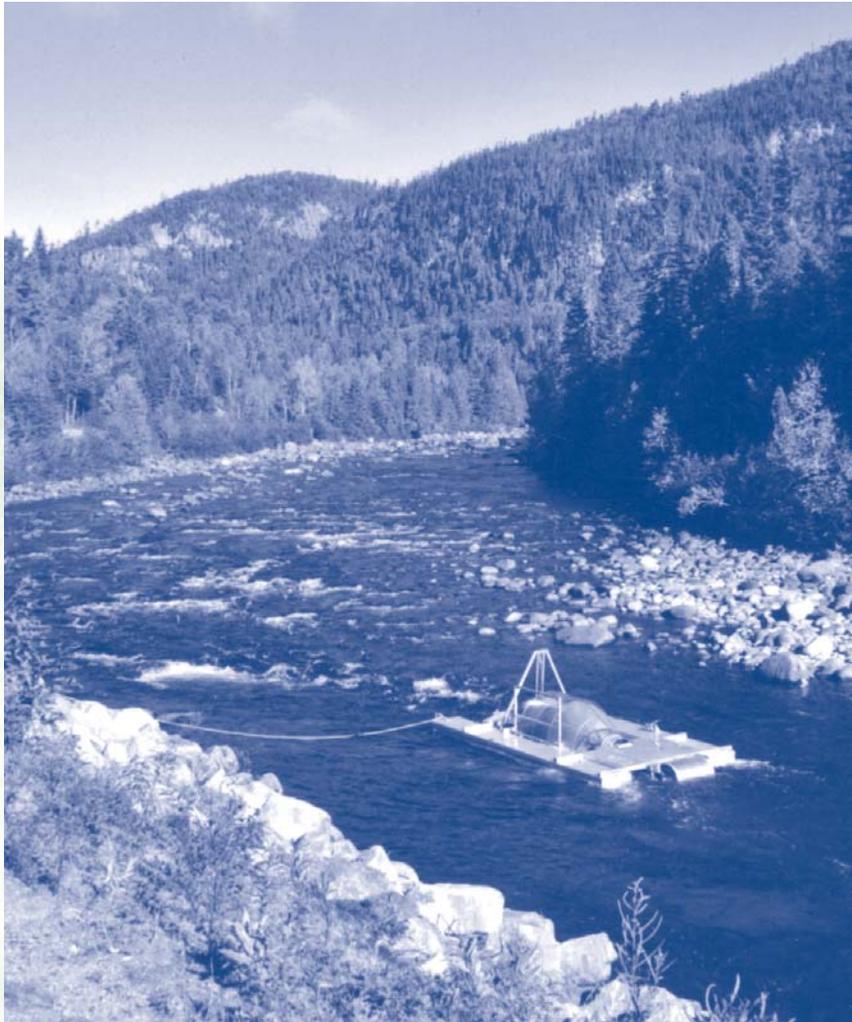


Rapport Annuel Annual Report 2004-2005



CENTRE INTERUNIVERSITAIRE
DE RECHERCHE SUR LE
SAUMON ATLANTIQUE

MEMBRES ET PERSONNEL

MEMBERS AND STAFF

Membres titulaires / *Principal investigators*

Dr Julian J. Dodson (directeur scientifique/*science director*)
Département de biologie
Université Laval, Sainte-Foy
Tél.: (418) 656-3289
julian.dodson@bio.ulaval.ca

Dr Céline Audet
Institut des sciences de la mer de Rimouski (ISMER)
Université du Québec à Rimouski, Rimouski
Tél.: (418) 723-1986 poste 1744
celine_audet@uqar.qc.ca

Dr Normand Bergeron
Institut national de la recherche scientifique
Centre Eau, Terre et Environnement, Québec
Tél.: (418) 654-3703
normand_bergeron@inrs-ete.quebec.ca

Dr Louis Bernatchez
Département de biologie
Université Laval, Sainte-Foy
Tél.: (418) 656-3402
louis.bernatchez@bio.ulaval.ca

Dr Daniel Boisclair
Département de sciences biologiques
Université de Montréal, Montréal
Tél.: (514) 343-6762
daniel.boisclair@umontreal.ca

Dr Michel Lapointe
Département de géographie
Université McGill, Montréal
Tél.: (514) 398-4959
michel.lapointe@mcgill.ca

Dr Marco Rodriguez
Département de chimie-biologie
Université du Québec à Trois-Rivières, Trois-Rivières
Tél.: (819) 376-5053 poste 3363
marco_rodriguez@uqtr.ca

Membres associés / *Associate members*

M. Pierre Bérubé
Ministère des Ressources naturelles et de la Faune
Direction de la recherche sur la faune, Québec
Tél.: (418) 521-3955 poste 4359
pierre.berube@fapaq.gouv.qc.ca

M. François Caron
Ministère des Ressources naturelles et de la Faune
Direction de la recherche sur la faune, Québec
Tél.: (418) 521-3955 poste 4377
francois.caron@fapaq.gouv.qc.ca

Dr Stuart Lane
Department of Geography
University of Durham, U.K.
Tél.: 44 191 334 1818
s.n.lane@durham.ac.uk

Dr Michel Leclerc
Institut national de la recherche scientifique
INRS-eau, Sainte-Foy
Tél.: (418) 654-2555
michel_leclerc@inrs-ete.quebec.ca

Dr Joseph Rasmussen
Department of Biology
University of Lethbridge, Lethbridge, Alberta
Tél.: (403) 382-7182
joseph.rasmussen@uleth.ca

Membre honoraire / *Honorary member*

Dr Asit Mazumder
Department of Biology
University of Victoria, Victoria, British Columbia
Tél.: (250) 472-4789
mazumder@uvic.ca

Personnel / *Staff*

André Boivin
Superviseur de la station / *Station manager*

Jean-François Bourque
Biologiste / *Biologist*

Françoise Colombani
Responsable administrative / *Administration officer*

Colette Dufour
Aide-cuisinière / *Assistant cook*

Albertine Gauthier
Chef-cuisinière / *Head cook*

Colette Gauthier
Aide-cuisinière / *Assistant cook*

Edith Bouliane
Entretien ménager / *Housekeeping*

AU SUJET DU CIRSA (CENTRE INTERUNIVERSITAIRE DE RECHERCHE SUR LE SAUMON ATLANTIQUE) ET DE AQUASALMO R&D INC.

Conçu en 1994 et inauguré à l'été 1995, le CIRSA regroupe une équipe pluridisciplinaire de chercheurs dont les travaux sont consacrés à l'étude de l'écologie du saumon atlantique. Le CIRSA est le résultat des initiatives conjointes de la compagnie ALCAN, du ministère des Ressources naturelles et de la Faune, de la Fédération québécoise pour le saumon atlantique, de la Fondation de la faune du Québec, de Développement économique Canada et d'autres organismes à caractère faunique, tous intéressés à la création d'un centre de recherche permanent consacré au développement durable du saumon atlantique. Depuis ses débuts les activités de recherche se sont principalement déroulées sur la rivière Sainte-Marguerite qui se jette dans la baie Sainte-Marguerite située sur la rive nord du fjord du Saguenay. Depuis 1999, l'effort de recherche s'est déployé également sur plusieurs autres rivières à saumon du Québec.

La station de recherche du CIRSA, qui se trouve sur les bords de la rivière Sainte-Marguerite près de Sacré-Cœur-sur-le-fjord-du-Saguenay, est administrée par une corporation à but non-lucratif, Aquasalmo R&D inc. (alias Corporation de soutien aux Initiatives de Recherche sur le Saumon Atlantique (CIRSA) inc.). La corporation contribue également au financement de plusieurs projets du CIRSA. La corporation a changé son nom afin de lever toute confusion entre le Centre de recherche CIRSA et la corporation. La nouvelle mission élargie de Aquasalmo R&D inc. est de promouvoir, stimuler et soutenir la recherche sur les salmonidés et leurs écosystèmes et améliorer la gestion intégrée des ressources dans un contexte de développement durable et de conservation de la biodiversité. ♦

ORIENTATIONS DE RECHERCHES

En 1999, CIRSA a établi un plan quinquennal de recherche pour coordonner ses activités de 2000 à 2005. Les nouveaux projets qui ont débuté au CIRSA depuis 2000 s'inscrivent tous dans ce plan quinquennal. Ainsi depuis l'an 2000, les projets de recherche du CIRSA sont regroupés sous 3 thèmes: **1)** Qualité et aménagement des habitats; **2)** Efficacité des méthodes de repeuplement, et **3)** Déterminisme de l'abondance des stocks (voir plus loin les faits saillants des résultats de ces 3 thèmes pour 2004-2005). Ce plan quinquennal se terminant au début 2006, les chercheurs ont commencé à jeter les bases de leurs futures avenues de recherche. Les projets de recherches du CIRSA seront axés sur les thèmes suivants: Impacts anthropiques sur les écosystèmes des salmonidés; Conservation de la biodiversité; Habitats et productivité; Développement d'outils d'analyse et d'intervention. ♦

ABOUT CIRSA (CENTRE INTERUNIVERSITAIRE DE RECHERCHE SUR LE SAUMON ATLANTIQUE) AND AQUASALMO R&D INC.

Conceived in 1994 and inaugurated during the summer of 1995, CIRSA is a multidisciplinary research team dedicated to the study of Atlantic salmon ecology. CIRSA is the result of the combined initiatives of ALCAN, the ministère des Ressources naturelle et de la Faune, the Fédération québécoise pour le saumon atlantique, the Fondation de la faune du Québec, Canada Economic Development and other organisms, all interested in the creation of a permanent research centre dedicated to the sustainable development of Atlantic salmon. Research activities of CIRSA were initially centered mainly on the Sainte-Marguerite River which flows into Baie Sainte-Marguerite situated on the north shore of the Saguenay fjord. Since 1999, CIRSA's research effort also involves several salmon rivers in other regions of Quebec.

The research station of CIRSA, located close to the shores of the Sainte-Marguerite River near Sacré-Cœur-sur-le-fjord-du-Saguenay, Quebec is administered by a private, non-profit corporation, Aquasalmo R&D Inc. (formerly Corporation de soutien aux Initiatives de Recherche sur le Saumon Atlantique (CIRSA) Inc. The corporation also contributes financially to support several projects of CIRSA. The corporation has changed its name in order to avoid confusing the activities of the research center CIRSA and those of the corporation. The new enlarged mission of Aquasalmo R&D Inc. is to promote, stimulate and support research on salmonids and their ecosystems and to improve integrated resource management in a context of sustainable development and conservation of biodiversity. ♦

RESEARCH DIRECTIONS

*In 1999, CIRSA established a five year research plan to coordinate its activities from 2000 to 2005. Since 2000, all the new research projects of CIRSA are integrated in this five year plan. The research projects conducted by CIRSA are pooled according to three themes: **1)** habitat quality and development; **2)** assessing population enhancement methodology, and **3)** determinants of stock abundance (see later the key findings of these 3 themes for 2004-2005). As this five year plan will end at the beginning of 2006, CIRSA researchers began to plan their future research avenues. The future research projects of CIRSA will be centred on the following themes: Anthropogenic impacts on ecosystems of salmonids; Preservation of biodiversity; Habitat and productivity; Development of tools of analysis and intervention. ♦*

RAPPORT FINANCIER AQUASALMO R&D INC. AU 31 MARS 2005

AQUASALMO R&D INC. FINANCIAL STATEMENT AS OF MARCH 31, 2005

Revenus / Revenue

Alcan	75 000 \$
Fondation de la Faune du Québec	35 000 \$
Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune Québec	35 000 \$
Développement économique Canada	37 476 \$
Ministère Développement économique régional et Recherche (MDERR)	50 000 \$
Fondation de l'Université Laval, Alcan	10 000 \$
Hébergement et repas et autres	41 360 \$
Subventions pour les frais de la campagne de financement / Grants for fund raising costs	67 051 \$
Total / Total	350 887 \$

Dépenses / Expenditures

Salaires station / Station salaries	
Assistants de recherche et techniciens / Research assistants and technicians	10 159 \$
Personnel de soutien / Station personel	51 276 \$
Salaire administration / Administration salary	45 425 \$
Bourses d'étudiants / Scholarships	10 000 \$
Soutien aux projets de recherche (subventions, salaires, matériel et fournitures / Research projects support (grants, salaries, material and supplies)	96 896 \$
Relations publiques, colloque / Public relations, Cirsa Meeting	1 212 \$
Rapport annuel / Annual report	2 848 \$
Fonctionnement de la station / Field station	44 333 \$
Administration / Administration	12 978 \$
Campagne de financement / Fund raising campaign	102 569 \$
Total / Total	377 696 \$
Solde / Balance	-26 809 \$

Note: Les chercheurs du CIRSA ont par ailleurs reçu 1 million de dollars en subventions pour leurs projets de recherches. / CIRSA researchers have received 1 million dollars in grants for their research projects.

RÉSUMÉ DES ACTIVITÉS

Activité du centre en 2004

En 2004, du 26 avril au 6 novembre, la station de recherche du CIRSA a enregistré un total de 1508 personnes-jours. Six projets du CIRSA qui ont eu leurs activités de terrain sur la Sainte-Marguerite ont utilisé la station. En 2004-2005, l'effort de recherche s'est déployé sur trois régions du Québec soit le Saguenay (rivière Sainte-Marguerite), la Gaspésie (rivières Grande-Cascapédia et York) et Charlevoix (rivière Malbaie). En raison des conditions difficiles sur la rivière Sainte-Marguerite (niveau de l'eau trop haut, coups d'eau) certains projets ont dû annuler des parties de leurs activités de terrain 2004, ce qui s'est traduit par une fréquentation de la station inférieure à celle de l'an passé. Le total du nombre de personnes-jours (1779) pour l'ensemble des rivières est également inférieur à celui des dernières années. Plusieurs projets du plan quinquennal ont terminé ou diminué leurs activités de terrains et sont en phase d'analyse. Certains projets ont encore eu des activités de terrain sur la rivière Sainte-Marguerite et sur les rivières gaspésiennes tout au long de l'automne. ♦

SUMMARY OF ACTIVITIES

Occupation rate in 2004

In 2004 (April 26 to November 6), the research station of CIRSA logged a total of 1 508 person-days. Six projects that conducted field work in Sainte-Marguerite River used the CIRSA station. The research effort in 2004-2005 was conducted in three regions of Quebec: Saguenay (Sainte-Marguerite River), Gaspésie (Grande-Cascapédia and York Rivers) and Charlevoix (Malbaie River). Decreased occupation in 2004-2005 was largely due to flooding and abnormally high water levels on the Sainte-Marguerite River that led some projects to cancel parts of their 2004 field activities. In 2004, CIRSA's total research effort was also lower (1779 person-days) than in past years. Several projects of the five year research plan either completed or decreased their field activity in 2004. Research activity continued during the fall on the Sainte-Marguerite River and on the rivers of Gaspésie. ♦

Tableau 1 : Effort de terrain (nombre de personnes-jours) du CIRSA depuis 1995.

