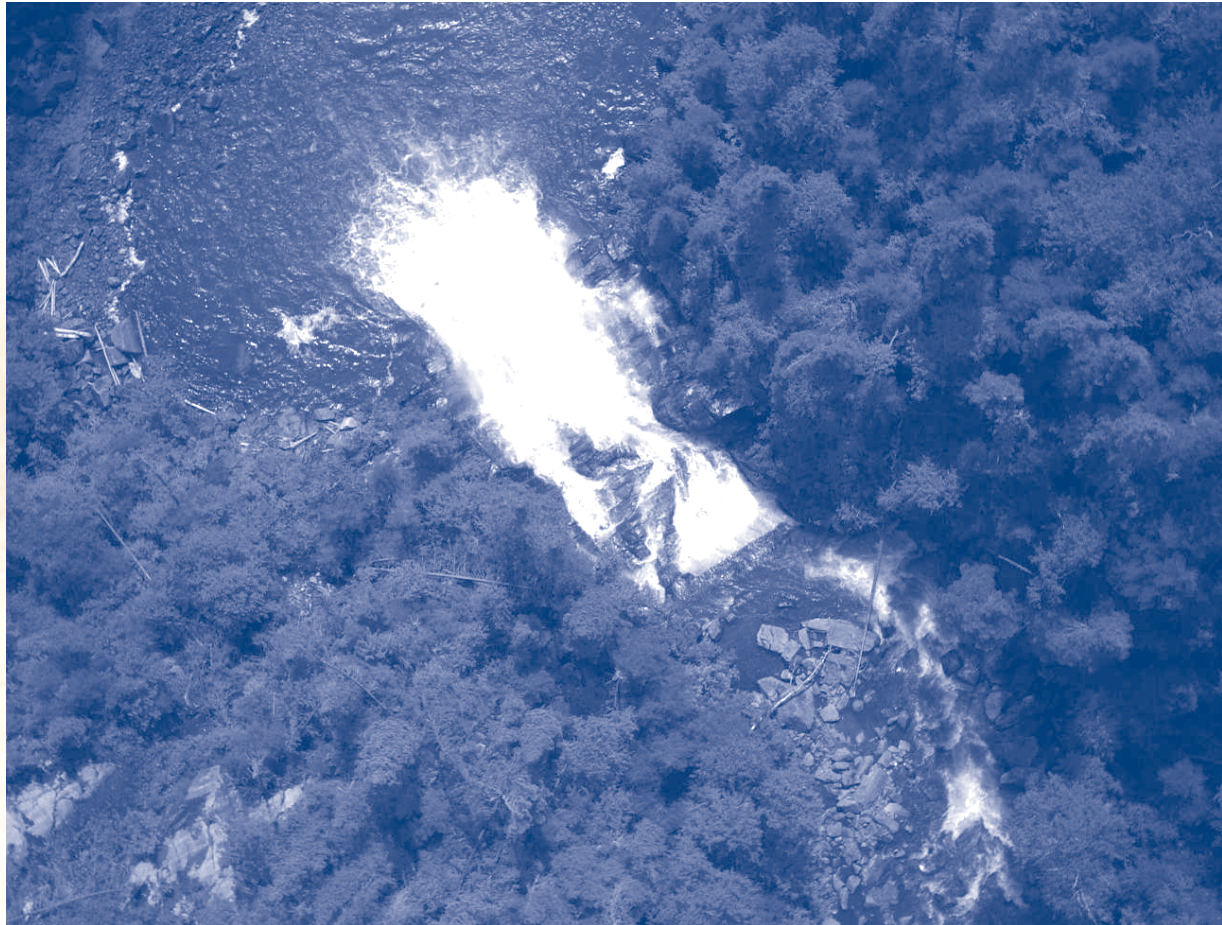


# Rapport Annuel Annual Report 2002-2003



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) 656-3102 / 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  
INRS-ETE, Sainte-Foy  
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 des 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  
lapointe@felix.geog.mcgill.ca

Dr Joseph Rasmussen  
Département de biologie  
Université McGill, Montréal  
Tél.: (514) 398-6467  
jrasmu@po-box.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  
Société de la faune et des parcs du Québec  
Direction de la recherche sur la faune, Québec  
Tél.: (418) 521-3955 poste 4359  
pierre.berube@fapaq.gouv.qc.ca

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

Dr Stuart Lane  
School of Geography  
University of Leeds, Leeds, U.K.  
Tél.: 44 113 343 3396  
s.lane@geog.leeds.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

#### Membre honoraire / *Honorary member*

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

#### Personnel / *Staff*

Françoise Colombani  
responsable administrative / *administration officer*

Jean-François Bourque  
biologiste / *biologist*

André Boivin  
superviseur de la station / *station manager*

Colette Dufour  
aide-cuisinière / *assistant cook*

Albertine Gauthier  
chef-cuisinière / *head cook*

Annie Lesvesque  
entretien ménager / *housekeeping*

## AU SUJET DU CIRSA (CENTRE INTERUNIVERSITAIRE DE RECHERCHE SUR LE SAUMON ATLANTIQUE)

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 gouvernement du Québec (ministère de l'Environnement et de la Faune, maintenant Société de la faune et des parcs du Québec), 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, 25 km en amont de sa confluence avec l'estuaire du Saint-Laurent. 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, la Corporation de soutien aux initiatives de recherche sur le saumon atlantique (CIRSA) inc. La corporation contribue également au financement de plusieurs projets du CIRSA. Depuis 1999, l'effort de recherche s'est déployé également sur plusieurs autres rivières à saumon du Québec. ♦

## ABOUT CIRSA (CENTRE INTERUNIVERSITAIRE DE RECHERCHE SUR LE SAUMON ATLANTIQUE)

*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 Quebec government (ministère de l'Environnement et de la Faune, now Société de la faune et des parcs du Québec), 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 initially occurred mainly on the Sainte-Marguerite River which flows into Baie Sainte-Marguerite situated on the north shore of the Saguenay fjord 25 km upstream of its confluence with the St. Lawrence estuary. 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, the Corporation de soutien aux initiatives de recherche sur le saumon atlantique (CIRSA) inc. The corporation also contributes financially to support several projects of CIRSA. Since 1999, CIRSA's research effort also involves several salmon rivers in other regions of Quebec. ♦*



Équipe du CIRSA à la station de recherche (rivière Sainte-Marguerite), été 2002. (photo: CIRSA)

## RAPPORT FINANCIER CIRSA AU 31 MARS 2003

## CIRSA FINANCIAL STATEMENT AS OF MARCH 31, 2003

### Revenus / Revenue

Alcan	75 000 \$
Fondation de la Faune du Québec	50 000 \$
Faune et Parcs Québec	49 500 \$
Développement économique Canada	98 644 \$
Fondation de l'université Laval, Alcan	25 000 \$
Commandite colloque (FAPAQ/FFQ)	1 000 \$
Ministère des Ressources Naturelles	30 000 \$
Hébergement et repas et autres	61 196 \$
<b>Total / Total</b>	<b>390 340 \$</b>

### Dépenses / Expenditures

#### Salaires / Salaries

Assistants et professionnels / Undergraduates and professionals	36 764 \$
Personnel de soutien / Station personel	43 094 \$
Responsable administratif / Administration officer	43 806 \$

#### Équipements / Equipment

Achat ou Location / Purchase or rental	161 \$
Matériel et fournitures / Material and supplies	7 136 \$
Bourses d'étudiants / Scholarships	52 500 \$
Soutien aux projets de recherche / Research projects support	126 222 \$
Relations publiques / Public relations	3837 \$
Réunions, colloque / Cirsa Meetings	1 574 \$
Rapport annuel / Annual report	2 379 \$
Fonctionnement de la station / Field station	42 876 \$
Administration / Administration	9 442 \$

**Total / Total** **369 791 \$**

**Solde / Balance** **20 549 \$**

## RÉSUMÉ DES ACTIVITÉS

### Activité du centre en 2002

En 2002, du 29 avril au 1<sup>er</sup> novembre, la station de recherche du CIRSA a enregistré un total de 2125 personnes-jours, ce qui représente une légère augmentation de la fréquentation par rapport à 2001. Cinq projets du CIRSA, dont deux nouveaux, ont eu leurs activités de terrain sur la Sainte-Marguerite. En 2002-2003, l'effort de recherche s'est déployé sur quatre régions du Québec soit le Saguenay (rivière Sainte-Marguerite), la Côte-Nord (rivière Betsiamites), la Gaspésie (rivière Grande-Cascapédia, projet « Impacts des pratiques forestières sur la conservation de la ressource saumon dans le bassin versant de la rivière Cascapédia ») et Charlevoix (rivière Malbaie, projet « Efficacité des méthodes de repeuplement »). Le total du nombre de personnes-jours (3218) pour l'ensemble des rivières est relativement stable depuis les dernières années. Les activités de terrain de deux projets (sur les rivières Petite Cascapédia et Bonaventure et sur la rivière des Escoumins) se sont terminées en 2001. Des travaux se sont poursuivis sur le terrain tout au cours de l'automne 2002 et de l'hiver 2003 (rivières Sainte-Marguerite et Grande Cascapédia). ♦

## SUMMARY OF ACTIVITIES

### Occupation rate in 2002

In 2002 (April 29 to November 1), the research station of CIRSA logged a total of 2125 person-days. Five projects, including two new projects, conducted field work in Sainte-Marguerite River. The research effort in 2002-2003 was conducted in four regions of Quebec: Saguenay (Sainte-Marguerite River), Côte-Nord (Betsiamites River), Gaspésie (Grande-Cascapédia River, "Impact of forest cutting on salmon conservation" project) and Charlevoix (Malbaie River, "Assessing population enhancement methodology" project). CIRSA's total research effort reached 3218 person-days in 2002, representing approximately the same research effort as during the last three years. Field activities ended in 2001 for two projects conducted on the Petite-Cascapédia and Bonaventure Rivers and on Des Escoumins River. Research activity continued during the fall and winter of 2002-2003 (Grande-Cascapédia and Sainte-Marguerite Rivers). ♦

**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	2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995
<b>Sainte-Marguerite</b>	2 125	1 968	1 883	2 510	2 520	2 706	2 438	1 200
<b>Des Escoumins</b>		120	308	351				
<b>Betsiamites</b>	20	4	12					
<b>Malbaie</b>	290	149						
<b>Petite Cascapédia et Bonaventure</b>		210	610	355				
<b>Grande Cascapédia</b>	783	1 028	240					
<b>Total</b>	<b>3 218</b>	<b>3 479</b>	<b>3 053</b>	<b>3 216</b>	<b>2 520</b>	<b>2 706</b>	<b>2 438</b>	<b>1 200</b>

## TRAVAUX DE RECHERCHE : NOUVEAUX PROJETS

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. ♦

### 1 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, Michel Leclerc; Asit Mazumder.

L'objectif central de ce thème est le développement de modèles d'habitat du saumon et d'outils d'évaluation, d'aménagement et de gestion des rivières afin de conserver la qualité des habitats salmonicoles. Les cinq objectifs spécifiques de ce thème sont: **A)** Développement des modèles d'habitat; **B)** Dynamique d'ensablement et ses effets sur l'habitat de reproduction du saumon; **C)** Habitat hivernal; **D)** Études des impacts des pratiques forestières sur la conservation de la ressource saumon dans le bassin versant de la rivière Cascapédia; **E)** Écologie alimentaire du saumon.

