

Rapport Annuel Annual Report 2001-2002



CENTRE INTERUNIVERSITAIRE
DE RECHERCHE SUR LE
SAUMON ATLANTIQUE

MEMBRES ET PERSONNEL

MEMBERS AND STAFF

Les chercheurs / Principal investigators

Dr Julian J. Dodson (directeur scientifique / *science director*)
Département de biologie
Université Laval, Sainte-Foy
Tél.: (418) 656-3102 / 3289
julian.dodson@bio.ulaval.ca

Dr Normand Bergeron
Institut national de la recherche scientifique
INRS-EET, Sainte-Foy
Tél.: (418) 654-3703
Nbergeron@gsc.nrcan.gc.ca

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

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

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

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

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

Dr Joseph Rasmussen
Département de biologie
Université McGill, Montréal
Tél.: (514) 398-6467
jrasmu@bio1.Lan.mcgill.ca

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

Personnel / Staff

Françoise Colombani
Responsable administrative / *administration officer*

André Boivin
responsable des opérations de terrain / *field officer*

Colette Dufour
aide-cuisinière / *assistant cook*

Albertine Gauthier
chef-cuisinière / *head cook*

LES PARTENAIRES / PARTNERS

Alcan

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

Association des pêcheurs sportifs des rivières
Cascapédia (APSRC)

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

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

Corporation de gestion de la rivière des Escoumins
(CGRSE)

Corporation de pêche Sainte-Marguerite (CPSM)

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

Développement économique Canada (DEC / ECD)

Fédération québécoise pour le saumon atlantique
(FQSA)

Fédération du saumon atlantique (FSA / ASF)

Fondation de la faune du Québec (FFQ)

Fonds décentralisé de création d'emplois
de la Côte-Nord (FDCE)

Fonds des Priorités Gouvernementales en Sciences
et Technologies-Environnement

Fonds pour la Formation de chercheurs et l'aide
à la recherche (FCAR) - Fonds Forestier

Genivar

Hydro-Québec

Ministère des Ressources naturelles

Parc Marin du Saguenay St-Laurent

Société Cascapedia inc.

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

Société pour la restauration de la rivière Betsiamites

Station piscicole de Baldwin Mills

Station piscicole de Tadoussac

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

La station de recherche du CIRSA se trouve sur les bords de la rivière Sainte-Marguerite près de Sacré-Cœur-sur-le-fjord-du-Saguenay. La rivière se jette dans la baie Sainte-Marguerite située sur la rive nord du fjord du Saguenay, 25 km en amont de sa confluence avec l'estuaire du Saint-Laurent. La station est composée de maisons mobiles réaménagées en hébergement pour 30 personnes, en cuisine et salle à dîner, en laboratoires et installations sanitaires. La station dispose également d'un gazebo et d'un hangar d'entreposage.

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 de initiatives conjointes de la compagnie ALCAN, du gouvernement du Québec (ministère de l'Environnement et de la Faune, maintenant Société de la faune et des parcs du Québec), de la Fédération québécoise pour le saumon atlantique, de la Fondation de la faune du Québec, de Développement économique Canada et d'autres organismes à caractère faunique, tous intéressés à la création d'un centre de recherche permanent consacré au développement durable du saumon atlantique. La station est administrée par une corporation à but non-lucratif, la Corporation de soutien aux initiatives de recherche sur le saumon atlantique (CIRSA) inc. ♦

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

The research station of CIRSA is located close to the shores of the Sainte-Marguerite River near Sacré-Cœur-sur-le-fjord-du-Saguenay, Quebec. The river flows into Baie Sainte-Marguerite situated on the north shore of the Saguenay fjord 25 km upstream of its confluence with the St. Lawrence estuary. The station is composed of converted trailers providing accommodation for 30 people, a staffed kitchen and dining hall, two laboratories, toilet and shower facilities, a gazebo and a storage hangar.

Conceived in 1994 and inaugurated during the summer of 1995, CIRSA is a multidisciplinary research team dedicated to the study of Atlantic salmon ecology. CIRSA is the result of the combined initiatives of ALCAN, the Quebec government (ministère de l'Environnement et de la Faune, now the Société de la faune et des parcs du Québec), the Fédération québécoise pour le saumon atlantique, the Fondation de la faune du Québec, Canada Economic Development and others organisms, all interested in the creation of a permanent research centre dedicated to the sustainable development of Atlantic salmon. The field station is administered by a private, non-profit corporation, the Corporation de soutien aux initiatives de recherche sur le saumon atlantique (CIRSA) inc. ♦



Travaux expérimentaux de nettoyage du substrat de fraie sur la rivière Betsiamites. (photo: Mylène Levasseur)

RAPPORT FINANCIER CIRSA AU 31 MARS 2001

CIRSA FINANCIAL STATEMENT AS OF MARCH 31, 2002

Revenus / Revenue

Alcan	75 000 \$
Fondation de la Faune du Québec	35 000 \$
Faune et Parcs Québec	48 144 \$
Ministère des Ressources Naturelles	30 000 \$
Hydro-Québec	15 000 \$
Commandite colloque (FAPAQ/FQSA)	1 000 \$
Parc Marin du Saguenay-Saint-Laurent	1 000 \$
Association de la R. Sainte-Marguerite	7500 \$
Autres	16090 \$
Total / Total	228 734 \$