Table 1: CIRSA's research in the field (person-days) since 1995.

Rivières / River	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995
Sainte-Marguerite	1508	2 700	2 125	1 968	1 883	2 510	2 520	2 706	2 438	1 200
Des Escoumins				120	308	351				
Betsiamites		18	20	4	12					
Malbaie	207	221	290	149						
Petite Cascapédia et Bonaventure				210	610	355				
Grande Cascapédia	12	378	783	1 028	240					
York	52									
Rivière Laval		6	85							
Total	1779	3 323	3 303	3 479	3 053	3 216	2 520	2 706	2 438	1 200

THÈME 1

QUALITÉ ET AMÉNAGEMENT DES HABITATS

Chercheurs principaux: Normand Bergeron, Daniel Boisclair, Michel Lapointe, Marco Rodriguez, Joseph Rasmussen, Julian Dodson; **Chercheurs associés:** Pierre Bérubé, Stuart Lane.

Les projets développés ont pour but d'améliorer les connaissances des habitats écologiquement critiques du saumon atlantique et des autres salmonidés qui partagent le même territoire et de développer des modèles qui pourront être utilisés par les gestionnaires de rivières à saumon atlantique pour évaluer la productivité des rivières, leur capacité de support et les conséquences de perturbations d'origine naturelle ou humaine sur la qualité et la quantité des salmonidés. Les 3 objectifs spécifiques de ce thème encore à l'étude en 2004-2005 sont: **A)** Développement des modèles d'habitat; **B)** Habitat hivernal; **C)** Études des impacts des pratiques forestières sur la conservation de la ressource saumon dans le bassin versant de la rivière Cascapédia.

DÉVELOPPEMENT DES MODÈLES D'HABITAT

Le CIRSA a développé deux projets d'envergure: «Geosalar: utilisation de la géomatique pour la caractérisation de l'habitat fluvial et la modélisation de la production de smolts en rivière» et «Approche de modélisation de l'habitat des salmonidés à l'échelle du paysage». L'approche de ces deux projets est très innovatrice en ce sens que, faisant suite au développement antérieur de modèles prédictifs de qualité d'habitat à l'échelle locale, elle implique le développement de modèles de distribution et de qualité d'habitat à l'échelle de bassins-versants entiers.

Geosalar: utilisation de la géomatique pour la caractérisation de l'habitat fluvial et la modélisation de la production de smolt en rivière

Ce projet consiste à appliquer les développements récents dans le domaine de la géomatique à la problématique de la modélisation de la production de saumon atlantique en rivière en fonction des caractéristiques de l'habitat fluvial. Le projet a cinq objectifs spécifiques: **Objectif 1:** Caractérisation physique de l'habitat fluvial: granulométrie, topographie etc.; **Objectif 2:** Définition de maillons sédimentaires; **Objectif 3:** Mesure de la vitesse de courant par PIV (*particle image velocimetry*); **Objectif 4:** Modélisation de la production de smolts; **Objectif 5:** Amélioration des modèles empiriques utilisés pour la gestion des stocks de saumon de la province de

THEME 1

HABITAT QUALITY AND MANAGEMENT

Principal investigators: Normand Bergeron, Daniel Boisclair, Michel Lapointe, Marco Rodriguez, Joseph Rasmussen, Julian Dodson; **Associate scientists:** Pierre Bérubé, Stuart Lane.

The projects of this theme aim to better understand ecologically critical habitats of Atlantic salmon and other salmonids sharing the same habitats and to develop habitat models that managers can easily use to estimate a river's productivity and carrying capacity, and to predict the impact of natural and human perturbations on the quantity and the quality of salmonid habitats. The theme includes 3 specific objectives in 2004-2005: **A)** Habitat model development; **B)** Winter habitat; **C)** Impact of forestry practices on salmon conservation in the drainage basin of Cascapédia River.

HABITAT MODEL DEVELOPMENT

CIRSA has conducted two ambitious projects: "Geosalar: Modeling Atlantic salmon smolt production using remote sensing and GIS-based methods" and "A Landscape approach to salmonid habitat assessment". The approach is innovative as, following the development of predictive models of habitat quality based on the reach scale, these projects involve modelling the distribution and quality of habitat at the level of the entire drainage basin.

Geosalar: modelling Atlantic salmon smolt production and fluvial habitat availability using remote sensing and GIS-based methods

This project aims to apply recent advances in geomatics to the problem of modelling salmon production in relation to the availability of fluvial habitat described over the entire stream network. **Objective 1:** Physical characterization of fluvial habitat: substrate size, flow depth, bed topography; **Objective 2:** Sedimentary links; **Objective 3:** Flow velocity by PIV (*particle image velocimetry*); **Objective 4:** Modelling smolt production; **Objective 5:** Improving empirical model for the management of Quebec salmon stocks. The project is conducted on the Principal branch of the Sainte-Marguerite River.

Objective 1 - Physical characterization of fluvial habitat: substrate size, flow depth, bed topography

- After 2 years of research, the Geosalar project successfully developed algorithms that allow for automated grain size and depth mapping from high resolution airborne imagery. In order to efficiently manage the large volume of granulometric and bathymetric information produced

Québec. Le projet se déroule sur la branche Principale de la rivière Sainte-Marguerite.

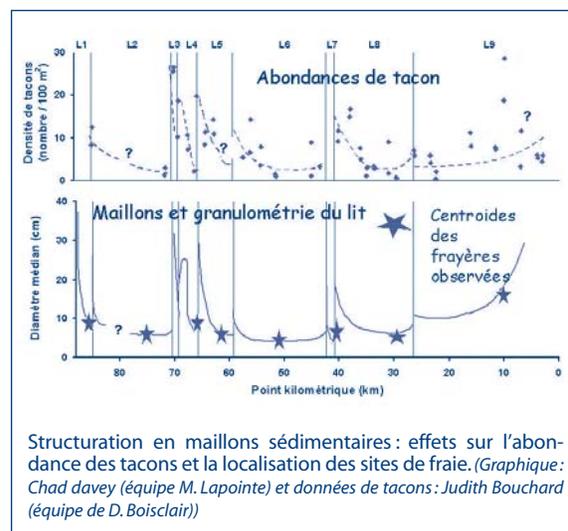
Objectif 1 - Caractérisation physique de l'habitat fluvial : granulométrie, topographie

- Après 2 ans de recherche, le projet Geosalar a développé avec succès des algorithmes qui permettent une mesure automatisée de la taille des grains du lit et de la profondeur de l'écoulement à partir d'images aéroportées de haute résolution. Afin de gérer de façon efficace le volume considérable de données granulométriques et bathymétriques produites par ces algorithmes, un SIG a été mis au point sous forme d'une série d'interfaces graphiques dans l'environnement MATLAB. Ces interfaces permettent à un utilisateur d'extraire l'information à une échelle locale (échelle du mètre) ou à l'échelle du bassin versant (échelle du kilomètre). Par exemple, un utilisateur peut simplement cliquer dans une image donnée pour obtenir une taille de grain ou une mesure de profondeur. De plus, il peut créer des profils en long selon un espacement désiré d'échantillonnage et ce, pour la rivière entière. Il s'agit de la première réalisation d'un profil en long de la granulométrie basé sur un prélèvement continu d'une rivière entière. Cette méthode représente une percée significative par rapport aux méthodes traditionnelles qui ne peuvent offrir une résolution comparable. De plus, ce SIG permet de faire des requêtes combinant les types de données disponibles. Par exemple, les données des courbes de préférence pour la granulométrie et la profondeur peuvent être utilisées pour calculer des aires d'habitat utilisables par les saumons et ce, pour toute la rivière.

Objectif 2 - Définition de « maillons sédimentaires » et habitat du saumon

- Une segmentation géomorphologique dite en « liens ou maillons sédimentaires » fournit un modèle très utile pour comprendre l'organisation de l'habitat du saumon à l'échelle des vallées principales. La branche Principale de la rivière Sainte-Marguerite a été divisée en 6 unités naturelles du paysage ou maillons sédimentaires en utilisant les informations provenant des cartes topographiques et le profil en long de la rivière. Cependant selon le profil granulométrique longitudinal, obtenu à partir d'imagerie numérique (Xeos™) couvrant l'ensemble de la rivière obtenue des survols photographiques, 9 maillons sédimentaires ont pu être définis. Dans chacun des maillons, de l'amont vers l'aval, les résultats montrent une augmentation longitudinale de la mobilité des sédiments de surface et du pourcentage de sable et une diminution de la grosseur des sédiments du lit et de la contrainte au lit lors des crues. Sur la rivière Sainte-Marguerite, la majorité des maillons sédimentaires sont initiés par des « zones source » de blocs associées au sapement des terrasses fluvio-glaciaires, plutôt que par l'apport d'un tributaire.

by these algorithms, a GIS was implemented in the form of a series of graphic user interfaces in the MATLAB environment. These graphic interfaces allow a user to extract information on both a local scale (i.e. meter scale data) or a basin scale which covers an entire river (i.e. kilometer scale data). For example, a user can either point-and-click in a given image to get a grain size or a depth measurement and in a separate user interface he can create long profiles of grain size and depth at a desired sample spacing for the entire river. The creation of a complete long profile based on a continuous sampling was another first for the project. Traditional field based sampling methods do not have a comparable resolution. Additionally, the GIS allows for data layer combinations. For example, usable habitat areas for salmonids can be mapped for the whole river by combining grain size and depth information.



Structuration en maillons sédimentaires : effets sur l'abondance des tacons et la localisation des sites de fraie. (Graphique : Chad davey (équipe M. Lapointe) et données de tacons : Judith Bouchard (équipe de D. Boisclair))

Objective 2 - Definition of sedimentary links and salmon habitat

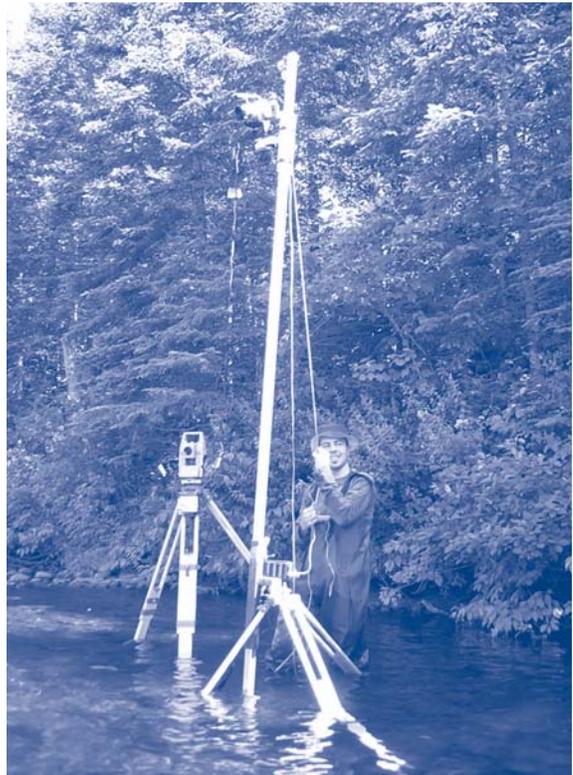
- The geomorphic segmentation of a river into "sedimentary links" provides a useful model to explain the spatial organization of salmon habitat at the principal valley scale. The Principal branch of the Sainte-Marguerite River has been divided into 6 natural units or "sedimentary links" using topographic maps and long profile of the river. However, using the grain size long profile derived from airborne digital imagery (XEOS) covering the entire river, 9 sedimentary links were delineated along the Sainte-Marguerite River. In each link studied, results indicate downstream longitudinal increases in surface grain mobility and subsurface sand content, while sediment size and shear stress tends to decrease down links. The majority of sedimentary links on the Sainte-Marguerite River are initiated by source zones of coarse sediment associated with glacio-fluvial deposits, rather than by tributary supply.

- Le relevé des emplacements des sites de fraie a fait ressortir les tendances de la distribution des habitats de fraie dans les différents maillons sédimentaires. La diminution longitudinale de la grosseur des sédiments du lit vers l'aval à l'intérieur de chacun des maillons sédimentaires a comme conséquence le regroupement des sites de fraie aux emplacements où l'on retrouve les sédiments dont la taille moyenne est la plus favorable (juste en aval du centre de la zone d'affinement) et où le pourcentage de fine dans le substrat permet des conditions optimale de survie des oeufs. La localisation des meilleurs habitats de fraie peut ainsi être prédite à l'intérieur de la zone d'affinement dans chacun des maillons. Les densités moyennes les plus élevées de tacons à l'échelle des segments de vallée semblent reliées à la concentration locale en maillons courts et l'abondance de tacons semble être la plus élevée dans la partie amont de la plupart des maillons. Les habitats de taconnage (en amont) et de fraie (à mi-maillon) ont donc tendance à être localisées dans des zones différentes de chacun des maillons.