### DÉVELOPPEMENT DES MODÈLES D'HABITAT

#### Faits saillants des résultats

#### Modélisation bio-dynamique de la qualité de l'habitat des salmonidés en rivière (rivière des Escoumins)

- La relation entre la densité de tacons et l'indice de qualité de l'habitat développé par notre groupe (IPH; Indice probabiliste d'habitat) n'est pas linéaire mais exponentielle. Cette forme exponentielle de la relation entre densité de tacons et IPH implique donc que la perte de 100 m<sup>2</sup> d'un habitat associé à un IPH de 0,8 peut être 5 fois plus écologiquement dommageable que la perte de 100 m<sup>2</sup> d'un habitat associé à un IPH de 0,4. Les méthodes couramment utilisées pour estimer les effets écologiques des modifications de débits dans les rivières peuvent donc sous estimer la perte réelle d'habitat.

## RESEARCH: NEW PROJECTS

In 1999, CIRSA established a five year research plan to coordinate its activities from 2000 to 2005. Since 2000, all 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. ♦

### 1 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, Michel Leclerc, Asit Mazumder.

The main goal of this theme is to develop habitat models needed to insure the conservation of high quality salmon habitat. The theme includes 5 specific objectives: **A)** Habitat model development; **B)** The dynamics of gravel substrate silting and its effect on salmon spawning habitat; **C)** Winter habitat; **D)** Impact of forestry practices on salmon conservation in the drainage basin of Cascapédia River; **E)** Salmon nutritional ecology.

### HABITAT MODEL DEVELOPMENT

#### Key findings

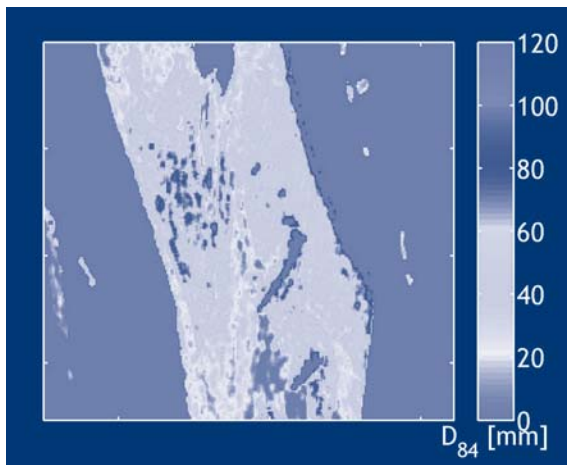
#### Bio-dynamic modelling of river habitat quality of salmonids (River des Escoumins)

- The relation between parr density and habitat quality indices developed by our team (HPI, habitat probabilistic index) is not linear but exponential. This exponential form of the relation between parr density and HPI indicates that the loss of 100 m<sup>2</sup> of habitat associated with an HPI of 0.8 may be five times more ecologically damaging than the loss of 100 m<sup>2</sup> of habitat associated with an HPI of 0.4. Current methods commonly used to estimate ecological effects of flow rate modifications in rivers may thus under estimate real habitat loss.

## Modélisation bioénergétique des habitats des saumons atlantiques juvéniles

### Comparaison des coûts de nage en courant turbulent entre des tacons sauvages, des tacons de pisciculture et des tacons domestiques

- Les expériences respirométriques effectuées avec ces tacons confirment nos résultats antérieurs qui indiquent que les coûts de nage des tacons dans un écoulement turbulent sont de 2 à 4 fois plus élevés que dans un écoulement à hétérogénéité minimisée. De plus, dans un courant turbulent, les tacons sauvages (rivière Sainte-Marguerite) consomment significativement moins d'oxygène que les tacons de pisciculture de première génération (pisciculture de Tadoussac) et que les tacons domestiques de huitième génération (pisciculture d'Im, Norvège). Cependant les différences dans la consommation d'oxygène entre les tacons sauvages et les tacons de la première génération en pisciculture étant relativement faibles, les modèles bioénergétiques développés pour les saumons piscicoles de première génération peuvent être utilisés pour estimer adéquatement les coûts énergétiques de nage des poissons sauvages.



Projet Géosalar: carte granulométrique établie à partir de photos aériennes de haute résolution. (photo: Patrice Carboneau)

### Approche de modélisation de l'habitat des salmonidés à l'échelle du paysage (R. Sainte-Marguerite)

- Faisant suite au développement de modèles d'habitats basés sur des principes bioénergétiques et des indices de disponibilité d'habitat à l'échelle du ruisseau, le CIRSA a commencé, en 2002, à développer des modèles de la distribution et de la qualité des habitats du saumon atlantique à l'échelle de bassins-versants entiers, ce qui va permettre de connaître la capacité de support de ces rivières et de prédire les effets de perturbations d'origine naturelle ou humaine sur les habitats (qualité et quantité) du saumon atlantique.

## Bioenergetic modelling of Atlantic salmon juvenile habitats

### Comparison of swimming costs in turbulent flow of wild, farmed and domesticated Atlantic salmon parr

- Respirometric experiments conducted with parr indicate that swimming costs are 2 to 4-times higher in turbulent flow than in flow with minimised flow heterogeneity. In turbulent flow, wild parr (Sainte-Marguerite River) consume significantly less oxygen than farmed parr of the first generation (Pisciculture Tadoussac) and domesticated parr of the eighth generation in aquaculture (Pisciculture Im, Norway). However, the differences in oxygen consumption rate between wild and farmed parr being relatively small, bioenergetic models developed for farmed parr can be applied to estimate adequately the energetic costs of wild fish in their turbulent environment.

### Modelling habitat quality at the landscape level (Sainte-Marguerite River)

- Following the development of habitat models based mainly on bioenergetic principals and habitat suitability indices at the reach scale, we started in 2002 developing models on the distribution and quality of habitat at the level of the entire drainage basin. The research team will develop models to estimate the quantity and quality of habitats available in Atlantic salmon rivers. These tools will help to determine the carrying capacity of those rivers and to predict the effects of natural and human perturbations on Atlantic salmon habitats.

### Modelling distribution and quality of summer and winter habitat at the level of the landscape level

- Comparison of diurnal and nocturnal densities of juvenile Atlantic salmon obtained using visual surveys (diving and electro fishing) indicates unexpectedly that the abundance of parr in different environments, from sanded meanders to rapids, is higher at night than during the day. Moreover, parr abundance is less variable between nights (regardless of cloud cover, temperature of water or the lunar period). We conclude that nocturnal evaluation of sites with higher densities of parr is preferable in the context of habitat model development.

### The effect of water velocity and periphyton biomass on the stable carbon and nitrogen isotope signatures of periphyton, invertebrates and fish in the Sainte-Marguerite River

- Periphyton, one of the important primary producers in aquatic food chains, have stable isotopic signatures that are affected by some abiotic factors such as current velocity. This baseline signature is passed along to consumers, such as benthic invertebrates and fish, with a known percentage of increase per trophic level. Establishing a relationship between stable isotopic signatures of aquatic plants and water velocity will allow a better understanding of the variability observed in signatures of periphyton consumers, namely invertebrates and

### Modélisation de la distribution et de la qualité des habitats d'été et d'hiver des tacons à l'échelle du paysage

- La comparaison entre les densités diurnes et nocturnes des juvéniles du saumon atlantique à l'aide de survols visuels (plongées en apnée et pêche électrique) a montré de façon inattendue que l'abondance des tacons dans différents milieux allant de méandres sablonneux à des rapides est plus importante la nuit que le jour. De plus l'abondance des tacons est moins variable entre les nuits (peu importe l'enneigement, la température de l'eau, ou la phase lunaire). Ces observations permettent d'envisager l'évaluation nocturne des endroits où les densités de tacons sont les plus fortes, dans le contexte du développement des modèles d'habitat.

### Les signatures d'isotopes stables (de carbone et d'azote) du périphyton : outil pour retracer l'habitat des salmonidés (rivière Sainte-Marguerite)

- Les facteurs abiotiques, telle la vélocité du courant, affectent les signatures d'isotopes stables de carbone et d'azote du périphyton, un élément important de la production primaire aquatique. Ces signatures sont transmises aux consommateurs primaires et secondaires, tels que les invertébrés benthiques et les poissons, avec un pourcentage d'augmentation connu pour chaque niveau trophique. Établir une relation entre les signatures d'isotopes stables de carbone et d'azote de plantes aquatiques et la vélocité du courant permet de mieux comprendre la variance observée dans les signatures des consommateurs de périphyton provenant de différents habitats. Les signatures isotopiques du périphyton peuvent donc potentiellement devenir une façon utile de retracer l'habitat de leurs consommateurs.

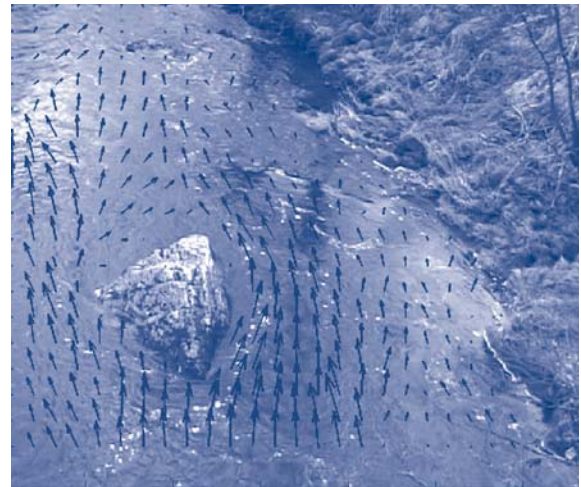
### Geosalar: utilisation de la géomatique pour la caractérisation de l'habitat fluvial et la modélisation de la production de saumon en rivière (rivière Sainte-Marguerite)

- Ce nouveau projet du CIRSA, qui a débuté en 2002, 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. La partie physique du projet (a débuté en 2002) consiste à utiliser la photogrammétrie digitale, l'analyse d'image et les Systèmes d'Information Géographique (SIG) afin de modéliser la disponibilité d'habitat physique du saumon atlantique à partir d'un survol photographique à basse altitude de la rivière et d'images obliques récoltées à différents points le long de la rivière. La partie biologique (a débuté au printemps 2003) de ce projet consiste à utiliser les données d'habitat physique afin de modéliser la variabilité spatiale et temporelle de la production de smolts à l'intérieur du bassin de drainage. Ces résultats permettront d'améliorer les modèles empiriques actuellement utilisés pour la gestion des stocks de saumon de la

fish, in different habitats. Thus, periphyton isotopic signatures may potentially provide useful habitat tracers.

