

# Rapport Annuel Annual Report 2006-2007



CENTRE INTERUNIVERSITAIRE  
DE RECHERCHE SUR LE  
SAUMON ATLANTIQUE

## MEMBRES ET PERSONNEL

### MEMBERS AND STAFF

#### Membres titulaires / *Principal investigators*

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

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

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

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

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

Dr Julian J. Dodson  
Département de biologie  
Université Laval, Québec  
Tél.: (418) 656-3289  
julian.dodson@bio.ulaval.ca

Dr Pierre Magnan  
Département de chimie-biologie  
Université du Québec à Trois-Rivières, Trois-Rivières  
Tél.: (819) 376-5011 poste 3375  
Pierre.Magnan@uqtr.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

Dr. André St-Hilaire  
Institut national de la recherche scientifique  
Centre Eau, Terre et Environnement, Québec  
Tél.: (418) 654-3113  
andre\_saint-hilaire@inrs-ete.quebec.ca  
andre\_sthilaire@ete.inrs.ca

#### Membres associés / *Associate members*

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

Dr Thomas Buffin-Bélanger  
Département des sciences humaines  
Université du Québec à Rimouski, Rimouski  
Tél.: (418) 723 1986 poste 1577  
thomas\_buffin-belanger@uqar.qc.ca

M. François Caron  
Ministère des Ressources naturelles et de la Faune  
Direction de la recherche sur la faune, Québec  
Tél.: (418) 521-3955 poste 4377  
francois.caron2@mrnf.gouv.qc.ca

Dr. Michael Church  
Michael Church  
Geography Department  
University of British Columbia, Vancouver  
Tél.: (604) 822-6959  
Mchurch@geog.ubc.ca

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

#### Membre honoraire / *Honorary member*

Dr Michel Leclerc  
Institut national de la recherche scientifique  
Centre Eau, Terre & Environnement, Québec  
Tél.: (418) 654-2555  
michel\_leclerc@ete.inrs.ca

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

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

#### Personnel / *Staff*

André Boivin  
Superviseur de la station / *Station manager*

Jean-François Bourque  
Biologiste / *Biologist*

Françoise Colombani  
Responsable administrative / *Administration officer*

Albertine Gauthier  
Chef-cuisinière / *Head cook*

Edith Bouliane  
Aide-cuisinière / *Assistant cook*

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

Conçu en 1994 et inauguré à l'été 1995, le CIRSA regroupe une équipe pluridisciplinaire de chercheurs dont les travaux sont consacrés à l'étude de l'écologie du saumon atlantique. Le CIRSA est le résultat des initiatives conjointes de la compagnie ALCAN, du ministère des Ressources naturelles et de la Faune, de la Fédération québécoise pour le saumon atlantique, de la Fondation de la faune du Québec, de Développement économique Canada et d'autres organismes à caractère faunique, tous intéressés à la création d'un centre de recherche permanent consacré au développement durable du saumon atlantique. Durant les premières années, les activités de recherche se sont principalement déroulées sur la rivière Sainte-Marguerite qui se jette dans la baie Sainte-Marguerite située sur la rive nord du fjord du Saguenay. Depuis 1999, l'effort de recherche s'est déployé également sur plusieurs autres rivières à saumon du Québec. La station de recherche du CIRSA, qui se trouve sur les bords de la rivière Sainte-Marguerite près de Sacré-Cœur-sur-le-fjord-du-Saguenay, est administrée par un organisme à but non-lucratif, Aquasalmo R&D inc. Cet organisme contribue également au financement de plusieurs projets de recherche du CIRSA. ♦

## ORIENTATIONS DE RECHERCHES

Depuis le début de 2006, le programme a fait l'objet d'une réorientation pour mieux cibler les problématiques actuelles tel le développement durable et la conservation de la biodiversité. En plus d'étendre ses travaux de recherche à un plus grand nombre de rivières du Québec, le CIRSA a élargi ses activités à plusieurs autres espèces de salmonidés et leurs écosystèmes. Les projets de recherches du CIRSA sont maintenant axés sur les thèmes suivants: **1)** Habitats et productivité; **2)** Caractéristiques de base des stocks de saumon québécois; **3)** Conservation de la diversité génétique et phénotypique des salmonidés; **4)** Impacts anthropiques sur les salmonidés et leurs écosystèmes; **5)** Développement d'outils d'analyse et d'intervention. ♦

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

*Conceived in 1994 and inaugurated during the summer of 1995, CIRSA is a multidisciplinary research team dedicated to the study of Atlantic salmon ecology. CIRSA is the result of the combined initiatives of ALCAN, the ministère des Ressources naturelle et de la Faune, the Fédération québécoise pour le saumon atlantique, the Fondation de la faune du Québec, Canada Economic Development and other organisms, all interested in the creation of a permanent research centre dedicated to the sustainable development of Atlantic salmon. Research activities of CIRSA were initially centered mainly on the Sainte-Marguerite River which flows into Baie Sainte-Marguerite situated on the north shore of the Saguenay fjord. Since 1999, CIRSA's research effort also involves several salmon rivers in other regions of Quebec. The research station of CIRSA, located close to the shores of the Sainte-Marguerite River near Sacré-Cœur-sur-le-fjord-du-Saguenay, Quebec is administered by a private, non-profit organism, Aquasalmo R&D Inc. This organism also contributes financially to support several research projects of CIRSA. ♦*

## RESEARCH DIRECTIONS

*Since the beginning of 2006, CIRSA's research program has been restructured to better meet current concerns such as sustainable development and conservation of biodiversity. CIRSA has not only expanded its research effort on more Quebec rivers, but has also broadened its activities to involve more salmonid species and their ecosystems. Projects of CIRSA are now centered on the following themes: **1)** Habitat and productivity; **2)** Basic characteristics of salmonid populations of Québec Rivers; **3)** Preservation of genetic and phenotypic diversity of salmonids; **4)** Anthropogenic impacts on salmonids and their ecosystems; **5)** Development of tools of analysis and intervention. ♦*

## RAPPORT FINANCIER AQUASALMO R&D INC. AU 31 MARS 2007

### AQUASALMO R&D INC. FINANCIAL STATEMENT AS OF MARCH 31, 2007

#### Revenus / Revenue

Alcan	76 478 \$
Fondation de l'université Laval / Fonds CIRSA Alcan	10 000 \$
Don CGI	40 000 \$
Don GazMétro	20 000 \$
Commandite colloque (MRNF)	1 000 \$
Hébergement et repas et autres	8 765 \$
<b>Total / Total</b>	<b>156 243 \$</b>

#### Dépenses / Expenditures

Salaires station / <i>Station salaries</i>	39 943 \$
Salaire administration / <i>Administration salary</i>	51 674 \$
Soutien aux projets de recherche / <i>Research projects support</i> (subventions, salaires, matériel et fournitures / <i>grants, salaries, material and supplies</i> )	14 761 \$
Colloque, relations publiques / <i>Cirsa Meeting, Public relations</i>	2 120 \$
Rapport annuel / <i>Annual report</i>	3 380 \$
Fonctionnement de la station / <i>Field station</i>	33 802 \$
Administration / <i>Administration</i>	10 716 \$
<b>Total / Total</b>	<b>156 396 \$</b>
<b>Solde / Balance</b>	<b>-153 \$</b>

**Note:** Les chercheurs du CIRSA ont par ailleurs reçu près d'un million de dollars en subventions pour leurs projets de recherches.

**Note:** CIRSA researchers have received in the order of one million dollars in grants for their research projects.

## RÉSUMÉ DES ACTIVITÉS DE TERRAIN DU CIRSA EN 2006

En 2006, du 1<sup>er</sup> mai au 20 octobre, la station de recherche du CIRSA a enregistré un total de 722 personnes-jours. Cependant plusieurs projets ont encore eu des activités de terrain jusqu'en décembre sur la rivière Sainte-Marguerite (10 personnes-jours). Trois projets du CIRSA qui ont eu leurs activités de terrain sur la Sainte-Marguerite ont utilisé la station. La diminution de la fréquentation de la station s'explique par le fait que plusieurs projets qui avait des activités sur la rivière Sainte-Marguerite ont terminé ou diminué leurs activités de terrain et sont en phase d'analyse. Par contre, les activités de terrain du CIRSA se sont étendues encore cette année à un plus grand nombre de rivières. De ce fait, l'activité de terrain sur l'ensemble des rivières (2549 personnes-jours) a été beaucoup plus importante qu'en 2005. Trois nouveaux projets ont débuté leurs activités de terrain en 2006: le projet «Élargissement de l'axe routier 73/175. Impacts sur les écosystèmes aquatiques» a eu une activité de terrain intensive (48 cours d'eau et 19 lacs ont été échantillonnés dans la réserve faunique des Laurentides); Le projet «L'invasion de la truite arc-en-ciel au Québec» a eu des activités de terrain sur les rivières de plusieurs régions du Québec (Gaspésie, Côte-Nord, Bas-St-Laurent, Chaudière-Appalaches, Capitale-Nationale) en plus d'avoir la collaboration de pêcheurs sportifs partout au Québec; enfin, l'étude de la population d'omble de fontaine de la rivière Petite Cascapédia a eu des activités de terrain soutenues sur cette rivière. ♦

## SUMMARY OF CIRSA'S FIELD ACTIVITIES IN 2006

In 2006 (May 1 to October 20), the research station of CIRSA logged a total of 722 person-days. However, research activity continued until December on the Sainte-Marguerite River (10 person-days). Three projects conducted field work on Sainte-Marguerite R. and used the CIRSA station. Decreased occupations in 2006 was again largely due to the fact that several projects were either completed or decreased their field activity and are in the analysis phase. On the other hand, the research effort in 2006 continued on more rivers and CIRSA's overall total research effort (2549 person-days) was more important than in 2005. In 2006, three new projects started their field activity: the project "Lane twinning and widening of highway 73/175. Impacts on aquatic ecosystems" conducted intensive field work (48 streams and 19 lakes were sampled in the Réserve Faunique des Laurentides); the project "The invasion of rainbow trout in Quebec" conducted field work on rivers of several regions of Quebec (Gaspésie, Côte-Nord, Bas-St-Laurent, Chaudière-Appalaches, Capitale-Nationale); the study of the anadromous brook charr population of the Petite Cascapédia River continued their field program in 2006. ♦

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

**Table 1:** CIRSA's field activities (person-days) since 1995.

Rivières / River	2006	2005	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995
Sainte-Marguerite	732	906	1508	2700	2125	1968	1883	2510	2520	2706	2438	1200
Des Escoumins						120	308	351				
Trinité		44										
Betsiamites				18	20	4	12					
Laval	2	16		6	85							
Pentecôte	3											
Petite rivière à la truite	3											
Malbaie	108	218	207	221	290	149						
Du Gouffre		3										
Petite Cascapédia et Bonaventure	197					210	610	355				
Grande Cascapédia			12	378	783	1028	240					
Yorke et Baie de Gaspé	300	310	52									
Dartmouth	57	213										
Saint-Jean	9	16										
Matane		4										
Causapscal		16										
Cap-chat	3											
Sainte-Anne	2											
Madeleine	12											
Mitis	2											
Trois Pistole	1											
Saint-Charles		1										
Calway	2											
Rivières de la côte de Beaupré	4											
Cours d'eau de la réserve faunique des Laurentides	1000											
Lac Ledoux Réserve Mastigouche	56											
Lac Tessier												
Parc de la Mauricie	40											
Nuuk, Groenland	16											
<b>Total</b>	<b>2549</b>	<b>1747</b>	<b>1779</b>	<b>3323</b>	<b>3303</b>	<b>3479</b>	<b>3053</b>	<b>3216</b>	<b>2520</b>	<b>2706</b>	<b>2438</b>	<b>1200</b>

## THÈME 1

### HABITATS ET PRODUCTIVITÉ

Les projets développés intègrent l'habitat des salmonidés de l'échelle du microhabitat à celle du paysage fluvial et ont pour but de mieux comprendre comment la structure géomorphologique du paysage fluvial et estuarien détermine les composantes du cycle-vital des salmonidés et la dynamique des populations. Les études réalisées permettront la modélisation de la production de saumon atlantique en rivière en fonction de la disponibilité d'habitats de qualité à l'échelle fluviale et estuarienne. Les modèles développés pourront être utilisés par les gestionnaires de rivières à saumon atlantique pour évaluer la productivité des rivières et leur capacité de support.

## THEME 1

### HABITAT AND PRODUCTIVITY

The projects of this theme integrate salmonid habitat studies from the microhabitat to landscape scales and aim to better understand how the geomorphic structure of fluvial and estuarine landscapes determines salmonid life-history patterns and population dynamics. The studies will allow modelling of salmon production in relation to the availability of good habitats at all scales. The models developed will be easily used by managers to estimate a river's productivity and carrying capacity.