Dépenses / Expenditures

Salaires / Salaries

Bourses d'étudiants / Scholarships	58 597 \$
Assistants et professionnels / Undergraduates and professionals	23 216 \$
Personnel de soutien / Station personel	34 558 \$
Responsable administratif / Administration officer	20 450 \$
Équipements / Equipment	
Achat ou Location / Purchase or rental	6 467 \$
Matériel et fournitures / Material and supplies	7 900 \$
Frais de recherche / Research costs	34 600 \$
Réunions, colloque / Cirsa Meetings	1 088 \$
Rapport annuel / Annual report	2 579 \$
Frais de terrain autres rivières / Field costs other rivers	5 513 \$
Fonctionnement de la station / Field station	34 481 \$
Administration / Administration	9 616 \$
Total / Total	239 065 \$

Solde / Balance -10 331 \$

RÉSUMÉ DES ACTIVITÉS

Activité du centre en 2001

En 2001, du 30 avril au 1^{er} novembre, la station de recherche du CIRSA a enregistré un total de 1968 personnes-jours, ce qui est comparable à l'activité de l'année précédente. En 2001-2002, l'effort de recherche s'est déployé sur quatre régions du Québec soit; les rivières Sainte-Marguerite et À Mars (Saguenay), les rivières Des Escoumins et Betsiamites (Côte-Nord), les rivières Petite Cascapédia, Bonaventure et Grande-Cascapédia (Gaspésie) et la rivière Malbaie (Charlevoix). Des travaux se sont poursuivis sur le terrain tout au cours de l'automne 2001 et de l'hiver 2001-2002 (Grande Cascapédia, Petite Cascapédia, Bonaventure, Betsiamites et Sainte-Marguerite). Le total du nombre de jours-personnes (3 479) des sept rivières est supérieur aux autres années d'activités antérieures du Centre, en grande partie en raison de nouvelles subventions de recherche obtenues par les chercheurs du CIRSA. ♦

SUMMARY OF ACTIVITIES

Occupation rate in 2001

In 2001 (April 30 to November 1), the research station of CIRSA logged a total of 1 968 person-days. The research effort in 2001-2002 was conducted in four regions of Quebec: the Ste.Marguerite and À Mars rivers (Saguenay), the Escoumins and Betsiamites rivers (Côte-Nord), Petite Cascapédia, Bonaventure and Grande-Cascapédia rivers (Gaspésie), and Malbaie River (Charlevoix). Research activity continued during fall and winter of 2001-2002 (Bonaventure, Petite Cascapédia, Grande Cascapédia, Sainte-Marguerite and Betsiamites). CIRSA's total research effort reached 3479 person-days in 2001, representing CIRSA's most important research effort to date, largely due to new research grants obtained by CIRSA's research team. ♦

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

Table 1: CIRSA's research in the fields since 1995.

Rivières / River	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995
Sainte-Marguerite	1 968	1 883	2 510	2 520	2 706	2 438	1 200
Des Escoumins	120	308	351				
Betsiamites	4	12					
Malbaie et À Mars	149						
Petite Cascapédia et Bonaventure	210	610	355				
Grande Cascapédia	1 028	240					
Total	3 479	3 053	3 216	2 520	2 706	2 438	1 200

TRAVAUX DE RECHERCHE : NOUVEAUX PROJETS

Depuis l'an 2000, les projets de recherche du CIRSA sont regroupés sous 3 thèmes: 1) Qualité et aménagement des habitats; 2) Efficacité des méthodes de repeuplement et 3) Déterminisme de l'abondance des stocks. En 2001-2002, les chercheurs du CIRSA ont obtenu d'importantes subventions pour entreprendre 3 nouveaux projets qui vont se dérouler en grande partie sur la rivière Sainte-Marguerite. Un des projets «A Landscape approach to salmonids habitat assessment» a débuté à l'automne 2001. Une équipe de chercheurs va développer des modèles pour estimer la quantité et la qualité des habitats disponibles dans les rivières à saumon. Ceci va permettre de connaître la capacité de support de ces rivières et de prédire les effets de perturbations d'origine naturelle ou humaine sur les habitats du saumon atlantique. Le second projet «Geosalar - Modelling atlantic salmon smolt production using remote sensing and GIS-based methods» débute à l'été 2002. Ce projet, qui regroupe un grand nombre de chercheurs du CIRSA et plusieurs chercheurs associés vise à appliquer les développements récents en géomatique et géostatistique à la modélisation de la production salmonicole en fonction des caractéristiques d'habitat fluvial. Nous proposons de développer d'avantage le modèle empirique déjà utilisé par les biologistes de la FAPAQ. Enfin, le projet «Héritabilité, interactions gènes-environnement et anadromie chez l'omble de fontaine; implications pour la gestion des pêches et le développement de l'aquaculture» a débuté à la fin de 2001 et comportera des objectifs complémentaires à ceux du premier projet portant sur le déterminisme de l'anadromie chez l'omble de fontaine qui s'est terminé en décembre 2001. L'objectif majeur de ce deuxième volet est d'évaluer de façon quantitative les bases génétiques et environnementales des caractères physiologiques et écologiques associés avec l'anadromie chez l'omble de fontaine. ♦

1 THÈME 1 QUALITÉ ET AMÉNAGEMENT DES HABITATS

Chercheurs principaux: Normand Bergeron, Daniel Boisclair, Michel Lapointe, Michel Leclerc, Marco Rodriguez et Asit Mazumder.