### Geosalar: modelling Atlantic salmon smolt production and fluvial habitat availability using remote sensing and GIS-based methods (Sainte-Marguerite River)

- This new project regrouping almost all CIRSA investigators and some associated scientists, 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. The physical habitat component of the project (started in 2002) aims to use digital photogrammetry and image analysis technologies to model the availability of Atlantic salmon fluvial habitat, from low altitude airborne photography of the river and oblique time-lapse photography sampled at different points along the river. The biological component of this project (started in spring 2003) aims to use the physical habitat data to model the temporal and spatial variability of smolt production in the drainage basin. This work will significantly improve the empirical model used to manage the Atlantic salmon stocks in the province of Quebec. **Initiative I:** substrate size, flow depth, bed topography; **Initiative II:** sedimentary links; **Initiative III:** flow velocity by PIV (particle image velocimetry); **Initiative IV:** modelling smolt production.



Projet Géosalar: mesure des vitesses de courant en rivière, nouvelle application de la technologie PIV. (photo: Francis Bérubé)

### Granulometric characterization of graveled bed rivers from high resolution airborne photos

- In August 2002, two airborne digital image surveys were carried out on the main branch of the Sainte-Marguerite River. XEOS technology mounted on a helicopter was used to collect 6 megapixel imagery (3008 X 1960). Surveys were flown at 155 m and 460 m, providing image resolutions at ground level of respectively 3 cm and 10 cm. The 3cm resolution imagery was used to develop

province de Québec. **Initiative I** : taille des grains, topographie; **Initiative II** : liens sédimentaires; **Initiative III** : vitesse de courant par PIV; **Initiative IV** : modélisation de la production.

### Caractérisation de la granulométrie des rivières à fond graveleux à partir de photos aériennes de haute résolution

- À la mi-août 2002, deux survols photographiques hélicoptérés de la branche principale de la rivière Sainte-Marguerite ont été effectués à l'aide du système XEOS de GENIVAR. L'altitude des vols était de 155 m et 460 m et la taille des images était de 3008 X 1960 pixels, ce qui se traduit par des résolutions au sol respectivement de 3 cm et 10 cm. Les photos du survol à basse altitude (155 m) ont été utilisées afin de développer une nouvelle méthode d'analyse d'image permettant d'estimer la granulométrie de la partie exondée du lit de la rivière à partir d'opérateurs de texture d'image. La carte granulométrique résultante du lit exondé est classifiée en groupes ayant un diamètre moyen correspondant à un multiple entier de la taille de pixel, soit 0-3 cm, 3-6 cm, 6-9 cm, etc.

### Développement d'une application PIV (*particle image velocimetry*) pour la mesure de champs de vitesses en rivière : outil pour la caractérisation de l'habitat du saumon

- Une nouvelle application de la technologie PIV a été mise au point afin de faciliter la mesure des vitesses de courant en milieu fluvial. Cette méthode utilise des films en vidéo numérique afin de mesurer la vitesse de surface d'un écoulement sans avoir recours à un courantmètre. Des séquences vidéo numériques prises en oblique et ensuite orthonormalisées sont traitées avec des algorithmes d'autocorrélation d'images. Ces algorithmes permettent d'identifier et de suivre des particules flottantes à la surface de l'eau. La mesure du déplacement de chaque particule permet de calculer individuellement leur vitesse. Il en résulte un champ de vitesse pour toute la surface d'eau de la séquence vidéo. Cette méthode permet de mesurer les vitesses de courant sur une surface beaucoup plus grande que les méthodes traditionnellement utilisées.

## DYNAMIQUE DE L'ENSABLEMENT ET SES EFFETS SUR L'HABITAT DE REPRODUCTION DU SAUMON

La présence de sédiments fins dans les nids de saumon atlantique diminue la survie des embryons en réduisant l'écoulement intergranulaire qui fournit aux œufs l'oxygène nécessaire à leur développement. L'étude des processus d'infiltration de sédiments fins durant l'incubation devient donc très importante, en particulier pour les cours d'eau caractérisés par la présence d'un couvert de glace.

*new image analysis methods allowing for the estimation of the granulometry of the exposed bed of the river from texture based image segmentation methods. The resulting sediment-size map of the exposed bed is classified in three groups with an average diameter corresponding to multiples of pixel size, ie 0-3 cm, 3-6 cm, 6-9 cm, etc.*

### Development of a PIV (*particle image velocimetry*) to quantify velocity in rivers: tool to characterize salmon habitat

- *A new application of PIV technology for use in fluvial environments was developed. This method uses digital video imagery to measure surface flow velocity. Oblique video films of the flow are first orthonormalised then processed with image autocorrelation methods. The autocorrelation methods allow for the identification and tracking of particles on the surface of the flow. By measuring the displacement of individual particles over time, flow velocity distribution can be measured for the whole area covered by the video images. This method is much less time consuming than conventional current meters.*

## THE DYNAMICS OF GRAVEL SUBSTRATE SILTING AND ITS EFFECT ON SALMON HABITAT

*Fine sediments affect the survival of Atlantic salmon embryos by reducing intragravel flow, thereby decreasing the amount of dissolved oxygen delivered to the incubating embryos. Fine sediment infiltration events occurring during incubation are generally considered to be the key to understanding embryo survival. The purpose of this research is to understand the temporal pattern of this infiltration process in a stream subjected to the presence of an ice-cover during the incubation period.*



Suivi de l'infiltration des sédiments fins, rivière Sainte-Marguerite. (photo: Véronique Thériault)



## Faits saillants des résultats

### Variations temporelles de l'infiltration des sédiments fins dans le substrat de fraie du saumon atlantique et impacts sur la survie des embryons (rivière Sainte-Marguerite)

- Le transport en charge de fond et l'infiltration des sédiments fins dans des nids de saumons ont été mesurés au cours des périodes d'incubation 2000-2001 et 2001-2002. Les résultats indiquent que l'infiltration des sédiments fins dans les nids se produit principalement à la fin de l'hiver. Les légères hausses du débit associées aux périodes de redoux printanier permettent le transport et l'infiltration des sédiments fins sans toutefois avoir la compétence nécessaire pour mobiliser la couche superficielle du substrat. À l'opposé, une diminution de la quantité de sédiments fins dans les nids est observée lorsque le débit est suffisamment fort pour mobiliser cette couche de substrat. Une analyse de la survie à l'éclosion des embryons en fonction des différentes classes de sédiments fins infiltrés dans les nids indique une corrélation négative significative entre le pourcentage de silts et la survie des embryons. Aucune autre relation significative n'a été observée avec les autres classes de sédiments fins (sables fins, sables grossiers).

## HABITAT HIVERNAL

À l'approche de l'hiver, le saumon juvénile adopte un comportement nocturne. Durant le jour, il s'enfouit dans les interstices du substrat et en ressort à la tombée de la nuit, sélectionnant alors les zones où les vitesses de courant sont faibles. Pour les tacons, un bon milieu hivernal doit offrir une disponibilité d'habitat de jour (substrat avec interstices) à proximité d'un bon habitat de nuit (vitesses de courant faibles). La distance séparant ces deux micro-habitats varie en fonction de la complexité et de la taille du cours d'eau. De plus, durant l'hiver, les individus de petite taille sont susceptibles de subir davantage de mortalité que les autres étant donné leur habileté compétitive restreinte et leurs réserves d'énergie limitées. Les relations entre la qualité de l'habitat hivernal et le comportement et la survie des juvéniles du saumon atlantique sont présentement à l'étude.

## Faits saillants des résultats

### Influence de l'habitat physique sur les déplacements jour/nuit du saumon atlantique juvénile en comportement nocturne (R. Sainte-Marguerite)

- Nous avons mis au point, en 2002, des méthodes pour évaluer l'influence de la proximité des habitats jour/nuit sur la sélection de l'habitat et sur les déplacements journaliers des poissons. Des tacons d'une longueur de plus

## Key findings

### Temporal variations of fine sediment infiltration in Atlantic salmon spawning gravels and impacts on embryos survival (River Sainte-Marguerite)

- *Bedload transport and fine sediment infiltration within salmon redds were monitored during two consecutive incubation periods (2000-2001 and 2001-2002). The results indicate that most fine sediment infiltration occurred in late winter during small under-ice runoff rises. These events were competent enough to cause the transport and infiltration of fine sediments but were not capable of mobilising surface pavement. Conversely, when surface pavement was mobilised, we observed a decrease of fine sediment within the redds due to the flushing of silts and fine sands. An analysis of survival to hatching as a function of size-classes of fine sediments within redds demonstrated a significant negative correlation between the percentage of silt and embryo survival. No other significant relationship was observed when analysing other size classes (fine or larger sand particles).*

## WINTER HABITAT

*As winter approaches, juvenile salmon adopt a nocturnal behaviour. They hide in interstitial refuges during the day and return to the water column at night in areas of low water velocity. A good winter habitat must include substrate with interstitial spaces to hide during the day and areas of slow water currents for nightly forays. The distance between those two micro-habitats vary according to habitat complexity and river size. Winter is a critical time of year for survival of juvenile salmon. Considering their limited competitive ability and their limited energy reserves, small individuals are thought to be more susceptible to mortality than bigger individuals during this harsh season. The factors causing size-selective mortality are however not well documented. The relation between winter habitat quality, behaviour and survival of juvenile Atlantic salmon are presently under investigation.*

## Key findings

### Influence of physical habitat on diel movements of Atlantic salmon parr during winter (River Sainte-Marguerite)

- *In 2002, we developed a methodology to assess the importance of the proximity of day and night habitat on daily movements and habitat selection of fish. Parr larger than 85 mm are tagged with passive integrated transponders (PIT tags, Texas Instruments 23 mm) and tracked individually with a portable hand-held antenna. Sites selected for the study are located on the main stem of the Sainte-Marguerite River and on Xavier stream in order to compare habitats of different size and complexity.*

de 85 mm sont marqués avec des transpondeurs passifs (Texas Instruments 23 mm) et suivis au moyen d'une antenne portable. Les sites choisis pour l'étude sont situés sur le tronçon principal de la rivière Sainte-Marguerite et sur le ruisseau Xavier afin de comparer des habitats de taille et complexité différentes.

### Étude de la mortalité sélective hivernale selon la taille chez les alevins de saumon atlantique des rivières Petite Cascapédia et Bonaventure

- Les inventaires ichtyologiques annuels laissent supposer une mortalité hivernale importante des alevins de la rivière Petite Cascapédia. Nos résultats montrent qu'il y a présence de mortalité sélective hivernale envers les petits alevins de la rivière Bonaventure mais que la mortalité semble par contre plutôt aléatoire sur la rivière Petite Cascapédia durant la période hivernale. Étonnamment, la comparaison de la distribution en taille des alevins des deux rivières a montré que les alevins de la rivière Petite Cascapédia présentaient une taille moyenne supérieure à celle des alevins de la rivière Bonaventure à l'automne 2000 mais que cette différence de taille n'était plus présente à l'été suivant (2001). Ce patron de taille est expliqué en partie par l'effet de la mortalité sélective et celui de la croissance sur la distribution en taille des alevins.

