

7^{es} Journées de La Recherche Filière Piscicole

Paris les 5 et 6 juillet 2022



ITAVI

INRAE



Ifremer



L'INSTITUT
agro **Rennes**
Angers



FFA
Fédération Française
— d'aquaculture —



MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
ET DE LA SOUVERAINETÉ
ALIMENTAIRE
*Liberté
Égalité
Fraternité*

AGIR POUR LA TRANSITION AGROÉCOLOGIQUE



Nutreets conçoit des solutions aquaponiques afin de favoriser la biodiversité et la préservation de notre environnement en équipant les maraichers et les pisciculteurs de nouveaux outils de production plus performants et durables.



ACCROÎTRE

Les revenus des exploitants agricoles en les rendant plus résilients



DIMINUER

l'impact environnemental des exploitations



RENFORCER

les approvisionnements locaux avec l'émergence de fermes à tailles humaines en lien avec leur territoire



AMÉLIORER

l'accès des populations à une alimentation de qualité

QUE PROPOSONS-NOUS ?

Une offre clé en main de fermes aquaponiques performantes et durables

INGÉNIERIE

Développer
des solutions sur-mesure

EXPLOITATION

Assurer
la gestion des fermes

DISTRIBUTION

Valoriser
les productions

À QUI S'ADRESSENT NOS SOLUTIONS ?



Collectivités,
Promoteurs immobiliers
& Développeurs fonciers



Maraichers
& Pisciculteurs



Grande distribution,
Restauration collective,
Hôtellerie & Restauration

PARTENAIRES

DES 7^{es} JOURNEES DE LA RECHERCHE PISCICOLE

Avec le partenariat

- Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire / Direction générale des affaires maritimes, de la pêche et de l'aquaculture / Bureau de l'Aquaculture
- Du Compte d'Affectation Spécial pour le Développement Agricole et Rural (CASDAR)
- De l'Institut National de Recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE)
- De l'Institut Technique des filières avicole, cunicole et piscicole (ITAVI)
- Du Comité Interprofessionnel des Produits de l'Aquaculture (CIPA)
- De l'Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la MER (IFREMER)
- Du Syndicat des Sélectionneurs Avicoles Aquacoles Français (SYSAAF)
- De la Fédération Française d'Aquaculture (FFA)
- De L'Institut national d'enseignement supérieur pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement - Rennes (Institut Agro- Rennes)

Et des entreprises suivantes



HALIEUTICA | SPACE | BIOCHEM | LE GOUessant | PHYTOSYNTHESE

COMITE D'ORGANISATION

DES 7^{es} JOURNEES DE LA RECHERCHE FILIERE PISCICOLE



François ALLAL	IFREMER
Éric DUCHAUD	INRAE
Véronique EHANNO	CIPA
Yoannah FRANCOIS	SYSAAF
Pierrick HAFFRAY	SYSAAF
Lucile KOT	ITAVI – Service Aquaculture
Hervé LE BRIS	Institut Agro Rennes-Angers
Marine LEVADOUX	CIPA
Anne OSWALD	DGAMPA – Bureau de l'Aquaculture
Sandrine RAMBERT	FFA
Soizic SCHWARTZ	DGAMPA – Bureau de l'Aquaculture
Aurélien TOCQUEVILLE	ITAVI- Service Aquaculture
Marc VANDEPUTTE	INRAE

Communication / Secrétariat JRFP :

Valérie FLEURY	ITAVI
Anne PLANTIE-ROUX	ITAVI
Julie BORDENAVE	ITAVI



Remerciements

Le comité d'organisation tient à remercier l'ensemble des personnes suivantes pour leurs contributions aux 7es Journées de la Recherche Filière Piscicole.

Pour l'animation des sessions des journées des 5 et 6 juillet :

- Ségolène Calvez (INRAE) – Session « Sanitaire et pathologie 1^{ère} partie »
- Thierry Morin (ANSES) – Session « Sanitaire et pathologie 2^{ème} partie »
- Pierrick Haffray (SYSAAF) – Session « Génétique et sélection »
- Sandrine Skiba (INRAE) - Session « Nutrition 1^{ère} partie »
- Jérôme Bugeon (INRAE) – Session « Nutrition 2^{ème} partie »
- Hervé Le Bris (Institut Agro) - Session « Environnement et systèmes d'élevage »
- François Allal (IFREMER) – Session « Reproduction »
- Marine Levadoux – (CIPA) - Session « Développement de la pisciculture »
- Violaine Colson (INRAE) – Session « Bien-être animal »

Les grands témoins de la journée du 6 juillet :

- Recherche : Françoise Médale – INRAE
- Profession : Aline Bajek – Gloria Maris Groupe
- Représentant du ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire - Soizic Schwartz et Anne Oswald (DGAMPA)

Remerciements également à tous :

les auteurs et présentateurs des communications orales et des posters ; à tous les participants aux journées pour leur présence, soutien, avis et questions lors des sessions

Remerciements à Anne PLANTIE-ROUX, Valérie FLEURY et Julie BORDENAVE (ITAVI) pour la communication et la gestion du secrétariat des JRFP

SOMMAIRE

SESSION « GESTION SANITAIRE ET PATHOLOGIE »

Réévaluer le schéma posologique des antibiotiques utilisés en pisciculture – exemple de l'enrofloxacin chez la truite **Rostang Antoine, Viel Alexis, Daniel Patrick, Baron Sandrine, Calvez Ségolène** 1

RESIST3A – Suivi longitudinal de l'antibiorésistance sur un bassin versant : premiers résultats. **Baron Sandrine, Larvor Emeline, Duprey Héloïse, Tocqueville Aurelien, Gaumé Matthieu, Gallot Pascal, Le Devendec Laëticia, Jouy Eric, Kempf Isabelle, Chauvin Claire, Thomas Rodolphe, Le Bouquin Sophie** 2

Antibiorésistance des bactéries indicatrices dans un système d'aquaculture recirculé et comparaison avec des isolats cliniquement importants **Nora Navarro-Gonzalez, Aylar Saba Shirvan, Lionel Pineau, Stéphane Corvec, Eric Batard, Ségolène Calvez** 3

Surveillance de la résistance bactérienne aux antibiotiques en pisciculture d'eau douce : les spécificités **Baron Sandrine, Le Devendec Laëticia, Jouy Eric, Kempf Isabelle, Chauvin Claire, Le Bouquin Sophie** 4

Profil de résistance, phénotypique et génétique, de sept isolats du genre *Pseudomonas* isolés du filet de truite arc-en-ciel **Oberlé Kenny, Bouju-Albert Agnès, Bednarek Gaëlle, Helsens Nicolas, Prévost Hervé, Calvez Ségolène** 5

Evaluation de l'effet probiotique potentiel de souches marines du genre *Pseudoalteromonas* chez des bars européens imprégnés puis infectés expérimentalement avec *Vibrio harveyi*. **Rahmani Alexandra, Parizadeh Leila, Baud Marine, François Yoannah, Fleury Yannick, Danion Morgane, Morin Thierry** 6

Etude épidémiologique de la maladie du sommeil de la carpe en France. **Baud M., Montacq L., Bertagnoli S., Bigarré L., Charrier A., Croville G., Flores D., Keck N., Laithier J., Le Bouquin-Leneveu S., Pallandre L., Pozet F., Rolland E., Thomas R., Tocqueville A.** 7

Utilisation des désinfectants par les pisciculteurs : quels risques pour la santé ? **Rousset Nathalie, Kot Lucile, Dumas Victor, Tocqueville Aurélien, Le Bouquin-Leneveu Sophie, Huneau Adeline, Thomas Rodolphe, Van Cuyck Claire, Riolland Claire, Soumet Christophe, Carpentier Patrice, Griveau Gildas** 8

Session « GENETIQUE ET SELECTION »

Evolution des performances de la truite arc-en-ciel après 10 générations de sélection et réponse à un aliment standard ou "futur" sans produits de poisson ni soja. **M. Vandeputte, G.Corrage, J.Doerflinger, F.Enez, F.Clota, F.Terrier, M.Horat, L. Larroquet, V.Petit, B. Imarazene, P.Haffray, S.Skiba-Cassy, M.Dupont-Nivet** 9

Une sélection sur la performance d'individus triploïdes est-elle nécessaire en trutticulture ? **Patrice Pierre, François Yoannah, Desgranges Alexandre, Labbé Gaëtan, Haffray Pierrick, Morin Thierry, Dupont-Nivet Mathilde, Phocas Florence, Ruche Jean** 10

Réduction du coût de la sélection génomique par utilisation de panels à plus faible densité de marqueurs chez le bar et la daurade **Jonathan D'ambrosio, Mathieu Besson, Anastasia Bestin, Jean-Sébastien Bruant, Aline Bajek, Yoannah François, Thierry Morin, Pierrick Haffray, François Allal, Marc Vandeputte**.....11

Cartographie fine de la résistance à la nécrose nerveuse virale chez le bar identifiée par séquençage du génome entier **Delpuech E., Vandeputte M., Phocas F., François Y., Bestin A., Besson M., Bajek A., Brunier J., Imarazene, B., Bruant J-S., Cousin X., Morin T., Sourdioux, M., Haffray P., Morvezen, R. Allal, F** 12

Projet PhenomiR : phénotypage non invasif à l'aide de micro-ARNs circulants chez la truite arc-en-ciel **Emilie Cardona, Leo Milhade, Cervin Guyomar, Simon Georges, Hugues Parinello, Florence Lefevre, Violaine Colson, Tatiana Rochat, Fabrice Legeai, Jérôme Bugeon, Jean-Charles Gabillard, Audrey Laurent, Jean-Jacques Lareyre, Catherine Labbé, Yann Guiguen, Stephane Panserat, Violette Thermes, Oliver Dameron, Emmanuelle Becker, Pierre Boudinot, Sandrine Skiba, Julien Bobe 13**

Améliorer l'efficacité alimentaire des poissons : passons à la pratique **François Allal, Mathieu Besson, Alain Vergnet, David McKenzie, Frédéric Clota, Béatrice Chatain, Hugues de Verdal, Marc Vandeputte 14**

Session « NUTRITION ET QUALITE »

L'éco-formulation des aliments aquacoles : une solution efficace et prometteuse pour limiter les impacts de l'aquaculture sur l'environnement **Aurélie Wilfart, Florence Garcia-Launay, Frédéric Terrier, Espoir Soudé, Pierre Aguirre, Sandrine Skiba-Cassy 15**

Test d'un aliment contenant de l'insecte sur du pré-grossissement de carpes dans une démarche de développement local – « ITACARPe » **Trintignac Pascal, Garsi Pierre, Marchand Sandrine, Naudin Guillaume, Laville Floran, Le Reste Guillaume 16**

Un extrait de levure améliore l'efficacité d'un régime à base de protéines animales transformées chez la truite arc-en-ciel et module la réponse intestinale **Frohn Laura, Skiba-Cassy Sandrine, Terrier Frédéric, Aguirre Pierre, Cervin Guyomar, Maman Haddad Sarah, Bobe Julien, Klopp Christophe, Costas Benjamin, Teixeira Carla, Peixoto Diogo, Richard Nadège, Pinel Karine 17**

Evaluation of *Aurantiochytrium mangrovei* biomass as a feed ingredient for seabass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles **Philippe Soudant, Mariana Ventura, Luc Chauchat, Maurean Guerrero, Margaux Mathieu-Resuge, Fabienne Le Grand, Antoine Bideau, Gwendoline Lefebvre, Victor Simon, Sophie Collet, José Zambonino, David Mazurais, Nelly Le Goïc, Adeline Bidault, Christophe Lambert, Fleuriane Fernandes, Alla Silkina, Marcella Fernandes De Souza, Denis de la Broise 18**

L'utilisation de l'hydrolysate de la biomasse de *Scenedesmus obliquus* cultivée à l'aide d'un digestat riche en nutriments pour l'essai d'alimentation du tilapia **Alla Silkina, Fleuriane Fernandes, Jose Gayo-Pelaez, Rahul Vijay Kapoore 19**

Le rôle des vitamines en aquaculture, faut-il revoir les apports ? **Benedict Standen, Bo-Groth Bendsen, Ester Santigosa-Culi 20**

Impact de la supplémentation en micro algues *Schizochytrium sp.* dans l'alimentation végétale sur la reproduction de la truite arc-en-ciel femelle (*Oncorhynchus mykiss*) et conséquences sur la progéniture **E. Cardona, E. Segret, Y. Cachelou, T. Vanderesse, L. Larroquet, A. Hermann, A. Surget, F. Cachelou, J. Bobe, S. Skiba-Cassy 21**

Les prébiotiques modifient le métabolisme de l'hôte chez la truite-arc-en-ciel nourrie avec un aliment 100 % végétal : implications potentielles du microbiote intestinal dans l'optimisation de l'aliment **Jep Lokesh, Ghislain Mylène, Reyrolle Marine, Le Behec Mickael, Pigot Thierry, Terrier Frédéric, Roy Jérôme, Panserat Stéphane, Ricaud Karine 22**

Croissance du muscle rouge et relation avec la capacité de nage chez la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*) **Génévé Lucas, Bugeon Jérôme, Guyvarch'h François, Goardon Lionel, Labbé Laurent, Gabillard Jean-Charles 23**

Restauration post-ponte des qualités chez la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*) : synthèse des résultats du projet FEAMP QualiPostOv **Kerneis Thierry, Bugeon Jérôme, Goardon Lionel, Ahongo Yéléhi Diane, Brit**

Guillaume, Coupé Jean-Marc, Guyvarc'h François, Ruche Jean, Chesnais Morgane, Lebreton Véronique, Geslin Florian, Teisseire Elisa, Labbé Laurent, Rescan Pierre-Yves, Charles Dominique, Lefèvre Florence 24

Session « ENVIRONNEMENT ET SYSTEME D'ELEVAGE »

Performances environnementales d'un système AMTI d'aurades-huitres-palourdes-crevettes **Aubin Joël, Quentin Latourre, Francesca Conti, Jaeger Christophe, Vincent Gayet** 25

Têtards en biofloc. **Joly Agnès, Michel Alain** 26

Impact d'un nouvel aliment pour circuit recirculé sur les performances zootechniques et phytotechniques d'un système aquaponique truite (*O. mykiss*) – salade (*Lactuca sativa*) **Combot Doriane, Pelissier Pablo, Tanrattana Nicolas, Marchand Yann, Colon Floriane, Hilaire Julie, Labbé Laurent** 27

Suivi du fonctionnement d'un système aquaponique extensif à faible niveau d'intrants **Fourrier Camille, Changey Frédéric, Mathieu Laurence, Robin Christophe, Levillain Aénor, Charpentier Noémie, Fontaine Pascal**.....28

Empoisonnement innovant rime-t-il avec rendement ? Une comparaison de deux étangs piscicoles **Laithier Jéssabel, Dupont Cyprien, Thomas Marielle, Lecocq Thomas, Robin Joël, Tocqueville Aurélien, Pannard Alexandrine, Coudreuse Julie, Roucaute Marc, Jaeger Christophe, Wilfart Aurélie, Latourre Quentin, Maillot Marie, Corson Michael, Aubin Joël** 29

La compartimentation des étangs favorise-t-elle la productivité piscicole ? **Jaeger Christophe, Roucaute Marc, Wilfart Aurélie, Quentin Latourre, Maillot Marie, Corson Michael, Gallard Antoine, Joseph Bernard, Bennevault Yoann, Coké Maïra, Azam Didier, Thomas Marielle, Lecocq Thomas, Robin Joël, Tocqueville Aurélien, Laithier Jéssabel, Pannard Alexandrine, Coudreuse Julie, Aubin Joël** 30

Analyse du cycle de vie d'étangs piscicoles français. **Latourre Quentin, Jaeger Christophe, Wilfart Aurélie** 31

Session « REPRODUCTION »

Contrôle de la maturation sexuelle des poissons d'élevage : mise en évidence d'une action directe de la Fsh dans le processus de différenciation des cellules souches spermatogoniales **Lareyre Jean-Jacques, Doretto Lucas Benites, Thomas Manon, Chenais Nathalie, Nóbrega Rafael Henrique** 32

Effet d'une faible concentration en chlorure, sodium et potassium sur la maturation ovocytaire, l'hydratation et la qualité des œufs chez la truite arc-en-ciel **Segret Emilien, Cardona Emilie, Le Cam Aurélie, Skiba-Cassy Sandrine, Cachelou Frédéric, Bobe Julien** 33

La cryoconservation des cellules germinales souches chez la truite arc-en-ciel : une stratégie pour restaurer l'intégralité d'un génotype d'intérêt **Anne-Sophie Goupil, Stéphanie Kica, Tina Terrenne, Lionel Goardon, Alexandra Depincé, Charlene Labesse, Jean-Jacques Lareyre, Catherine Labbé**.....34

Session « DEVELOPPEMENT DE LA PISCICULTURE »

La pisciculture **Guirec Dewavrin** 35

Dangers zoonosés associés à l'espèce *Macrobrachium rosenbergii* et risques associés à son élevage en France **Lautraite Armand, Laval Géraud** 36

Etude du potentiel de diversification de la pisciculture marine antillaise à l'aide d'espèces autochtones : premiers résultats Falguière Jean-Claude, Devillers Samson, Davies Léo, Dousset Alexandre, Soyeux Dorian, Bertigny Hugo, Thouard Emmanuel	37
Aquaponie : Développement et enjeux vers la structuration d'une filière en France. Tocqueville Aurélien, Foucard Pierre, Dumas Victor	38
DEXiAqua, un outil multicritère pour l'évaluation de la durabilité des élevages aquacoles Aubin Joël, Le Féon Samuel, Dubois Théo, Jaeger Christophe, Quentin Latourre, Wilfart Aurélie, Bacenetti Jacopo, Costantini Michele, Akkal-Corfini Nouraya	39
Quelle connaissance des pratiques piscicoles et besoins d'information des consommateurs européens ? C. Mariojous1, T. Latvala, R. Ginés, L. Muller, A. Kause	40

Session « BIEN-ETRE ANIMAL »

Mise en évidence d'un trait de personnalité chez le bar européen et perspectives pour la pisciculture marine Sadoul Bastien, Alfonso Sébastien, Geffroy Benjamin, Bégout Marie-Laure	41
Effets de biomolécules sur le bien-être du sandre (<i>Sander lucioperca</i>) Senff Paula, Fourier Camille, Grosjean Jérémy, Larbat Romain, Gérard Eléa, Polowczyk Océane, Abd Al Rahim Sara, Piga Victo, Robin Christophe, Fontaine Pascal	42
Les bulles comme prédicteur du nourrissage améliorent le bien-être des truites arc-en-ciel d'élevage Aude Kleiber, Jean-Michel Le-Calvez, Thierry Kerneis, Axel Batard, Lionel Goardon, Laurent Labbé, Valentin Brunet, Vitor Hugo Bessa Ferreira, Vanessa Guesdon, Ludovic Calandreau, Violaine Colson	43
Développement d'une méthode d'évaluation du bien-être en pisciculture Stomp Mathilde, Tocqueville Aurélien, Kot Lucile, Guillermand Marine-Océane, Dumas Victor, Foucard Pierre, Vernier Louise, Levadoux Marine	44

POSTERS

SESSION « GESTION SANITAIRE ET PATHOLOGIE »

FLAVOCONTROL : Dispositif d'inféctiologie au service de l'innovation dans le contrôle de la flavobactériose Yoannah François, Dimitri Rigau deau, Bo-Hyung Lee, Charles Poncet, Alexandre Desgranges, Jean Ruche, Emilien Segret, Ana Acin Perez, Delphine Lallias, Florence Phocas, Mathilde Dupont-Nivet, Pierrick Haffray, Tatiana Rochat, Eric Duchaud	45
Les systèmes d'information géographique (SIG) au service du programme national d'éradication et de surveillance (PNES) de la NHI et SHV en pisciculture Dumas Victor, Aurélien Tocqueville, Yves Rolland, Marine Levadoux, Laurent Cloastre	46
Exploration du potentiel de bactéries marines comme probiotiques pour améliorer la productivité et la santé des élevages piscicoles Le Bihan Claire, Brillet Benjamin, Gripon Pauline, Cabon Joëlle, LeKer Carine, Giudicelli Fanny, Danion Morgane, Morin Thierry, Fleury Yannick	47

Impact de l'utilisation de composés botaniques sur la réduction de l'entérite chez le saumon atlantique (<i>Salmo salar</i>) Siméon Fagnon - Phytosynthèse Fagnon M. Siméon, Chabrilat Thibaut, Kerros Sylvain	48
Effets du MYCOFIX® sur les performances zootechniques, les paramètres immunitaires et la résistance aux maladies chez le tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) Roy Rosen, Paula Kovalsky, Laure Rouxel, Benedict Standen	49
Maladie du sommeil de la carpe « CEV » : Etat des lieux et identification génétique des souches de virus associées aux mortalités de poisson – « Projet CEViral » Laithier J., Baud M., Montacq L., Bertagnoli S., Bigarré L., Charrier A., Croville G., Flores D., Keck N., Le Bouquin-Leneveu S., Pallandre L., Pozet F., Rolland E., Thomas R., Tocqueville A	50
SESSION « GENETIQUE ET SELECTION »	
INFAQUA V9 : Logiciel de collecte, de gestion et d'archivage des données des sélectionneurs aquacoles Patrice Pierre, André Sébastien	51
Confirmation de deux QTLs d'importance pour la résistance à la NPI dans une lignée commerciale de truite française J. D'Ambrosio, P. Patrice, Y. François, T. Morin, J. Cabon, J. Ruche, A. Desgranges, P. Haffray, F. Phocas	52
FORTIOR Genetics, premier bilan après 5 années d'exercice pour améliorer la résistance génétique des poissons d'élevage François Yoannah, Cabon Joëlle, Louboutin Lénaïg, Michel Sourdioux, Haffray Pierrick, Morin Thierry	53
Vers une automatisation de la sélection sur le rendement au filetage assistée intelligence artificielle chez la truite arc-en-ciel Tarek Chalioui, Jonathan D'Ambrosio, Jean Ruche, Alexandre Desgranges, Marc Vandeputte, Mathieu Besson, Jérôme Bugeon, Pierrick Haffray	54
Paramètres génétiques des rendements en chair du turbot (<i>Scophthalmus maximus</i>) ainsi que de leur prédiction à l'aide de mesures non létales. Bestin Anastasia, Colon Floriane, Villa Marie, Besson Mathieu, Morvezen Romain, Jaffrelo Lydia, Brunier Joseph, Bajek Aline, Haffray Pierrick, Bugeon Jérôme	55
SESSION « NUTRITION ET QUALITE »	
Réduire les maladies chez le tilapia : quelles stratégies adopter ? Benedict Standen, Bo-Groth Bendsen	56
Divergence de performances et du métabolisme lipidique entre les descendants de mâles et de néomâles de truites arc-en-ciel nourris avec un régime 100% végétal : une première étude pilote. Marandel Lucie, Callet Thérèse, Delaygues Marine, Favalier Nathan, Turonnet Nicolas, Maunas Patrick, Panserat Stéphane, Corraze Geneviève	57
Augmentation de la résistance au stress thermique de la truite arc-en-ciel (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) avec la levure hydrolysée Kluyveromyces V. Eckart, S. Parhizkar, M. Norouzi, M. Bagheri Tavani, B. Keimer	58
Effet de polysaccharides de macroalgues sur la réponse immunitaire et la sensibilité à Edwardsiella tarda du cardeau hrame (<i>Paralichthys olivaceus</i>) Garcia Suarez Maria, Gallissot Marie, Gunathilaka Buddhi	59
La régulation du comportement alimentaire chez la truite arc-en-ciel : impact des oméga-3 - Projet ANRJCJC FEEDOM Jérôme Roy, Elodie Baranek, Théo Hirschinger, Yvan Mercier, Anthony Lanuque, Franck Sandres, Anne Surget, Laurence Larroquet, Geneviève Corraze, Frederic Terrier, Stéphane Panserat, Thierry Durand, Christine Baly, Loic Briand, Sandrine Skiba	60
Effet d'un biocatalyseur algues-argile sur les performances de digestion et de croissance du turbot nourri avec différents niveaux de farine de poisson Gallissot Marie, Rodriguez Maria Angeles	61

Effet du taux de rationnement des femelles avant la ponte sur la qualité post-ponte des produits chez la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*) **Chesnaïs Morgane, Bugeon Jérôme, Goardon Lionel, Kerneis Thierry, Coupé Jean-Marc, Guyvarc'h François, Dié Tiffany, Teisseire Elisa, Labbé Laurent, Lefèvre Florence** 62

Effet de la date de ponte et de la durée du jeûne au moment de la ponte sur la qualité post-ponte des produits chez la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*) **Bugeon Jérôme, Kerneis Thierry, Goardon Lionel, Chesnaïs Morgane, Coupé Jean-Marc, Guyvarc'h François, Teisseire Elisa, Labbé Laurent, Lefèvre Florence** 63

Impact du niveau d'adiposité des femelles sur la qualité post-ponte des produits chez la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*) – modèle des lignées grasses et maigres. **Goardon Lionel, Bugeon Jérôme, Kerneis Thierry, Lebreton Veronique, Geslin Florian, Coupé Jean-Marc, Guyvarc'h François, Labbé Laurent, Lefèvre Florence** 64

Effet d'un prébiotique en supplémentation d'un aliment végétal ou commercial sur les qualités des produits chez la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*) **Combot Doriane, Bugeon Jérôme, Kerneis Thierry, Goardon Lionel, Labbé Laurent, Skiba Sandrine, Dupont-Nivet Mathilde, Ricaud Karine, Lefèvre Florence** 65

Évolution des qualités après la ponte chez la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*) en élevage biologique et conventionnel, comparaison avec des truites triploïdes sur deux années. **Brit Guillaume, Goardon Lionel, Coupé Jean-Marc, Kerneis Thierry, Bugeon Jérôme, Chesnaïs Morgane, Guyvarc'h François, Ruche Jean, Teisseire Elisa, Labbé Laurent, Charles Dominique, Lefèvre Florence** 66

Impact des étapes pré-abattage sur les caractéristiques des filets chez la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*) **Goardon Lionel, Kerneis Thierry, Bugeon Jérôme, Chesnaïs Morgane, Brit Guillaume, Ruche Jean, Guyvarc'h François, Coupé Jean-Marc, Teisseire Elisa, Labbé Laurent, Charles Dominique, Lefèvre Florence**.....67

Évaluation d'un nez électronique pour la mesure de l'« off-flavor ». **Créach Pauline, Kot Lucile, Foucard Pierre, Tocqueville Aurélien, Van Cuyck Claire** 68

SESSION « ENVIRONNEMENT ET SYSTEME D'ELEVAGE »

Étude de la croissance larvaire chez trois populations naturelles de bar (*Dicentrarchus labrax*) soumises à quatre régimes thermiques **Damien Crestel, Alain Vergnet, Marie-Odile Blanc, Stéphane Lallement, Frédéric Clota, François Allal, Marc Vandeputte** 69

Évaluation des méthodes de suivi environnemental pour la gestion intégrée de l'aquaculture en mer : un cadre théorique. **Bouchemousse Sarah, Béguin Ronan, Mathonnet Iroise, Aubin Joël, Jaeger Christophe, Le Bris Hervé, Sadoul Bastien, Le Bris Anthony, Oms Pierre-Emmanuel, Jacquemin Bertrand, Michel Rémy** 70

EPURVAL 2 : Épuration et valorisation des effluents piscicoles marins par des systèmes intégrés multitrophiques. **Guillermard Marine-Océane, Roque d'Orbecastel Emmanuelle, Sadoul Bastien, Hussenot Jérôme, Jacquemin Bertrand, Marfaing Hélène, Barrier-Loiseau Chloé, Evrard Antoine, Retailleau Camille, Fuhs Mickael, Tocqueville Aurélien** 71

Plateforme d'élevage en eau recirculée couplée à un système aquaponique. **Combot Doriane, Pélissier Pablo, Goardon Lionel, Gaumé Matthieu, Dumas Victor, Labbé Laurent** 72

SESSION « REPRODUCTION »

Les hautes températures en phase juvénile favorisent la croissance et la différenciation femelle du bar (*Dicentrarchus labrax* L.) **F. Clota, B. Geffroy, A. Vergnet, M.O. Blanc, S. Lallement, F. Ruelle, A. Goikoetxea, M. Leitwein, F. Allal, M. Vandeputte** 73

Vers la production de populations d'esturgeon sibérien (*Acipenser baerii*) monosex femelle Bestin. **Anastasia, Bonpant Emmanuel, Debeuf Bastien, Mauduit Christophe, Malledant Arnaud, Patrice Pierre1, Haffray Pierrick, Guiguen Yann** 74

Méthode innovante et non-invasive pour évaluer le stade de développement des ovocytes chez la truite arc-en-ciel. **Segret Emilien, Cardona Emilie, Skiba-Cassy Sandrine, Cachelou Frédéric, Bobe Julien** 75

Caractérisation des pontes des lignées expérimentales automnales et printanières de la pisciculture expérimentale INRAE des monts d'Arrée (PEIMA) **Bugeon Jérôme, Geslin Florian, Goardon Lionel, Kerneis Thierry, Coupé Jean-Marc, Guyvarc'h François, Teisseire Elisa, Labbé Laurent, Cardona Emilie, Bobe Julien, Lefèvre Florence** 76

SESSION « DEVELOPPEMENT DE LA PISCICULTURE »

AQUAEXCEL3.0 : une opportunité pour nouer des collaborations à l'étranger en R&D aquacole. **Marc Vandeputte** 77

Sepure : de nouvelles solutions d'empoissonnement pour les étangs en France. **Aubin Joël, Thomas Marielle, Lecocq Thomas, Robin Joël, Tocqueville Aurélien, Laithier Jéssabel, Pannard Alexandrine, Coudreuse Julie, Roucaute Marc, Jaeger Christophe, Wilfart Aurélie, Quentin Latourre, Maillot Marie, Corson Michael** 78

Biologie et big data, une approche innovante pour anticiper différents risques en aquaculture. **Lucas Schaeffer, Arthur Tré-Hardy, Nicolas Prost, Romain Pete, Sébastien Mas, Florence Bouillé-Chada, Maxime Paris** 79

Quelle information sur la pisciculture reçoivent et souhaitent les consommateurs européens ? **C. Mariojous, T. Latvala, R. Ginés, L. Muller, A. Kause** 80

SESSION « BIEN-ETRE ANIMAL »

L'enrichissement du milieu améliore le bien-être de la truite **Brunet Valentin, Kleiber Audea, Moreau Emmanuelle, Fournel Catherine, Pineau Lionel, Calvez Ségolène, Milla Sylvain, Aurélien Tocqueville, Colson Violaine** 81



7es Journées de la Recherche Filière Piscicole

GESTION SANITAIRE ET PATHOLOGIE

Paris

5 et 6 juillet 2022

REEVALUER LE SCHEMA POSOLOGIQUE DES ANTIBIOTIQUES UTILISES EN PISCICULTURE – EXEMPLE DE L'ENROFLOXACINE CHEZ LA TRUITE

Rostang Antoine¹, Viel Alexis², Daniel Patrick³, Baron Sandrine⁴, Calvez Ségolène¹

1 INRAE, Oniris, BIOEPAR, 44300 Nantes, France

2 ANSES, EMAD, 35300 Fougères, France

3 Laboratoire des Pyrénées et des Landes, 40000 Mont de Marsan, France

4 ANSES, MBA, 22440 Ploufragan, France

Contexte : La production aquacole mondiale s'est beaucoup développée ces dernières années. Comme toute production animale, elle nécessite parfois le recours à des antibiotiques pour faire face au large éventail de bactéries qui peuvent infecter les différentes espèces de poissons. L'objectif d'une antibiothérapie bien menée est de s'assurer d'une guérison clinique et bactériologique rapide, tout en minimisant le risque de sélection/dissémination de gènes d'antibiorésistance. Ceci est d'autant plus important en élevage piscicole que la production se fait majoritairement en milieu ouvert, sans traitement des eaux en entrée ou en sortie de site d'élevage, et que les schémas posologiques ne sont pas toujours clairement définis.

Objectif de l'étude : Développer une approche PK/PD pour réévaluer le schéma posologique de l'enrofloxacin chez la truite Arc-en-ciel, pour la gestion de 3 bactéries majeures : *Yersinia ruckeri*, *Aeromonas salmonicida* et *Flavobacterium psychrophilum*.

Protocole : L'approche PK/PD permet la prise en compte simultanée de :

- (1) la distribution des CMI au sein d'une population bactérienne (Concentrations Minimales Inhibitrices). Les CMI sont des données obtenues *in vitro* qui reflètent la sensibilité des différentes souches bactériennes à l'antibiotique testé ;
 - (2) la variabilité de la pharmacocinétique des antibiotiques. Au sein de la population de truites, l'exposition des bactéries aux antibiotiques peut varier en fonction de l'individu traité.
- Cette étude a valorisé des données déjà disponibles au sein des laboratoires de recherche (parfois non publiées) ou de la littérature.

Principaux résultats :

=> L'enrofloxacin se comporte comme un antibiotique longue action chez la truite. De ce fait, le schéma posologique le plus classiquement utilisé en filière truiticole (dose de 10 mg/kg/j pendant 10 jours), ne correspondent pas à un usage optimal de cet antibiotique.

=> *Aeromonas salmonicida* ne doit plus être traité avec de l'enrofloxacin, alors qu'une dose unique de 6,5 mg/kg est suffisante pour traiter les souches sensibles de *Flavobacterium psychrophilum*. Il n'y a pas de conclusion claire quant à *Yersinia ruckeri*.

=> Le statut diploïde/triploïde peut affecter les résidus d'antibiotiques présents dans les tissus du poisson à l'issue du traitement. De ce fait, le temps d'attente devrait être estimé à partir des animaux triploïdes pour lesquels l'élimination est la plus lente.

Perspectives : à condition de disposer des données nécessaires, l'approche PK/PD est un outil puissant pour réévaluer le schéma posologique des antibiotiques, et lutter contre l'antibiorésistance, dans une production à la croisée des santés animales, humaines et environnementales. Le projet MEDIC'EAU, financé par le Fond Européen pour les Affaires Maritimes et la Pêche, permet notamment de continuer ce travail autour de l'antibiothérapie raisonnée pour la gestion d'*Aeromonas salmonicida*.

Référence

VIEL, Alexis, ROSTANG, Antoine, et al., 2021. Population pharmacokinetics / pharmacodynamics modelling of enrofloxacin for the three major trout pathogens *Aeromonas salmonicida*, *Flavobacterium psychrophilum* and *Yersinia ruckeri*. *Aquaculture*. 15 décembre 2021. Vol. 545, pp. 737119. DOI 10.1016/j.aquaculture.2021.737119

RESIST3A – SUIVI LONGITUDINAL DE L'ANTIBIORESISTANCE SUR UN BASSIN VERSANT : PREMIERS RESULTATS

Baron Sandrine¹, Larvor Emeline¹, Duprey Héloïse¹, Tocqueville Aurelien², Gaumé Matthieu², Gallot Pascal², Le Devendec Laëtitia¹, Jouy Eric¹, Kempf Isabelle¹, Chauvin Claire³, Thomas Rodolphe³, Le Bouquin Sophie³

¹ Unité Mycoplasmodologie-Bactériologie et Antibiorésistance – Anses, Laboratoire de Ploufragan-Plouzané-Niort – Ploufragan

² Service Aquaculture – ITAVI Institut Technique des filières avicole, cunicole et piscicole - Rouen

³ Unité Epidémiologie et Bien-Etre Animal – Anses, Laboratoire de Ploufragan-Plouzané-Niort – Ploufragan

L'antibiorésistance (ATBR) est un problème majeur pour la santé publique et pour la santé animale (« one world-one health ») comme l'ont souligné entre autre le Parlement Européen et l'OIE. Une meilleure connaissance et un suivi de l'utilisation des antibiotiques et des niveaux d'ATBR dans les différentes filières et les milieux est indispensable pour évaluer les risques et mesurer l'impact des politiques sanitaires mises en œuvre.

Le milieu aquatique constitue un lieu privilégié de contacts et d'échanges génétiques entre des bactéries de même espèce ou appartenant à des espèces voire des genres différents. Il favorise ainsi la dissémination de gènes de résistance présents naturellement chez certaines bactéries environnementales ou acquis. De par son lien direct avec l'environnement, la filière piscicole est donc particulièrement concernée et potentiellement impactée, cependant les données concernant l'ATBR sont encore peu nombreuses.

Le projet Resist3A visait à développer des approches pilotes à différentes échelles (bassins versants, sites, bassins d'élevage, ...) afin de caractériser les risques liés à l'ATBR dans les milieux dont dépend la pisciculture et de favoriser une approche préventive au travers d'indicateurs précoces de dérive de l'état sanitaire.

Dans le cadre de cette communication, vous seront présentés la caractérisation d'un bassin versant et les premiers résultats issus d'un suivi longitudinal mené sur une durée de 16 mois entre 2017 et 2018. Tous les 15 jours, des prélèvements d'eau ont été réalisés en amont et aval de deux piscicultures situées dans un même bassin versant, ainsi que des échantillons de biofilm dans un bassin d'élevage de chacune des deux piscicultures. Les analyses bactériologiques ciblaient *E. coli* et *Enterococcus* spp – indicateurs de la contamination fécale du milieu, *Aeromonas* – espèce autochtone du milieu aquatique et proposée comme un indicateur de la dissémination de l'ATBR en milieu aquatique, ainsi que *Pseudomonas aeruginosa* – bactérie environnementale et pathogène opportuniste, notamment chez l'Homme. L'étude phénotypique de l'ATBR de ces bactéries cible à la fois les antibiotiques utilisés en aquaculture et ceux d'intérêt en santé humaine.

Ce premier jeu de données permet de dresser un état des lieux de l'ATBR dans le contexte d'un bassin versant incluant des piscicultures.

ANTIBIORÉSISTANCE DES BACTÉRIES INDICATRICES DANS UN SYSTÈME D'AQUACULTURE RECIRCULÉ ET COMPARAISON AVEC DES ISOLATS CLINIQUEMENT IMPORTANTS

Nora Navarro-Gonzalez*¹, Aylar Saba Shirvan¹, Lionel Pineau¹, Stéphane Corvec², Eric Batard³, Ségolène Calvez¹

¹ INRAE, Oniris, BIOEPAR, 44300 Nantes, France

² Université de Nantes CHU Nantes Service de Bactériologie et des contrôles microbiologiques, INSERM, INCIT UMR 1302 F-44000 Nantes France

³ Nantes Université, Cibles et médicaments des infections et de l'immunité, IICiMed, UR 1155

L'aquaculture est considérée comme un point chaud pour l'émergence et la propagation de l'antibiorésistance (ABR), car la coexistence de poissons, de bactéries et d'antibiotiques dans l'environnement aquatique fournit les conditions idéales (Cabello et al, 2013). Cependant, nos connaissances sur l'ABR en aquaculture sont très limitées par rapport à l'élevage terrestre. En particulier, les études sur l'occurrence de l'ABR dans les systèmes d'aquaculture recirculés (RAS) sont très rares. Les objectifs de cette étude sont 1) de décrire la dynamique de certaines bactéries indicatrices dans un RAS (c'est-à-dire les sources, la persistance et la diffusion) et 2) de comparer leurs profils d'ABR à ceux d'isolats cliniquement importants en médecine humaine.

Ce projet est réalisé au RAS de l'école vétérinaire de Nantes (Oniris), pendant six mois (février-juillet 2022). La truite arc-en-ciel est élevée dans cette station expérimentale qui utilise de l'eau domestique et suit un traitement de l'eau complet : filtration à sable, filtration biologique et UV. La dynamique de l'ABR dans ce RAS est étudiée selon un plan d'étude longitudinal, en suivant une sélection de bactéries indicatrices dans tous les compartiments (eau, sédiments, poissons, aliments et biofilm). Tous les échantillons sont testés pour la présence d'*Escherichia coli*, *Pseudomonas* et *Aeromonas*. Ces trois groupes de bactéries sont de bons indicateurs de l'ABR dans l'environnement. Les isolats confirmés sont en train d'être testés par la méthode de microdilution en bouillon afin de déterminer leur Concentration Minimale Inhibitrice. Pour chacun des groupes bactériens étudiés, 20 isolats provenant d'infections cliniques humaines ont été prélevés dans la collection du CHU de Nantes afin de comparer leurs profils d'ABR.

44 échantillons ont été testés jusqu'à présent au cours de 2 événements d'échantillonnage. *Aeromonas* est la bactérie la plus répandue, étant trouvée dans tous les compartiments du RAS. Aucun *E. coli* n'a été trouvée, mais des coliformes ont été isolés dans l'eau, les sédiments, le biofilm et les aliments. Des analyses supplémentaires sont nécessaires pour savoir si les coliformes provenant de l'aliment persistent dans ce RAS. En ce qui concerne l'eau, seule l'eau domestique est exempte d'*Aeromonas*. Il est intéressant de noter que le biofilm semble être le compartiment le plus dynamique de ce système, passant d'être vraisemblablement un milieu principalement *Aeromonas*-positif à être un milieu principalement *Pseudomonas*-positif, lorsque la température de l'eau passe de 14°C à 16°C.