Un élément d'importance majeure dans tous les plans d'aménagement est de bien prédire la capacité de support des rivières à saumon. La compréhension de l'interaction des facteurs physiques et biotiques et de leur influence sur la qualité de l'habitat des jeunes saumons est essentielle afin de prédire et de manipuler la productivité des rivières. L'objectif central de ce thème est le

RESEARCH: NEW PROJECTS

Since 2000, the research projects conducted by CIRSA are pooled according to three themes: 1) habitat quality and development, 2) assessing population enhancement methodology and 3) determinants of stock abundance. In 2001-2002 CIRSA researchers obtained important grants for starting 3 new projects that will be conducted mostly on the Sainte-Marguerite River. One of these projects "A Landscape approach to salmonid habitat assessment" started in fall 2001. The research team will develop models to estimate the quantity and quality of habitats available in Atlantic salmon rivers. These tools will help to determine the carrying capacity of those rivers and to predict the effects of natural and human perturbations on salmon habitats. A second project "Geosalar - Modeling Atlantic salmon smolt production using remote sensing and GIS-based methods" will start in summer 2002. This project, regrouping almost all CIRSA researchers and some associated researchers, aims to apply recent developments in geomatics and geostatistics to model salmon production in relation to the characteristics of river habitat at the whole river scale. We will further develop the empirical model presently used by the FAPAQ biologists. Finally, the project "Heritability, gene-environment interactions and anadromy in brook charr; implications for fisheries management and aquaculture development" started at the end of 2001 and will have objectives complementary to those of the first project that aimed to study the determinism of anadromy in brook charr and that ended in December 2001. The main goal of this new project is to evaluate quantitatively the genetic and environmental bases of those ecological and physiological characters associated with anadromy in brook charr. ♦

1 THEME 1 HABITAT QUALITY AND MANAGEMENT

Principal investigators: Normand Bergeron, Daniel Boisclair, Michel Lapointe, Michel Leclerc, Marco Rodriguez and Asit Mazumder.

A key element in all development plans is the ability to predict the carrying capacity of salmon rivers. Understanding the interaction of physical and biological factors and their influence on salmon habitat quality is essential in predicting and eventually manipulating production. The main goal of this theme is to develop habitat models needed to insure the conservation of high quality salmon habitat. Four objectives are developed:

- A. Habitat model development
- B. The dynamics of gravel substrate silting and its effect on salmon habitat

développement de modèles d'habitat du saumon et d'outils d'évaluation, d'aménagement et de gestion des rivières afin de conserver la qualité des habitats salmonicoles. Quatre sous-thèmes ont été développés et ce sont :

- A. Développement des modèles d'habitat
- B. Dynamique d'ensablement et ses effets sur l'habitat du saumon
- C. Études des impacts des pratiques forestières sur la conservation de la ressource saumon dans le bassin versant de la rivière Cascapédia
- D. Écologie alimentaire du saumon

DÉVELOPPEMENT DES MODÈLES D'HABITAT

Faits saillants des résultats

Effet du couvert nuageux sur le développement d'un indice probabiliste de qualité d'habitat (IPH)

- Le développement ainsi que la validation d'un indice probabiliste de qualité d'habitat (IPH) nécessitent l'observation en apnée de la distribution des tacons s'alimentant en rivière. Nous avons observé que le comportement alimentaire des tacons est influencé négativement par le couvert nuageux pendant la période estivale. Le modèle développé sous couvert nuageux faible prédit adéquatement la distribution spatiale des tacons peu importe les conditions dans lesquelles la validation est faite. Par contre, lorsqu'il est développé en conditions défavorables (couvert nuageux important), il ne prédit pas du tout la distribution des tacons observée sous couvert nuageux important et moins bien celle présente en conditions favorables. Le développement d'un indice IPH devrait donc se faire lorsque le couvert nuageux est le plus faible possible mais la validation de cet indice peut se faire dans n'importe quelles conditions.