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

Cette étude effectuée dans un grand nombre de cours d'eau de divers ordres du bassin-versant de la rivière Cascapédia, vise à analyser, en fonction de l'intensité des pratiques forestières: **1)** les réponses biologiques des salmonidés; **2)** la distribution et la qualité de l'habitat



Ponceaux sur le ruisseau rouge, bassin versant de la rivière Cascapédia. (photo: Julie Deschênes)

### Study of size-selective winter mortality of Atlantic salmon fry of the Petite Cascapédia and Bonaventure Rivers

- *The annual ichthyologic censuses suggest an important winter mortality of fry in the Petite Cascapédia River. Our results indicate that there is size-selective mortality against smaller fry in the Bonaventure River while mortality seems to be rather random in the Petite Cascapédia River during winter. However, comparison of the size distribution of fry between the two rivers indicate that fry of Petite Cascapédia River had a higher mean size than fry of Bonaventure River in fall 2000 while this difference disappeared in summer 2001. The effect of both size-selective mortality and growth can account for those size distributions.*

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

*The main goal of this project, conducted in a large number of different order streams distributed within a large area of the Cascapédia River headwater, is to analyze, in relation to the intensity of forestry practices: **1)** biological response of salmonids, **2)** spatial variation of physical (winter and summer) habitat quality, especially fine sediment accumulation; **3)** food abundance and quality available for juvenile salmon (benthic fauna); **4)** water quality and drainage basin hydrological responses; and **5)** to integrate biological and abiotic variables into a Geographic Information Systems (GIS) in order to model the sensitivity of salmon river habitat to forest cutting percentage (AEC) and to different forestry practices.*

#### Key findings

#### **Impact of forestry practices on salmonids and other fish communities**

#### **Hierarchical analysis of fish community structure as a function of environmental context and forestry practices**

- *The interpretation of environmental effects and forestry practices on community structure depends largely on the scale of observation. Environmental variables having the greatest effects are: stream size and accessibility to spawning grounds (large scale); current velocity and site accessibility (medium scale); current velocity and depth (small scale). Barriers to migration such as culverts and log jams have a major impact on salmon abundance by limiting access of adults to spawning habitat. Main roads and very recent forest cutting may also have a negative impact on salmon when they are within 500 m of streams.*

physique des salmonidés (d'été et d'hiver), notamment l'accumulation des sédiments fins; 3) l'abondance et la qualité de la nourriture (faune benthique) disponible pour les salmonidés; 4) les réponses hydrologiques du bassin versant et la qualité de l'eau et 5) à intégrer les variables biotiques et abiotiques dans un Système d'Information Géographique (SIG) afin de modéliser la sensibilité de l'habitat des salmonidés aux différents pourcentages de coupes (AEC) et de pratiques de voirie forestière.

### Faits saillants des résultats

#### L'effet des pratiques forestières sur les communautés de salmonidés et celles des autres poissons

##### Analyse hiérarchique de la structure des communautés en fonction du contexte environnemental et des interventions forestières

- L'interprétation des effets environnementaux et des interventions forestières sur la structure des communautés dépend largement des échelles d'observation. Ainsi, les facteurs environnementaux ayant la plus grande influence sont : la taille des ruisseaux et l'accessibilité des sites aux géniteurs (à grande échelle); la vitesse du courant et l'accessibilité des sites (à moyenne échelle); la vitesse du courant et la profondeur (à petite échelle). Les barrières de migration telles que les ponceaux et les embâcles affectent particulièrement l'abondance de saumon en limitant l'accessibilité des sites aux géniteurs. Les routes principales et les coupes forestières très récentes pourraient défavoriser le saumon lorsqu'elles sont présentes à l'intérieur d'un rayon d'influence de 500 m.

##### Évaluation de la sélection de l'habitat pour les juvéniles du saumon atlantique dans un tributaire du bassin versant

- L'efficacité de deux méthodes quantitatives, soit la régression logistique (RL) et les arbres de classification (AC), a été comparée en fonction de leur performance de prédiction de l'utilisation de l'habitat par les tacons (absence vs présence) dans deux tronçons du tributaire et en validation croisée. Il s'est avéré important de développer des modèles prédictifs de la sélection de l'habitat en fonction du comportement adopté par les individus (en activité ou au repos sous couvert). Pour les tacons 2+ en activité (alimentation), la seule variable qui semble influencer le choix de l'habitat est la profondeur. Pour les saumons au repos, le choix de l'habitat serait fonction de la présence d'une roche de plus de 25 cm dans l'environnement immédiat. Les AC sélectionnent moins de variables que la régression logistique (quatre variables en moyenne pour la RL et une pour les AC) pour bâtir des modèles avec des performances de prédiction comparable. L'utilisation des AC permettraient donc de diminuer les coûts sur le terrain en réduisant l'effort d'échantillonnage.

#### Predicting habitat selection in juvenile Atlantic salmon in a tributary stream of the drainage basin

- *The efficacy of two quantitative methods, logistic regression (LR) and classification trees (CART), was compared as a function of their performance to predict habitat utilisation by parr (absence vs presence) in two stream sections and by cross validation. It was necessary to develop predictive models of habitat selection as a function of the behaviour of individuals (active or at rest under cover). For active 2+ parr (feeding), the only habitat variable that seems to influence the choice of habitat is depth. For parr at rest, choice of habitat seems to be the presence of a rock larger than 25 cm in proximity. The CART select less variables than the LR (four variables for the LR and one for the CART) to build models with comparable predictive performance. The utilisation of CART would permit to lower the costs of field work by reducing the sampling effort.*

#### Impact of forestry practices on salmon habitat in the drainage basin of Cascapédia River: physical aspects

- *Because of its friable shale lithology of the Branche du Lac formation and the extent of logging and road construction, the upper Cascapédia River drainage basin produces an abundant silt fraction (D less than 63 microns) in stream storm water. In places stream substrate contains 2-3% silt by weight. An experimental study performed in laboratory incubation cells indicates that relatively small silt fractions (1-3% by weight) have an important negative impact on flow velocity in gravel spawning substrate and increases significantly salmon embryo mortality. A field study was performed in 4 streams within the upper Cascapédia drainage basin to document the effects of fall and winter storm events on suspended sediment transport, fines infiltration into spawning substrate and on intergranular flow velocities around incubating salmon eggs. Study results reveal in-situ slowing of intergranular flow velocities around eggs in redds after relatively moderate rain runoff events causing fines infiltration into redds. However, 2001-2002 observations suggest that typical fall and winter floods and associated fines infiltration may not, in the Haute Cascapédia, reduce interstitial velocities sufficiently to prevent egg maturation, at least until the eyed life-stage. Future studies will focus on the impact of spring floods on fine sediment infiltration and egg to emergence mortality.*

#### Impact of forestry practices on salmon habitat in the drainage basin of Cascapédia River: trophic aspects

- *The influence of environmental conditions and forestry practices on zoobenthic communities was studied in the drainage basin. Zoobenthic community richness is greatest in habitats characterised by the presence of coarse substrate, lower portion of the drainage basin with cover of deciduous trees, low quantity of woody debris, presence of macrophytes, high flow velocity and the lowest adjacent surface areas that have been recently logged*

## L'effet des pratiques forestières sur l'habitat des salmonidés dans le bassin-versant de la rivière Cascapédia : aspects physiques

- Le bassin-versant de la Cascapédia, de part la composition des sols et l'intensité des activités forestières qui y ont lieu depuis de nombreuses années, produit une fraction limoneuse abondante ( $D < 63$  microns, par endroit le substrat en contient 2-3 %). Une étude expérimentale effectuée en laboratoire indique que de relativement petites proportions de limon (2-3 % par unité de poids) exercent un effet négatif important sur l'écoulement dans le substrat d'incubation des œufs de saumon, ce qui se traduit par une augmentation significative et importante de la mortalité des embryons. Une étude en milieu naturel, effectuée dans quatre tributaires du bassin versant, a porté sur l'effet des tempêtes automnales et hivernales sur le transport des fines en suspension, leur infiltration dans le substrat de fraie et les effets induits sur l'écoulement interstitiel autour des œufs de saumon en incubation. Nous avons pu observer in situ le ralentissement de l'écoulement dans les interstices du gravier entourant un nid d'œufs lors d'une petite crue avec transport en suspension et infiltration de fines. Cependant, les réductions de vitesse interstitielle observées suite aux crues automnales et hivernales ne semblent pas suffisantes pour prévenir la maturation des œufs au moins jusqu'au stade œillé. Des études ultérieures devront porter sur les effets de la crue printanière sur la reproduction.

## L'effet des pratiques forestières sur l'habitat des salmonidés dans le bassin-versant de la rivière Cascapédia : aspects trophiques

- L'influence des conditions environnementales et des interventions forestières sur les communautés de zoobenthos a été étudié dans le bassin versant. La richesse taxonomique augmente dans les sites dont les caractéristiques sont: un substrat moyen grossier, une plus faible portion du sous-bassin ayant un couvert de feuillus, une faible quantité de débris ligneux, une présence de macrophytes et une plus grande vélocité du courant ainsi qu'une plus faible superficie du sous-bassin versant affecté par des coupes récentes (de 0 à 5 ans). La richesse taxonomique diminue lorsqu'il y a une plus grande quantité de débris ligneux dans le cours d'eau et une profondeur moyenne plus élevée.

## Portrait géomatique du bassin versant de la rivière Cascapédia et calcul des aires de coupe

- Nous avons actualisé et complété le portrait géomatique du bassin versant de la rivière Cascapédia (échelle 1 : 20 000). De plus, les données inhérentes aux réseaux hydrologiques et routiers, de même qu'aux activités forestières et autres perturbations (incendies, épidémies sévères, chablis, etc.) survenues dans chaque bassin versant ont été mises à jour et le calcul des aires équivalentes de coupe a été complété. Les données sur

(0-5 years). Species richness decreases with increases in quantity of woody debris in the stream and mean depth.

## Geomatic portrait of the drainage basin of Cascapédia River and calculation of cutting surfaces

- We have updated and completed the geomatic portrait of the drainage basin of the Cascapédia River (scale 1 : 20 000). We also updated data on hydrological and road networks, as well as data on forestry practices and other perturbations (such as fire, severe epidemics, wind-fallen wood) which occurred in each drainage basin. The calculation of the equivalent forest cut area is also completed. Statistical relations between forest disturbance, physiographic context (basin area, slope, order, site characteristics, etc.) and benthic community diversity for each drainage basin have been investigated. Preliminary results indicate that forestry and road related disturbances within a radius of 0.5 and sometimes 2 km upstream of the sampling sites are better predictors of stream impacts than more distant zones. ♦*

**Étudiants de 2<sup>e</sup> cycle / M. Sc. students:** Philippe Girard (U. Mtl); Patricia Johnston (INRS-ETE); Annie Ménard (INRS-ETE); Léah Wilson (U. McGill); André Zimmerman (U. McGill); Mélanie Rousseau (U. McGill); Véronique Trudeau (U. McGill); Chad Davey (U. McGill); Katrine Turgeon (UQTR); Nicolas Martel (UQTR).