## Geosalar II: Modélisation des déplacements des saumons atlantique juvéniles en fonction des caractéristiques physiques des habitats fluviaux et estuariens

Cette nouvelle phase du projet Geosalar, qui a débuté en 2005, se déroule principalement sur les rivières de Gaspé. Le principal objectif du projet consiste à suivre le déplacement des saumons dans les différents habitats qu'ils utilisent au cours de leur cycle de vie afin de comprendre comment la structure spatiale et la variation temporelle des habitats fluviaux et estuariens interagissent avec le comportement des poissons pour déterminer la production d'une rivière. Plus spécifiquement, le projet vise à développer des outils géomatiques permettant 1) le suivi et le positionnement des poissons en rivière et en estuaire, et 2) la caractérisation rapide et efficace des habitats fluviaux et estuariens. Ce projet intègre donc les sciences géomatiques et biologiques afin d'adresser une problématique environnementale critique: la conservation des populations de saumon atlantique et de leur habitat en rivière et dans les zones côtières adjacentes.

### Patrons et mécanismes de migration des smolts vers le milieu marin

Le déplacement des smolts dans l'estuaire de la rivière York et dans la baie de Gaspé a été étudié par télémétrie acoustique. Aux printemps 2005 et 2006, des hydrophones (récepteurs VR2) géoréférencés (50 en 2005 et 83 en 2006) ont été déployés dans l'estuaire de la rivière York et la baie de Gaspé afin de détecter le passage de smolts munis d'émetteurs acoustiques (24 en 2005 et 30 en 2006). Les déplacements observés ont été mis en relation avec un modèle hydrodynamique de l'estuaire et de la baie de Gaspé afin d'évaluer l'importance relative des mouvements passifs associés aux courants marins et de déterminer la nature des mécanismes d'orientation utilisés par les smolts.

#### Migration des smolts dans l'estuaire de la rivière York

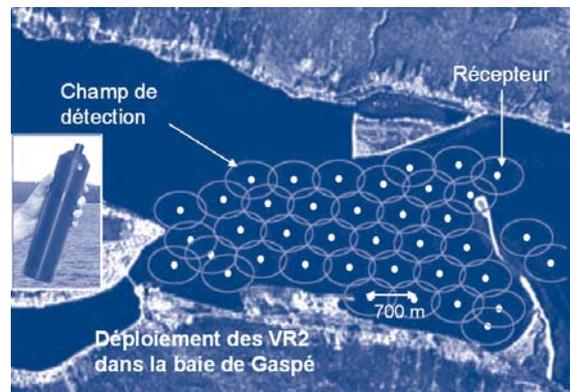
- Le taux de survie des smolts est élevé dans l'estuaire. Le modèle hydrodynamique explique environ 20% des déplacements observés. La direction des courants a un effet positif sur la direction des déplacements observés. La nage active est orientée vers l'aval et accélère le temps de transit à travers l'estuaire. Un effet circadien est aussi démontré. Cependant, la grande variabilité de comportement observée entre les individus exige un approfondissement des analyses.

#### Migration des smolts dans la baie de Gaspé

- Le comportement migratoire des smolts est très variable et complexe dans la baie (parfois direct, parfois changement fréquent de direction à des échelles spatio-temporelles courtes). La migration des smolts vers l'océan est principalement un processus actif (ils nagent avec et contre les courants et avec et contre les gradients de salinité). L'environnement a des effets sur la vitesse de migration: les smolts nagent plus rapide-

## Geosalar II: Integrated modelling of juvenile Atlantic salmon and physical habitat in fluvial and estuarine environments

This new phase of the Geosalar project started in 2005 and is mainly conducted on Gaspé rivers. The project is dedicated to tracking fish movements among habitats over their life cycle to understand how spatial structure and temporal variation of habitat in rivers and estuaries interacts with behaviour to determine productivity. More specifically, the project will develop new geomatic tools allowing 1) the tracking and positioning of fish in rivers and estuaries, and 2) the rapid and efficient characterization of fluvial and estuarine habitats. This project integrates geomatic and biological sciences in order to address a critical sustainability issue; the conservation of Atlantic salmon populations and their habitats in rivers and adjacent coastal zones.



Déploiement des hydrophones (récepteurs acoustiques VR2) dans la baie de Gaspé (projet Geosalar II) (Graphique: Richard Hedger).

### Patterns and mechanisms of smolt during seaward migration

The movements of smolt in the estuary of the York River and in the bay of Gaspé were studied using acoustic telemetry. In spring 2005 and 2006, an array of geographically positioned hydrophones (VR2 receivers) were installed in the estuary of the York River and in the bay of Gaspé (50 in 2005 and 83 in 2006) to monitor the passage of acoustically tagged smolt (24 in 2005 and 30 in 2006). Fish displacement data were coupled with a hydrodynamic model of the estuary and the bay of Gaspé to estimate the relative importance of passive movements associated with marine currents and to determine orientation mechanisms used by smolt.

#### Smolt migration in the estuary of the York River

- In the estuary, the survival rate of smolt is high. The hydrodynamic model explains approximately 20% of the observed fish displacements. The direction of currents has a positive effect on the direction of observed displacements. Active swimming was oriented downstream, thus accelerating transit time through the estuary. Circadian rhythms were evident and individual variation in behaviour was great; further analyses are ongoing.

ment dans l'eau saline et en présence d'un gradient positif de salinité. Il semble qu'un mécanisme inné détermine l'orientation et que la vitesse et la direction de nage sont déterminées par la salinité et le cycle circadien.

### **Influence de la structure de l'habitat sur les déplacements, la croissance et la survie des saumons atlantiques juvéniles**

- L'étude de la réponse des poissons aux conditions changeantes de leur habitat est actuellement limitée par le manque d'outils adéquats. À l'été 2006, un réseau d'antennes à transpondeurs passifs (PIT-tags) a été installé dans le substrat du ruisseau Xavier, un tributaire de la rivière Sainte-Marguerite (Saguenay). Ce système d'antenne permet un suivi en continu et en temps réel des mouvements des poissons marqués avec des PIT-tags dans la section à l'étude. Ce système a le potentiel de permettre l'étude des mouvements des poissons même lors des crues et lors de la formation du couvert de glace.



Réseau d'antennes permettant le suivi en continu et en temps réel des mouvements des poissons marqués avec des PIT-tags (Geosalar II) (Photo: Patricia Johnston).

- Des expériences menées en milieu contrôlée montrent que l'utilisation de nos PIT-tags modifiés de 19 mm permet une meilleure croissance et une plus faible mortalité que les tags réguliers de 23 mm sur une période de 7 semaines. Nous avons déterminé une taille limite à laquelle le marquage avec les tags de 19 mm n'aurait plus d'effet sur la croissance et la mortalité des

### **Smolt migration in the Gaspé Bay**

- *In the bay, patterns of migration are variable and complex, with some smolt taking a direct route through the coastal embayment and other smolt repeatedly changing direction over short spatial and temporal scales. Migration was mainly an active process with an overall seaward migration (they swim with and against currents and with and against salinity gradients). The environment influenced migration speed: exposure to more saline waters resulted in increased migration rates and swimming speed was greater when there was a positive salinity gradient. It seems that smolt exploit an innate compass to maintain a preferred bearing and that the speed and direction of swimming is controlled by salinity and the diurnal cycle.*

### **Influence of habitat structure on Atlantic salmon parr movements, growth and survival**

- *The determination of the response of fish to changing habitat conditions is currently hampered by the lack of appropriate monitoring tools. In summer 2006, we installed a network of 256 PIT (passive integrated transponder) antennas embedded in the substrate of the Xavier brook, a tributary of the Sainte-Marguerite River (Saguenay). This new system allows real-time monitoring of the movement of PIT-tagged fish within the study section. This system has the potential to provide fundamental information on fish movements at high flows and during ice cover formation.*
- *Controlled experiments revealed that fish tagged with our modified 19 mm PIT-tags showed higher growth and lower mortality than fish tagged with regular 23 mm tags over a 7-weeks period. A lower size limit for tagging with 19 mm PIT tag was determined. During the two first weeks after the surgery, growth of all marked fish was significantly lower than growth of unmarked fish. After another five weeks, marked individuals of 100 mm or larger recovered a growth rate similar to that of the unmarked fish, but growth of smaller fish remained depressed. Parr bigger than 100 mm showed a very low mortality rate (0.7%), and fish smaller than 100 mm had a mortality rate of 36%.*

### **Spatio-temporal variability of the substrate mobility in gravel-bed Rivers during floods**

*This study aims to document the spatio-temporal variability of the bedload transport during flood. The functional explanation of the frequency distributions of travel distances (DTD) and the spatial extension of the active layer is essential for the estimation of transport rate and for the characterisation of fluvial habitat during periods of high physical stress to aquatic organisms.*

- *This tracer study aims at documenting the displacement of particles in natural environment using pit-tag (passive) technologies. Three gravel-bed reaches with width of 8, 15 and 40 meters were selected in the York River*

poissons. Pendant les deux premières semaines suivant la chirurgie, la croissance de tous les poissons marqués a été significativement plus faible que celle des témoins. Au cours des 5 semaines suivantes, les individus de 100 mm et plus ont repris une croissance similaire à celle des témoins mais celle des plus petits individus est demeurée plus faible. Les résultats indiquent un très faible taux de mortalité chez les poissons > 100 mm (0,7%) et un taux de mortalité de 36% chez les poissons < 100 mm.

### Variabilité spatio-temporelle de la mobilité du substrat de rivières graveleuses en période de crue

Cette étude vise à documenter la variabilité spatio-temporelle du transport des sédiments grossiers en période de crue en étudiant la proportion de particules qui prennent part au transport et aux distances que parcourent ces dernières afin d'estimer les taux de transport et de mieux caractériser l'habitat fluvial pendant les périodes de hauts stress pour les organismes aquatiques qui y vivent.

- Les surfaces actives et les distances de déplacement des particules ont été documentées par le suivi de traceurs passifs de type PIT-tags dans trois rivières graveleuses gaspésiennes de largeurs différentes, soit les rivières York (40 m), Mississipi (15 m) et d'Argent (7 m). Quelques 800 traceurs, répartis dans les trois tronçons, ont été localisés avant et après des événements de crue pour calculer les distributions de distances de déplacement pour chacun des sites ainsi que les proportions de zones actives pendant les crues. Les résultats montrent que la mobilisation totale des particules est rare. Approximativement 25-50% de la surface était en stade de mobilité partielle pour des crues de niveau plein bord, et ce même si des particules de toutes tailles ont pris part au transport. Les distributions des distances de déplacement présentent de fortes asymétries positives, les particules s'étant déposées près de leurs points d'entraînement. Les distances de déplacement sont plus fortement associées à la morphologie du chenal qu'à la taille des particules.



Traceurs passifs (cailloux avec insertion d'un PIT-tags) Geosalar II (photo: Marie andrée Lelièvre).

system, Gaspé Peninsula, Québec. In three reaches, 800 pit-tagged pebbles were located before and after flood events to document the DTD and the proportion of the bed that is active. Results show full mobilization of surface grains is not frequent. Approximately 25-50% of the bed remained in a state of partial mobility for floods with a 1.2 to 2 years return period, even if grains of all sizes were found in transport. The DTD presented a positively skewed gamma distribution with most of the grains deposited close to their point of entrainment. Travel distances appear independent of the particle sizes and tend to scale with the morphological unit spacing.



La rivière York: site d'une partie des activités de recherche du projet Géosalar II (photo: Marie andrée Lelièvre).

### The structure and sequence of sedimentary links in Gaspé Peninsula Rivers and their influence on the distribution of Atlantic salmon habitat

Geosalar I studies on the Sainte-Marguerite River have shown a correlation between the river's sedimentary link sequence and Atlantic salmon habitat. The main objective of this study is to verify the existence of similar correlation in several rivers in Gaspésie.

- A preliminary identification of the major sedimentary links in seven Gaspé Peninsula Rivers was carried out through analyses of air photos and topographic maps. Important differences between sedimentary links of the Sainte-Marguerite River in the Canadian Shield and those of the Gaspé Peninsula Rivers (located in the Appalachians) were found. Source zones of coarse sediment in the Sainte-Marguerite River are mostly boulder-rich rapids; while in Gaspé Peninsula Rivers they are more diversified (boulder-rich rapids with intermediary zones and bedrock canyons with boulders).
- We studied relationships between preliminary sedimentary link sequences and data on juvenile salmon densities collected over the past decade by local wildlife managers along Petite Cascapedia and Bonaventure Rivers. In the Bonaventure River, parr densities increase when passing from the fining segment to the source zones of coarse material, while higher fry densities are found in the down-

## La structure et la séquence des liens sédimentaires dans des rivières gaspésiennes et leur influence sur la distribution des habitats du saumon atlantique

Les travaux de Geosalar I sur la rivière Sainte-Marguerite ont révélé qu'il existe une corrélation entre la séquence des liens sédimentaires d'une rivière et l'habitat du saumon atlantique. Le principal objectif du projet est de vérifier l'existence d'une corrélation similaire pour plusieurs rivières gaspésiennes.