Référence

Cabello, F. C., Godfrey, H. P., Tomova, A., Ivanova, L., Dölz, H., Millanao, A., & Buschmann, A. H. (2013). Antimicrobial use in aquaculture re-examined: Its relevance to antimicrobial resistance and to animal and human health. *Environmental Microbiology*, 15:1917–1942. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.12134>

SURVEILLANCE DE LA RESISTANCE BACTERIENNE AUX ANTIBIOTIQUES EN PISCICULTURE D'EAU DOUCE : LES SPECIFICITES

**Baron Sandrine¹, Le Devendec Laëtitia¹, Jouy Eric¹, Kempf Isabelle¹, Chauvin Claire²,
Le Bouquin Sophie²**

¹ Unité Mycoplasmatologie-Bactériologie et Antibiorésistance – Anses, Laboratoire de Ploufragan-Plouzané-Niort

² Unité Epidémiologie Santé et Bien-Etre Animal – Anses, Laboratoire de Ploufragan-Plouzané-Niort

Pointée par de nombreux organismes internationaux, la résistance bactérienne aux antibiotiques (ATBR) est un problème majeur de Santé Publique. Pour lutter efficacement, contre ce phénomène, il est indispensable d'intégrer une approche pluridisciplinaire en prenant en compte la santé humaine, la santé animale et le rôle de l'environnement – démarche One Health.

Cela passe notamment par le suivi de l'ATBR chez l'homme, dans l'environnement et dans les différentes filières animales. Si pour les élevages terrestres, il existe depuis deux décennies et dans de nombreuses filières des plans de surveillance coordonnés au niveau européen, ce n'est pas le cas pour les filières aquatiques. De plus, des démarches de réduction d'usage des antibiotiques dans les filières aquatiques ont été engagées au niveau européen sans que leur impact sur l'ATBR ne soit mesuré.

L'objectif de cette présentation est (i) de décrire succinctement les plans de surveillance existants pour les filières terrestres (espèces, matrices, indicateurs) et (ii) d'identifier les spécificités liées à l'aquaculture, particulièrement la pisciculture d'eau douce.

Pour cela un bilan rapide des données existantes concernant l'ATBR en aquaculture au niveau européen avec un focus sur la France sera dressé et une attention particulière sera portée aux difficultés méthodologiques existantes (standardisation des méthodes d'identification et d'étude des bactéries isolées chez le poisson) par rapport aux filières terrestres pour surveiller l'ATBR en pisciculture d'eau douce.

PROFIL DE RESISTANCE, PHENOTYPIQUE ET GENETIQUE, DE SEPT ISOLATS DU GENRE *PSEUDOMONAS* ISOLÉS DU FILET DE TRUITE ARC EN CIEL

Oberlé Kenny¹, Bouju-Albert Agnès², Bednarek Gaëlle¹, Helsens Nicolas ^{1,2}, Prévost Hervé², Magras Catherine², Calvez Ségolène¹

¹INRAE, Oniris, BIOEPAR, 44300, Nantes, France

²INRAE, Oniris, SECALIM, 44300, Nantes, France

Le genre bactérien *Pseudomonas* est omniprésent dans les environnements tels que les sols, l'eau des rivières ou associé aux animaux aquatiques. Les fermes piscicoles sont des interfaces reliant les environnements aquatiques et les animaux producteurs de nourriture comme la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*). Les écosystèmes bactériens associés sont exposés aux effluents et aux antibiotiques utilisés pour le traitement des activités humaines et de la production animale (poissons et terrestres). Ceux-ci pourraient participer à la sélection dans l'environnement de bactéries résistantes aux antibiotiques notamment au sein de populations ubiquistes comme *Pseudomonas*.

Des bactéries du genre *Pseudomonas* ont été isolées à partir de 56 filets de truite arc-en-ciel avec peau échantillonnés selon la norme ISO 3720. Cinquante-et-un isolats confirmés comme appartenant au genre *Pseudomonas* par PCR spécifique et identifiés par une approche MALDI-TOF comme appartenant au groupe *Pseudomonas fluorescens* (94,1%). La concentration minimale inhibitrice (CMI) de dix antibiotiques a été évaluée pour ces 51 isolats de *Pseudomonas*. Les résultats ont montré que 31,4% des souches étaient sensibles à tous les antibiotiques testés sur la base des valeurs de breakpoint et de l'ECOFF (Epidemiological Cut-Off) calculé. Sept des 51 souches étaient hautement résistantes à plusieurs antibiotiques avec des valeurs de CMI comprises entre 64 µg.mL⁻¹ et 256 µg.mL⁻¹ pour l'oxytétracycline, entre 512 µg.mL⁻¹ et plus de 1024 µg.mL⁻¹ pour le florfénicol et la colistine, entre 128/2432 µg.mL⁻¹ et plus de 512/9728 µg.mL⁻¹ pour l'association triméthoprim/sulfaméthoxazole.

Pour une approche plus complète des mécanismes mis en jeu dans ces phénotypes de résistance, le génome de ces sept isolats a été séquencé selon la méthode Illumina et complété avec un séquençage via la technologie Oxford Nanopore. Les premières analyses ont montré qu'il y avait une correspondance génotypique avec certains phénotypes, notamment la présence de certains gènes de résistance tels que *sul2* et *tet(Y)*, conférant respectivement une résistance pour l'association triméthoprim/sulfaméthoxazole et l'oxytétracycline. Cependant certaines résistances comme celle pour la colistine n'ont pas pu être confirmées génétiquement. Des séquences de prophages, d'insertion (IS) et de transposons (Tn) ont été mises en évidence dans les génomes rappelant l'importance des transferts horizontaux de gènes dans la construction de souches multi-résistantes aux antibiotiques.

Cette étude suggère que les populations environnementales de *Pseudomonas* peuvent constituer un réservoir de gènes et d'éléments génétiques potentiellement mobilisables vers d'autres bactéries potentiellement pathogènes pour la truite arc-en-ciel mais aussi pour l'Homme.

EVALUATION DE L'EFFET PROBIOTIQUE POTENTIEL DE SOUCHES MARINES DU GENRE *PSEUDOALTEROMONAS* CHEZ DES BARS EUROPÉENS IMPREGNES PUIS INFECTES EXPERIMENTALEMENT AVEC *VIBRIO HARVEYI*

Rahmani Alexandra^a, Parizadeh Leila^b, Baud Marine^a, François Yoannah^a, Fleury Yannick^b, Danion Morgane^a, Morin Thierry^a

^a Anses, Laboratoire de Ploufragan-Plouzané-Niort, Unité Virologie, Immunologie Ecotoxicologie des Poissons, 29 280 Plouzané, France.

^b Laboratoire de Biotechnologie et Chimie Marines (LBCM), EA3884, Université de Brest, Institut Universitaire Européen de la Mer, IUT de Quimper, 29 000 Quimper, France.

Le bar européen, *Dicentrarchus labrax*, est l'une des espèces marines la plus produite en Europe. Les premiers stades larvaires sont particulièrement fragiles et généralement associés à des taux de survie relativement faibles. Cette espèce peut également être touchée par de multiples pathogènes viraux ou bactériens au cours de son cycle de production, infections favorisées par des densités élevées et par une phase de grossissement en milieu marin ouvert.

Dans cette étude, nous avons étudié le potentiel protecteur de différentes souches bactériennes issus d'organismes aquatiques sessiles et appartenant au genre *Pseudoalteromonas*, vis-à-vis de la bactérie *Vibrio harveyi*, pathogène majeur du bar européen. Des individus juvéniles au statut sanitaire contrôlé (200 par condition) ont été immergés durant 4 heures dans un volume d'eau de mer hyperoxygénée avec différentes concentrations de nos candidats probiotiques. Cette opération a été renouvelée 2 fois par mois sur une durée de 2 mois (phase d'imprégnation). Quatre conditions ont été comparées : Abc) une mixture de 2 souches de *Pseudoalteromonas* aux propriétés antibactériennes ; Adf) une souche de *Pseudoalteromonas* antibiofilm ; Noe) une souche de *Pseudoalteromonas* ne présentant pas d'effets antibactérien ou antibiofilm et enfin une condition contrôle sans probiotique (C). Au terme de cette phase d'imprégnation, les bars ont été injectés par voie intra-péritonéale avec 100 µL d'une suspension de *Vibrio harveyi* à 4.6×10^8 UFC/ml. Les mortalités ont été recensées quotidiennement durant les 15 jours post-infection et des analyses de paramètres immunologiques ont également été réalisées durant les phases d'imprégnation et d'infection.

Les souches aux propriétés antibactériennes (Abc) et antibiofilms (Adf) ont été détectées par PCR quantitative dans les branchies et le mucus chez les animaux exposés au terme des 4h d'immersion, mais ne semblent pas persister dans le temps. Aucune différence significative n'a été relevée suite à l'analyse des formulations et mortalités leucocytaires et des taux de phagocytose entre les conditions testées. Le taux de survie observé entre la condition C infecté et la condition Adf a été similaire (37% et 31,3% respectivement) alors que les conditions Noe et Abc ont présenté des taux de survie de 48.6% et 61.5% soit 10% et 25% plus élevés que la condition C infecté, respectivement.

Ces premiers résultats mettent en évidence un potentiel protecteur particulièrement intéressant de bactéries naturellement présentes dans des organismes marins du genre *Pseudoalteromonas* ; bactéries qui présentent l'avantage d'être plus adaptées aux poissons que les probiotiques issus de mammifères terrestres. Des analyses complémentaires ont été réalisées pour caractériser les molécules actives produites par ces souches d'intérêt et des travaux sont en cours pour approfondir les effets potentiels sur le système immunitaire et améliorer leur formulation afin de pouvoir envisager des tests à plus grande échelle.

ETUDE EPIDEMIOLOGIQUE DE LA MALADIE DU SOMMEIL DE LA CARPE EN FRANCE

Baud M.¹, Montacq L.³, Bertagnoli S.³, Bigarré L.¹, Charrier A.⁶, Croville G.³, Flores D.¹, Keck N.⁷, Laithier J.⁴, Le Bouquin-Leneveu S.², Pallandre L.¹, Pozet F.⁵, Rolland E.¹, Thomas R.², Tocqueville A.⁴

¹ ANSES Ploufragan/Plouzané/Niort, site de Plouzané, unité VIMEP, 29280 Plouzané, FRANCE

² ANSES Ploufragan/Plouzané/Niort, site de Ploufragan, unité EPISABE, 22440 Ploufragan, FRANCE

³ IHAP, Université de Toulouse, INRAE, ENVT, 31076 Toulouse, FRANCE

⁴ ITAVI, 28 rampe Bouvreuil, 76000 ROUEN, FRANCE

⁵ LDA39, Laboratoire Départemental d'Analyses du Jura, 59 rue du Viel Hôpital, 39802 Poligny, FRANCE

⁶ LPL, Laboratoires des Pyrénées et des Landes, 1 rue Marcel David, 40004 Mont de Marsan, FRANCE

⁷ LDV34, Laboratoire Départemental Vétérinaire, 306 r Croix de Las Cazes, 34000 Montpellier, FRANCE

La maladie du sommeil de la carpe koï (KSD), causée par le Carp Edema Virus (CEV), est associée à de fortes mortalités de carpes communes et koï en France depuis les années 2010. Cependant, le virus n'étant pas réglementé et la maladie étant souvent ignorée ou confondue à tort avec d'autres maladies virales, les foyers de KSD ne sont pas toujours signalés. La maladie est donc probablement sous-diagnostiquée, aussi bien dans les fermes que dans le milieu naturel. Il devient ainsi urgent de mieux faire connaître la maladie à tous les acteurs de la filière et d'acquiescer des données sur sa distribution.

Une première étude présentant les résultats d'échantillons collectés sur carpes communes et koï en France entre 2013 et 2020 a mis en évidence une large distribution géographique du virus et une certaine diversité génétique parmi les 2 génogroupes viraux présents : les CEV détectés sur carpes communes se regroupent au sein d'un génogroupe particulier (gI) tandis que ceux isolés sur koï sont inclus dans un autre génogroupe (gII) (Baud *et al.*, 2021). De multiples variants ont été détectés dans le gII ainsi que des traces d'évènements de recombinaison qui pourraient accélérer l'évolution du virus.

Le projet CEViral qui a démarré en 2022 avec un financement FEAMP a de multiples objectifs :

- recenser et caractériser les épisodes de mortalités en 2022 et 2023;
- enrichir notre connaissance sur les conditions de survenue des épisodes de maladie;
- obtenir des données génétiques sur les variants viraux de 2021-2022-2023 afin d'étudier leurs distributions;
- caractériser par séquençage complet un virus du gI (gII déjà disponible).

Cette étude portera sur des carpes en étangs ou fermes piscicoles, en parcours de pêche ou dans le milieu naturel. Elle s'adresse à tous les acteurs de la santé des poissons, vétérinaires et laboratoires, et à toutes les professions liées aux marchés de la carpe.

La finalité du projet a pour vocation de soutenir la filière 'pisciculture d'étangs' en :

- informant les acteurs des risques associés à la circulation du virus
- réfléchissant ensemble à une stratégie de lutte contre le CEV

Référence

Baud *et al.*, Genetic diversity of the carp oedema virus in France. J. Fish Dis. 2021 Oct;44(10):1531-1542. doi: 10.1111/jfd.13474.

UTILISATION DES DESINFECTANTS PAR LES PISCICULTEURS : QUELS RISQUES POUR LA SANTE ?

Rousset Nathalie¹, Kot Lucile¹, Dumas Victor¹, Tocqueville Aurélien¹, Le Bouquin-Leneveu Sophie², Huneau Adeline², Thomas Rodolphe², Van Cuyck Claire³, Riolland Claire⁴, Soumet Christophe⁵, Carpentier Patrice⁶, Griveau Gildas⁴

¹ITAVI, 7 rue du Faubourg Poissonnière, 75009 Paris

²Anses, Laboratoire de Ploufragan-Plouzané Niort, 22440 Ploufragan

³CIPA, 32 rue de Paradis 75010 Paris

⁴MSA d'armorique, 12 rue de Paimpont, 22025 Saint-Brieuc Cedex 1

⁵Anses, Laboratoire de Fougères, Batiment Bioagropolis, 10B Rue Claude Bourgelat, 35133 Javené

⁶Anses, DEPR, 14 rue Pierre et Marie Curie, 94701 Maisons-Alfort Cedex

Les désinfectants font partie des biocides soumis à la réglementation européenne (règlement UE n° 528/2012). Bien qu'indispensables à la maîtrise sanitaire des produits et la santé des animaux, leur manipulation peut être à l'origine d'accidents ponctuels si des mesures de prévention et/ou de protection ne sont pas prises (Abadia et al., 2003; Massin et al., 2007). Une étape du projet aDAPt visait à objectiver ces risques pour la santé.

Une enquête réalisée auprès de 30 pisciculteurs, a permis de décrire les produits de désinfection utilisés (spécialités commerciales, fiches de données sécurité, quantités utilisées, objectifs d'utilisation), et leurs conditions d'utilisation (types de procédés, ventilation et dispositif de captage éventuels, température). Une évaluation des risques résiduels a été réalisée à l'aide du logiciel « Système d'évaluation et d'information sur les risques chimiques en milieu professionnel » (Seirich, niveau 2) pour chaque entreprise.

Le niveau de risque résiduel par inhalation est élevé dans 45 % des cas (c'est-à-dire sans présager de l'utilisation d'équipement de protection individuelle); et pour le risque cutané/oculaire, il est élevé dans 51 % des cas. Des différences importantes sont néanmoins observées selon les pratiques. Ainsi, les procédés dits « dispersifs ou ouverts » présentent fréquemment un risque résiduel par inhalation élevé (47 % des cas). Or, ce sont des types de procédés communément employés en piscicultures (86 % des cas). En outre, les tâches modélisées par des scénarios cutanés où la génération d'éclaboussures ou d'aérosols est possible, présentent très souvent un niveau élevé de risque par contact cutané ou oculaire (57 % des cas). La famille de produits impacte également de façon importante le niveau de risque. Ainsi, on peut noter que les produits chlorés (27 % des utilisations), présentent un niveau de risque par contact cutané et oculaire fréquemment élevé (75% des cas d'utilisation). Les produits de la famille des ammoniums quaternaires associés à un(des) aldéhyde(s) (22 % des utilisations) sont également plus à risque (95 % des cas d'utilisation où le niveau de risque résiduel par inhalation est élevé et 69 % des cas pour les risques résiduels par contact cutané ou oculaire). Néanmoins, les peroxydes d'hydrogène qui représentent 16 % des utilisations, sont moins risqués (8 % des cas d'utilisation où le risque résiduel par inhalation est élevé, et 2 % des cas pour les risques résiduels par contact cutané ou oculaire). Notons enfin que les formaldéhydes représentent 14 % des utilisations, et constituent des produits assez risqués (43 % des cas d'utilisation où le niveau de risque résiduel par contact cutané ou oculaire est élevé, et 24 % des cas d'utilisation pour les risques par inhalation).

Une part non négligeable de situations à risque pour la santé des pisciculteurs est donc observée. La mise en place de stratégies de prévention ou de protection est donc indispensable. La sensibilisation et la formation est un levier important à actionner pour améliorer la prévention de ces risques par les pisciculteurs.

Références

Abadia G., Mirabito L., 2003. 5^{ème} Jour. de la Rech. Avi., Tours.

Massin N., Hecht G. Ambroise D., Héry M., Toamain JP, Hubert G, Dorotte M., Bianchi B., 2007. Occup Env. Med, 64:75-91.



7es Journées de la Recherche Filière Piscicole

GENETIQUE ET SELECTION

Paris

5 et 6 juillet 2022

EVOLUTION DES PERFORMANCES DE LA TRUITE ARC-EN-CIEL APRES 10 GENERATIONS DE SELECTION ET REPONSE A UN ALIMENT STANDARD OU 'FUTUR' SANS PRODUITS DE POISSON NI SOJA

M. Vandeputte^{1,2}, G. Corraze³, J. Doerflinger⁴, F. Enez⁵, F. Clota^{1,2}, F. Terrier³, M. Horat⁴, L. Larroquet³, V. Petit⁴, B. Imarazene⁴, P. Haffray⁵, S. Skiba-Cassy³, M. Dupont-Nivet².

¹ MARBEC, Univ Montpellier, CNRS, Ifremer, IRD, INRAE, Palavas-les-Flots France

² Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, GABI, Jouy-en-Josas, France

³ INRAE, Univ. Pau & Pays Adour, E2S UPPA, NUMEA, Saint-Pée-sur-Nivelle, France

⁴ Les Sources de l'Avance, Pissos, France

⁵ SYSAAF, Station LPGP-INRAE, Rennes, France

La sélection génétique est considérée comme un levier majeur d'amélioration de la productivité et de la durabilité de la production aquacole, mais il y a à ce jour peu d'évaluations expérimentales objectives de son impact sur le moyen terme, sur les caractères directement sélectionnés ou sur d'autres qui leurs sont liés. C'est une démarche de long terme, et du fait de l'évolution rapide de la composition des aliments, il est légitime de s'interroger aussi sur les capacités des animaux sélectionnés à s'adapter à des aliments contenant de moins en moins de farine et d'huile de poisson. Nous avons comparé une lignée de truite arc-en-ciel sélectionnée depuis 10 générations (G10) par Aqualande pour la production de grande truite (augmentation de la croissance, du rendement de carcasse et du taux de lipides du filet) à une lignée non sélectionnée (G0) issue de la même population de base. La comparaison a été faite par la voie mâle, en croisant des néomâles G10 et des néomâles G0 sur les mêmes femelles G10, créant ainsi un lot Sélectionné et un lot Témoin dont la divergence attendue est de la moitié de l'écart entre les lignées pures G0 et G10. Les lots ont été comparés de l'alevinage à l'abattage à 1,6 kg, avec sur la dernière période de croissance (250-374 jours) une comparaison croisée de deux aliments. Le premier était un aliment commercial standard, quand le second était un aliment 'futur' totalement dépourvu de soja et de farine et huile de poisson, où l'apport en oméga-3 polyinsaturés à chaîne longue était assuré par de la biomasse de microalgues.

Après avoir doublé la différence entre le lot sélectionné et le lot témoin pour estimer les performances des lignées « pures », nous avons pu montrer une amélioration de la lignée G10 par rapport à la G0 de 61% pour le poids à l'abattage, de 17 à 20% pour le taux de conversion de l'aliment, de 28 à 53% pour le taux de lipides du filet et de 4,2% pour le rendement de carcasse. PEn revanche, la sélection n'a eu aucun impact sur la survie. Les deux aliments ont donné des performances de croissance similaires, avec un taux de conversion alimentaire dégradé avec l'aliment futur, probablement du fait de difficultés à estimer l'ingéré avec cet aliment. Les poissons avaient un taux d'oméga-3 à chaîne longue (EPA, DHA) assez élevé (>1,2g/100g de poids frais) avec les deux aliments, probablement lié à une synthèse endogène à partir de l'acide alpha-linolénique, au moins dans le cas de l'aliment futur. Des interactions génotype-aliment très limitées ont été observées.

Ceci montre qu'il est possible d'obtenir par sélection génétique des truites à croissance rapide convertissant mieux l'aliment améliorant de fait significativement la durabilité de la production de truite. Ces truites ont de bonnes performances sur un aliment standard comme sur un aliment futur, montrant que l'on peut obtenir des poissons ayant à la fois de bonnes performances d'élevage et de bonnes caractéristiques nutritionnelles sans forcément utiliser de matières premières à base de poisson ou de soja.

Ce projet a été financé par le programme cadre de recherche et d'innovation Horizon 2020 de l'Union Européenne dans le cadre du projet AqualIMPACT (GA 818367).

UNE SÉLECTION SUR LA PERFORMANCE D'INDIVIDUS TRIPLOÏDES EST-ELLE NÉCESSAIRE EN TRUTTICULTURE ?

Patrice Pierre¹, François Yoannah¹, Desgranges Alexandre², Labbé Gaëtan¹, Haffray Pierrick¹, Morin Thierry³, Dupont-Nivet Mathilde³, Phocas Florence³, Ruche Jean²

¹ SYSAAF – Campus de Beaulieu Bâtiment 16A – 35042 – Rennes, France.

² SARL Milin Nevez – ZI de Kerbrian – 29610 – Plouigneau, France.

³ ANSES, Unité VIMEP – Technopôle Brest Iroise, site IFREMER – 29280 – Plouzané, France.

³ Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParistech, GABI – Domaine de Vilvert – 78350 – Jouy-en-Josas, France.

Contexte et objectifs

Une part significative de la production piscicole française est réalisée à partir de truites arc-en-ciel triploïdes (3N, leurs cellules contiennent 3 stocks de chromosomes), alors que l'espèce est normalement diploïde (2N, 2 stocks de chromosomes). Cette triploïdie présente plusieurs intérêts liés au fait que les individus ainsi obtenus sont tous stériles : 1/ s'affranchir des difficultés liées à la maturation sexuelle (ralentissement de la croissance, diminution de la qualité de chair), 2/ non-prolifération de la souche en cas de déversement accidentel dans le milieu naturel, 3/ vente des individus améliorés sans crainte du vol du progrès génétique acquis au fil des générations de sélection. Si le produit final vendu est majoritairement constitué d'individus triploïdes, les programmes de sélection, eux, sont exclusivement basés sur le phénotypage d'individus diploïdes, sans que l'on dispose d'informations quant à l'efficacité de cette sélection. Cela amène à s'interroger sur l'importance de la corrélation génétique (stabilité du classement des familles) entre 2N et 3N pour différents caractères d'intérêt pour le sélectionneur, afin de s'assurer que la sélection sur animaux diploïdes crée bien du progrès génétique dans les populations triploïdes classiquement utilisées en production.

Approches utilisées

Pour cette étude, deux lots diploïdes et deux lots triploïdes ont été dérivés à partir de la population de l'entreprise de sélection Milin Nevez (commercialisation par Bretagne Truite, France). Deux de ces lots (l'un diploïde, l'autre triploïde) constitués respectivement de 1320 individus diploïdes et de 1234 individus triploïdes ont été challengés par un stress hypoxique aigu sur la plateforme Fortior Genetics ANSES-SYSAAF (Plouzané, 29), et ont été prélevés individuellement en ADN. Les deux lots restants, constitués respectivement de 1494 individus diploïdes et de 1498 individus triploïdes, ont été abattus et prélevés en ADN lors d'un chantier de mesures (poids, longueur, Fatmeter, poids des parties, rendements de découpe), à l'atelier de Bretagne Truite (Plouigneau, 29). Pour chacun de ces individus, une darne a de plus été prélevée et analysée par IRM à l'INRAE (Rennes, 35). L'intégralité de ces données a été stockée en base de données INFAQUA permettant d'assurer la traçabilité des informations collectées sur chaque individu. Les échantillons ADN de tous les individus ainsi que de leurs parents ont été génotypés par l'INRAE sur puce Axiom™ 57501 marqueur SNPs. L'assignation de parenté de tous les individus a ensuite été effectuée à l'aide du logiciel APIS. Enfin, le package BLUPF90 a été utilisé afin d'estimer les héritabilités de chaque caractère et les corrélations génétiques entre chaque niveau de ploïdie.

Résultats et perspectives d'application

Pour l'ensemble des caractères d'intérêt pour les sélectionneurs truiticoles qui ont été mesurés, les corrélations génétiques (R_g) estimées entre individus diploïdes et triploïdes varient entre 0.71 ± 0.12 et 0.95 ± 0.03 . La sélection sur lots dérivés diploïdes semble donc permettre d'effectuer du progrès sur les individus triploïdes vendus, bien que ces progrès soient plus ou moins importants selon les caractères mesurés.

	Poids	Longueur	Rdt carcasse éviscérée étêtée	Fatmeter	% de gras sous- cutané (IRM)	Temps avant décrochage O2
R_g	0.71 ± 0.12	0.83 ± 0.14	0.73 ± 0.12	0.95 ± 0.03	0.94 ± 0.05	0.86 ± 0.08

Cette étude a été co-financée par les fonds européens pour la pêche et l'aquaculture et FranceAgrimer (projet HypoTemp, n°PFEA470019FA1000016)

REDUCTION DU COUT DE LA SELECTION GENOMIQUE PAR UTILISATION DE PANELS A PLUS FAIBLE DENSITE DE MARQUEURS CHEZ LE BAR ET LA DAURADE

Jonathan D'ambrosio¹, Mathieu Besson¹, Anastasia Bestin¹, Jean-Sébastien Bruant⁴, Aline Bajek⁵, Yoannah François¹, Thierry Morin⁶, Pierrick Haffray¹, François Allal², Marc Vandeputte^{2,3}

¹ SYSAAF, Station INRAE-LPGP, Campus de Beaulieu, 35042 Rennes cedex, France

² MARBEC Université de Montpellier, CNRS, Ifremer, IRD, INRAE, Palavas-les-Flots, France

³ Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, GABI, 78350, Jouy-en-Josas, France

⁴ Fermes Marines Du Soleil, 17840 La Brée Les Bains, France

⁵ Écloserie Marine de Gravelines-Ichthys, 59273 Gravelines, France

⁶ ANSES, Laboratoire de Ploufragan-Plouzané-Niort, Unité VIMEP, LNR Maladies réglementées des poissons, 29280 Plouzané, France

Depuis 2018, et grâce aux projets de R&D Fild'Or et GèneSea (FEAMP), les écloseries FMDS et EMGI ont commencé à indexer leurs candidats en utilisant la ressemblance des génomes (sélection génomique - SG) plutôt que l'appartenance familiale (pedigree), en particulier pour des caractères de résistance à des pathologies ou pour sélectionner des candidats élevés à terre sur les performances d'apparentés élevés en cages. Le coût de génotypage (20-25 € /individu) avec une puce moyenne densité (MD) d'environ 57 000 marqueurs génétiques SNP (57K) constitue un frein concurrentiel réel pour les entreprises de sélection. Les travaux antérieurs sur les espèces terrestres et le saumon ainsi que l'arrivée du génotypage par séquençage pourraient cependant permettre de réduire ce coût en génotypant les candidats et apparentés à plus basse densité (LD, 200 à 3000 marqueurs) et en imputant les marqueurs manquants entre ces marqueurs génotypés à partir du génotype de leurs parents obtenu en MD (sélection génomique par imputation).

L'objectif de l'étude réalisée dans le projet européen AquaIMPACT était d'évaluer l'efficacité relative d'une sélection génomique par imputation chez le bar et la daurade avec des panels LD par rapport à une sélection sur pedigree ou génomique avec une puce MD pour évaluer le meilleur compromis entre efficacité de la sélection et prix du génotypage. Ce travail a été mené pour deux espèces marines de deux entreprises de sélection française : EMGI (bar) et FMDS (daurade). Un total de 1646 bars a été génotypé à l'aide de la puce MD 57K SNP Axiom DlabCHIP à raison de 942 bars phénotypés pour la résistance à *vibrio harveyi* par la plateforme SYSAAF-ANSES Fortior Genetics et de 704 bars phénotypés pour des caractères de découpe (poids, poids éviscéré et étêté ajusté par le poids). 919 daurades ont été génotypées avec la puce 60K SNP Axiom SaurCHIP et phénotypées pour différents caractères de découpe (poids, poids éviscéré et étêté ajusté par le poids, poids du filet ajusté par le poids). Pour chaque espèce, l'efficacité de la sélection génomique a été évaluée avec les puces MD et pour 10 panels LD de tailles différentes : 300, 500, 700, 1 000, 3 000, 5 000, 10 000, 15 000, 20 000 marqueurs.

La qualité de l'imputation augmente avec le nombre de marqueurs sur les panels LD. Elle atteint rapidement un plateau entre 3 000 et 5 000 marqueurs, pour les deux espèces. Les résultats montrent une efficacité proche, en moyenne, de la sélection avec une puce 57K en utilisant un panel LD avec 3 000 marqueurs sans imputation ou avec un panel 1 000 marqueurs avec imputation pour les deux espèces et les différents caractères.

Ces résultats permettent d'envisager la création de panels LD pour les différentes entreprises de sélection françaises pour réduire les coûts de la sélection génomique tout en conservant un niveau d'efficacité équivalent à une puce 57K.

CARTOGRAPHIE FINE DE LA RÉSISTANCE À LA NÉCROSE NERVEUSE VIRALE CHEZ LE BAR IDENTIFIÉE PAR SÉQUENÇAGE DU GÉNOME ENTIER

Delpuech, E.^{1,2}, Vandeputte, M.^{2,3}, Phocas, F.³, François, Y.¹, Bestin, A.¹, Besson, M.¹, Bajek, A.⁴, Brunier, J.⁴, Imarazene, B.⁵, Bruant J-S.⁵, Cousin X.^{2,3}, Morin, T.⁶, Sourdioux, M.¹, Haffray, P.¹, Morvezen, R.¹ et Allal, F.²

¹ SYSAAF, Station LPGP/INRAE, Campus de Beaulieu, 35042 Rennes, France

² MARBEC, Univ. Montpellier, Ifremer, CNRS, IRD, INRAE, 34250 Palavas-les-Flots, France

³ Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, GABI, 78350 Jouy-en-Josas, France

⁴ Écloserie Marine de Gravelines-Ichthys, 59273 Gravelines, France

⁵ Fermes Marines Du Soleil, 17840 La Brée Les Bains, France

⁶ ANSES, Viral Fish Diseases Unit, Technopôle Brest-Iroise, 29280 Plouzané, France

La nodaviriose (ou VNN pour Viral Nervous Necrosis, en anglais) est considérée comme la maladie ayant le plus d'impact sur l'aquaculture européenne du bar, avec notamment une mortalité pouvant atteindre 90% des bars au stade juvénile. La sélection génétique dans les élevages est une stratégie prometteuse pour réduire la fréquence et la sévérité des épidémies. Plusieurs grandes régions génomiques pour la résistance au VNN ont été identifiées dans des études précédentes à partir de données provenant de puces à SNP. Pour affiner l'architecture génétique, voire identifier un gène candidat pour la résistance à la nodaviriose chez le bar, nous avons mené des études d'association pangénomiques (GWAS) basées sur des données de séquençage complet d'individus testés pour leurs résistances.

Au total, 5 799 bars (*Dicentrarchus labrax*) provenant de deux entreprises françaises, EMGi et FMDS, ont été utilisés dans notre étude. Les mâles et/ou femelles utilisés dans les croisements des populations commerciales ont été séquencés pour connaître l'ensemble des variants génétiques caractérisant les deux populations. Ensuite, pour étudier la survie à la nodaviriose, l'ensemble des descendants ont été exposés au nodavirus sur la plateforme FORTIOR Genetics (SYSAAF-ANSES), afin d'évaluer leur résistance. Chaque individu mort ou vivant a été génotypé sur la puce à 57.000 marqueurs SNP DlabCHIP de ThermoFisher (Griot et al., 2021). A la suite d'une étape d'imputation, des études GWAS ont été réalisées sur un jeu de données de près de 1 million de SNP imputés pour tous les individus challengés des deux populations commerciales.

Une région génomique (QTL) précise du chromosome LG12 commune à EMGi et FMDS a été détectée, montrant une forte association entre les SNP imputés et le caractère phénotypique de résistance à la nodaviriose. Un taux de survie de près de 80% a été rapporté pour les individus possédant l'allèle de résistance à ce QTL. Des recherches sont en cours pour identifier les gènes et les éventuels polymorphismes responsables de la résistance au VNN dans cette région. L'identification d'un gène causal serait un pas important vers la compréhension des mécanismes immunologiques et physiologiques de la résistance au VNN, et une avancée majeure pour les programmes de sélection des écloseries Françaises EMGi et FMDS, permettant un gain génétique plus important en utilisant la sélection assistée par marqueurs.

Cette étude a été soutenue par les projets Gènesea et MedMax, financés par le FEAMP et l'Etat Français.

PROJET PHENOMIR : PHENOTYPAGE NON INVASIF A L'AIDE DE MICRO-ARNs CIRCULANTS CHEZ LA TRUITE ARC EN CIEL

Emilie Cardona^{1,2}, Leo Milhade³, Cervin Guyomar⁴, Simon Georges⁵, Hugues Parinello⁵, Florence Lefevre¹, Violaine Colson¹, Tatiana Rochat⁶, Fabrice Legeai⁷, Jérôme Bugeon¹, Jean-Charles Gabillard¹, Audrey Laurent¹, Jean-Jacques Lareyre¹, Catherine Labbé¹, Yann Guiguen¹, Stephane Panserat², Violette Thermes¹, Oliver Dameron³, Emmanuelle Becker³, Pierre Boudinot⁶, Sandrine Skiba², Julien Bobe¹.

¹ INRAE, LPGP, 35000 Rennes, France

² INRAE, Univ. Pau & Pays Adour, E2S UPPA, NUMEA, 64310, Saint-Pée-sur-Nivelle, France

³ IRISA, INRIA, CNRS, Université de Rennes 1, 35000, Rennes, France

⁴ GenPhySE, University of Toulouse, INRAE, ENVT, 31326, Castanet-Tolosan, France

⁵ MGX, UMR5203 CNRS–U1191 INSERM, 34094 Montpellier, France

⁶ INRAE, VIM, Université Paris-Saclay, 78352, Jouy-en-Josas, France

⁷ BIPAA, IGEPP, Agrocampus Ouest, INRAE, Université de Rennes 1, 35650, Le Rheu, France

Le développement d'outils de phénotypage fin non invasif est un enjeu majeur pour la filière aquacole notamment pour détecter précocement des pathologies ou pour phénotyper des caractères complexes à évaluer de façon quantitative en routine, voire détecter précocement et de façon non invasive des phénotypes d'intérêt. Ainsi, la recherche de biomarqueurs fiables, sensibles et peu invasifs est un enjeu de premier ordre pour l'aquaculture. Grâce à leur stabilité et leur accessibilité, les microARNs (miARNs) (acides nucléiques de petites tailles, 18-25 bases, intervenant dans la régulation de l'expression des gènes) circulants représentent une nouvelle famille de biomarqueurs à très fort potentiel pour l'aquaculture. Nombres d'études récentes chez l'homme suggèrent un fort potentiel de diagnostic et/ou pronostic de ces molécules qui constituent une nouvelle catégorie de biomarqueurs en médecine humaine.

L'objectif du projet PhenomiR était de proposer une solution innovante de phénotypage non invasif pour la truite arc en ciel par analyse des miARNs circulants présents dans le plasma ou dans d'autres fluides biologiques tels que le fluide coelomique, le fluide séminal ou le mucus. Ainsi l'utilisation des miARNs circulants comme outil de phénotypage a été évalué pour des caractères majeurs tels que le statut nutritionnel, le sexe, la maturation sexuelle, la qualité de la chair, le stress et le bien-être des animaux, l'infection virale (SHV) ou bactérienne (NPI).

Tout d'abord, un séquençage des miARNs dans différents fluides biologiques provenant de différentes conditions physio-pathologiques a été réalisé. Ensuite une analyse bio-informatique a permis de mettre en évidence certains miARNs présents à des concentrations variables en fonction de ces différentes conditions physio-pathologiques de l'animal.

Parmi les nombreux résultats, nous pouvons donner quelques exemples. Nous avons ainsi démontré que certains miARNs circulants plasmatiques étaient signe d'infections bactérienne ou virale, ce qui prouve l'intérêt des miARNs comme biomarqueurs des pathologies piscicoles. De plus, un miARN, le miR-202-5p, permettrait de détecter voire de prédire l'ovulation ainsi que la qualité des œufs des poissons. Aussi, la présence dans le sang de certains miARNs, miR-1-3p, miR-133-3p et miR-206-3p, spécifiques du muscle, connus chez de nombreux animaux pour être impliqués dans des phases de croissance musculaire active ont été retrouvés surabondants en situation de forte croissance des poissons ; ces miARNs permettraient donc de caractériser la croissance musculaire de l'animal. Enfin, les miARNs circulants ressortent également comme biomarqueurs d'intérêt dans les études de stress et de bien-être des truites. Par exemple, miR-210-3p, sur-exprimé dans le mucus en condition hypoxique, est connu chez l'homme comme puissant biomarqueur du stress hypoxique.

Ainsi, ce projet prouve l'intérêt des miARNs circulants comme outil de phénotypage dans de nombreuses situations physio-pathologiques apportant ainsi de nombreuses perspectives pour la filière piscicole.

AMÉLIORER L'EFFICACITÉ ALIMENTAIRE DES POISSONS : PASSONS A LA PRATIQUE

François Allal^a, Mathieu Besson^b, Alain Vergnet^a, David McKenzie^a, Frédéric Clota^a, Béatrice Chatain^a, Hugues de Verdal^{c,d}, Marc Vandeputte^a

^a MARBEC, Univ Montpellier, CNRS, Ifremer, IRD, INRAE, Palavas-les-Flots France

^b SYSAAF (French Poultry and Aquaculture Breeders Technical Centre), 35042 Rennes, France

^c CIRAD, UMR AGAP Institut, F-34398 Montpellier, France

^d UMR AGAP Institut, Univ Montpellier, CIRAD, INRAE, Institut Agro, F-34398 Montpellier, France.

Un défi bien connu

Les pisciculteurs européens doivent faire face à un marché concurrentiel où les préoccupations environnementales sont désormais au centre des choix des consommateurs. La nourriture distribuée aux poissons est au cœur du développement durable de la pisciculture. D'une part, l'alimentation est le premier poste de dépense, et peut représenter jusqu'à 70 % des coûts des producteurs (Besson et al., 2016). D'autre part, les aliments contribuent à l'exploitation des ressources halieutiques et à la dégradation de l'environnement autour des élevages, et sont le principal contributeur à l'impact environnemental global de l'aquaculture dans les Analyses de Cycle de Vie. Le développement durable de la pisciculture dépend donc de sa capacité à utiliser moins d'aliments. L'un des leviers clés pour atteindre cet objectif est d'améliorer l'indice de conversion alimentaire (IC) des poissons d'élevage grâce à la sélection génétique (de Verdal et al., 2018). L'IC représente la capacité des poissons à convertir les aliments distribués en biomasse de poissons.

La question qui tue

Inclure l'efficacité alimentaire comme trait dans les programmes d'élevage de poissons, représente-il un graal accessible ou un merveilleux mythe ?

Nous passerons en revue les derniers résultats obtenus sur le bar européen (Besson et al., 2019, Rodde et al., 2021), la dorade royale (Besson et al., 2022), la truite arc-en-ciel et le tilapia du Nil (de Verdal et al., 2022), afin d'identifier les succès et les problèmes restants dans l'amélioration génétique de l'efficacité alimentaire, et d'identifier les orientations futures.

Les stratégies actuelles

Au cours des deux dernières décennies, un effort considérable a été déployé pour s'attaquer à un problème en apparence simple : comment mesurer avec précision la consommation alimentaire de chaque poisson dans un groupe ?

Nous verrons comment cette question a été soit ciblée (billes de verre radio-opaques, nourrissage en condition d'isolement, marqueurs chimiques, enregistrement vidéo) soit contournée (caractères indirects corrélés, e.g. taux de croissance, tolérance au jeûne, taux métabolique, comportement) dans différents projets. La variation génétique, l'efficacité de la sélection sur pedigree et de la sélection génomique pour l'efficacité alimentaire seront comparés et discutés.

Quelles futures opportunités ?

Les perspectives d'amélioration de l'efficacité alimentaire avec des méthodes alternatives pour estimer l'ingéré alimentaire, y compris les stratégies d'isotopes stables ou le suivi du comportement alimentaire basé sur l'intelligence artificielle (y compris la reconnaissance des poissons et la détection des granulés), seront exposées et discutées.

Remerciements

Ce projet a été soutenu par les projets AQUAEXCEL2020, EMBRIC, PerformFISH et AquaIMPACT du programme-cadre européen Horizon 2020 et les projets DADA-EAT et SELFIE, du Fonds européen pour les affaires maritimes et la pêche (FEAMP) et le gouvernement français.

Références

Besson, Mathieu, et al. "Influence of water temperature on the economic value of growth rate in fish farming: the case of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) cage farming in the Mediterranean." *Aquaculture* 462 (2016): 47-55.

Besson, Mathieu, et al. "Potential for genomic selection on feed efficiency in gilthead sea bream (*Sparus aurata*), based on individual feed conversion ratio, carcass and lipid traits." (2022).

