: Jimei University, Xiamen 361021, Fujian, RPC; tel: 86-592-6180485; fax: 86-592-6181476; rzguan@jmu.edu.cn; site web: www.jmu.edu.cn
Directeur: Prof. Guan Ruizhang

Domaines de compétence: regroupant 625 personnes, le Fisheries College est l'un des 8 collèges et instituts réunis en 1996 pour former la Jimei University (les premiers diplômés de l'université, qui compte 10.000 étudiants, sortiront cette année). Il comporte entre autres un Aquaculture Department, dont dépendent l'Aquaculture Biotechnology Institute et la Luyei Aquaculture Base que nous avons visité. Outre l'enseignement, le collège conduit des travaux sur l'aquaculture d'eau douce et marine, les technologies de conservation et transformation des produits de l'aquaculture, la culture et la reproduction des poissons, crevettes, coquillages et algues, le contrôle des maladies, la nutrition, et l'extraction de principes actifs.
Personnes rencontrées: Après l'accueil dans le bâtiment administratif de l'université, superbe et flambant neuf, le Prof. Guan Ruizhang nous a fait visiter l'Aquaculture Dept. qu'il dirige. (Plus tard, je rencontre aussi 2 autres pathologistes, les Prof. Song Zhen Rong et Ji Rong Hing, voir plus loin) Après un tour en voiture du Fisheries College, nous visitons plus en détail l'Aquaculture Biotechnology Institute. Situé dans un beau bâtiment ancien en briques à arcades, cet institut devrait bientôt emménager dans un nouveau bâtiment . Il comporte 4 départements, 2 bases expérimentales, 50 personnes (dont 33 chercheurs, qui seront 45 à la fin de l'année), et 500 étudiants. L'institut est financé par la province, le ministère de l'Agriculture, le Scientific Committee (?), et par des programmes nationaux (Hong Kong) et internationaux (Taiwan...). Il semble que les recherches concernent surtout la nutrition et la reproduction des animaux marins. Nous visitons successivement quelques laboratoires assez bien équipés, deux salles d'aquariums présentant les principales espèces de poissons marins de la région, et plusieurs salles du musée présentant la faune marine locale (coquillages, coraux, crustacés et poissons dans l'alcool ou naturalisés, invertébrés... y compris un cachalot!). La

Luyei Aquaculture Base que nous visitons ensuite non loin de là n'est pour l'instant qu'un vaste chantier: les salles et les vastes bassins en ciment sont en cours de remise en état; à terme, la station doit permettre les travaux sur la maîtrise de la reproduction de différents poissons marins. Les recherches menées dans cet institut illustrent l'effort croissant dirigé vers les espèces marines, dont le prix est plus élevé que celui des espèces d'eau douce.
Domaines d'intérêt pour une coopération: lors des entretiens entre experts français et chinois du 7 mars au soir et du 8 au matin, les 3 pathologistes de la Jimei University cités ci-dessus sont les seuls à me contacter et nous discutons activement. Une fois de plus, la demande concernant les mollusques et les crustacés est forte, mais la pathologie des poissons marins et de l'anguille est aussi une priorité. C'est avec eux que le texte de la proposition de coopération France-Chine en pathologie est rédigé (voir cette proposition en annexe 4).
Perspectives: les perspectives de coopération sont détaillées en annexe 4.

- **Fisheries Research Institute of Fujian Province (= Fujian Fisheries Research Institute)**

Adresse: 7 Haishan Road, Dongdu, Xiamen 361012, Fujian, RPC; tel: 86-592-6010163; fax: 86-592-6013055; fjscs@public.xm.fj.cn; site web: www.fjscs.an.cn
Directeur : Prof. Zeng Zhinan

Domaines de compétence :Cet institut comporte 150 personnes réparties en 8 laboratoires et 2 fermes expérimentales. Une trentaine de personnes travaillent en aquaculture, sur de nombreuses espèces, et les recherches en cours concernent la reproduction et l'élevage larvaire, le contrôle des maladies de plusieurs espèces de poissons marins, mollusques et crevettes, la polyploidie de différents poissons et mollusques, la rentabilisation des poissons de faible valeur, l'évaluation des ressources en animaux marins comestibles...
Personnes rencontrées: surtout le Prof. Zeng Zhinan, qui dirige aussi la Prevention and Cure of Aquaculture Disease Division de l'institut.

- **Fujian Institute of Oceanology**

Adresse: 26-30 Haishan Road, Dongdu, Xiamen 361012, Fujian, RPC; tel+fax: 86-592-6014700
Directeur : Prof. Ruan Wu Qi

Domaines de compétence : Les recherches portent sur l'amélioration de l'aquaculture et de la pêche, l'élevage de nouvelles espèces, le développement de nouveaux types d'aliments, le prévention des maladies et la mise au point de nouveaux traitements.

ANNEXE 4 – Identification des domaines possibles de coopération – Province de Fujian

Group 1: Mariculture

Topic 1: Mariculture techniques of Tilapia
France: CIRAD,
Fujian: Fujian Research Institute of Oceanography

Topic 2: Water treatment system for marine fish intensive breeding (larval rearing)
France:IFREMER
Fujian: Fujian Fisheries Research Institute, Jimei university

Topic 3: Application and results of artificial diets in the breeding and culturing of marine species
France: IFREMER
Fujian: Fujian Fisheries Research Institute, Jimei university

Topic 4: Development of formulated feed for Siniperca
France:
Fujian: Jimei University….