- Une identification préliminaire des liens sédimentaires majeurs dans sept rivières de la Gaspésie a été effectuée à partir d'analyses de photos aériennes et de cartes topographiques. Cela a permis de vérifier qu'il existe des différences importantes entre les liens de la rivière Sainte-Marguerite dans le bouclier canadien et ceux des rivières gaspésiennes (situées dans les Appalaches) particulièrement au niveau des zones sources de substrat grossier. Les zones sources de substrat grossier de la rivière Sainte-Marguerite sont principalement des rapides à blocs, celles des rivières gaspésiennes sont plus diversifiées (rapides à blocs, zones intermédiaires, canyon rocheux (avec roche mère et blocs)).
- Nous avons étudié la relation entre la séquence préliminaire des liens sédimentaires et les données de densités de saumon juvéniles collectées par des groupes d'aménagement de la faune durant la dernière décennie le long des rivières Petite-Cascapédia et Bonaventure. Dans la rivière Bonaventure, la densité des tacons augmente en passant des zones d'affinement aux zones sources de substrat grossier, tandis que les alevins sont plus abondants vers l'aval des zones d'affinement et le début des zones sources. La densité des alevins diminue le long des zones sources riches en blocs. Dans la Petite-Cascapédia, les tacons sont plus abondants vers l'amont des zones d'affinement et leur densité diminue le long de ces zones. Contrairement à la rivière Sainte-Marguerite, les zones sources riches en blocs de plusieurs rivières gaspésiennes peuvent néanmoins supporter de hautes densités d'alevins et de frayères, possiblement à cause d'une hétérogénéité considérable des grosseurs de substrat dans ces vallées étroites majoritairement rocheuses.

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

L'écosystème d'une rivière peut être perçu comme une mosaïque d'unités possédant différentes combinaisons de conditions environnementales. Les modèles de qualité d'habitat sont les relations entre la valeur écologique de ces unités et les conditions environnementales spécifiques qu'on y retrouve. L'objectif principal de ce projet, qui se déroule sur la branche principale de la rivière Sainte-Marguerite, est de développer une approche de modélisation de l'habitat du saumon à l'échelle d'une rivière. Ce projet est pratiquement terminé, cependant certains aspects étaient encore à l'étude en 2006-2007.

stream sections of the fining zone and the beginning of the source zones and decrease along the boulder rich source zones. In the Petite Cascapédia River, higher parr densities are found in the upper sections of fining segments with a decrease along these zones. In contrast to the Sainte-Marguerite River, boulder-rich source zones in many rivers in Gaspésie are nevertheless capable of supporting high densities of salmon fry and spawning nests, likely due to a high degree of bed material heterogeneity in these confined, bedrock dominated valley sections.



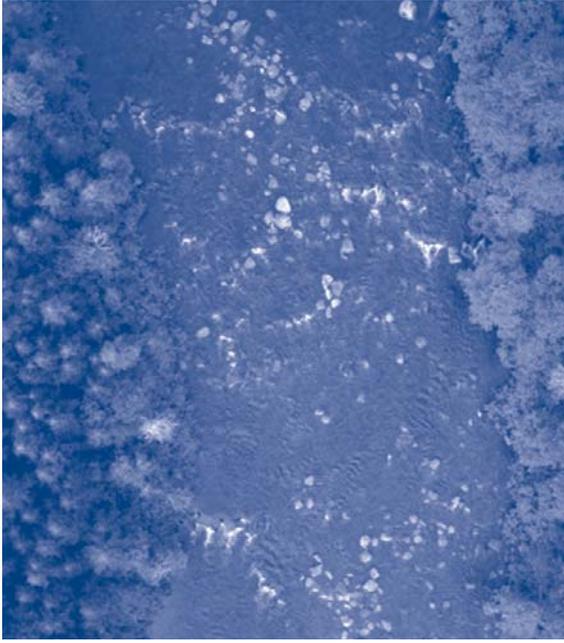
Zone source de substrat grossier retrouvée dans les liens sédimentaires des rivières gaspésiennes (photo: Michel Lapointe).

## Landscape approach to salmonid habitat assessment

The river ecosystem may be perceived as a mosaic of units possessing different combinations of environmental conditions. Habitat quality models are relationships between the ecological value of such units and specific environmental conditions. The overall objective of this project, conducted on the Principal branch of the Sainte-Marguerite River, is to develop a modelling approach to salmon habitat that will operate at the scale of a river landscape. This project is almost completed, but some aspects were still under study in 2006-2007.

## Modelling of salmon parr and periphyton summer habitat quality at the scale of river sedimentary links

- The main goal of the project was to verify if the sedimentary links pattern influences the spatial distribution of parr and periphyton in Sainte-Marguerite River. Although the density of parr is relatively higher in the two first thirds of each sedimentary link and higher in the deposition than in the fining zones, parr densities are better explained by local variables (mostly the relative boulder abundance) than contextual variables (i.e. the relative position in a sedimentary link). Our results suggest also that periphyton biomass is never influenced by local variables nor by contextual variables. ♦



Caractéristique des liens sédimentaires de la rivière Sainte-Marguerite : les zones sources de sédiments grossiers sont principalement des rapides à blocs (photo : Image XEOS, équipe Normand Bergeron).

### Modélisation de la qualité d'habitat estival des tacons (*Salmo salar*) et du périphyton à l'échelle des liens sédimentaires d'une rivière

- L'objectif principal du projet était de vérifier si la distribution spatiale des tacons de saumon atlantique et du périphyton répond au patron des liens sédimentaires dans la rivière Sainte-Marguerite (Saguenay). Bien que la densité de tacons soit relativement plus élevée dans les deux premiers tiers d'un lien sédimentaire et dans les zones de dépositions par rapport aux zones d'affinement, les densités de tacons sont mieux expliquées par une variable locale (particulièrement l'abondance relative de blocs) que par une variable contextuelle (i.e. la position relative dans un lien sédimentaire). Nos résultats suggèrent également que la biomasse de périphyton n'est influencée ni par les variables locales ni par les variables contextuelles. ♦

## Thème 1

### Habitats et productivité / Habitat and productivity

**Chercheurs principaux / Principal investigators:** Normand Bergeron, Daniel Boisclair, Michel Lapointe, Julian Dodson.

**Chercheurs associés / Associate scientists:** François Caron, Thomas Buffin-Bélanger, Michael Church, Stuart Lane, Joseph Rasmussen.

**Étudiants de 2<sup>e</sup> cycle / M.Sc. students:** Julie Smith (INRS-ETE); Judith Bouchard (U. Mtl); Marianne Fradette (U. Mtl); Marie-Eve Bédard (U. Mtl); François Martin (U. Laval); Marie-Andrée Lelièvre (UQAR); Jean-Nicolas Bujold (INRS-ETE); Muriel Kim (U. McGill) ; Ashley Horne (UBC).

**Étudiants de 3<sup>e</sup> cycle / Ph. D. students:** James Luce (U. McGill); Patricia Johnston (INRS-ETE).

**Chercheur postdoctoral / Postdoctoral fellow:** Richard Hedger (U. Laval).

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

**Assistants de recherche et stagiaires / Research assistants and interns:** Vincent Bélanger (UQAR); Audrey Mainguy (UQAR); Gabriel Tremblay (stagiaire, Cégep St-Félicien); Annick Picard (stagiaire, Cégep St-Félicien); Marc-André Pouliot (INRS-ETE); Éliane Valiquette (stagiaire, Cégep St-Laurent); Antoine Richard (U. Laval); Taylor Olsen (UQAR); Sylvio Demers (UQAR); Yanick Larue (UQAR); François Truchon (UQAR); Louise-Anne Belzile (UQAR).

**Collaborations:** Daniel Hatin (biologiste, MRNF); Fred Woriskey (ASF); Patrice Carbonneau (Durham University, UK); Martin Dorais (MRNF) Alain Lehoux (MRNF).

## THÈME 2

### CARACTÉRISTIQUES DE BASE DES POPULATIONS DE SALMONIDÉS DES RIVIÈRES QUÉBÉCOISES

La base de la gestion des stocks de saumon repose sur la compréhension des facteurs naturels pouvant en influencer l'abondance. Lorsque ces facteurs sont connus, ils peuvent être incorporés dans des modèles qui pourront prédire les fluctuations d'abondance à venir. L'un des facteurs pouvant affecter l'abondance des stocks est relié à leurs caractéristiques de structure démographique. Les projets de ce thème ont pour but de documenter l'abondance, la croissance, les caractéristiques biologiques, la structure démographique et les migrations de tous les stades de vie des populations de salmonidés de plusieurs rivières québécoises.

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

Depuis 1997, le CIRSA effectue des estimations du nombre de smolts dévalant de la rivière Sainte-Marguerite vers le Saguenay.

- Les estimations de dévalaison 2006 des smolts sont de 39 642 pour la branche Principale et de 33 654 pour la branche Nord-Est. On constate depuis quelques années une tendance à la baisse de la production de smolts sur les 2 bras. Cependant, la faible augmentation observée en 2006 par rapport à 2005 du nombre de smolts dévalant de la Nord-Est est due à un meilleur positionnement de la trappe Alaska en 2006 qui a permis une estimation plus précise de la dévalaison. L'utilisation d'une trappe rotative pour une deuxième année sur la branche Principale s'avère toujours être une méthode très fiable qui permet une estimation plus précise de la dévalaison.
- Jusqu'en 2004, la taille et le poids moyens ainsi que la condition des smolts de la branche Nord-Est étaient inférieurs à ceux de la Principale. La situation tend à s'inverser depuis 2 ans; les smolts de la Principale sont maintenant en moyenne légèrement plus gros et en meilleure condition que ceux de la Nord-Est.

#### La population de saumon atlantique de la rivière de la Trinité: 20 ans d'histoire

Depuis plus de 20 ans, la population de saumon atlantique de la rivière de la Trinité est étudiée par le MRNF. Ce suivi à long terme constitue une banque de données exceptionnelle pour l'étude de la variabilité phénotypique observée chez les juvéniles et les répercussions de celle-ci sur les adultes qui reviennent se reproduire en rivière.

## THEME 2

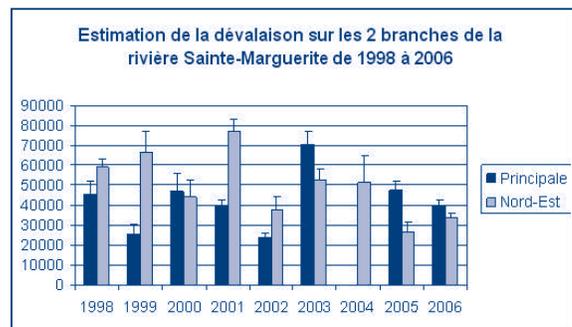
### BASIC CHARACTERISTICS OF SALMONID POPULATIONS OF QUEBEC RIVERS

Successful stock management depends on an understanding of natural factors that influence stock abundance. The knowledge of such factors can be incorporated into models that predict future population fluctuations. Stock abundance is influenced by factors related to the characteristics of their demographic structure. The projects of this theme document abundance, growth, biological characteristics, demographic structure and migrations of all life stages of salmonid stocks of several Québec Rivers.

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

Since 1997, CIRSA estimates the outmigration of smolt of the Sainte-Marguerite River in the Saguenay River.

- In 2006, 39 642 smolt migrated from the river's Main branch and 33 654 from the North-East branch. Smolt production has tended to decrease over recent years in the two branches of the river, but the production of the Main branch is now better than in the North-East. The slight increase of outmigrating smolt observed in the North-East in 2006 relative to 2005 is due to a better placement of the Alaska trap in 2006 than in 2005 resulting in a more precise estimate of outmigrating smolt. The use of a rotary trap for the second time in the Main branch confirms that this method is a more precise and more reliable estimate of outmigrating smolt
- Until 2004, the mean size and weight as well as the condition of smolt of the Main branch were lower than those of smolt of the North-East. Since then, the situation has tended to reverse; smolt from the Main stem are now slightly bigger and are in better condition than smolt from the North-East.



Suivi à long terme de la dévalaison sur la rivière Sainte-Marguerite (graphique: Françoise Colombani).