Besson, Mathieu, et al. "Combining individual phenotypes of feed intake with genomic data to improve feed efficiency in sea bass." *Frontiers in genetics* 10 (2019): 219.

Rodde, Charles, et al. "An investigation of links between metabolic rate and feed efficiency in European sea bass *Dicentrarchus labrax*." *Journal of Animal Science* 99.6 (2021): skab152.

de Verdal, Hugues, et al. "Improving feed efficiency in fish using selective breeding: a review." *Reviews in Aquaculture* 10.4 (2018): 833-851.

de Verdal, Hugues, et al. "Impact of a divergent selective breeding programme on individual feed conversion ratio in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* measured in groups by video-recording." *Aquaculture* 548 (2022): 737572.



7es Journées de la Recherche Filière Piscicole

NUTRITION ET QUALITE

Paris

5 et 6 juillet 2022

L'ECO-FORMULATION DES ALIMENTS AQUACOLES : UNE SOLUTION EFFICACE ET PROMETTEUSE POUR LIMITER LES IMPACTS DE L'AQUACULTURE SUR L'ENVIRONNEMENT

Aurélié Wilfart¹, Florence Garcia-Launay², Frédéric Terrier³, Espoir Soudé³, Pierre Aguirre³, Sandrine Skiba-Cassy³

¹INRAE, Institut Agro, SAS, 35000 Rennes, France

²PEGASE, INRAE, Institut Agro, 35590 Saint-Gilles, France

³INRAE, Univ. Pau & Pays Adour, E2S UPPA, NUMEA, 64310 Saint Pée-sur-Nivelle, France.

Tous les systèmes de production animale, y compris l'aquaculture, sont largement critiqués pour leurs impacts sur l'environnement pour lesquels l'alimentation animale est majoritairement contributrice. Actuellement, les aliments destinés aux animaux sont formulés pour répondre aux besoins nutritionnels des poissons tout en minimisant leur coût. Pour réduire l'empreinte environnementale de ces derniers, leur formulation doit tenir compte simultanément du coût et de l'impact environnemental des matières premières. Récemment, Garcia-Launay et al. (2018) ont développé un algorithme de formulation multi-objectif qui utilise à la fois le coût et les indicateurs d'impact environnemental des matières premières calculés par analyse du cycle de vie afin d'établir le meilleur compromis entre une réduction maximale de l'empreinte environnementale et une augmentation minimale du prix de l'aliment. Dans le cadre de cette étude, la formulation multi-objectif a été appliquée pour élaborer un éco-aliment destiné à la truite arc-en-ciel et la valeur nutritionnelle de cet aliment a été évaluée.

Ainsi, deux régimes isoprotéiques, isolipidiques et isoénergétiques ont été formulés, un régime de contrôle (C-diet), dont la composition est proche de celle des aliments commerciaux et un éco-aliment (ECO-diet). La digestibilité des aliments a été mesurée et un essai de croissance de 12 semaines a été conduit chez la truite afin d'évaluer l'impact de l'éco-aliment sur les performances de croissance, la composition corporelle et l'utilisation des nutriments. Les résultats ont ensuite été utilisés dans une analyse du cycle de vie pour estimer les impacts environnementaux (changement climatique CC, utilisation d'énergie non renouvelable ENR, demande en phosphore DP, utilisation de production primaire nette UPPN, acidification AC, eutrophisation EU, demande en eau DE, occupation des terres OT) d'un kg de gain de poids.

La formulation multi-objectif réduit les proportions de farine et d'huile de poisson d'environ 55 % mais introduit significativement des produits animaux (graisses, PAT) dans l'aliment. Ce mode de formulation n'a en revanche que très peu d'effets sur la digestibilité des aliments. Aucune différence significative de poids corporel n'a été observée au terme des 12 semaines d'alimentation mais l'analyse des courbes de croissance à l'aide d'un modèle linéaire mixte révèle une différence significative en faveur du régime contrôle qui pourrait engendrer des différences significatives de croissance au-delà du stade portion. La composition corporelle reste similaire quel que soit l'aliment utilisé. Produire 1 kg de gain de poids avec l'éco-aliment engendre moins d'impacts environnementaux qu'avec le régime contrôle et ce, quel que soit l'impact considéré (réduction de 23% à 46%). La réduction est cependant plus importante pour UPPN, DE et DP que pour les autres impacts (CC, UER, AC, EU, OT).

Cette étude démontre que la formulation d'aliments à plus faible empreinte environnementale peut réduire significativement l'impact environnemental de la production d'un kg de truite sans pour autant affecter les performances zootechniques des animaux. En diminuant de moitié les taux de farine et d'huile de poisson utilisés, ce nouveau mode de formulation multi-objectif apparaît donc comme une solution prometteuse pour réduire la dépendance de l'aquaculture vis-à-vis des ingrédients marins et ainsi promouvoir le développement d'une aquaculture à faible empreinte environnementale.

Référence

Garcia-Launay et al., 2018. <https://dx.doi.org/10.1017/S0007114518002672>

TEST D'UN ALIMENT CONTENANT DE L'INSECTE SUR DU PRE-GROSSISSEMENT DE CARPES DANS UNE DEMARCHE de DEVELOPPEMENT LOCAL - ITACARPe

Trintignac Pascal¹, Garsi Pierre², Marchand Sandrine³, Naudin Guillaume³, Laville Florian⁴, Le Reste Guillaume⁵

¹ SMIDAP – 3 rue Célestin Freinet– 44 200 - Nantes, France

² Lycée O. Guichard – Section Aquaculture, – 12 Rue de la Fauvette - 44350 Guérande, France

³ Lycée du Haut Anjou - 40 Route de Sablé Azé – 53 200 Château-Gontier-sur-Mayenne, France

⁴ Cycle Farms - 6 Bd des Entrepreneurs- 49 250 Beaufort-en-Anjou, France

⁵ Halieutica - 3 rue Amédéo Avogadro– 49 070 Beaucouzé, France

L'étude ITACARPe s'inscrit dans une démarche de substitution durable des sources de farine de poissons dans l'alimentation aquacole. Elle a pour objectif de vérifier les performances globales d'alevins de carpes (*Cyprinus carpio*) nourris avec un aliment contenant 20% de taux d'inclusion de farines de mouches soldats noires (BSF) pour ensuite être élevés localement en étang pour l'alimentation humaine.

Concernant le volet aliment, le principe est de comparer l'aliment contenant de l'insecte (aliment test insecte) produit localement avec un aliment complet commercial (aliment commercial). Un troisième aliment test est fabriqué en reprenant les caractéristiques de l'aliment test insecte mais en remplaçant la farine d'insectes par de la farine de poissons (aliment test poisson). Trois « modalités » avec des compositions nutritionnelles les plus similaires possibles sont comparées.

Concernant le volet piscicole, les expérimentations se font sur deux sites à Guérande (G) et à Château Gontier (CG). Sur chaque site, chacune des trois modalités alimentaires comportent quatre répétitions soit 12 lots d'environ 250 poissons. La température, l'oxygène et les mortalités sont les principaux paramètres suivis au quotidien. Un poids moyen bi mensuel est réalisé ainsi qu'une biomasse totale chaque mois. L'expérimentation a duré 80 jours.

Concernant le taux de survie moyen, le suivi ne montre pas de différences significatives entre les modalités quel que soit le site avec des valeurs allant de 75% à 80,7%.

En analysant les données sur le site G, qui se rapprochent des tendances trouvées dans la littérature, une différence significative de croissance est observée entre les animaux nourris avec l'aliment témoin (moyenne de 36,1g) et ceux nourris à partir des aliments tests insectes (moyenne de 28,1g) et tests poissons (moyenne de 25,4g).

En revanche, les différences entre les Indices de Conversion (IC), ne sont plus aussi marquées en particulier entre les modalités témoin et insecte. Sur le site G, la valeur moyenne de l'IC chez le témoin (1,71), reste supérieure aux deux autres valeurs mais avec une différence plus faible avec l'aliment test insecte (1,75) qu'avec l'aliment test poisson (1,93). Aucune différence significative n'est observée. Ces tendances sont les mêmes sur le site CG.

Les performances globales des animaux nourris avec l'aliment test insecte restent intéressantes sachant que cet aliment n'est pas aussi optimisé que l'aliment témoin.

Cette étude montre que le remplacement partiel (10 à 40%) de farines de poissons de haute qualité par des farines de BSF est possible en phase de pré-grossissement pour une espèce omnivore comme la carpe. L'emploi d'aliments contenant de la farine d'insectes présentent trop de contraintes à court terme. Cependant, le contexte actuel et certaines évolutions sociétales et environnementales pourraient inverser cette tendance dans les prochaines années.

UN EXTRAIT DE LEVURE AMELIORE L'EFFICACITE D'UN REGIME A BASE DE PROTEINES ANIMALES TRANSFORMEES CHEZ LA TRUITE ARC-EN-CIEL ET MODULE LA REPONSE INTESTINALE

Frohn Laura¹, Skiba-Cassy Sandrine², Terrier Frédéric², Aguirre Pierre², Cervin Guyomar³, Maman Haddad Sarah³, Bobe Julien⁴, Klopp Christophe⁵, Costas Benjamin⁶, Teixeira Carla⁶, Peixoto Diogo⁶, Richard Nadège⁷, Pinel Karine²

¹ PHILEO BY LESAFFRE, INRAE, UMR NUMEA – 173, Route de Saint-Jean-de-Luz – 64310 – Saint Pée-sur-Nivelle, France

² INRAE, UMR NUMEA – 173, Route de Saint-Jean-de-Luz – 64310 – Saint Pée-sur-Nivelle, France

³ INRAE, UMR GENPHYSE - 24, chemin de Borde-Rouge - Auzeville Tolosane – 31326 - Castanet Tolosan, France

⁴ INRAE, UR LPGP - Campus de Beaulieu, Bâtiment 16 – 35042 – Rennes, France

⁵ INRAE, UR MIAT - 24, chemin de Borde-Rouge - Auzeville Tolosane – 31326 - Castanet Tolosan, France

⁶ CIIMAR, A2S - Terminal de Cruzeiros do Porto de Leixões - 4450-208 - Matosinhos, Portugal

⁷ PHILEO BY LESAFFRE -137 Rue Gabriel Péri – 59700 - Marcq-en-Baroeul, France

Le remplacement total de la farine de poisson dans les aliments piscicoles est un enjeu majeur pour le développement de l'aquaculture. Les efforts de recherche se sont concentrés sur des protéines alternatives telles que les protéines végétales et les protéines animales transformées (PAT). Cependant, les régimes sans farine de poisson n'ont pas encore prouvé leur efficacité. L'utilisation de nouveaux ingrédients fonctionnels tels que les produits levuriens semble néanmoins être une solution intéressante pour améliorer les performances de ces régimes.

Dans cette étude, nous avons comparé un régime à base de PAT (PAT, 17%) supplémenté ou non avec un extrait de levure (EL, 3%) à un régime contrôle à base de farine de poisson (FP, 19%) chez la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*) à travers un essai de digestibilité et un essai de croissance de 12 semaines. Les performances de croissance ainsi que les paramètres structuraux de l'intestin ont été analysés. L'expression des ARNs et des miARNs dans l'intestin et le foie a été déterminée par la technologie de séquençage à haut débit.

Les résultats obtenus ont révélé des coefficients de digestibilité des nutriments globalement élevés ainsi qu'une faible variation entre les régimes. Les performances de croissance des animaux nourris avec les régimes PAT étaient inférieures à celles obtenues avec un régime à base de farine de poisson. En revanche, une alimentation avec un régime PAT supplémenté en extrait levurien (PAT+EL) a permis d'améliorer significativement la croissance des animaux. De plus, la prise alimentaire est apparue comme étant le principal facteur d'amélioration de la croissance. Concernant les paramètres structuraux de l'intestin, une supplémentation en extrait de levure dans un régime à base de PAT a mis en évidence une augmentation de la taille des villosités dans la partie proximale. Nous avons également observé que les régimes affectaient l'expression d'un petit nombre de gènes et de miARNs dans l'intestin et le foie, principalement associés à l'inflammation et à l'immunité.

En conclusion, l'étude a permis de montrer qu'une supplémentation en extrait de levure permettait d'améliorer les performances d'un régime à base de PAT sans farine de poisson chez la truite arc-en-ciel, en améliorant potentiellement la capacité d'absorption des nutriments et en modulant les mécanismes liés à la santé intestinale.

EVALUATION OF *AURANTIOCHYTRIUM MANGROVEI* BIOMASS AS A FEED INGREDIENT FOR SEABASS, *DICENTRARCHUS LABRAX*, JUVENILES

Philippe Soudant¹, Mariana Ventura¹, Luc Chauchat¹, Maurean Guerrero¹, Margaux Mathieu-Resuge¹, Fabienne Le Grand¹, Antoine Bideau¹, Gwendoline Lefebvre¹, Victor Simon¹, Sophie Collet¹, José Zambonino¹, David Mazurais¹, Nelly Le Goïc¹, Adeline Bidault¹, Christophe Lambert¹, Fleuriane Fernandes², Alla Silkina², Marcella Fernandes De Souza³, and Denis de la Broise¹

¹ Univ Brest, CNRS, IRD, Ifremer, LEMAR, F-29280 Plouzané, France

² AlgaeWales Research Group, Centre for Sustainable Aquatic Research (CSAR), College of Science, Bioscience department, Swansea University, Singleton Park, Swansea SA2 8PP, UK

³ Department of Green Chemistry & Technology, Faculty of Bioscience Engineering, Ghent University, Coupure Links 653, 9000, Ghent, Belgium

Fish oil is a key ingredient of fish feeds for farmed fish and shellfish species as they are used as source of essential n-3 long-chain polyunsaturated fatty acids (n-3 LC PUFA). Most (75%) of the world's production of fish oils rich in n-3 LC PUFA is used for aquaculture. The use of these limited resources associated with the growing worldwide demand from the aquafeed industry are a threat to natural ecosystems and to sustainable aquaculture, resulting in a necessity to find alternative sources for these key ingredients. The use of microalgae, as an alternative n-3 LC PUFA source to fish oils from small pelagic fish (e.g., anchovy, sardine), has received growing interest in the past few years. The species *Aurathiochytrium* (heterotrophic microalgae) is particularly relevant for this type of application, mainly due to its high content in n-3 LC PUFA.

The present study aims to: i) apply a production process for *Aurathiochytrium mangrovei* (formerly named *Schizochytrium*) by heterotrophic fermentation using a medium containing anaerobic digestion liquid effluent, ii) value a microalgal biomass rich in n-3 LC-PUFA and good quality proteins as feed ingredients for Sea Bass juveniles.

Two 800 L bioreactors were used to produce *Aurathiochytrium* biomass in non-axenic conditions. Biomass was then filtered through a crossflow filtration system (300 Kda ceramic membrane). The harvested biomass was freeze dried and included at 15% in an experimental diet. Six months old Sea Bass juveniles (32.7 ± 4.2 g) were then fed control and microalgae diets at 2% of the fish mass per day, for 38 days.

Similar growth was observed between fish fed control and microalgae diets, demonstrating the feasibility to replace 15% of a standard fish feed by *Aurathiochytrium* biomass. After 38 days of dietary conditioning, the liver composition in FA of Sea Bass juveniles was significantly affected by the diets. The proportions of 22:6n-3, 22:5n-6, 20:4n-6 over total fatty acids increased significantly in the fish fed the microalgae diet, while the proportions of 16:0, 16:1n-7, and 18:1n-9 decreased significantly. Similar dietary imprint was observed in the juvenile muscle, but to a lesser extent. The secondary oxidation, as measured by malonylaldehyde (MDA) content, in the liver and muscle of juveniles fed the microalgae diet tended to be higher than in fish fed the control diet but the differences were not statistically significant.

This feed trial on Sea Bass juveniles revealed that *Aurathiochytrium* biomass can replace fish oil in Sea Bass feed. It allowed equivalent growth rate and increased sea bass juveniles DHA content improved DHA delivered to Sea Bass juveniles. Beyond supplying high level of n-3 LC PUFA, *Aurathiochytrium* may also bring other nutritional compounds such as essential amino acids, vitamins, pigments, ...

In the future, we have to further optimize the workflow between *Aurathiochytrium* cultivation and fish feed productions and to confirm the zootechnical and biochemical results.

L'UTILISATION DE L'HYDROLYSAT DE LA BIOMASSE DE *SCENEDESMUS OBLIQUUS* CULTIVÉE A L'AIDE D'UN DIGESTAT RICHE EN NUTRIMENTS POUR L'ESSAI D'ALIMENTATION DU TILAPIA

Alla Silkina, Fleuriane Fernandes, Jose Gayo-Pelaez, Rahul Vijay Kapoore

Algal Research Group, Bioscience Department, College of Science, Swansea University, Singleton Park, Swansea SA2 8PP, UK

Une demande croissante dans la région Nord-Ouest de l'Europe pour des sources durables de poissons faisant partie d'une alimentation humaine saine est démontrée. L'aquaculture est une industrie en pleine croissance. Cependant, elle s'appuie actuellement sur des aliments formulés à partir de farines et d'huiles de poisson, riches en protéines et en acides gras indispensables à la production piscicole. Ces sous-produits de la pêche proviennent de l'exploitation des stocks naturels, qui est un problème croissant menaçant les milieux aquatiques. De plus, l'utilisation de sources de protéines conventionnelles (soja, blé, maïs et sous-produits animaux) connaît des carences liées à la concurrence entre l'alimentation humaine et animale ainsi qu'aux préoccupations de durabilité des chaînes d'approvisionnement et de production (Sagaram et al., 2021).

Les algues pourraient remplacer les composants de la farine et de l'huile de poisson pour la nutrition des poissons. L'utilisation d'ingrédients microalgues dans les aliments aquacoles a été étudiée sur plusieurs espèces de poissons et différentes microalgues ont été testées comme ingrédients alimentaires (Enzing et al. 2014 ; Camacho et al., 2019). Cependant, l'utilisation des microalgues dans l'alimentation des poissons est actuellement limitée par le coût de production (Silkina et al, 2019). Par conséquent, l'utilisation de microalgues produites sur digestat pourrait présenter un avantage stratégique, car le coût associé à la supplémentation en nutriments pour la croissance des microalgues est nettement inférieur lorsque la principale source de nutriments est fournie par le digestat. La combinaison de la culture de microalgues et des technologies d'AD contribuerait à une industrie aquacole durable et économiquement saine dans le contexte de l'économie circulaire. Dans l'étude présentée, l'utilisation d'un ingrédient microalgal, produit à partir de digestat, dans la formulation d'un aliment aquacole a été étudiée. *Scenedesmus obliquus* (*S. obliquus*) était l'espèce de microalgue sélectionnée dans cet essai, et après hydrolyse de la biomasse, l'ingrédient microalgal a été utilisé pour formuler un aliment aquatique à tester sur des juvéniles de Tilapia du Nil *Oreochromis niloticus*.

Les données de taille et de poids recueillies dans la présente étude ont révélé une croissance moindre et plus lente du tilapia lorsque les poissons étaient soumis à un régime à base d'algues, ce qui laisse penser que l'aliment ALG-AD projet seul pourrait ne pas être suffisamment compétitif dans un cadre commercial. Cependant, des données complémentaires sur le microbiome intestinal ont démontré que le changement de régime provoquait une perturbation de la flore microbienne du Tilapia, ce qui était susceptible d'être à l'origine de la croissance lente observée au cours de l'essai.

Références

Camacho, F.; Macedo, A.; Malcata, F. Potential Industrial Applications and Commercialization of Microalgae in the Functional Food and Feed Industries: A Short Review. Mar. Drugs 2019, 17, 312.

<https://doi.org/10.3390/md17060312>

Enzing C, Ploeg M, Barbosa M et al. Microalgae Based Products for the Food and Feed Sector: An Outlook for Europe, JRC Scientific Policy Reports, JRC. 2014

Sagaram, U. et al, Microalgae as feed ingredients: recent developments on their role in immunomodulation and gut microbiota of aquaculture species, *FEMS Microbiology Letters*, Volume 368, Issue 11, June 2021, fnab071, <https://doi.org/10.1093/femsle/fnab071>

Silkina et al, 2019, A. Silkina, N.E. Ginnever, F. Fernandes, C. Fuentes-Grünwald, Large-scale waste bio-remediation using microalgae cultivation as a platform. *Energ.*, 12 (2019), p. 2772, [10.3390/en12142772](https://doi.org/10.3390/en12142772)

LE ROLE DES VITAMINES EN AQUACULTURE, FAUT-IL REVOIR LES APPORTS ?

Benedict Standen¹, Bo-Groth Bendtsen², Ester Santigosa-Culi²

¹Competence Center Mycotoxin Risk Management DSM, Erber Campus 1, Getzersdorf, Austria

²DSM Nutritional Products Ltd. - Wurmisweg 576 - CH-4303 - Kaiseraugst -Switzerland

L'aquaculture est la production animale qui connaît la croissance la plus rapide au monde et qui exige des matières premières et des additifs durables et sûrs pour assurer la performance, la santé et le bien-être des poissons d'élevage. Cependant, les nouvelles formulations d'aliment, qui remplacent les ingrédients marins par de nouvelles protéines et des sources alternatives d'oméga 3, remettent en question les apports en minéraux et en vitamines. En parallèle, les conditions d'élevage actuelles et l'amélioration génétique indiquent que les besoins de base doivent être revus pour garantir une production de poissons sains, optimiser l'efficacité alimentaire et minimiser les pertes pour ainsi éviter le gaspillage et garantir une production plus durable.

Depuis 1958, DSM a imaginé le concept Optimum Vitamin Nutrition (OVN™) qui consiste à nourrir les animaux avec des vitamines de haute qualité, dans des quantités et des ratios adaptés à leur stade de vie et à leurs conditions de croissance. Cette année, la 14^{ème} édition est en cours de parution après la réalisation de récents travaux de recherche et observation des pratiques de l'industrie. L'objectif étant d'adapter les niveaux recommandés de vitamines et d'autres micronutriments afin de promouvoir non seulement la survie des animaux, mais aussi de maximiser la croissance, la santé et le bien-être dans les élevages. Nos études montrent que des niveaux d'inclusion élevés de certaines des vitamines liposolubles (vitamine D entre 0,0625 et 0,2 mg/kg et vitamine E jusqu'à 600 mg/kg) ou de leurs métabolites ont un impact positif sur la croissance, les fonctions immunitaires et la durée de conservation du produit final. De même, des niveaux élevés de vitamines C et B12 ont montré une amélioration de la croissance et des avantages physiologiques chez les animaux nourris avec des niveaux allant jusqu'à 1000 mg/kg et 0,25 mg/kg, respectivement. La teneur recommandée en vitamine A pour favoriser la détoxification et améliorer la fécondité est de 8 700 UI/kg d'aliment, ce qui est plus élevé que les besoins précédents estimés à partir de réponses telles que la prise de poids et l'absence de signes cliniques ou de carence. De même, le niveau de choline proposé pour améliorer la santé intestinale du saumon Atlantique nourri avec des aliments d'origine végétale est quatre fois plus élevé ($\geq 2\,900$ mg/kg) que les besoins basés sur le gain de poids et le stockage maximal du foie chez d'autres espèces de salmonidés.

L'ensemble de ce travail consiste donc à mettre à jour les besoins en vitamines des animaux afin de leur permettre une croissance optimale et durable.

Albert Szent-Gyorgyi (prix Nobel de médecine en 1937) relatait à propos de la vitamine C : « Il existe un écart considérable entre le scorbut et la santé parfaite ».

IMPACT DE LA SUPPLÉMENTATION EN MICRO ALGUES SCHIZOCHYTRIUM SP. DANS L'ALIMENTATION VÉGÉTALE SUR LA REPRODUCTION DE LA TRUITE ARC-EN-CIEL FEMELLE (ONCORHYNCHUS MYKISS) ET CONSÉQUENCES SUR LA PROGÉNITURE

E. Cardona^{1,2,3*}, E. Segret^{2,4}, Y. Cachelou³, T. Vanderesse³, L. Larroquet¹, A. Hermann¹, A. Surget¹, F. Cachelou⁴, J. Bobe² & S. Skiba-Cassy¹.

¹INRAE, UMR1419 Nutrition, Métabolisme, Aquaculture, F-64310 Saint-Pée-sur-Nivelle, France.

²INRAE, UR1037 Laboratoire Physiologie et Génétique des Poissons, F-35000, Rennes, France

³Viviers de Rébénacq, F-64260 Rébénacq, France

⁴Viviers de Sarrance F-64490 Sarrance, France

Email: emilie.cardona@inrae.fr

Le régime alimentaire des géniteurs, et en particulier la composition en lipides et en acides gras du régime, joue un rôle clé dans l'efficacité de la reproduction et la survie de la progéniture chez les poissons. Un problème majeur lors du remplacement de la farine et de l'huile de poisson par des sources végétales est le manque d'acides gras polyinsaturés à longue chaîne n-3, tels que l'acide eicosapentaénoïque (EPA) et l'acide docosahexaénoïque (DHA).

Pour résoudre ce problème, nous avons étudié l'effet d'un aliment à base de végétaux complété par des micro-algues *Schizochytrium sp.*, source de DHA, par rapport à un aliment commercial conventionnel riche en farine et en huile de poisson, sur la performance de reproduction et la qualité des œufs ainsi que les conséquences sur la descendance, chez des génitrices de truites arc-en-ciel. Un essai de 18 mois impliquant deux cycles de reproduction a été réalisé. Au cours de deux saisons de ponte, nous avons suivi les performances de reproduction des femelles en mesurant la fécondité et la qualité des œufs. Nous avons également étudié les conséquences de l'histoire nutritionnelle maternelle sur la descendance après la deuxième saison de ponte.

Les résultats ont démontré qu'une supplémentation en micro-algues riches en DHA dans un aliment à base de végétaux permettait de maintenir des performances de reproduction et une qualité des œufs comparables à celles d'un aliment commercial conventionnel riche en farine et en huile de poisson. Elle conduisait également à une augmentation significative de la survie des alevins après résorption. De plus, lorsque les femelles ont été nourries avec un régime à base de végétaux supplémenté par des micro-algues, les descendants âgés de 4 mois ont montré une croissance significativement plus élevée lorsqu'ils ont été soumis à un régime similaire à celui des génitrices pendant 1 mois. De plus, nous avons mis en évidence une programmation métabolique dans laquelle le régime alimentaire maternel induit des effets prolongés significatifs sur le métabolisme des lipides des descendants.

Pour conclure, la présente étude démontre que la supplémentation d'un régime à base de végétaux avec des micro-algues riches en DHA peut être une alternative efficace à la farine et à l'huile de poisson dans l'alimentation des génitrices de truites arc-en-ciel.

LES PREBIOTIQUES MODIFIENT LE METABOLISME DE L'HOTE CHEZ LA TRUITE ARC-EN-CIEL NOURRIE AVEC UN ALIMENT 100 % VEGETAL : IMPLICATIONS POTENTIELLES DU MICROBIOTE INTESTINAL DANS L'OPTIMISATION DE L'ALIMENT

Jep Lokesh¹, Ghislain Mylène², Reyrolle Marine², Le Behec Mickael², Pigot Thierry², Terrier Frédéric¹, Roy Jérôme¹, Panserat Stéphane¹, Ricaud Karine¹

¹ Université de Pau et des Pays de l'Adour, E2S UPPA, INRAE NUMEA, Saint-Pée-sur-Nivelle

² Université de Pau et des Pays de l'Adour, E2S UPPA, CNRS, IMT Mines Ales, IPREM, Pau, UMR5254, Hélioparc, 2 avenue Président Angot, 64053 PAU cedex 9, France

Dans un contexte d'essor mondial de l'aquaculture, il est nécessaire de trouver des alternatives à l'utilisation de la farine et huile de poisson dans les aliments aquacoles pour assurer le développement durable de l'aquaculture. Les végétaux sont ainsi devenus une source importante de protéines et de lipides, notamment pour les poissons carnivores d'élevage, jusqu'à représenter aujourd'hui environ 80 % des matières premières dans les aliments commerciaux, mais un verrou existe pour leur utilisation totale (prise alimentaire, croissance, engraissement péri-visceral augmenté). Nous souhaitons optimiser l'utilisation des régimes 100 % végétaux chez la truite arc-en-ciel en supplémentant cet aliment avec des prébiotiques, connus chez les mammifères pour modifier le microbiote intestinal et ainsi modifier le métabolisme de l'hôte et l'inflammation (Backed et al, 2004 ; Guerrero et al, 2017). Des truites arc-en-ciel ont été nourries avec un aliment 100% végétal pendant 12 semaines supplémenté ou non avec un prébiotique (MOS, FOS, Inuline) à 1 ou 2%. Nous avons mesuré les changements dans la composition du microbiome intestinal, les niveaux d'AGCC (molécules clé du dialogue moléculaire microbiote-hôte) et les réponses métaboliques dans l'intestin, le foie, les muscles et les tissus adipeux. Les prébiotiques ont eu un effet significatif sur l'abondance intestinale de *Bacillus*, *Lactobacillus* et *Weissella*, bien que la diversité microbienne n'ait pas changé de manière significative après l'alimentation des prébiotiques. L'expression globale des gènes hépatiques était significativement différente de celle du contrôle avec des groupes nourris à l'inuline, montrant une augmentation de l'expression de plusieurs gènes du métabolisme et des récepteurs d'acides gras. Les groupes nourris par MOS ont montré une réponse dose-dépendante mais contrastée dans le foie et le muscle. En outre, une réduction significative du poids final et de la SGR a été observée chez les MOS nourris à 1%. L'inuline et MOS semblent affecter différemment le métabolisme de l'hôte, principalement dans le foie et le muscle. L'abondance relative de *Lactobacillus* et de *Bacillus* dans les groupes supplémentés en prébiotiques et leurs corrélations avec l'expression des gènes pourraient indiquer un axe prébiotique-microbiome-hôte, bien que cela n'ait pas été démontré de manière concluante par les niveaux d'AGCC. En combinaison avec un régime 100% végétal, l'inuline pourrait être un prébiotique prometteur pour la truite, ces résultats suggérant une optimisation possible du régime médiée par le microbiome de la truite arc-en-ciel.

Références

Bäckhed F, Ding H, Wang T, Hooper LV, Koh GH, Nagy A, Semenkovich CF, Gordon JI (2004). The gut microbiota as an environmental factor that regulates fat storage. PNAS, 101 (44) 15718-15723.
Guerreiro, I., Oliva-Teles, A. and Enes, P. 2017. Prebiotics as functional ingredients: focus on Mediterranean fish aquaculture. Rev Aquacult.

CROISSANCE DU MUSCLE ROUGE ET RELATION AVEC LA CAPACITE DE NAGE CHEZ LA TRUITE ARC-EN-CIEL (*Oncorhynchus mykiss*)

Génévė Lucas¹, Bugeon Jérôme¹, Guyvarch'h François², Goardon Lionel², Labbé Laurent², Gabillard Jean-Charles¹

¹ INRAE, UR1037 LPGP – BAT 16A, campus de Beaulieu – 35700, RENNES, France

² INRAE, UE0937 PEIMA – Barrage du Drennec – 29450, Sizun, France

Le muscle squelettique axial des poissons est constitué de muscles blanc et rouge, qui diffèrent dans leur fonction et leur métabolisme. Le muscle blanc représente la majeure partie de la musculature du poisson et se compose de fibres rapides au métabolisme anaérobie. Le muscle rouge se situe sous la peau au niveau de la ligne latérale des poissons et comporte des fibres musculaires lentes au métabolisme aérobie. Sa forte vascularisation, sa richesse en myoglobine et en lipides peuvent conduire à une oxydation rapide des lipides, à des défauts de flaveur et à une couleur préjudiciable pour la vente. Certains transformateurs sont donc contraints de l'éliminer ce qui induit des pertes économiques. De ce fait, la maîtrise de la croissance du muscle rouge est un enjeu agronomique et économique. L'étude vise à mieux comprendre la croissance du muscle rouge à l'échelle tissulaire et cellulaire et à estimer les relations possibles entre les capacités de nage des animaux et la proportion de muscle rouge ou leur morphologie.

Dans un premier temps, nous avons développé une méthode de quantification de la surface du muscle rouge à partir d'image de darne. La surface de muscle rouge mesurée à différentes positions de l'axe antéro-postérieur de truites montre qu'elle varie peu entre 25 et 75% de la longueur du poisson, toutefois, sa proportion augmente de manière linéaire allant de 1,5-2 % au niveau de la tête à 6-7 % en partie caudale. La proportion de muscle rouge sur une darne ainsi que le nombre et la taille des fibres musculaires rouges ont été mesurés sur 74 poissons de 10g à 2kg. La proportion de muscle rouge au niveau de la papille anale augmente de 4,7% à 6% entre 10g et 100g respectivement et reste stable jusqu'à 2kg. L'analyse histologique révèle que le diamètre moyen des fibres rouges augmente à partir de 500g jusqu'à 2kg, passant de 30 µm à 45 µm. En revanche, le nombre total de fibres rouges est multiplié par plus de 13 entre 10g et 500g, puis reste stable jusqu'à 2kg. Des tests de nage effectués sur trois lignées isogéniques de truites, avec des proportions de muscle rouge différentes, montrent une corrélation significative entre les capacités de nage (Ucrit) et la morphologie, avec des poissons bons nageurs qui présentent un corps plus allongé et une surface supérieure de la partie caudale. Toutefois, aucune relation significative entre la capacité de nage et la proportion de muscle rouge n'a été mise en évidence.

En conclusion, chez la truite, la croissance du muscle rouge procède par hyperplasie jusqu'à 500g puis par hypertrophie, mais la proportion de muscle rouge ne semble pas être associée aux capacités de nage. Ces méthodes de phénotypages pourront servir à calculer les paramètres génétiques et l'hérédité de la proportion de muscle rouge.

Remerciements : Projet « RedOUT », financé par le FEAMP avec comme partenaires le SYSAAF, la PEIMA, UMR INRAE GABI et Aqualande.

RESTAURATION POST-PONTE DES QUALITES CHEZ LA TRUITE ARC-EN-CIEL (*ONCORHYNCHUS MYKISS*) : SYNTHESE DES RESULTATS DU PROJET FEAMP QUALIPOSTOV

Kerneis Thierry¹, Bugeon Jérôme², Goardon Lionel¹, Ahongo Yéléhi Diane², Brit Guillaume², Coupé Jean-Marc¹, Guyvarc'h François¹, Ruche Jean³, Chesnais Morgane², Lebreton Véronique², Geslin Florian¹, Teisseire Elisa², Labbé Laurent¹, Rescan Pierre-Yves², Charles Dominique³, Lefèvre Florence²

¹ INRAE, UE 0937 PEIMA – Barrage du Drennec – 29450 – Sizun, France

² INRAE, UR 1037 LPGP - Campus de Beaulieu - Bât 16A - 35042 – Rennes, France

³ Bretagne Truite - Route de Plougonven - 29610 – Plouigneau, France

La production de truite arc-en-ciel s'oriente de plus en plus vers la production de poissons de grande taille, souvent destinés à la fumaison. Si la majorité de ces poissons sont stériles (monosex femelle triploïde), certains producteurs élèvent des poissons diploïdes non stériles pour la production d'œufs saumurés de truite, en filière conventionnelle ou « bio ». Malheureusement la maturation sexuelle et la ponte altèrent les qualités de ces truites et il faut attendre plusieurs mois après la ponte afin de permettre la reconstruction du muscle et la restauration des qualités technologiques et organoleptiques des filets.

Le projet QualiPostOv visait à décrire l'évolution des paramètres de qualités après ovulation chez la truite, sur des lignées expérimentales et commerciales, et à identifier des facteurs déterminants pour la reprise de croissance et la restauration de ces qualités.

Un suivi des caractéristiques des poissons (poids, morphologie, adiposité), de leurs qualités technologiques (rendements de découpe et de fumage), et de leurs qualités organoleptiques (couleur et résistance mécanique des filets) a été réalisé depuis la ponte et jusqu'à 4 à 8 mois post-ponte, selon les expérimentations. Les mesures de qualité ont été effectuées sur des lignées expérimentales INRAE : deux cohortes de la souche « automnale » (post-ponte 2017 et 2019), la souche « printanière » et les lignées divergentes grasses et maigres qui en sont issues (post-ponte 2021), et sur des poissons de lignées commerciales de sites piscicoles de Bretagne Truite, « Bio » et conventionnels (post-ponte 2018 et 2019).

Nous avons ainsi confirmé que la maturation sexuelle et la ponte affectent invariablement la morphométrie et l'adiposité des poissons, les rendements de découpe et de fumage, et la couleur des filets. Sur ce dernier paramètre, de très fortes hétérogénéités à l'intérieur des lots ont pu être observées quel que soit la lignée ou le mode de production, avec des truites qui avaient des filets totalement dépigmentés tandis que d'autres conservaient des filets colorés.

Nous avons aussi montré, pour la première fois, que la restauration des qualités après la ponte commence par une reprise de croissance des poissons et est suivie d'une augmentation des réserves adipeuses qui concerne tous les sites anatomiques de dépôt (péri-viscéral, sous-cutané et intra-musculaire). Ces deux processus concourent à restaurer les rendements de découpe et de fumage, puis la couleur et la texture des filets. Le temps nécessaire pour restaurer ces qualités varie en fonction des expérimentations, en lien avec le profil thermique de l'année considérée et l'état intrinsèque des poissons au moment de la ponte. Des leviers potentiels (rationnement pré-ponte, niveau d'adiposité des génitrices, date de ponte, durée de jeûne au moment de la ponte) ont été testés pour tenter de comprendre et maîtriser l'évolution post-ponte des qualités.

Travaux financés par le FEAMP QUALIPOSTOV n° PFEA470017FA1000012



7es Journées de la Recherche Filière Piscicole

ENVIRONNEMENT ET SYSTEME D'ELEVAGE

Paris

5 et 6 juillet 2022

PERFORMANCES ENVIRONNEMENTALES D'UN SYSTEME AMTI DAURADES-HUITRES-PALOURDES-CREVETTES

Aubin Joël¹, Quentin Latourre¹, Francesca Conti², Jaeger Christophe¹, Vincent Gayet³

¹ UMR SAS, INRAE, Institut Agro, 35000 Rennes, France

² Université de Pise, Viale delle Piagge, 2 - Pisa. Italie

³ Lycée de la mer et du littoral, rue William Bertrand, 17 560 Bourcefranc-le-Chapus, France

L'aquaculture multi-trophique intégrée (AMTI) est un moyen prometteur d'améliorer la durabilité des systèmes aquacoles, par une meilleure utilisation des nutriments fournis, en utilisant la complémentarité trophique de plusieurs espèces aquacoles. Dans le cadre du projet Européen SIMTAP, pour mieux évaluer les multiples conséquences environnementales des changements de pratiques, l'analyse du cycle de vie (ACV) a été appliquée à une AMTI expérimentale daurade-huître-palourde-crevette menée dans des claires ostréicoles en 2020 et 2021, au lycée de la Mer et du Littoral (Bourcefranc). Quatre claires ont été associées en cascade. Le premier bassin était dédié à l'élevage de daurades (*Sparus aurata*), nourries avec des aliments végétaux et des moules de retrait, tandis que les trois bassins en aval étaient dédiés à la croissance conjointe d'huîtres (*Crassostrea gigas*), de palourdes (*Ruditapes philippinarum*) et de crevettes Kuruma (*Marsupenaeus japonicus*). Après le dernier bassin d'huîtres-palourdes-crevettes, l'eau était renvoyée par pompage dans le premier bassin. Ce système a été comparé aux pratiques d'une ferme privée produisant des huîtres, des palourdes et des crevettes, de structure similaire, mais à un niveau de production plus élevé. L'ACV a été réalisée du berceau à la ferme, en utilisant le logiciel SimaPro 9.3 et les bases de données Ecoinvent 3.8 et AgriBalyse. Quatre catégories d'impact sont présentées ici : Changement climatique (kg d'éq. CO₂), Acidification (kg d'éq. SO₂), Demande énergétique cumulée (MJ), Eutrophisation (kg d'éq. PO₄), Concurrence terrestre (m².a).

L'essai SIMTAP 2020 a induit les niveaux les plus élevés de tous les impacts environnementaux, tandis que SIMTAP 2021 a induit les niveaux les plus faibles de changement climatique, d'acidification et d'utilisation des terres. La ferme commerciale a induit le niveau le plus élevé de changement climatique, et le niveau le plus bas de demande énergétique, d'eutrophisation et de concurrence entre les terres. L'ACV est très sensible aux rendements de production ; l'augmentation de la production de 45% entre 2020 et 2021 a induit une diminution de l'influence des "coûts environnementaux" fixes, comme l'utilisation des terres et l'électricité. La consommation d'électricité a été un facteur d'impact majeur dans le système SIMTAP par rapport à la ferme commerciale, qui n'utilise pas de pompage pour le renouvellement de l'eau. L'utilisation de daurades pré-grossies (200g) dans le SIMTAP a contribué aussi à l'augmentation des impacts, cependant ils ont été partiellement compensés par un impact plus faible de l'alimentation.

Telle que présentée ici, l'AMTI semble être une perspective intéressante pour l'aquaculture. Cependant, ce sont les détails des modalités d'application qui permettront d'atteindre le gain environnemental attendu. L'ACV a mis en évidence l'influence de la consommation d'électricité, qui devrait être atténuée par l'utilisation de sources d'énergie renouvelables telles que les panneaux solaires ou les éoliennes. La taille des daurades entrant dans le système, choisies pour leur capacité à utiliser les moules de retrait, doit être remise en question par rapport à la stratégie d'alimentation.