**Étudiants de 3<sup>e</sup> cycle / Ph. D. students:** Frédéric Burton (U. Mtl), Èva Enders (U. Mtl), Jean-Christophe Guay (U. Mtl), Patrice Carbonneau (INRS-géoresource), Mylène Levasseur (INRS-géoresource), Christian Latulippe (U. McGill), Julie Deschêne (UQTR), ZhongYan Weng (U. Mtl).

**Chercheur postdoctoral / Postdoctoral fellow:** Isvan Imre (U. Mtl).

**Professionnel de recherche / Research professional:** Francis Bérubé (INRS-ETE).

**Assistants de recherche et techniciens / Research assistants and technician:** Marianne Fradette (U. Mtl) Sébastien Dupuis (U. Mtl.); Isabelle Barriault (U. Mtl), Hannah Palmer (stagiaire Collège Jean-de-Brébeuf); Myriam Broué (U. McGill); Tim Haltigin (U. McGill); Laurence Piché (U. McGill); Marc-André Pouliot (INRS-ETE); Véronique Dufort (stagiaire, dépt. de géomatique, U. Laval); Ben Heuman (U. McGill); Julie Smith (U. McGill); Raphaël Glémet (U. Laval); Karen Brassard (UQTR); Marie-Josée Gagnon (UQTR); Marie-Noëlle Rivard (UQTR); Myriam Chénier-Soulière (UQTR); Jean-François Bisailon (U. McGill); Mélanie Lapointe (U. McGill); Myriam Chénier-Soulière (UQTR); Marie-Noël Rivard (UQTR); Fannie Martin (technicienne de la faune); Julie Pilote (technicien de la faune); Valérie Breton (technicienne de la faune), Francis Moisan (technicien en géomatique); Conrad Groleau (technicien de la faune, coll. FAPAQ).

**Collaboration:** André Roy (U. Mtl).

les activités forestières et le contexte physiographique (surface, pente, ordre, etc.) des bassins versants ont été également corrélées avec certaines données sur la diversité des communautés benthiques dans ces bassins. Il ressort de façon très préliminaire que la zone d'influence des activités forestières à l'intérieur d'un rayon de 0,5 km, et parfois de 2,0 km, en amont des stations d'échantillonnage permettent de mieux circonscrire les impacts environnementaux potentiels par rapport à celles qui sont plus éloignées. ♦

## 2 THÈME 2

### EFFICACITÉ DES MÉTHODES DE REPEUPLEMENT

**Chercheurs principaux :** Louis Bernatchez, Julian Dodson.

Les cinq principaux objectifs de ce thème sont: **1)** Comparaison du taux de survie post-smolt entre poissons ensemencés au stade smolt et ceux ensemencés au stade alevin et avec celui des poissons sauvages; **2)** Comparaison du taux de survie des alevins ensemencés et sauvages; **3)** Comparaison de la survie en mer et de la croissance des femelles issues de pères sexuellement précoces et anadromes; **4)** Caractérisation génétique individuelle pour comparer le succès reproducteur de géniteurs d'ensemencement et sauvages; **5)** Développement d'un modèle prédictif de l'effet à longs termes des ensemencements sur l'évolution de la consanguinité des populations sauvages, selon divers scénarios d'ensemencement. Le projet se déroule sur la rivière Malbaie (Charlevoix).

#### Faits saillants des résultats

##### Objectif 1

- Lors de la montaison 2001, 104 adultes ont été dénombrés à la passe migratoire dont 35 provenant de smolts ensemencés. En 2002, nous avons dénombré 153 adultes avec seulement 15 individus issus de smolts de pisciculture. De plus, un suivi de la dévalaison de 2002 a permis d'estimer à  $6743 \pm 1235$  le nombre de smolts sauvages qui ont quitté la rivière. Cependant, près de la moitié des 35 511 smolts ensemencés ne quittent pas la rivière ou ne le font pas en même temps que les autres. Ces observations reflètent les faibles taux de retour des smolts ensemencés qui sont inférieurs à 0,20%.
- L'évaluation qui a été faite, lors de la montaison de 2002, de la mortalité sélective en mer selon la taille à la smoltification en 2001 montre que les smolts ensemencés de tailles inférieures à 200 mm à la smoltification ne sont plus présents lors du retour en rivière. Chez les poissons sauvages, cette mortalité est moins marquée mais on perçoit tout de même un déplacement

## 2 THÈME 2

### ASSESSING POPULATION ENHANCEMENT METHODOLOGY

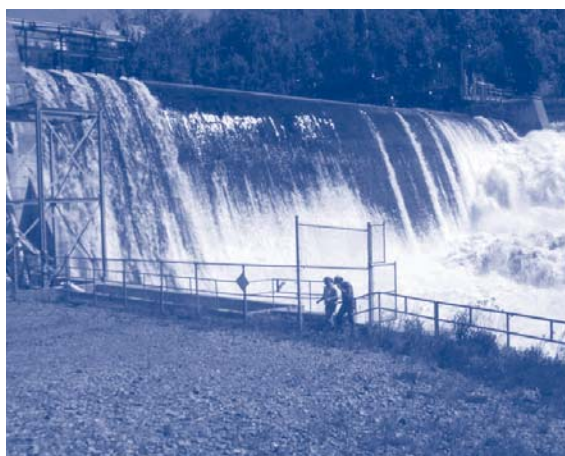
**Principal investigators:** Louis Bernatchez, Julian Dodson.

The five main research objectives of this project are: **1)** Comparison of survival rates (post-smolt) between fish stocked as smolts, those stocked as fry and those produced by natural reproduction; **2)** Comparison of survival rates of stocked and wild fry; **3)** Comparison of survival and growth rate at sea of female smolt derived from anadromous and precocious fathers; **4)** Individual genotyping to compare the reproductive success of spawners derived from stocked and naturally-produced fish; **5)** Development of a predictive model to assess the long term consequences of stocking on the evolution of inbreeding of wild populations, relative to different stocking strategies. The project is conducted on the Malbaie River in Charlevoix.

#### Keys findings

##### Objective 1

- In 2001, of 104 returning adults registered at the fish ladder, 35 were issued from stocked smolt. In 2002, 153 returning adults were registered of which only 15 individuals were issued from stocked smolt. Moreover, in 2002,  $6743 \pm 1235$  natural smolt outmigrated. However, nearly 50% of the 35 511 stocked smolt do not leave the river or do not migrate at the same time as the others. These observations reflect the low return rates of stocked smolt which are less than 0.2%.
- The evaluation of size-selective mortality at sea, of returning adults in 2002, as a function of size at smoltification in 2001 indicates that, for stocked smolt, size classes < 200 mm (at smoltification) are no longer present during the return of adults. For wild smolt, size selective mortality



Barrage et ascenseur à poisson sur la rivière Malbaie. (photo : Pierre-Alexandre Paradis)

de la moyenne de taille en faveur des plus gros spécimens. De plus, la croissance en mer des adultes issus de smolts ensemencés est significativement plus faible que celle des individus sauvages.

### Objectif II

- La production naturelle des alevins sauvages semble dépendre surtout des géniteurs exploitant la rivière en aval du barrage. Ce résultat est tout à fait inattendu puisque les gestionnaires ont toujours cru à ce jour que cette production d'alevins était essentiellement le résultat de reproduction en amont du barrage. Il faut donc exploiter les données génétiques sur les alevins échantillonnés en aval du barrage afin d'approximer le nombre de familles s'y retrouvant, ce qui nous permettra en retour d'estimer le nombre de géniteurs et donc la production naturelle d'alevins.

### Objectif IV

- Les 104 reproducteurs capturés en 2001 et transférés en amont d'un barrage infranchissable ainsi que les 617 alevins récoltés en 2002 et issus de la reproduction de ces géniteurs ont été caractérisés génétiquement à l'aide de 9 loci microsatellites. La caractérisation génétique individuelle de l'ensemble de ces poissons a permis d'établir ensuite les relations parentales entre les géniteurs et la progéniture.
- Un résultat inattendu de l'échantillonnage de 2002 fut qu'il fut beaucoup plus facile de récolter des alevins en aval du barrage ( $n = 529$ ) qu'en amont ( $n = 88$ ). Ceci indique que, la plus grande activité de reproduction a lieu en aval. Les analyses ont permis de mettre à jour plusieurs autres faits inattendus. Premièrement, le succès reproducteur est faible ou nul pour environ 40% des géniteurs analysés. Deuxièmement un patron de reproduction contrasté a été observé en amont et en aval du barrage : Les géniteurs issus d'ensemencement



Capture de smolts à l'aide d'un châli de rivière (rivière Malbaie).  
(photo : Pierre-Alexandre Paradis)

*is far less important, but there is still a shift of mean size (at smoltification) toward individuals of bigger size. Moreover, growth at sea of stocked smolt is significantly less than smolt produced naturally.*

### Objective II

- *Most naturally produced fry are found below the dam and are produced by adults that do not enter the trap at the dam. This result was completely unexpected since managers always believed that the production of fry was mostly the result of reproduction upstream of the dam. Thus, we must exploit genetic data on fry sampled downstream of the dam to approximate the number of downstream families. This will allow us to backestimate the number of spawners and therefore the natural production of fry.*

### Objective IV

- *We genetically characterised 104 potential spawners, sampled in 2001 at the dam and transferred upstream as well as 617 fry using 9 microsatellite loci. Individual genetic characterisation of all fish allowed to establish parent-progeny relationships.*
- *An unexpected observation was that it was easier in 2002 to sample fry below ( $n = 529$ ) than above ( $n = 88$ ) the dam. This result indicated that fry production was far more important below than above the fish ladder. The analyses also revealed other unexpected facts. First, reproductive success was weak or null for 40% of adults that were genotyped. Secondly, the relative reproductive success of stocked and natural salmon was quite different upstream and downstream of the dam. Reproductive salmon derived from stocked fish tended to spawn upstream of the fish ladder (where they are stocked). In comparison, reproductive salmon derived from wild stock tended to spawn downstream of the dam. In fact, the majority of the wild adults sampled in the fish ladder moved downstream of the fish ladder before they reproduced.*
- *The contribution to reproduction of spawners derived from stocked smolt was 46% whereas they represented 38% of all reproductive fish. Those results indicate that an important number of spawning adults were never sampled in the fish ladder (no known parent could be assigned to 80% of fry analysed below the dam), suggesting the existence of an indigenous and genetically distinct salmon population in the river located below the fish ladder. Moreover, upstream, only one third of the fry could be assigned to both known parents, suggesting that sexually-mature male parr represent an important component of reproductive success upstream of the fish ladder.*

### Objective V

- *We have produced a mathematical model which incorporates several parameters implicated in stocking strategies. This model was then established as a computer code, permitting the exploration of the relationship*

ont démontré une tendance plus forte à se reproduire en amont de la rivière comparativement aux reproducteurs sauvages. En fait, la majorité des géniteurs sauvages capturés à la passe migratoire sont redescendus en bas du barrage pour la reproduction.