Objectif 3 - Utilisation d'une application PIV (Particle Image Velocimetry) pour la caractérisation de l'habitat du saumon atlantique juvénile

- La distribution spatiale des vitesses d'écoulement joue un rôle central dans l'étude des habitats aquatiques. Avec l'utilisation du courantomètre conventionnel, la mesure de cette variable nécessite beaucoup de temps sur le terrain, surtout lorsque des mesures sont requises sur de grandes surfaces. Notre équipe a développé une application de la technologie PIV (vélocimétrie par images de particules) afin de mesurer de façon rapide et efficace les vitesses d'écoulement. Le PIV est une technique d'analyse d'images qui mesure le déplacement d'un objet entre deux images et qui divise la distance obtenue par l'intervalle de temps entre ces 2 images. Notre application PIV détermine la vitesse de surface de l'écoulement en rivière à partir d'enregistrement vidéo numériques pris en oblique de la surface de l'eau. Les images vidéo sont traitées avec des algorithmes d'autocorrélation d'images qui utilisent la texture de la surface de l'eau pour suivre le déplacement des particules à la surface de l'eau entre des images consécutives. Les vitesses résultantes en pixels/seconde sont ensuite orthonormalisées à partir de points de contrôle mesurés à l'aide d'une station totale pour obtenir les vitesses réelles en mètres/seconde.
- Des tests ont été effectués pendant l'été 2004 sur la rivière Sainte-Marguerite afin de déterminer la précision de la mesure PIV par rapport à des mesures au courantomètre. Les résultats indiquent la présence d'erreurs dans l'estimation de la vitesse par le PIV associées d'une part à la présence de reflets à la surface de l'eau et d'autre part à la transparence de l'eau qui a pour effet de rendre visible le fond immobile de la rivière. Cependant, ces effets peuvent être identifiés et

- *The spawning surveys reveal sedimentary link trends in the distribution of spawning habitat. The downstream fining trait of sedimentary links causes spawning locations to be clustered together where suitable sized sediments are found within the link (just downstream of the center of the fining segment) and where percentage sand content permits optimal conditions for egg survival. The observed location of spawning sites could therefore be predicted in each sedimentary link. The highest mean densities of parr at the valley segment scale seem to be correlated to local concentration of short links and the abundance of parr was highest at the upstream portion of most sedimentary links. Thus, parr rearing (upstream) and spawning habitat (mid-link) tend to occur in distinct zones in any link.*



Utilisation d'une application PIV pour la mesure rapide des vitesses d'écoulement en rivière: images vidéo numériques prises en oblique de la surface de l'eau. (photo: Julie Smith)

Objective 3 - Use of PIV (particle image velocimetry) to characterize juvenile Atlantic salmon habitat

- *The spatial distribution of river flow velocities plays a central role in aquatic habitat studies. However, measurement of the required flow velocity information is tedious and time consuming using conventional current meters, particularly when large areas are studied. Our team has developed a particle image velocimetry (PIV) application for the measurement of flow velocity fields in aquatic habitat studies. PIV is an image analysis technique that measures the displacement of an object between two frames and divides the resulting distance by the time*

filtrés, permettant ainsi d'obtenir une très bonne corrélation ($R^2 = 0,86$) entre les vitesses mesurées au PIV et celles mesurées au courantomètre. Le PIV sera utilisé pour caractériser la disponibilité de l'habitat hivernal nocturne des saumons juvéniles le long du maillon sédimentaire Onésime sur la rivière Sainte-Marguerite.

Objectif 4 - Modélisation de la production de smolts

- Un des faits surprenant qui a été constaté précédemment est que le secteur situé entre le km 7 et Bardsville (km 33) semble être le plus productif. Étant donné qu'il y a peu d'habitat de qualité pour les tacons dans cette zone, nous avons voulu vérifier si une migration des tacons pouvait avoir eu lieu lors de l'automne précédant la dévalaison en installant 2 trappes rotatives sur la branche principale de la rivière (Bardsville et Glass Pool) du milieu septembre à la fin octobre. Une estimation de 2150 tacons dévalant dans le secteur de Glass Pool et de 890 tacons dans le secteur de Bardsville a été évaluée. Il semble donc bien y avoir une migration automnale des tacons. Cependant, la majorité des tacons capturés étaient sexuellement matures et les mouvements observés semblent être associés à un déplacement vers les frayères plutôt qu'à une migration pré-smolt.

Objectif 5 - Amélioration des modèles empiriques utilisés pour la gestion des stocks de saumon de la province de Québec

Nous avons utilisé la télédétection de haute résolution pour augmenter l'étendue de la couverture des caractéristiques d'habitat (données d'imageries aéroportées obtenues des survols photographiques effectués en 2002 tout au long de la rivière Sainte-Marguerite). La relation entre la densité des juvéniles (déterminée annuellement à la pêche électrique le long de la Principale d'août 1997 à août 2004 (50 sites)) et les propriétés de l'habitat a été déterminée à l'aide d'outils de modélisation non-paramétriques.

- L'utilisation de nouvelles approches non-paramétriques et l'utilisation des variables d'habitat à un éventail plus large d'échelles spatiales a permis d'améliorer les modèles d'utilisation de l'habitat par les saumons atlantiques juvéniles: **1)** Les modèles de qualité d'habitat basés sur les approches non-paramétriques ont permis d'obtenir une plus grande puissance explicative que ceux basés sur des approches traditionnelles ainsi que de déterminer l'importance relative des variables physiques d'habitat sur la densité des juvéniles. De plus, il a été possible de faire des liens avec des processus écologiques fondamentaux tel que l'étendue à laquelle la population de saumon a suivi une «Distribution Aléatoire Idéale». **2)** L'intégration des données de télédétection à plusieurs échelles a également augmenté sensiblement la puissance explicative de ces modèles. La composition proportionnelle du substrat, en amont et en aval de l'endroit

interval between the frames. Our PIV application determines surface flow velocity in rivers from oblique digital video records of the water surface. The video images are analyzed with autocorrelation algorithms that use surface water texture to track the displacement of water surface particles between subsequent frames. The resulting velocities in pixels/second are then orthonormalized with total station ground control points to yield real velocities in meters/second.

- *Tests were carried out on the Sainte-Marguerite River in summer 2004, to determine the accuracy of the PIV measurements in comparison to current meter velocities. This work showed that surface water flows and visibility of the bed through clear water both induce errors in the PIV measurement. However, these errors can be effectively filtered out, thereby leading to a strong significant relationship ($R^2 = 0.86$) between current meter and PIV measured velocities. The PIV application will be used to characterize the winter nocturnal juvenile salmon habitat available on the Onésime link of the Sainte-Marguerite River.*



Prise de coordonnées GPS sur la rivière Sainte-Marguerite. (photo: Julie Smith)

Objective 4 - Modelling smolt production

- *Surprisingly, smolt production estimates revealed that the sector between km 7 and km 33 (Bardsville) was the most productive of the river. As little high-quality habitat for parr occurs in this sector, we verified if a fall downstream migration of parr occurs prior to spring outmigration. Two rotary traps were installed on the Principal branch at Bardsville and Glass Pool from mid-September to the end of October. We estimated 2150 and 890 parr migrating downstream at Glass Pool and Bardsville, respectively. This fall migration, however, appeared to be composed principally of sexually mature male parr migrating towards spawning grounds.*

où les saumons ont été observés, s'est révélée être une propriété très importante. Les juvéniles ont montré aussi une forte préférence pour certaines caractéristiques géomorphologiques comme les seuils ou les fosses. Enfin, la proximité des frayères influence fortement la densité des saumons juvéniles.

Approche de modélisation de l'habitat des salmonidés à l'échelle du paysage

L'objectif principal de ce projet est de développer une approche innovatrice de modélisation de l'habitat à l'échelle du bassin versant. Ceci implique de traiter le bassin versant de façon hiérarchique en terme de secteurs de vallée (1-10 km) composées chacune de tronçons (0,1 à 1 km). La qualité de ces unités comme habitats pour le saumon est ensuite évaluée en considérant leur potentiel à offrir une protection adéquate contre les conditions difficiles rencontrées en été et en hiver ainsi que la présence de bons sites de fraie ou de nourriture abondante. Le projet se déroule sur la branche Principale de la rivière Sainte-Marguerite.

Distribution du périphyton en relation avec la géomorphologie et le régime de perturbation sur la rivière Sainte-Marguerite

Effet du transport sédimentaire et de l'énergie érosive de l'eau sur l'abondance du périphyton sur les seuils de la rivière lors des petites crues estivales

- Le périphyton (biofilm constitué d'algues, de bactéries et de champignons sur le substrat) constitue l'élément de base principal de la chaîne alimentaire conduisant à la production de tacons. Sur la rivière Sainte-Marguerite, il y a une relation très significative entre son abondance et celle des tacons. Les crues estivales, qui entraînent une augmentation de la quantité de sédiments dans les systèmes fluviaux, peuvent induire une réduction des communautés de périphyton et donc de la capacité de production de la rivière. Nous avons développé un modèle qui permet d'évaluer la biomasse de périphyton pré-crue et le niveau de sensibilité du périphyton à de petites crues. Ce modèle est construit à partir des mesures de la biomasse du périphyton avant et après une crue et des variables physiques d'habitat sur 130 «habitat patches», localisées sur 15 transects situés sur les seuils, dans 2 mailons sédimentaires choisis pour maximiser la variance dans le transport sédimentaire et la force du courant.
- **1)** Les faibles biomasses de périphyton sont associées à des zones de la rivière où la vitesse du courant et le transport sédimentaire sont élevés. Au dessus de 0,3 m/s la vitesse du courant a un effet négatif important sur l'abondance du périphyton qui s'accroît pour des vitesses de courant supérieures à 0,5 m/s. **2)** Il y a une réduction rapide de l'abondance du périphyton lorsque la force érosive de l'eau sur la parcelle du lit lors d'une crue d'été excède un seuil de 10 Pascal.

Objective 5 - Improving empirical models for the management of Quebec salmon stocks

We used high resolution remote sensing to increase the extent of coverage of habitat characteristics (data from airborne digital imagery obtained in 2002 over the principal branch of the Sainte-Marguerite River). The relationship between the density of juveniles (determined by electro-fishing 50 sites annually along the principal branch between 1997 and 2004) and habitat characteristics were established using non-parametric modelling techniques.

- *The use of new non-parametric techniques and a spatially expanded data set of habitat variables led to the improvement of juvenile Atlantic salmon habitat-use models. 1) Non-parametric-based habitat models had a much greater explanatory power than traditional models and permitted the determination of the relative importance of habitat variables on juvenile Atlantic salmon density. Additionally, it was possible to make inferences as to underlying ecological processes such as the extent to which the salmon population followed an Ideal Free Distribution. 2) The inclusion of spatially comprehensive remote sensing data also increased the explanatory power of habitat-use models. In particular, substrate size data obtained several kilometres upstream and downstream of where fish were sampled was a significant variable in predicting fish density. In addition, juveniles exhibited a strong preference for certain geomorphic features such as riffles or pools. Finally, the proximity of spawning sites strongly influenced juvenile densities.*

A Landscape approach to salmonid habitat assessment

The overall objective of this project is to develop a modelling approach to salmon habitat that will operate at the scale of a complete watershed, and this requires that we treat a watershed as a hierarchy of valley segments (1-10 km) each composed of reaches (0.1-1 km). The quality of these units as salmon habitats is then evaluated according to their potential to offer adequate protection against adverse summer or winter conditions, appropriate spawning sites or abundant food base. The project is conducted on the Principal branch of the Sainte-Marguerite River.

Periphyton distribution in relation to geomorphology and disturbance regime on the Sainte-Marguerite River

Sand transport and flow energy effects on abundance of periphyton located on riffles in the river during small summer spate

- *Periphyton (a biofilm consisting of algae, bacteria and fungi on substrata) constitute the principal base of the food chain leading to salmon parr in medium sized streams. There is a strongly significant relationship between Atlantic salmon parr and periphyton abun-*

Durant les petites crues estivales la force érosive de l'eau est en moyenne de 7 Pa, n'ayant que peu d'effet sur l'abondance du périphyton. **3)** La limite supérieure d'abondance du périphyton diminue avec une augmentation de la quantité de sable présente dans le transport sédimentaire. Le périphyton semble pouvoir tolérer des niveaux faibles de transport sédimentaire (inférieurs à 4-5 g/crue/dm de largeur (cas de la majorité des petites crues estivales)). Lorsque le niveau excède ce seuil, le transport sédimentaire entraîne une abrasion du périphyton. **4)** Les zones qui présentent des conditions critiques de vitesse de courant et de transport sédimentaire s'élargissent lorsque l'intensité de la crue augmente.

Effets de la structuration sédimentaire sur les patrons de production du périphyton et de distribution des juvéniles

- Les résultats préliminaires, obtenus des échantillonnages effectués dans les maillons Cascade, Onésime, Méandres et Bardsville, indiquent que la biomasse du périphyton et l'abondance de tacons semblent être les plus élevées dans la partie amont des maillons sédimentaires et semblent diminuer de façon exponentielle vers l'aval de ces maillons. Cela suggère que les maillons sédimentaires affectent la densité des tacons par l'intermédiaire d'un mécanisme trophique, la partie amont des maillons permettant la production accrue de périphyton et éventuellement d'invertébrés qui servent de proies aux tacons.

Développement de modèles prédictifs de la qualité des habitats des tacons à l'échelle de secteurs de vallée

Cette partie du projet évalue les effets relatifs des conditions environnementales observées à différentes échelles spatiales (de l'échelle locale à celle du paysage) et de l'arrangement spatial des habitats sur la qualité des habitats du saumon atlantique, dans le but de développer des modèles prédictifs de la quantité et la qualité des habitats des tacons. La densité de poissons est prise comme index de qualité de l'habitat.

Développement de modèles d'habitat diurnes et nocturnes

- Les modèles développés à partir de données d'abondances de tacons recueillies de jour diffèrent des modèles développés à partir des données recueillies de nuit par le fait qu'ils incluent les effets de la température de l'eau. Les modèles d'habitat nocturnes peuvent donc fournir des informations complémentaires aux modèles d'habitat diurnes. La stabilité des signaux d'abondance des tacons obtenus autant durant la nuit que durant le jour est essentielle au développement de modèles robustes d'habitat. Des études ont été faites précédemment par notre équipe pour s'assurer de la stabilité des observations diurnes, mais restaient à faire pour les observations nocturnes.

dances in the Sainte-Marguerite River. Summer floods, causing increases in sand transport in fluvial systems, could induce decreases in abundance of the periphyton community and productive capacity of the river. We developed a habitat model to predict pre-flood periphyton levels and the susceptibility of this periphyton to freshet scour. The model is constructed from measurements of pre and post-spate periphyton biomass and physical habitat variables taken at 130 habitat patches located in 15 transects across the upstream face of riffles. Riffles were sampled in two sedimentary links to maximize the variance in sand transport and flow energy.

- **1)** Lower levels of periphyton biomass were associated with river zones with higher flow velocity and sand transport. There is a strong negative effect of velocity on periphyton abundance over a threshold above 0.3 m/s which is most pronounced up to 0.5 m/s. **2)** There is a rapid reduction in the amount of periphyton found on a patch for shear stresses exceeding 10 Pascals. Small summer freshets, producing a median shear stress of 7 Pa, have nearly no effect on periphyton abundance. **3)** There is an upper limit for periphyton abundance which decreases with the amount of sand in transport. Periphyton can tolerate low levels of sand transport (below about 4-5 g/flood event/dm width (sand transport value for most of the summer freshet)). Above this threshold, increasing transport is associated with lower amounts of retained periphyton. **4)** The zones that have hazardous hydraulic and sand transport conditions increase in size with increasing flood stage.

Effects of sedimentary segmentation on the production pattern of periphyton and on the distribution of juveniles

- The preliminary results, obtained from sampling on Cascade, Onésime, Meander and Bardsville links, indicate that the periphyton biomass and the abundance of parr seem to be highest in the upstream part of the sedimentary links and that they decrease exponentially toward the downstream part of these links. This suggests that the sedimentary links affect the density of parr, possibly via a trophic mechanism, the upstream part of the links allowing a better production of periphyton and possibly of invertebrates which are used as prey by parr.