TETARDS EN BIOFLOC

Joly Agnès, Michel Alain

SARL Aquaprimieur, rue de la Mer, 14550 Blainville-sur-Orne

La présente étude est le prolongement des travaux de l'INRA Rennes, qui dans les années 90 a démontré la faisabilité biologique d'un élevage de grenouilles. Depuis l'interdiction de la pêche des espèces locales, la France importe chaque année près de 3000 tonnes de cuisses de grenouilles, surtout congelées d'Indonésie. Pour pouvoir promouvoir le développement d'une filière aquacole française, il a paru nécessaire de disposer d'un outil R&D capable de produire en masse les juvéniles nécessaires.

D'où la création par Aquaprimieur de l'écloserie nurserie de Blainville, capable de sécuriser l'approvisionnement en grenouillettes sevrées de 3g à un coût acceptable pour les unités de grossissement.

L'élevage larvaire du têtard est traditionnellement mené dans des plateaux avec quelques centimètres d'eau associé à une forte main d'œuvre. Pour atteindre une production commercialement viable en France, nous avons choisi d'appliquer une technique plus récente, connue pour d'autres élevages : le biofloc dans des bassins circulaires de 1m de profondeur.

Le résultat le plus surprenant est l'aptitude des têtards à survivre et à grossir très bien en milieu fort agité, y compris durant la phase de métamorphose. Les taux de survie, IC et croissance sont bons, la nécessité de tri semble réduite par rapport à l'élevage en RAS.

Forts de ces premiers résultats, le principe est appliqué cette saison à la production de 50 000 juvéniles. Ce changement de méthode devrait aboutir à un coût de production des têtards en ligne avec l'économie de la filière. Puis de produire des grenouillettes de 3g à destination de fermiers grossisseurs qui produiront avec l'assurance d'un risque de mortalité négligeable. Les unités de grossissement fourniront des restaurateurs locaux, de la fourche à la fourchette. Par ailleurs, Aquaprimieur souhaite se positionner comme potentiel partenaire de projets R&D.

Références

Zero water exchange super-intensive indoor shrimp production, Manuel Poulain, Aquaculture Asia Pacific, july/august 2017, Volume 13, Number 4

Biofloc Technology, a practical guidebook, third edition nov 2014, Yoram Avnimelech, World Aquaculture Society and Israel Institute of Technology. With Peter De-Schryver, Mauricio Emmereciano, Dave Kuhn, Andrew Ray, Nyan Taw

IMPACT D'UN NOUVEL ALIMENT POUR CIRCUIT RECIRCULÉ, SUR LES PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES ET PHYTOTECHNIQUES D'UN SYSTÈME AQUAPONIQUE TRUITE (*O. MYKISS*) – SALADE (*LACTUCA SATIVA*)

Combot Doriane¹, Pelissier Pablo¹, Tanrattana Nicolas², Marchand Yann², Colon Floriane³, Hilaire Julie³, Labbé Laurent¹

¹ INRAE, UE 0937 PEIMA – Barrage du Drennec – 29450 Sizun, France

² LE GOUessant Aquaculture - BP 40228 - 22402 – Lamballe, France

³ AGROPARISTECH – 16 Rue Claude Bernard – 75231 Paris, France

Dans le cadre du projet APIVA 2 piloté par l'ITAVI et en collaboration avec Le Gouessant Aquaculture, nous avons mesuré l'impact de la qualité de l'aliment distribué aux poissons sur le fonctionnement des systèmes aquaponiques. Dans ces systèmes, l'aliment doit répondre à de nombreux objectifs parfois contradictoires : 1) assurer une croissance optimale des poissons, 2) générer des fèces stables afin de limiter la production de matières en suspension qui peuvent dégrader la qualité d'eau et 3) apporter les éléments nutritifs (macro- et micronutriments) nécessaires à la croissance des plantes. L'impact de l'aliment a été mesuré sur les performances zootechniques des poissons mais aussi sur la croissance des végétaux cultivés. La circulation et la transformation des nutriments depuis l'aliment pour poissons jusque dans les plantes a été étudiée à l'aide de bilans de matières. Les éléments particuliers et dissous, les matières en suspension, les éléments minéraux (K, N, P, Ca, Mg, S) et les oligoéléments (Fe, Cu, Zn, Mg, Mo, Br) indispensables à la croissance des plantes ont été mesurés. Trois aliments différents ont été testés. Un aliment commercial spécial circuit recirculé (T), un aliment intermédiaire (A, formule de l'aliment T avec un adjuvant destiné à augmenter la cohésion des fèces utilisé dans l'aliment B) et un aliment (B) sans farine de poisson complémenté en levure et farine d'insectes. Les aliments étaient iso énergétiques (27%) et iso protéiques (39%).

L'expérimentation a été menée dans les nouvelles infrastructures de recherches *Ar Ster*, de la PEIMA. Des truites arc-en-ciel d'un poids moyen initial de 198 g ont été élevées dans dix-huit bassins d'élevage de 1 m³ répartis en trois salles (six bassins/salle) pendant 12 semaines et nourries avec un des trois aliments (un aliment/salle). Les paramètres environnementaux étaient strictement identiques entre les salles (température de l'eau, apport d'oxygène, température de l'air dans les salles, taux de renouvellement de l'eau, taux de rationnement). Le système fonctionnait en bouclage total avec la serre hydroponique, chaque salle étant reliée à trois parcelles de 4 m² chacune, plantées de salades batavia. Un suivi zootechnique (croissance, indice de conversion (IC), survie), phytotechnique et des mesures des paramètres de qualité d'eau ont été réalisées dans l'ensemble des compartiments du système. Des analyses sur la composition en micro nutriments présent dans l'eau ainsi que dans les salades ont également été effectuées.

Les analyses des paramètres zootechniques ne montrent aucune différence significative sur la croissance, la survie et l'IC des poissons entre les trois salles. Il n'y a également pas de variation sur les matières sèches des boues entre les trois aliments. Les analyses des minéraux dans l'eau (par rapport à T) sont significativement différentes en Phosphate (B > T), Cuivre (B > T), Manganèse (B > T), Zinc (B > T), Azote total (B > T), Nitrate (B > T), Nitrite (A > T), Ammonium (A > T). Il y a une différence significative sur la croissance des salades (B > T). Les analyses des teneurs en minéraux dans les plantes ont montré une différence significative (par rapport à T) en Phosphate (B > T), Manganèse (B > T), Magnésium (A > T et B > T), Sodium (B > T) et en Calcium (B > T).

En conclusion, l'aliment (B) donne des résultats intéressants. Sa composition n'affecte d'aucune manière les performances zootechniques des poissons et permet une meilleure croissance des végétaux (+ 30%). Des mesures complémentaires devront être menées sur d'autres types de végétaux pour confirmer cet essai.

Travaux financés grâce au FEAMP N° PFEA470017FA000022

SUIVI DU FONCTIONNEMENT D'UN SYSTEME AQUAPONIQUE EXTENSIF A FAIBLE NIVEAU D'INTRANTS

Fourrier Camille¹, Changey Frédérique², Mathieu Laurence³, Robin Christophe⁴, Levillain Aénor¹, Charpentier Noémie⁵, Fontaine Pascal¹

¹: Université de Lorraine, INRAE, UR AFPA, F-54000 Nancy, France

²: Université de Lorraine, CNRS, LCPME, F-54000 Nancy, France.

³: EPHE, PSL, UMR CNRS 7564, LCPME, F-54000 Nancy, France.

⁴: Université de Lorraine, INRAE, LAE, F-54000 Nancy, France.

⁵: Ferme Aquaponique de l'Abbaye, Chaumousey, 88098, France

L'aquaponie est un système de production combinant les principes de base de la pisciculture et de l'hydroponie. Ainsi, il permet le recyclage de l'eau des poissons comme solution nutritive pour la croissance des plantes. Par l'intermédiaire des microorganismes, l'ammoniac et les nitrites, toxiques pour les poissons, sont transformés en nitrates, peu toxiques et assimilables par les plantes. Cette synergie entre deux productions semblant au premier abord lointaines permet de limiter considérablement les déchets issus de la production piscicole et l'utilisation d'intrants chimiques tels que les engrais ou les pesticides pour la production maraîchère.

Le projet de recherche « Vers une Aquaponie Autonome » (V2A), financé par la Région Grand-Est, a été co-construit par trois laboratoires de recherche et une exploitation commerciale : la Ferme Aquaponique de l'Abbaye. Située dans les Vosges et créée par Noémie Charpentier en 2019, cette ferme aquaponique a pour vocation de produire des poissons (cyprinidés), des légumes et des plantes aromatiques destinés à la vente locale en circuit court, tout en ayant un impact environnemental le plus faible possible. Les principaux objectifs du projet V2A sont (i) de caractériser et de mieux comprendre les dynamiques de ce système complexe, (ii) d'évaluer l'impact environnemental global de ce type d'exploitation et (iii) de proposer des moyens d'optimisation du système.

Dans l'optique d'aboutir à des résultats permettant de proposer des pistes d'amélioration du système, les trois compartiments biologiques de ce système ont été étudiés et suivis pendant plusieurs mois, en 2021 et 2022. Entre autres, on pourra citer la dynamique de croissance des plantes ainsi que leur état nutritionnel, le bien-être et la croissance des poissons, la structure des communautés microbiennes ou encore l'évolution de paramètres chimiques aquatiques essentiels comme la concentration en nitrates, le pH ou la teneur en oxygène. Les premiers résultats de cette étude ont montré de fortes teneurs en nitrates (parfois supérieures à 1 g/L) ainsi qu'un potentiel manque de fer dans l'eau, qui devra être confirmé par des analyses dans les tissus végétaux. Concernant la microbiologie, il a été montré que la biodiversité microbienne est liée à la diversité piscicole et au support de culture des plantes, ouvrant la voie à des perspectives de recherche novatrices dans le domaine.

EMPOISSONNEMENT INNOVANT RIME-T-IL AVEC RENDEMENT ? UNE COMPARAISON DE DEUX ÉTANGS PISCICOLES

**Laithier J sabel¹, Dupont Cyprien², Thomas Marielle³, Lecocq Thomas³, Robin Jo l²,
Tocqueville Aur lien¹, Pannard Alexandrine⁴, Coudreuse Julie⁵, Roucaute Marc⁶,
Jaeger Christophe⁶, Wilfart Aur lie⁶, Latourre Quentin⁶, Maillot Marie⁶, Corson
Michael⁶, Aubin Jo l⁶**

¹ ITAVI, 28 Rampe Bouvreuil - 76000 - Rouen, France

² ISARA, 23 Rue Jean Baldassini - 69007 - Lyon, France

³ UR AFPA, Université de Lorraine, INRAE, 54000 Nancy, France

⁴ Université de Rennes 1, UMR 6553 CNRS Ecobio, 35000 Rennes

⁵ Institut-Agro, Agrocampus-Ouest, 35000 Rennes, France

⁶ UMR SAS, INRAE, Institut Agro, 35000 Rennes, France

La pisciculture d tangs en France est dans une situation paradoxale. Alors même qu'elle représente le plus fort potentiel de production en Europe, elle occupe seulement la sixième place au niveau de la production de poissons d tangs (AGRESTE, 2021). Ce constat s'inscrit dans un contexte global d'attentes toujours plus fortes de la part des consommateurs. Fort de ce constat, le programme de recherche SEPURE a pour objectifs de renforcer la production piscicole en étangs tout en cherchant à satisfaire d'autres objectifs de nature environnementale comme le maintien de la biodiversité, mais aussi sociétale avec la fourniture de services écosystémiques. Ce programme vise à optimiser la polyculture, le moyen étant l'utilisation d'assemblages innovants d'espèces piscicoles permettant de retrouver une dynamique bénéfique face aux grands défis qui s'annoncent. Pour ce faire, différents scénarios d'empoissonnement ont été appliqués sur 10 étangs piscicoles dans 3 grandes régions historiques de ces pratiques (le Grand-Est, Auvergne-Rhône-Alpes et le Centre-Val de Loire). Ces étangs ont été sélectionnés sur la base de critères multiples (e.g. l'adhésion des pisciculteurs à des démarches innovantes, une absence de fond de pêche ou encore la superficie des étangs). Sur chacun des étangs, un scénario diff rent a été testé.

Durant un cycle complet de production (sur une année), un protocole de suivis biologiques, physiques et chimiques a été appliqué pour chacun des étangs concernés. Ces suivis ont débuté par l'alevinage en prenant soin de recenser les poids moyens totaux des différentes espèces introduites. Durant la phase de croissance des poissons, des analyses physico-chimiques ont été réalisées, soit en continu (température en surface et en profondeur), soit toutes les 3 semaines (pH, conductivité, oxygène dissous, azote global, azote Kjeldahl, ammonium, nitrite, nitrates, carbone organique total et dissous, phosphore, ortho-phosphates, silicates solubles, calcium). En parallèle, des relevés faunistiques (zooplancton et macro-invertébrés) et floristiques (phytoplancton et macrophytes) ont été conduits. A l'issue de la pêche d'étang, les poids moyens et totaux des poissons ont été recensés *de novo* afin de calculer le rendement piscicole.

Les résultats préliminaires montrent une forte disparité intra et interrégionale au niveau des rendements piscicoles mais aussi au niveau de la biodiversité liée à ces milieux d'élevage. Ces disparités pourraient s'expliquer tout à la fois par la nature du scénario appliqué sur les étangs, mais aussi par les facteurs environnementaux propres à chaque site ou encore aux pratiques de gestion (amendement, apport d'aliment). Nous illustrerons ce travail en prenant pour exemple deux étangs, l'un en Brenne et le second dans la Dombes.

LA COMPARTIMENTATION DES ETANGS FAVORISE-T-ELLE LA PRODUCTIVITE PISCICOLE ?

Jaeger Christophe¹, Roucaute Marc¹, Wilfart Aurélie¹, Quentin Latourre¹, Maillot Marie¹, Corson Michael¹, Gallard Antoine², Joseph Bernard², Bennevault Yoann², Coké Maïra², Azam Didier², Thomas Marielle³, Lecocq Thomas³, Robin Joël⁴, Tocqueville Aurélien⁵, Laithier Jéssabel⁵, Pannard Alexandrine⁶, Coudreuse Julie⁷, Aubin Joël¹

¹ UMR SAS, INRAE, Institut Agro, 35000 Rennes, France

² U3E, INRAE, 35000 Rennes, France

³ UR AFPA, Université de Lorraine, 54 000 Nancy, France

⁴ ISARA, Département agroécologie et environnement, 69000 Lyon

⁵ ITAVI, 76000 Rouen, France

⁶ UMR Ecobio, Université de Rennes 1, CNRS, 35000 Rennes

⁷ Institut-Agro, 35000 Rennes, France

Les étangs d'eau douce sont des agroécosystèmes qui accueillent une biodiversité aquatique large, notamment de macroinvertébrés, avec un potentiel de production secondaire non négligeable. En étang piscicole, ces ressources trophiques contribuent à la production des poissons mais n'expriment pas leur potentiel maximal de production en étant soumises à la pression de prédation des poissons. En partant de ce constat, la question est de savoir si en créant des zones inaccessibles temporairement aux poissons il est possible d'augmenter la production piscicole via l'augmentation de la production secondaire.

Pour tester cette hypothèse, six étangs expérimentaux de 1 000 m², présents au sein des installations expérimentales de l'U3E (INRAE, Le Rheu), ont été conduits selon deux modalités (3 étangs pour chaque modalité) : (i) trois compartiments (2 de 250 m² et 1 de 500 m²) ont été créés en installant des séparations avec du grillage. Une polyculture de carpes, tanches et gardons a été introduite dans un compartiment de 250 m², puis les poissons ont eu accès au second compartiment de 250 m² au bout de deux mois, puis à l'ensemble de la surface de l'étang encore deux mois après. Des juvéniles de sandre ont été introduits dans le compartiment de 500 m² trois mois après l'introduction de la polyculture ; (ii) aucune compartimentation n'est présente dans l'étang et tous les poissons ont été introduits selon la même composition et aux mêmes dates que la modalité précédente. De l'aliment formulé a été distribué dans les deux modalités, tout au long de l'expérimentation, de façon à alimenter les poissons composant la polyculture. Des mesures biométriques ont été réalisées sur les poissons à l'empoissonnement et à la pêche finale. Des mesures de biodiversité ont également été faites avant empoissonnement et avant la pêche finale, ainsi qu'avant l'ouverture de chaque séparation. Des relevés d'abondances de macrophytes ont été menés avant chaque ouverture de compartiment. Une fois par semaine, un suivi de la qualité physique (oxygène, pH, conductivité ...) et biologique (chlorophylle *a*, cyanobactéries) de l'eau a été réalisé. Toutes les deux semaines des prélèvements d'eau ont été faits pour déterminer la qualité chimique (concentrations en azote et phosphore).

Il ressort que la productivité en poisson est similaire entre les deux traitements avec toutefois une répartition différente de la biomasse. Ainsi, la compartimentation a d'avantage profité au développement des juvéniles, sans doute en lien avec un développement plus important des macrophytes, sans pour autant favoriser le développement des macroinvertébrés et tout en limitant le développement de zooplancton, de phytoplancton et de périphton.

ANALYSE DU CYCLE DE VIE D'ETANGS PISCICOLES FRANÇAIS

Latourre Quentin, Jaeger Christophe, Wilfart Aurélie

INRAE, UMR SAS – 65 rue de Saint-Brieuc – 35042 – Rennes, France

Le projet SEPURE vise à concevoir de nouvelles conduites de systèmes d'étang d'eau douce afin de redynamiser ce secteur en déclin en France (Aubin *et al*, 2017). L'objectif est d'explorer de nouveaux assemblages de poissons dans un contexte de production diversifiée d'organismes aquacoles d'intérêts (animaux et végétaux). Les impacts de ces conduites sur l'environnement sont évalués par Analyses du Cycle de Vie (ACV). Onze scénarios sont testés chez des professionnels situés en Dombes, en Brenne et en Lorraine, ainsi que sur une station expérimentale en Bretagne. Ces scénarios ont des objectifs différents tels que lutter contre les espèces envahissantes ou prédatrices, optimiser ou centrer la production sur certaines espèces, produire simultanément des végétaux et des animaux et enfin expérimenter de nouveaux systèmes basés sur les complémentarités entre espèces.

Afin de réaliser les ACV des différents systèmes, une enquête a été menée auprès des pisciculteurs pour recenser toutes les données nécessaires aux analyses environnementales. Les calculs ont été réalisés via le logiciel Simapro® à l'aide de la méthode de caractérisation CML pour 7 catégories d'impacts (potentiel de changement climatique, potentiel d'acidification, potentiel d'eutrophisation, occupation des surfaces, demande énergétique totale, utilisation nette de production primaire et dépendance à l'eau). Les résultats obtenus sont exprimés par ha d'étang et par kg de poissons produits. Ils sont comparés à ceux de piscicultures d'étangs issues d'études précédentes : deux élevages français (Wilfart *et al*, 2013) et deux élevages de tilapia en Egypte (Yacout *et al*, 2016).

Les premières analyses ont mis en évidence que les intrants (engrais, aliments, énergie) sont les plus gros contributeurs pour la majorité des impacts étudiés et que les exploitations utilisant le plus d'intrants sont celles qui ont les impacts les plus élevés par ha d'étang et par kg de poissons produits. Pour les exploitations n'utilisant pas ou peu d'intrants, les plus importants contributeurs sont les infrastructures et le transport (des exploitants et du matériel) vers l'exploitation. Comparées aux performances des piscicultures hors projet, les exploitations du projet SEPURE ont des impacts qui sont similaires voire même très inférieurs, comme par exemple pour la demande énergétique totale et les potentiels d'eutrophisation et d'acidification.

A partir de ces analyses, des pistes d'amélioration sont à imaginer, comme par exemple l'utilisation d'engrais naturels ou d'un aliment contenant moins de matières premières issues de la pêche, tout en jouant sur les pratiques d'élevage afin d'identifier les scénarios les plus performants d'un point de vue environnemental.

Références

Aubin J., Robin J., Wezel A., Thomas M., 2017. Agroecological Management in fish pond systems. In. Agroecological Practices for Sustainable Agriculture: Principles, Applications, and Making the Transition (Wezel A., eds), World Scientific Publishing, London, 355-394.

Wilfart A., Prudhomme J., Blancheton J.P., Aubin J., 2013. LCA and emergy accounting of aquaculture systems: Towards ecological intensification, Journal of Environmental Management 121, 96-109.

Yacout D.M., Soliman N.F., Yacout M.H., 2016. Comparative life cycle assessment (LCA) of Tilapia in two production systems: semi-intensive and intensive, The International Journal of Life Cycle Assessment 21, 806-819



7es Journées de la Recherche Filière Piscicole

REPRODUCTION

Paris

5 et 6 juillet 2022

CONTROLE DE LA MATURATION SEXUELLE DES POISSONS D'ELEVAGE : MISE EN EVIDENCE D'UNE ACTION DIRECTE DE LA FSH DANS LE PROCESSUS DE DIFFERENTIATION DES CELLULES SOUCHES SPERMATOGONIALES

**Lareyre Jean-Jacques¹, Doretto Lucas Benites², Thomas Manon¹, Chenais Nathalie¹,
Nóbrega Rafael Henrique^{1,2}**

¹INRAE, Laboratoire de Physiologie et Génomique des Poissons, 35042 Rennes, France

²UNESP, Reproductive and Molecular Biology Group, 18618-970, Botucatu, Brésil

Contexte agronomique : Chez les salmonidés, la maturation sexuelle a un impact négatif non seulement sur la croissance et la qualité de la chair, mais aussi sur la santé des poissons sexuellement matures qui deviennent plus susceptibles de déclarer une maladie en présence d'agents pathogènes environnementaux opportunistes. La folliculostimuline (Fsh) est une hormone hypophysaire qui est relarguée dans le sang pour aller activer un récepteur membranaire (FshR) exprimé dans les gonades mâles et femelles, à la surface des cellules de Sertoli ou de la granulosa, respectivement. Il est bien admis que la Fsh contribue au contrôle des cycles de reproduction et de la maturation sexuelle mais avec des modalités différentes selon les espèces. Contrairement aux mammifères, il a été montré chez les salmonidés que la Fsh régule la production basale de certains stéroïdes sexuels chez les animaux juvéniles, et au moment de l'initiation la puberté.

Objectif : Les travaux présentés dans cette étude ont pour objectif de mieux comprendre le mode d'action de la Fsh chez les poissons afin de trouver de nouveaux leviers qui permettront de retarder ou d'inhiber efficacement la maturation sexuelle sans affecter la croissance.

Résultats : Afin d'identifier les cellules cibles de la Fsh au sein des testicules de zebrafish, nous avons étudié, d'une part, le profil d'expression cellulaire des transcrits codant pour le récepteur FshR, et d'autre part, le profil d'expression de la protéine réceptrice à l'aide d'un anticorps spécifique. Nos observations révèlent que le gène *fshr* est exprimé dans les testicules non seulement dans des cellules somatiques du compartiment interstitiel mais aussi dans des cellules somatiques et germinales localisées à l'intérieur des tubes séminifères. L'analyse des lignées de poissons zèbres zf FshR:eGFP qui expriment le gène rapporteur fluorescent (GFP) sous le contrôle du promoteur proximal du gène *fshr*, confirme que ce promoteur est suffisant pour permettre une expression du gène *fshr* dans les cellules de Sertoli et dans une sous-population de spermatogonies A engagée dans la différenciation spermatogénétique. Nous montrons également que l'hormone recombinante Fsh est capable de moduler directement l'expression génique dans des explants testiculaires cultivés en présence d'un inhibiteur de la synthèse des stéroïdes sexuels. En accord avec la localisation du récepteur de la Fsh, certains de ces gènes Fsh-dépendants (*pou5f3*, *nanog* et *nanos3*) précédemment impliquées dans le maintien de l'état de pluripotence des cellules souches, sont exprimés dans les spermatogonies.

Conclusion : Les résultats obtenus révèlent un rôle direct de la Fsh dans le processus de différenciation de la lignée germinale mâle. L'inhibition spécifique de ce mode d'action pourrait permettre d'inhiber la maturation sexuelle sans impacter la production Fsh-dépendante de stéroïdes sexuels anabolisants favorables à la croissance des poissons.

L'étude a été financée par l'agence FAPESP (projet no. 20/03569-8).

EFFET D'UNE FAIBLE CONCENTRATION EN CHLORURE, SODIUM ET POTASSIUM SUR LA MATURATION OVOCYTAIRE, L'HYDRATATION ET LA QUALITE DES ŒUFS CHEZ LA TRUITE ARC-EN-CIEL

Segret Emilien^(1,2), Cardona Emilie^(1,3), Le Cam Aurélie⁽¹⁾, Skiba-Cassy Sandrine⁽³⁾, Cachelou Frédéric⁽²⁾, Bobe Julien⁽¹⁾

¹ INRAE, Laboratoire de Physiologie et Génomique du Poisson, F-35000 Rennes, France.

² Viviers de Sarrance, 64490 Sarrance, France.

³ INRAE, Univ. Pau & Pays Adour, E2S UPPA, NUMEA, 64310, Saint-Pée-sur-Nivelle, France.

Email : e.segret9@gmail.com

La salinité de l'eau est un facteur environnemental qui peut avoir des effets négatifs sur la reproduction des salmonidés, principalement quand les femelles sont élevées en mer pendant toute leur période de gamétogenèse. Toutefois, les études en eau douce sont rares et l'impact d'une concentration faible en sodium, potassium et chlorure dans l'eau d'élevage durant la période de reproduction n'a pas été étudié. Pour cette raison, et parce que les flux d'ions et d'eau sont d'une importance cruciale pour les étapes finales de la gamétogenèse (notamment pour les processus d'hydratation et de maturation ovocytaire), le but de ce travail a été d'étudier l'impact de faibles salinités sur ces processus et sur la qualité des œufs de truite arc-en-ciel.

Des poissons issus de la même lignée génétique ont été élevés à la fois sur un site caractérisé par des concentrations faibles en Na⁺, K⁺ et Cl⁻ dans son eau d'élevage, et sur un site proche géographiquement mais dont les concentrations en ces éléments sont plus élevées dans l'eau d'élevage. La qualité des œufs et la durée de la maturation ovocytaire finale ont été suivies en utilisant des outils de phénotypage innovants tels que le système VisEgg et une méthode non-invasive basée sur l'échographie. L'hydratation des ovocytes a été évaluée durant la maturation ovocytaire finale et après l'ovulation. Un phénotypage moléculaire a été réalisé par microarrays. Les résultats ont ensuite été validés par RT-qPCR pour certains gènes clés liés à la maturation ovocytaire finale et à l'ovulation.

Nous avons ainsi démontré que la faible concentration en Na⁺, K⁺ et Cl⁻ influence négativement la maturation ovocytaire finale, l'ovulation et la qualité des œufs produits. Cette situation déclenche un retard d'ovulation, une altération de l'hydratation des ovocytes et une plus faible viabilité de ces derniers. L'analyse transcriptomique révèle une perturbation de l'activation du programme génétique spécifique de la maturation ovocytaire finale et de l'ovulation. En comparant à la situation contrôle, cette étude souligne un nombre remarquablement faible de gènes surexprimés au moment de l'entrée en maturation, et la non-activation notable de certains gènes clés impliqués dans les processus de maturation-hydratation-ovulation. Alors que l'observation d'une sous-expression de certains transporteurs membranaires d'eau et d'ions inorganiques est cohérente avec l'altération observée de l'hydratation ovocytaire, nos observations suggèrent aussi la non-activation des acteurs clés de l'induction de l'ovulation (récepteur nucléaire à la progestine).

Nos résultats interrogent sur les mécanismes qui influencent négativement à la fois la dynamique des phases pré-ovulatoire, l'homéostasie des ovocytes et le succès global des processus de maturation-hydratation-ovulation.

LA CRYOCONSERVATION DES CELLULES GERMINALES SOUCHES CHEZ LA TRUITE ARC EN CIEL : UNE STRATEGIE POUR RESTAURER L'INTEGRALITE D'UN GENOTYPE D'INTERET

Anne-Sophie Goupil¹, Stéphanie Kica¹, Tina Terrenne², Lionel Goardon², Alexandra Depincé¹, Charlène Labesse¹, Jean-Jacques Lareyre¹, Catherine Labbé^{1,*}

¹ INRAE, Laboratoire de Physiologie et Génomique des Poissons LPGP, UR1037, 35 000 Rennes

*catherine.labbe@inrae.fr

² INRAE, UE PEIMA, 29450 Sizun

Actuellement, la conservation en cryobanque des ressources génétiques chez les poissons repose uniquement sur la cryoconservation du sperme, car la cryoconservation des ovules et des embryons chez ces espèces à œufs télolécithes est toujours impossible. Cela signifie qu'au moment de la reconstruction de la lignée par fécondation avec le sperme cryoconservé d'intérêt, seul 50 % du génotype est restauré. De plus, le génome mitochondrial, transmis par l'ovule, est perdu.

Un nouveau type cellulaire peut permettre de contourner cette limitation, la cellule germinale souche. Ce sont des cellules germinales (qui donneront indifféremment des spermatozoïdes ou des ovules) immatures, pas encore engagées dans la gamétogénèse. Il a été démontré dans des travaux antérieurs chez la truite arc en ciel, y compris dans notre équipe, que ces cellules germinales souches pouvaient être greffées par injection dans la cavité abdominale d'alevins au stade éclosion. Ces cellules intègrent les gonades des alevins receveurs, selon un mécanisme encore mal décrit, et sont capables de s'engager en gamétogénèse lors de la puberté du receveur. Cela conduit *in fine* à la production de gamètes fonctionnels, y compris des ovules si les alevins receveurs sont femelles. La cryoconservation de ces cellules germinales souches permettrait donc, après greffe, la production d'ovules portant l'intégralité du génotype d'intérêt.

Dans cette présentation, nous proposons de décrire les deux stratégies de cryoconservation des cellules germinales souches qui ont été mises au point dans l'équipe, l'une à partir de cellules testiculaires dissociées, l'autre à partir de fragments gonadiques. Nous avons proscrit le recours aux protéines d'origine animale dans le dilueur afin de garantir la sécurité sanitaire des collections. La qualité des cellules décongelées a été validée par différents tests cellulaires. Leur capacité à coloniser les gonades d'alevins receveurs et à produire des gamètes fonctionnels s'avère identique à la capacité des cellules fraîches : 73 à 82 % des receveurs sont positifs. Les résultats ont été validés pour une utilisation sur site piscicole.

La stratégie de cryoconservation décrite ici, et son succès, permet désormais l'entrée en cryobanque d'un matériel biologique complet. Il permet d'assurer en deux ans la restauration de l'intégralité d'un génotype d'intérêt après cryoconservation chez la truite arc en ciel. En effet, les cellules germinales souches décongelées conduisent à la production d'ovules fonctionnels dès les deux ans de la femelle receveuse, ovules qui peuvent alors être fécondés par le sperme cryoconservé par ailleurs.

Ce travail a été financé par le PIA CRB Anim ANR-11-INBS-0003, par les projets européens AQUAEXCEL2020 et AQUAEXCEL3.0, et par le projet FEAMP BIOGERM mesure 47 (Innovation Aquaculture, 2018-2022).



7es Journées de la Recherche Filière Piscicole

DEVELOPPEMENT DE LA PISCICULTURE

Paris

5 et 6 juillet 2022

LA PISCICOLOGIE

Dewavrin Guirec

AQUABIOTOP- Rue sainte Hélène N°37 CH-2000 Neuchâtel, Suisse.

La *piscicologie* est l'art de comprendre les exigences des animaux aquatiques et d'en tirer parti pour obtenir les meilleurs résultats de production.

HUMILITE

En élevage, l'homme a toujours imposé sa façon de penser pour en maîtriser le processus. L'approche du milieu aquatique doit être quelque peu différente. Elle demande une faculté de comprendre les interactions de l'eau sur les animaux. La *piscicologie* est une manière d'aborder le monde aquatique en y associant une approche paysanne.

OBSERVATIONS

La base de la *piscicologie* est l'observation quotidienne des paramètres environnementaux et l'anticipation de leurs effets directs sur les animaux et végétaux.

Le monde aquatique dispose de faculté de colonisation absolument étonnante. En effet, peu importe où l'on se situe sur la planète, l'évolution écologique se réalise par colonisations successives plus ou moins rapides. Elles dépendront en grande partie des températures et des conditions météorologiques spécifiques de la région concernée.

La notion même de *piscicologie* consiste à s'imprégner de ces évolutions et de comprendre les phases de ces colonisations. Les mondes bactériens, phytoplanctoniques et zooplanctoniques expliquent les pollutions potentielles et autres atteintes à l'écologie des milieux aquatiques.

La *piscicologie* apprend à l'homme à comprendre les besoins vitaux de ses productions : microalgues, zooplancton, géniteurs, œufs, prélarves, larves, alevins, juvéniles, poissons en grossissement. Cette approche donne la clé de la compréhension du monde aquatique et offre à l'éleveur, en aiguisant son sens de l'observation, d'un simple coup d'œil, d'acquérir une réactivité. Le métier d'éleveur prend alors toute ses dimensions.

Chaque membre d'une équipe aquacole assume une part de la responsabilité des productions. La notion d'auto-contrôle est permanente et positive.

La *piscicologie* est une technique de contrôle qui ne nécessite qu'un investissement modeste : un microscope (x 10 à 100 maximum), une loupe binoculaire, quelques lames et lamelles, et des outils de prélèvements.

Conclusion

Cette technique est utilisée avec succès depuis plus de 28 ans en eau douce et en eau de mer. Elle a permis de multiplier et sécuriser les productions. Il est temps de l'enseigner pour que les futurs aquaculteurs affinent leur management avec une vision centrée sur l'animal.

DANGERS ZOOSANITAIRES ASSOCIÉS À L'ESPÈCE *MACROBRACHIUM ROSENBERGII* ET RISQUES ASSOCIÉS À SON ÉLEVAGE EN FRANCE

Lautraite Armand¹, Laval Géraud²

¹ Vétérinaire aquacole, 715 route d'Ondes – 82170 Grisolles, France

² SARL GASCOGNE AQUACULTURE, Lieu-dit Saubolle, 32300 Idrac-Respaillès

La SARL Gascogne Aquaculture en partenariat avec INRAE/ONIRIS a expérimenté de 2017 à 2021 dans le Gers un modèle de production semi-extensif de crevette tropicales d'eau douce *Macrobrachium rosenbergii*, une espèce exotique actuellement non autorisée (sauf Outre-Mer) en installations aquacoles ouvertes par la réglementation française et européenne (Règlement CE 708/2007). Ces travaux ont permis d'établir pour la première fois les référentiels techniques de production de *M. rosenbergii* en Europe (Laval, 2022).

Les post-larves de 45 à 60 jours, issues de l'écloserie de Gascogne Aquaculture, sont introduites dans des bassins de grossissement extérieurs en terre, conçus en circuit fermé (sans connexion avec les eaux naturelles). Les crevettes sont élevées pendant la période estivale chaude de fin mai à début octobre. La densité optimale de 3,5 PLs/m² permet d'obtenir un rendement de 500 à 650 kg à l'hectare avec une alimentation végétale uniquement. Cette nouvelle perspective de production en France est particulièrement attrayante dans le contexte actuel du réchauffement climatique et de la recherche de souveraineté alimentaire et de réduction des intrants en élevage (énergies fossiles et farines de poisson en particulier).

Les dangers sanitaires éventuels associés à *M. rosenbergii* obligent à prendre les mesures nécessaires pour prévenir le risque d'introduction de nouveaux pathogènes par son élevage. Des recherches bibliographiques ont été menées et incluent la consultation d'analyses de risques menées en 2006 par les autorités néozélandaises (introduction de *M. rosenbergii* depuis Hawaï) et en 2021 par les autorités norvégiennes (risques pour la biodiversité induit par l'introduction et le maintien de crustacés d'eau douce pour l'aquariophilie).

Les documents étudiés montrent que les dangers zoosanitaires à retenir en regard de la situation faunistique et épidémiologique sur le territoire métropolitain français sont :

- la maladie des points blancs (due au « white spot syndrome virus », WSSV, réglementée au plan international) dont le continent européen n'est pas indemne officiellement ;
- le nodavirus de la White Tail Disease (listée par l'OIE) qui ne touche pas les espèces de crustacés décapodes indigènes d'eau douce (écrevisses autochtones) mais qui peut provoquer des mortalités épizootiques extrêmement lourdes parmi les stades larvaires et post-larvaires de *M. rosenbergii*.

Les risques d'introduction de ces deux organismes pathogènes dans une zone d'élevage dépendent étroitement du statut initial du cheptel source de larves et post larves, en l'occurrence, celui de l'élevage de Gascogne Aquaculture qui entretient ses propres géniteurs depuis 5 ans.

Ces risques sont jugés intrinsèquement très faibles mais de surcroît, les résultats favorables du suivi zoosanitaire du cheptel de crevettes d'eau douce de Gascogne Aquaculture depuis 2017 confortent cette évaluation.

Références

Laval, 2022. Élevage de crevettes d'eau douce en Europe – Pratiques éco-responsables pour *Macrobrachium rosenbergii*. Guide pratique – Editions QUAE, 103 pages.

New M. B., Valenti W. C., Tidwell J. H., D'Abramo L. R., & Kutty M. N., 2010. Freshwater Prawns: Biology and Farming. John Wiley & Sons Ltd, 551 pages.

Biosecurity New Zealand, 2006. Import risk analysis: Freshwater prawns (*Macrobrachium rosenbergii*) from Hawaii. Ministry of Agriculture and Forestry, New Zealand, 57 pages.

ETUDE DU POTENTIEL DE DIVERSIFICATION DE LA PISCICULTURE MARINE ANTILLAISE A L'AIDE D'ESPECES AUTOCHTONES : PREMIERS RESULTATS

Falguière Jean-Claude, Devillers Samson, Davies Léo, Dousset Alexandre, Soyeux Dorian, Bertigny Hugo, Thouard Emmanuel.

Unité BIODIVENV, Délégation Ifremer, 79 Route de Pointe-Fort, 97231 Le Robert, Martinique

L'aquaculture marine antillaise repose sur une seule espèce, l'ombrine *Sciaenops ocellatus*, espèce introduite aux Antilles en 1985, qui constitue la totalité de la production marine actuelle. Cependant cette filière souffre de cette mono spécificité vis-à-vis d'une espèce de surcroît exotique, ce qui constitue l'un des freins à son développement.

Sur le plan socio-économique, les Antilles présentent un besoin de développement endogène afin de développer l'emploi et diminuer la dépendance alimentaire du territoire vis-à-vis des importations. Cette problématique constitue l'un des enjeux majeurs identifiés par les pouvoirs publics pour les Antilles. D'autre part, sur le plan environnemental le recours à des espèces natives doit permettre de garantir une meilleure protection de la biodiversité marine locale et de soulager les stocks halieutiques soumis à une forte pression. Ainsi, il répond aux préconisations pour aller vers une aquaculture plus durable et à ce titre il est encouragé par nombre d'institutions internationales comme la FAO ou l'UICN.

Dans ce contexte, un premier projet (DREAM Antilles, FEAMP 2016-2018) a été réalisé en partenariat avec les professionnels, les administrations, les collectivités de Martinique et de Guadeloupe et des partenaires comme le Parc Marin de Martinique. Il a permis de dégager un cahier des charges qui a servi de base à la réflexion et à la définition des travaux prioritaires :

- Elaboration d'un « socle de connaissance » de référence issu de diverses sources : presse spécialisée, meeting international, bibliographie technique et scientifique, ...
- Tests préliminaires sur une demi-douzaine d'espèces afin d'évaluer leur potentiel zootechnique : comportement, croissance et survie, pathologie, prise alimentaire, ...

Ce projet a abouti à l'élaboration d'une liste de 65 espèces natives dignes d'intérêt issues de 20 familles de poisson marin et à l'identification de plusieurs candidats répondant au cahier des charges coopté par les partenaires, parmi lesquels deux ont été privilégiés :

- Un lutjanidé, le vivaneau sorbe *Lutjanus analis*, présentant des acquis zootechniques,
- Un lobotidé, le croupia roche ou vierge feuille *Lobotes surinamensis*, dont les traits biologiques sont moins bien documentés.

Cette thématique s'est donc poursuivie en se focalisant sur ces deux espèces (projet DIAMANT, FEAMP 2020-22), et en faisant porter l'effort sur le contrôle de leur reproduction. Des résultats encourageants ont été obtenus récemment avec l'obtention de pontes fécondées et des premières larves viables. Ces résultats permettent d'envisager de nouvelles perspectives pour progresser vers la maîtrise de leur cycle biologique. Ainsi, en fonction des dernières avancées enregistrées dans chaque espèce, les travaux s'orientent maintenant vers l'amélioration du contrôle de la reproduction et/ou la maîtrise de la phase précoce, avec dans ce dernier cas des axes privilégiés en matière de nutrition larvaire et de système d'élevage en mésocosme.

Référence

Falguière Jean-Claude (2019). Diversification aquacole & Recherche sur les Espèces Autochtones Marines des Antilles (2016 – 2018). Rapport final Programme FEAMP / DREAM Antilles.

AQUAPONIE : DEVELOPPEMENT ET ENJEUX VERS LA STRUCTURATION D'UNE FILIERE EN FRANCE

Tocqueville Aurélien¹, Foucard Pierre¹, Dumas Victor¹

¹ ITAVI, 28 Rampe Bouvreuil, 76000 Rouen

L'aquaponie peut se définir comme un couplage entre l'aquaculture et la culture végétale hors-sol (*hydroponie*) avec recirculation de l'eau. Les rejets dissous issus de l'aquaculture sont des sources de nutriments rendus assimilables via les racines des végétaux immergées dans l'eau, notamment grâce à une étape préalable de dégradation microbienne des composés ammoniacaux en nitrates par des bactéries nitrifiantes et d'élimination des matières particulaires par une filtration mécanique adéquate.