- De plus, les géniteurs d'ensemencement ont contribué à 46% à la production d'alevins dans le système, alors que ceux-ci représentaient 38% de l'ensemble des géniteurs. Ces résultats indiquent qu'une proportion importante de saumons n'a jamais été capturée à la passe migratoire (aucun parent potentiel n'a pu être identifié pour 80% des rejets analysés en aval) et suggèrent de plus qu'ils constituent un pool génétique indigène à la rivière (26 allèles uniques aux alevins aval). Enfin, en amont, les deux parents potentiels n'ont pu être identifiés que pour seulement le tiers de la progéniture analysée, ce qui suggèrent fortement une importante contribution des mâles précoces à la reproduction.

### Objectif V

- Nous avons produit un modèle mathématique qui incorpore plusieurs paramètres impliqués dans les procédures d'ensemencements. Ce modèle fut ensuite implanté sous forme d'un code informatique, lequel nous a permis d'explorer les relations entre ces paramètres, notamment le nombre de géniteurs en nature et en pisciculture, de même que la proportion de rejets produits par les deux groupes de parents. Il en est ressorti qu'il n'est pas inévitable que les ensemencements se traduisent par des hausses de consanguinité chez la population sauvage. Plusieurs jeux de valeurs de paramètres ont même produit des baisses de consanguinité par rapport à celle qui serait attendue en l'absence d'ensemencement. ♦

**Étudiants de 2<sup>e</sup> cycle / M. Sc. students:** Erik Auclair (U. Laval); Pascal Baute (U. Laval).

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

**Assistants de recherche / Research assistants:** Yanick Larue (UQAR); Karine Huot (U. Laval); Nadine Perrier (stagiaire en bio-informatique, U. Laval).

**Collaborations:** Stéphanie Lachance (biologiste, FAPAQ); Valérie Bujold (biologiste, FAPAQ); Jean-Guy Frenette (technicien de la faune, FAPAQ); Lynda Desrosiers, Eve Murray et tous les autres membres de la Corporation Saumon Rivière Malbaie.

between different parameters, such as the number of adults used in the hatchery, number of adults spawning naturally, proportion of progeny issued from both hatchery and wild parents. The results indicate that it is not inevitable that stocking induces an increase of inbreeding of natural populations. Indeed, some set of parameters values produced a decrease of inbreeding in comparison with inbreeding levels expected without stocking. ♦

## 3 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. Three objectives are identified: **A)** Basic characteristics of Québec salmon stocks; **B)** Influence of reproductive strategies on reproductive success; **C)** Competitive interactions with others species.

### BASIC CHARACTERISTICS OF QUEBEC SALMON STOCKS

#### Key findings

**Long-term demographic monitoring of Sainte Marguerite River's Atlantic salmon populations (Comparative study of the two branches of the Sainte-Marguerite River)**

- After seven years (since 1997) of demographic monitoring of salmon population, we have observed that smolt outmigration has declined by almost 50% in the last years. Condition of smolt in the two branches has also declined since 1997.
- Survival rate at sea, as calculated from outmigration estimates and subsequent returning adult counts, reveals an important decline in sea survival. Nevertheless, the summer growth of parr is relatively constant. The north-east branch population is more productive in terms of fry density that are generally greater.

#### **Monitoring of survival on the Trinité River**

- Survival from egg to smolt on the Trinité River, has improved to 2.2%, near the average survival rate of 2.3%

# 3 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 trois 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)** Interactions compétitives avec d'autres espèces.

### CARACTÉRISTIQUES DE BASE DES STOCKS DE SAUMON QUÉBÉCOIS

#### Faits saillants des résultats

#### Suivi démographique à long terme des populations de saumon de la rivière Sainte-Marguerite (étude comparative entre les deux branches)

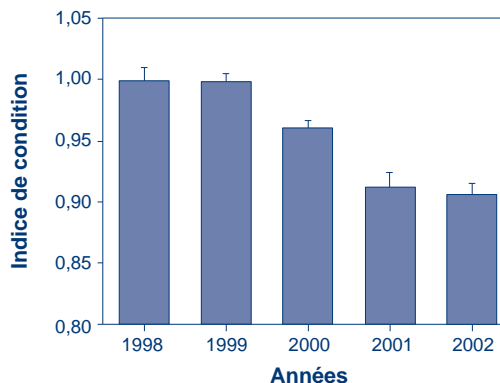
- Après 7 ans de suivi démographique des populations de saumons de la rivière Sainte-Marguerite, nous constatons que le nombre de smolts quittant la rivière a considérablement diminué (de près de 50%) dans les dernières années. La condition des smolts semble également s'être détériorée sur les deux branches.
- Le taux de survie en mer, tel que calculé à partir des données de retour de saumon dans la passe migratoire, nous indique que la survie en mer semble être également en déclin. Cependant, la croissance estivale des alevins et des tacons est relativement stable. La branche Nord-Est semble être beaucoup plus productive en terme d'alevins et de tacons et ces derniers sont généralement plus gros.

#### Suivi de la survie sur la rivière de la Trinité

- La survie en rivière, de l'œuf jusqu'au stade smolt, s'est améliorée sur la rivière de la Trinité, soit 2,2%, ce qui est tout près de la moyenne qui est de 2,3% pour cette rivière. Il semble donc que les conditions de survie reviennent à la normale après les années très pauvres qui ont suivi la crue exceptionnelle de l'été 1996.

for the river. Therefore it seems that survival conditions are returning to normal after very poor years which followed the exceptional flood of summer 1996.

**Condition des smolts dévalant la branche Nord-Est de la rivière Sainte-Marguerite.** (Jean-François Bourque)



### INFLUENCE OF REPRODUCTIVE STRATEGIES ON REPRODUCTIVE SUCCESS

#### Key findings

#### Early male maturity: a potential vector for the accelerated introgression of domesticated traits into wild populations

- Reproductive behaviour and fertilisation success of farmed precocious male was evaluated and compared to those of wild early mature males and of hybrids of the two groups. Hybrid mature male parr as well as mature parr from domestic strains of Atlantic salmon obtain more reproductive opportunities and greater reproductive success than wild mature parr (apparently due to greater aggression). Mature parr derived from domesticated salmon as well as hybrids of wild and domesticated salmon are important in the introgression of domesticated gene pools into wild populations beyond the first generation of arrival of farmed individuals. Therefore, this may increase the potential long term impact on the integrity of natural populations.

#### Balancing selection and early maturity

- Although size and individual fitness is correlated in many organisms, there is nevertheless a large range in size for a given age that is maintained in populations despite high heritability of the trait. This apparent paradox may be explained by the existence of opposing selective forces (balancing selection) whereby different size-classes are favored as environmental conditions vary over time and space.



## INFLUENCE DES PATRONS DE REPRODUCTION SUR LE SUCCÈS REPRODUCTEUR

### Faits saillants des résultats

#### Maturité précoce chez les mâles du saumon atlantique: véhicule potentiel d'introgession accélérée des traits des saumons d'élevages dans une population sauvage

- Le comportement reproducteur et le succès de fertilisation des mâles précoces issus de ferme d'élevage ont été évalués et comparés à ceux des individus précoces d'origine sauvage et d'hybrides entre les deux groupes. Les tacons précoces hybrides et d'élevage du saumon atlantique peuvent obtenir plus d'opportunités de reproduction ainsi qu'un succès de fertilisation plus élevé que les tacons précoces sauvages (probablement dû à une plus grande agressivité). Les tacons précoces d'origine hybride et d'élevage peuvent donc être des promoteurs important de l'introgession des gènes d'élevage en milieu naturel au-delà de la première génération de l'avènement des individus d'élevage. Cela peut donc augmenter le potentiel d'impact à long terme sur l'intégrité génétique des populations indigènes.

#### Sélection balancée (*balancing selection*) et maturité précoce

- Bien que la taille corporelle et le fitness individuel soient corrélés chez beaucoup d'organismes, il n'est pas rare de trouver un grand écart de tailles corporelles à l'intérieur d'une population pour des individus du même âge, malgré une héritabilité élevée pour ce trait. Cet apparent paradoxe peut être expliqué par l'existence possible de forces sélectives opposantes (*balancing selection*) sous l'influence desquelles différentes classes de tailles sont favorisées au fur et à mesure que les conditions environnementales varient dans le temps et dans l'espace.
- La sélection pour la taille chez les tacons du saumon atlantique est variable sur une échelle temporelle et spatiale pour la population de la rivière Sainte-Marguerite (variabilité de la classe de taille affectée par la mortalité sélective en hiver). La variation dans la proportion de tacons mâles précoces est directement reliée à cette sélection variable pour la taille, pour un site donné; l'expression de cette tactique reproductive étant une conséquence de la taille corporelle. Cette sélection balancée affecte donc la fréquence d'expression de la tactique de maturité précoce chez les mâles de cette population et est donc responsable du maintien d'une variabilité des tactiques de reproduction à l'intérieur d'une population en milieu naturel.

- *Size-selective survival among Atlantic salmon parr is variable in time (year) and space (site) within the Sainte-Marguerite River (variability in size-classes affected by size selective mortality during the winter). Variation in the proportion of mature male parr at a site is significantly correlated with size-selective survival, as the expression of early maturity is directly related to body size. Balancing selection influences the frequency of expression of early maturity and is thus responsible for maintaining variation in reproductive tactics in the wild.*

## COMPETITIVE INTERACTIONS WITH OTHERS SPECIES

*Although the anadromous form of brook charr is an important sport fish in salmon rivers, we know little about the factors that control the abundance or demographic structure of this important species. A new project "**Heritability, gene-environment interactions and anadromy in brook charr; implications for fisheries management and aquaculture development**" started at the end of 2001 and have objectives complementary to those of the first project "**Anadromy in brook charr and its relation to the partitioning of ecosystem productivity with Atlantic salmon: implications for management**". The main goal of this new project is to evaluate quantitatively the genetic and environmental bases of those ecological and physiological characteristics associated with anadromy in brook charr.*

### Key findings

#### The impact of barriers on the occurrence of anadromy in salmonids

- *Sections of seven tributaries (with/without culverts) of Sainte-Marguerite River (SMR) were assessed for fish composition and habitat use. There is a reduction in the number of species and loss of migrants in tributaries with barriers compared to tributaries without barriers. Furthermore, when migrant trout are absent, the overall range in water velocities employed by resident trout is reduced, with a shift to slower velocities. Our results thereby suggest that barriers to fish movement not only impact the presence/absence of migrants but also impact the overall upstream habitat use. Consideration should thus be given for the proper construction of culverts along the SMR.*

#### Heritability of anadromy in brook charr

- *To what extent are these various morphological, behavioural and physiological differences conditioned by environmental differences or determined by parental identity? To answer this question, we must determine in the wild the heritability of the various traits.*
- *Reproductive fish of both resident and anadromous ecotypes were sampled in 2000 and 2001 on a tributary of the*

## INTERACTIONS COMPÉTITIVES AVEC D'AUTRES ESPÈCES

Bien que l'omble de fontaine anadrome représente une ressource importante pour la pêche sportive dans les rivières à saumon, nous en connaissons encore très peu sur la biologie de base de cette espèce. Un nouveau projet « **Héritabilité, interactions gènes-environnement et anadromie chez l'omble de fontaine; implications pour la gestion des pêches et le développement de l'aquaculture** » a débuté à la fin de 2001 et comportera des objectifs complémentaires à ceux du projet « **L'anadromie chez l'omble de fontaine; influence du partage de la productivité de l'écosystème avec le saumon atlantique : implications pour la gestion** », qui s'est terminé en décembre 2001. L'objectif majeur de ce deuxième projet 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.