Development of predictive models of parr habitat quality at the scale of valley segments

The key characteristic of this work is to evaluate the relative effect of environmental conditions noted at different spatial scales (from local scale to landscape) and of spatial arrangement of the habitats on habitat quality, in order to develop predictive models to assess the quality and the quantity of habitat for salmon parr. Fish density is taken as an index of habitat quality.

Notre étude a montré que le nombre de tacons visibles reste stable entre 22:00 et 3:00. Donc cette période devra être sélectionnée pour les observations de nuit.

Développement d'un modèle de qualité d'habitat des tacons le long d'une rivière

- 32 sites de 200 m ont été échantillonnés sur les 90 premiers kilomètres de la branche Principale de la rivière. Le long de chaque site (au 10 m), les densités de tacons ont été estimées et les variables environnementales (locales, latérales et longitudinales) ont été mesurées. Les données des sections de 10 m ont été regroupées en unités d'analyse de longueur croissante (segments de 50 m, 100 m et 200 m) et également en «tache d'habitat» de dimensions variables (sections de 10 m d'un même type d'habitat). Les modèles de qualité d'habitat, développés à l'aide de régressions multiples pour les différentes unités d'analyse, nous ont permis de constater que les variables locales (principalement le % de blocs dans un segment) expliquent la plus grande part de la variation des densités de tacons et partagent une grande partie de l'information avec les variables longitudinales (en particulier la position des segments au sein d'un lien sédimentaire). Le pouvoir prédictif des modèles augmente avec la longueur de l'unité d'analyse (de 10 m à 200 m). Le modèle de «tache d'habitat» est presque aussi performant que le modèle construit à partir des segments de 200 m. Bien que l'effet des variables locales domine, la prise en considération des variables longitudinales augmente le pouvoir prédictif des modèles de qualité d'habitat des poissons.

Approche multi-échelles pour le développement des modèles de qualité d'habitat

- L'abondance des tacons et les caractéristiques d'habitat (locales, latérales et longitudinales) ont été estimées à intervalle de 20 m sur un segment continu de 14,7 Km de la rivière Sainte-Marguerite. Deux structures spatiales dans la distribution des tacons ont été décelées à l'aide des analyses CPMV (Coordonnées Principales de Matrice de Voisinage): **1)** La première structure correspond environ à l'échelle du kilomètre et est grossièrement à la même échelle que la longueur des maillons sédimentaires. Cette structure peut être reliée à certaines variables environnementales tel que le pourcentage de blocs (variable locale) ou la distance à la plus proche frayère en aval, la distance à la plus proche fosse et la distance au plus proche tributaire en amont (variables longitudinales). **2)** La deuxième structure correspond à la centaine de mètre, ce qui équivaut environ à longueur de la séquence seuil-mouille du segment échantillonné. La distribution des tacons à cette échelle est reliée à certaines variables locales (quantité de blocs et de limons), latérales (présence de remblaiement sur la rive) et longitudinales (présence en aval d'un habitat avec un grand pourcentage de blocs).

Development of day time and night time habitat models

- *Day time models (developed from observations of diurnal parr abundance) may differ from night time models (observations performed during the night) by their inclusion of the effect of water temperature. The daytime and night time models therefore provide different and complementary perspectives about fish habitats. One challenge of sampling during the day or the night is to insure that the "fish abundance signal" obtained are stable enough to develop reliable habitat models. Studies have been performed earlier by our team to insure the reliability of day time fish abundance values, but had not been previously done for night time observations. Our study suggests that the signal of fish abundance at night is stable from 22:00 to 03:00 h. Consequently, this time period has to be selected to perform night time observations.*



Calibrage de courantomètres, équipe de Daniel Boisclair. (photo: Marianne Fradette)

Modelling Atlantic salmon parr habitat quality along a river

- *32 sites of 200 m were sampled along the first 90 kilometres of the Principal Branch of the river. Parr density and environmental variables (local, lateral and longitudinal) were measured at each 10 m along each site. The data obtained from each section of 10 m were reorganized into analysis units of increasing size (segments of 50 m, 100 m and 200 m) and into habitat patches of variable length (sections of 10 m with similar type of habitat). Habitat quality models, developed with multiple regressions for the different analysis units, indicate that local variables (mainly percentage of boulders) explain most of the variation of parr abundance and share a largest part of the information with longitudinal variables (especially the location of sites in a sedimentary link). The predictive power of the models increased as the size of the unit of analysis increased from 10 to 200 m. The habitat patches model is almost as efficient as the model constructed from 200 m segments. Although the effect of local variables dominated, longitudinal variables significantly improved the predictive power of the fish habitat models.*

HABITAT HIVERNAL

Durant la période hivernale, le refroidissement de la température, la diminution du débit et la formation du couvert de glace entraînent des changements de l'habitat du saumon qui influencent le comportement des juvéniles et ont un impact sur leur survie. Ce projet étudie différents aspects de la vie hivernale des saumons en eau douce en relation avec les modifications de leur l'habitat.

Conditions hivernales et survie des saumons atlantiques juvéniles en rivière

La disponibilité de refuges dans les interstices du substrat est connue comme étant une variable importante pour la survie hivernale des salmonidés juvéniles. Nous avons étudié les caractéristiques des interstices utilisés par des tacons marqués avec des transpondeurs passifs (pit-tags) sur trois sites de la rivière York (Gaspésie). Deux suivis diurnes (mi-octobre et mi-novembre) ont été effectués au cours desquels chacun des interstices où se cachaient les individus localisés ont été mesurés. La disponibilité de différentes variables de l'habitat a aussi été évaluée (vitesse de l'écoulement, profondeur, substrat, etc.).

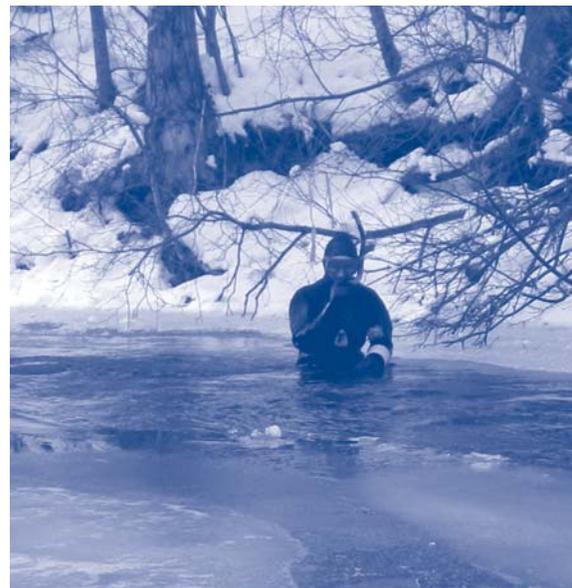
- Les résultats montrent que la taille de l'interstice choisi est faiblement corrélée à la taille du poisson. Les interstices choisis se situent généralement le long des berges, dans des vitesses d'écoulement relativement rapides mais à proximité de zones de vitesses faibles. La grande variation observée dans la sélection de vitesses, de substrat et de profondeur suggère l'interaction de plusieurs facteurs dans le choix de l'interstice. Le deuxième suivi a permis de constater que la plupart des saumons marqués sont demeurés fidèles à leur micro-habitat et que certains individus sont même restés fidèles à leur interstice.

L'effet des conditions hivernales sur la survie inter-stade du saumon atlantique en rivière

- Nous avons analysé les données de pêche électrique récoltées par la FAPAQ entre 1983 et 1992 sur 83 sites de la rivière de la Trinité, afin de déterminer l'effet des conditions hivernales sur la mortalité entre les stades de l'œuf à l'alevin et entre ceux de l'alevin au tacon (1+). Les résultats indiquent que la mortalité de l'œuf à l'alevin sur la rivière de la Trinité est influencée par la température de l'air et par la variation du débit entre l'automne et l'hiver. La mortalité diminue lorsque les hivers sont rigoureux et lorsque le débit hivernal est important. Il est suggéré que ces conditions permettent l'établissement d'un couvert de glace continue offrant une protection accrue contre les variations climatiques. La mortalité de l'alevin au tacon diminue également lors des hivers froids et lorsque les épisodes de production de frasil et de formation de glace de fond durant l'automne sont plus rares. Ces variables

Multi-scales approach to habitat quality assessment

- *The parr abundance and the habitat characteristics (local, lateral and longitudinal) were estimated at each 20 m in a 14.7 km stretch of the Sainte-Marguerite River. Two spatial structures have been detected in the distribution of parr using "Principal Coordinates of Neighbor Matrices" analyses: 1) The first one corresponds to the kilometer scale and is roughly at the same scale as the length of the sedimentary links. It can be related to some environmental variables such as the percentage of boulder (local variable) or the distance to the closest spawning site downstream, the distance to the nearest pool and distance to the closest tributary upstream (longitudinal variables). 2) The second structure corresponds to the hundredth of a meter, nearly equivalent to the length of the riffle-pool sequence of the sampling segment. At this scale, the distribution of parr is related to some local variables (percentage of boulders or silts), lateral (river shore embankment) and longitudinal (habitat with high percentage of boulders downstream).*



Plongeuse du CIRSA au travail sur la rivière York (Gaspésie), automne 2004. (photo : Jean-François Bisaillon)

WINTER HABITAT

During winter, declining temperature, decreasing flow rate and ice cover formation lead to changes in salmon habitat that influence the behaviour and survival of juveniles. This project studies different aspects of juvenile salmon life history in winter in relation to habitat modifications.

Winter conditions and Atlantic salmon survival in rivers

The availability of streambed refuges has previously been shown to be an important habitat feature for the winter survival of juvenile salmonids. The characteristics of interstices

permettent d'expliquer plus de 92% de la mortalité inter-stade durant la période hivernale.

ÉTUDE DES IMPACTS DES PRATIQUES FORESTIÈRES SUR LA CONSERVATION DE LA RESSOURCE SAUMON DANS LE BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE CASCAPÉDIA

Cette étude consiste à dégager une vue d'ensemble des impacts liés à la déforestation sur les populations de salmonidés et leur habitat dans l'hydrosystème de la rivière Cascapédia et ce, afin d'en assurer la conservation.

Historique de la relation entre les coupes forestières et la production de sédiments fins dans le bassin versant du lac Huard, rivière Cascapédia

- L'analyse spatio-temporelle des coupes forestières à l'aide d'un système d'information géographique (SIG) montre que près de 45% de la superficie du bassin versant a été coupée dans les 40 dernières années et que la période la plus intensive des coupes fut entre 1988 et 1995 (plus de 66% des coupes). Un réseau de 217 km de chemins forestiers couvre l'ensemble du bassin versant. L'analyse préliminaire par tomographie aux rayons X et la datation des carottes de sédiments au plomb-210 et césium-137 semblent indiquer une modification récente de la sédimentation dans le lac Huard et laissent présager un lien potentiel avec l'activité forestière intense du début des années 1990. Les analyses granulométriques au laser vont également dans ce sens : on observe qu'en s'approchant de la surface, il y a un raffinement de la granulométrie et un tri moins efficace des classes de tailles des sédiments. L'analyse des carottes à la microfluorescence X (ITRAX) démontre également que la portion de la carotte correspondant à la période allant du début des années 1990 jusqu'à aujourd'hui indique des signes d'évènement de perturbation.

Influence des variables environnementales et des interventions forestières sur les communautés d'invertébrés benthiques dans le bassin versant de la rivière Cascapédia

L'influence de l'environnement et des activités forestières sur la diversité, la densité, la biomasse, le spectre de biomasse et la structure de communautés d'invertébrés benthiques a été examinée à l'aide des régressions multiples et d'analyses canoniques de correspondance. Des invertébrés ont été récoltés dans 90 sites répartis sur 22 tributaires. Un ensemble de variables environnementales ont également été mesurées et les interventions

used by pit-tagged salmon parr in three sites along the York River (Gaspésie) were assessed. During two daytime surveys (mid-October and mid-November), the interstices were measured where tagged fish were found. The availability of several habitat variables was also assessed (flow velocity, depth, substrate, etc.).

- The results show that the selected interstices' size is weakly correlated with fish length. The selected interstices are generally located along the river banks, in zones of relatively high velocities but near low flow zones. The high variation observed in the selection of flow velocity, substrate and water depth suggests that many factors are involved in the choice of an interstice. During the second survey, it was observed that most of the tagged salmon demonstrated micro-habitat fidelity and that some individuals even used the same interstice as in the first survey.

Effects of winter conditions on inter-state survival of Atlantic salmon in rivers

- We analysed electro-fishing data obtained by the FAPAQ between 1983 and 1992 on 83 sites of the Trinité river, in order to determine the effects of winter conditions on the mortality from egg to fry states and from fry to parr (1+). Results indicate that the mortality from egg to fry in The Trinité River is influenced by air temperature and by flow rate variation between fall and winter. The mortality decreases when winters are hard and when the winter flow rate is high. Those conditions permit the formation of a continuous ice cover offering increased protection against climatic variations. The mortality from fry to parr also decrease during cold winters and when episodes of production of frazil and anchor ice are scarce. These variables explain more than 92% of the inter-state mortality during the winter period.

IMPACT OF FORESTRY PRACTICES ON SALMON CONSERVATION IN THE DRAINAGE BASIN OF CASCAPÉDIA RIVER

The main goal of this project is to obtain an overview of deforestation impacts on salmonid habitat and populations in the Cascapédia River to ensure its conservation.

Historical background of relation between forest cutting and fine sediments production in the drainage basin of the Huard lake, Cascapédia River

- Spatio-temporal analysis of forest logging using a Geographic Information Systems (GIS) indicates that almost 45% of the basin area was logged in the last 40 years and that the most intensive period of cutting was between 1988 and 1995 (more than 66% of the cutting).

forestières en amont des sites, dans des rayons d'influence de 0,5 km, 2 km, 8 km et à l'échelle du bassin versant ont été quantifiées par SIG.

- Aux trois plus grandes échelles, la diversité des invertébrés est reliée principalement aux interventions forestières. La richesse taxonomique est appauvrie aux sites affectés par une plus grande proportion de coupes récentes (1-4 ans) et est supérieure aux sites où le pourcentage de coupes anciennes (9-19 ans) est plus élevé, ce qui suggère un effet de rémission dans le temps. La diversité semble être la variable la plus sensible pour détecter les effets des interventions forestières. Pour les autres mesures biologiques, l'effet des variables environnementales est généralement plus important que celui des activités forestières. L'impact des coupes récentes sur la structure des communautés semble être plus important aux plus grandes échelles. Les abondances relatives des trichoptères étaient corrélées négativement avec les coupes récentes. Ce groupe taxonomique semble donc utile comme indicateur des activités forestières. La capacité à déceler des impacts forestiers varie donc en fonction de la mesure biologique utilisée ainsi que de l'échelle spatiale de l'étude. ♦

THÈME 2

EFFICACITÉ DES MÉTHODES DE REPEUPLEMENT

Chercheurs principaux : Louis Bernatchez, Julian Dodson.