Suivi des interactions spatiales entre juvéniles de saumon atlantique de pisciculture et sauvages après l'ensemencement d'une rivière

- Suite à l'ensemencement de 250 tacons de pisciculture dans une section de 200 m de la rivière des Escoumins, seulement 4% des poissons ensemencés ont été retrouvés dans cette section de rivière. Par contre, ceux-ci ont été observés dans les meilleurs microhabitats disponibles dont la qualité a été quantifiée par notre modèle IPH. De plus, l'introduction de tacons de pisciculture n'a aucun effet significatif sur la distribution spatiale des juvéniles sauvages et leurs patrons d'utilisation de l'habitat. Donc les tacons ensemencés semblent avoir beaucoup de difficultés à s'installer à proximité de l'endroit où ils sont ensemencés mais

C. Impact of forest cutting on salmon conservation in the drainage basin of Grande Cascapédia River

D. Salmon nutritional ecology

HABITAT MODEL DEVELOPMENT

Key findings

Effect of cloud cover on the development of habitat quality indices

- Development and validation of habitat probabilistic index (HPI) requires diving observations of parr during active foraging in the river. We observed that cloud cover negatively affects the feeding behaviour of parr. The model developed under low cloud cover adequately predicted the distribution of parr whatever the conditions of validation. But when developed under poor conditions (high cloud cover), the model failed to predict fish distribution observed during cloudy days and performed poorly to predict fish distribution under good conditions. The HPI index should be developed when cloud cover is as low as possible, but it can be validated under all conditions.

Spatial interactions between hatchery-reared and wild juveniles of Atlantic salmon after stocking in a river

- After the stocking of 250 hatchery-reared parr in a 200 m reach of the Escoumin river, only 4% of stocked fish were found in this reach. These fish were observed in the best habitats available according to the predictions of our HPI model. The local distribution of wild fish and their habitat utilisation patterns are not significantly affected by the introduction of hatchery fish in the reach. Very few hatchery fish adopt a territory near their point of release but those who stay are able to detect better microhabitats to establish feeding territories.

Bioenergetic modelling of Atlantic salmon juvenile habitats

- Our results indicate that: **1)** Daily consumption rates of Atlantic salmon juveniles exhibit high spatial and temporal variability which can be estimated by variables such as water temperature, salmon juvenile density, water velocity and mean depth, and rain; these variables explained 59 to 93% of the variations in daily food consumption rates. **2)** Current commonly-used mechanistic models overestimate daily consumption rates of juveniles in rivers by an average factor of 10; this result greatly modifies predictions with such models about the carrying capacity of rivers. **3)** The most appropriate model combination to estimate habitat utilisation cost by salmon juveniles employs a forced swimming model when the fish stay near the substrate (waiting for food) and a spontaneous swimming model when the juveniles pursue food items.

ceux qui restent sont capables de détecter les meilleurs microhabitats et d'y établir un territoire alimentaire.

Modélisation bioénergétique des habitats des saumons atlantiques juvéniles

- Nos résultats montrent que: **1)** La consommation journalière de nourriture des juvéniles de saumon atlantique présente une grande variabilité, tant spatiale que temporelle, qui peut être estimée, par nos modèles, à l'aide de variables telles que la température de l'eau, la densité de poissons, la vitesse du courant, la profondeur d'eau ainsi que les précipitations; elles ont expliqué entre 59 et 93 % de la variance de la consommation journalière. **2)** Les modèles mécanistes couramment utilisés surestiment par un facteur moyen de dix les taux de consommation journalière des tacons en rivière; ce qui modifie de façon marquée les prédictions concernant la productivité et la capacité de support des rivières à l'aide de tels modèles. **3)** La combinaison de modèles la plus appropriée pour estimer les coûts d'utilisation de l'habitat par les tacons est l'utilisation d'un modèle de nage forcée lorsque le tacon est dans une position de guet (demeure près du substrat) et un modèle de nage spontanée lorsqu'il est en déplacement pour s'alimenter.

Effets de la turbulence sur les coûts de nage des juvéniles du saumon atlantique

- Plutôt que de mesurer le métabolisme d'activité contre une vitesse constante (méthode généralement utilisée), nous avons créé un écoulement turbulent dans un respiromètre pour estimer les coûts de nage dans des conditions turbulentes. Les résultats montrent que les coûts énergétiques de nage sont affectés par le niveau de la turbulence et sont plus élevés que ceux prédits par les modèles de nage forcée: un poisson dépense plus d'énergie lorsque la turbulence augmente. De plus, il y a, dans un environnement turbulent, une relation allométrique entre le poids du poisson et le métabolisme d'activité. Ces résultats suggèrent qu'un



Prototype d'un nouvel instrument visant à réduire la quantité de sédiments fins dans le substrat des frayères. (photo: Mylène Levasseur)

The effect of turbulence on the swimming costs of juvenile Atlantic salmon

- *Instead of trying to measure the activity metabolism in the classical way against a constant flow, we created a turbulent flow in a respirometer chamber to estimate swimming costs. The results confirm that fish swimming costs are affected by different levels of turbulence and are higher than those predicted by the forced swimming model such that, for a given average flow velocity, fish spend more energy as turbulence increases. There is an allometric relationship between fish weight and activity metabolism in turbulent flow. These results suggest that a new model is needed to estimate the energetic costs of juveniles in their turbulent environment.*