### Faits saillants des résultats

#### Influence des obstacles sur la présence de l'anadromie chez les salmonidés

- Une étude, menée sur 7 tributaires (avec ou sans ponceaux) de la rivière Sainte-Marguerite, montre qu'il y a une diminution du nombre d'espèces ainsi qu'une disparition des migrants dans les tributaires avec obstacles comparativement aux tributaires sans obstacles. De plus, en absence de migrants, les résidents exploitent des vitesses de courants faibles, même si les courants élevés sont disponibles. Les obstacles au déplacement de poissons influencent donc, non seulement la présence ou l'absence de migrants, mais aussi l'utilisation globale de l'habitat en amont. Il est donc nécessaire de considérer une meilleure construction de ponceaux sur les tributaires de cette rivière.

#### Héritabilité de l'anadromie chez l'omble de fontaine

- Dans quelles proportions les différences morphologiques, comportementales et physiologiques précédemment observées entre les migrants et les résidents sont influencées par des différences environnementales ou déterminées par l'identité parentale? Pour répondre à cette question, nous devons déterminer en milieu naturel l'héritabilité de ces différents traits.
- Des géniteurs anadromes et résidents ont été échantillonnés en 2000 et 2001 sur un tributaire de la Sainte-Marguerite, le ruisseau Morin (biopsie de la nageoire adipeuse pour les analyses génétiques). En 2002, les jeunes issus des géniteurs de 2000 ont également été échantillonnés en tant que migrants et résidents âgés de 1 an. Un certain nombre furent sacrifiés pour l'analyse des traits sous-jacents aux tactiques. À l'aide de

*Sainte-Marguerite River (biopsy of a part of the adipose fin for genetic analysis). In 2002, the offspring of fish that spawned in 2000 were sampled as both residents and migrants (age 1+) (biopsy). A certain number were sacrificed so as to quantify the characteristics associated with each. Using molecular markers, specifically microsatellites, we may then assign juveniles to parents and reconstruct families. These reconstructed families may be used in an animal model to quantify heritability of the traits. To date, we have successfully assigned 50% of juveniles to known parents using 5 microsat loci. We are developing another 5 markers to increase our success of assignment.*



Installation d'une trappe alaska, dans un tributaire de la rivière Sainte-Marguerite, pour le suivi de la dévalaison des truites anadromes. (photo: Véronique Thériault)

#### Thyroid activity of anadromous brook charr of the Laval and Sainte-Marguerite Rivers

- *The anadromous charr of Laval River present a greater thyroid activity (triiodothyronine (T3) and thyroxine (T4) concentrations) than the resident trout of that river, confirming previous data from the Petite-Cascapédia River. We verified if the thyroid activity levels are related to environmental conditions (current, flow rate, temperature) : the data obtained with anadromous and resident charr indicate that the increase of thyroid activity observed in anadromous charr is related to endogenous rather than to exogenous factors. This increase of thyroid activity has also been observed in anadromous charr of the Sainte-Marguerite River, suggesting a common physiological feature of anadromous populations.*

#### Ecophysiology and histopathology in brook charr and Atlantic salmon of the Kennebecasis River (NB)

- *During fall migration (post-reproductive) on the Kennebecasis River, a small minority or no charr use brackish water of the estuary, contrary to observations obtained in two Quebec rivers (Petite Cascapédia and Laval rivers). Contrary to the other two rivers, the migrant population of the Kennebecasis does not show any increase in gill Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>-ATPase activity during migration, but rather a decrease. Moreover, the observations reveals histopathological anomalies in brook charr gills of the Kennebecasis River. Similar indications of environmental*

marqueurs moléculaires, les microsatellites, il nous sera possible de réassigner les jeunes à leurs parents et ainsi de reconstruire les familles. De telles familles reconstruites seront ensuite utilisées dans un modèle animal pour estimer l'héritabilité des tactiques et des traits d'intérêt. Jusqu'à présent, nous avons obtenu un succès d'assignation de 50 % à l'aide de 5 locus microsatellites. L'ajout de 5 autres marqueurs (en cours de sélection) augmentera considérablement notre succès d'assignation.

### Activité thyroïdienne des ombles anadromes de la rivière Laval et Sainte-Marguerite

- Les ombles anadromes de la rivière Laval présentent une plus grande activité thyroïdienne (concentrations de triiodothyronine (T3) et de thyroxine (T4)) que les individus résidents dans cette rivière, confirmant ainsi les données déjà obtenues sur la rivière Petite Cascapédia. Nous avons vérifié si les niveaux d'activité thyroïdienne étaient reliés aux conditions du milieu (courant, débit, température): les données, recueillies sur les ombles résidents et anadromes de la rivière Laval, indiquent que l'activité thyroïdienne accrue chez les anadromes serait liée à des facteurs endogènes plutôt qu'à des facteurs exogènes. Cette activité thyroïdienne accrue est également observée chez les ombles anadromes de la rivière Sainte-Marguerite, ce qui laisse supposer qu'il s'agit d'une caractéristique propre aux populations anadromes.

### Écophysiologie et histopathologie chez l'omble de fontaine et le saumon atlantique de la rivière Kennebecasis (NB)

- Sur de la rivière Kennebecasis, lors de la migration d'automne (post-reproductrice), une faible minorité, sinon aucun omble, n'utilise les eaux saumâtres de l'estuaire contrairement à ce qui a été observé dans deux autres rivières du Québec (Petite Cascapédia et rivière Laval). Contrairement aux autres rivières, la population migrante de la Kennebecasis ne démontre pas d'accroissement de l'activité  $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-ATPase}$  branchiale en période de migration, mais plutôt une diminution. Les observations ont par ailleurs révélé nombre d'anomalies histopathologiques sur les branchies des ombles de fontaine de la Kennebecasis. Ces signes d'agression environnementale sont également présents chez les saumons atlantiques de cette rivière. Chez les deux espèces, plusieurs cas de parasitisme branchial ont été observés. Les smolts de la rivière Kennebecasis et d'autres rivières du sud du Nouveau-Brunswick présentent des lésions similaires; on peut donc s'interroger sur leur capacité réelle à entreprendre leur migration en milieu marin. ♦

*aggressions are also present in Atlantic salmon in this river. In both species, several cases of gills parasitism were observed. As smolts from the Kennebecasis River and from other rivers of the south of New-Brunswick present similar lesions, their ability to undertake their migration to sea must be questioned. ♦*



Équipe «truite de mer» au travail, laboratoire de la station de recherche du CIRSA, été 2002. (photo: Véronique Thériault)

**Étudiant de 2<sup>e</sup> cycle / M. Sc. students:** Dominique Vallée (UQAR).

**Étudiants de 3<sup>e</sup> cycle / Ph. D. students:** Nadia Aubin-Horth (U. Laval); Andréane Bastien (UQAR); Dany Garant (U. Laval); Sophie Lenormand (U. Laval); Geneviève Morinville (U. McGill); Véronique Thériault (U. Laval).

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

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

**Assistants de recherche et techniciens / Research assistants and technician:** Olivier Higgins (U. Laval); Mélanie Carrier (U. Laval); Magalie Foy-Guitard (stagiaire, CEGEP Sainte-Foy); Félix Ledoux (stagiaire, CEGEP Sainte-Foy); François Martin (U. Laval); Simon-Pierre Gingras (U. Laval); Sonja Bodmer-Roy (U. McGill); Alain DuCap (U. McGill); Fanny Martin (technicienne de la faune); Martin Murdock (technicien de la faune).

**Collaboration:** Dan Ryan (Université de l'Île-du-Prince-Édouard).

## COMMUNICATIONS ET PUBLICATIONS COMMUNICATIONS AND PUBLICATIONS

### Articles avec comité de lecture / Refereed journal publications

AUBIN-HORTH, N. and J. J. DODSON. 2002. Impact of differential energy allocation in Atlantic salmon (*Salmo salar*) precocious males on otolith-somatic size proportionality: A longitudinal approach. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 59: 1-9.

AUBIN-HORTH, N. and J. J. DODSON. 2003. (soumis/ submitted à Functional Ecology). Scale of observation, heterogeneous local conditions and Atlantic salmon plastic life history.

AUBIN-HORTH, N. and J. J. DODSON. 2003. (soumis/ submitted à Evolution). Influence of individual body size and variable thresholds on the incidence of a sneaker male reproductive tactic in Atlantic salmon.

BOULA, D., V. CASTRIC, L. BERNATCHEZ et C. AUDET. 2002. Anadromy in brook charr (*Salvelinus fontinalis*): physiological, endocrine and genetic bases. Environ. Biol. Fishes 64: 229-242.

BURTON, F. and D. BOISCLAIR. 2002. (soumis/ submitted à Canadian Journal of Fisheries and Aquatic sciences). Empirical models to estimate food consumption rates of juveniles of Atlantic salmon (*Salmo salar*).

BURTON, F. and D. BOISCLAIR. 2002. (soumis/ submitted à Canadian Journal of Fisheries and Aquatic sciences). In situ test of the performance of bioenergetic mechanistic models to predict food consumption.

CARBONNEAU, P. E., S. N. LANE and N. E. BERGERON. 2003. Cost effective non-metric close range digital photogrammetry and its application to the study of coarse gravel river beds. International Journal of Remote Sensing (sous- presse/ in press).

CARBONNEAU, P. E., S. N. LANE and N. E. BERGERON. 2002. (soumis/ submitted à Photogrammetric Engineering and Remote Sensing). Automated identification of omnidirectional mapping of linear bands in semivariogram analysis.

CARBONNEAU, P., N.E. BERGERON and S.N. LANE. 2003. (soumis/ submitted à River Research and Applications). Predicting concealment space availability in salmonid river gravels.

CARBONNEAU, P., N.E. BERGERON and S.N. LANE. 2003. (soumis/ submitted à Earth Surface Processes and Landforms). New methods for the quantitative analysis of stream gravel bed surface structure.

COULOMBE-PONTBRIAND, M. and M. LAPOINTE. 2002. (revisions submitted to River Research and Applications). Geomorphic controls, riffle substrate quality and spawning site selection in two semi-alluvial salmon rivers in the Gaspé Peninsula, Canada.