L'objectif de ce projet est d'apporter des éléments de réponse permettant d'optimiser l'efficacité des repeuplements tout en minimisant les risques sur l'intégrité écologique et génétique des populations naturelles de saumon atlantique. Objectifs principaux: **1)** Quantifier les taux de survie et de croissance ainsi que le succès reproducteur de saumons ensemencés à différents stades de vie. Comparer ces paramètres à ceux observés chez les poissons sauvages. **2)** Prédire les rendements ainsi que les conséquences génétiques et démographiques de ces pratiques sur les populations sauvages. Un nouvel aspect a été ajouté: Impacts écologiques et évolutifs des compétitions entre la truite arc-en-ciel et le saumon atlantique. Le projet se déroule sur la rivière Malbaie (Charlevoix).

Caractérisation génétique individuelle pour comparer le succès reproducteur de géniteurs issus d'ensemencement et sauvages: tendances sur trois années d'évaluation

- Le nombre d'adultes recensés à la passe migratoire a connu une augmentation importante, passant de 104 en 2001 à 399 en 2004. Parallèlement, au cours des trois

A 217 km network of forest road covers the whole watershed. Preliminary analyses using X ray tomography and dating of the sediment cores with lead-210 and caesium-137 suggest a recent modification of fine sedimentation in Huard Lake which indicates a possible linkage with the intense forest activities of the early 1990's. Laser-based grain size analyses indicate the same trend: we observe that, while approaching the surface, there is a fining of grain size and a less effective sorting of the size classes of sediments. Analysis of the cores with microfluorescence X (ITRAX) also shows that the part of the core corresponding to the period of the early 1990's until today presents signals of a disturbance event.

Influence of environmental variables and forestry practices on benthic invertebrate communities in the Caspédia River basin

The influence of environmental variables and forestry practices on the diversity, density, biomass, size spectra, and structure of the benthic invertebrates communities was evaluated using multiple regression and canonical correspondence analyses. Zoobenthos was sampled at 90 sites distributed among 22 tributary streams. Environmental variables were also measured at the same sites and forestry practices were quantified by GIS at four spatial scales: 0.5 km, 2 km, 8 km influence radii upstream of each sampling site, and at the watershed scale.

- *At the three larger scales, invertebrate diversity was related to logging activities. Taxonomic richness was lowest at sites affected by recent cuts (1-4 yr) and highest at sites affected by older cuts (9-19 yr), suggesting recovery in time. Diversity appeared to be the most sensible univariate measure for detecting forestry effects. For the other biological measures, the influence of environmental variables was greater than that of forestry activities. The impact of recent cuts on community structure seemed to be more important at the larger scales. The relative abundances of trichopterans were negatively correlated with recent clearcuts. This taxonomic group may therefore be a useful indicator of forestry activities. The ability to detect impacts resulting from forestry activities may be dependent on the biological metric used as well as on the spatial scale at which observations are made.* ♦

THEME 2

ASSESSING POPULATION ENHANCEMENT METHODOLOGY

Principal investigators: Louis Bernatchez, Julian Dodson.

*The main goal of this project is to optimise the efficiency of the different stocking programs while minimising the risks to the ecological and genetic integrity of naturally-produced populations. The two main objectives of the project are: **1)** To quantify the survival rate, growth rate and*

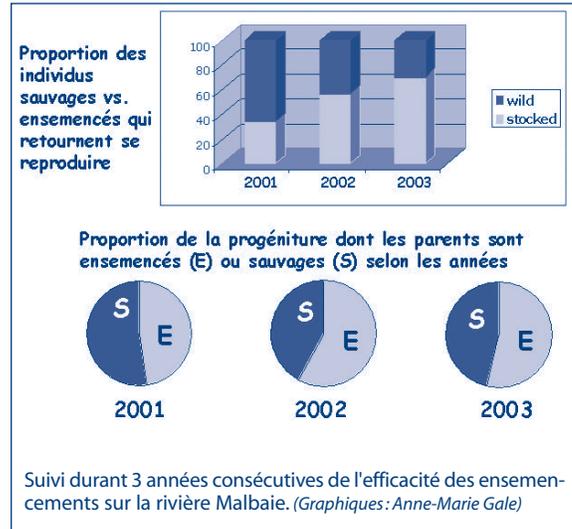
dernières années d'échantillonnage, des changements importants ont eu lieu dans la population de la rivière Malbaie. Si la progéniture était beaucoup plus abondante en aval qu'en amont du barrage pour les deux premières années d'échantillonnage, un patron complètement inverse d'abondance a été observé pour la dernière année. En 2004, la progéniture échantillonnée en amont du barrage (1058), est trois fois plus importante qu'en aval du barrage (399), et ce, malgré un effort intensif de capture. Ces résultats indiquent que la partie amont de la rivière est de plus en plus importante pour la reproduction.

- Nous avons observé au cours des 3 années une importante augmentation de la proportion d'individus issus d'ensemencement parmi les adultes recensés à la passe migratoire qui sont retournés dans la rivière Malbaie pour frayer (34% en 2001, 56% en 2002 et 70% en 2003). Le nombre total d'adultes recensés qui ont participé à la reproduction a augmenté au cours des 3 années (65% en 2001, 90% en 2002 et 100% en 2003) et, parmi ces reproducteurs, la proportion de géniteurs d'ensemencement a également progressé (37% en 2001, 56% en 2002, 70% en 2003 (analyse encore partielle)). La contribution globale à la reproduction par parent a connu une augmentation de 2001 à 2002, le succès reproducteur des géniteurs de réintroduction étant uniformément plus élevé que celui des géniteurs sauvages pour ces deux années. La contribution globale des géniteurs d'ensemencement à la production d'alevin a augmenté au cours des années (48% pour les géniteurs de 2001, 58% pour ceux de 2002, et 54% (analyse partielle) pour ceux de 2003).
- Les résultats d'assignation parentales indiquent que 35% des parents mâles de 2001 et 25% de ceux de 2002 n'ont pas pu être identifiés en amont du barrage. Cela semble confirmer la participation potentielle des mâles précoces à la reproduction. En aval du barrage, les résultats d'assignation parentales permettent d'estimer qu'une centaine de parents en 2001 et presque 150 en 2002 n'ont pas été échantillonnés et qu'ils n'ont donc pas migré en amont de la passe migratoire et qu'ils fraient seulement en aval.

PASOS : un outil informatique pour identifier génétiquement les parents en milieu naturel

- Dans un contexte où un nombre significatif de parents ne sont pas répertoriés (comme en aval du barrage de la rivière Malbaie), il y a un risque de confondre un parent absent avec un des parents répertoriés, ce qui constitue évidemment une erreur d'assignation. Cette limite nous a amené à développer PASOS, un logiciel distribué gratuitement qui est destiné expressément à l'assignation parentale en système ouvert où tous les géniteurs ne sont pas connus. PASOS effectue deux types d'assignation : à l'un des parents répertoriés ou à la catégorie des non répertoriés. PASOS détecte la

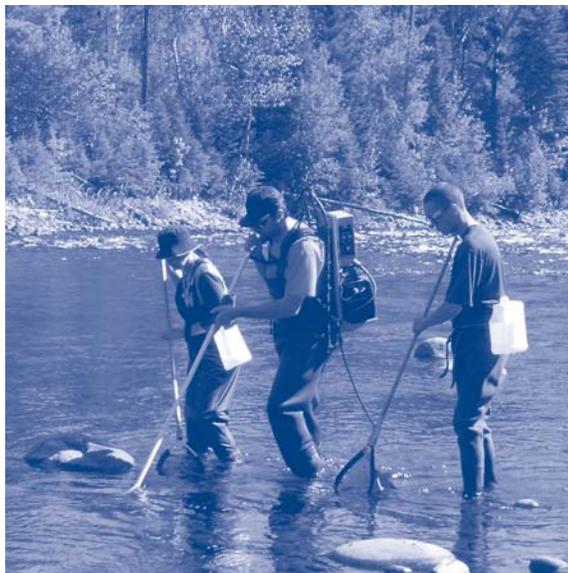
reproductive success of Atlantic salmon stocked at different life stages. These results will be compared to those obtained for wild salmon. 2) To predict the yield of Atlantic salmon stocking and their genetic and demographic consequences on wild population. A new aspect has been added to the project: Ecological and evolutionary consequences of competition between rainbow trout and Atlantic salmon. The project is conducted on the Malbaie River in Charlevoix.



Individual genotyping to compare the reproductive success of spawners derived from stocked and naturally-produced fish: testing the trends over three years

- The number of adults, sampled at the migratory pass, has dramatically increased from 104 in 2001 to 399 in 2004. Over the past three years of sampling, drastic changes have occurred within the population of the Malbaie River. The number and abundance of progeny found in the river has shifted from the majority of progeny being found below the barrier for the two first years of sampling, to a totally inverse abundance pattern for the last year. In 2004, approximately 3 times as many progeny were found above the dam (1058), than below the dam (399), despite an intensive sampling effort. These results indicate that the upstream portion of the river is increasingly important for fry production.
- Over the three years of the project, we have seen a dramatic increase of the proportion of stocked individuals in the returning adult group sampled at the fish ladder (34% in 2001, 56% in 2002 and 70% in 2003). The number of sampled adults which have participated in spawning has increased over the three years (65% in 2001, 90% in 2002 and 100% in 2003). There is also an increasing presence of stocked individuals in the spawning group (37 in 2001, 56% in 2002, 70% in 2003 (partial analysis)). The overall contribution per parent increased from 2001 to 2002, reproductive success being consistently higher for stocked than for wild spawners for those two years. The overall global contribution of stocked fish to the progeny

présence d'un parent qui n'a pas été répertorié et permet donc d'estimer le nombre de géniteurs manquants et même de reconstituer, au moins partiellement, les familles composées par les rejetons dont nous ignorons l'identité des parents.



Pêche électrique sur la rivière Malbaie. (photo: Anne-Marie Gale)

Impacts écologiques et évolutifs des compétitions entre la truite arc-en-ciel et le saumon atlantique

- Nous avons confirmé la présence d'une population de truite arc-en-ciel largement distribuée sur toute la partie aval de la rivière Malbaie. On la retrouve, de façon ponctuelle, en densité beaucoup plus importante que le saumon atlantique. Plusieurs zones de fraie ont été repérées et certaines semblaient pouvoir chevaucher les frayères des saumons atlantiques (risque de déterement des oeufs). D'autres part, de nombreuses captures sportives et plusieurs témoignages laissent présager une densité de reproducteurs relativement importante.
- Une manipulation expérimentale menée en laboratoire a été entreprise afin d'évaluer l'impact de la truite arc-en-ciel sur la structure sociale et le comportement individuelle des saumons atlantiques. Nous avons mis en évidence que la truite arc-en-ciel a un impact très significatif sur les patrons d'agressions au sein d'un groupe de saumons. Chaque individu dans un groupe de saumons répond (nombre d'agressions émises) de façon différente suite à l'ajout de truites arc-en-ciel. À l'opposé, lorsqu'un nombre similaire de saumons est ajouté à un groupe de saumons, tous les individus répondent de façon identique. La compétition avec la truite arc-en-ciel n'affecte donc pas tous les individus de la même façon au sein d'une population de saumon.

has increased over the three years (48% for 2001 spawners, 58% for 2002, and 54% for the subset of individuals analyzed for 2003).

- The results of parental assignment obtained from PASOS, indicate that 35% of the male parents of 2001 and 25% of those of 2002 could not be identified upstream of the dam. This confirms a potential precocious male parr contribution to the progeny. Results of parental assignment of the progeny found downstream of the dam estimate that almost 100 parents in 2001 and almost 150 in 2002 were not sampled. They did not migrate above the fish pass and they spawned only downstream.

PASOS: a computer tool to genetically identify the parents under natural conditions

- In a context where a significant number of parents are unknown (as downstream of the dam on Malbaie river), there is a risk of confusing a missing parent with one of the known parents, constituting obviously an error of assignment. That limit led us to develop PASOS (Parental Allocation of Singles in an Open System), a software expressly dedicated to parental assignment of progeny in an open system with unknown spawners. PASOS carries out two types of assignment: to one of the known parents or to the category of the unknown parents. PASOS detects the presence of a missing parent and permits the estimation of the number of missing spawners and, at least partially, the reconstruction of families composed of progeny with unknown identity of their parents.

Ecological and evolutionary consequences of competition between rainbow trout and Atlantic salmon

- We confirmed the presence of a population of rainbow trout widely distributed in the downstream section of the Malbaie River. In certain areas, the density of trout is more important than that of Atlantic salmon. Several spawning areas were identified, some of which may overlap Atlantic salmon spawning sites (with the attendant risk of nest disturbance). A significant number of captures in the sport fishery suggests that an important number of reproductive rainbow trout exploit the river.
- A controlled laboratory-based experiment was conducted to document the rainbow trout's impact on the social structure and individual behaviour of Atlantic salmon parr. Rainbow trout were observed to exert a significant influence on the pattern of aggressive behaviour within a group of salmon. Each individual within an experimental group of young salmon exhibited different levels of aggression following the addition of rainbow trout. When an equal number of salmon was added to the group, all experimental individuals responded similarly (i.e. dominant parr remained dominant following the addition of salmon but not necessarily so after the addition of trout). Thus, competition with rainbow trout does not affect individual salmon behaviour to the same extent.

- Chez les salmonidés, il existe une relation positive entre le nombre d'agressions émises par un individu et sa croissance. En laboratoire, cette relation a été retrouvée dans les cas de compétitions intra-spécifiques faibles et fortes chez le saumon. Par contre, lorsque des truites arc-en-ciel coexistent avec les saumons, la relation n'existe plus, ce qui signifie que la croissance d'un individu ne sera plus prédite par son aptitude agressive. On peut donc supposer que ce ne sont pas les mêmes individus qui seront avantagés en présence ou en absence de l'espèce exotique. ♦

THÈME 3

DÉTERMINISME DE L'ABONDANCE DES STOCKS

Chercheurs principaux: Julian Dodson, Louis Bernatchez, Joseph Rasmussen, Céline Audet; **Chercheur associé:** François Caron.