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

Key findings

Dynamic of fine sediment infiltration

- *A granulometric monitoring of artificial salmon redds (River Sainte-Marguerite) indicated a high temporal variability of fine sediment content within the redds during the incubation period. This percentage tended to increase after suspended sediment events whereas it tended to decrease after events inducing flow shear stress values capable of mobilizing the coarse bed particles and cleaning the redds of part of its fine sediment content. This study indicated that there is a significant correlation between embryo mortality and the percentage of silt (< 63 µm), while such a correlation did not exist with the percentage of fine sediments (< 2 mm).*

Restoration of spawning sites

- *Laboratory experiments were performed in order to develop a full size prototype of a new instrument capable of reducing fine sediment content in salmonid spawning gravels. This apparatus uses the hydro-driving force available on the intervention site. Preliminary tests performed on spawning sites of the Betsiamites river indicate a mean reduction ratio of 36% of fine sediments under 2 mm in the superficial layer of the spawning sites.*

Quantification of overlapping and silting of river gravel by image processing methods

- *Good salmonid winter habitats are composed of coarse bed particles with low fine sediment content. For gravel of identical grain size distributions, overlapping and surface embeddedness can contribute significantly to the reduction of void spaces available for habitat. Development of new methods of image analysis allowed for a precise and accurate quantification of the degree of overlapping and embeddedness from photographs of small gravel surfaces.*

nouveau modèle devrait être développé pour estimer plus adéquatement les coûts énergétiques des juvéniles dans leur environnement turbulent.

DYNAMIQUE D'ENSABLEMENT ET SES EFFETS SUR L'HABITAT DU SAUMON

Faits saillants des résultats

La dynamique d'infiltration des sédiments fins

- Un suivi granulométrique de nids artificiels de saumons (rivière Sainte-Marguerite) a démontré que le pourcentage de sédiments fins présents dans ces nids peut varier grandement au cours de la période d'incubation. Ce pourcentage tend à augmenter suite à des événements de transport de sédiments en suspension tandis qu'il diminue suite à des événements générant des forces tractrices capables de mobiliser le substrat et de nettoyer une partie des sédiments fins contenus dans la couche superficielle des nids. Cette étude a permis de montrer l'existence d'une corrélation significative entre la mortalité des embryons et le pourcentage de limons (63 µm), sans toutefois indiquer une corrélation significative avec le pourcentage de sédiments fins (< 2 mm).

Nettoyage des frayères

- Des expériences en laboratoire ont permis d'orienter le développement du premier prototype, grandeur réelle, d'un nouvel instrument visant à réduire la quantité de sédiments fins dans le substrat des frayères à saumon. Cet instrument utilise comme seule source d'énergie la force hydromotrice disponible sur le site d'intervention. Des tests préliminaires effectués sur les sites de fraie de la rivière Betsiamites montrent un taux de réduction moyen de 36% des sédiments fins inférieurs à 2 mm contenus dans la couche superficielle des frayères.

Quantification des degrés d'imbrication et d'ensablement des graviers fluviaux par méthodes de traitement d'images

- Les bons habitats salmonicoles d'hiver sont en général associés aux granulométries grossières ayant un faible contenu en particules fines. Pour des graviers de même granulométrie, l'imbrication et l'ensablement en surface peuvent contribuer de façon significative à la réduction du volume interstitiel disponible pour l'habitat. Le développement d'une nouvelle technique d'analyse d'image permet maintenant de quantifier de façon objective et précise le degré d'imbrication des graviers et d'ensablement du lit d'une rivière à partir de simples photographies de petites surfaces de graviers fluviaux.

Comparative study of salmon habitat of Petite-Cascapédia and Bonaventure rivers

- *Along the main stem of the Cascapédia and Bonaventure Rivers, abundance of salmon parr (1+ and 2+) is positively associated with higher abundance of boulder substrate on the channel bed. In these two rivers, spatial distribution of segments rich in blocks (and in parr) is principally controlled by variations in valley width: higher abundance of boulder substrate is found in sections where rockfaces and glacial terraces are adjacent to the river banks. Along the Petite-Cascapédia River there is an association between the degree of lateral confinement of the floodplain by the valley, channel energy levels, fines content in the gravel cobble substrate and the probability of use of riffle habitat for Atlantic salmon spawning.*

IMPACT OF FOREST CUTTING ON SALMON CONSERVATION IN THE DRAINAGE BASIN OF GRANDE CASCAPÉDIA RIVER

This is a multi-scale, multi-site observational study, using GIS as an integrative tool to analyse the effects, in various terrain contexts, of forestry perturbations (cuts, roads, etc.) on stream channel geomorphic characteristics, on the structure of benthic, drift and fish communities and on the distribution and quality of the salmon habitat in a large number of different order streams distributed within a large area of Cascapédia River headwaters.

Key findings

Impact of forest cutting on salmonid and other fish communities

We studied the influence of observation scales on the relation between environmental variables and fish communities structure.