COULOMBE-PONTBRIAND, M. and M. LAPOINTE. 2002. (soumis/ submitted à Canadian Journal of Fisheries and Aquatic sciences). Landscape controls on the availability of coarse substrate and winter habitat and their effects on Atlantic salmon (*Salmo salar*) parr abundance patterns along two rivers in the Gaspé peninsula, Quebec.

DIONNE, M. and DODSON, J.J. 2002. Impact of exposure to a simulated predator (*Mergus merganser*) on the activity of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) in the natural environment. Canadian Journal of Zoology 80: 2006-2013.

DUCHESNE, P. and L. BERNATCHEZ. 2002. AFLPOP : A computer program for simulated and real population allocation based on AFLP data. Molecular Ecology Notes. 3: 380-383.

DUCHESNE, P., M.-H. GODBOUT and L. BERNATCHEZ.. 2002. PAPA (Package for the Analysis of Parental Allocation): A computer program for simulated and real parental allocation. Molecular Ecology Notes. 2: 191-194.

ENDERS, E.C., D. BOISCLAIR and A. G. ROY. 2002 (soumis/ submitted à Canadian Journal of Fisheries and Aquatic sciences). The effect of turbulence on the costs of swimming for juveniles of Atlantic salmon (*Salmo salar*).

GARANT, D., I. A. FLEMING, S. EINUM and L. BERNATCHEZ. 2003. Alternative male life-history tactics as potential vehicles for speeding introgression of farm salmon traits into wild populations. Ecology Letters, 6: 541-549.

GARANT, D. J.J. DODSON and L. BERNATCHEZ. 2003. Differential reproductive success and heritability of alternative reproductive tactics in wild Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Evolution, 57 (5): 1133-1141.

GIRARD, P., D. BOISCLAIR and M. LECLERC. 2002. (soumis/ submitted à Canadian Journal of Fisheries and Aquatic sciences). The effect of cloud cover on the diurnal foraging activity of juveniles of Atlantic salmon (*Salmo salar*) and the development of habitat quality indices.

GUAY, J.C., D. BOISCLAIR, M. LECLERC, and M. LAPOINTE. 2002. (soumis/ submitted à Canadian Journal of Fisheries and Aquatic sciences). Assessment of the transferability of biological habitat models for juveniles of Atlantic salmon (*Salmo salar*).

JOHNSTON, P., N. E. BERGERON and J.J. DODSON. 2003. (soumis / submitted à Journal of Fish Biology). Diel activity patterns of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) in streams with summer water temperature near the temperature-dependent switch to nocturnal activity.

JULIEN, P. H. and N. E. BERGERON. 2002. (soumis /submitted à Transactions of American Fisheries Society). Effect of fine sediment infiltration on Atlantic salmon (*Salmo salar*) embryo survival.

LENORMAND, S., J. J. DODSON and A. MÉNARD. 2003. (soumis /submitted à Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences). Seasonal and ontogenetic patterns in the migration of anadromous brook charr (*Salvelinus fontinalis*).

MAGNAN, P., C. AUDET, H. GLEMET, M. LEGAULT, M.A. RODRÍGUEZ and E. TAYLOR. 2002. Recent developments in the ecology, behaviour and evolution of *Salvelinus* species and their impact on population management and conservation. *Env. Biol. Fish.* 64: 9-14.

MOOKERJI, N., A. MAZUMDER and Z. WENG. 2002. Food partitioning between coexisting Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brook trout (*Salvelinus fontinalis*) in the Sainte-Marguerite River ecosystem, Quebec. *Journal of Fish Biology* (accepté avec corrections mineures /accepted with minor revisions).

MORINVILLE, G. and J. B. RASMUSSEN. 2003. Early juvenile bioenergetic differences between anadromous and resident brook trout (*Salvelinus fontinalis*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences.* 60: 401-410.

TALBOT, T and M. LAPOINTE. 2002. Modes of responses of a gravel bed river to meander straightening: The case of the Sainte-Marguerite River, Saguenay Region, Quebec, Canada. *Water Resources Research*, 38 (6).

TALBOT, T and M. LAPOINTE. 2002. Numerical modeling of a gravel bed river response to meander straightening: The coupling between the evolution of bed pavement and long profile. *Water Resources Research*, 38 (6).

THÉRIAULT, V. and J. J. DODSON. 2003. Body size and the adoption of a migratory tactic in brook charr. *Journal of Fish Biology* (accepté avec corrections mineures / accepted with minor revisions).

WENG, Z., N. MOOKERJI and A. MAZUMDER. 2002. (Submitted /soumis à Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences). Effects of nutrient enrichment and grazer activity on the periphyton community of Atlantic salmon streams.

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

BOURQUE, J. F. et J. J. DODSON. 2003. Suivi démographique à long terme de la rivière Sainte-Marguerite. Publication du CIRSA.

### Thèses / Theses

AUBIN-HORTH, N. 2002. Déterminisme de la variation à micro-échelle d'une stratégie de reproduction conditionnelle chez le saumon atlantique mâle. Département de biologie, Université Laval. Thèse de Doctorat (Direction J. J. Dodson).

CARBONNEAU, P. E. 2003. Caractérisation quantitative des graviers fluviaux pour la modélisation de la disponibilité d'interstices utilisables par le saumon atlantique (*Salmo Salar*) juvénile en comportement hivernal. Institut national de recherche scientifique-Eau, Terre et Environnement. Thèse de Doctorat (Direction N. Bergeron).

GARANT, D. 2002. Évaluation des déterminismes du fitness et des stratégies de reproduction chez le saumon atlantique (*Salmo salar* L.). Département de biologie, Université Laval. Thèse de Doctorat (Direction L. Bernatchez et J. J. Dodson).

GIRARD, P. 2002. Modélisation des effets des ensemencements sur les patrons d'utilisation d'habitats des juvéniles de saumon atlantique (*Salmo salar*). Département des sciences biologiques, Université de Montréal, Mémoire de Maîtrise (Direction D. Boisclair).

JOHNSTON, P. 2003. Facteurs de l'habitat physique influençant le comportement et la croissance des saumons atlantiques juvéniles (*Salmo salar*) des rivières Petite-Cascapédia et Bonaventure (Gaspésie, Québec). Institut national de recherche scientifique-Eau, Terre et Environnement., Université du Québec. Mémoire de Maîtrise (Direction N. Bergeron et J. J. Dodson).

LENORMAND, S. 2003. Évolution de l'anadromie et stratégie de reproduction chez l'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*). Département de biologie, Université Laval (Direction: J. J. Dodson).

WILSON, L. 2003. Analysis of Atlantic salmon habitat distribution and sensitivity to forest extraction in the Casapédia River drainage basin using a GIS. McGill University, Department of geography. M. Sc. thesis (Direction M. Lapointe).

ZIMMERMAN, A. E. 2003. Effects of sediment transport on intergravel flow and egg survival in silt-rich spawning beds. McGill University, Department of geography. M. Sc. thesis (Direction M. Lapointe). ♦

## CONFÉRENCES, POSTERS

### CONFERENCE PRESENTATIONS, POSTERS

Les membres du CIRSA ont présenté 30 conférences et posters (consulter notre site web ([www.bio.ulaval.ca/CIRSA](http://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 30 conferences and posters (see our web site for detailed list) in several national and international meetings including:*

- Symposium of the British Hydrological Society, Midlands Section (Loughborough, U.K., 8 mai 2002);
- 9<sup>th</sup> International Symposium on the Interactions between Sediments and Water (Banff, Canada, 5-10 mai 2002);
- Ecological and Evolutionary Ethology of Fishes (EEEE) symposium (Québec, Canada, 15-20 août 2002);
- 2<sup>nd</sup> International Symposium on GIS/Spatial Analyses in Fishery and Aquatic Sciences (Brighton, UK, 3-6 septembre 2002);
- SALGEN workshop on quantitative experimental design in salmon (Cantabria, Espagne, 13-15 septembre 2002);
- Congrès AAC (Charlottetown, Île du Prince Edouard, septembre 2002);
- SALGEN workshop on salmon nDNA (Londres, U.K., 2002);
- Conférence Canadienne de Recherche sur les Pêches (Ottawa, Ontario, 2-5 janvier 2003);
- 5th Annual Scientific Conference of the GEOIDE Network (Victoria, B.C., Canada, 21-23 mai 2003);
- Réunion annuelle de la Société canadienne de zoologie, Waterloo, Ontario, mai 2003.

## LES PARTENAIRES / PARTNERS

Alcan

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 de soutien aux initiatives de recherche sur le saumon Atlantique (CIRSA) inc.

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

Parc Marin du Saguenay St-Laurent

Société Cascapédia inc.

Société de la faune et des parcs du Québec (FAPAQ)

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 13 et 14 mars 2003 à l'université Laval, Québec, sa sixième réunion scientifique annuelle. Environ 80 personnes ont assisté à ces deux journées marquées par la présentation de 21 communications orales présentées par les membres du CIRSA (voir notre site web : [www.bio.ulaval.ca/CIRSA](http://www.bio.ulaval.ca/CIRSA)).

*The fourth annual scientific meeting of CIRSA was held between the 13<sup>th</sup> and 14<sup>th</sup> 2003 of March at Laval University, Quebec City. 80 persons attended the two-day meeting, where 21 oral communications were presented by members of CIRSA (see our web site: [www.bio.ulaval.ca/CIRSA](http://www.bio.ulaval.ca/CIRSA)).*

## ADMINISTRATEURS CIRSA INC.

## ADMINISTRATORS CIRSA INC.

M. Gilles L. Duhaime  
Président, CIRSA inc.

Nadia Ghazzali  
Adjointe au Vice-recteur à la recherche,  
Université Laval

M. Jean-Pierre Mailhot  
Secrétaire, CIRSA inc.  
Directeur, MAPAQ

M. Richard Poulin  
Trésorier CIRSA, inc.

M. Julian Dodson  
Directeur scientifique, CIRSA

M. Louis Vaillancourt  
Conseiller juridique, CIRSA inc.  
Avocat, Ogilvy Renaud

M. Louis Aubry  
Vice-président, FAPAQ

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

Dr Louis Lefebvre  
Professeur de biologie, Université McGill

M. Yvon Côté  
Président, FQSA

M. Pierre Tremblay, O.C.

M. Jacques R. Gagnon  
Président, JRG.comm

M. Mathieu Bouchard  
Vice-Président Communications,  
Affaires stratégiques et environnementales, ALCAN

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

Stéphane Audy  
Avocat, Kronstron Desjardins

Hughes Michaud  
Directeur, Parc Saguenay Canada



Station de recherche du CIRSA. (photo: Francis Bérubé)

## COMMENT NOUS JOINDRE

---

### HOW TO REACH US

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

(418) 656-3102 / 3289 (Julian Dodson)  
(418) 656-2681 / 3289 (Françoise Colombani)  
(418) 656-2043 et (418) 656-2339 (télécopieur / fax)

#### **adresse électronique / E-mail**

[cirsa@cirsa.ulaval.ca](mailto:cirsa@cirsa.ulaval.ca)

#### **site internet / Web site**

[www.bio.ulaval.ca/CIRSA](http://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)

#### **CIRSA inc.**

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