Les facteurs pouvant affecter l'abondance des stocks sont reliés à leurs caractéristiques de structure démographique, de composition génétique et de reproduction. D'autre part, l'abondance des stocks de saumon peut être influencée par les interactions de compétition avec d'autres espèces qui peuvent limiter l'accès aux ressources nécessaires à la croissance et à la survie. Les quatre objectifs spécifiques de ce thème sont: **A)** Caractéristiques de base des stocks de saumon québécois; **B)** Influence des patrons de reproduction sur le succès reproducteur; **C)** Bases génomiques fonctionnelles de l'adaptation locale; **D)** Interactions compétitives avec d'autres espèces.

CARACTÉRISTIQUES DE BASE DES STOCKS DE SAUMON QUÉBÉCOIS

Suivi démographique à long terme des populations de saumon de la rivière Sainte-Marguerite

- En 2003, le nombre total de géniteurs recensés sur la Branche Nord-Est (461) était en augmentation par rapport aux années précédentes. Ce nombre est demeuré relativement stable en 2004 (425). Une crue importante a détruit nos installations de suivi de la dévalaison sur la branche Principale et affecté notre suivi de la dévalaison sur la branche Nord-Est. Une estimation de dévalaison de 51 000 smolts a pu quand même être calculée pour la branche Nord-Est (précision plus faible qu'en conditions normales). La production de smolts semble donc se maintenir sur cette branche de la rivière.

- *A relationship between aggression and growth rate has been observed in salmonids, with more aggressive fish exhibiting faster growth. In the laboratory, this relationship was observed in the case of weak and strong levels of intra-specific competition among juvenile salmon. In the presence of rainbow trout, this relationship was not observed and individual growth was not predicted by aggressive behaviour. This suggests that different individuals will be favoured in the presence of interspecific competitors rather than intraspecific competitors.* ♦



Démontage de la trappe de dévalaison, branche Nord-Est de la rivière Sainte-Marguerite, été 2004. (photo: Marianne Fradette)

THEME 3

DETERMINISM OF STOCK ABUNDANCE

Principal investigators: Julian Dodson, Louis Bernatchez, Joseph Rasmussen, Céline Audet; **Associate scientists:** François Caron.

*Stock abundance is influenced by factors related to reproductive characteristics and the demographic and genetic structure of stocks. In addition, abundance may be influenced by competitive interactions with other species that limit access to resources that are necessary for growth and survival. Four objectives are identified: **A)** Basic characteristics of Québec salmon stocks; **B)** Influence of reproductive strategies on reproductive success; **C)** The functional genomics of local adaptation; **D)** Competitive interactions with others species.*

- Des rétro-calculs à partir d'écaillés de tacons et de smolts capturés de 2000 à 2003 ont été effectués. Nos résultats montrent que la migration des juvéniles vers la mer est sélective en fonction de la taille. Elle est dirigée vers les plus grands individus de la cohorte. Il n'y a pas de différence significative entre la taille moyenne des smolts âgés de 2, 3 et 4 ans. La décision de migrer serait donc basée sur une taille à atteindre plutôt que sur un âge. Certains individus retarderaient leur migration d'un an ou plus en raison d'une taille insuffisante.
- Les smolts capturés à la fin de la dévalaison ont une taille supérieure à celle des individus capturés au début. Toutefois, tous les smolts avaient une taille identique au début de la saison de migration. Les migrants tardifs ne retarderaient donc pas leur migration de quelques semaines en raison d'une taille initiale insuffisante. Ils profitent néanmoins d'une croissance additionnelle en eau douce avant la migration. Les smolts de la branche Nord-Est ont toujours une taille moyenne supérieure à ceux de la Principale, et ce, peu importe l'année étudiée et l'âge des smolts.

INFLUENCE DES PATRONS DE REPRODUCTION SUR LE SUCCÈS REPRODUCTEUR

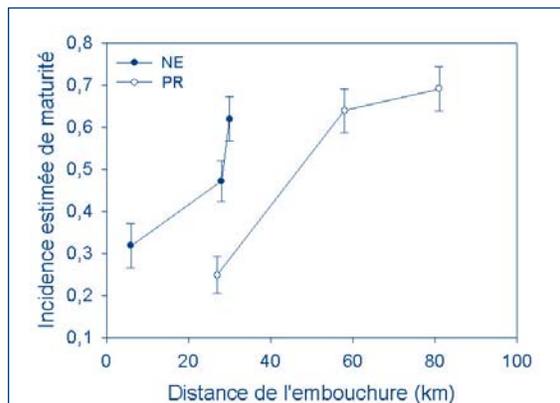
Présence d'un gradient spatial temporellement stable dans l'incidence des tacons sexuellement matures de la rivière Sainte-Marguerite

- Chez le saumon atlantique, les tacons mâles peuvent devenir sexuellement matures si leur taille dépasse une certaine valeur seuil. Nous avons évalué la stabilité temporelle du patron spatial de l'incidence de la maturité précoce à l'intérieur d'une population de saumon atlantique. La maturité précoce de tacons de 1 an et de 2 ans, provenant de 6 sites de la rivière Sainte-Marguerite (3 sites sur 2 branches), a été évaluée sur une période de 8 ans. Les analyses font ressortir la présence d'un gradient longitudinal, croissant de l'embouchure à la tête de la rivière, dans le taux de maturité des tacons. Ce gradient était stable pour les huit années de l'étude et significatif même lorsque corrigé pour l'effet de taille présent entre les sites. Ces observations suggèrent qu'il existe des différences spatiales temporellement stables dans les valeurs seuils de taille à la maturation.

BASIC CHARACTERISTICS OF QUÉBEC SALMON STOCKS

Long-term demographic monitoring of Sainte-Marguerite River's Atlantic salmon populations

- *In 2003, the census of adult salmon in the Northeast branch (461) represented an increase relative to previous years. This estimate remained relatively stable in 2004 (census of 425). A major flood event in the spring of 2004 destroyed the salmon smolt trap located on the Principal branch and impaired the monitoring of the smolt run on the Northeast branch. Nevertheless, we estimated a smolt run of 51 000 on this branch (with a lower precision than normally calculated). Smolt production thus appears to hold steady for this branch of the Sainte-Marguerite River.*
- *An examination of back-calculated body size based on scales of parr and smolt from 2000 to 2003 revealed that the sea migration of juveniles is contingent upon body size, with the largest members of a cohort migrating to sea. No significant difference in size was observed among smolt aged 2, 3 and 4 years indicating that the decision to smoltify is size-dependent rather than age-dependent. Some individuals may delay migration one or two years because of small body size.*
- *Smolts captured at the end of the outmigration are larger than those captured at the beginning of the season. However, all smolts exhibited the same body size at the beginning of the season. Late migrants thus do not delay migration because of inferior body sizes. They do benefit however from increased growth in freshwater prior to outmigration. Smolts from the Northeast branch of the river are always longer than smolt from the Principal branch regardless of year or smolt age.*



Taux de maturité sexuelle des tacons sur la rivière Sainte-Marguerite en fonction de la distance à l'embouchure. (Graphique: Jean-François Bourque)

BASES GÉNOMIQUES FONCTIONNELLES DE L'ADAPTATION LOCALE : IMPORTANCE POUR LA CONSERVATION GÉNÉTIQUE DU SAUMON ATLANTIQUE

L'objectif de ce nouveau projet est d'élucider les bases génétiques de traits morphologiques et physiologiques reliés au fitness chez le saumon atlantique. À court terme, ces connaissances aideront à prédire les conséquences de l'introduction de populations dans un nouvel environnement et des échappements de poissons d'élevage sur l'intégrité génétique et le potentiel adaptatif du saumon atlantique. À plus long terme, ce projet permettra d'identifier quels sont les gènes intervenant dans le déterminisme du fitness chez les salmonidés.

Comparaison entre une lignée domestique et sa population fondatrice

L'élevage du saumon atlantique vise l'augmentation du taux de croissance et la modification d'autres caractères d'intérêt commercial. Face à l'importance des échappées de saumons d'élevage, il est important de comprendre comment la sélection artificielle a modifié le patrimoine génétique de ces saumons afin de mieux évaluer les conséquences de leur interaction avec les populations naturelles. À l'aide de la technique des bio-puces, nous avons comparé le niveau d'expression de milliers de gènes entre la progéniture de saumons sauvages et de celle de saumons d'élevage. Les géniteurs sauvages provenaient des rivières d'origine de deux populations d'élevage, l'une canadienne (rivière Saint-Jean (NB)) et l'autre norvégienne (rivière Namsen).

- Cinq à sept générations de sélection artificielle visant, entre autres choses, une augmentation du taux de croissance et une diminution de la proportion de madeleineaux chez le saumon atlantique, ont suffi pour entraîner des modifications moyennes de 20 % du niveau d'expression d'au moins 1,7 et 1,4 % des gènes exprimés dans les souches d'élevage norvégienne et canadienne respectivement, et ce, pour différents groupes de fonctions. Certains gènes montraient en outre des changements parallèles dans les souches des deux pays. Ces résultats supportent donc l'hypothèse voulant que l'hybridation éventuelle entre saumons d'élevage et sauvages puisse altérer négativement le pool génique des populations naturelles et en diminuer le fitness.



INFLUENCE OF REPRODUCTIVE STRATEGIES ON REPRODUCTIVE SUCCESS

Presence of a spatially and temporally stable gradient in the incidence of early sexual maturity in the Sainte-Marguerite River

- *In Atlantic salmon, male parr may reach sexual maturity if their body size exceeds a certain threshold value. We assessed the temporal stability of a spatial pattern in the incidence of early male maturity within the two branches of the Sainte-Marguerite River. The incidence of early maturity of male 1+ and 2+ parr was measured at 6 sites (3 per branch) over a period of 8 years. There exists a longitudinal gradient in the incidence of sexual maturity increasing from the mouth to the head of the river. This gradient was stable over 8 years even when corrected for body size differences among sites. These observations suggest a spatially and temporally stable gradient in threshold levels leading to early maturity, the smallest threshold sizes occurring further upstream.*

THE FUNCTIONAL GENOMICS OF LOCAL ADAPTATION; IMPORTANCE FOR THE GENETIC CONSERVATION OF ATLANTIC SALMON

The objective of this new project is to elucidate the genetic basis of morphological and physiological traits related to fitness in Atlantic salmon. In the short term, this knowledge will permit the prediction of the consequences associated with the introduction of populations in new environments and the impact on the genetic integrity and adaptive potential of wild fish caused by the escape of cultured fish. In the long term, this project will lead to the identification of those genes involved in determining fitness among salmonids.

Comparison between a domesticated lineage and its founding population

The culture of Atlantic salmon aims to increase growth rates and other traits of commercial interest. Given the importance of accidental releases of domestic salmon in nature, it is imperative to understand how artificial selection has altered the genetic architecture of these fish in order to better measure the consequences of their interactions with wild fish. Using the microarray technology, we compared the level of expression of thousands of genes between the progeny of wild salmon and those of domesticated salmon. Wild fish were obtained from two populations used to found two domesticated lineages; the St-John River in New Brunswick and the Namsen River in Norway.

INTERACTIONS COMPÉTITIVES AVEC D'AUTRES ESPÈCES

Héritabilité, interaction gènes-environnement et anadromie chez l'omble de fontaine; implications pour la gestion des pêches et pour le développement de l'aquaculture

L'objectif majeur est d'évaluer de façon quantitative les bases génétiques et environnementales des caractères physiologiques et écologiques associés avec l'anadromie chez l'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*). Le projet se déroule sur les rivières Sainte-Marguerite (et ses tributaires) et Laval.

Patrons d'alimentation de la truite de mer dans la baie Sainte-Marguerite

- Les truites de mer de la rivière Sainte-Marguerite migrent vers l'estuaire de la rivière Saguenay en passant par la baie Sainte-Marguerite pendant les mois de mai et juin. Pendant le mois de mai, les truites de mer, qu'elles en soient à leur première migration en mer (nouvelles migrantes) ou qu'elles aient déjà passé au moins un été en mer (migrantes plus âgées), se nourrissent principalement d'invertébrés aquatiques d'eau douce (trichoptères et éphémères). Ceci suggère qu'elles restent dans la baie, relativement proche des sources d'eau douce provenant de la rivière, confirmant leur besoin d'acclimatation aux nouvelles salinités et températures de la mer. Les proies de source marine (polychètes (vers marins)) se retrouvent aussi dans leur diète mais en moins grande proportion.
- Pendant les mois qui suivent, les nouvelles truites migrantes changent leur diète pour des proies marines, se gavant surtout d'amphipodes. Les signatures d'isotopes stables ($\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$) des tissus musculaires des nouvelles migrantes reflètent rapidement cette nouvelle alimentation. Les changements observés entre mai et septembre dans les signatures d'isotopes stables de ces truites reflètent leur croissance rapide une fois en mer. Les migrantes plus âgées se gavent aussi principalement d'amphipodes, par contre elles consomment plus de poissons que les nouvelles migrantes. Cette forte dépendance presque immédiate pour ces proies marines, plus grosses que celles retrouvées en eau douce, permet aux truites migrantes d'avoir des croissances beaucoup plus élevées que celles qui restent en eau douce.

Héritabilité de l'anadromie chez l'omble de fontaine

- Cette partie du projet a pour but de comprendre l'importance relative des facteurs génétiques et environnementaux dans l'adoption de la forme anadrome ou résidente chez l'omble de fontaine de la rivière Sainte-Marguerite. Les analyses démontrent que nous

- From 5 to 7 generations of artificial selection to increase growth and decrease the proportion of grilse among reproductive fish have been sufficient to entrain a 20% average modification in gene expression of at least 1.7 and 1.4% of genes expressed in the Norwegian and Canadian domesticated lineages, respectively. These differences were expressed among different functional groups of genes. Some genes exhibited parallel changes in the two lineages. These results support the contention that hybridisation between wild and domesticated salmon may negatively alter the genetic architecture of wild populations and reduce their fitness in nature.

COMPETITIVE INTERACTIONS WITH OTHERS SPECIES

Heritability, gene-environment interaction and anadromy in the brook charr; implications for fishery management and aquaculture development

The main goal is to measure quantitatively the genetic and environmental bases of those ecological and physiological characteristics associated with anadromy in brook charr (*Salvelinus fontinalis*). The project is conducted on the rivers Sainte-Marguerite (and its tributaries) and Laval.