## Caractérisation de la dévalaison des smolts dans la rivière de la Trinité sur 20 ans

- Les résultats révèlent que l'âge à la migration, l'année de migration et leur interaction expliquent 28,5% de la variance totale de la taille à la migration. Les variables environnementales influencent la taille à la migration. La taille à la migration n'est pas densité dépendante. La taille seuil à la migration est plus variable chez les juvéniles de 2 ans, mais est stable dans le temps. De plus, la taille seuil des juvéniles migrant à 3 ans est supérieure à celle des juvéniles migrant à 2 ans. La taille seuil à la migration pour la population de la Trinité est  $108,4 \pm 1,1$  mm.

## L'évolution démographique de la population de saumon atlantique de la rivière de la Trinité sur 20 ans : le rôle de la mortalité sélective en mer

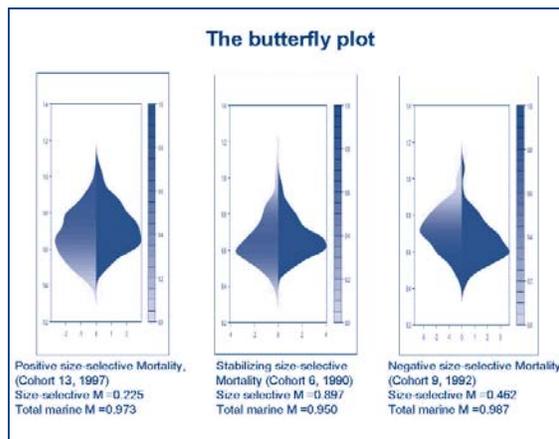
- La mortalité sélective en fonction de la taille a été estimée pour 20 cohortes du saumon atlantique de la rivière de la Trinité afin de tester l'hypothèse voulant que la variance dans les taux de mortalité des post-smolts en mer soit reliée à la taille des smolts quand ils quittent les eaux douces. Une comparaison, entre la distribution de la taille des smolts mesurée à partir des écailles prélevées lors de la migration en mer et la distribution de la taille à la smoltification des madeleineaux estimée à partir des écailles échantillonnées lors de leur retour en rivière, nous a fourni une estimation de l'importance relative et de la direction de la mortalité sélective suivant la taille. La mortalité sélective en fonction de la taille chez les post-smolts sélectionne une taille corporelle médiane, éliminant ainsi à la fois les plus gros et les plus petits smolts. Cette sélection stabilisatrice pour une taille de smolt est constante et indépendante de la mortalité totale observée en mer. Ni le nombre, ni la taille des adultes qui reviennent en rivière ne sont reliés avec la taille à la smoltification. La mortalité sélective associée à la taille fluctue entre les années avec une faible tendance à augmenter avec l'abondance des smolts.

## Caractérisation de la population estuarienne d'omble de fontaine de la rivière Petite Cascapédia

- La rivière Petite Cascapédia, en Gaspésie, abrite une population d'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) formée de deux écotypes : une forme résidente et une forme anadrome. L'objectif de ce projet est d'améliorer l'ensemble des connaissances sur la population présente dans l'estuaire durant l'été, de dresser un portrait de la structure démographique de cette population et d'estimer le temps de résidence des individus dans l'estuaire de la Petite Cascapédia. La population estuarienne exploitée par la pêche sportive est principalement composée d'individus immatures. Les juvéniles ne sont pas disponibles avant le début juin. On observe une différence du sexe ratio entre les

## The Atlantic salmon population of de la Trinité River: twenty years of history

MRNF has been studying the Atlantic salmon population of de la Trinité River for more than twenty years. This long term demographic monitoring represents an exceptional data bank for the study of phenotypic variability observed for the juveniles and its consequences on returning spawning adults.



Utilisation de la méthode d'analyse de type « Butterfly plot » pour estimer l'amplitude et la direction de la mortalité sélective selon la taille des saumons atlantiques durant leur séjour en mer. (graphique: Dan Ryan et Julian Dodson)

## Characterisation of the outmigration of smolt in de la Trinité River on twenty years

- The age at migration, the year of migration and their interaction explain 28.5% of the total variance of the size at migration. Environmental variables influenced size at migration but the size at migration was not dependent on density. The threshold size at migration was more variable for the 2 year old juveniles, but was stable in time. Furthermore, the threshold size at migration of the juveniles migrating at 3 years was higher than that of juveniles migrating at 2 years

## Demographic evolution of de la Trinité salmon population: The role of the marine size selective mortality

- Size selective mortality was estimated for twenty cohorts of Atlantic salmon of de la Trinité River. The objective of this study is to test the hypothesis that the variance observed in marine post-smolt mortality is related to the size of smolt when they leave fresh waters. A comparison between the distribution of smolt sizes estimated from scales collected during the migration and the distribution of sizes at smoltification estimated from the scales of returning grilse sampled one year later, gave us an estimate of the magnitude and direction of size selective mortality. Size-selective mortality among post-smolt selected for a modal body size, eliminating both larger and smaller smolt. This stabilizing selection is constant

cohortes 2+ et 3+. Il est important de noter que la plupart des ombles sont très peu présents dans les zones d'eau salée de l'estuaire. On observe une croissance significative des juvéniles de juin à août, mais l'indice de condition ne varie pas. En 2006, nous avons observé une faible augmentation des tailles des ombles anadromes pêchés sportivement durant l'été. Avant le mois d'août, les ombles capturés par les pêcheurs étaient principalement des 2+, tandis qu'à la fin août, ce sont les 3+ qui étaient majoritairement capturés. ♦

## Thème 2

### Caractéristiques de base des stocks de saumon québécois / *Basic characteristics of salmonid populations of Québec Rivers*

**Chercheurs principaux / Principal investigators:** Julian Dodson, Céline Audet.

**Chercheur associé / Associate scientist:** François Caron.

**Collaborateur / Collaborator:** Martin Dorais.

**Étudiant de 2<sup>e</sup> cycle / M. Sc. student:** Jonathan Saint-Laurent (UQAR).

**Professionnels de recherche / Research professionals:** Jean-François Bourque (U. Laval); André Boivin (superviseur, station CIRSA); Catherine Brisson-Bonenfant (U. Laval).

**Assistants de recherche et stagiaires / Research assistants and interns:** Martin Murdock (technicien de la faune); Michel Bélanger (U. Laval); Jeremy Tornos (stagiaire, École nationale supérieure agronomique de Montpellier (ENSA), France); Jean-Philippe Marchand (stagiaire, Cégep St-Laurent); Samuel Landrix (stagiaire), Dominique Lavallée (UQAR).

**Collaborations:** Dan Ryan (Université de l'Île-du-Prince-Édouard); Denis Laverne (MRNF).

*and independent of overall marine mortality rates. Consequently, neither size nor abundance of returning salmon is related to size at smoltification. Mortality associated with size-selective processes fluctuates over years with a weak tendency to increase with increasing smolt abundance.*

### Characterization of the anadromous brook charr population in the Petite Caspédia River

- *Anadromous and freshwater resident brook charr (*Salvelinus fontinalis*) are present in the Petite Caspédia River. The objective of this study was to improve our knowledge on the individuals that are found in the estuary during summer time. We aimed to define age of the fish that were present as well as the time spent in the estuary during the summer. The estuarine population is targeted by sport fishing and most of individuals are immature fish. Juveniles are not present in the estuary before the beginning of June. Sex-ratios were different in 2+ and 3+ fish. It must be noted that most of the individuals were only slightly present in the saltwater sites. From June to August, a significant growth was observed, but condition index remained similar. In 2006, we noted a small increase in the length of fish captured by anglers. Before August, catches were mainly composed of 2+ fish, while at the end of August, 3+ fish were the most important group to be captured.* ♦



Échantillonnage dans l'estuaire de la rivière Petite-Caspédia (photo: Jonathan St-Laurent).

## THÈME 3

### CONSERVATION DE LA DIVERSITÉ GÉNÉTIQUE ET PHÉNOTYPIQUE DES SALMONIDÉS

Les projets de ce thème ont pour but d'étudier la structure génétique des populations de salmonidés, les bases génétiques de traits morphologiques et physiologiques, les adaptations aux milieux fluvial et marin, les espèces menacées. Ces projets contribueront à améliorer les mesures de conservation chez ces espèces et à mieux comprendre les changements génétiques induits par certaines manipulations de populations faites par l'homme.

#### Bases génomiques fonctionnelles de l'adaptation locale: importance pour la conservation génétique du saumon atlantique

Cette recherche représente le premier effort visant à tester d'une manière étayée et rigoureuse les bases génétiques du concept de l'adaptation locale chez le saumon atlantique. L'objectif de ce projet est d'élucider les bases génétiques de traits morphologiques et physiologiques reliés au fitness chez le saumon atlantique. À court terme, ces connaissances aideront à prédire les conséquences de l'introduction de populations dans de nouveaux habitats et des échappements de poissons d'élevage sur l'intégrité génétique et le potentiel adaptatif du saumon atlantique. À plus long terme, ce projet permettra d'identifier quels sont les gènes intervenant dans le déterminisme du fitness chez les salmonidés.

#### Structure génétique des populations de saumon atlantique dans l'est du Canada et implication pour la conservation

- Malgré l'importance biologique, sociale et économique du saumon atlantique, la structure génétique des populations à différentes échelles spatiales est très peu connue en Amérique du nord. Ce projet vise à étudier à plusieurs échelles spatiales la structure génétique de 55 populations de saumon atlantique de l'est du Canada et ainsi proposer des unités de conservation pour l'aire de distribution canadienne de cette espèce. Les premiers résultats démontrent que la majorité des rivières à saumon présentent des différences génétiques significatives entre elles ( $F_{st}$  moyen = 0,05,  $p < 0,001$ ) et qu'il est possible d'identifier sept régions génétiques basées sur les distances génétiques (AMOVA:  $p < 0,001$ ). L'ampleur de cette différenciation varie en fonction des régions géographiques. Ces résultats suggèrent que la plupart des rivières de l'est du Canada représentent des populations qui peuvent être regroupées en régions génétiquement distinctes.

## THEME 3

### PRESERVATION OF GENETIC AND PHENOTYPIC DIVERSITY OF SALMONIDS

The projects of this theme aim to study genetic structure of salmonid stocks, the genetic basis of morphological and physiological traits, adaptation to fluvial and marine habitat and endangered species. These projects will contribute to ameliorate the management of phenotypic and genetic preservation in salmonids and to better understand genetic changes induced by human manipulations of salmonid populations.



Échantillonnage de saumons juvéniles sur la rivière Laval par pêche électrique (Base génomique de l'adaptation locale). (photo: Mélanie Dionne)

#### The functional genomics of local adaptation; importance for the genetic conservation of Atlantic salmon

This study represents the first effort to test rigorously the genetic bases of the concept of local adaptation in Atlantic salmon. The objective of this new project is to elucidate the genetic basis of morphological and physiological traits related to fitness in Atlantic salmon. In the short term, this knowledge will allow the prediction of the consequences associated with the introduction of populations in new habitats and with the escape of cultured fish on the genetic integrity and adaptive potential of Atlantic salmon. In the long term, this project will lead to the identification of those genes involved in determining fitness among salmonids.

#### Genetic population structure of Atlantic salmon in Eastern Canada and its implication for conservation

- In Atlantic salmon, populations from North America have shown a significant decline over the last decades but few studies have documented its genetic structure at different spatial scales. This project aims at elucidating the genetic structure of 55 Atlantic salmon populations at multiple spatial scales along the Eastern Atlantic coast

### Introgression de caractères domestiques dans les populations naturelles

- Nous avons comparé les profils de transcription de 16 000 gènes entre des saumons sauvages et des saumons d'élevage rétro-croisés à des saumons sauvages pour deux générations. Plus de 6 % (298) des gènes montraient des niveaux de transcription différents et l'étendue ainsi que la moyenne de ces différences étaient plus importantes que précédemment décrites entre souches d'élevage et sauvages pures. La plupart de ces différences semblaient résulter d'interactions génétiques non-additives. Ces résultats suggèrent qu'on ne peut pas assumer une rapide dilution des différences génétiques entre saumons d'élevage et sauvages lorsque ces derniers se reproduisent en nature.