Au fur et à mesure de leur développement les projets en aquaponie rencontrent de nombreux questionnements liés au cadre réglementaire de cette activité nouvelle. En effet, les porteurs de projets doivent faire face à des corpus réglementaires contraignants, issus des deux univers que sont la pisciculture et le maraîchage/horticulture... et parfois dans un cadre « urbain ». L'aquaponie est apparue par l'intermédiaire de l'idéologie de la production alimentaire durable, et non par la demande du marché : les investissements en capitaux sont généralement importants pour concevoir ces systèmes, et l'investissement en temps, à travers le processus d'apprentissage (*souvent spécifique à chaque système*) est également à prendre en compte. Dans l'état actuel des données disponibles, la rentabilité d'un système aquaponique reste questionnée ; le dimensionnement et les choix techniques qui permettraient de l'atteindre reste encore difficile à appréhender.

Pour autant de nombreux projets sont en cours de conception ou de mise en place en France, et une dizaine de sites sont déjà actifs, depuis quelques années pour les pionniers. Une démarche d'enquête sur le développement de l'aquaponie commerciale en France a été menée fin 2021 et début 2022 dans le cadre du programme « *Aquaponie** », auprès de tous ces acteurs via un questionnaire en ligne. Ce travail a permis notamment de recueillir des données sur le profil sociologique des porteurs de projets, sur les problématiques rencontrées, sur les modèles techniques en place et sur les prémices de l'efficacité économique de ces sites, auprès de 26 répondants.

Références

Diver S., 2006 - *Aquaponics-Integration hydroponics with aquaculture. A publication of ATTRA – National Sustainable Agriculture Information Service. 1-800-346-9140*

Foucard P., Tocqueville A., et al., 2019 - *Aquaponie, Associer aquaculture et production végétale. Edition QUAE-Collection Savoir-Faire, 210 pages.*

Rakocy J.E., Masser M.P., Losordo T.M., 2006 - *Recirculating aquaculture tank production systems: Aquaponics-Integrating fish and plant culture. Southern Regional Aquaculture Center Pub. SRAC-454*

**Travaux menés dans le cadre du programme FEAMP (Innovation) « Aquaponie : Optimisation Végétale et Aquacole » porté par l'ITAVI en partenariat avec l'INRAE, le LEGTPA de la Canourgue (EPLEFPA Lozère), le CIRAD et la station horticole RATHO de l'ASTREDHOR (Institut technique de l'horticulture).*

DEXIAQUA, UN OUTIL MULTICRITERE POUR L'EVALUATION DE LA DURABILITE DES ELEVAGES AQUACOLES

Aubin Joël¹, Le Féon Samuel², Dubois Théo¹, Jaeger Christophe¹, Quentin Latourre¹, Wilfart Aurélie¹, Bacenetti Jacopo³, Costantini Michele³, Akkal-Corfini Nouraya¹

¹ UMR SAS, INRAE, Institut Agro, 35000 Rennes, France

² Independent Researcher in Environmental Assessment, Pépinière ESS, 23 rue des Chênes, 35630 Langouët, France

³ Department of Environmental Science and Policy, Università degli Studi di Milano, Via Giovanni Celoria 2, 20133 Milan, Italie

Avec la demande mondiale croissante en produits aquatiques, l'évaluation de la durabilité est devenue clé pour les élevages aquacoles. Dans le cadre du projet Européen SIMTAP, qui vise au développement d'élevages aquacoles multitrophiques, le modèle d'évaluation multicritère DEXiAqua [1] a été développé. Basé sur la méthode DEXi [2], il permet de dégrader un problème complexe en un arbre avec des branches plus simples de critères et d'indicateurs. Il a été conçu de façon participative par les acteurs du projet qui ont défini les objectifs de durabilité, les indicateurs, puis les seuils de durabilité (bon, moyen, mauvais). Les branches de l'arbre ainsi obtenues, ont été pondérées pour donner des priorités aux différents objectifs et indicateurs. L'outil permet de visualiser les performances environnementales, sociales et économiques et de réaliser un diagnostic. Tout d'abord, à l'échelle d'un système, il est possible d'identifier les branches de l'arbre influençant positivement ou négativement le score de durabilité. Ainsi, pour un système, on pourra orienter l'utilisateur vers les points de vigilance pour améliorer sa durabilité. Ensuite, il est possible de comparer entre eux les systèmes, en obtenant une analyse fine des déterminants de chacun pour la question de la durabilité.

De façon pratique, l'outil est constitué d'un fichier servant à la fois à la collecte de données et au calcul automatisé d'indicateurs. Ce fichier est complété par l'utilisateur à l'aide des données relatives à son cas d'étude. Les indicateurs calculés sont ensuite transférés dans le logiciel libre DEXi pour créer l'arbre.

Le modèle a d'ores et déjà été appliqué, en France, à un système de référence, produisant du saumon en monoculture (SM), à un système en polyculture (SP), produisant crevettes, huîtres et palourdes et enfin à un système expérimental du projet SIMTAP (SMT), produisant crevettes, huîtres, palourdes et daurades. Les performances des différents systèmes seront présentées et discutées. Les systèmes SP et SMT obtiennent un meilleur score de durabilité que le système SM.

DEXiAqua est aujourd'hui en cours d'application dans les autres pays partenaires du projet SIMTAP (Italie et Turquie). Ces nouvelles applications permettront de confronter sa validité et les besoins d'adaptations à des contextes géographiques, économiques et sociétaux différents. Des premiers tests statistiques montrent l'influence de l'organisation de l'arbre et de la pondération dans les résultats. Dès lors, le caractère adaptatif de DEXiAqua (co-construit par des experts mais adaptable au contexte) permet d'envisager son application à tous les systèmes aquacoles.

Références

- [1] S. Le Féon *et al.*, « DEXiAqua, a Model to Assess the Sustainability of Aquaculture Systems: Methodological Development and Application to a French Salmon Farm », *Sustainability*, vol. 13, n° 14, Art. n° 14, juill. 2021, doi: 10.3390/su13147779.
- [2] M. Bohanec, « DEXi: Program for Multi-Attribute Decision Making, User's Manual, Version 3.03. », Jozef Stefan Institute, Ljubljana., IJS Report DP-10707, 2011. [En ligne]. Disponible sur: <<http://www-ai.ijs.si/MarkoBohanec/pub/DEXiManual303.pdf>>

QUELLE CONNAISSANCE DES PRATIQUES PISCICOLES ET BESOINS D'INFORMATION DES CONSOMMATEURS EUROPÉENS ?

C. Mariojouis^{1*}, T. Latvala², R. Ginés³, L. Muller⁴, A. Kause²

¹ AgroParisTech, UMR SAD-APT, University Paris-Saclay, France Email: catherine.mariojouis@agroparistech.fr

² Natural Resources Institute Finland (Luke), Finland

³ Universidad de las Palmas de Gran Canaria (ULPGC), Spain

⁴ Grenoble Economics Applied Lab (GAEL), France

Introduction et objectifs : Pour de nombreux consommateurs, l'aquaculture n'est pas un secteur de production alimentaire bien connu (Fernández-Polanco & Luna, 2012). Pour étudier les moyens potentiels d'accroître la sensibilisation, nous avons évalué les perceptions des consommateurs sur les informations dont ils disposent sur la pisciculture, notamment sur les pratiques d'élevage et l'encadrement réglementaire, ainsi que leur perception sur des pratiques émergentes ou nouvelles, résultats présentés ici. Les résultats sur la quantité et la qualité des informations reçues aujourd'hui par les consommateurs, et leurs souhaits pour le futur, sont présentés dans un poster.

Approches : Pour identifier les questions clés à étudier, lors d'un atelier initial, nous avons recueilli les avis des partenaires du programme, chercheurs ou professionnels. Une étude qualitative a été réalisée lors de cinq focus groupes de consommateurs en Finlande, France et Espagne (Mariojouis et al., 2021). Une étude quantitative a été réalisée par enquête en ligne auprès d'un échantillon représentatif (415 personnes par pays) avec un questionnaire conçu à partir des résultats de l'étude qualitative. Sur les pratiques d'élevage, nous avons posé des questions du type "Comment sont nourris les saumons en élevage ? avec...", "Comment sont soignés.... ?"; Comment fait-on la reproduction et la sélection... », en proposant à chaque fois plusieurs techniques, l'enquêteur donnant pour chacune un niveau d'acquiescement (toujours, parfois, jamais, je ne sais pas). Des questions ciblées sur les techniques émergentes (en alimentation, génétique, RAS, bien-être) ont concerné leur acceptabilité.

Résultats : Les consommateurs ont une connaissance assez faible de la pisciculture car ils déclarent en majorité qu'ils connaissent "peu" la pisciculture (47% sur le panel total), 33% disant ne pas la connaître du tout, et la fraction déclarant la connaître "bien" et "très bien" représente 14% en Finlande, 20% en France, 24% en Espagne. Cette limite de connaissance ressort dans la difficulté à répondre à des questions techniques, traduite par des taux élevés de "Je ne sais pas" (de 35 à 56%)

L'approche comparative entre pays montre qu'il existe des profils de réponses significativement différents dans les trois pays pour la plupart des questions. Voici des exemples marquants. Sur les pratiques d'alimentation, la technique « avec des farines de poissons » est considérée effective (somme « toujours » + « parfois » / total excluant « Je ne sais pas ») par 95% des répondants en Finlande, 92% en France, 74% en Espagne (mais avec un fort taux de non-réponse), et « avec un mélange d'ingrédients » considérée effective par 93% en Finlande, 94% en France, 89% en Espagne. Sur les pratiques de soins, la méthode « avec des pratiques sanitaires élevées » est considérée effective à un niveau maximal (Finlande 96%, France 89%, Espagne 94%) montrant une vision positive des soins aux saumons d'élevage, tandis que "avec des vaccins" est considérée effective au plus bas niveau (Finlande 66%, France 70%, Espagne 64%) montrant une faible connaissance de cette pratique. Les questions sur alimentation, soins, reproduction et sélection font apparaître une meilleure connaissance en Finlande qu'en France et Espagne. L'acceptabilité est élevée pour des techniques émergentes en alimentation sauf pour les levures, en génétique sauf pour les OGM, et pour les RAS et des techniques améliorant le bien-être des poissons. Les consommateurs dans les trois pays sont demandeurs d'informations. Nos résultats suggèrent le besoin d'une diffusion aux consommateurs d'informations sur la pisciculture, sous des formes adaptées au sujet et à la population de chaque pays.

Financement : Travaux faisant partie du programme européen AquaImpact, H2020 n° 818367.

Références

Fernández-Polanco, J. & Luna, L. 2012. Factors affecting consumers' beliefs about aquaculture, *Aquaculture Economics & Management*, 16:1, 22-39, doi: 10.1080/13657305.2012.649047

Mariojouis C., Latvala T., Gines R., Muller L. 2021. Do consumers want information about aquaculture ? Communication, *Aquaculture Europe 2020*, Online conference April 12-15, 2021. Abstract, 2p.



7es Journées de la Recherche Filière Piscicole

BIEN-ETRE ANIMAL

Paris

5 et 6 juillet 2022

MISE EN EVIDENCE D'UN TRAIT DE PERSONNALITE CHEZ LE BAR EUROPEEN ET PERSPECTIVES POUR LA PISCICULTURE MARINE

Sadoul Bastien^{1,2}, Alfonso Sébastien^{1,3}, Geffroy Benjamin¹, Bégout Marie-Laure¹

¹ MARBEC, Université de Montpellier, CNRS, Ifremer, IRD, Palavas-Les-Flots, France

² DECOD, Dynamique et durabilité des écosystèmes, Institut Agro, Ifremer, INRAE, Rennes, France

³ COISPA Technology and Research, Experimental Station for the Study of Sea Resources, Bari, Italy

Les individus d'une population de poissons diffèrent dans leur comportement, avec notamment des divergences dans leur capacités à prendre des risques (Geffroy et al., 2020). Lorsqu'un comportement est répétable à travers le temps et les contextes, il est décrit comme un trait de personnalité et peut être parfois corrélé à des différences physiologiques sous-jacentes ; certaines ayant un intérêt aquacole (Castanheira et al., 2017). Notre faculté à phénotyper un grand nombre d'individus sur un comportement donné pourrait donc permettre d'aider les programmes de sélection pour améliorer la durabilité des élevages. Cependant, de tels outils doivent encore prouver leur efficacité et leur fiabilité. Ici nous testons l'utilisation du test de prise de risque (Ferrari et al., 2016) afin de phénotyper un grand nombre d'individus rapidement et vérifions que ce comportement peut être considéré comme un trait de personnalité. Pour cela nous testons sa répétabilité à travers le temps (7 mois) et les environnements d'élevage différents, impliquant notamment une période de stress chronique. Nous validons ce trait de personnalité par un test comportemental différent : le test de nouveauté environnementale et de challenge à l'hypoxie (Alfonso et al., 2020). Enfin, nous décrivons les liens au travers du prisme de la biologie moléculaire : l'expression des gènes dans les organes clés de l'axe du stress et de l'immunité. Nos expériences montrent que le comportement de prise de risque est répétable au cours du temps et dans différents contextes et que les dissemblances de prise de risque se traduisent par des différences de comportement dans le test de nouveauté ainsi que dans l'expression de gènes associés à la réponse immunitaire et au comportement social (Sadoul et al., 2022). Ces résultats montrent notre capacité à phénotyper rapidement un trait de personnalité lié à des phénotypes d'importance pour le bien-être, les capacités adaptatives et la robustesse des poissons en aquaculture. Ces résultats seront discutés en référence aux travaux précédents faisant le lien entre le comportement et l'efficacité alimentaire, le comportement alimentaire, le métabolisme énergétique ou encore le stress.

Références

- Alfonso, S., Sadoul, B., Cousin, X., Bégout, M.-L., 2020. Spatial distribution and activity patterns as welfare indicators in response to water quality changes in European sea bass, *Dicentrarchus labrax*. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 104974. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2020.104974>
- Castanheira, M.F., Conceição, L.E.C., Millot, S., Rey, S., Bégout, M.-L., Damsgård, B., Kristiansen, T., Höglund, E., Øverli, Ø., Martins, C.I.M., 2017. Coping styles in farmed fish: consequences for aquaculture. *Rev. Aquac.* 9, 23–41. <https://doi.org/10.1111/raq.12100>
- Ferrari, S., Horri, K., Allal, F., Vergnet, A., Benhaim, D., Vandeputte, M., Chatain, B., Bégout, M.-L., 2016. Heritability of Boldness and Hypoxia Avoidance in European Seabass, *Dicentrarchus labrax*. *PLOS ONE* 11, e0168506. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168506>
- Geffroy, B., Alfonso, S., Sadoul, B., Blumstein, D.T., 2020. A World for Reactive Phenotypes. *Front. Conserv. Sci.* 1. <https://doi.org/10.3389/fcsc.2020.611919>
- Sadoul, B., Alfonso, S., Goold, C., Pratlong, M., Rialle, S., Geffroy, B., Bégout, M.-L., 2022. Transcriptomic profiles of consistent risk-taking behaviour across time and contexts in European sea bass. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* <https://doi.org/10.1098/rspb.2022.0399>

EFFETS DE BIOMOLECULES SUR LE BIEN-ETRE DU SANDRE (*SANDER LUCIOPERCA*)

Senff Paula¹, Fourrier Camille¹, Grosjean Jérémy², Larbat Romain², Gérard Eléa¹, Polowczyk Océane², Abd Al Rahim Sara¹, Piga Victor², Robin Christophe², Fontaine Pascal¹

¹: Université de Lorraine, INRAE, UR AFPA, F-54000 Nancy, France

²: Université de Lorraine, INRAE, LAE, F-54000, Nancy, France

L'Aquaponie est une nouvelle forme d'agriculture plus écologique qui s'appuie sur des interactions entre trois acteurs : des poissons, des plantes et des bactéries. Les poissons produisent des rejets qui sont transformés par des bactéries et permettent d'alimenter en nutriments des plantes. L'eau est alors filtrée par les racines des plantes et revient aux poissons. Ce système circulaire garantit une production de poissons et de fruits, légumes et plantes aromatiques en hydroponie sans ajouts de pesticides.

Le sandre est une espèce à fort potentiel pour l'aquaculture européenne continentale. Cependant, les éleveurs rencontrent des difficultés : les sandres sont très sensibles au stress lié aux manipulations et autres perturbations extérieures qui entraînent parfois des mortalités soudaines. A cela s'ajoute le développement de maladies infectieuses et problèmes d'immunosuppression. Pour contrecarrer ces difficultés, les pisciculteurs se tournent vers des additifs végétaux ayant un impact bénéfique sur l'immunité, la croissance et le stress des poissons. Elles représentent une alternative plus sûre et respectueuse de l'environnement qui remplace antibiotiques et composés chimiques. On retrouve ces substances actives dans les systèmes aquaponiques ; il s'agit de biomolécules libérées par les racines sous forme d'exsudats. L'influence de tels métabolites végétaux sur le sandre pourrait devenir une option pour améliorer sa culture (biocontrôle).

Le projet européen de recherche INTERREG PERCIPONIE vise à développer la periculture dans les systèmes aquaponiques en améliorant la production et le bien-être des poissons. Les effets que peuvent avoir les plantes sur les poissons sont très peu étudiés, ce qui rend nos recherches novatrices dans le domaine de l'aquaponie. Dans le cadre de ce projet, plusieurs essais sont menés afin d'étudier les effets des végétaux et de leurs exsudats sur les sandres.

Une première recherche consiste à identifier les composés bioactifs émis par les plantes. Pour cela, il est possible d'analyser l'eau de systèmes aquaponiques existant et d'identifier les exsudats présents. Certaines plantes peuvent avoir des effets plus bénéfiques que d'autres, être plus agronomiquement intéressantes et plus rentables économiquement. Dans ce contexte, un système aquaponique a été reproduit avec des laitues, de la chicorée, du basilic et des concombres dans le but d'étudier leurs effets sur les sandres.

Les composés actifs peuvent être absorbés par le poisson par voie respiratoire ou via l'alimentation. Un des projets consiste à ajouter un mélange de ces biomolécules à concentration constante dans l'eau des aquariums afin d'étudier les effets chroniques éventuels sur le sandre. Enfin, un autre projet en cours vise à ajouter certaines de ces biomolécules dans les aliments des poissons sur une durée de 2 mois.

LES BULLES COMME PREDICTEUR DU NOURRISSAGE AMELIORENT LE BIEN-ETRE DES TRUITES ARC-EN-CIEL D'ELEVAGE

Aude Kleiber^{1,2,5*}, Jean-Michel Le-Calvez², Thierry Kerneis², Axel Batard², Lionel Goardon², Laurent Labbé², Valentin Brunet⁵, Vitor Hugo Bessa Ferreira³, Vanessa Guesdon¹, Ludovic Calandreau⁴, Violaine Colson⁵

¹ JUNIA, Comportement Animal et Systèmes d'Élevage, F-59000 Lille, France

² INRAE, PEIMA, 29450 Sizun, France

³ IFM Biology, AVIAN Behavioural Genomics and Physiology group, Linköping University, 58183 Linköping, Sweden

⁴ INRAE, CNRS, IFCE, Université de Tours, Centre Val de Loire UMR Physiologie de la Reproduction et des Comportements, 37380 Nouzilly, France

⁵ INRAE, LPGP, Campus de Beaulieu, 35042 Rennes, France

*Email : aude.kleiber@junia.com

L'enrichissement environnemental représente un levier d'amélioration des conditions de vie des poissons d'élevage permettant un état de bien-être positif, tant sur le plan mental que physique. Parmi les différents types d'enrichissement, l'enrichissement occupationnel vise à stimuler les capacités cognitives des poissons en leur offrant davantage de contrôle et d'interactions avec leur environnement. La prévisibilité des événements quotidiens saillants, en particulier la prévisibilité du nourrissage, est actuellement l'une des stratégies d'enrichissement occupationnel les plus étudiées et peut prendre différentes formes. Les effets sur le bien-être des poissons diffèrent souvent selon le type de prévisibilité utilisée et l'écologie de l'espèce. Chez les poissons, si la prévisibilité temporelle du nourrissage a été étudiée, la prévisibilité signalée (signal = lumière, son, ...) a reçu jusque-là peu d'attention. La présente étude visait à déterminer la prévisibilité du nourrissage la plus appropriée pour la truite arc-en-ciel et les conséquences sur son bien-être. Nous avons testé quatre conditions de prévisibilité du nourrissage : temporelle (heures dans la journée), signalée (diffusions de bulles), temporelle + signalée, et imprévisible (heures de nourrissages aléatoires). L'activité natatoire, les comportements agressifs et stéréotypés, la réactivité émotionnelle et la croissance des poissons ont été analysés. Nous avons montré que les truites arc-en-ciel peuvent prédire les nourrissages quotidiens dès deux semaines de conditionnement en se basant sur le temps et/ou les bulles comme prédicteurs, comme l'indique leur activité natatoire accrue en amont des nourrissages. Le prédicteur temporel seul augmente les comportements agressifs et stéréotypés, suggérant que sa seule utilisation dans les pratiques d'élevage peut être préjudiciable au bien-être. La prévisibilité signalée seule entraîne moins de comportements agonistiques et stéréotypés que pour la condition de prévisibilité temporelle. La combinaison de la prévisibilité temporelle et signalée a généré la réponse conditionnée la plus forte, avec un niveau d'agressivité et de stéréotypies pré-nourrissage plus faible que pour la prévisibilité temporelle seule. Nous avons également constaté que les bulles sont très attractives, quelle que soit la condition considérée. La croissance et la réactivité émotionnelle des truites arc-en-ciel n'ont pas été impactées par la condition de prévisibilité. Nous concluons que l'utilisation de bulles comme prédicteur du nourrissage semble une approche intéressante pour améliorer le bien-être des truites arc-en-ciel en élevage, en agissant à la fois comme un enrichissement occupationnel et physique.

Remerciements

Ce travail a été soutenu par le compte d'affectation spéciale CASDAR (Compte d'Affectation Spéciale "Développement Agricole et Rural") sous la convention de subvention n° 19AIP5919.

DEVELOPPEMENT D'UNE METHODE D'EVALUATION DU BIEN-ETRE EN PISCICULTURE

Stomp Mathilde¹, Tocqueville Aurélien², Kot Lucile², Guillermand Marine-Océane², Dumas Victor², Foucard Pierre³, Vernier Louise⁴, Levadoux Marine⁴

¹ ITAVI, 41 Rue de Beaucemaine, 22440 Ploufragan

² ITAVI, 28 Rpe Bouvreuil, 76000 Rouen

³ ITAVI, 23 rue Jean Baldassini AGRAPOLE, 69007 Lyon

⁴ CIPA, 32 Rue de Paradis, 75010 Paris

L'acceptabilité des pratiques d'élevage constitue aujourd'hui un enjeu sociétal majeur, avec des consommateurs de plus en plus soucieux du bien-être animal, y compris de celui des poissons. Dans ce contexte, des travaux sont menés pour développer une méthode d'évaluation du bien-être en élevage piscicole, basée sur le cadre conceptuel de la méthode EBENE®. Ainsi, une grille de principes et critères du bien-être adaptée aux poissons d'élevage a été co-construite dans un premier temps en partenariat avec les scientifiques, les professionnels de la filière, et soumise aux ONGs dans le cadre d'échanges en cours. Un panel d'indicateurs de bien-être, à la fois sanitaires (N=13) et comportementaux (N=12), soigneusement sélectionnés dans la littérature a été ensuite testé sur un ensemble de sites « référents » salmonicoles (N=17) répartis sur le territoire national. Sur chaque élevage, le même protocole de mesures a été appliqué sur différents lots de poissons, d'espèces (truites arc-en-ciel et fario) et de catégories (de l'alevin à la grosse truite) différentes, et ce durant 4 sessions d'observations échelonnées sur un an. De plus, les observations des poissons menées depuis le bord des bassins ont été complétées par le relevé d'un ensemble de paramètres (environnement, qualité d'eau, pratiques d'alimentation, manipulations, ...). Afin d'être validés, l'ensemble des indicateurs mesurés ont été analysés selon leur prévalence, sensibilité, redondance et répétabilité inter observateurs. Les premiers résultats obtenus pour la truite arc-en-ciel montrent que la validité des indicateurs dépend de la catégorie de taille des poissons. Toutefois certains indicateurs tels que l'érosion des nageoires ou l'orientation de nage semblent commun à l'ensemble des catégories et particulièrement révélateurs de l'état de bien-être des poissons. Les indicateurs qui seront validés ainsi que la méthodologie employée pour les mesurer seront à terme incrémentés dans le volet « poissons » de l'application EBENE®.

Travaux menés dans le cadre du programme CAS DAR « Aqua Bien-Etre »

Référence

Bignon, L.; Mika, A.; Mindus, C.; Litt, J.; Souchet, C.; Bonnaud, V.; Picchiottino, C.; Warin, L.; Dennery, G.; Brame, C.; et al. Une Méthode Pratique ET Partagée D'évaluation du Bien-être en Filières Avicole et Cunicole: EBENE; 12èmes Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras: Tours, France, 2017; pp. 1015–1019.



7es Journées de la Recherche Filière Piscicole

POSTERS

Paris

5 et 6 juillet 2022

FLAVOCONTROL : DISPOSITIF D'INFECTIOLOGIE AU SERVICE DE L'INNOVATION DANS LE CONTROLE DE LA FLAVOBACTERIOSE

Yoannah François⁵, Dimitri Rigau³, Bo-Hyung Lee¹, Charles Poncet⁴, Alexandre Desgranges⁶, Jean Ruche⁶, Emilien Segret⁷, Ana Acin Perez⁷, Delphine Lallias², Florence Phocas², Mathilde Dupont-Nivet², Pierrick Haffray⁵, Tatiana Rochat¹, Eric Duchaud¹

¹ INRAE, unité VIM - Domaine de Vilvert – 78350 – Jouy-en-Josas, France

² Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParistech, GABI – Domaine de Vilvert – 78350 – Jouy-en-Josas, France

³ INRAE, IERP- Domaine de Vilvert – 78350 – Jouy-en-Josas, France

⁴ INRAE, GENTYANE - UMR 1095 INRAE/UCA GDEC- Site de Crouel, Clermont-Ferrand, France

⁵ Syndicat des Sélectionneurs Avicoles et Aquacoles Français (SYSAAF), Campus de Beaulieu, Rennes, France.

⁶ SARL Milin Nevez – ZI de Kerbriant – 29610 – Plouigneau, France

⁷ Viviers de Sarrance SAS, pisciculture Labedan, Sarrance, France

Flavobacterium psychrophilum est un agent pathogène majeur des salmonidés (truites et saumons). On le retrouve aujourd'hui dans toutes les régions pratiquant la salmoniculture (Europe, Amérique, Asie du Nord-Est et Océanie), ce qui a un impact profond sur la production, les pertes en alevins pouvant aller jusqu'à 50-60%. La truite arc-en-ciel est très sensible à cette bactérie et la lutte contre cet agent infectieux repose actuellement sur une monothérapie favorisant l'émergence de résistance bactérienne. Face à l'absence de mesures préventives efficaces, l'amélioration génétique représente une alternative pertinente pour fournir à la filière des truites résistantes. Celle-ci a été initiée lors du programme FUI-ReSist. Cependant pour être réalisée en conditions contrôlées, la caractérisation de la résistance à la flavobactériose nécessite une structure expérimentale agréée.

Les objectifs de ce projet sont pluriels : il s'agit de développer au sein des locaux de l'IERP (INRAE, Jouy-en-Josas) un dispositif expérimental permettant le phénotypage fiable et répétable de la résistance de la truite à la flavobactériose, par la création d'une zone spécifique dédiée (NSB2)¹ et le dimensionnement des circuits pour accueillir des grandes cohortes provenant de pisciculteurs. Après une phase d'optimisation des protocoles de challenges, ces installations permettront d'évaluer le niveau de résistance de lignées commerciales provenant de 4 sélectionneurs français. Pour deux populations, les paramètres génétiques du caractère de résistance seront estimés et leur intégration aux programmes de sélection sera étudié.

Le projet a également pour objectif d'améliorer les connaissances sur les mécanismes de résistance à la flavobactériose. Une recherche des caractères de résistance dans des lignées isogéniques de truites ayant des sensibilités différentes à la maladie par des analyses de transcriptomique de type « Dual RNA-seq » sera également réalisée. Ces analyses permettront la mise en évidence de gènes de truites et de gènes bactériens d'intérêts intervenant dans la résistance/sensibilité des truites ou dans la virulence de la bactérie.

Ce démonstrateur permettra de développer des programmes de sélection incluant la résistance à la flavobactériose en utilisant une stratégie pérenne nécessaire sur le long terme pour obtenir un gain génétique. Le dispositif permettra également aux autres acteurs de la filière piscicole (producteurs de vaccins, d'aliments, d'additifs, de médicaments alternatives...) d'évaluer et d'objectiver les effets de différents traitements contre cette maladie.

Cette étude a été financée par les fonds européens pour la pêche et l'aquaculture et FranceAgrimer (projet Flavocontrol, n°PFEA470020FA1000004).

¹ NSB2 : Niveau de sécurité Biologique 2

LES SYSTEMES D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE (SIG) AU SERVICE DU PROGRAMME NATIONAL D'ERADICATION ET DE SURVEILLANCE (PNES) DE LA NHI ET SHV EN PISCICULTURE

Dumas Victor¹, Aurélien Tocqueville¹, Yves Rolland², Marine Levadoux², Laurent Cloastre³

¹ITAVI Service Aquaculture, 28 rampe Bouvreuil 76000 Rouen, France.

²CIPA Comité Interprofessionnel des Produits de l'Aquaculture, 32 rue de Paradis, 75010 Paris, France.

³GDS Groupement de Défense Sanitaire France, 37 rue de Lyon, 75012, Paris, France.

L'objectif du PNES est d'aboutir au statut indemne du territoire français vis-à-vis de deux maladies des poissons : la Nécrose Hématopoïétique Infectieuse (NHI) et de la Septicémie Hémorragique Virale (SHV). Ces deux maladies peuvent causer d'importantes mortalités dans les cheptels salmonicoles. Le PNES vise à structurer la filière autour d'une démarche collective d'obtention des statuts sanitaires indemne en coordonnant l'entrée en qualification de bassins versants. Depuis 2018, l'objectif était de lancer aussi largement que possible la démarche sur le plan opérationnel en démarrant des programmes d'analyses sur autant de fermes que possible et en finalisant les déclarations de statut indemne des fermes les plus avancées.

Dans le cadre de ce projet, il est apparu important d'avoir un maximum d'informations sur la répartition des sites aquacoles dans les bassins versants locaux mais aussi plus largement au niveau national. L'ITAVI a croisé plusieurs sources de données dont la base de données des sites piscicoles CIPA-FFA-ITAVI et des listes publiques (listes DGAL des exploitations piscicoles avec AZS, qualification indemnes, etc). Cela a permis d'aboutir à une liste de sites géo-localisés au statut sanitaire NHI et SHV défini.

Pour chaque dossier, les cartes SIG situent le site à différentes échelles géographiques mais aussi à différentes échelles hydrographiques : son positionnement par rapport à d'autres sites à proximité et les liens hydrographiques potentiels. A cela on superpose les statuts sanitaires des sites et les zones ou compartiments sanitaires existants. L'utilisation d'un outil Systèmes d'Informations Géographique (SIG) est devenue indispensable. Pour plus de réplicabilité, l'outil SIG open source QGIS a été utilisé avec des données géographiques et hydrologiques publiques (base de données Sandre, données IGN, geo.data.gouv etc). Les cartes générées par l'ITAVI sont reconnues pour leur lisibilité et exactitudes par tous les acteurs de la démarche et sont un des éléments composant les dossiers des sites transmis par la DGAL à la commission Européenne pour validation de la démarche de qualification.

Dans une volonté d'homogénéisation des dossiers présentés, un cahier des charges de réalisation des cartes SIG a été rédigé par l'ITAVI conjointement avec la DGAL afin d'aboutir à des cartes SIG au format et construction identiques.

Ce travail ouvre désormais des perspectives sérieuses de finaliser la qualification indemne de la France. L'avenir des suivis sanitaires est désormais indissociable de l'utilisation des outils SIG. Il faut impérativement faciliter la visibilité et la diffusion des limites des zones et compartiments.

EXPLORATION DU POTENTIEL DE BACTERIES MARINES COMME PROBIOTIQUES POUR AMELIORER LA PRODUCTIVITE ET LA SANTE DES ELEVAGES PISCICOLES

Le Bihan Claire¹²³, Brillet Benjamin¹, Grippon Pauline², Cabon Joëlle², Le Ker Carine³, Giudicelli Fanny³, Danion Morgane², Morin Thierry², Fleury Yannick¹

¹ Laboratoire de Biotechnologies et Chimie Marines (LBCM) (EA3884) – 6 rue de l'Université – 29000- Quimper, France

² ANSES – Laboratoire de Ploufragan-Plouzané-Niort, Unité VIMEP – Technopôle Brest Iroise – Site Ifremer- 29280 - Plouzané, France

³ Marine Akwa – 22100 - Dinan, France

Le développement de la pisciculture intensive ces dernières décennies a créé des conditions favorables à l'émergence et à la prolifération d'infections virales et bactériennes [1]. Aujourd'hui, les probiotiques apparaissent comme une solution efficace pour lutter contre ces pathologies et améliorer les performances zootechniques des élevages tout en permettant de réduire l'impact environnemental et sanitaire associé aux traitements médicamenteux [2–5]. L'objectif du projet SEA2SEA est d'évaluer le potentiel de bactéries marines comme probiotique sur les principales espèces piscicoles élevées en Europe : bar commun, daurade royale, maigre et truite arc-en-ciel. Dans un premier temps, des souches ont été pré-sélectionnées pour leurs activités antibactériennes contre des pathogènes aquacoles tels que *Vibrio harveyi*, *Vibrio alginolyticus* ou *Photobacterium damsela subsp. piscicida* par des méthodes de co-cultures en milieu gélosé. Dans un second temps, les génomes des candidats probiotiques ont été séquencés et analysés afin d'étudier la taxonomie des souches et d'écarter celles présentant des gènes de virulence ou de résistance aux antibiotiques. L'analyse de génome a par ailleurs révélé la présence de clusters de gènes impliqués dans (i) la biosynthèse de métabolites secondaires aux potentielles activités antibactériennes, (ii) la résistance aux pH acides et aux sucs biliaires, (iii) la sporulation ou encore (iv) la production d'enzymes digestives. Ces étapes de caractérisation ont abouti à la sélection de deux souches de *Bacillus* nommées M5 et C8. Les effets bénéfiques de ces souches formulées dans un aliment sont en cours d'évaluation sur des juvéniles de bars communs afin d'étudier leur impact sur la croissance, la composition du microbiote intestinal, le système immunitaire et les capacités de résistance à des infections expérimentales à *Vibrio harveyi* et au Virus de l'Encéphalopathie et de la Rétinopathie (VER).

Références

- [1] FAO, La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2020: La durabilité an action. Rome, Italy: FAO, 2020. doi: 10.4060/ca9229fr.
- [2] L. Verschuere, G. Rombaut, P. Sorgeloos, et W. Verstraete, « Probiotic bacteria as biological control agents in aquaculture », *Microbiol Mol Biol Rev*, vol. 64, n° 4, p. 655-671, déc. 2000, doi: 10.1128/MMBR.64.4.655-671.2000.
- [3] C. Suzer et al., « Lactobacillus spp. bacteria as probiotics in gilthead sea bream (*Sparus aurata*, L.) larvae: Effects on growth performance and digestive enzyme activities », *Aquaculture*, vol. 280, n° 1, p. 140-145, août 2008, doi: 10.1016/j.aquaculture.2008.04.020.
- [4] O. Carnevali et al., « Growth improvement by probiotic in European sea bass juveniles (*Dicentrarchus labrax*, L.), with particular attention to IGF-1, myostatin and cortisol gene expression », *Aquaculture*, vol. 258, n° 1, p. 430-438, août 2006, doi: 10.1016/j.aquaculture.2006.04.025.
- [5] T. A. Oelschlaeger, « Mechanisms of probiotic actions - A review », *Int J Med Microbiol*, vol. 300, n° 1, p. 57-62, janv. 2010, doi: 10.1016/j.ijmm.2009.08.005.

IMPACT DE L'UTILISATION DE COMPOSES BOTANIQUES SUR LA REDUCTION DE L'ENTERITE CHEZ LE SAUMON ATLANTIQUE (*SALMO SALAR*)

Fagnon M. Siméon, Chabrilat Thibaut, Kerros Sylvain

Phytosynthese, 57 Avenue Jean Jaurès, 63200, Mozac, France

Ces dernières années, les enjeux économiques et environnementaux ont contraint à la diminution de l'utilisation des farines de poissons dans les aliments aquacoles, même pour des espèces carnivores telles que les salmonidés [1]. Ainsi, de nombreuses alternatives nutritionnelles sont étudiées dont les protéines végétales comme la farine de soja. Toutefois, ces ingrédients contiennent des facteurs anti nutritionnels capables d'induire, à une certaine teneur, une entérite chronique notamment au niveau de la partie distale de l'intestin [2]. Certaines molécules botaniques sont connues pour moduler l'inflammation et réduire le stress oxydant [3]. La présente étude vise à évaluer l'efficacité d'un Mélange de PhytoActifs botaniques (PAM) sur la réduction de l'entérite chez le saumon atlantique nourri avec un aliment contenant 25% de farine de soja, 21% de gluten de blé, 5% de concentrés protéiques de pois et 5% de farine de poisson (régime réputé pour induire l'entérite). L'essai a été réalisé à la station de recherche de Nofima AS, Sunndalsøra, Norvège. 315 post saumoneaux (234 g) ont été stockés dans 9 bassins (3 par traitement) d'eau salée à une température moyenne de 7.8°C à raison de 35 poissons par bassin. PAM a été incorporé dans l'aliment suivant trois doses : 0 (témoin) ; 0.05 et 0.1%. Des prélèvements sanguins ont été réalisés pour l'analyse du malondialdéhyde (MDA) (uniquement pour les groupes à 0 et 0.1% de PAM) et sur la partie distale de l'intestin pour l'analyse de l'expression des gènes selon le guide MIQE (n=6 poissons par bassin, i.e. 18 par traitement). L'analyse de la croissance (moyenne par bassin) tend à montrer de meilleures performances dans les lots nourris au PAM ($p>0.05$). L'observation histologique a révélé une réduction du nombre de poissons inflammés au niveau des parties proximale et médiane de l'intestin. Les analyses de l'expression des gènes ont montré une réduction dose-dépendante d'IL1- β (cytokine pro-inflammatoire impliquée dans la réaction inflammatoire intestinale), de la protéine de liaison aux acides gras (fab2b) et la caspase 6 (gènes impliqués dans l'immunomodulation); une augmentation ($p<0.05$) de l'expression de la métalloprotéinase matricielle-13 (mmp13), de l'antigène nucléaire des cellules proliférantes (pcna) ; une augmentation ($p<0.05$) pour le groupe PAM 0.05% de l'expression de e-cadhérine (ecad) et Z-occludine (gènes impliqués dans la jonction des protéines serrées). Une réduction significative du taux de MDA dans le sang a été observée chez les poissons supplémentés avec 0.1% de PAM ($p<0.05$). Cette combinaison d'actifs botaniques a montré une tendance à atténuer les réponses inflammatoires au niveau de la partie proximale et médiane de l'intestin en régulant également l'expression de gènes majeurs dans la gestion de l'entérite au niveau de la partie distale. De plus, les conséquences de ce stress lié au régime alimentaire ont été atténuées grâce à la réduction significative du malondialdéhyde, un métabolite de la lipoperoxydation. Ces résultats sont en accord avec l'amélioration du taux de croissance spécifique observé avec PAM.

Références

- [1] Doughty, K.H., Garner, S.R., Bernards, M.A. *et al.* Effects of dietary fishmeal substitution with corn gluten meal and poultry meal on growth rate and flesh characteristics of Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Int Aquat Res* **11**, 325–334 (2019).
- [2] Booman MI., Forster JC., Vederas DB., Groman, SRM. 2018. Soybean meal-induced enteritis in Atlantic salmon (*Salmo salar*) and Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) but not in pink salmon (*O. gorbuscha*), *Aquaculture*, 483: 238-243.
- [3] Fagnon MS., Thorin C., Calvez S. 2020. Meta-analysis of dietary supplementation effect of turmeric and curcumin on growth performance in fish. *Reviews in Aquaculture*. 12(3) DOI: [10.1111/raq.12433](https://doi.org/10.1111/raq.12433)

EFFETS DU MYCOFIX® SUR LES PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES, LES PARAMETRES IMMUNITAIRES ET LA RESISTANCE AUX MALADIES CHEZ LE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*)

Roy Rosen¹, Paula Kovalsky², Laure Rouxel³, Benedict Standen²

¹ BIOMIN Research Center DSM, Technopark 1, 3430 Tulln, Austria

² Competence Center Mycotoxin Risk Management DSM, Erber Campus 1, Getzersdorf, Austria

³ DSM Nutritional Products France, 71 boulevard National, 92250 La Garenne-Colombes,

Les mycotoxines sont des métabolites secondaires toxiques produits par des champignons qui contaminent une large variété de céréales et d'aliments finis pour animaux. La prévalence des mycotoxines varie selon les régions et chaque année, ces contaminations induisent des pertes économiques importantes pour le secteur de l'élevage et de l'aquaculture.