Marine feeding patterns of anadromous brook trout inhabiting the Sainte-Marguerite Bay

- Sea trout of the Sainte-Marguerite River enter the estuarine waters of the Saguenay River passing through the Sainte-Marguerite bay between May and early June. During the month of May, sea trout, both first-time migrants (new migrants) and old migrants, having spent at least one summer at sea, consume primarily freshwater aquatic invertebrates, including caddisflies and mayflies. This observation suggests that upon entry at sea, trout remain in relatively close vicinity to freshwater inputs, confirming their need to acclimatize to the new salinities and temperatures of the sea. However, marine prey item (Polychaetes (marine worms)) are also found in their diet, but in a lower proportion.
- In the months that follow, the diet of new migrants shifts to marine prey items such as amphipods. Isotopic signatures ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$) of trout muscle tissues rapidly reflect these new feeding habits. In these trout, changes observed between May and September reflect their fast growth at sea. Old migrants also primarily consume amphipods, although they consume more fish than new migrants. The strong and quick dependence on marine prey, characterized by sizes larger than those found in freshwater, allow migrants to achieve higher growth rates than trout remaining in freshwater.

sommes en présence d'une seule population avec reproduction aléatoire entre les deux formes. L'héritabilité du comportement migrateur est faible mais significative et semble varier selon l'âge (1+ ou 2+). Les conditions environnementales semblent jouer un rôle plus important dans notre système pour déterminer l'anadromie ou la résidence que les facteurs génétiques.

Bases génétiques des traits physiologiques liés à l'anadromie

- Nous avons construit une carte génétique de 200 marqueurs chez l'omble de fontaine à partir de deux familles hybrides entre les souches Laval et Rupert pour identifier des polymorphismes génétiques associés à différents caractères (« quantitative trait loci », QTL), en particulier ceux qui sont associés avec l'anadromie. Des QTL potentiellement associés avec l'anadromie ont été identifiés pour la profondeur du corps à la tête (5), le pédoncule caudal (3), la longueur de la tête (5), la longueur de la mâchoire (6), le facteur de condition (3) et la coloration (9). Ce travail se poursuit avec la construction d'une deuxième génération de carte génétique réalisée à partir du génotypage de familles F2 issues de rétrocroisements entre familles hybrides et pures (anadrome et résidente).
- De plus, nous avons été capable d'identifier les points ontogénétiques importants pour la différenciation morphologiques entre les formes anadromes et résidentes. La différenciation phénotypique entre anadromes et résidentes débute vers 17 mois. Les traits associés avec la profondeur du corps sont les premiers (17+ mois) à se différencier entre les 2 formes, les autres traits commençant seulement à se différencier à 27 mois.
- L'architecture génétique n'est pas stable pour tous les stades de vie chez l'omble de fontaine. Ainsi, l'importante contribution génétique maternelle à la longueur embryonnaire et au volume du sac vitellin qui existent juste après l'éclosion diminuent après la résorption du sac vitellin. La variance génétique semble être aussi un facteur déterminant dans l'adaptation des populations à leur milieu spécifique: la différenciation génétique quantitative (pour la longueur embryonnaire et le volume du sac vitellin) entre les populations résidentes et anadromes est déterminée principalement par contrôle génétique maternel. ♦

Heritability of anadromy in brook charr

- *This project aims to document the relative importance of genetic and environmental factors in the adoption of the anadromous or resident ecotype in the Sainte-Marguerite population of brook charr. Genetic analyses reveal the presence of one population with random reproduction between ecotypes. The heritability of migratory behaviour is weak but significant and varies according to age (1+ or 2+). Environmental variability apparently plays a more important role than genetic factors in determining the adopted tactic.*

Genetic basis of physiologic traits associated with anadromy in brook charr

- *We have created a genetic map of 200 markers in the brook charr using two full-sib hybrid families between Rupert and Laval strains (one male parent and two females), in order to identify genetic polymorphisms associated with different traits (quantitative trait loci, QTL) comprising anadromous phenotype. Putative QTL for anadromous traits have been found for body depth at the head (5), the caudal peduncle (3), head length (5), jaw length (6), condition factor (3) and colouration (9). This work is being continued with the construction of a second generation of genetic map into a retrocross anadromous-resident F2 full sib family.*
- *Additionally, we have been able to identify major ontogenetic points for morphological differentiation between resident and anadromous fish. Phenotypic differentiation between resident and anadromous fish begins around 17 months. The traits associated with body depth differ first between the two forms (17+ months), the other traits begin only to be differentiated at 27 months.*
- *Genetic architecture is not stable overall for the brook charr. For example, the strong maternal genetic component of embryo size and yolk sac volume, just after hatching, declines post-resorption of the yolk sac. Genetic variance also appears to be a major determining factor for population adaptation: quantitative genetic differentiation (for the embryo length and the yolk sac volume) between resident and anadromous populations of brook charr is determined principally by maternal genetics control. ♦*

Thème 1

Étudiants de 2^e cycle / M. Sc. students: Annie Ménard (INRS-EET); Julie Smith (INRS-EET); Jean-François Bisailon (INRS-EET); Gisèle Wagner (INRS-EET); Judith Bouchard (U. Mtl); Marianne Fradette (U. Mtl); Marie-Eve Bédard (U. Mtl); Chad Davey (U. McGill); Mélanie Rousseau (U. McGill); Véronique Trudeau (U. McGill); Nicolas Martel (UQTR); Catherine Brisson-Bonenfant (U. Laval); François martin (U. Laval).

Étudiants de 3^e cycle / Ph. D. students: Frédéric Burton (U. Mtl); Mylène Levasseur (INRS-EET); Christian Latulippe (U. McGill); Jamie Luce (U. McGill); Julie Deschênes (UQTR); Patricia Johnston (INRS-EET).

Chercheurs postdoctoraux / Postdoctoral fellows: Isvan Imre (U. Mtl); Patrice Carbonneau (INRS-EET); Richard Hedger (U. Laval).

Professionnels de recherche / Research professionals: Francis Bérubé (INRS-EET); Jean-François Bourque (U. Laval).

Assistants de recherche et stagiaires / Research assistants and interns: Maude Picotin (U. Mtl); Sebastien Denizeau (U. Mtl); Mathieu Froment et Alexandre Licardi (stagiaires, Institut Universitaire Technologique, Aurillac, France); Sébastien Renard (U. Mtl); Claudie Desroches (U. Mtl); Myriam Broué (U. McGill); Mélissa Valiquette (U. McGill); Patricia Prat (stagiaire, École Nationale d'Ingénieur des Travaux Agricoles, France); Sylvain Bouchard (stagiaire, Cégep St-Laurent); Marie-Josée Desrochers (stagiaire, Cégep St-Laurent); David Clavé (stagiaire, Université d'Anglet, France); Marc-André Pouliot (INRS-EET); Nicolas Beauchamp (U. Laval).

Collaborations: Pierre Francus (INRS-EET); Marc Gauthier (Directeur général, Société Cascapédia); André Chagnon (INRS-EET); le personnel technique de l'équipe de Pierre Bérubé (MRNF); le personnel de la station de recherche du CIRSA.

Thème 2

Étudiant de 2^e cycle / M. Sc. student: Erik Auclair (U. Laval).

Étudiants de 3^e cycle / M. Sc. students: Anne-Marie Gale (U. Laval); Simon Blanchet (U. Laval).

Professionnels de recherche / Research professionals: Pierre-Alexandre Paradis (U. Laval); Pierre Duchesne (U. Laval); Lucie Papillon (U. Laval).

Assistants de recherche et stagiaires / Research assistants and interns: Géraldine Loot (stagiaire, France); Nicolas Soubiran (stagiaire, France); Nicolas Champousin (stagiaire, France); Robin Martel (U. Laval); Catherine Bonenfant (U. Laval); Anabel Carrier (U. Laval); François Martin (U. Laval); Olivier Rey (U. Laval); Scott McCairns (U. Laval); Guillaume Côté (U. Laval).

Collaborations: Valérie Bujold (biologiste, Fapaq); Jean-Guy Frenette (technicien de la faune, Fapaq); Ronald Desbiens, Lynda Desrosiers, Béatrice Ouellet, Mireille Ouellet et tous les autres membres de la Corporation Saumon Rivière Malbaie.

Thème 3

Étudiants de 2^e cycle / M. Sc. students: Dominique Lavallée (UQAR); David Paez (U. Laval); Anabel Carrier (U. Laval).

Étudiants de 3^e cycle / Ph. D. students: Geneviève Morinville (U. McGill); Véronique Thériault (U. Laval); Andréane Bastien (UQAR); Mélanie Dionne (U. Laval); Christian Roberge (U. Laval).

Chercheur postdoctoral / Postdoctoral fellow: Guy Perry (U. Laval).

Professionnel de recherche / Research professional: Jean-François Bourque (biologiste, U. Laval).

Assistants de recherche, technicien et stagiaires / Research assistants, technician and interns: François Martin (U. Laval); David Clavé (stagiaire, Université d'Anglet, France); Patricia Prat (stagiaire, École Nationale d'Ingénieur des Travaux Agricoles, France); Gregory Kramer (U. McGill); Martin Murdock (technicien de la faune); Maxime Leblond (U. Laval); Catherine Brisson-Bonenfant (U. Laval); Marylène Goulet (UQAR); Marie-Michelle Vézina (UQAR); Étienne Audet-Walsh (UQAR); Jonathan Saint-Laurent (UQAR); Nathalie Morin (UQAR); Christen Cormier (U. Acadia).

Collaborations: Dan Ryan (Université de l'Île-du-Prince-Édouard); Helga Guderley (U. Laval).

COMMUNICATIONS ET PUBLICATIONS COMMUNICATIONS AND PUBLICATIONS

Articles avec comité de lecture / Refereed journal publications

BÉDARD, M.-È., I. IMRE and D. BOISCLAIR. 2005. Nocturnal density patterns of Atlantic salmon parr in the Sainte-Marguerite River, Québec, relative to the time of night. *Journal of Fish Biology*. 66 (5) : 1483-1488.

BÉRUBÉ, F., J.C. SMITH and N.E. BERGERON. 2004. Development and use of a particle image velocimetry (PIV) application for aquatic habitat mapping, Proceedings of the Fifth International Symposium on Ecohydraulics. *Aquatic Habitats: Analysis and Restoration*. Madrid 2004. pp. 1223-1226.

BOISCLAIR, D. 2005. The status of Atlantic salmon (*Salmo salar*): populations and habitats. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 61: 2267-2270.

BURGE, L. and M. LAPOINTE. 2005. Understanding the temporal dynamics of the wandering Renous River, New Brunswick, Canada. *Earth Surface Processes and Landforms* (sous presse / in press; early view online).

BURGE, L. 2005. Wandering Miramichi Rivers, New Brunswick, Canada. *Geomorphology*. 69: 253-274.

BURGE, L. 2004. Testing links between river patterns and in-channel characteristics using MRPP and ANOVA. *Geomorphology* 63: 115-130.

CARBONNEAU, P.E., S.N. LANE and N.E. BERGERON. 2004. Catchment-scale mapping of surface grain size in gravel-bed rivers using airborne digital imagery. *Water Resources Research*, vol. 40 (7): W07202 (11p.).

CARBONNEAU, P.E., N.E. BERGERON and S.N. LANE. 2005. Texture based image segmentation applied to the quantification of superficial sand in salmonid river gravels. *Earth Surface Processes and Landforms*. 30: 121-1275.

CARBONNEAU, P.E., S.N. LANE and N.E. BERGERON. 2005. (soumis à / submitted to *Earth surface, processes and Landforms*). Feature based image processing methods applied to bathymetric measurements from airborne remote sensing in fluvial environments.

CARBONNEAU, P.E., N.E. BERGERON and S.N. LANE. 2005. Automated grain size measurements from airborne remote sensing with an application to granulometric long profile measurements in fluvial environments. *Water Resources Research* (en révision / under revision).

COULOMBE-PONTBRIAND, M. and M. LAPOINTE. 2004. Geomorphic controls, riffle substrate quality and spawning site selection in two semi-alluvial salmon rivers in the Gaspé Peninsula, Canada. *River Research and Applications*. 20 (5) : 577-590.

DAVEY, C. and M. LAPOINTE. 2005. (soumis à / submitted to *Geomorphology*). The effect of sediment source characteristics on riverscape structure: sedimentary links and the spatial organization of Atlantic salmon (*Salmo salar*) spawning habitat in a Canadian shield river.

DESCHÊNES, J. and M.A. RODRÍGUEZ. 2005 (soumis à / submitted to *Ecology*). Multi-scale analysis of stream fish assemblages by means of hierarchical decomposition of variation.

DUCHESNE, P., T. CASTRIC and L. BERNATCHEZ. 2005. PASOS (parental allocation of singles in open systems): A computer program for individual parental allocation with missing parents. *Molecular Ecology Notes* (sous presse / in press).

ENDERS, E.C., T. BUFFIN-BÉLANGER, D. BOISCLAIR and A. G. ROY. 2005. The feeding behaviour of juvenile Atlantic salmon in relation to turbulent flow. *Journal of Fish Biology*. 66: 242-253.

ENDERS, E.C., D. BOISCLAIR and A. G. ROY. 2004. The costs of habitat utilization of wild, farmed, and domesticated juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 61 (12): 2302-2313.

ENDERS, E.C., T. BUFFIN-BÉLANGER, D. BOISCLAIR and A. G. ROY. 2005. A model of total swimming costs in turbulent flow for juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 62 (5): 1079-1089.

GARANT, D., J.J. DODSON and L. BERNATCHEZ. 2005. Offspring genetic diversity increases fitness of female Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 57 (3): 240-244.

HEDGER, R.D., J.J. DODSON, N.E. BERGERON and F. CARON. 2004. Quantifying the effectiveness of regional habitat quality index models for predicting densities of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Ecology of freshwater Fish*. 13: 266-275.

HEDGER, R.D., J.J. DODSON, N.E. BERGERON and F. CARON. 2005. Habitat selection by juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L.): the interaction between physical habitat and abundance. *Journal of Fish Biology* (sous presse / in press).

HEDGER, R.D., J.J. DODSON, J.-F. BOURQUE, N.E. BERGERON and P.E. CARBONNEAU. 2005. (soumis à / submitted to *Ecological Modelling*). Improving juvenile Atlantic salmon habitat modelling through the use of high resolution remote sensing.

HEDGER, R.D., N.E. BERGERON, F. CARON and J.J. DODSON. 2005. (soumis à /submitted to Rivers: Research and Applications). Predicting the temporal transferability of fluvial habitat quality models from river habitat characteristic.

HEDGER, R.D., J.J. DODSON, J-F. BOURQUE, N.E. BERGERON and P.E. CARBONNEAU. 2005. The application of remote sensing to juvenile Atlantic salmon habitat modelling. Special Issue of the Canadian Journal of Remote Sensing: Proceedings of the 26th Canadian Symposium on Remote Sensing, Wolfville, Nova Scotia (sous presse / in press).

IMRE, I. and D. BOISCLAIR. 2005. Moon phase and nocturnal density of Atlantic salmon parr in the Sainte-Marguerite River, Québec. *Journal of Fish Biology*. 66: 198-207.