### Bases génomiques de l'adaptation locale : différences génomiques fonctionnelles entre la progéniture de saumons d'une population nouvellement formée et celle de saumons de sa population fondatrice

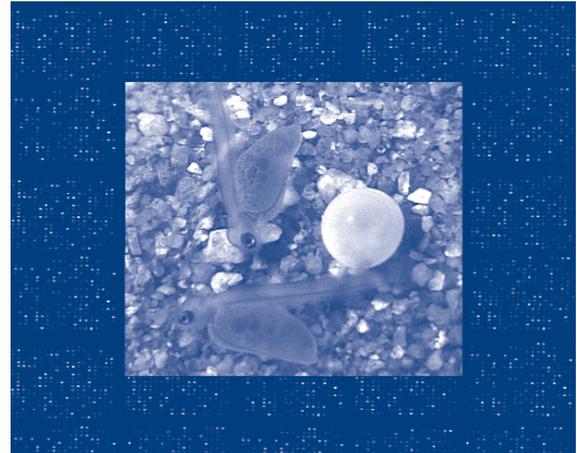
L'installation, en 1981, d'une passe migratoire à l'emplacement d'une chute sur la branche Nord-Est de la rivière Sainte-Marguerite a rendu accessible un segment de rivière jadis inoccupé par l'espèce. Depuis, après 6 générations, une sous-population génétiquement distincte, et en voie d'isolement reproducteur, s'y est établie.

- Nous avons introduit une nouvelle méthode, le balayage transcriptomique, pour identifier des gènes dont le niveau de transcription aurait évolué par l'effet de la sélection naturelle (directionnelle). La méthode consiste à évaluer la base génétique additive de la transcription pour un grand nombre de gènes à partir de la covariance phénotypique entre alevins apparentés (modèle animal), puis de calculer pour chaque gène l'indice de différenciation phénotypique  $Q_{st}$ . À l'extrémité de la distribution de cet indice, nous avons identifié 14 gènes ( $Q_{st}$  moyen = 0,09) dont le niveau de transcription aurait évolué sous l'effet de la sélection directionnelle en 6 générations dans ces deux sous-populations en cours de divergence de la rivière Sainte-Marguerite.

### Réponse aux maladies

- Les saprolegniacées sont une cause majeure de maladies chez les salmonidés et les poissons d'eau douce en général. À l'aide d'une bio-puce développée dans l'ouest canadien, nous avons identifié 430 gènes impliqués dans la réponse à la saprolegniose chez des juvéniles de saumon atlantique. Nos résultats confirment l'importance de l'immunité non-spécifique dans la réponse des saumons à ce type d'infections.

and proposing conservation units. Preliminary results suggest that most rivers are genetically differentiated from one another ( $F_{st} = 0.05, p < 0.001$ ) and that seven genetic regions can be found based on genetic distances (AMOVA:  $p < 0.001$ ). The magnitude of the differentiation between rivers varies according to geographical regions. These results suggest that rivers in Eastern Canada represent populations that can be grouped into distinct genetic regions.



Alevins de saumon peu après l'éclosion avec, en arrière-plan, l'image d'une « bio-puce » à ADN (Photos alevins: Normand Bergeron, image bio-puce et montage: Christian Roberge).

### Introgression of traits (characteristics) of farmed Atlantic salmon in wild populations

- We compared the genome-wide gene transcription profiles of Norwegian wild salmon to that of a second generation hybrid cross. Over 6% (298) of the detected genes exhibited highly significantly different transcription levels and the range and average magnitude of those changes was strikingly higher than previously described between pure farmed and wild strains. Most of these differences appear to result from non-additive gene interactions. These results show that genetic differences in gene expression between farmed and wild salmon cannot be assumed to dilute rapidly through interbreeding.

### Genomic bases of local adaptation: functional genomics differences between the progeny of salmon from a newly founded population and that of salmon from its population of origin

The installation, in 1981, of a migratory pass on the site of a waterfall on the North-East branch of the Sainte-Marguerite River made available a river segment previously unoccupied by the species. After 6 generations, a genetically distinct sub-population, partially isolated genetically from its founding population, established there.



Tacon de saumon atlantique échantillonné sur la rivière Causapscal (photo: Mélanie Dionne).

### Influence de la vitesse du courant sur la morphologie et la taille du saumon atlantique

- Un des objectifs de cette étude est de décrire comment la vitesse de courant influence le phénotype de tacons immatures et précoces. Nos résultats montrent que les tacons immatures qui utilisent les courants rapides sont plus fusiformes et ceux qui utilisent les courants lents sont plus trapus. Cependant, aucune différence de taille n'a été observée entre les deux types d'habitat pour ces individus. Par contre, les mâles précoces présentent la même morphologie trapue dans les deux types d'habitat. De plus, les mâles précoces qui séjournent dans les courants lents sont significativement plus gros que ceux qui utilisent les courants rapides.
- Nos résultats montrent également que les juvéniles 1+ sont plus abondants dans les habitats à courant lent que dans les rapides. L'abondance des 2+ immatures est par contre semblable dans les deux types d'habitat. Ceci suggère que les différences morphologiques trouvées entre les deux types d'habitats chez ces tacons immatures permettent une exploitation optimale de chacun des habitats par une réduction des coûts énergétiques. Étant donné que la maturation chez les mâles précoces les empêche d'avoir un phénotype fusiforme, l'augmentation des coûts énergétiques qui en découle lorsqu'ils exploitent les courants rapides explique la différence de taille observée et leur tendance à être retrouvés plus fréquemment dans les courants lents.

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

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

- We introduced a new method, the transcriptome scan, to identify genes whose transcription levels would have evolved through the effect of directional selection. It consists in estimating for many genes the additive genetic basis of transcription from the phenotypic covariance between relatives (animal model) and then, for each gene, the  $Q_{st}$  phenotypic differentiation index. From the distribution of the  $Q_{st}$  indices, we identified 14 outlier genes (average  $Q_{st}$  estimate = 0.09) whose transcription levels are likely to have evolved under the influence of directional selection within only six generations in two diverging subpopulations of river Ste-Marguerite.

### Response to diseases

- Pathogenic saprolegniaceae species are among the major disease-causing agents in farmed salmonids and in freshwater fish in general. Here, we used a 16,006-gene cDNA microarray to identify genes which transcription levels are modified in juvenile Atlantic salmon affected with saprolegniasis compared to healthy fish. Our results confirmed the importance of non-specific immunity in the response of fish to saprolegniaceae infections.

### Influence of water current velocity on the shape and size of Atlantic salmon

- This study aims to describe how water current velocity influences the morphology of immature and mature Atlantic salmon parr. Immature parr found in rapids were more streamlined whereas those found in slow water currents were more robust. However, no size differences between habitat types were found for immature fish. In contrast, mature parr have the same robust shape independently of habitat type. Furthermore, precocious males sampled in slow water currents were significantly bigger than those sampled in rapid habitats.
- 1+ fish were more abundant in slow habitats compared to rapids, but 2+ immature fish were equally abundant in both habitats. We suggest that the morphological differences found for immature parr between habitat types allows for an efficient exploitation of habitat through a reduction in energetic costs. However, because the streamlined phenotype is not possible for mature parr (because of maturation), the consequent increase in energetic costs when exploiting rapid habitats explains the size difference and the tendency to find them in slow habitats.

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

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

### Importance relative des facteurs génétiques et environnementaux dans l'adoption de la forme anadrome ou résidente chez l'omble de fontaine de la rivière Sainte-Marguerite et effet potentiel de la pêche sur l'évolution de l'anadromie et de la résidence.

- Nous avons trouvé une contribution importante des facteurs génétiques dans l'adoption de la tactique, soit une héritabilité de  $0,56 \pm 0,18$ . La taille, qui est associée à l'adoption de la tactique, est aussi héritable avec une valeur de  $0,50 \pm 0,12$ . De plus, une corrélation génétique significative est présente entre la taille et la tactique, de sorte que les anadromes sont génétiquement associés à une plus grande taille à l'âge de 1 an (corrélation =  $0,52 \pm 0,22$ ). Ces résultats suggèrent une réponse évolutive potentielle à la sélection. Nous avons voulu évaluer cette réponse face une pression de pêche, en utilisant une approche de modélisation. À l'aide d'un modèle éco-génétique où la taille et la tactique sont libres d'évoluer, nous avons simulé l'effet de la pêche sportive qui prélève seulement les anadromes dans la population. Après 100 ans de pression de pêche, nous avons vu une diminution dans la tendance à la migration, et une augmentation de la proportion des poissons migrants à 2+ au lieu de 1+. La pêche a aussi des conséquences démographiques importantes, diminuant l'âge et la taille à maturité, ainsi que la fécondité.

### Bases génétiques des traits physiologiques associés à l'anadromie

#### Comment les ombles de fontaine anadromes et résidents gèrent-ils leurs réserves énergétiques lorsque élevés dans les mêmes conditions ?

- Des croisements ont été effectués afin de former des familles pures et hybrides dans le but d'estimer l'héritabilité de différents traits physiologiques liés à l'anadromie (facteur de condition, indice hépatosomatique, indice gonado-somatique et pourcentage d'eau dans les muscles). L'objectif est également de comparer qualitativement et quantitativement les réserves énergétiques des familles issues des différents croisements. Les familles d'ombles résidents montrent des indices de condition plus élevés que les anadromes aussi bien au début de l'été, avant le transfert en eau de mer, qu'à la fin de l'été lors du retour en eau douce ainsi qu'en novembre lorsque la maturation sexuelle des géniteurs est complétée. De plus, tant les mâles que les femelles résidents présentent un l'indice gonado-somatique plus élevé que les anadromes ou l'un ou l'autre des hybrides. L'indice hépatosomatique des résidents qui est plus élevé que celui des anadromes au début de l'été, chute à la fin de l'été. Tous ces résultats indiquent une tendance beaucoup plus marquée à un investissement reproducteur chez les résidents. Des analyses tissulaires exploratoires montrent qu'à la fin de l'été, les anadromes ont des concentrations protéiques musculaires plus importantes.

### Relative role of genetic and environmental factors in the determinism of anadromy and residency in the brook charr of the Sainte-Marguerite River and potential impact of fishing on the evolution of anadromy and residency

- We found a significant contribution of genetic factors to the adoption of a tactic, with a heritability value of  $0.56 \pm 0.18$ . Body size, which is associated with the adoption of a tactic, also had a significant heritability with a value of  $0.50 \pm 0.12$ . Moreover, a significant genetic correlation between body size and the tactic was observed, such that anadromous individuals are associated genetically with bigger size (genetic correlation =  $0.52 \pm 0.22$ ). These results suggest a potential response to selection. We thus evaluated this response in the face of a fishery-induced selection, using a modeling approach. With an eco-genetic model where body size and the tactic are allowed to evolve, we simulated the impact of a sport-fishery which targets only the anadromous individuals in the population. After 100 years of fishing pressure, a decrease in migrating tendency was observed, as well as an increase in the proportion of fish migrating at 2+ relative to 1+. Fishing also had important demographic consequences, decreasing age and size at maturity, total population fecundity, and individual fecundity.



Truite de mer (*Salvelinus fontinalis*).

### Genetic basis of physiologic traits associated with anadromy in brook charr

#### Do anadromous and freshwater resident fish use their energetic reserves in a similar fashion when raised in similar environmental conditions?

Pure anadromous, pure freshwater resident and hybrid crosses were conducted to measure heritability of different physiological traits (condition index, hepatosomatic index, gonadosomatic index, and muscle water percentage). We also aimed to compare type and amount of energetic reserves among the different cross types. Freshwater resident fish had the highest condition index both at the beginning of summer while still in fresh water as well as the end of the summer when returned from salt to fresh water. Same was true in November when sexual maturation is completed.

### Expression du gène d'IGF-I dans le foie d'ombles de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) anadromes, résidents et hybrides

- Nous avons comparé les profils d'expression du gène du facteur de croissance insulinaire I (IGF-I) dans le foie d'ombles de fontaine issus de souches anadrome ou résidente, croisés selon un plan demi-frère et élevés de façon similaire de l'œuf jusqu'au moment de l'échantillonnage. Les croisements considérés sont les suivants: anadromes X anadromes, résidents X résidents, anadromes X résidents et résidents X anadromes. Les foies ont été prélevés 10 jours après le transfert des ombles en eau de mer, lequel a été effectué au début juin. Le gène d'IGF-I est plus fortement exprimé chez les hybrides résidents X anadromes que chez les individus résidents et les hybrides anadromes X résidents, alors que les individus anadromes montrent une valeur d'expression intermédiaire. ♦

## Thème 3

### Conservation de la diversité génétique et phénotypique des salmonidés / *Preservation of genetic and phenotypic diversity of salmonids*

**Chercheurs principaux / Principal investigators:** Julian Dodson, Louis Bernatchez, Céline Audet, Pierre Magnan.

**Chercheurs associés / Associate scientists:** François Caron, Joseph Rasmussen.

**Étudiants de 2<sup>e</sup> cycle / M. Sc. students:** Éric Normandeau (U. Laval); Anabel Carrier (U. Laval); Marika Gauthier-Ouellet (U. Laval); Sarah Granier (UQAR); Guillaume Côté (U. Laval).