Les espèces aquacoles sont sensibles aux effets des mycotoxines et le risque augmente avec l'intégration croissante dans les formules de sources de protéines d'origine végétale, plus économiques que la farine ou l'huile de poisson.

Afin d'évaluer les menaces que représentent ces toxines, BIOMIN, aujourd'hui intégré au sein de DSM, édite chaque année depuis 2004 son rapport d'enquête sur les mycotoxines. Cette synthèse, la plus complète à l'échelle mondiale sur la prévalence des mycotoxines, fournit des informations sur l'incidence des six principales mycotoxines présentes dans les matières premières et aliments utilisés en élevage : Aflatoxines, Zéaralénone, DON, Toxine T-2, Fumonisines et Ochratoxine A. Sur 230 échantillons d'aliments aquacoles, le DON, la Zéaralénone et les Fumonisines étaient présents dans plus de la moitié des échantillons analysés (70 %, 62 % et 58 %, respectivement). L'incidence des Aflatoxines et de l'Ochratoxine A dans les échantillons (29 %) était également très élevée. Finalement, cette enquête a confirmé que la multi-contamination était aujourd'hui la règle et non plus l'exception.

Les effets des mycotoxines chez les espèces aquacoles sont de plusieurs ordres : réduction de la croissance, augmentation de la sensibilité aux maladies, effets immuno-suppresseurs... Un essai récent a permis de démontrer que Mycofix®, avec sa stratégie de détoxification des mycotoxines, a permis de contre-carrer ces impacts négatifs. 1680 Tilapias juvéniles (poids initial : 14,35 g ± 0,11 g) ont été répartis en 4 groupes de 6 bassins chacun : T1 = Contrôle – T2 = 500 ppb d'Ochratoxine A – T3 = 2,5 kg/t de Mycofix® – T4 = 500 ppb d'Ochratoxine A + 2,5 kg/t de Mycofix®.

Après 8 semaines de suivi, les taux de survie les plus élevés ont été observés pour les groupes T3 et T4, intégrant Mycofix® (+ 1,7 % par rapport à T1). Les indices de consommation ont également été améliorés (T1 = 1,45 – T2 = 1,49 – T3 = 1,36 – T4 = 1,38), ainsi que les performances zootechniques (+ 1,68 g de poids moyen pour le groupe intégrant Mycofix® par rapport au contrôle). Pendant les 2 semaines suivantes, les tilapias ont été soumis à un challenge bactérien. Le suivi des courbes de survie (méthode Kaplan-Meier) a mis en évidence la supériorité des traitements T3, puis T4.

Ces résultats confirment les effets positifs de Mycofix® sur les performances de croissance, les paramètres immunitaires et la résistance aux maladies de tilapias exposés à l'Ochratoxine A. Ils soulignent également que Mycofix® contribue à améliorer la rentabilité de l'élevage.

MALADIE DU SOMMEIL DE LA CARPE « CEV » : ÉTAT DES LIEUX ET IDENTIFICATION GÉNÉTIQUE DES SOUCHES DE VIRUS ASSOCIÉES AUX MORTALITÉS DE POISSON - PROJET « CEViral »

Laithier J.¹, Baud M.², Montacq L.⁴, Bertagnoli S.⁴, Bigarré L.², Charrier A.⁶, Croville G.⁴, Flores D.², Keck N.⁷, Le Bouquin-Leneveu S.³, Pallandre L.², Pozet F.⁵, Rolland E.², Thomas R.³, Tocqueville A.¹

¹ ITAVI, 28 rampe Bouvreuil, 76000 ROUEN, FRANCE

² ANSES Ploufragan/Plouzané/Niort, site de Plouzané, unité VIMEP, 29280 Plouzané, FRANCE

³ ANSES Ploufragan/Plouzané/Niort, site de Ploufragan, unité EPISABE, 22440 Ploufragan, FRANCE

⁴ IHAP, Université de Toulouse, INRAE, ENVT, 31076 Toulouse, FRANCE

⁵ LDA39, Laboratoire Départemental d'Analyses du Jura, 59 rue du Viel Hôpital, 39802 Poligny, FRANCE

⁶ LPL, Laboratoires des Pyrénées et des Landes, 1 rue Marcel David, 40004 Mont de Marsan, FRANCE

⁷ LDV34, Laboratoire Départemental Vétérinaire, 306 r Croix de Las Cazes, 34000 Montpellier, FRANCE

Détectée au Japon pour la première fois en 1974, le Carp Edema Virus (CEV), appelé en français la maladie du sommeil de la carpe, affecte aussi bien les carpes communes que les carpes Koï (*Cyprinus carpio*) à tous les stades de vie, juvéniles comme adultes. La maladie est très contagieuse et se transmet par contact direct entre les poissons ou via l'environnement. La mortalité induite par le virus est souvent très élevée. De nombreux pisciculteurs ont subi des épisodes de fortes mortalités en lien avec le CEV. Le virus étant souvent ignoré ou confondu à tort avec d'autres maladies virales, les événements de mortalité ne sont pas signalés et peu d'analyses sont faites en laboratoire. Le sous-diagnostic de la maladie résulte en un nombre réel de cas considérablement sous-estimé.

Dans le but de contrer cette tendance, le projet « CEViral », qui a débuté en 2022 avec un financement FEAMP, a pour objectif premier d'améliorer les connaissances sur les conditions de survenue des épisodes de CEV ainsi que sur la circulation du virus et de ses variants dans les populations de carpes. Pour caractériser les virus impliqués, le projet englobe autant les carpes dans les étangs piscicoles, dans les fermes piscicoles, les parcours de pêche, les bassins et dans le milieu naturel. La finalité du projet est double, d'une part d'informer au mieux les acteurs sur la propagation du virus et les risques qu'elle implique, et d'autre part de prévoir ensemble une stratégie de lutte contre le CEV.

L'étude se déroulera en trois phases bien distinctes : la première phase consiste en la détection des foyers de CEV et s'étendra jusqu'en 2023. Cette première phase a pour but de documenter et de développer les connaissances sur la maladie. Pour ce faire, un kit de prélèvement est envoyé aux pisciculteurs, aux particuliers et tout autre acteur volontaire qui souhaite vérifier la présence du CEV à la suite d'un événement de mortalité. A réception du kit, deux prélèvements sont réalisés : un prélèvement de branchies et un prélèvement par écouvillon branchiale. Les analyses sont ensuite confiées à l'un des trois laboratoires d'analyses (LDA39, LPL, LDV34) selon leur proximité géographique avec le lieu de prélèvement. La deuxième phase se fera en deux temps, d'abord par l'ENVT avec le séquençage du génome complet du virus pour connaître sa variabilité, puis par l'ANSES qui se focalisera sur un seul gène dans le but d'identifier les différents génogroupes viraux et plus précisément celui détecté sur les carpes communes (gI). La troisième phase aura pour but d'approfondir les connaissances épidémiologiques de certains cas marquants d'épisodes de mortalités.

INFAQUA V9 : LOGICIEL DE COLLECTE, DE GESTION ET D'ARCHIVAGE DES DONNÉES DES SÉLECTIONNEURS AQUACOLES

Patrice Pierre¹, Andrès Sébastien²

¹ SYSAAF – Campus de Beaulieu Bâtiment 16A – 35042 – Rennes, France.

² HIZKIA Informatique – 11 rue de la Gabarre – 64100 – Bayonne, France.

Contexte et objectifs

Avec 53 500 tonnes de poissons élevés en France en 2018, dont 90% issus de la pisciculture d'eau douce, la part des produits issus de l'élevage consommés en France représente désormais 42% de la consommation totale de produits aquatiques. Pour répondre à cette augmentation de la consommation de produits d'origine aquacole, autant à l'échelle française qu'à l'échelle mondiale, la mise en place de programmes de sélection génétique au sein des cheptels français est l'une des solutions retenue par les pisciculteurs. Ainsi, la part de produits aquacoles issus de l'amélioration génétique n'a cessé d'augmenter avec par exemple 1% des cheptels de pisciculture marine en 1993, 20% en 2009, et enfin environ 90% en 2019. Cette place de plus en plus importante donnée à la sélection génétique des géniteurs, associée à une diversité toujours plus grande des données phénotypiques à mesurer, s'accompagne nécessairement d'une importance accrue donnée à la collecte, la gestion et au stockage des données des sélectionneurs.

Approches utilisées

Depuis 2003, le SYSAAF met à la disposition de ses adhérents le logiciel INFAQUA, développé par la société HIZKIA Informatique. L'outil INFAQUA et la base de données associée assurent notamment aux aquaculteurs qui en disposent une sécurisation et une structuration des données collectées sur plusieurs générations sur leurs cheptels, ainsi qu'une simplification et une optimisation de la collecte des données lors des chantiers de phénotypage réalisés sur le terrain. Le développement de la nouvelle version d'INFAQUA (v9) permet d'avancer encore dans ce sens, en proposant des modules spécifiquement adaptés à certains chantiers particuliers : challenges (pathologiques, hyperthermiques, hypoxiques), reproduction (création de factoriels à la volée, suivi optimisé des tris), gestion des multiplicateurs et des stocks cryoconservés, plaque lumineuse LED connectée à INFAQUA pour l'aide à la mise en plaque 96 puits des échantillons pour le génotypage. En complément de cette base de données, une base permettant de stocker les génotypes complets de chaque individu a de plus été développée. Ce logiciel permet ainsi aujourd'hui de réunir autour d'un outil unique 19 entreprises françaises de tailles variables, travaillant sur 15 espèces différentes (dont poissons marins ou d'eau douce, mollusques, crustacés). Les développements associés à cet outil, devant répondre aux besoins diversifiés des différents acteurs, sont donc le fruit d'opérations collectives entre le SYSAAF et ses adhérents, permettant une optimisation et une rationalisation des coûts de développement.

Conclusions et perspectives

L'importance grandissante de la sélection génétique des lignées aquacoles françaises, ainsi que la diversité toujours plus importante des caractères d'intérêt sur lesquels réaliser la sélection amène les sélectionneurs à collecter un grand nombre de données (numériques, textuelles, images). Ces données de première importance, pour être valorisées au mieux lors de l'évaluation génétique, se doivent d'être intégrées à une chaîne de collecte, de gestion et d'archivage limitant le plus possible les risques d'erreurs et de pertes : prise de mesure automatique permettant d'éviter les erreurs de lecture et de saisie, interface simplifiée permettant la collecte des données par un opérateur directement sur le terrain, contrôles automatiques à la saisie des données, stockage dans une base de données structurée assurant traçabilité et réutilisation aisée des données, sauvegarde des bases de données des adhérents sur un site externe (SYSAAF). L'outil INFAQUA v9, ainsi que la base de données associée, offrent à chaque sélectionneur aquacole la possibilité de disposer d'une telle chaîne de collecte sécurisée, grâce à des coûts de développements mutualisés.

CONFIRMATION DE DEUX QTLs D'IMPORTANCE POUR LA RÉSISTANCE À LA NPI DANS UNE LIGNÉE COMMERCIALE DE TRUITE FRANÇAISE

J. D'Ambrosio¹, P. Patrice¹, Y. François¹, T. Morin³, J. Cabon³, J. Ruche⁴, A. Desgranges⁴, P. Haffray¹, F. Phocas²

¹ SYSAAF, French Poultry and Aquaculture Breeders Association, 35042 Rennes, France

² Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, GABI, 78350 Jouy-en-Josas, France

³ ANSES, Ploufragan-Plouzané-Niort Laboratory, Unit Virology, immunology and ecotoxicology of fish, National Reference Laboratory for Regulated fish diseases, 29280 Plouzané, France

⁴ SARL Milin Nevez, 29610 Plouigneau, France

La nécrose pancréatique infectieuse (NPI) constitue une pathologie virale majeure chez la truite arc-en-ciel (TAC), transmissible verticalement et horizontalement et sans possibilité de traitement sanitaire ou de vaccination. Bien que non-réglémentée, les caractéristiques de cette pathologie, qui peut générer des mortalités de l'ordre de 90% chez les stades précoces, justifient l'exigence de garanties complémentaires pour l'importation d'œufs et d'alevins dans certains pays désireux de garantir leur statut sanitaire. Différentes études ont montré une variabilité génétique modérée de la résistance à la NPI chez la truite arc-en-ciel. En l'absence de traitement prophylactique, cette variabilité est favorable à la mise en place d'une sélection génétique. Différentes zones chromosomiques (QTLs) ont été identifiées, mais les études qui n'ont, à ce jour, porté que sur une seule génération doivent être consolidées. Les objectifs de ce travail ont été d'estimer les paramètres génétiques et la détection de QTLs pour la résistance à la NPI sur deux générations successives d'une lignée commerciale de truite arc-en-ciel française.

3 777 alevins de TAC de l'entreprise Milin Nevez des générations 8 (G8) et 9 (G9) ont subi, au sein de la plateforme SYSAAF-ANSES Fortior Genetics (Plouzané, 29), une épreuve infectieuse expérimentale (baignade) pour déterminer la résistance individuelle des animaux à la NPI. La résistance a été considérée comme un caractère binaire (0 : mort, 1 : survivant) à 37 jours post-infection. L'ensemble des individus et leurs parents ont été génotypés avec la puce 57K Truite.

Taux de survie :	G8	G9
À 37 jours post-infection pour l'ensemble des individus	61%	78%
Des individus homozygotes favorables au QTL du chromosome 1	65%	81%
Des individus homozygotes favorables au QTL du chromosome 16	71%	86%
Des individus homozygotes favorables au QTL du chromosome 1 et 16	72%	87%

L'héritabilité estimée pour la résistance est modérée (0,20), ce qui confirme qu'une sélection génétique sur la résistance à la NPI peut être envisagée. Deux QTLs principaux, décrits dans la littérature pour d'autres populations de TAC, ont été détectés sur les chromosomes 1 et 16 chez les deux générations. Les individus bénéficiant de par leur père et leur mère du même allèle de résistance sur le chromosome 1 ou sur le chromosome 16 présentent un taux de survie supérieur à la moyenne (voir tableau ci-dessus). Les individus avec les deux allèles de résistances sur chaque chromosome 1 et 16 ont une survie légèrement améliorée (voir tableau) montrant un effet additif des deux QTLs.

La confirmation de l'intérêt de ces QTLs dans une population française permet d'envisager une sélection assistée par marqueurs et une diffusion plus rapide du progrès par utilisation de reproducteurs parentaux élités pour ce caractère, ainsi que la validation de l'utilité de ces marqueurs pour améliorer la résistance à la NPI dans d'autres populations françaises. Ce travail ouvre aussi des pistes pour améliorer les modèles d'évaluation génétique et pour mieux comprendre les mécanismes de résistance à ce pathogène.

FORTIOR GENETICS, PREMIER BILAN APRES 5 ANNEES D'EXERCICE POUR AMELIORER LA RESISTANCE GENETIQUE DES POISSONS D'ELEVAGE

François Yoannah^{1,3}, Cabon Joëlle³, Louboutin Lénaïg³, Michel Sourdioux², Haffray Pierrick¹, Morin Thierry³

¹ Syndicat des Sélectionneurs Avicoles et Aquacoles Français (SYSAAF), Campus de Beaulieu, Rennes, France.

² SYSAAF, UMR BOA, Centre INRAE Val de Loire, 37380 Nouzilly, France.

³ ANSES, Laboratoire de Ploufragan-Plouzané-Niort, Unité VIMEP, LNR Maladies réglementées des poissons, Plouzané, France.

En 2017, l'ANSES et le SYSAAF ont mutualisé leurs ressources et compétences et mis en place la plate-forme SYSAAF-ANSES FORTIOR Genetics sur le site ANSES de Plouzané. Son objectif est de réaliser des épreuves contrôlées à des pathogènes ou des facteurs environnementaux dans un cadre réglementaire pour les entreprises de sélection adhérentes au SYSAAF. Plus globalement les finalités sont de contribuer i) à l'amélioration de la résistance génétique des poissons d'élevage à des pathologies, concomitamment à la réduction des intrants chimique et amélioration de la qualité sanitaire des produits aquacoles, ii) à l'amélioration de leur robustesse, en particulier face aux effets du changement climatique.

Les installations sont agréées pour la réalisation d'expérimentations sur les poissons et sont adaptées pour la réalisation d'épreuves à vocation génétique. Elles ont dernièrement fait l'objet de travaux de mise à niveau technique et d'aménagements, opérations cofinancées par la Région Bretagne, l'Etat et l'Union Européenne dans le cadre d'un projet FEAMP (mesure 51D). Ces travaux ont porté sur : i) l'amélioration des systèmes de traitement des eaux de rivière et de mer en entrée, ii) l'aménagement de la salle expérimentale dédiée à la plate-forme FORTIOR Genetics, et iii) l'amélioration de la sécurisation des installations.

Démarrée avec 5 couples hôtes pathogènes dont la faisabilité des challenges pour un usage génétique avait été préalablement établi lors du programme FUI-ReSIst (bar/VNN ou *Vibrio Harveyi*, daurade/*Photobacterium Damselae subsp. piscicida*, truite arc-en-ciel/vNPI ou vSHV), la plate-forme a développé depuis des challenges à 2 nouveaux couples : bar/*Vibrio Anguillarum* et turbot/*Edwardsiella piscicida* (FEAMP TurboBoost), ainsi que des challenges de robustesse et d'adaptation au changement climatique comme la résistance à une hypoxie ou une hyperthermie aigue (FEAMP HypoTemp). Les épreuves réalisées permettent la mesure du caractère « résistance à la maladie/l'hypoxie/l'hyperthermie » et, après génotypage des individus, l'estimation des paramètres et valeurs génétiques ou encore la réalisation d'études d'association (GWAS) pour la détection de QTL. Ainsi, des héritabilités de 0.23 ($\pm$ 0.05) ou 0.08 ($\pm$ 0.09) ont été estimées pour la résistance au VNN chez le bar (Griot et al. 2021). Les GWAS réalisées ont permis d'identifier une zone chromosomique (QTL d'intérêt) pour la résistance à la nodaviriose chez le bar (cf. résumé Delpuech et al. JRFP 2022).

FORTIOR Genetics est l'un des premiers outils européens dédié au phénotypage de la résistance aux maladies chez les poissons d'élevage, avec comme objectif d'accompagner les sélectionneurs pour la domestication et le développement de la sélection génomique.

Les expérimentations sont menées dans une logique d'amélioration et standardisation continue des protocoles afin d'assurer la pertinence et reproductibilité des caractères phénotypés. L'intégration en cours de paramètres immunitaires et de nouveaux outils génomiques pourrait permettre d'affiner l'identification de gènes d'intérêt et d'améliorer la connaissance des mécanismes de résistance/ de robustesse.

Référence

Griot, R. et al. Genome-wide association studies for resistance to viral nervous necrosis in three populations of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) using a 57K SNP chip. Aquaculture 2021.

VERS UNE AUTOMATISATION DE LA SÉLECTION SUR LE RENDEMENT AU FILETAGE ASSISTÉE INTELLIGENCE ARTIFICIELLE CHEZ LA TRUITE ARC-EN-CIEL

Tarek Chalioui¹, Jonathan D'ambrosio¹, Jean Ruche², Alexandre Desgranges², Marc Vandeputte^{3,4}, Mathieu Besson¹, Jérôme Bugeon⁵, Pierrick Haffray¹

¹ SYSAAF, Station INRAE-LPGP, Campus de Beaulieu, 35042 Rennes cedex, France

² SARL Milin Nevez, 29610 Plouigneau, France

³ MARBEC Université de Montpellier, CNRS, Ifremer, IRD, INRAE, Palavas-les-Flots, France

⁴ Université Paris-Saclay – INRAE – AgroParistech – GABI, 78350 Jouy-en-Josas, France

⁵ LPGP, UR1037, INRAE, Campus de Beaulieu, Bât.16A – 35042 – Rennes, France

Contexte et objectif

L'amélioration du rendement au filetage contribue à améliorer la durabilité des élevages, car cette performance impacte directement la rentabilité des filières, mais aussi leur efficacité écologique en réduisant la quantité d'aliments utilisée par tonne de filet produite. Sélectionner sur ce caractère implique une sélection sur collatéraux (qui limite de 50 % le progrès génétique potentiel) et/ou de disposer de prédicteurs indirects non létaux mesurables sur les candidats à la sélection. Nous avons démontré antérieurement qu'une augmentation de 0,5-1% de rendement au filetage (proportion filet consommable / poids) par génération est réalisable en combinant des mesures létales sur collatéraux et des mesures non létales par échographie (épaisseur de muscle abdominal rapportée à la profondeur de la cavité abdominale) sur les candidats à la sélection. Nous avons aussi démontré qu'il était possible de prédire le rendement au filetage par une combinaison linéaire de nombreuses mesures morphologiques (épaisseurs, profondeurs et surfaces relatives). Cette approche est toutefois trop complexe pour une utilisation pratique en sélection. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'intérêt de l'apport du machine learning et du deep learning pour automatiser la prédiction de ce caractère sur l'animal vivant en estimant les gains de précision des valeurs génétiques par rapport à une sélection sur collatéraux.

Protocole

Les données utilisées sont celles précédemment acquises dans le projet européen FISHBOOST (FP7, GA 613611) par l'entreprise de sélection Milin Nevez (groupe Bretagne Truite) sur respectivement 1695 et 1799 truites de 2 générations successives. Les poissons ont été mesurés (poids, longueur, épaisseurs par ultrasons, rendements de découpe) et pris en photo. Trois modèles de prédiction du rendement au filetage ont été développés, lesquels utilisent les données d'échographie (M1), les photos (M2 : deep learning) ou combinent les données d'échographie, de bras 3D (mesures spatiales) et les photos (M3 : deep learning et machine learning). Les héritabilités des prédictions et leurs corrélations génétiques avec le rendement au filetage ont été estimées pour quantifier des gains attendus à une sélection assistée par les différents modèles.

Résultats et perspectives d'applications

Les héritabilités sont de 0,26, 0,40, 0,22 et 0,30 respectivement pour le rendement au filetage, M1, M2 et M3. Les corrélations génétiques entre les rendements prédits et les rendements vrais sont respectivement de 0,47 (M1), 0,75 (M2) et 0,78 (M3) en combinant les 2 générations. Un effet génération est observé avec une corrélation génétique de 0,42 sur la 1^{ère} génération et de 0,87 sur la 2^{ème} par exemple pour M2. Ces résultats préliminaires confirment l'intérêt de l'intelligence artificielle pour améliorer l'efficacité de la sélection sur le rendement au filetage.

PARAMETRES GENETIQUES DES RENDEMENTS EN CHAIR DU TURBOT (*SCOPHTHALMUS MAXIMUS*) AINSI QUE DE LEUR PREDICTION A L'AIDE DE MESURES NON LETALES

**Bestin Anastasia¹, Colon Floriane², Villa Marie², Besson Mathieu¹, Morvezen Romain¹
Jaffrelo Lydia³, Brunier Joseph⁴ Bajek Aline⁴, Haffray Pierrick¹, Bugeon Jérôme⁵**

¹ SYSAAF - INRAE-LPGP, Campus de Beaulieu, Bât.16A - 35042 – Rennes, France

² France Turbot Ichthus – 85740 – L'Epine, France

³ INRAE Gentyane, UM1095 – 63000 – Clermont-Ferrand, France

⁴ Groupe Gloria Maris – 59820 – Gravelines, France

⁵ LPGP, UR1037, INRAE, Campus de Beaulieu, Bât.16A – 35042 – Rennes, France

Contexte et objectif

La sélection génétique du turbot a été initiée au début des années 1990 en Espagne et en France. Mais à ce jour il n'existe quasiment pas d'études s'intéressant aux rendements en chair de ce poisson. Seul Schlicht et al (2019) ont publié un travail sur le rendement en filets du turbot. Ils ont trouvé que ce caractère pouvait être sélectionné. Cependant, cette sélection nécessite le sacrifice d'un lot de poisson contenant des frères et des sœurs des turbots candidats à la sélection (afin de connaître leur valeur familiale en termes de rendements). C'est pourquoi l'objectif de notre étude est d'estimer les paramètres génétiques de mesures morphométriques non létales qui permettraient de prédire les rendements en chair des poissons candidats à la sélection (projet TurboBoost n° PFEA470018FA1000005 financé par le FEAMP et FranceAgriMer). Ces nouveaux critères pourraient alors être intégrés dans le programme de sélection d'amélioration de la qualité du turbot.

Protocole

Les poissons utilisés dans cette étude proviennent de France Turbot Ichthus. Des croisements de 53 mâles avec 13 femelles ont permis d'obtenir 87 familles. Les larves ont été regroupées après l'incubation et élevées ensemble dans le même bassin. A 750 g de poids moyen, 897 turbots ont été identifiés, mesurés et génotypés à l'aide d'un panel de 96 marqueurs de type SNP (développé dans TurboBoost, le génotypage a été réalisé par la plate-forme Gentyane de l'INRAE). La connaissance de la généalogie des turbots a permis d'estimer les paramètres génétiques pour des caractères mesurés et calculés comme le poids vif, les poids du quartier dorsal, du quartier ventral et de la tête avec la cavité abdominale. A partir d'une photo de l'animal et de l'enregistrement de coordonnées 3D de 19 points morphologiques identifiés sur le corps du turbot, une cinquantaine de variables ont pu être calculées (aires, volumes, longueurs). La combinaison de ces variables entre elles a permis de définir des modèles de prédiction de rendements en chair.

Résultats et perspectives d'applications

Les prédicteurs des rendements en chair sont hautement corrélés génétiquement avec les rendements réels. En outre, ils sont héréditaires (il y a une base génétique à avoir un plus ou moins bon rendement qui peut être transmise à la descendance). Cela signifie qu'une sélection sur un prédicteur permettrait d'améliorer les rendements de découpe du turbot, sans avoir à réaliser des mesures létales sur des collatéraux à l'abattage permettant ainsi d'améliorer les gains de production attendus via sélection génétique.

Référence

Schlicht, K., et al., 2019. Estimation of genetic parameters for growth and carcass traits in turbot (*Scophthalmus maximus*). Arch. Anim. Breed. 62:265-273

REDUIRE LES MALADIES CHEZ LE TILAPIA : QUELLES STRATEGIES ADOPTER ?

Benedict Standen¹, Bo-Groth Bendsen²

¹Competence Center Mycotoxin Risk Management DSM, Erber Campus 1, Getzersdorf, Austria

²DSM Nutritional Products Ltd. - Wurmisweg 576 - CH-4303 - Kaiseraugst -Switzerland

La gestion des maladies reste un enjeu primordial pour le développement de l'aquaculture. Cela est d'autant plus vrai que l'aquaculture s'intensifie et que les facteurs de stress de la production ont un impact négatif sur l'animal, ce qui augmente la sensibilité aux maladies et réduit les bénéfices des éleveurs. Une gestion prophylactique des maladies, grâce à l'utilisation d'additifs peut donc être envisagée. Le Tilapia est un poisson particulièrement exposé à de nombreux pathogènes bactériens, notamment *Aeromonas hydrophila*, *Edwardsiella tarda*, *Francisella noatunensis* etc. (*G-ve*) ou encore *Streptococcus* spp. (*G+ve*), des bactéries Gram- et Gram+ qui, compte tenu de leurs différences de structures et d'agents pathogènes, nécessitent des approches de gestion différentes.

L'objectif des études présentées était de tester dans un premier temps des acides organiques qui ont un intérêt pour lutter contre les bactéries Gram- et dans une seconde étude, une approche plus originale, par l'utilisation de phytogéniques pour lutter contre les bactéries Gram+.

480 alevins de Tilapia (poids initial = $10,96 \pm 0,02$ g) ont été répartis dans 12 bassins. 4 traitements ont été testés (n=3), un témoin, un traitement avec Biotronic® PX Top3 à 0.5 kg/T et deux autres avec des acides concurrents tous deux à 2 kg/T (dose recommandée). Après une période d'alimentation de huit semaines, ils ont été exposés à un challenge à *Aeromonas hydrophila* par injection IP ($7,5 \times 10^5$ UFC/poisson). Les performances de croissance ont été enregistrées ainsi que la survie des Tilapias pendant une période de 20 jours. Une différence numérique sur l'IC a été observée en faveur du groupe Biotronic® (1.02 vs 1.04 pour le témoin). La survie la plus élevée a été observée dans le traitement Biotronic® (85,7 %), suivi par les produits concurrents (50-64,58 %) et la plus faible dans le lot témoin (43,75 %). Ces données démontrent la valeur que les acides organiques peuvent apporter dans la lutte contre les pathogènes Gram-, mais soulignent également l'importance de la formulation du produit.

Pour la seconde étude, des alevins de Tilapia (poids initial = $10,63 \pm 0,01$ g) ont été répartis au hasard en deux traitements et stockés dans 12 bassins (n = 6). Les poissons ont été nourris soit avec un régime témoin, soit avec un régime complété par un additif phytogénique « Essai » (Digestaron® P.E.P. MGE 150) à raison de 0,2 kg/T. Après 57 jours de traitement, le lot Essai a permis d'améliorer de manière significative la biomasse, le gain de poids et l'IC ($p < 0,05$). Les poissons ont ensuite été exposés à un challenge à *S. agalactiae* par immersion (5×10^6 CFU ml⁻¹ pendant 1 heure). Après une période d'observation de 15 jours, le lot témoin présentait un taux de survie de 52,5 % alors qu'il était encore de 70,0 % pour le lot Essai. Ce dernier essai démontre qu'une approche phytogénique peut être un outil utile dans la lutte continue contre *Streptococcus* spp.

Ces études démontrent l'importance de sélectionner soigneusement le type d'additif et les composants actifs en fonction du pathogène. En outre, il ne s'agit pas de "solutions miracles" et leur utilisation doit être complétée par d'autres considérations de gestion, notamment la biosécurité, les vaccinations, ou encore la qualité de l'eau.

DIVERGENCE DE PERFORMANCES ET DU MÉTABOLISME LIPIDIQUE ENTRE LES DESCENDANTS DE MÂLES ET DE NÉOMÂLES DE TRUITES ARC-EN-CIEL NOURRIS AVEC UN RÉGIME 100% VÉGÉTAL : UNE PREMIERE ÉTUDE PILOTE

Marandel Lucie, Callet Thérèse, Delaygues Marine, Favalier Nathan, Turonnet Nicolas, Maunas Patrick, Panserat Stéphane, Corraze Geneviève

INRAE, Université de Pau et des Pays de l'Adour, E2S UPPA, NUMEA, Saint-Pée-sur-Nivelle, 64310, France

L'un des enjeux actuels en salmoniculture porte sur le développement de nouveaux aliments écoresponsables. Cette démarche vise notamment à substituer l'huile et la farine de poissons par des ingrédients alternatifs mais aussi plus généralement à diminuer la part de protéines dans l'aliment. L'utilisation de tels aliments est cependant stade et sexe dépendant induisant parfois des baisses de performances zootechniques. Les possibilités de programmation nutritionnelle sont explorées depuis plus d'une décennie en recherche mais aussi par quelques fabricants d'aliments afin de contourner ces écueils¹⁻³. Des essais ont notamment été réalisés chez la truite arc-en-ciel afin d'identifier si la substitution d'une partie des protéines par des glucides digestibles (aliment LPHC) dans l'aliment des géniteurs mâles et femelles impactait le métabolisme et l'utilisation par les descendants d'un aliment constitué à 100% d'ingrédients d'origine végétale^{2,4,5} (aliment V). Ces études ont montré que les géniteurs ainsi nourris étaient en mesure de se reproduire, et que le métabolisme lipidique de leurs descendants nourris avec un aliment V était augmenté (synthèse du cholestérol et des acides gras polyinsaturés à longue chaîne oméga 3, AGPI ω 3)⁶. Cependant, en élevage, la plupart des truites produites sont des monosexes femelles issues de croisements entre des femelles et des néomâles (femelles produisant du sperme « femelle » suite à une inversion hormonale du sexe). Malgré leur intérêt pour la filière, ces animaux ne font l'objet que de peu d'études nutritionnelles comparatives avec des descendants de mâles (ou des truites triploïdes). Dans ce contexte, nous avons cherché à comprendre l'impact d'une nutrition paternelle LPHC sur l'utilisation d'un aliment V par leurs descendants et les différences potentielles induites par le type de père utilisé (mâle vs néomâle).

Des géniteurs mâles et des néomâles ont été nourris pendant un cycle de reproduction entier (1 an) avec un aliment LPHC ou contrôle (CTR) dépourvu de glucides puis reproduits avec les pontes de mêmes femelles nourries avec l'aliment CTR⁷. Les descendants ont été nourris avec un aliment commercial du premier repas à environ 1g (3 mois à 8°C) puis avec un aliment V pendant 6 mois. A l'issue de ce challenge nutritionnel, le plasma et le foie des descendants ont été prélevés. Si la nutrition paternelle n'induit que peu de différences zootechniques, plasmatiques et métaboliques chez les différents groupes de descendants, en revanche les truites issues des néomâles présentent des performances zootechniques inférieures à celles issues des mâles (gain de poids, efficacité et prise alimentaire, taux de croissance spécifique). En comparaison avec les descendantes des mâles, les descendantes des néomâles présentent cependant une augmentation au niveau transcriptomique de leur lipogenèse *de novo* et des élongases impliquées dans la synthèse des AGPI ω 3.

Cette première étude pilote montre qu'il existe des différences zootechniques et métaboliques induites par le type de père utilisé pour produire les animaux destinés à la commercialisation. Ces différences peuvent conférer, en fonctions des objectifs visés, des avantages distincts pour la sélection sur aliment V des truites (*i.e.* sélection sur la croissance vs sur la capacité des animaux à synthétiser les AGPI ω 3).

Références

1. Panserat S, et al. Aquaculture 2017; 468:515–23. 2. Callet T, et al. Biology 2021; 10:585. 3. Panserat S, et al. Annu Rev Anim Biosci 2019. 7:195–220. 4. Callet T, et al. Front Physiol 2020; 11:303. 5. Callet T, et al. PeerJ 2021; 9:e12102. 6. Callet T, et al. Molecular programming of the hepatic lipid metabolism via a parental high carbohydrate and low protein diet in rainbow trout. soumis à JASB. 7. Favalier N. et al. Neomales rainbow trout is able to growth and reproduce properly when fed a high carbohydrates-low proteins diet during a whole reproductive cycle. in preparation

AUGMENTATION DE LA RÉSISTANCE AU STRESS THERMIQUE DE LA TRUITE ARC-EN-CIEL (*Oncorhynchus mykiss*) AVEC LA LEVURE HYDROLYSÉE *KLUYVEROMYCES FRAGILIS*

V. Eckart¹, S. Parhizkar¹, M. Norouzi², M. Bagheri Tavani³, B. Keimer¹

¹Biochem Zusatzstoffe Handels- und Produktionsges. mbH, Küstermeyerstr. 16, 49393 Lohne (Allemagne)

²Dept of Marine Biology and Fisheries Sciences, Tonekabon Branch, Islamic Azad University, Tonekabon (Iran)

³Young Researchers and Elite Club, Tonekabon Branch, Islamic Azad University, Tonekabon (Iran)

E-mail: veckart@biochem.net

En tant que poïkilothermes, les performances de croissance des poissons sont étroitement liées à la température ambiante. En particulier, les espèces de poissons d'eau froide telles que la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*) sont connues pour souffrir pendant la saison chaude, ce qui entraîne souvent une réduction de la consommation d'aliments, de la croissance et de la mortalité liée au stress thermique (Islam et al. 2021). Les ingrédients fonctionnels dérivés de levures sont connus pour augmenter la résistance globale au stress des poissons en améliorant les fonctions immunitaires et en facilitant la digestion des aliments (Hossain et al. 2020). Dans cette étude, trois régimes contenant différentes doses de *Kluyveromyces fragilis* hydrolysé (KF 0,5 %, KF 1,0 %, KF 2,0 %) et un régime témoin ont été administrés à des alevins de truite arc-en-ciel en trois répétitions. Après 12 semaines d'alimentation à une température moyenne de l'eau de 10 °C, tous les groupes nourris avec des régimes KF avaient des poids corporels significativement plus élevés que le groupe témoin, le gain de poids le plus élevé étant observé à KF 2,0 %. Pour les autres challenges de température, 20 poissons de chaque répétition ont été sélectionnés au hasard et la température de l'eau a été progressivement augmentée de 10°C à 28°C sur une période d'une semaine (+ 2,5 °C/jour). Pendant cette période, l'alimentation s'est poursuivie au taux de distribution standard, et la consommation d'aliments, le comportement alimentaire et la mortalité ont été enregistrés. KF 0,5 %, KF 1,0 % et KF 2,0 % ont consommé 80 à 100 % de l'aliment offert même à des températures aussi élevées que 22 °C. Ce niveau de température de l'eau n'est pas rare pendant les étés européens et est déjà considéré comme un défi pour la truite arc-en-ciel (Rebl et al. 2020). Dans le groupe témoin, une consommation d'aliments réduite (40 à 60 % de l'alimentation proposée) a été observée dès 15-18 °C. La prise alimentaire s'est arrêtée dans tous les groupes lorsque la température de l'eau a atteint 26 °C. La mortalité des poissons a commencé à 15 °C. À 20 °C, le taux de survie des poissons recevant KF était encore 10 à 20 % supérieur à celui du groupe témoin. Lorsque la température critique d'environ 26 °C a été atteinte, le taux de survie était le plus élevé dans le groupe KF 2,0 %, de 53 % contre 30 % pour le groupe témoin. Ainsi, le KF hydrolysé dans l'alimentation des poissons pourrait être un outil précieux pour relever des défis tels que les étés chauds, qui devraient devenir plus fréquents en raison du changement climatique.

Références

- Hossain, M. S., Koshio, S., & Kestemont, P. (2020). Recent advances of nucleotide nutrition research in aquaculture: a review. *Reviews in Aquaculture*, 12(2), 1028-1053.
- Islam, M. J., Kunzmann, A., & Slater, M. J. (2021). Responses of aquaculture fish to climate change-induced extreme temperatures: A review. *Journal of the World Aquaculture Society*.
- Rebl, A., Korytář, T., Borchel, A., Bochart, R., Strzelczyk, J. E., Goldammer, T., & Verleih, M. (2020). The synergistic interaction of thermal stress coupled with overstocking strongly modulates the transcriptomic activity and immune capacity of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Scientific reports*, 10(1), 1-15.

EFFET DE POLYSACCHARIDES DE MACROALGUES SUR LA REPONSE IMMUNITAIRE ET LA SENSIBILITE A *EDWARDSIELLA TARDA* DU CARDEAU HIRAME (*PARALICHTHYS OLIVACEUS*)

Garcia Suarez Maria¹, Gallissot Marie¹, Gunathilaka Buddhi²

¹ Olmix Group – Bréhan, France

² Department of Marine Life Sciences, Jeju National University - Jeju, Corée du sud

Les polysaccharides issus de macroalgue verte modulent la transcription de médiateurs immunitaires impliqués dans les réponses innées et adaptatives (Berri *et al.*, 2016) et présentent donc un intérêt pour augmenter la résistance des poissons à des maladies infectieuses fréquentes dans les piscicultures. La présente étude a testé la capacité d'un mélange de macroalgues verte (*Ulva sp*) et rouge (*Solieria chordalis*) à améliorer les performances du cardeau hirame (*Paralichthys olivaceus*) juvénile et sa résistance à une infection à *Edwardsiella tarda*. Quatre-cent quatre-vingts juvéniles ($26,51 \pm 0,02$ g) ont été répartis dans trois traitements : aliment sans supplémentation (CON) ou aliment supplémenté en mélange de macroalgues (Algimun[®], Olmix, France), à 3 g/kg (AL3) ou 5 g/kg (AL5). Les poissons ont reçu les aliments expérimentaux pendant 12 semaines, puis ont été infectés par injection intrapéritonéale avec *E. tarda* (DL50, 1×10^5 UFC / ml). Les performances de croissance et de survie ont été suivies pendant toute la période pré-infection. Le statut immunitaire a été évalué à travers différents paramètres avant infection, et la mortalité a été enregistrée toutes les 2 heures pendant 21 jours post-infection. Les résultats n'ont pas montré d'effet de la supplémentation sur les performances de croissance. La supplémentation a amélioré l'immunité innée, l'activité des enzymes antioxydantes et le nombre de cellules à gobelet dans l'intestin avant infection. Le taux de survie des poissons 21 jours après infection à *E. tarda* a également été augmenté dans les groupes supplémentés : 48,9%, 73,3% et 80,0% respectivement dans les groupes CON, AL3 et AL5. Ces résultats indiquent que l'administration orale de polysaccharides de macroalgues peut moduler l'immunité et renforcer la fonction de barrière intestinale, permettant une meilleure résistance des poissons et donc une survie améliorée en cas d'exposition à *E. tarda*. Cette étude confirme l'intérêt d'utiliser des extraits d'algues spécifiques pour stimuler les défenses naturelles des poissons et améliorer leur résistance aux stress de production. Des travaux ultérieurs devraient démontrer la répétabilité de l'étude sur des espèces piscicoles et agents infectieux français.

Référence

M. Berri, C. Slugocki, M. Olivier, E. Helloin, I. Jacques, H. Salmon, H. Demais, M. Le Goff, P. Nyvall Collen; 2016. Marine-sulfated polysaccharides extract of *Ulva armoricana* green algae exhibits an antimicrobial activity and stimulates cytokine expression by intestinal epithelial cells. J Appl Phycol 28:2999–3008 & INRA Research study 2016.