- *Fish communities structure is more different between tributaries (50% of total variation; scale ~ 11 km) than between sites within tributaries (30%; scale ~ 3 km) or than between section within a site (20%; scale ~ 75 m).*
- *Environmental variables which have a greater influence on fish spatial distribution include accessibility to spawners and flow rate of the site in different periods of the year. These variables explain 40 to 50% of fish-distribution variation between the tributaries, 30 to 40% between sites and only 3% between sections. These results emphasized the influence of observation scales on the relations between fish and their environment and suggest that predictions concerning fish community structure would be more precise at the large scale.*

Étude comparative de l'habitat salmonicole des rivières Petite Cascapédia et Bonaventure

- Les plus hautes densités de tacons (1+ et 2+) dans les cours principaux des rivières Petite Cascapédia et Bonaventure se retrouvent dans les secteurs où le substrat du lit de la rivière offre de plus fortes abondances de blocs. Dans ces deux cours d'eau, la distribution spatiale des secteurs riches en blocs (et en tacons) est contrôlée principalement par les variations de largeur de la vallée. On retrouve les plus fortes densités de blocs là où la paroi rocheuse ou des terrasses fluvioglaciales jouxtent les berges du cours d'eau. Sur la Rivière Petite Cascapédia, il y a une association entre le degré de confinement latéral de la rivière (associé à la largeur de la vallée), les indices de qualité sédimentologique du substrat de fraie et la distribution spatiale des nids observée ces dernières années.

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

Cette étude observationnelle multi-échelles et multi-sites utilise un modèle par Système d'Information Géographique (SIG) qui permet d'analyser les effets, en fonction de la nature du terrain dans chaque sous-bassin, des perturbations du milieu aquatique par l'activité forestière (coupes, voirie, etc.) sur les caractéristiques géomorphologiques des cours d'eau, sur la structure des communautés (de poissons, benthiques et de la dérive) et sur la distribution et la qualité de l'habitat des salmonidés dans un grand nombre de ruisseaux de divers ordres du bassin-versant de la Rivière Cascapédia.

Faits saillants des résultats

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

Nous avons étudié l'influence des échelles d'observation sur la relation entre les variables environnementales et la structure des communautés de poissons.

- La structure des communautés de poissons diffère plus entre tributaires (50% de la variation totale; échelle 11 ~ km) qu'entre sites à l'intérieur des tributaires (30%; échelle 3 ~ km) ou qu'entre sections d'un site (20%; échelle ~ 75 m).
- Les variables environnementales ayant la plus grande influence sur la distribution spatiale des poissons sont l'accessibilité des sites aux géniteurs et le débit du site à différentes périodes de l'année. Ces variables expliquent 40 à 50% de la variation dans la distribution

Impact of forest cutting on salmon habitat in the drainage basin of Cascapédia River: physical aspects

- *Our results indicate high spatial variability of geomorphic characteristics of small 1-4 order streams in the drainage basin. The preliminary results suggest a positive association between sand content in the gravel cobble substrate found in low gradient stream sites and the percent area of recent cutting within 1 km upstream of the site. The percentage of fine sediments does not appear to be significantly affected by the road network density in the entire sub-basin and is only slightly affected at the local scale.*
- *Fertilized salmon eggs were put in artificial nests in four tributaries of the Grande-Cascapédia River. The effect of strong rain on flow rate, suspended sediment events, river bed silting and intergranular flow velocities around nests were monitored and analysed. Although high suspended load fall storm events caused measurable infiltration of fine sands and silts into redds and a moderate decrease in intergranular flow velocities around the nests, these processes did not appear to be sufficient to lower interstitial velocities to lethal levels during the early phases of egg maturation in autumn and early winter.*
- *An experimental study was performed in the LARSA laboratory (Laval University) in order to determine the survival of Atlantic salmon embryos incubated in substrates with varying silt and sand content. The results indicate that the presence of even a low percentage (< 2%) of silts in the substrate decreases significantly the survival to emergence of fry.*



Mesure de la vitesse d'écoulement intergranulaire dans le substrat de fraie sur la rivière Sainte-Marguerite (photo: Francis Bérubé)

des poissons entre les tributaires, 30 à 40 % entre les sites et seulement 3 % entre les sections. Ces résultats soulignent l'influence des échelles d'observation sur les relations entre les poissons et leur environnement et suggèrent que les prédictions relatives à la structure des communautés seraient plus précises à grande échelle.

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

- Nos résultats mettent en évidence la forte variabilité spatiale sur ce territoire des caractéristiques géomorphologiques des petits cours d'eau d'ordres 1-4 dans le bassin versant. Ils suggèrent également une association statistique entre le degré d'ensablement du substrat dans les cours d'eau à faible pente et la proximité de coupes récentes importantes en amont. Le pourcentage de sédiments fins ne semble cependant pas être affecté d'une manière significative par la densité du réseau routier sur l'ensemble du sous-bassin et n'est affecté que faiblement par la densité du réseau routier à l'échelle locale.
- Des œufs fécondés de saumon ont été déposés en automne dans des nids artificiels situés dans 4 tributaires en amont de la rivière Cascapédia. Les effets des fortes pluies sur le débit, le transport en suspension, l'infiltration des fines dans le lit et la vitesse d'écoulement dans le substrat autour des nids ont été monitorés et analysés. Malgré de fortes pointes de transport en suspension dans la colonne d'eau produisant une infiltration détectable de fines dans le substrat et une diminution appréciable des vitesses d'écoulements intergranulaires dans les nids, un écoulement suffisant peut se maintenir autour des œufs durant les premiers stades de maturation pendant l'automne et le début d'hiver.
- Une étude expérimentale a été effectuée dans les laboratoires du LARSA (Université Laval) afin de définir la survie à l'émergence des embryons de saumon atlantique dans des substrats contenant des proportions variées de sables et de limons. Les résultats démontrent que la présence d'un faible pourcentage de limons (< 2%) dans le substrat d'incubation des embryons de saumon réduit de façon significative la survie à l'émergence des alevins.