**Étudiants de 3<sup>e</sup> cycle / Ph. D. students:** Mélanie Dionne (U. Laval); Christian Roberge (U. Laval); Orlane Rossignol (U. Laval); David Paez (U. Laval); Mathieu Caron (UQAR); Véronique Thériault (U. Laval); Nathalie Brodeur (U. Laval); Andréane Bastien (UQAR); Amélie Krespel (UQAR).

**Chercheurs postdoctoraux / Postdoctoral fellows:** Richard Hedger (U. Laval); Jesus Mavarez (U. Laval); Dylan Fraser (Université de Dalhousie).

**Professionnels de recherche / Research professionals:** Jean-François Bourque (U. Laval); André Boivin (superviseur, station CIRSA); Vicky Albert (U. Laval).

**Assistants de recherche, technicien et stagiaires / Research assistants, technician and interns:** Michel Bélanger (U. Laval); Antoine Richard (U. Laval); Véronique Duclos (stagiaire, Cégep St-Laurent); Christine Marquis (U. Laval); Francis Jacques (UQAR).

**Collaborations:** Helga Guderley (U. Laval); Michel Plante (biologiste, Parc National de la Mauricie); l'équipe du laboratoire de Pierre Magnan (UQTR).

*Both freshwater resident males and females had higher gonadosomatic index when compared to anadromous fish. The hepatosomatic index was higher in freshwater resident than in anadromous fish at the beginning of summer but dropped at the end of August. All these results indicate that freshwater resident invest more than anadromous fish in reproduction. Preliminary tissue studies show that at the end of summer, anadromous fish have a greater percentage of proteins in their muscle tissue than freshwater residents.*

### Expression of the IGF-I gene in livers of anadromous, resident, and hybrid brook charr

*We compared the expression patterns of the insulin-like growth factor I (IGF-I) gene in livers of brook charr from anadromous and freshwater resident strains, crossed following a half-sib design and reared in the same conditions from hatching to sampling. The crosses were the following: anadromous X anadromous, resident X resident, anadromous X resident and resident X anadromous. Livers were sampled 10 days after seawater transfer, which occurred at the beginning of June. Expression of the IGF-I gene is higher in the resident X anadromous hybrids than in the anadromous X resident hybrids and freshwater resident individuals. Anadromous individuals show intermediate expression value. ♦*



Augmentation de transport sédimentaire en aval de projets de construction d'autoroutes: risque accru d'infiltration de sédiments fins dans le substrat de fraie (photo: Jan Franssen).

## THÈME 4

### IMPACTS ANTHROPIQUES SUR LES SALMONIDÉS ET LEURS ÉCOSYSTÈMES

Les projets de ce thème ont pour but de prédire les conséquences des perturbations d'origine humaines sur les salmonidés et leurs écosystèmes.

#### **Élargissement de l'axe routier 73/175. Impacts sur les écosystèmes aquatiques: effet des emprises autoroutières et des sels de voiries sur les habitats et les populations d'omble de fontaine, *Salvelinus fontinalis***

Le Gouvernement du Québec a mis de l'avant son projet d'élargissement de l'axe routier 73/175 de Stoneham à Chicoutimi, en la rendant à double voie sur toute sa longueur. Cette nouvelle route implique la traversée de plus de 300 cours d'eau de différentes tailles dans le Parc des Laurentides, dont plusieurs abritent des populations d'omble de fontaine, *Salvelinus fontinalis*. Le projet de recherche vise à évaluer si les mesures prises pour atténuer les impacts des traversées de route sont efficaces pour les milieux aquatiques. Les objectifs de ce programme seront donc d'évaluer, à partir d'une approche « Avant-Après-Amont-Aval », les changements dans la dynamique sédimentaire, la qualité physico-chimique de l'eau, les mouvements, la sélection des sites de reproduction, les taux d'éclosion ainsi que la survie des larves et des juvéniles de l'omble de fontaine, suite à la construction de la route.

#### **Les impacts de la construction de l'autoroute sur le succès reproducteur des ombles de fontaine (*Salvelinus fontinalis*): rôle du substrat et des patrons de résurgence à micro-échelle à l'intérieur d'un tronçon dans la sélection des sites de fraie chez l'omble de fontaine**

L'objectif du projet est d'étudier les processus géomorphologiques qui déterminent les impacts (et leur déroulement spatio-temporel) des aménagements routiers sur la reproduction de l'omble de fontaine. Des mesures des processus de mobilisation et de transport des sédiments fins, de leur infiltration dans le lit, de la composition résultante du substrat de fraie et du nettoyage de ce substrat lors des crues permettront d'estimer la variation du succès reproducteur en fonction de ces processus.

- En février 2007, des mesures de patrons de résurgence à haute résolution spatiale ont été effectués avec succès au moyen de la méthode thermique sur un tronçon de rivière comprenant plusieurs nids de fraie de l'omble de fontaine. Les résultats suggèrent fortement que l'omble de fontaine, à l'instar d'autres ombles de rivière

## THEME 4

### ANTHROPOGENIC IMPACTS ON SALMONIDS AND THEIR ECOSYSTEMS

The projects of this theme aim to predict the impact of human perturbations on salmonids and their habitats.

#### **Lane twinning and widening of highway 73/175. Impacts on aquatic ecosystems: Impacts of highways and road salts on the populations and habitats of brook charr, *Salvelinus fontinalis***

The Québec government has started to enlarge highway 73/175 from Stoneham to Ville Saguenay (expended from a 2 lane to a 4 lane divided highway). This highway expansion crosses more than 300 streams of different sizes in the Réserve Faunique des Laurentides, several of which shelter major populations of brook charr (*Salvelinus fontinalis*). This project aims to evaluate efficiency of measures taken to attenuate impacts of road crossing on aquatic habitat. The principal objective of the project is to estimate, using a BACI or "before-after, upstream-downstream" approach, changes in sediment dynamics, physical and chemical quality of water, fish movements, selection of spawning sites, hatching rates as well as survival of larvae and juveniles of brook charr, after highway construction.

#### **The impacts of highway construction on brook charr (*Salvelinus fontinalis*) reproductive success: The role of substrate and groundwater upwelling patterns, at microhabitat scales, on the redd sites selection by brook charr**

This study aims to document geomorphic processes that control the impacts (and their temporal and spatial sequence) of road development on brook charr reproduction. Several techniques are used to measure the transport and mobilisation processes of fine sediment, their infiltration into river bed, the resulting substrate composition and the cleaning of substrate during peak flows.

- In February 2007, detailed measurements of river bed groundwater upwelling patterns were successfully conducted using a thermal anomaly detection technique along a stream reach with multiple brook charr redds. Results suggest that brook charr (like other charr, such as bull trout, *Salvelinus confluentus*) prefer to spawn in streams on gravel riffles with hyporheic flow that are themselves set within reaches with strong vertical groundwater upwelling.

(tel l'omble à tête plate, *Salvelinus confluentus*) préfère, en rivière, frayer sur des seuils graveleux avec écoulement hyporhéique qui sont eux-mêmes situés à l'intérieur de tronçons ou l'on retrouve une forte résurgence à travers le substrat du lit.

### Sélection des habitats de reproduction aux échelles méso- et macro-habitat, et mécanismes menant aux sites de fraie chez l'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) en rivière

Le projet vise à comprendre la connexion entre différentes étapes clés (reproduction, croissance, déplacements) du cycle vital de l'omble de fontaine aux échelles méso- et macro-habitats (cours d'eau, bassin versant, paysage) ainsi qu'à quantifier les impacts des travaux autoroutiers sur les populations d'omble de fontaine, dans une optique de gestion et de conservation des stocks de salmonidés en rivière. L'échantillonnage se déroule dans la réserve faunique des Laurentides sur 38 des 313 cours d'eau affectés par l'élargissement de l'axe routier 73/175 entre Stoneham et Chicoutimi (Km 60 à 227).



Exemple d'aménagement de cours d'eau réalisé dans le cadre de l'élargissement de l'axe routier 73/175 dans la Réserve faunique des Laurentides (photo: Marc Pépino).

- En 2006, l'estimation des densités par pêche électrique sur 211 sections ouvertes de 25 m a révélé la présence de l'omble de fontaine dans plus de 94% des cours d'eau et tributaires, où il évoluait à 75% en allopatry. En 2007, une expérience de marquage à l'élastomère a été menée sur deux cours d'eau en vue de quantifier les déplacements locaux pendant la phase estivale de croissance. Un total de 181 des 448 individus marqués ont été recapturés cinq semaines plus tard; 68% d'entre eux étaient restés sur leur lieu de capture, démontrant une fidélité à leur site de croissance. Un suivi visuel des zones de reproduction effectué à l'automne 2007 viendra compléter les données de l'automne 2006. Les premières observations suggèrent l'importance du contexte hydro-morphologique et de la connexion des différents types d'habitats (lacs, cours d'eau principaux et tributaires) dans la compréhension de la dynamique des populations d'omble de fontaine à l'échelle du cours d'eau, du bassin versant et entre bassins versants.

### Impacts of highway construction on the life history of stream-dwelling brook charr (*Salvelinus fontinalis*): a multiple-watershed approach

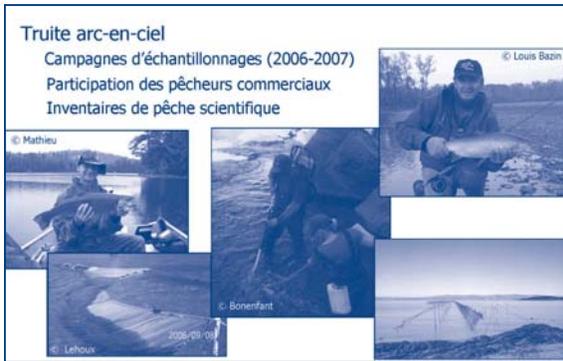
*This project aims to understand the relationships among the life history stages of brook charr (reproduction, growth, movements) at meso- and macro-habitat scales (stream, watershed, landscape), and to quantify the impacts of highway construction on brook charr populations, with a view to improving management and conservation of stream salmonid stocks. Samples were collected in the Réserve Faunique des Laurentides (Québec, Canada) in 38 out of 313 streams affected by the enlargement of the 73/175 Highway, along the stretch between Stoneham and Chicoutimi (km 60 to 227).*

- *In 2006, density estimates through electrofishing in 211 25-m open sections showed that brook charr was present in 94% of the streams and was in allopatry in 75% of them. In 2007, charr were marked with fluorescent elastomer (VIE tags) in two streams to quantify local movements during the summer growth period. A total of 181 out of 448 marked individuals were recaptured five weeks later; 68% of these were found at their capture site, showing habitat fidelity. A visual survey of spawning sites conducted in autumn 2007 will complement data collected in autumn 2006. The initial observations suggest the importance of the hydro-morphologic context and of the connections among habitats (lakes, river, and tributaries) to charr population dynamics at the stream, watershed, and among-watershed scales.*

### The invasion of rainbow trout in Quebec

*Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) comes from the North American West Coast. It has been introduced in Quebec since the end of the 1800s. This species, appreciated by sportive fishermen, has been intensively stocked in the upstream part of the St. Lawrence River particularly in the area of Montreal. Even if its rearing and stocking are forbidden in many of the province's regions, this exotic species is spreading in the St. Lawrence system and its tributaries. Rainbow trout have been recorded in many salmon rivers of eastern Quebec. Since the introduction of exotic species is the second most important threat, after habitat loss, to natural biodiversity and the integrity of natural communities, concerns have been raised about the impact of rainbow trout on native populations.*

- *This project began in January 2006 and aims to follow the colonisation process of the species in Quebec as well as to identify the environmental variables that allow the implantation of this new species. A first sampling campaign, conducted with the participation of sport fishermen during summer 2006, confirmed the presence of the fish in large number of rivers in Quebec City, Charlevoix, Bas-St-Laurent and Gaspésie regions. However, natural reproduction seems uncommon. This may be because the implantation of rainbow trout in Quebec is difficult,*



Deux campagnes d'échantillonnage de la Truite arc-en-ciel de grande envergure au Québec (été 2006 et été 2007). (photo: Isabelle Thibault)

## Invasion de la truite arc-en-ciel au Québec

La truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*) est un salmonidé originaire de la Côte Ouest de l'Amérique du Nord qui a été introduit au Québec dès la fin du 19<sup>e</sup> siècle. Ce poisson prisé par les pêcheurs sportifs a été massivement ensemencé dans la portion amont du Fleuve Saint-Laurent, notamment dans la région de Montréal. Même si son élevage et son ensemencement ne sont permis que dans certaines régions de la province (des environs de Québec vers l'ouest), cette espèce exotique se répand dans le système du Fleuve Saint-Laurent et ses tributaires. On a d'ailleurs déjà mentionné sa présence dans plusieurs rivières à saumon de l'est du Québec. Puisque l'introduction d'espèces exotiques est considérée comme la deuxième menace majeure, après la perte d'habitat, de la biodiversité naturelle et l'intégrité des communautés naturelles, on s'inquiète de l'impact de la truite arc-en-ciel sur les populations indigènes.