Group 2: The genetic and sex control

Topic 1: Salinity tolerance in Tilapia
France: CIRAD, INRA, IFREMER
Fujian: Fujian Research Institute of Oceanography

Topic 2: Sex control in Tilapia
France: CIRAD, INRA
Fujian: Fujian Research Institute of Oceanography, Third Institute of Oceanography

Topic 3: Accelerative growth of cultured fishes : genetics selection, control age at first sexual maturation.
France: Dr B. Jalabert
Fujian: Xiamen University, Third Institute of Oceanography

Topic 4: Genetics of oysters
France: IFREMER
Fujian: Fujian Fisheries Research Institute
Shandong:

Group 3: Prevention and cure of the aquatic culture disease

Topic 1:Identification and characterization of the virus responsible for heavy mortality in abalone (but the production of cell line is a prerequisite) for the possible development of a vaccine or of resistant strain of abalone
France:INRA
Fujian: Jimei University, Fujian Fisheries Research Institute

Topic 2: Identification, rapid diagnosis and control of the dominant pathogens of eel, various marine fish and shrimp farmed in Fujian region.
France: INRA
Fujian: Jimei University; Third Institute of Oceanography; Xiamen Univ

Group 4: Sturgeon farming

Topic 1: Transfer of technology for the hatchery rearing of fingerlings and ongrowing to market size through the establishment of a join venture with Chinese partner(S)…

Topic 2: Commercial opportunities for the export of sturgeon fry, feed, and equipment from France to China.

France:A.Jones, (Sturgeon)
Fujian partners.

ANNEXE 5 – Propositions de collaboration du Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences

Address: 106 Nanjing Road, Qingdao 266071, P. R. China
Tel: +86-532-5822959 Fax: +86-532-5811514
E-mail: ysfri@public.qd.sd.cn

PROPOSAL I : Genetic Improvement

Research Topics:
(1) Selective breeding of marine shrimp Penaeus chinensis and/or scallop to get new strains characterized
by faster growth rate, higher disease-resistance ability.
(2) Genetic engineering of shrimp / scallop / fish
- Methodology, new technique development (biotechnology)
(3) Mass selection
(4) Genetic Resource ¨C Oyster(C. gigas)
(5) Gene marker assisted breeding
(6) Information and personal exchange in field of genetic breeding of mariculture species.

Correspondent of China side:
Qingyin WANG, Professor, Deputy Director
Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences
106 Nanjing Road, Qingdao, SD 266071, P.R. China
Tel: +86-532-5822959, Fax: +86-532-5811514
Email: ysfri@public.qd.sd.cn

PROPOSAL II : Maricultural Animal Diseases

Research Topics:
(1) Mechanism on virus infection and molecular virology
(2) Technology for disease diagnosis (molecular techniques)
(3) Immunology of aquatic animals
(4) Bacterial ecology and complexity

Correspondent of China side:
Jie HUANG, Professor
Head of Aquacultural Disease Division
Deputy Head of the Key Laboratory of Maricultural Diseases and Ecology, Ministry of Agriculture
Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences
106 Nanjing Road, Qingdao, SD 266071, P.R. China
Tel: +86-532-5823062, Fax: +86-532-5811514
Email: aqudis@public.qd.sd.cn

PROPOSAL III : Ecology in Mariculture

Research Topics:
(1) Carrying capacity and polyculture (shellfish / seaweeds / shrimp / fish) in bay
(2) Ecosystem dynamics in cultural pond

(3) Bioremidiation, application of concept and technology of ecological engineering in mariculture management in China.

Correspondent of China side:

Jianguang FANG, Professor
Head of Maricultural Ecology Division
Deputy Head of the Key Laboratory of Maricultural Diseases and Ecology, Ministry of Agriculture
Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences
106 Nanjing Road, Qingdao, SD 266071, P.R. China
E-mail: mcdel@public.qd.sd.cn

PROPOSAL IV : Biotechnology

Research Topics:
(1) Embryonic stem cell culture and gene targeting in marine teleosts
(2) Conservation of genetic resources of marine teleosts by cryopreservation of gametes, embryos, and blastomeres in combination with production of chimeras.
(3) Development of techniques for sex control in Bastard halibut by genetic manipulation and / or hormonal control.

Correspondent of China side:
Songlin CHEN, Professor
General Deputy Head of the Key Laboratory of Maricultural Diseases and Ecology, Ministry of Agriculture
Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences
106 Nanjing Road, Qingdao, SD 266071, P.R. China
E-mail: slinchen@public.qd.sd.cn

PROPOSAL V : Nutrition and Feed

Research Topics:
(1) Protein quality of fish feed.
(2) Improve red seabream and large yellow croaker pigments.
(3) Shrimp and fish attractants (seabass, red seabream, flounder, fugu)
(4) Fish fatty acids and vitamins nutrition requirement.
(5) Feed quality and pollution.

Correspondent of China side:
Mengqing LIANG, Associate Professor
Deputy Head of Feed and Nutrition Division
Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences
106 Nanjing Road, Qingdao, SD 266071, P.R. China
Tel: +86 (532) 5822914
E-mail: qwj@qdchiatai.com

PROPOSAL VI : Exchange of Information and Personal

(1) Training of scientists (2) Exchange of publication (3) Exchange of Samples and cases.