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

- Le CIRSA travaille en partenariat avec la FAPAQ sur cet aspect du projet. Les résultats préliminaires montrent que la densité des larves d'insectes en dérive est significativement dépendante de la quantité de macrophytes et du volume de débris ligneux dans les cours

Impact of forest cutting on salmon habitat in the drainage basin of Cascapédia River: trophic aspects

- For this aspect of the project CIRSA works in collaboration with FAPAQ. Preliminary results indicate that the density of drifting insect larvae is significantly dependent on the quantity of macrophytes and of wood scraps in the streams, the order of the stream and the sampling site. A multiple linear regression showed that the upstream heterogeneity of substrate, the vegetation type along the river bank, as well as the relative abundance of brook charr and slimy sculpin explain 65% of the variability of a model that aims to predict species richness of invertebrates in sampled environments.

SALMON NUTRITIONAL ECOLOGY

Keys findings

- Nutrient enrichment increased periphyton biomass (both chlorophyll and biovolume) 4-9 times in comparison to the pre-treatment levels. However, following the dramatic increase of grazer density and biomass, periphyton biomass declined rather than continuously increased at the end of the experiment. Thus, both bottom-up and top-down controls played important roles in regulating the stream periphyton.
- The relative biovolume of diatom and blue-green algae corresponded to the nutrient level and the abundance of grazer insects. This result suggested that both nutrient enrichment and grazing activity altered the structure and species composition of the periphyton community. ♦



Alevins de saumon atlantique vésiculés vivants. (photo: Mylène Levasseur)

d'eau, de l'ordre de ces cours d'eau et des sites de prélèvement. Une régression linéaire multiple a montré que l'hétérogénéité du substrat en amont, de même que le type de végétation le long des rives ainsi que l'abondance relative d'omble de fontaine et de chabot visqueux expliquent 65 % de la variabilité d'un modèle visant à prédire la richesse spécifique des invertébrés dans les milieux échantillonnés.

ÉCOLOGIE ALIMENTAIRE DU SAUMON

Faits saillants des résultats

- La fertilisation de ruisseaux du bassin de la rivière Sainte-Marguerite augmente de 4 à 9 fois la biomasse du périphyton (chlorophylle et biovolume). Cependant, à la fin de nos expérimentations, suite à l'importante augmentation de la densité et de la biomasse des insectes brouteurs, la biomasse du périphyton, au lieu d'augmenter de façon continue, a plutôt tendance à diminuer. Deux mécanismes de contrôle (*bottom-up* and *top-down*) jouent donc un rôle important dans la régulation du périphyton des tributaires.
- Le biovolume relatif des diatomées et des algues bleues correspond à la fois au niveau d'éléments nutritifs et à l'abondance des insectes brouteurs. Ces résultats suggèrent que la fertilisation et l'activités de broutage altèrent toutes deux la structure et la composition des communautés de périphyton. ♦

2 THÈME 2

EFFICACITÉ DES MÉTHODES DE REPEULEMENT

Chercheurs principaux : Louis Bernatchez, Julian Dodson.

L'objectif central de ce thème est d'apporter des éléments de réponse permettant d'optimiser l'efficacité des diverses mesures de repeuplement tout en minimisant les risques sur l'intégrité écologique et génétique des populations naturelles. Les activités de ce programme quinquennal ont débuté en 2001. Ce projet se déroule principalement sur la rivière Malbaie (Charlevoix). Cette période de cinq ans est la durée minimum nécessaire pour suivre un cycle de vie entier du saumon atlantique. Nous serons ainsi capable de suivre toutes les cohortes ensemencées depuis leur premier jour dans la rivière jusqu'à leur retour comme géniteurs. Deux sous-thèmes ont été développés :

Chercheurs associés / Associate scientists: Pierre Bérubé (FAPAQ), Yves Secretan (INRS-eau), André Roy (U. Mtl).

Étudiants de 2^e cycle / M. Sc. students: Philippe Girard (U. Mtl), Véronique Dubos (INRS-eau), Patricia Johnston (INRS-géoressource), Marc-André Pouliot (INRS-géoressource), Moïse Coulombe-Pontbriand (U. McGill), Léah Wilson (U. McGill), André Zimmerman (U. McGill).

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

Professionnels de recherche / Research professionals: Francis Bérubé (INRS-géoressource).