- L'un des plus importants objectifs de ce projet, qui a débuté en janvier 2006, est de retracer l'histoire de l'établissement et de la dispersion de l'espèce au Québec et d'identifier les variables environnementales permettant l'implantation de cette nouvelle espèce. Une première campagne d'échantillonnage menée en collaboration avec les pêcheurs sportifs à l'été 2006 a confirmé la présence de l'espèce dans une forte proportion des rivières de la région de Québec, de Charlevoix, du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie. Les indices de reproduction naturelle sont toutefois peu nombreux, laissant croire que l'espèce s'établit difficilement, ou encore que le processus de colonisation est à ses débuts et que la reproduction n'est pas encore détectable. Des analyses génétiques sont en cours sur les spécimens récoltés en 2006 afin de déterminer leur origine (région et lignée). Une seconde campagne d'échantillonnage a eu lieu cet été (2007).
- Un autre objectif majeur du projet est de déterminer si la présence de la truite arc-en-ciel a un impact sur le saumon atlantique et l'omble de fontaine au stade juvénile. L'habitat utilisé par ces salmonidés indigènes, en présence ou non de truite arc-en-ciel, vient d'être

or may be because we are at the beginning of the colonization. DNA analyses are being conducted on specimens caught in 2006 to determine their origin (region and strain). A second sampling campaign was conducted in summer 2007.

- Another important objective is to determine if the presence of rainbow trout has an impact on Atlantic salmon and brook charr at the juvenile stage. Habitat use by native salmonids, with and without rainbow trout, was studied in summer 2007 in 11 rivers of Charlevoix, Chaudière-Appalaches, Bas-St-Laurent and Gaspésie to assess habitat preferences in allopatry and sympatry.

## Impacts of exotic rainbow trout on the individual competitive performance of Atlantic salmon

### *The combined effect of competition and predation exerted by an exotic species on the diel activity and growth of a native salmonid*

Exotic species have the potential to induce ecosystem changes during invasion processes. Using semi-natural stream channels, we estimated the effects of competition and predation exerted by juvenile and adult exotic rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) on the diel activity pattern and the growth rate of juvenile native Atlantic salmon. In addition, we evaluated the direct and indirect cascading effects of the exotic species on the biomass of invertebrate grazers (primary consumers) and periphytic algae (primary producers; chlorophyll a).

- We found that the presence of chemical cues emanating from adults of the exotic predatory trout reduced the daily activity of juvenile Atlantic salmon. In contrast, competition imposed by juvenile rainbow trout forced Atlantic salmon to be more active during the day, even if adult rainbow trout were also present. We found no effect



Canaux expérimentaux dans la rivière Malbaie: évaluation en milieu semi-naturel des effets combinés de la prédation et de la compétition exercés par les adultes et les juvéniles de truite arc-en-ciel sur le comportement des juvéniles de saumon atlantique (photo: Simon Blanchet).

étudié à l'été 2007 dans 11 rivières des régions de Charlevoix, Chaudière-Appalaches, Bas-St-Laurent et Gaspésie afin d'évaluer les préférences d'habitat en allopatrie et en sympatrie...

## Impacts de la truite arc-en-ciel sur la performance compétitive individuelle du saumon atlantique

### Effets combinés de la compétition et de la prédation exercées par une espèce exotique sur l'activité jour-nuit et la croissance d'une espèce native de salmonidé

Les espèces exotiques peuvent parfois avoir des conséquences sur la dynamique entière d'un écosystème via les effets en cascades. Durant l'été 2006, nous avons mené des expériences en milieu semi-naturel pour évaluer les effets combinés de la prédation et de la compétition exercés par les adultes et les juvéniles de truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*) respectivement, sur les patrons d'activité jour-nuit des juvéniles de saumon atlantique (*Salmo salar*). Nous avons aussi quantifié l'impact des ces interactions sur la dynamique d'une chaîne trophique composée des saumons, d'invertébrés benthiques et du périphyton (algue unicellulaire).

- Nous avons montré que la présence d'alarmes chimiques émanant des truites adultes réduisait l'activité des saumons pendant le jour. Au contraire, la compétition imposée par les truites juvéniles forçait les jeunes saumons à être actifs pendant le jour, même quand un prédateur (une truite adulte) était présent à proximité. Ces modifications comportementales n'avaient pas de répercussions sur la croissance des saumons juvéniles. En outre, nous n'avons pas trouvé d'évidence d'effets en cascade sur les biomasses d'invertébrés benthiques et de périphyton. Au contraire, nos résultats suggèrent que cette chaîne trophique (saumon-invertébrés-périphyton) est sous le contrôle de processus ascendants (*bottom-up*) et d'une variable abiotique, la vitesse de courant. En augmentant l'activité de jour, les truites arc-en-ciel pourraient favoriser la prédation des jeunes saumons. Par contre les effets de la truite sur l'ensemble de l'écosystème étaient mitigés par d'autres facteurs. ♦

*of either competition or of predatory cues on the growth rate of Atlantic salmon, and no evidence of top-down effects on either the biomass of invertebrates or the biomass of chlorophyll a. In contrast, we demonstrated that this food chain (fish-invertebrate grazers-periphyton) was under the control of bottom-up processes mediated by a critical abiotic factor, water velocity. We concluded that the exotic species directly increases the risk of predation of the native Atlantic salmon, but behavioral compensation probably limits the effects on growth rate. The competition and predation imposed by the invaders had no indirect effects on lower trophic levels. Top-down effects may have been mitigated by elevated levels of primary production and by the dominant influence of water velocity controlling all components of the food chain. ♦*

## Thème 4

### Impacts anthropiques sur les salmonidés et leurs écosystèmes / *Anthropogenic impacts on salmonids and their ecosystems*

**Chercheurs principaux / *Principal investigators:*** Michel Lapointe, Marco Rodriguez, Pierre Magnan, Normand Bergeron, Julian Dodson, Louis Bernatchez.

**Chercheur associé / *Associate scientist:*** François Caron.

**Étudiants de 2<sup>e</sup> cycle / *M.Sc. students:*** Jan Franssen (U. McGill); Gisèle Wagner (INRS-ETE).

**Étudiants de 3<sup>e</sup> cycle / *Ph. D. students:*** Simon Blanchet (U.Laval); Isabel Thibault (U. Laval); Marc Pépino (UQTR).

**Professionnels de recherche / *Research professionals:*** Yves Paradis (coordonnateur du projet «Élargissement Route 175», UQTR); André Boivin (superviseur, station CIRSA); Catherine Brisson-Bonenfant (U. Laval).

**Assistants de recherche, technicien et stagiaires / *Research assistants, technician and interns:*** Géraldine Loot (stagiaire, France); Antoine Richard (U. Laval); Véronique Duclos (stagiaire, Cégep St-Laurent); l'équipe du projet «Élargissement Route 175» (Julien Saint-Laurent, Sylvain Thélème, Simon Beaulac, Patrice Leroux, Andrée-Anne Beaudoin, Robert Drolet, Gilles Saint-Arnaud (UQTR et McGill)); Catherine Blais (stagiaire, Cégep de Saint-Félicien).

**Collaborations:** François Barnard (MRNF); Alain Lehoux (MRNF); Caroline Turcotte (MRNF); Jean-Guy Frenette (MRNF); Martin Arvisais (MRNF); Pierre-Yves Collin (MRNF); Alain Vallière (MRNF).

## COMMUNICATIONS ET PUBLICATIONS COMMUNICATIONS AND PUBLICATIONS

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

AHMADI-NEDUSHAN, B., A. ST-HILAIRE, T.B.M.J. OUARDA, L. BILODEAU, É. ROBICHAUD, N. THIÉMONGE and B. BOBÉE. 2007. Predicting river water temperatures using stochastic models: Case study of Moisie River (Québec, Canada). *Hydrological Processes*. 21 :21-34.

AUBIN-HORTH, N., J-F BOURQUE, G. DAIGLE, R.D. HEDGER, and J.J. DODSON. 2006. Longitudinal gradients in threshold sizes for alternative male life history tactics in a population of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 63 : 2067-2075.

BENYAHYA, L. A. ST-HILAIRE, T.B.M.J. OUARDA, B. BOBÉE. 2007. A review of statistical water temperature models. *Canadian Water Resources Journal*: 179-192.

BENYAHYA, L., A. ST-HILAIRE, T.B.M.J. OUARDA, B. NEDUSHAN and B. BOBÉE. 2007. Prediction of water temperature based on stochastic approaches. Case study of the Deschutes River (Oregon, U.S.A.). *Journal of Environmental Engineering and Science*. 6: 437-448.

BLANCHET, S., G. LOOT, G. GRENOUILLET and S. BROSSE. 2006. (2007). Competitive interactions between native and exotic salmonids: a combined field and laboratory demonstration. *Ecology of Freshwater Fish*. 16: 133-143.

BLANCHET, S., G. LOOT, L. BERNATCHEZ and J.J. DODSON. 2007. The disruption of dominance hierarchies by a non-native species: an individual-based analysis. *Oecologia* 152: 569-581.

BLANCHET, S., L. BERNATCHEZ and J.J. DODSON. 2007. Behavioural and growth responses of a territorial fish (Atlantic salmon, *Salmo salar*, L.) to multiple simulated predators. *Ethology*. 113: 1061-1072.

BLANCHET, S., G. LOOT and J.J. DODSON. 2007. (soumis à / submitted to *Ecology*). Fish invasion modifies the diel activity of a native species: consequences for stream trophic dynamics.

BLANCHET, S., G. LOOT, L. BERNATCHEZ and J.J. DODSON. 2007. (soumis à / submitted to *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*). The interaction of inter-specific competition and environmental variability on the diel activity of Atlantic salmon (*Salmo salar*).

CARBONNEAU, P.E., S.N. LANE and N.E. BERGERON. 2006. Feature based image processing methods applied to bathymetric measurements from airborne remote sensing in fluvial environments, *Earth Surface Processes and Landforms*. 31 : 1413-1423.

DAVEY, C. and M. LAPOINTE. 2007. Sedimentary links and the spatial organization of Atlantic salmon (*Salmo salar*) spawning habitat in a Canadian shield river. *Geomorphology*. 83: 82-96.

DE MONTGOLFIER, B., J. DUFRESNE, M. LETOURNEAU, J.J. NAGLER, A. FOURNIER, C. AUDET and D.G. CYR. 2007. The expression of multiple connexins throughout spermatogenesis in the rainbow trout testis suggest a role for complex intercellular communication. *Biology of Reproduction* 76: 2-8.

DESCHÊNES, J. and M.A. RODRÍGUEZ. 2007. Hierarchical analysis of relationships between Brook trout (*Salvelinus fontinalis*) and stream habitat features. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 64: 777-785.

DESCHÊNES, J., M.A. RODRÍGUEZ and P. BÉRUBÉ . 2007. Context-dependent responses of Atlantic salmon (*Salmo salar*) to forestry activities at multiple spatial scales within a river basin. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 64: 1069-1079.

DIONNE, M., K. MILLER, J.J. DODSON, F. CARON and L. BERNATCHEZ. 2007. Clinal variation in MHC diversity with temperature: evidence for the role of host-pathogen interaction on local adaptation in Atlantic salmon. *Evolution*. 61: 2154-2164.

DUCHESNE, P., C. ÉTIENNE, L. BERNATCHEZ. 2006. PERM: A computer program to detect structuring factors in social units. *Molecular Ecology Notes*. 6: 965-967.

HEDGER, R.D., J.J. DODSON, J-F BOURQUE, N.E. BERGERON and P.E. CARBONNEAU. 2006. Improving models of juvenile Atlantic salmon habitat use through high resolution remote sensing. *Ecological Modelling*. 197 : 505-511.

HEDGER, R., F. MARTIN, D. HATIN, F. CARON, F. WHORISKEY and J.J. DODSON. 2007. Active migration of wild Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolt through a coastal embayment. *Marine Ecology Progress Series*. (en revision / under revision).

MARTEL, N., M.A. RODRÍGUEZ and P. BÉRUBÉ. 2007. Multi-scale analysis of responses of stream macrobenthos to forestry activities and environmental context. *Freshwater Biology*. 52 : 85-97.

MORINVILLE, G.R. and J.B. RASMUSSEN. 2007. Distinguishing between juvenile anadromous and resident brook trout (*Salvelinus fontinalis*) using morphology. *Environmental Biology of Fishes* (sous presse / in press; available Online, 1 february 2007, doi : 10.1007/s10641-007-9186-9).