JOHNSTON, P., N. E. BERGERON and J.J. DODSON. 2004. Diel activity patterns of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) in streams with summer water temperature near the temperature-dependent suppression of diurnal activity. *Journal of Fish Biology*. 65: 1305-1318.

JOHNSTON, P., N. E. BERGERON and J.J. DODSON. 2005. Assessment of winter size-selective mortality of young-of-the-year Atlantic salmon (*Salmo salar*) using otolith microstructure analysis. *Ecology of freshwater fish*. 14 (2): 168-176.

JULIEN, P. H. and N. E. BERGERON. 2004. (soumis à / submitted to Hydrobiologia). Effect of fine sediment infiltration on Atlantic salmon (*Salmo salar*) embryo survival.

LAPOINTE, M., N.E. BERGERON, F. BERUBE, M.-A. POULIOT and P. JOHNSTON. 2004. Interactive effects of substrate sand and silt contents, redd-scale hydraulic gradients and interstitial velocities on egg to emergence survival of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 61 (12): 2271-2277.

LEVASSEUR, M., N.E. BERGERON, M. LAPOINTE and F. BÉRUBÉ. 2005. Silt infiltration into Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) redds under river ice cover as a control on embryo hatching success along the Sainte-Marguerite River, Québec. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* (en révision / under revision).

MORINVILLE, G. and J. B. RASMUSSEN. 2005. (soumis / submitted to Ecology). Distinguishing between juvenile anadromous and resident brook trout (*Salvelinus fontinalis*) using morphology.

MORINVILLE, G. and J. B. RASMUSSEN. 2005. (soumis / submitted to Ecology). Differential habitat use of salmonids in streams open and closed to anadromy.

PERRY, G.M.L., C. AUDET, B. LAPLATTE and L. BERNATCHEZ. 2004. Shifting patterns in genetic control at the embryo-alevin boundary in brook charr. *Evolution*. 58 (9): 2002-2012.

PERRY, G.M.L., P. TARTE, S. CROISETIÈRE, P. BELHUMEUR and L. BERNATCHEZ. 2004. Genetic variance and covariance for 0+ brook charr (*Salvelinus fontinalis*) weight and survival time of furunculosis (*Aeromonas salmonicida*) exposure. *Aquaculture*. 235: 263-271.

PERRY, G.M.L., C. AUDET and L. BERNATCHEZ. 2005. Maternal genetic effects on adaptive divergence between anadromous and resident brook charr during early life history. *Journal of Evolutionary Biology* (sous presse / in press; early view online).

PERRY, G.M.L., T.L. KING, J. SAINT-CYR, M. VALCOURT and L. BERNATCHEZ. 2005. Isolation and cross-familial amplification of forty-one microsatellites for the brook charr (*Salvelinus fontinalis*). *Molecular Ecology Notes*. 5 (2): 346-351.

SMITH, J.C., F. BÉRUBÉ and N.E. BERGERON. 2005. A field application of particle image velocimetry (PIV) for the measurement of surface flow velocities in aquatic habitat studies. Special Issue of the Canadian Journal of Remote Sensing: Proceedings of the 26th Canadian Symposium on Remote Sensing, Wolfville, Nova Scotia (sous presse / in press).

TURGEON, K. and M.A. RODRÍGUEZ. 2005. Predicting microhabitat selection in juvenile Atlantic salmon *Salmo salar* by the use of logistic regression and classification trees. *Freshwater Biology*. 50: 539-551.

ZIMMERMAN, A. and M. LAPOINTE. 2005. Intergranular flow velocity through salmonid redds: sensitivity to fines infiltration during low intensity sediment transport events. *River Research and Applications*. (sous presse / in press).

ZIMMERMAN, A. and M. LAPOINTE. 2005. Sediment infiltration traps; their use and potential misuse to monitor spawning habitat. *Hydrological Processes* (sous presse / in press).

ZIMMERMAN, A. and M. LAPOINTE. 2005. Biases of submerged bulk and freeze core samples. *Earth Surface Processes and Landforms* (sous presse / in press).

Rapports et articles sans comité de lecture/ Research reports and non-refered articles

AUDET, C. et L. BERNATCHEZ. 2004. La souche Laval, le pourquoi et le comment. *L'Aquicole, Bulletin de l'Association des aquaculteurs du Québec* 10: 9-11.

AUDET, C. et L. BERNATCHEZ. 2004. Évaluation des performances d'ombles de fontaine de la souche Laval (souche d'origine anadrome indigène de la Côte Nord) pour l'engraissement en milieu marin. Rapport de recherche, MAPAQ, 19pp.

BÉRUBÉ, F., M-A POULIOT, N. BERGERON et M. LEVASSEUR. 2004. Étude de la qualité des frayères de la rivière Betsiamites : survie des embryons de saumon et nettoyage

de sédiments fins. Rapport présenté à la Société de restauration du saumon de la rivière Betsiamites, 43 p.

LECLERC, M., F. BÉRUBÉ, J. LANDRY, N.E. BERGERON et M-A. POULIOT. 2005. Analyse des conditions d'écoulement hivernal dans le lac du Délaissé (rivière Montmorency). Pour le compte des Municipalités de Boischatel et Sainte-Brigitte-de-Laval, de l'Arrondissement Beauport, de Boralex Énergie Inc. en collaboration avec le Conseil de Bassin de la rivière Montmorency. Rapport #R- 799. Mars. 30 p.

MORINVILLE, G. et V. THÉRIAULT. 2004. Les mystères de la truite de mer. Chronique « Les secrets de Salmo », revue Saumons illimités. 70 (27(3)): 36-38

WAGNER, G., N.E. BERGERON, P. FRANCUS et M. LAPOINTE. 2004. Historique de la relation entre les activités forestières et la production de sédiments fins dans le bassin versant du lac Huard, rivière Cascapédia, Québec. Rapport remis au Ministère des Ressources Naturelles de la faune et des parcs du Québec, volet 1 Expérimentation, Programme de mise en valeur des ressources du milieu forestier, 30 pages.

TURGEON, K., and M.A. RODRÍGUEZ. 2005. Un habitat pour le repos ou pour les repas?... là est la question! Chronique « Les secrets de Salmo », revue Saumons illimités. 71 (28(1)): 39-40

Thèses / Theses

DAVEY, C. 2004. Longitudinal trends in grain size, shear stress and sediment mobility along sedimentary links of a Canadian Shield River, Saguenay region: a geomorphic perspective on assessing Atlantic salmon (*Salmo salar*) productivity in rivers. McGill University, Department of Geography. M.Sc. thesis (Direction M. Lapointe).

MÉNARD, A. (2005). Influence de la morphologie d'un cours d'eau sur les mouvements journaliers du saumon atlantique juvénile en automne et au début de l'hiver. Institut National de la Recherche Scientifique. Centre Eau, Terre et Environnement. Mémoire de maîtrise (Direction N. Bergeron).

LAVALLÉE, D. 2004. Effets de l'expérience, de l'âge et des caractéristiques du milieu immédiat sur les hormones thyroïdiennes et l'activité Na⁺-K⁺ ATPasique branchiale chez l'Omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) des rivières Laval et Sainte-Marguerite. Université du Québec à Rimouski, ISMER. Mémoire de maîtrise (Direction C. Audet).

LEVASSEUR, M. (2005). Suivi spatio-temporel et impacts de l'infiltration des sédiments fins dans les frayères de saumon atlantique et innovations techniques pour l'échantillonnage et le nettoyage du substrat de fraie. Institut National de la Recherche Scientifique. Centre Eau, Terre et Environnement. Thèse de doctorat (Direction N. Bergeron).

ROUSSEAU, M. 2004. Multi-scale analysis of the effects of forestry operations on the stream morphology and sedimentology of the Cascapédia River, Eastern Québec. McGill University, Department of Geography. MSc thesis (Direction M. Lapointe).

TRUDEAU, V. 2005. Factors Affecting Stable Carbon and Nitrogen Isotopic Signatures in Food Webs of the Ste. Marguerite River (Quebec, Canada). McGill University, Department of Biology. M.Sc. thesis (Direction Joseph Rasmussen). ♦



Équipe du CIRSA à la station de recherche (rivière Sainte-Marguerite), été 2004. (photo: CIRSA)

CONFÉRENCES, POSTERS

CONFERENCE PRESENTATIONS, POSTERS

Les membres du CIRSA ont présenté 36 conférences et posters (consulter notre site Web (www.bio.ulaval.ca/CIRSA) pour la liste détaillée) dans le cadre de plusieurs congrès nationaux et internationaux dont entre autres :

CIRSA members have presented 36 conferences and posters (see our web site for detailed list) in several national and international meetings including:

- Congrès de la Société canadienne de zoologie (Wolfville, N.É., mai 2004);
- Annual Conference of American Geophysical Union (Montréal, QC, 17-21 mai 2004);
- Annual Meeting of the North American Benthological Society (Vancouver, BC, Juin 2004);
- Ecological and Evolutionary Ethology of Fishes (EEEF) symposium (Saudárkrökur, Islande, 17-21 août 2004);
- Fifth International Symposium on Ecohydraulics. Aquatic Habitats: Analysis and Restoration (Madrid, Espagne, septembre 2004);
- 21st annual Meeting of the Aquaculture Association of Canada (Québec, QC, 17-20 octobre 2004);
- AquaNet IV (Québec, QC, 19-22 octobre 2004) ;
- 29^{ème} congrès annuel de la Société québécoise pour l'étude biologique du comportement (SQEBC) (Sherbrooke, QC, 13 novembre 2004);
- Canadian Conference for Fisheries Research (CCFFR) (Windsor, ON, 6-9 janvier 2005);
- Fish and diadromy in Europe, international symposium: Ecology, Management, Conservation (Bordeaux, France, 29 mars - 1^{er} avril 2005);
- GEOIDE's 7th Annual Scientific Conference (Québec, QC, 29-31 mai 2005);
- 26th Canadian Symposium on Remote Sensing (Wolfville, N.É., 14-16 juin 2005).

LES PARTENAIRES / PARTNERS

Alcan inc.

Aquasalmo R&D inc.

Association des pêcheurs sportifs de la Bonaventure Inc. (APSB)

Association des pêcheurs sportifs des rivières Cascapédia (APSRC)

Association de la rivière Sainte-Marguerite inc. (ARSM)

Conseil de recherche en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG / NSERC)

Corporation de gestion de la rivière des Escoumins (CGRSE)

Corporation de pêche Sainte-Marguerite (CPSM)

Corporation Saumon rivière Malbaie

Développement économique Canada (DEC / ECD)

Fédération québécoise pour le saumon atlantique (FQSA)

Fédération du saumon atlantique (FSA / ASF)

Fondation de la faune du Québec (FFQ)

Fonds des Priorités Gouvernementales en Sciences et Technologies-Environnement (FPGST-E)

Fonds québécois de la recherche sur la nature et les technologies (FQRNT) - Fonds Forestier

Genivar

GEOIDE (Réseau canadien de centres d'excellence)

Hydro-Québec

Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF)

Ministère du Développement économique, de l'Innovation et de l'Exportation (MDEIE)

Parc Marin du Saguenay St-Laurent

Société Cascapedia inc.

Société pour la restauration de la rivière Betsiamites

Station piscicole de Baldwin Mills

Station piscicole de Tadoussac

RÉUNION SCIENTIFIQUE DU CIRSA

SCIENTIFIC MEETING OF CIRSA

Le CIRSA a tenu les 17 et 18 mars 2005 à l'université Laval, Québec, sa huitième réunion scientifique annuelle. Environ 80 personnes ont assisté à ces deux journées, marquées par la présentation de 25 communications orales dont 24 présentées par les membres du CIRSA (voir notre site web (www.bio.ulaval.ca/CIRSA)).

The seventh annual scientific meeting of CIRSA was held between the 17th and 18th of March 2005 at Laval University, Quebec City. 80 persons attended the two-day meeting, where 25 oral communications were presented, 24 of which presented by members of CIRSA (see our web site).

ADMINISTRATEURS

ADMINISTRATORS AQUASALMO R&D INC.

M. Gilles L. Duhaime
Président, Aquasalmo R&D inc.

Mme Nadia Ghazzali
Vice-présidente, Aquasalmo R&D inc.
Adjointe au Vice-recteur à la recherche,
Université Laval

M. Jean-Pierre Mailhot
Secrétaire, Aquasalmo R&D inc.
Directeur, MAPAQ

M. Richard Poulin
Trésorier, Aquasalmo R&D inc.

M. Julian Dodson
Directeur scientifique, CIRSA

M. Louis Vaillancourt
conseiller juridique, Aquasalmo R&D inc.
Avocat, Ogilvy Renaud

M. Louis Aubry
Directeur général intérimaire,
Développement et aménagement de la faune (MRNF)

M. Bernard Beaudin
Président, Fondation de la Faune du Québec

M. Christian Cholette
Directeur département des sciences fondamentales, UQAC

M. Joseph Hubert
Vice-doyen à la recherche, Université de Montréal

M. Louis Lefebvre
Directeur de la mineure en Science et Art,
Professeur de biologie, Université McGill

M. Yvon Côté
Président, FQSA

M. Pierre Tremblay, O.C.

M. Mathieu Bouchard
Vice-président, Branding et Développement
économique, ALCAN inc.

M. Charles Cusson
Directeur des programmes (Québec), FSA

M. Stéphane Audy
Avocat, Kronstron Desjardins

Rémy Bujold, avocat



Photo aérienne de la station de recherche du CIRSA. (photo: Patrice Carbonneau)

COMMENT NOUS JOINDRE

HOW TO REACH US

CIRSA
Département de biologie
Université Laval, Sainte-Foy
Québec, Canada
G1K 7P4

(418) 656-3289 (Julian Dodson)
(418) 656-2681 (Françoise Colombani)
(418) 656-2043 et (418) 656-2339 (télécopieur / fax)

adresse électronique / E-mail

cirsa@cirsa.ulaval.ca

site internet / Web site

www.bio.ulaval.ca/CIRSA

à la station de Sacré-Cœur-sur-le-fjord-du-Saguenay

(15 mai-15 septembre)

at the research station, Sacré-Cœur-sur-le-fjord-du-Saguenay

(May 15-September 15)

(418) 236-9411 (téléphone / telephone)
(418) 236-9412 (télécopieur / fax)

Aquasalmo R&D inc.

86, chemin Saint-Louis
Québec (Québec)
G1R 2B9

Éditrice, rédactrice / *Publisher, editor*: Françoise Colombani
Concepteur graphique / *Graphic designer*: Caroline Berger

Photo de la couverture: Trappe rotative installée sur la branche Principale de la rivière Sainte-Marguerite afin de suivre la migration automnale des juvéniles, octobre 2004. (photo: Catherine Brisson-Bonenfant)