PROJET ANRJCJC FEEDOMEGA : LA REGULATION DU COMPORTEMENT ALIMENTAIRE CHEZ LA TRUITE ARC-EN-CIEL : IMPACT DES OMEGA-3

Jérôme Roy¹, Elodie Baranek¹, Théo Hirschinger¹, Yvan Mercier¹, Anthony Lanuque¹, Franck Sandres¹, Anne Surget¹, Laurence Larroquet¹, Geneviève Corraze¹, Frederic Terrier¹, Stéphane Panserat¹, Thierry Durand², Christine Baly³, Loic Briand⁴, Sandrine Skiba¹.

¹INRAE, Université de Pau et des Pays de l'Adour, E2S UPPA, UMR1419 Nutrition Métabolisme, Aquaculture, Aquapôle, F-64310 Saint-Pée-sur-Nivelle, France.

²Institut des Biomolécules Max Mousseron (IBMM), CNRS, Université de Montpellier, ENSCM, Montpellier, France

³Université Paris Saclay, INRAE, UVSQ, BREED, 78350, Jouy-en-Josas, France.

⁴Centre Des Sciences du Goût et de l'Alimentation, AgroSup Dijon, CNRS, INRAE, Université Bourgogne Franche-Comté, Dijon, France

Dans un contexte de développement durable de l'aquaculture, il est primordial de réduire les ingrédients traditionnels utilisés que sont la farine et l'huile de poisson. Pour autant, le remplacement total de ces matières premières par des ingrédients végétaux conduit à une drastique altération des performances de survie et de croissance des truites arc-en-ciel et ce dès le premier repas. Une des hypothèses serait une altération de la prise alimentaire. Parmi les hypothèses pouvant expliquer ces altérations, l'absence d'acides gras polyinsaturés à longue chaîne de type oméga-3 (AGPI-LC ω -3) comme l'EPA et le DHA dans les régimes dépourvus de farines et huiles de poissons pourrait en être la cause en altérant le comportement alimentaire des truites. Les poissons carnivores auraient donc des préférences et des comportements alimentaires étroitement liés à la présence de certains lipides dans leur régime, en particulier les AGPI-LC ω -3 ou leurs produits d'oxydations (métabolites). Ainsi, comprendre dans un premier temps les mécanismes phénotypiques et cellulaires qui régulent le comportement alimentaire des truites arc-en-ciel ainsi que l'implication des oméga-3 est un pré-requis qui permettra d'obtenir des connaissances qui seront cruciales pour élaborer de nouvelles stratégies nutritionnelles dans le but d'améliorer la régulation de la prise alimentaire durant le cycle de vie de la truite arc-en-ciel.

Ainsi, le projet ANRJCJC FEEDOMEGA (2021-2025) vise à étudier l'impact des AGPI-LC ω -3 sur le comportement alimentaire de la truite arc-en-ciel sur l'ensemble de son cycle de vie : du premier repas jusqu'à la descendance.

Pour cela, le présent projet, organisé en différentes tâches de travail, aura pour but, au travers une expérience de nutrition de 36 mois, d'identifier les mécanismes moléculaires qui sous-tendent la régulation à court et long terme (Tache 1 et 2) du comportement alimentaire des truites en fonction de la présence ou non de farine et huile de poissons dans les régimes alimentaires ou de la supplémentation alimentaire en DHA provenant de microalgues. Il sera ensuite question de déchiffrer et identifier par quels mécanismes moléculaires la prise alimentaire est régulée chez les poissons nourris avec un régime à base de plantes depuis la première alimentation jusqu'aux étapes importantes du cycle de vie de la truite, incluant la reproduction (Tache 3). Une dernière tâche se concentrera sur la progéniture (Tache 4), afin d'évaluer l'impact de l'histoire nutritionnelle maternelle sur la régulation du comportement alimentaire de la descendance et sur leur capacité à faire face à un régime à base de plantes, dès la première alimentation ou après un défi nutritionnel végétal au stade juvénile.

EFFET D'UN BIOCATALYSEUR ALGUES-ARGILE SUR LES PERFORMANCES DE DIGESTION ET DE CROISSANCE DU TURBOT NOURRI AVEC DIFFERENTS NIVEAUX DE FARINE DE POISSON

Gallissot Marie¹, Rodriguez Maria Angeles

OLMIX GROUP – Bréhan, France

L'optimisation de la digestibilité de l'aliment chez les poissons est un enjeu important pour répondre à des contraintes zootechniques, économiques et environnementales. Une meilleure efficacité digestive chez le poisson se traduit par un moindre coût d'aliment, de meilleures performances de croissance et/ou une baisse des rejets environnementaux. En parallèle, des matières premières végétales ou animales de plus en plus diversifiées sont utilisées en alimentation aquacole. Elles nécessitent une attention particulière afin de garantir une digestibilité et une biodisponibilité des nutriments adaptées aux espèces cibles. Dans ce contexte, Olmix a développé un produit associant une argile Montmorillonite à des extraits de macroalgues (*Ulva sp* et *Solieria chordalis*) selon une technologie unique, qui vise à améliorer la valorisation de l'aliment en stimulant l'activité des enzymes digestives. L'objectif de cette étude était d'évaluer l'effet de la supplémentation de ce complexe algues-argile (CAA) dans l'aliment sur les performances de digestion et de croissance du turbot (*Scophthalmus maximus*) nourri avec différents taux de farine de poisson (remplacée par du tourteau d'arachide) pendant 4 semaines. Un groupe de 360 turbots (poids moyen 28,7g) a été réparti équitablement dans 4 traitements avec 3 répliques chacun (30 poissons/aquarium). Les régimes expérimentaux différaient par le niveau de farine de poisson (FP, 50% ou 45%) et le niveau de CAA (MFeed+[®], Olmix, France) incorporé (0% ou 0,2%). Après 2 semaines d'essai, les matières fécales ont été prélevées par gravité pendant 10 jours pour évaluer les coefficients de digestibilité apparente de l'aliment. A la fin de l'essai, tous les poissons ont été pesés pour calculer les performances zootechniques, et les intestins de 18 poissons par traitement ont été prélevés pour mesurer l'activité des enzymes digestives. Les résultats ont été analysés par ANOVA et test de Tukey ($P<0,05$). Les résultats ont montré que la supplémentation en CAA améliorait significativement l'indice de consommation et le taux de croissance spécifique des turbots, avec un effet plus marqué dans le régime à 50% de FP. Ces résultats se sont accompagnés d'une augmentation très significative de la digestibilité de la matière sèche, des protéines et de l'énergie dans les régimes supplémentés par rapport aux témoins. Ceci concorde avec une activité enzymatique (amylase, trypsine et lipase) significativement augmentée dans les régimes supplémentés. Cette étude met ainsi en avant la capacité du complexe algues-argile testé à améliorer les performances de digestion du turbot indépendamment de la formulation et en fait un outil d'intérêt pour développer des aliments compétitifs pour les poissons carnivores.

EFFET DU TAUX DE RATIONNEMENT DES FEMELLES AVANT LA PONTE SUR LA QUALITE POST-PONTE DES PRODUITS CHEZ LA TRUITE ARC-EN-CIEL (*ONCORHYNCHUS MYKISS*)

Chesnais Morgane¹, Bugeon Jérôme¹, Goardon Lionel², Kerneis Thierry², Coupé Jean-Marc², Guyvarc'h François², Dié Tiffany¹, Teisseire Elisa¹, Labbé Laurent², Lefèvre Florence¹

¹ INRAE, UR 1037 LPGP - Campus de Beaulieu - Bât 16A - 35042 – Rennes, France

² INRAE, UE 0937 PEIMA – Barrage du Drennec – 29450 – Sizun, France

Le projet QualiPostOv visait à décrire l'évolution des qualités post-ponte chez la truite et à identifier des leviers pouvant affecter cette restauration. Parmi les facteurs pouvant impacter la restauration des qualités post-ponte, l'état des femelles au moment de la ponte peut être un facteur déterminant. Pour tester cette hypothèse, nous avons analysé l'effet du taux de rationnement avant la ponte sur la souche expérimentale automnale de la PEIMA. Des truites de la cohorte 2017 ont été soumises à deux niveaux de rationnement, 80% ou 100% de la table d'alimentation, pendant 5-6 mois avant leur première ponte attendue à l'automne 2019. Des mesures de l'état des poissons (poids morphologie, adiposité), et des qualités technologiques (rendement de découpe et de fumage) et organoleptiques (couleur et résistance mécanique) ont ensuite été réalisées sur ces deux groupes au moment de la ponte, puis après une période de 9 semaines et 18 semaines de « récupération » pendant laquelle les poissons étaient tous renourris à satiété.

Juste après la ponte, les poissons rationnés avaient, comme attendu, un poids inférieur, mais pas de différence de conformation (même valeur de coefficient de condition K) par rapport aux poissons nourris à 100% de la table de rationnement. Les poissons rationnés avaient également un niveau d'adiposité (mesure Fat-meter® et teneur en matières sèches du filet) légèrement plus faible ($p < 0.1$) que les témoins, mais aucune différence de rendement en carcasse n'a été mesurée. Par contre le rendement de salage-fumage était plus élevé pour les poissons restreints juste après la ponte.

Après une période de restauration post-ponte, les poissons ayant été rationnés avant la ponte, gardent un poids inférieur aux témoins non rationnés, mais sans différence de conformation. Neuf semaines après la ponte, les poissons ayant été rationnés pré-ponte avaient une adiposité, évaluée par le Fat-meter®, supérieure aux poissons témoins, et un rendement en carcasse inférieur, probablement en lien avec une adiposité péri-viscérale supérieure. Ces différences ne sont plus observées à 18 semaines post-ponte. Le rendement en filets n'a quant à lui pas été affecté par la restriction alimentaire. Par contre le rendement de salage-fumage était significativement plus faible 18 semaines après la ponte pour les truites rationnées pré-ponte.

La couleur des filets crus a été peu affectée par le rationnement des poissons avant la ponte. Par contre, les filets fumés des poissons rationnés étaient plus lumineux et moins pigmentés au moment de la ponte, mais inversement moins lumineux et plus pigmentés après 18 semaines de récupération post-ponte. De petits effets du niveau de rationnement avant la ponte sur la résistance mécanique ont pu être mesurés sur les filets crus et fumés.

Le rationnement des poissons à 80% de la table d'alimentation, pendant plus de 4 mois avant la ponte, a un peu impacté les caractéristiques des poissons au moment de la ponte (poids inférieur mais conformation et rendements similaires) et n'a pas affecté la cinétique de restauration de la qualité post-ponte. Une adiposité transitoirement plus élevée en post-ponte chez les rationnées a néanmoins été mesurée, conduisant à un rendement en carcasse plus faible mais sans affecter le rendement en filets.

Travaux financés par le FEAMP QUALIPOSTOV n° PFEA470017FA1000012

EFFET DE LA DATE DE PONTE ET DE LA DUREE DU JEUNE AU MOMENT DE LA PONTE SUR LA QUALITE POST-PONTE DES PRODUITS CHEZ LA TRUITE ARC-EN-CIEL (*ONCORHYNCHUS MYKISS*)

Bugeon Jérôme¹, Kerneis Thierry², Goardon Lionel², Chesnais Morgane¹, Coupé Jean-Marc², Guyvarc'h François², Teisseire Elisa¹, Labbé Laurent², Lefèvre Florence¹

¹ INRAE, UR 1037 LPGP - Campus de Beaulieu - Bât 16A - 35042 – Rennes, France

² INRAE, UE 0937 PEIMA – Barrage du Drennec – 29450 – Sizun, France

Le projet QualiPostOv visait à décrire l'évolution des qualités post-ponte chez la truite et à identifier des conditions pouvant affecter cette restauration. Nous avons fait l'hypothèse que la date de ponte (ddp), associée à une durée de jeûne plus ou moins longue, pouvait impacter la restauration des qualités post-ponte.

Pour tester cette hypothèse, nous avons mis en place une expérimentation pour comparer, sur la souche automnale de la PEIMA, l'impact de la ddp, de la semaine 45 (début novembre) à la semaine 48 (fin novembre) 2019, sur les qualités post-ponte (4 groupes : s45, s46, s47 et s48). Les poissons étant tous à jeun au début de la période de ponte, leur durée de jeûne variait de 2 à 5 semaines selon leur ddp. De plus, nous avons au moment du pic de ponte, semaine 46, constitué deux groupes afin de dissocier l'effet de la ddp de l'effet de la durée du jeûne. Ainsi un lot a été réalimenté après la ponte (s46), tandis que l'autre a été maintenu à jeun 2 semaines supplémentaires (s46-Jeun) pour être réalimenté en même temps que le dernier lot constitué semaine 48 (s48). En comparant ces trois groupes, s46, s46-Jeun, et s48, nous avons pu d'une part évaluer l'effet de la date de ponte seul (s46-Jeun vs s48, date de ponte différente mais même durée de jeûne) et d'autre part l'impact de la durée de jeûne pour une même date de ponte (s46 vs s46-Jeun). Les qualités (poids, morphométrie, rendements, couleur et résistance mécanique des filets) des poissons de ces groupes ont été mesurées début février 2020, après des durées de récupération post-ponte variables, de 10 à 13 semaines, selon leur ddp.

Au moment des mesures de qualités, tous les lots avaient des poids similaires, même si les truites du dernier groupe (s48) sont un peu plus petites. Un effet de la ddp a pu être mesuré sur le coefficient de condition K, les poissons du lot s48 ayant un K plus faible que ceux des lots S45 et S46. L'adiposité, estimée par la mesure Fat-meter[®], des poissons du groupe S47 est plus faible que celle du groupe s45, et celle du groupe s48 est inférieure à tous les autres groupes. Aucun effet de la ddp n'a été mesuré sur les rendements de découpe. Le rendement de salage fumage est quant à lui impacté par la ddp, avec des valeurs plus faibles mesurées pour les lots de truites les plus tardives (s47 et s48) et les rendements en filets fumés sont, en conséquence, également plus faibles pour ces groupes tardifs. La ddp affecte la couleur des filets crus mesurée juste après l'abattage. Les filets des truites ayant pondé plus tardivement sont plus lumineux ($L^*>$) et moins pigmentés (a^* et $b^*<$) que ceux des truites ayant pondé plus précocement. Par contre cet effet n'est pas mesuré pour les filets fumés. Aucun effet clair de la date de ponte n'a été mesuré sur la résistance mécanique des filets. La durée du jeûne au moment de la ponte n'a montré aucun effet sur aucun des paramètres mesurés, les truites maintenues à jeun deux semaines supplémentaires ont des qualités similaires, après 12 semaines de « récupération », à leurs congénères renourris juste après la ponte.

En conclusion, un effet de la date de ponte a été mesuré sur la conformation et l'adiposité des poissons, les rendements de découpe et de transformation, et la couleur des filets. Cet effet, logique du fait d'un temps de restauration plus limité pour les truites pondant plus tardivement, semble majoré pour le dernier groupe constitué (s48) suggérant un état physiologique différent. Par contre, la durée du jeûne au moment de la ponte n'a pas montré d'impact significatif.

Travaux financés par le FEAMP QUALIPOSTOV n° PFEA470017FA1000012

IMPACT DU NIVEAU D'ADIPOSITE DES FEMELLES SUR LA QUALITE POST-PONTE DES PRODUITS CHEZ LA TRUITE ARC-EN-CIEL (*ONCORHYNCHUS MYKISS*) – MODELE DES LIGNEES GRASSES ET MAIGRES

Goardon Lionel¹, Bugeon Jérôme², Kerneis Thierry¹, Lebreton Veronique², Geslin Florian¹, Coupé Jean-Marc¹, Guyvarc'h François¹, Labbé Laurent¹, Lefèvre Florence²

¹ INRAE, UE 0937 PEIMA – Barrage du Drennec – 29450 – Sizun, France

² INRAE, UR 1037 LPGP - Campus de Beaulieu - Bât 16A - 35042 – Rennes, France

Le projet QualiPostOv visait à décrire l'évolution des qualités post-ponte chez la truite et à identifier des leviers pouvant affecter cette restauration. Nous avons fait l'hypothèse que le niveau de réserves corporelles des femelles pouvait impacter les qualités au moment de la ponte et l'évolution des qualités post-ponte. Pour tester cette hypothèse, nous avons mis en place une expérimentation sur des lignées divergentes sur la teneur en lipides sous-cutanés et musculaires. Nous avons mesuré la qualité des produits post-ponte de la lignée printanière (Prn), et des lignées grasse (Gra) et maigre (Mai), qui en sont issues par sélection divergente sur l'adiposité mesurée par le Fat-meter®.

Les qualités (poids, morphologie des poissons, rendements de découpe, couleur et résistance mécanique des filets) ont été mesurées sur ces trois lignées, au moment de la ponte (t0) et à 4 (t4sem), 8 (t8sem) et 14 semaines (t14sem) post-ponte. Des témoins immatures de la même cohorte, n'ayant pas pondu, ont été mesurés à t0 et à t14sem.

L'impact de la maturation sexuelle et de la ponte sur la morphométrie, les rendements de découpe et la résistance mécanique des filets était similaires pour les trois lignées. Par contre, si la maturation sexuelle et la ponte ont fortement diminué l'adiposité des poissons des trois lignées, cette diminution est plus marquée chez les Gra, qui conservent néanmoins après la ponte une adiposité supérieure à celle des deux autres lignées. De plus, la pigmentation des filets est plus impactée par la ponte chez les Mai que chez les Gra.

La restauration post-ponte est associée, chez les trois lignées, à une augmentation du poids, du coefficient de condition K ($=\text{poids}/\text{longueur}^3$), et de l'adiposité des poissons, cette dernière étant plus marquée pour la lignée Gra. La proportion de viscères augmente progressivement après la ponte, signant une augmentation de l'adiposité péri-viscérale, de façon similaire pour les trois lignées. La couleur des filets des truites des trois lignées évolue significativement : la luminosité (L^*) des filets diminue tandis que les valeurs des composantes rouges (a^*) et jaune (b^*) augmentent. Pour finir, la résistance mécanique des filets diminue progressivement au cours de la période de restauration post-ponte, aussi bien pour les filets crus que pour les filets fumés. Des différences entre les lignées sont mesurées tout au long de la « récupération » post-ponte des truites sur la proportion de tête ($<$ chez les Gra) et la résistance mécanique des filets crus et fumés ($<$ chez les Gra). Ces différences sont similaires quel que soit le temps post-ponte, ce qui confirme qu'il n'y a pas de différence d'évolution post-ponte entre les lignées pour ces paramètres. Seule la restauration de la pigmentation des filets paraît plus rapide chez les Gra.

La comparaison, à la fin de l'expérimentation (t14sem), avec des poissons immatures n'ayant pas pondu montre qu'à cette date la restauration des qualités n'est pas complètement achevée.

Le suivi de l'évolution des qualités post-ponte de lignées avec des niveaux d'adiposité contrastés montre que le niveau de réserves corporelles adipeuses sous-cutanées et musculaires ne semble pas impacter fortement les qualités des produits au moment de la ponte ni la cinétique de restauration post-ponte des qualités.

Travaux financés par le FEAMP QUALIPOSTOV n° PFEA470017FA1000012

EFFET D'UN PREBIOTIQUE EN SUPPLEMENTATION D'UN ALIMENT VEGETAL OU COMMERCIAL SUR LES QUALITES DES PRODUITS CHEZ LA TRUITE ARC-EN-CIEL (*ONCORHYNCHUS MYKISS*)

Combot Doriane¹, Bugeon Jérôme², Kerneis Thierry¹, Goardon Lionel¹, Labbé Laurent¹, Skiba Sandrine³, Dupont-Nivet Mathilde⁴, Ricaud Karine³, Lefèvre Florence²

¹ : INRAE, UE 0937 PEIMA – Barrage du Drennec – 29450 Sizun, France

² : INRAE, UR 1037 LPGP – Campus de Beaulieu – Bât 16A – 35042 Rennes, France

³ : INRAE, UMR 1419 NuMeA – Quartier Ibarron – 64310 – St Pée-sur-Nivelle, France

⁴ : INRAE, UMR 1313 GABI – Domaine de Vilvert – 78352 – Jouy-en-Josas, France

La substitution des farines et huiles de poisson par des farines et huiles végétales dans l'alimentation piscicole engendre une augmentation des dépôts adipeux péri-viscéraux, ce qui altère les rendements de découpe. Les prébiotiques, par leur action sur le microbiote intestinal, permettraient une meilleure utilisation des huiles et farines végétales, et une réduction des dépôts adipeux péri-viscéraux.

Une expérimentation a été mise en place pour évaluer l'impact de l'ajout d'un prébiotique, l'inuline (I), à un aliment 100% végétal (V) ou à un aliment commercial (C), sur les qualités de truites arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*) témoins (T) ou sélectionnées pour leur aptitude à survivre et grandir sur un aliment 100% végétal (lignée SUAVE, S).

Des truites bisexes des deux lignées ont été nourries en triplicats (50 poissons par bassin) avec un aliment commercial supplémenté (CI) ou non (C0) avec 1% d'inuline ou avec un aliment 100% végétal supplémenté (VI) ou non (V0) avec 1% d'inuline pendant 16 semaines (poids initial : 120-130 g, poids final : 500-550 g). Les caractéristiques des poissons (poids, morphologie, adiposité) et leurs qualités technologiques (rendements de découpe) et organoleptiques (couleur et résistance mécanique des filets) ont été évaluées à l'abattage puis à 48h *post-mortem* (pm) pour les mesures sur filets crus.

Un effet significatif de l'aliment a été observé sur le poids des poissons ($V < C$) et la couleur de leurs filets mais pas sur les paramètres liés à l'adiposité péri-viscérale ($RVS = \text{poids viscères} / \text{poids du poisson}$) ou sous-cutanée (mesure Fat-meter[®]). Des différences significatives entre les lignées T et S ont été observées sur le poids ($S > T$) et la morphologie des poissons, les rendements de découpe ($RVS <$ et rendement en filet $>$ pour les S) et la couleur des filets (plus lumineux et moins pigmentés pour les S). L'ajout d'inuline dans l'aliment a très peu impacté les qualités des produits, une faible mais significative réduction du RVS (- 0.4%) a néanmoins été observée, quels que soient l'aliment ou la lignée. Les trois facteurs testés ont peu impacté la résistance mécanique des filets mesurée à l'abattage comme à 48h pm. Peu d'interactions significatives entre les différents facteurs testés (aliment, lignée, et ajout d'inuline) ont été observées, en dehors d'une interaction entre l'ajout d'inuline et l'aliment (C vs V) sur la couleur des filets. L'origine des matières premières de l'aliment n'ayant pas affecté l'adiposité des poissons, nous n'avons pas pu mesurer d'effet bénéfique de l'ajout d'inuline sur ce phénotype. On a pu noter que le sexe des poissons affectait certains paramètres mesurés, principalement le poids ($>$ chez les males) et la morphologie des poissons, mais sans interaction avec les autres facteurs testés.

En conclusion, l'ajout d'inuline à un aliment végétal n'a pas montré d'impact majeur sur les qualités des produits. Néanmoins, une petite réduction du rendement en viscères a été mesurée, indépendamment de l'origine des matières premières de l'aliment ou de la lignée. L'ajout de prébiotique dans l'aliment reste donc une piste intéressante pour réduire l'adiposité péri-viscérale qui doit être validée en supplémentation d'un aliment qui impacte ce phénotype.

Travaux financés par le FEAMP AntiOb n° PFEA470018FA1000006

EVOLUTION DES QUALITES APRES LA PONTE CHEZ LA TRUITE ARC-EN-CIEL (*ONCORHYNCHUS MYKISS*) EN ELEVAGE BIOLOGIQUE ET CONVENTIONNEL, COMPARAISON AVEC DES TRUITES TRIPLOÏDES SUR DEUX ANNEES SUCCESSIVES

Brit Guillaume¹, Goardon Lionel², Coupé Jean-Marc², Kerneis Thierry², Bugeon Jérôme¹, Chesnais Morgane¹, Guyvarc'h François², Ruche Jean³, Teisseire Elisa¹, Labbé Laurent², Charles Dominique³, Lefèvre Florence¹

¹ INRAE, UR 1037 LPGP - Campus de Beaulieu - Bât 16A - 35042 – Rennes, France

² INRAE, UE 0937 PEIMA – Barrage du Drennec – 29450 – Sizun, France

³ Bretagne Truite - Route de Plougonven - 29610 – Plouigneau, France

La maturation sexuelle et la ponte affectent les qualités des produits qui ne seront restaurées qu'après une période de « récupération » des poissons. Le projet QualiPostOv visait à décrire l'évolution des qualités après la ponte chez la truite. Nous avons ainsi comparé des femelles diploïdes post-ponte issues de système de production conventionnel (C2n) et « bio » (Bio) de sites de production de Bretagne Truite. Ces lots ont été comparés à des poissons triploïdes (C3n) stériles issus également de sites piscicoles de Bretagne Truite. Ces mesures ont été réalisées sur deux années consécutives après les pontes de novembre 2018 (un site de production pour C2n et C3n et un site Bio) et 2019 (trois sites distincts pour les C2n, Bio et C3n).

Un suivi des caractéristiques des poissons (poids, morphologie, adiposité), de leurs qualités technologiques, rendements de découpe et de fumage (seulement en post-ponte 2018), et de leurs qualités organoleptiques (couleur et résistance mécanique des filets) a été réalisé juste après la ponte et à 8, 11, 15 et 19 semaines après la ponte 2018, et à 8, 12, et 16 semaines post-ponte 2019.

Les poissons étaient, au moment de la ponte, très différents entre les différents sites, et entre les deux années. Nous avons néanmoins mesuré, après la ponte, une augmentation du poids des poissons, de leur coefficient de condition et de leur adiposité. Juste après la ponte, la proportion de viscères était très faible, de l'ordre de 4% du poids du poisson du fait d'une faible quantité de tissu adipeux péri-viscéral. Cette proportion a augmenté rapidement en post-ponte pour rejoindre des valeurs proches du contrôle environ 12 semaines après la ponte. Le rendement en filets a également augmenté après la ponte. Une forte évolution de la couleur des filets a pu être mesurée après la ponte, avec une baisse de la luminosité (L^*) et une augmentation des valeurs des composantes de couleurs rouge et jaune (a^* et b^*).

Pour tous les paramètres mesurés l'évolution était plus rapide après la ponte 2018 qu'après celle de 2019. Ceci peut être dû à des différences d'état initial des poissons ou à des profils thermiques différents entre les deux années. D'ailleurs, après la ponte 2019, les qualités des poissons, très dégradées au moment de la ponte, n'ont pas été totalement restaurées après 16 semaines post-ponte. Par exemple, le rendement en filets avait rattrapé des valeurs similaires à celles des témoins dès 8 semaines post-ponte en 2018, alors qu'il est resté inférieur aux valeurs des témoins, même après 16 semaines post-ponte 2019. De même l'évolution de la couleur et de la résistance mécanique des filets était plus rapide et atteignait des valeurs similaires à celles des témoins après la ponte 2018, tandis que la restauration est restée partielle, en particulier pour les C2n, même après 16 semaines post-ponte 2019.

En conclusion, les truites de Bretagne Truite ont montré une évolution similaire à celle décrite sur les poissons des lignées expérimentales INRAE. La cinétique d'évolution a été plus rapide après la ponte 2018. La comparaison de systèmes d'élevage « bio » et conventionnel diffère entre les deux années, montrant que l'effet « site d'élevage » est plus impactant que le système à proprement parler.

Travaux financés par le FEAMP QUALIPOSTOV n° PFEA470017FA1000012

IMPACT DES ETAPES PRE-ABATTAGE SUR LES CARACTERISTIQUES DES FILETS CHEZ LA TRUITE ARC-EN-CIEL (*ONCORHYNCHUS MYKISS*)

Goardon Lionel¹, Kerneis Thierry¹, Bugeon Jérôme², Chesnais Morgane², Brit Guillaume², Ruche Jean³, Guyvarc'h François¹, Coupé Jean-Marc¹, Teisseire Elisa², Labbé Laurent¹, Charles Dominique³, Lefèvre Florence²

¹ INRAE, UE 0937 PEIMA – Barrage du Drennec – 29450 – Sizun, France

² INRAE, UR 1037 LPGP - Campus de Beaulieu - Bât 16A - 35042 – Rennes, France

³ Bretagne Truite - Route de Plougouven - 29610 – Plouigneau, France

L'abattage des poissons d'élevage implique plusieurs étapes susceptibles de générer du stress et une activité musculaire qui affecte les qualités technologiques (pH, rigor) et organoleptiques (couleur, texture) des poissons ou de leurs filets.

Nous avons voulu identifier l'impact des principales étapes qui précèdent la mise à mort de l'animal, depuis la pisciculture jusqu'à l'abattoir. Nous avons constitué 6 groupes de 10 truites triploïdes femelles abattues après chaque étape successive : un groupe témoin « non actif » (NA) péché rapidement dans le bassin d'élevage et anesthésié, un groupe « pêche » (P) constitué au milieu de la phase de chargement du camion à la pisciculture, un groupe « transport » (T) prélevé à l'arrivée du camion à l'abattoir, et trois groupes prélevés au cours de la phase d'abattage dans le bassin d'attente, un au début (D), un au milieu (M), et un à la fin (F) de l'abattage du lot qui a duré environ 2 heures. Pour ces trois derniers groupes, deux méthodes d'abattage ont été testées sur la moitié des poissons (n=5) : pêche à l'épuisette + matraquage derrière la tête + saignée (groupes D, M, F) ou pêche à la vis sans fin et machine à abattre (VM) (groupes DVM, MVM, FVM). Pour tous ces groupes, les caractéristiques des poissons (poids, morphométrie, adiposité), les qualités technologiques (rendements de découpe, pH musculaire), et organoleptiques (couleur et résistance mécanique des filets) ont été mesurées juste après l'abattage (entre 1h30 et 3h *post-mortem* selon les mesures). Des mesures du pH musculaire, de la couleur et de la résistance mécanique des filets ont été également faites à 48h *post-mortem* (pm).

Le poids, le coefficient de condition K (=poids/longueur³), le rendement en carcasse et l'adiposité (évaluée par le Fat-meter[®]) étaient similaires entre tous les groupes constitués. Le pH musculaire, mesuré juste après l'abattage, qui signe l'activité musculaire des poissons, a été impacté par les différentes étapes, avec des valeurs significativement plus faibles après le transport (T) et à la fin de l'abattage (F) par rapport au témoin (NA). Le pH musculaire mesuré à 48h pm n'était pas significativement différent entre les groupes. La couleur mesurée à l'abattage n'était pas différente entre les groupes ; à 48h pm les filets des poissons prélevés après le transport (T) sont apparus plus colorés (composantes rouge a* et jaune b* >). La résistance mécanique des filets, mesurée à l'abattage et à 48h pm, a également été impactée avec des valeurs plus faibles après le transport (T), et pour certains paramètres à la fin de période d'abattage (F).

La méthode d'abattage (matraque-saignée vs machine à abattre) a eu peu d'impact sur les paramètres mesurés. Seul le pH des filets, mesurés à 48h pm, avait des valeurs un peu plus faibles pour les truites abattues avec la machine (VM).

Les étapes de pêche et surtout de transport, pendant lesquelles les poissons sont très actifs, affectent donc le pH et la résistance mécanique des filets de truite. La phase d'attente avant l'abattage, au cours de laquelle l'activité de nage est plus faible, semble permettre une certaine récupération après le transport, mais une dégradation de certaines caractéristiques est observée à la fin de cette période d'attente, ce qui peut être dû à la durée d'attente elle-même ou à une activité musculaire plus importante des poissons qui sont contraints d'aller dans le système de pêche.

EVALUATION D'UN NEZ ELECTRONIQUE POUR LA MESURE DE L'« OFF FLAVOR »

Créach Pauline¹, Kot Lucile¹, Foucard Pierre¹, Tocqueville Aurélien¹, Van Cuyck Claire²

¹ITAVI, 7 rue du Faubourg Poissonnière, 75009 Paris.

²CIPA, 132 rue de Paradis, 75010 Paris.

Le phénomène d'« off-flavor » est relatif à une odeur spécifique de 'terre' ou 'moisi', pouvant dégrader sensiblement la qualité organoleptique des poissons. Il est principalement lié à la qualité de l'eau et à l'apparition de composés odorants volatils tels que la géosmine et le méthyl-isobornéol (Robin *et al*, 2006). Actuellement, les méthodes de détection de l'« off-flavor » par analyse sensorielle sont appliquées après l'apparition du problème, dans les produits à transformer ou à commercialiser. Détecter l'off-flavor dans les bassins d'élevage – ou très précocement dans les produits avant transformation- permettrait d'anticiper la prolifération de ces molécules et la mise en place de solutions correctives dès les premiers signaux d'alerte. Des nez et langues électroniques sont développés pour approcher la perception humaine, principalement pour des applicatifs en agroalimentaire. Ils s'appuient sur un ensemble de capteurs de composés volatils (molécules chimiques odorantes) (Créach *et al.*, 2020). L'utilisation de ces appareils pour l'identification de l'« off-flavor » permettrait des mesures plus rapides et plus objectives qu'avec un jury de nez, qui peut ne pas être totalement entraîné sur des odeurs très spécifiques. La portabilité des appareils serait un plus pour un diagnostic encore plus rapide. L'objectif de notre étude est de tester une technologie optique miniaturisée et portative de nez électronique (NeOse d'Aryballes Technologies) basée sur la résonance plasmonique de surface par imagerie (SPRi) pour la détection de l'off-flavor sur matrice poisson et eau. Ce nez fournit une intensité d'odeurs et une signature olfactive de l'échantillon.

Le nez artificiel utilisé présente une très forte sensibilité à l'humidité, qui masque la réponse du nez. Les tests sur matrice eau n'ont donc pas été possible, limitant l'analyse à la matrice poisson. L'appareil n'a pas permis de distinguer les différents échantillons de poisson, qu'ils soient crus, cuits, frais ou congelés, même après une correction de l'eau au signal et l'utilisation d'une plateforme de capteur non sensible à l'eau. Cette dernière plateforme permet pourtant de travailler sur les limites de détection (LOD) plus basse de l'appareil initial. De même l'utilisation d'une résine Tenax TA® pour la concentration de composé organique par rapport à l'eau, n'a pas non plus permis de discerner les échantillons de poisson par rapport à un témoin. La LOD du nez artificiel testé est trop élevée en comparaison avec les teneurs observables dans les échantillons. A ce jour, utiliser ce nez artificiel pour caractériser les lots de poissons avec 'off flavor' ne semble pas adapté. Même si les langues électroniques, utilisées sur une matrice liquide sont actuellement au stade de laboratoire, cette technologie semble plus adaptée pour répondre au besoin identifié en pisciculture. Les langues artificielles pourront faire l'objet de prochain test dans la mesure ou la possibilité de miniaturisation est envisageable pour assurer la portabilité de l'appareil et envisager des mesures *in situ*.

Les auteurs remercient les piscicultures Charles Murgat et Sturgeon qui participent à ce travail en ayant fournis différents échantillons pour assurer les tests.

Références

Créach P., Foucard P., Quentin M., Bouvarel I. ; 2020. Nez et langues électroniques ; quel potentiel de développement pour les productions piscicole et avicole ? Revue TeMa n°56.

Robin J., Cravedi J-P., Hillenweck A., Deshayes C., Vallod D. ; 2006. Off flavor characterization and origin in French trout farming ». Aquaculture 260 : 128-38.

ETUDE DE LA CROISSANCE LARVAIRE CHEZ TROIS POPULATIONS NATURELLES DE BAR (*DICENTRARCHUS LABRAX*) SOUMISES A QUATRE REGIMES THERMIQUES

Damien Crestel^a, Alain Vergnet^a, Marie-Odile Blanc^a, Stéphane Lallement^a, Frédéric Clota^a, François Allal^a, Marc Vandeputte^a

^a MARBEC, Univ. Montpellier, CNRS, Ifremer, IRD, INRAE, Palavas-Les-Flots, France

Dans le contexte climatique actuel, le réchauffement de la surface de la mer Méditerranée est actuellement estimé à 0,4 °C par décennie pour la période 1985-2006 (Nykjaer, 2009) et devrait augmenter entre 2,2 et 3,4 °C jusqu'en 2080 (IPCC, 2021). Comprendre l'impact de ces changements sur la croissance larvaire du bar européen, *Dicentrarchus labrax*, est d'une grande importance, tant pour les populations halieutiques que pour l'aquaculture. Dans cette étude, nous comparons la croissance larvaire de 3 populations sauvages : Atlantique (AT), ouest méditerranéenne (OM) et est méditerranéenne (EM).

Dans une première phase, de 0 à 19 jours post-éclosion, les trois populations, ont été élevées séparées à une même température de 13 °C, et 8 prélèvements ont été réalisés, soit 800 larves pour chaque population. A partir de 19 jours, les trois populations sont élevées en mélange, dans quatre profils thermiques Atlantique (eAT), Méditerranée Ouest (eOM), Méditerranée Est (eEM) et celui appliqué en aquaculture (eAQ). Des prélèvements ont eu lieu à niveau de développement équivalents pour chaque profil. Les larves ont été photographiées sous microscope optique LEICATM M80, analysées avec le logiciel ImageJ (version 1.53a) et le logiciel R (version 3.6.1). De 0 à 19 jours, des différences significatives pour le diamètre des œufs en fonction des populations ont été observées (AT>OM≈EM), ainsi que des différences significatives de taille entre les populations (AT>OM≥EM). Cependant, aucune différence significative n'est observée pour les taux de croissance des populations de 0 à 19 jours ($F_{(2,3)} = 5,588$; $p = 0,0974$). Un effet de la population sur le développement de la vessie natatoire a été constaté. Les prélèvements effectués au-delà de 19 jours sur les populations mélangées, dans les quatre régimes thermiques, nous ont permis de mettre en place un modèle exponentiel de croissance en longueur fonction du temps et de la température d'élevage.

Les différences de croissance et de développement observées entre les populations jusqu'au 19^{ème} jours pourraient potentiellement être liées à la taille initiale des œufs, ou à des conditions de température plus ou moins adaptées à chacune des populations.

Le suivi de croissance des prochains stades, pour chaque profil thermique, en fonction de la population d'origine des larves, pourra démontrer des différences d'adaptation de ces populations aux profils thermiques, en évaluant les paramètres du modèle de croissance spécifiques de chaque population. Les larves des différentes populations, étant élevées mélangées, seront identifiées par assignation de parenté, à partir de marqueurs génétiques.

Références

IPCC. (2021). Climate Change 2021 - The physical science basis. 3949.

Nykjaer, L. (2009). Mediterranean Sea surface warming, 1985–2006. Clim Res 39: 11–17.

ÉVALUATION DES MÉTHODES DE SUIVI ENVIRONNEMENTAL POUR LA GESTION INTÉGRÉE DE L'AQUACULTURE EN MER : UN CADRE THEORIQUE

Bouchemousse Sarah¹, Béguin Ronan^{2,3}, Mathonnet Iroise^{1,2}, Aubin Joël³, Jaeger Christophe³, Le Bris Hervé², Sadoul Bastien², Le Bris Anthony¹, Oms Pierre-Emmanuel¹, Jacquemin Bertrand¹, Michel Rémy¹

¹CEVA, Centre d'Etude et de Valorisation des Algues, 22610 Pleubian, France

²INSTITUT AGRO - INRAE, UMR DECOD, 35000 Rennes, France

³INRAE - INSTITUT AGRO, UMR SAS, 35000 Rennes, France

L'Aquaculture Multi-Trophique Intégrée (AMTI) apparaît comme une alternative intéressante pour le développement durable des activités aquacoles. Basé sur les interactions trophiques entre différents compartiments d'élevage, ce concept vise à réduire l'impact environnemental de l'aquaculture et d'assurer, si possible, un complément de revenu aux producteurs. Ces deux dernières décennies ont vu l'émergence de nombreux projets explorant l'éventail des possibilités offertes par l'AMTI ainsi que les enjeux techniques, économiques, environnementaux et sociaux associées (Chopin, 2012). Le développement de l'AMTI dans les zones côtières est prometteur, mais nécessite de démontrer l'existence d'interactions trophiques entre les différentes activités aquacoles concernées. Par conséquent, nos capacités à décrire les interactions trophiques sont cruciales et nécessitent la mise en place de méthodes qualitatives et quantitatives applicables en milieu ouvert.

Pour répondre à cette problématique, nous présenterons un inventaire des méthodes disponibles pour suivre les interactions trophiques *sensu lato*. Nous avons par la suite sélectionné les outils les plus pertinents pour décrire les systèmes AMTI en mer, en fonction de leurs avantages et limites d'application dans les systèmes ouverts et de leur complémentarité en termes d'informations collectées. Deux types de méthodes ont été retenus :

- Des méthodes directes correspondant à un ensemble de marqueurs trophiques complémentaires : les isotopes stables, le barcoding ADN du contenu digestif, les acides gras et les éléments traces métalliques. Ces marqueurs trophiques permettent de suivre la trace de composants organiques et inorganiques, provenant de fermes de poissons, vers d'autres compartiments aquacoles et les biocénoses présentes dans l'environnement adjacent.
- Des méthodes indirectes correspondant à l'application de modèles de bilan de masse et de modèles de croissance, qui quantifient les échanges de nutriments (*i.e.* flux d'azote et de phosphore) entre les compartiments aquacoles et l'environnement. Cette approche de modélisation vise à établir la contribution des apports de nutriments provenant des élevages de poissons sur la production d'autres compartiments aquacoles, et d'évaluer les conséquences de l'augmentation de la production d'un ou plusieurs compartiments sur les autres élevages.

Les méthodes directes et indirectes retenues sont actuellement en cours d'évaluation dans une zone d'étude, l'estuaire du Trieux (Côtes d'Armor, France). Les résultats fourniront un premier aperçu de la capacité de la démarche à détecter les interactions trophiques entre les activités aquacoles. Ils fourniront des informations pour améliorer la méthode et accompagner les professionnels et autres utilisateurs du domaine maritime à s'approprier le concept d'AMTI.