MORINVILLE, G.R. and J.B. RASMUSSEN. 2006. Marine feeding patterns of anadromous brook trout (*Salvelinus fontinalis*) inhabiting an estuarine river fjord. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 63 : 2011-2027.

ROBERGE, C., D.J. PÁEZ, O. ROSSIGNOL, H. GUDERLEY, J.J. DODSON and L. BERNATCHEZ. 2007. Genome-wide survey of the gene expression response to saprolegniasis in Atlantic salmon. *Molecular immunology*. 44 (6): 1374-1383.

ROBERGE, C., NORMANDEAU, É., EINUM, S., GUDERLEY, H. and L. BERNATCHEZ. 2007. Genetic consequences of interbreeding between farmed and wild Atlantic salmon: insights from the transcriptome. *Molecular Ecology*. (sous presse / in press; available Online 4 août 2007, doi: 10.1111/j.1365-294X.2007.03438.x).

ROBERGE, C., GUDERLEY, H. and L. BERNATCHEZ. 2007. Genome-wide identification of genes under selection: gene transcription Qst scan in diverging Atlantic salmon subpopulations. *Genetics*. 177: 1011-1022

THÉRIAULT, V., L. BERNATCHEZ and J.J. DODSON. 2007. Mating system and individual reproductive success of sympatric anadromous and resident brook charr, *Salvelinus fontinalis*, under natural conditions. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 62 (1) : 51-65.

THÉRIAULT, V., D. GARANT, L. BERNATCHEZ and J.J. DODSON. 2007. Heritability of life history tactics and genetic correlation with body size in a natural population of brook charr (*Salvelinus fontinalis*). *Journal of Evolutionary Biology*. 20 (6): 2266-2277.

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

DIONNE, M., J.J. DODSON et L. BERNATCHEZ. 2007. Des paysages régionaux aux tributaires locaux: la structuration génétique du saumon atlantique dans l'est du Canada et les implications pour sa conservation. *Chronique «Les Secrets de Salmo»*, Saumons Illimités, magazine de la Fédération québécoise pour le saumon atlantique (FQSA), volume 30 (2) (no 78) : 11-12.

ROBERGE, C. 2006. Le saumon domestique: un saumon différent? *Chronique «Les Secrets de Salmo»*, Saumons Illimités, magazine de la Fédération québécoise pour le saumon atlantique (FQSA), volume 29 (4) (no 76) : 44-45.

LAPOINTE, M., P. BÉRUBÉ, M.A. RODRÍGUEZ et N. BERGERON. Conséquences des pratiques forestières sur l'écosystème salmonicole du bassin versant de la rivière Casacapé, en Gaspésie. *Chronique «Les Secrets de Salmo»*, saumons illimités, magazine de la Fédération québécoise pour le saumon atlantique (FQSA), volume 30 (1) (no 77) : 31-32.

### Thèses / Theses

BLANCHET, Simon. 2007. Interactions compétitives entre le saumon atlantique et la truite arc-en-ciel: aspects écologiques, sélectifs et adaptatifs. Département de biologie. Université Laval (Direction Julian Dodson).

BOUCHARD, Judith. 2006. Modélisation de la qualité d'habitat estival des juvéniles de saumons atlantiques (*Salmo salar*) à l'échelle d'une rivière. Mémoire de Maîtrise. Département des sciences biologiques, Université de Montréal (Direction D. Boisclair).

CARRIER, Anabel. 2007. Plasticité phénotypique chez l'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) ayant deux stratégies de vie différentes. Mémoire de Maîtrise. Département de biologie. Université Laval (Direction Julian Dodson).

CÔTÉ, Guillaume. 2007. Héritabilité et interactions génotype/environnement pour des traits reliés à la croissance chez l'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*). Mémoire de Maîtrise. Département de biologie. Université Laval (Direction Louis Bernatchez).

DÊCHESNES, Julie. 2006. Analyses hiérarchiques des communautés et des populations de poissons fluviales en fonction du contexte environnemental. Département de chimie-biologie, Université du Québec à Trois-Rivières. Thèse de doctorat (Direction M. Rodriguez)

FRADETTE, Mariane. 2006. Importance de la taille et du contexte spatial des unités d'analyse sur la structure, le pouvoir prédictif et l'extrapolation des modèles de qualité d'habitat. Mémoire de Maîtrise. Département des sciences biologiques, Université de Montréal (Direction D. Boisclair).

LEFRANT, Annabelle. 2006. Résistance des ombles (*Salvelinus fontinalis* et *Salvelinus alpinus*) aux infections bactériennes opportunistes en milieu marin. Université du Québec à Rimouski, ISMER. Mémoire de maîtrise (Direction C. Audet).

SMITH, Julie. 2006. Vélométrie par images de particules (PIV) et modélisation de l'habitat d'hiver nocturne du tacon du saumon atlantique le long d'un lien sédimentaire. Institut National de la Recherche Scientifique. Centre Eau, Terre et Environnement. Mémoire de maîtrise (Direction N. Bergeron).

THÉRIAULT, Véronique. 2007. Anadromie et résidence chez l'omble de fontaine: patrons de reproduction, héritabilité et effet de la pêche. Département de biologie. Université Laval (Direction Julian Dodson). ♦

## CONFÉRENCES, POSTERS

### CONFERENCE PRESENTATIONS, POSTERS

Les membres du CIRSA ont présenté 21 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 21 conferences and posters (see our web site for detailed list) in several national and international meetings including:*

- 8<sup>th</sup> GEOIDE Annual Scientific Conference (Banff, Canada, may 2006);
- Réseau Aquaculture Québec (RAQ) (Rimouski, 6 novembre 2006);
- International Congress on the Biology of Fish (Terre-Neuve, Canada, Juillet 2006);
- Riverine Hydroecology Conference (Stirling, Écosse, août 2006);
- American Fisheries Biology Congress (AFS) (Lake Placid, USA, septembre 2006);
- Réunion de transfert technologique RAQ-SODIM (Rimouski (Qué.), novembre 2006);
- Réunion annuelle de la SETAC (Montréal (Québec), novembre 2006);
- Recent Advances in Conservation Genetics (Hawaii, USA, Janvier 2007);

- Atelier sur les pêches commerciales, MRNF (Québec, Janvier 2007);
- Evolutionary change in human-altered environments: international summit (UCLA, Los Angeles, 8-10 février 2007);
- Réunion annuelle de la SORDAC (Québec, mars 2007);
- Annual meeting of the Nordic Workshop for PhD students on *Salmo salar* & *Salmo trutta* Research (NoWPaS) (Jyväskylä, Finland. 22-25 mars 2007);
- Third meeting in Ecology and Behaviour (Montpellier, France, 2007);
- The Canadian Quaternary Association conference (Canqua), Conference:
- Rivers and fluvial Processes (Ottawa, Canada, 2007);
- Réunion annuelle de la Société canadienne de zoologie (Montréal (Québec), mai 2007);
- Congrès annuel de la Société Canadienne d'Écologie et d'Évolution (Toronto, mai 2007);
- 9<sup>th</sup> GEOIDE Annual Meeting (Halifax, Canada, 6-8 juin 2007);

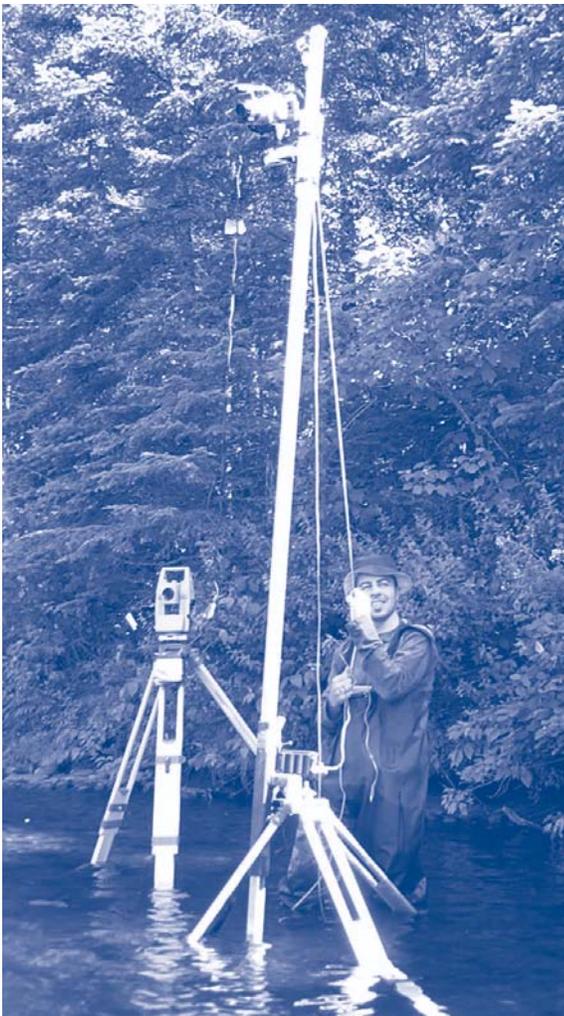
## RÉUNION SCIENTIFIQUE DU CIRSA

### SCIENTIFIC MEETING OF CIRSA

Le CIRSA a tenu les 8 et 9 mars 2007 à l'université Laval, Québec, sa dixième 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 ninth annual scientific meeting of CIRSA was held between the 8<sup>th</sup> and 9<sup>th</sup> of March 2007 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).*

# LES MEMBRES DU CIRSA EN ACTION



## LES PARTENAIRES / PARTNERS

Alcan Inc.  
Aquasalmo R&D inc.  
Association des pêcheurs sportifs de la Bonaventure inc. (APSB)  
Association des pêcheurs sportifs des rivières Cascapédia (APSRC)  
Association de la rivière Sainte-Marguerite inc. (ARSM)  
BC Ministry of Sustainable Resource Management, CGI, Information Systems and Management Consultants Inc.  
Comité de Concertation de la Baie de Gaspé  
Conseil de recherche en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG / NSERC)  
Corporation de gestion de la rivière des Escoumins (CGRSE)  
Corporation de pêche Sainte-Marguerite (CPSM)  
Corporation Saumon rivière Malbaie  
Développement économique Canada (DEC / ECD)  
Fédération québécoise pour le saumon atlantique (FQSA)  
Fédération du saumon atlantique (FSA / ASF)  
Fédération des gestionnaires de rivières à saumon du Québec (FGRSQ)  
Fédération québécoise de la faune  
Fondation de la faune du Québec (FFQ)  
Fondation pour le saumon du Grand Gaspé  
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  
GazMétro  
Genivar  
GEOIDE (Réseau canadien de centres d'excellence)  
Hydro-Québec  
Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF)  
Ministère du Développement économique, de l'Innovation et de l'Exportation (MDEIE)  
Parc Marin du Saguenay St-Laurent  
Québec Pêche  
Société Cascapedia inc.  
Société de gestion des rivières de Gaspé, Rivières York, Dartmouth, Saint-Jean  
Société de restauration et de gestion de la rivière Nouvelle  
Société de restauration du saumon de la rivière Betsiamites  
Station piscicole de Baldwin Mills  
Station piscicole de Tadoussac

## ADMINISTRATEURS

### ADMINISTRATORS AQUASALMO R&D INC.

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

Mme Nadia Ghazzali  
Vice-présidente, Aquasalmo R&D inc.  
Professeur, département de mathématiques et de statistique, Université Laval

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

M. Michel Lapointe  
Directeur scientifique, CIRSA

M. Pierre Tremblay, O.C.  
Secrétaire, Aquasalmo R&D inc.

M. Julian Dodson,  
Professeur de biologie, Université Laval

M. Jean Wauthier  
Université du Québec à Chicoutimi

M. Jacques Gagnon

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

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

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

M. Yvon Côté  
Président, FQSA

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

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

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

## COMMENT NOUS JOINDRE

---

### HOW TO REACH US

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

(514) 398-4959 (Michel Lapointe)  
(418) 656-3289 (Julian Dodson)  
(418) 656-2681 (Françoise Colombani)  
(418) 656-2043 ou (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 / at the research station, Sacré-Cœur-sur-le-fjord-du- Saguenay**

(15 mai-30 septembre) / (May 15-September 30)

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

#### **Aquasalmo R&D inc.**

86, chemin Saint-Louis  
Québec (Québec)  
G1R 3Z5

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

Photo de la couverture: Installation d'une trappe Pennsylvania sur  
la rivière York pour permettre la capture et le marquages des smolts  
avec des émetteurs acoustiques. Projet Géosalar II (été 2006).  
(photo: Daniel Hatin)