Référence

Chopin T, et al. (2012) Open-water integrated multi-trophic aquaculture: environmental biomitigation and economic diversification of fed aquaculture by extractive aquaculture. *Rev Aquaculture* **4**, 209-220

EPURVAL 2 : EPURATION ET VALORISATION DES EFFLUENTS PISCICOLES MARINS PAR DES SYSTÈMES INTÉGRÉS MULTITROPHIQUES

Guillermard Marine-Océane¹, Roque d'Orbcastel Emmanuelle², Sadoul Bastien², Husenot Jérôme³, Jacquemin Bertrand⁴, Marfaing Hélène⁴, Barrier-Loiseau Chloé², Evrard Antoine¹, Retailleau Camille¹, Fuhs Mickael⁵, Tocqueville Aurélien¹

¹ ITAVI, institut technique - service aquaculture, 28 Rampe Bouvreuil, 76000 Rouen

² MARBEC, Univ Montpellier, CNRS, Ifremer, IRD, 34200 Sète ou 34250 Palavas-les-flots

³ IKT*HUS consulting, 6 rue du Vieil Hôpital, 85330 Noirmoutier en l'Île

⁴ CEVA, Centre d'Etude et de Valorisation des Algues, 22610 Pleubian

⁵ CIPA, Comité Interprofessionnel des Produits de l'Aquaculture, 32 Rue de Paradis, 75010 Paris

En transformant les rejets piscicoles en ressources, les systèmes AIMT (aquaculture intégrée multi-trophique) pourraient être une voie de développement de la filière piscicole vers des systèmes plus durables, aux productions diversifiées. En partenariat avec des piscicultures marines françaises, des systèmes AIMT ont été mis en œuvre et étudiés.

- Co-culture poissons-algues : L'alimentation de lagunes d'algoculture par des effluents issus d'une éclosion de bars, *Dicentrarchus labrax*, et daurades royales, *Sparus aurata*, a montré une modification de la composition nutritionnelle d'*Ulva rigida* (algue verte). Il a été mis en évidence un enrichissement en protéines et divers éléments minéraux. Des essais de culture d'algue rouge locale, *Porphyra sp.*, ont permis d'aboutir à une production de jeunes stades de vie en laboratoire.

- Co-culture poissons-plantes: L'alimentation de marais artificiels végétalisés par des effluents issus d'élevage de saumons, *Salmo salar*, a permis la croissance de plantes halophiles, comme la salicorne, *Salicornia obscura*, et l'aster maritime, *Tripolium pannonicum*. Leur composition et qualité gustative ont été évaluées. La dénitrification (partielle et complète) semble être le processus prédominant dans l'épuration de l'azote inorganique dissous (majoritairement composé de nitrate). Un temps de résidence de l'effluent de 3 jours dans les marais a permis une meilleure épuration de l'azote inorganique dissous et du phosphore inorganique dissous par rapport à un temps de résidence de 1 jour.

- Co-culture poissons-holothuries : Des spécimens d'*Holothuria tubulosa* ont été placés selon un gradient d'influence d'un élevage en cages en mer de *D. labrax* et de *S. aurata*. Ce gradient a été validé par modélisation de la déposition des effluents et analyse isotopique du sédiment. Après 1 mois, les holothuries ont montré des difficultés à grandir mais des compositions en protéines, lipides et en isotope stable différentes suivant le gradient. En parallèle, des essais en milieu contrôlé ont permis de démontrer qu'*H. tubulosa* est capable de consommer la matière organique issue de rejets piscicoles, indiquant une capacité de bioremédiation de l'espèce. Des données métaboliques ont été récoltées à différentes températures afin de mettre en place un modèle bioénergétique capable d'estimer les capacités de bioremédiation de l'espèce dans un environnement dynamique et variable.

Cette étude montre que la valorisation des effluents piscicoles marins est possible au travers de systèmes AIMT. Des études complémentaires ainsi qu'une analyse technico-économique sont nécessaires afin d'envisager leur application à une échelle de production plus importante.

Remerciements aux structures techniques et sites piscicoles :

CAPENA (Centre pour l'Aquaculture, la Pêche et l'Environnement), Ferme marine de la Baie des Veys, Gloria Maris groupe, Fermes marines du soleil.

Références

Sadoul, B., Caprioli, J.-P., Barrier-Loiseau, C., Cimiterra, N., Laugier, T., Lagarde, F., Chary, K., Callier, M.D., Guillermard, M.-O., Roque d'Orbcastel, E., 2022. Is *Holothuria tubulosa* the golden goose of ecological aquaculture in the Mediterranean Sea? Aquaculture 554, 738149.

Webinaire : AIMT, l'aquaculture multitrophique intégrée en France. Et si on valorisait les rejets de l'aquaculture? (focus projets en milieu salin). Site internet : www.itavi.asso.fr
7e Journées de la Recherche Filière Piscicole
5 et 6 juillet 2022

PLATEFORME D'ÉLEVAGE EN EAU RECIRCULÉE COUPLÉE A UN SYSTÈME AQUAPONIQUE

Combot Doriane, Péliissier Pablo, Goardon Lionel, Gaumé Matthieu, Dumas Victor, Labbé Laurent

INRAE, UE 0937 PEIMA – Barrage du Drennec – 2 9450 – Sizun, France

Dans un objectif d'amélioration de l'utilisation des nutriments piscicoles et dans une idée de bouclage des cycles, notamment de l'azote et du phosphore, principaux produits d'excrétion du métabolisme des poissons, la PEIMA a mis en place un pilote expérimental à grande échelle qui combine des structures d'élevage en eau recirculée et des cultures végétales en aquaponie. L'expertise des équipes INRAE sur les systèmes d'élevages piscicoles en recirculation couplée aux retours d'expérience d'équipes spécialisée dans les cultures végétales hors sol permettent d'explorer de nombreuses questions de recherches sur toutes les thématiques abordées par l'aquaponie. La plateforme **Ar Ster** (Aquaponic and Recirculated System (ter)) est composée d'un système d'élevage en eau recirculée auquel est couplé une serre aquaponique froide de 140 m². Cette plateforme qui a été mise en service fin 2020 à la PEIMA, constitue un ensemble expérimental unique en France et très rare en Europe pour le travail sur les thématiques des systèmes d'élevage en circuits recirculés ainsi que sur celui du traitement et de la valorisation des effluents d'élevage.

La plateforme en eau recirculée est composée 3 salles identiques de 60 m², comprenant chacune 9 bacs d'élevage de 1m³ équipés de pièges à fèces. Sur cette plateforme, les principaux facteurs environnementaux (gestion des gaz, température etc..) sont maîtrisés ce qui nous permet de mener des recherches visant à 1) mieux contrôler le fonctionnement de ce système d'eau recirculée qui permet d'augmenter la productivité d'un élevage tout en limitant son impact environnemental et 2) mieux comprendre l'impact de ces nouveaux systèmes sur les caractéristiques phénotypiques (croissance, qualité, reproduction, bien-être) des poissons en élevage dans le cadre d'une production durable.

Les effluents de cette plateforme alimentent une serre aquaponique qui est constituée de 18 micro parcelles. Chaque micro parcelle peut être équipée avec les principaux systèmes de culture présents en aquaponie (radeaux profond, NFT, radeau sur gouttière, goutte à goutte, culture sur substrat inerte, culture sur gravier calcaire etc..). Chacune des salles d'élevage peut alimenter chaque fosse d'irrigation de la serre qui peut elle-même irriguer n'importe quelle parcelle. Chaque parcelle peut être couplée à n'importe laquelle des salles d'élevage ou découplée. Dans ce système nous sommes à même de mesurer l'impact des conditions d'élevage (taux de fermeture du système, aliment, densité d'élevage etc..) sur la croissance des végétaux mais aussi de tester différents systèmes de culture et leur combinaison. Cet équipement sert actuellement de support à plusieurs projets de recherche financés sur fonds européens (FEAMP Aquapony, FEAMP Red Out, TNA aquaexcel).

Cette plateforme a été construite dans le cadre du CPER 2015-2020 avec le concours financier de l'INRAE, de l'état, de la région Bretagne et du conseil départemental du Finistère.

LES HAUTES TEMPERATURES EN PHASE JUVENILE FAVORISENT LA CROISSANCE ET LA DIFFERENTIATION FEMELLE DU BAR (DICENTRARCHUS LABRAX L.)

F. Clota¹, B. Geffroy¹, A. Vergnet¹, M.O. Blanc¹, S. Lallement¹, F. Ruelle¹, A. Goikoetxea¹, M. Leitwein¹, F. Allal¹ and M. Vandeputte¹.

¹ MARBEC, Univ Montpellier, CNRS, Ifremer, IRD, INRAE, Palavas-les-Flots France

Avec plus de 235000 tonnes produites en 2018, le bar est une espèce majeure pour la pisciculture marine méditerranéenne. Au stade commercial, le poids des femelles dépasse de 20 à 30% celui des mâles et leur maturité sexuelle est atteinte un an après ceux-ci. Cependant, bien que proches de l'équilibre dans le milieu naturel, les sexe-ratios observés en élevage, s'avèrent, fréquemment déviés en faveur des mâles, de 75 à 95 %. Le contrôle du sexe représente donc un enjeu clé pour les éleveurs. La difficulté provient du caractère complexe du déterminisme sexuel du bar, qui associe à la fois, un effet génétique de type polygénique, sans chromosome sexuel et un effet de la température. Chez le bar, les hautes températures (>17°C) appliquées en phase larvaire précoce, produisent une majorité de mâles. Alors que les basses températures (≤17°C) favorisent un développement femelle (Pavlidis et al. 2000). Cependant, une étude récente a montré que les basses températures appliquées tardivement (entre 90 et 244 jours), avaient un effet opposé, favorisant le phénotype mâle, mettant en évidence une seconde période thermosensible (Vandeputte et al. 2020). La présente étude avait pour but de tester l'effet des hautes températures appliquées tardivement après une première phase froide sur le phénotype sexuel du bar. Pour cela, des larves ont été traitées à 16°C, depuis l'éclosion jusqu'à la fin de la première période thermosensible soit 90 jours. Après quoi elles ont été transférées dans 4 circuits composés chacun de 4 bacs de 110 L, aux températures respectives de 19 ; 21 ; 23 et 25°C, à raison de 240 poissons par bac, jusqu'à ce qu'ils atteignent 8cm environ (1500°jour/base 10), stade où le sexe est définitivement fixé. Ils ont ensuite été élevés à 22-23 °C jusqu'à 409 jours, date à laquelle les poissons (N=1926) ont été abattus, mesurés, pesés et sexés.

Les résultats montrent un effet hautement significatif ($P < 0,0001$) de la température tardive sur la sex-ratio. Avec des proportions de femelles obtenues de 30% à 19°C, 36% à 21°C, 44% à 23°C et 49% à 25°C. La probabilité d'obtenir une femelle aux fortes températures (23-25°C) est double de celle observée à 19°C. Enfin on observe un effet à long terme du traitement thermique sur la croissance avec des poids moyens finaux (à 409 DPH) de 101 ± 1.92 g ; 107 ± 1.98 g ; 124 ± 1.92 g et 119 ± 2.13 g, pour les groupes initialement traités à 19 ; 21 ; 23 et 25°C respectivement. Ainsi nous proposons d'élever les bars à 16°C en phase larvaire, jusqu'à 90 jours, puis à 23°C en phase post-larvaire et juvénile jusqu'à 160 DPH afin d'augmenter à la fois la croissance et le taux de femelles dans les élevages. Ceci cumulé avec des techniques récentes s'appuyant sur la sélection génétique ou les densités d'élevage pourrait nous permettre d'envisager de futurs élevages mono-sexe femelle chez le bar.

Références

Pavlidis, M., Koumoundouros, G., Sterioti, A., Somarakis, S. Divanach, P., Kentouri, M., 2000. Evidence of temperature-dependent sex determination in the European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). The Journal of Experimental Zoology 287, 225-232.

Vandeputte et al. 2020. Low temperature has opposite effects on sex determination in a marine fish at the larval/post-larval and juvenile stages. Ecol. Evol.10:13825-13835.

VERS LA PRODUCTION DE POPULATIONS D'ESTURGEON SIBERIEN (*ACIPENSER BAERII*) MONOSEXE FEMELLE

**Bestin Anastasia¹, Bonpunt Emmanuel², Debeuf Bastien³, Mauduit Christophe²,
Malledant Arnaud³, Patrice Pierre¹, Haffray Pierrick¹, Guiguen Yann⁴**

¹SYSAAF - INRAE-LPGP, Campus de Beaulieu, Bât.16A - 35042 – Rennes, France

²L'Esturgeonnière, 10 rue de Pirac – 33470 – Le Teich, France

³Sturgeon, 29 Rue de Carillon – 17240 – Saint-Fort-sur-Gironde, France

⁴LPGP, INRAE, Campus de Beaulieu, Bât.16A – 35042 – Rennes, France

Le projet SIBERSEX (n° PFEA470017FA1000015 financé par le FEAMP et FranceAgriMer) vise à l'amélioration de la filière caviar chez l'esturgeon sibérien (*Acipenser baerii*) par un contrôle génétique de la production de populations monosexes femelles. Il est en effet intéressant pour la filière esturgeon de pouvoir disposer, à biomasse équivalente, de plus de femelles qui sont les seules à fournir du caviar. Cette présentation n'évoquera pas la partie du projet ayant abouti à un outil de sexage génétique de l'esturgeon, mais détaille le mode d'obtention de « super-femelles » (WW) qui, croisées avec des mâles (ZZ) de façon classique, génèreraient une descendance 100% femelle (ZW).

Des géniteurs d'esturgeon sibérien des entreprises Esturgeonnière et Sturgeon ont été utilisés pour la production de lots gynogénétiques, c'est-à-dire d'individus dont le génome n'est constitué que du génome maternel. L'apport d'ADN paternel au moment de la fécondation est empêché grâce à l'irradiation du sperme. La restitution du nombre viable de chromosomes est permise par la rétention du globule polaire de l'ovocyte juste après la fécondation, suivant les préconisations ci-dessous.

Le sperme prélevé est dilué dans une solution de Storfish (IMV, France) diluée au 28^{ème}, versé en fine couche (< 3mm) dans une boîte de Petri placée sur un agitateur magnétique, placée sous une lampe à UV (254 nm), puis irradiée jusqu'à ce que l'exposition atteigne 0,060 J/cm² (contrôlable à l'aide d'un radiomètre). Ce sperme irradié (en utiliser trois fois plus que pour des fécondations habituelles) est alors utilisé pour féconder les ovocytes d'une femelle. Les œufs fécondés doivent alors être très rapidement placés à 3°C ± 0,5°C pendant 1h avant d'être disposés en incubateur.

Le même sperme a été utilisé « en frais » en parallèle pour féconder les mêmes ovocytes que pour la création des lots gynogénétiques, mais sans irradiation et sans traitement thermique froid de façon à disposer de témoins.

L'irradiation du sperme n'affecte pas la fécondance des spermatozoïdes, et des taux classiques de fécondation peuvent être obtenus suite à l'irradiation. En revanche, le taux d'éclosion est plus faible chez les gynogénétiques que chez les témoins (potentiellement uniquement 2% d'éclosion). Passée cette étape critique de l'éclosion et de la résorption vitelline, les mortalités en élevage des gynogénétiques ne diffèrent pas des témoins, et les individus ne semblent pas présenter de troubles comportementaux, ni être plus affectés par les malformations et les pathologies que les témoins. Les individus gynogénétiques sont toujours en élevage. Il faudra attendre la période de reproduction de l'hiver 2023-2024 pour évaluer les performances des premières femelles maturantes au caviar, et aussi à la reproduction. Bien que la profession dispose à présent d'un outil de sexage génétique des femelles, des travaux sont toujours en cours afin de concevoir un outil génétique qui permettrait de détecter les « super-femelles » parmi ces femelles gynogénétiques, et donc d'assurer une descendance 100% femelle (ZW).

METHODE INNOVANTE ET NON-INVASIVE POUR EVALUER LE STADE DE DEVELOPPEMENT DES OVOCYTES CHEZ LA TRUITE ARC-EN-CIEL

Segret Emilien^{1,2}, Cardona Emilie^{1,3}, Skiba-Cassy Sandrine³, Cachelou Frédéric², Bobe Julien¹

¹ INRAE, Laboratoire de Physiologie et de Génomique du Poisson, F-35000 Rennes, France.

² Viviers de Sarrance, 64490 Sarrance, France.

³ INRAE, Univ. Pau & Pays Adour, E2S UPPA, NUMEA, 64310, Saint-Pée-sur-Nivelle, France.

Email : e.segret9@gmail.com

Chez le poisson, plusieurs événements concomitants se déroulent dans les tissus folliculaires lors des dernières phases de la vitellogenèse et lors de la maturation ovocytaire. L'ovocyte, enfermé dans les tissus folliculaires, acquiert progressivement les compétences nécessaires à la reprise de la méiose, alors que les tissus folliculaires se transforment pour libérer l'ovocyte des enveloppes somatiques au cours de l'ovulation. La maturation ovocytaire chez les poissons est associée à une hydratation des ovocytes, aboutissant à une augmentation significative du volume de ces derniers. Immédiatement après, les ovocytes sont ovulés (expulsé dans la cavité abdominale). Chez la truite arc-en-ciel *Oncorhynchus mykiss* les changements phénotypiques ayant lieu lors de la maturation des ovocytes sont assez bien décrits. Être capable de prédire la date d'ovulation est un sujet d'intérêt à la fois pour la recherche et pour les professionnels du secteur. Cet objectif peut être atteint en surveillant l'apparition de ces changements phénotypiques en amont de l'ovulation. Jusqu'ici, cette surveillance ne pouvait être effectuée que par des échantillonnages sériés de follicules (biopsie) sur poissons anesthésiés. Cette méthode est invasive pour la femelle et très demandeuse en temps pour l'opérateur. Le but de cette étude a été d'évaluer la faisabilité d'une méthode efficace, rapide et non-invasive pour évaluer le stade de développement des ovocytes pendant la maturation ovocytaire finale.

Cette méthode, basée sur l'échographie, a été testée sur 57 individus de truite arc-en-ciel femelles dans la période précédant directement leur seconde ponte. Un échographe M-Turbo (Sonosite) et une sonde linéaire 5-10MHz ont été utilisés. Les poissons anesthésiés ont été placés dans un bac en plastique pendant une courte durée et des images sagittales de la cavité abdominale ont été obtenues. Afin de valider les observations faites grâce à l'échographe, des validations par biopsie et observation à la loupe binoculaire ont été réalisées, utilisant les descriptions des évolutions phénotypiques des ovocytes au moment de la maturation ovocytaire faites dans la littérature.

Cette étude révèle que les ovocytes en fin de vitellogenèse apparaissent blancs et brillants à l'écran, avec une délimitation indistincte. Chez les ovocytes post-vitellogénique, on observe l'apparition d'une masse centrale sombre correspondant à l'éclaircissement de l'ovocyte due à l'hydratation de ce dernier. Cet assombrissement central continue jusqu'à la maturation ovocytaire et finalement les ovocytes matures présentent à l'écran une fine couche périphérique brillante, entourant un espace totalement sombre. Ces ovocytes ont un diamètre important et une délimitation claire. Dans 100% des cas (n=57 poissons), l'observation directe sous loupe binoculaire a confirmé les estimations faites grâce à l'échographe. Cette méthode a ensuite été utilisée pour mesurer la durée de la maturation ovocytaire finale et pour établir une cinétique des phases de maturation. En résumé, nous avons développé une méthode innovante, robuste et non-invasive, répondant à un besoin à la fois expérimental et professionnel.

CARACTERISATION DES PONTES DES LIGNEES EXPERIMENTALES AUTOMNALES ET PRINTANIERES DE LA PISCICULTURE EXPERIMENTALE INRAE DES MONTS D'ARREE (PEIMA)

**Bugeon Jérôme¹, Geslin Florian², Goardon Lionel², Kerneis Thierry², Coupé Jean-Marc²,
Guyvarc'h François², Teisseire Elisa¹, Labbé Laurent², Cardona Emilie¹, Bobe Julien¹,
Lefèvre Florence¹**

¹ INRAE, UR 1037 LPGP - Campus de Beaulieu - Bât 16A - 35042 – Rennes, France

² INRAE, UE 0937 PEIMA – Barrage du Drennec – 29450 – Sizun, France

Le projet QualiPostOv visait à décrire l'évolution des qualités post-ponte chez la truite et à identifier des conditions pouvant affecter leur restauration. L'investissement des femelles dans la ponte (nombre et masse d'œufs) était un facteur potentiel. Nous avons donc caractérisé, à la PEIMA, les pontes des souches automnales (Aut) en 2017 (n=688) et 2019 (n=547 dont 1/3 rationné à 80% de la table d'alimentation pendant 4 mois avant la ponte), et celles des printanières (Prn, n=348), et des lignées grasses (Gra, n=374) et maigres (Mai, n=286), qui en sont issues par sélection divergente sur l'adiposité mesurée par le Fat-meter[®], en 2021.

Au moment de la ponte, les truites ont été caractérisées en termes de poids, avant et après la ponte, longueur et adiposité évaluée par le fat-meter[®]. Les poids de la ponte et du liquide cœlomique ont été enregistrés, et un prélèvement d'œufs a permis d'évaluer le nombre total d'œufs, le nombre d'œufs blancs, le diamètre individuel et le poids moyen des œufs, 24h après hydratation, pour chaque femelle grâce à l'outil VisEgg (1).

La période de ponte s'étale de la semaine 42 à 48 pour les Aut, et de la semaine 12 à 20 pour les Prn. Pour les Aut, le poids de ponte (en % du poids de la femelle) et le diamètre des œufs augmentent avec la date de ponte (ddp) tandis que le pourcentage d'œufs blancs diminue avec la ddp. Une augmentation de la fécondité absolue (nombre d'œufs/femelle) et relative (nombre d'œufs/g de femelle) avec la ddp a été observée en 2019 mais pas en 2017. Le poids des truites varie peu avec la ddp mais les truites qui pondent tardivement ont une adiposité plus faible que celles qui pondent précocement. Le rationnement des femelles avant la ponte (en 2019) semble avancer le pic de ponte d'une semaine, diminue le poids des femelles et la fécondité absolue, mais n'affecte ni la fécondité relative, ni la taille des œufs et le pourcentage d'œufs blancs.

Pour les lignées printanières (Prn + Gra + Mai), le poids des femelles diminue avec la ddp, de même que leur coefficient de condition K (=poids/longueur³) et leur adiposité. Le poids de la ponte (en % du poids de femelle), et les fécondités absolues et relatives augmentent avec la ddp, tandis que le diamètre des œufs diminue et le pourcentage d'œufs blancs, bien que très faible, augmente. De très grosses différences ont été mesurées entre les lignées divergentes Gra et Mai. Les Gra ont un poids de ponte très inférieur aux Prn et aux Mai, et plus d'œufs blancs, et les Mai ont des fécondités absolues et relatives très supérieures aux deux autres lignées.

Ces mesures ont montré que le poids de ponte et le nombre d'œufs augmentent avec la ddp quelle que soit la lignée. Par contre, si la qualité des œufs (diamètre et % d'œufs blanc) varie avec la ddp, cela semble plus lié à un effet de la température de l'eau puisque des résultats opposés sont obtenus entre les souches Aut (température décroissante avec la ddp) et Prn (température croissante avec la ddp). La mise en relation de ces résultats avec l'altération des qualités des produits au moment de la ponte pourrait fournir des critères prédictifs d'évolution post-ponte des qualités des produits.

Travaux financés par le FEAMP QUALIPOSTOV n° PFEA470017FA1000012

Référence

1 : Cardona, E., Bugeon, J., Segret, E., & Bobe, J. (2021). VisEgg: a robust phenotyping tool to assess rainbow trout egg features and viability. *Fish Physiology and Biochemistry*, 47(3)

AQUAEXCEL3.0 : UNE OPPORTUNITE POUR NOUER DES COLLABORATIONS A L'ETRANGER EN R&D AQUACOLE

M. Vandeputte¹

¹ MARBEC, Univ Montpellier, CNRS, Ifremer, IRD, INRAE, Palavas-les-Flots France

Le projet AQUAEXCEL3.0 (<https://aquaexcel.eu/>) met en réseau les infrastructures de recherche aquacoles de 19 partenaires européens, dans le but d'améliorer la recherche aquacole en Europe. La principale activité du projet est aujourd'hui l'ouverture de ces installations à des opérateurs de R&D d'autres pays, une procédure appelée accès transnational (TNA, pour Trans National Access en anglais).

Toute structure de R&D publique, privée de même que des entreprises, peuvent y soumettre des projets, avec un appel d'offres ouvert en permanence jusqu'au début 2025. Les projets sont soumis en ligne et évalués ensuite par des experts sur l'excellence scientifique, les résultats attendus, la qualité de l'équipe proposante et la pertinence pour le développement de l'aquaculture européenne. Une grille particulière est appliquée aux projets soumis par des entreprises, où l'impact possible sur la filière a une place plus importante. Quand un projet d'accès est sélectionné, AQUAEXCEL3.0 couvre tous les frais expérimentaux, ainsi que les frais de déplacement et de séjour dans l'infrastructure d'accueil, ce qui permet de nouer facilement des collaborations avec les structures de recherche à l'étranger. Ce dernier aspect est important, en effet, comme son nom l'indique, l'accès est transnational, destiné à renforcer le maillage de la recherche européenne, et il est donc nécessaire pour que le projet soit finançable qu'il ait lieu dans un autre pays que celui de l'utilisateur.

La gamme des installations ouvertes à l'accès est très large (40 infrastructures différentes) et couvre toutes les espèces de l'aquaculture européenne (poissons, mollusques, algues), ainsi que la majorité des disciplines (génétique, nutrition, physiologie, pathologie, technologie, ...)

Il faut aussi noter que les possibilités sont nombreuses, les deux projets précédents AQUAEXCEL et AQUAEXCEL2020 ayant financé respectivement 97 et 136 projets d'accès transnational. Près de 200 projets sont prévus au cours du projet AQUAEXCEL3.0.

Les dossiers sont simples et rapides à remplir (quelques pages), instruits en 3-4 mois, avec un taux de succès élevé (pour l'instant > 70%), c'est donc clairement une opportunité à saisir, pour des projets courts (en général < 3 mois) permettant de tester une idée ou d'établir une collaboration dans le concret.

Tous les détails peuvent être retrouvés sur <https://aquaexcel.eu/transnational-access/>

Le projet AQUAEXCEL3.0 (GA 871108) est financé par le programme cadre de recherche et d'innovation Horizon 2020 de l'Union Européenne.

SEPURE : DE NOUVELLES SOLUTIONS D'EMPOISSONNEMENT POUR LES ETANGS EN FRANCE

**Aubin Joël¹, Thomas Marielle², Lecocq Thomas², Robin Joël³, Tocqueville Aurélien⁴,
Laithier J sabel⁴, Pannard Alexandrine⁵, Coudreuse Julie⁶, Roucaute Marc¹, Jaeger
Christophe¹, Wilfart Aur lie¹, Quentin Latourre¹, Maillot Marie¹, Corson Michael¹**

¹ UMR SAS, INRAE, Institut Agro, 35000 Rennes, France

² UR AFPA, Université de Lorraine, INRAE, 54 001 Nancy, France

³ ISARA, Agroecology and Environment Unit, University of Lyon , 69364 Lyon

⁵ Université de Rennes 1, UMR 6553 CNRS Ecobio, 35000 Rennes

⁶ Institut-Agro, Agrocampus-Ouest, 35000 Rennes, France

Les étangs d'eau douce sont des agroécosystèmes qui fournissent d'importants services écosystémiques (SE) aux territoires, notamment en accueillant une biodiversité reconnue. En France, la faible rentabilité des étangs d'eau douce pour la production piscicole fait courir le risque qu'ils soient abandonnés, et donc que les SE qu'ils fournissent disparaissent. De plus, les pratiques de gestion des étangs en France sont peu documentées, tout comme leur influence sur la productivité des étangs et la fourniture des SE.

Le projet SEPURE, financé par le FEAMP, vise à recommander de nouvelles pratiques d'empeissonnement pour répondre aux attentes des pisciculteurs et à mieux comprendre les relations entre les pratiques de gestion, la biodiversité et les SE. Il rassemble des scientifiques de différents horizons (agronomie, écologie, biologie, modélisation, sciences de l'environnement) pour mettre en relation les pratiques des éleveurs, les performances économiques et environnementales et la réponse des étangs en suivant la qualité de l'eau, le phytoplancton, le zooplancton, les macro-invertébrés benthiques, les macrophytes aquatiques et les communautés de poissons. Après avoir rassemblé les données disponibles sur les peuplements et la pêche, une enquête a été réalisée et des réunions ont été organisées avec des pisciculteurs dans trois zones d'étangs emblématiques en France : Dombes, Lorraine et Brenne-Sologne. A partir de l'analyse des contextes et des attentes des producteurs, des scénarios d'empeissonnement ont été élaborés. Sur 10 sites de production, les pisciculteurs ont appliqué ces scénarios, et les pratiques et les écosystèmes ont été suivis. Les performances des expériences menées en 2021 sont en cours d'analyse et une deuxième année d'expériences a débuté en 2022.

Onze scénarios avec différents mélanges d'espèces ont été co-conçus avec les pisciculteurs. Ils ont pris en compte de nombreux paramètres, tels que la complémentarité des espèces en fonction de leurs traits trophiques et comportementaux (Lecocq et al., 2019), la disponibilité en eau, la température de l'eau en été, l'existence de marchés locaux et nationaux, la présence de végétation immergée, la profondeur des étangs, les pratiques d'alimentation et de chaulage et l'utilisation des étangs pour d'autres activités (par exemple la chasse). Ainsi, les scénarios d'empeissonnement étaient diversifiés et couvraient plusieurs objectifs, tels que la maximisation de la production de carpes, l'augmentation de la rentabilité, le fait de permettre aux plantes aquatiques de se développer pour augmenter la disponibilité de l'habitat pour la faune, et l'application des concepts chinois du réseau trophique

Les nouvelles données générées par le projet SEPURE devraient contribuer à soutenir la prise de décision pour le développement futur du secteur des étangs et aider à maintenir cette activité économique dans les territoires.

Référence

Lecocq T., Benard A., Pasquet A., Nahon S., Ducret A., Dupont-Marin K., Lang I., Thomas M., 2019. TOFF, a database of traits of fish to promote advances in fish aquaculture. Sci Data. 6, 301.

BIOLOGIE ET BIG DATA, UNE APPROCHE INNOVANTE POUR ANTICIPER DIFFERENTS RISQUES EN AQUACULTURE

Lucas Schaeffer¹, Arthur Tré-Hardy¹, Nicolas Prost¹, Romain Pete², Sébastien Mas³, Florence Bouillé-Chada⁴, Maxime Paris¹

¹ BIOCEANOR SAS, 1360 route des dolines, les Cardoulines B3, 06560, Valbonne, France

² SMBT, 328 Quai des Moulins, 34200 Sète, France

³ OSU-OREME, 2 Rue des Chantiers, 34200 Sète, France

⁴ CLS, 11, rue Hermès, Parc Technologique du Canal 31520 Ramonville Saint-Agne, France

Face à la multiplication des phénomènes naturels néfastes et des épisodes infectieux, la filière aquacole dans le monde, connaît différentes crises sanitaires majeures (Garcia *et al.* 2011).

Ces sont les problématiques au cœur de l'entreprise Bioceanor : allier la biologie et l'analyse de données avec des approches innovantes (e.g. Machine Learning, big data (Lafont *et al.* 2019)) afin de développer des outils concrets déployables pour les aquaculteurs, instituts de recherche ou toute entité ayant intérêt pour ces problématiques.

C'est le cas notamment de la conchyliculture qui depuis 2008 en France fait face à différents phénomènes ayant des conséquences désastreuses sur les élevages, (i.e. comme les infections microbiennes ou les crises anoxiques (appelées « malaïgue ») (Hamon *et al.* 2003)) entraînant une raréfaction rapide de l'oxygène du milieu, vital pour les organismes. Au-delà des effets néfastes pour l'aquaculture, c'est bien souvent tout l'environnement local qui s'en trouve impacté.

Au-delà de la conchyliculture, les milieux lagunaires comme l'étang de Thau (France) sont de véritables réservoirs de biodiversité, directement impactés par ces phénomènes. Le projet SENSITHAU, mis en place sur la lagune de Thau, véritable symbole économique de la conchyliculture française, vise à intégrer une base de données écosystémique, pour une gestion intégrée de la lagune, alliant écologie, risques sanitaires et production conchylicole. Regroupant plusieurs partenaires, le projet SENSITHAU vise au déploiement de plusieurs capteurs *in situ* mesurant une large gamme de paramètres physico-chimiques en temps réel et à haute fréquence. A partir des données issues du suivi *in situ*, de l'échantillonnage et du satellite, le projet s'articule autour de 2 axes : - Déploiement d'un réseau de télémétrie *in situ* sur différents paramètres de l'eau du lagon - Développement d'algorithmes prédictifs pour anticiper les risques associés aux épisodes de (i) anoxies, (ii) contaminations microbiennes et efflorescences algales. Les services développés sont aujourd'hui des modèles utilisés au quotidien par les conchyliculteurs de la lagune pour comprendre et anticiper les risques pour leurs élevages. Véritable outil innovant, les services permettent de pouvoir anticiper des crises et de piloter le management en regard des prévisions (Trotignon *et al.* 2020).

Références

Garcia C, Thébault A, Dégremont L, Arzul I, Miossec L, Robert M, Chollet B, François C, Joly J, Ferrand S, Kerdudou N, Renault T (2011) Ostreid herpesvirus 1 detection and relationship with *Crassostrea gigas* spat mortality in France between 1998 and 2006. *Vet Res* 42:1–11

Hamon P-Y, Vercelli C, Pichot Y, Lagarde F, Le Gall P, Oheix J. Les malaïgues de l'étang de Thau. Tome 1. Description des malaïgues. Moyens de lutte, Recommandations.

Lafont M, Dupont S, Cousin P, Vallauri A, Dupont C (2019) Back to the future: IoT to improve aquaculture: Real-time monitoring and algorithmic prediction of water parameters for aquaculture needs. *Global IoT Summit (GIoTS)*, 1-6

Trotignon D, El-Farsi A, Schaeffer L, Lafont M, Dupont S, Dupont C (2020). Machine learning for aquaculture, improving water quality management and use predictive maintenance to ensure data reliability. *Aquaculture Europe 2020 conference*.

QUELLE INFORMATION SUR LA PISCICULTURE REÇOIVENT ET SOUHAITENT LES CONSOMMATEURS EUROPÉENS ?

C. Mariojouis^{1*}, T. Latvala², R. Ginés³, L. Muller⁴, A. Kause²

¹ AgroParisTech, UMR SAD-APT, University Paris-Saclay, France

² Natural Resources Institute Finland (Luke), Finland

³ Universidad de las Palmas de Gran Canaria (ULPGC), Spain

⁴ Grenoble Economics Applied Lab (GAEL), France

Email: catherine.mariojouis@agroparistech.fr

Introduction et objectifs : Pour de nombreux consommateurs, l'aquaculture n'est pas un secteur de production alimentaire bien connu (Fernández-Polanco & Luna, 2012). Pour étudier les moyens potentiels d'accroître la sensibilisation, nous avons évalué les perceptions des consommateurs sur l'information qu'ils reçoivent actuellement sur la pisciculture et leurs souhaits d'information pour le futur. Les résultats sur leur perception des pratiques d'élevage sont présentés dans une communication.

Approches : Pour identifier les questions clés à étudier, lors d'un atelier initial nous avons recueilli les avis des partenaires du programme, chercheurs et professionnels. Une étude qualitative a été réalisée lors de cinq focus groupes de consommateurs en Finlande, France et Espagne (Mariojouis et al., 2021). Une étude quantitative a été réalisée par enquête en ligne auprès d'un échantillon représentatif (415 personnes par pays) avec un questionnaire conçu à partir des résultats de l'étude qualitative. Sur les informations concernant la pisciculture, il a été demandé aux répondants l'état de leur information, les sources, la qualification de l'information reçue, puis dans un deuxième temps leurs souhaits sur une information future, en matière de thèmes et de canaux.

Résultats : Les consommateurs ont une connaissance assez faible de la pisciculture : ils déclarent en majorité qu'ils connaissent "un peu" la pisciculture (47% en moyenne sur les 3 pays, mais 40% en France, niveau le plus bas), 33% disent ne pas la connaître du tout (mais 41% en France, niveau le plus haut), et la fraction déclarant la connaître "bien" ou "très bien" représente 14% en Finlande, 20% en France, 24% en Espagne.

Sur les sources des informations sur la pisciculture, la télévision est la première en France (pour 55% des enquêtés) et en Espagne (44%) mais pas en Finlande (35%) où des sources diversifiées sont citées. L'information reçue est qualifiée par la plupart des répondants de « neutre », mais plus en Finlande (59%), moins en Espagne (46%) et en France (34%), et la deuxième qualification choisie est « plutôt positive » en Espagne (23%) et en Finlande (18%), mais « plutôt négative » en France (25%).

Dans les trois pays, les informations disponibles sur la pisciculture sont jugées insuffisantes par la plupart des répondants (Finlande 54%, France 61%, Espagne 60%). Il y a un intérêt clair pour recevoir des informations sur la pisciculture et la plupart des répondants les considèrent comme utiles, en particulier en Espagne (84% pour le total « très utile » et « utile ») mais également en Finlande (70%) et en France (67%). Tous les thèmes proposés éveillent un intérêt (aspects techniques, réglementation & contrôles, origine et qualité nutritionnelle du poisson, intérêt économique) avec diverses priorités selon les pays, la France affichant un intérêt particulièrement fort pour l'aliment, la gestion de l'eau, réglementation & contrôles, origine. Les canaux souhaités varient aussi selon les pays, en France sont privilégiés les posters chez les poissonniers, en deuxième niveau les dépliants chez les poissonniers et les visites de ferme, et en troisième niveau les QR codes et textes sur l'emballage.

Nos résultats montrent le besoin d'une diffusion aux consommateurs d'informations sur de nombreux sujets concernant la pisciculture, sous des formes adaptées au sujet et à la population de chaque pays.

Financement : Travaux faisant partie du programme européen AquaImpact, H2020 n° 818367.

Références

Fernández-Polanco, J. & Luna, L. 2012. Factors affecting consumers' beliefs about aquaculture, *Aquaculture Economics & Management*, 16:1, 22-39, doi: 10.1080/13657305.2012.649047

Mariojouis C., Latvala T., Gines R., Muller L. 2021. Do consumers want information about aquaculture? Communication, *Aquaculture Europe 2020*, Online conference April 12-15, 2021. Abstract, 2p.

L'ENRICHISSEMENT DU MILIEU AMELIORE LE BIEN-ETRE DE LA TRUITE

Brunet Valentin^a, Kleiber Aude^{a,b}, Moreau Emmanuelle^c, Fournel Catherine^c, Pineau Lionel^c, Calvez Ségolène^c, Milla Sylvain^d, Aurélien Tocqueville^e, Colson Violaine^a

^a INRAE, LPGP, Campus de Beaulieu, 35042 Rennes, France

^b JUNIA, CASE, 59000 Lille, France

^c INRAE, Oniris, BIOEPAR, 44300, Nantes, France

^d Université de Lorraine/INRAE, AFPA, 54505, Vandoeuvre-lès-Nancy, France

^e ITAVI, 7 rue du Faubourg Poissonnière, 75009 PARIS, France

L'enrichissement physique de l'environnement a pour but de complexifier l'environnement des animaux captifs afin d'améliorer leurs conditions de vie. Nous avons évalué l'impact de l'enrichissement des bassins de truites arc-en-ciel par la présence de plantes, de galets et d'abris sur différents indicateurs du bien-être basés sur trois approches : le comportement naturel, le maintien des fonctions biologiques et la sensibilité émotionnelle. Des truites ont été réparties en deux groupes expérimentaux (E : conditions enrichies vs NE : non enrichies) et leur comportement a été analysé pendant la phase d'élevage, ainsi que leurs performances de croissance et leur statut immunitaire. Nous avons évalué la réactivité émotionnelle des individus isolés en environnement nouveau en mesurant leurs comportements de peur et le cortisol plasmatique. La témérité et la néophobie des poissons ont également été évaluées vis-à-vis d'un nouvel objet. Nous avons montré que l'enrichissement de l'habitat diminuait l'expression des comportements agonistiques et améliorait la croissance, sans impacter le statut immunitaire des poissons. Les tests comportementaux ont permis de montrer que l'enrichissement développait les comportements exploratoires et réduisait la néophobie des truites face à un nouvel objet. De plus, les poissons E ont manifesté moins de comportements de peur que les NE lorsqu'ils étaient isolés dans un nouveau bassin avec une élévation du cortisol plasmatique similaire entre les deux traitements. Ces résultats montrent que la complexification de l'environnement par l'ajout de structures physiques qui stimulent et encouragent les poissons à explorer leur habitat améliore le bien-être des truites arc-en-ciel en élevage d'après une approche à la fois naturelle, fonctionnelle et émotionnelle.

7es Journées de la Recherche Filière Piscicole

Paris, les 5 et 6 juillet 2016

Vous retrouverez tous les éléments concernant les JRFP sur le site :

<https://evenements.itavi.asso.fr/evenement/7emes-journees-de-la-recherche-piscicole>



Pour toute question :

Anne PLANTIÉ-ROUX | communication@itavi.asso.fr

Aurélien TOCQUEVILLE | tocqueville@itavi.asso.fr