Assistants de recherche / Research assistants: Jean-François Bertrand, (U. Mtl), Patrick Gervais (U. Mtl), Constance Dubuc (U. Mtl), Sébastien Dupuis (U. Mtl), Thomas Buffin-Bélanger (U. Mtl), Antoine Morissette (stagiaire, Université de Sherbrooke), Cécile Lague (stagiaire, ENSAT, France), Émilie Racicot (Cégep de La Pocatière), Catherine Sauvé (Cégep de Sherbrooke), Laura Lapp (U. McGill), B. Wong (U. McGill), A. Van dem Hagen (U. McGill), Éric Zimmerman (U. McGill), Valérie Breton (Société Cascapédia).

2 THÈME 2

ASSESSING POPULATION ENHANCEMENT METHODOLOGY

Principal investigators: Louis Bernatchez, Julian Dodson.

The main goal of this project is to optimise the efficiency of the different stocking programs while minimising the risks to the ecological and genetic integrity of naturally-produced populations. This five-year project started in May 2001. The project is mainly conducted on the Malbaie River in Charlevoix. Five years is the minimum time necessary to cover the entire salmon life cycle. Therefore, we will be able to follow all the cohorts stocked, from their first day in the river until their return as reproductive adults. Two sub-themes are identified:

A. Determining the efficiency of stocking methodologies

The objective is to quantify the survival rate, growth rate and reproductive success of Atlantic salmon stocked at different life stages. These results will be compared to those obtained for wild salmon.

A. Évaluation de l'efficacité des méthodes de repeuplement

L'objectif est de quantifier les taux de survie et de croissance et le succès reproducteur de saumons atlantiques ensemencés à différents stades de vie et de comparer ces paramètres à ceux observés chez les poissons sauvages.

B. Évaluation des impacts écologiques et génétiques

L'objectif est de développer un modèle qui permettra de prédire les conséquences génétiques de ces pratiques sur les populations sauvages.

Avancement des travaux

- Un suivi préliminaire de la dévalaison des smolts a été effectué sur la rivière Malbaie. Les smolts ensemencés au stade alevin, qui ont dévalé en 2001, ont été différenciés des smolts sauvages par détermination de leur profil génétique individuel (analyse de loci microsatellites de l'ADN), puis réassignation parentale, le profil de leurs parents étant connu. Les smolts ensemencés en 2001 qui ont dévalé en juin ont pu être facilement identifiés visuellement (confirmation par lecture d'écaillés et analyse génétique). Les mêmes analyses, effectuées lorsqu'ils reviendront en madeleinaux en 2002 ou en dibermarins en 2003, nous permettra d'évaluer le taux de survie des saumons ensemencés à ces différents stades de vie.
- En 2001, 104 adultes ont été recensés à la passe migratoire par des intervenants de la Corporation Saumon Rivière Malbaie. 15 d'entre eux ont été utilisés pour la production de saumon d'ensemencement en pisciculture. L'ADN de tous ces géniteurs a été purifié à partir d'une portion de nageoire adipeuse pour la détermination de leur profil génétique individuel et donc le suivi génétique de leur progéniture. Les adultes ensemencés au stade smolt ont pu être identifiés (lecture d'écaïlle et génotypage), ce qui permettra de faire une estimation de leur succès reproducteur par réassignation parentale des alevins qui émergeront en 2002.
- Une pêche électrique a été effectuée en 2001 pour repérer les aires d'alevinage en vue des futures estimations d'abondance des alevins. Cette activité exploratoire a mis en évidence des densités relativement importantes d'alevins en aval du barrage, ce qui soulève l'hypothèse d'activités de fraie dans cette section de la rivière Malbaie.
- Des œufs ont été fécondés par la semence de tacons précoces en pisciculture à l'automne 2000. Cette production a été introduite dans la rivière au printemps 2002 au stade smolt 1+. Le suivi de la survie en mer et de la croissance des femelles sera effectué au cours des deux années suivantes.

B. Evaluating ecological and genetic impacts

The objective is to develop a computerized model that will allow to predict the genetic consequences of Atlantic salmon stocking on wild population.

Work Progress

- A preliminary monitoring of smolt outmigration was done on Malbaie River. Smolt stocked at the fry stage, outmigrating in 2001, were differentiated from wild smolt by determination of their individual genetic profile (by analysis of microsatellite DNA) and parental reassignment, the profile of their parents being known. Outmigrating smolt, stocked in 2001, were easily identified by eye (confirmed by scale analysis and genotyping). The same analyses carried out when they return as grilse in 2002 or as two-sea winter adults in 2003, will allow us to estimate the survival rate of salmon stocked at those different life stages.

Mesures effectuées sur une écaïlle de saumon adulte pour le rétrocalcul de la taille à la smoltification. (Sandra Bernier)



RS = rayon à la smoltification RT = rayon total
R1 = rayon croissance 1^{ère} année en mer

- In 2001, 104 returning adults were registered at the fish ladder by the Corporation Saumon Rivière Malbaie. 15 of them were utilized for stocked salmon production in a hatchery. DNA of all the spawners was purified from a piece of adipose fin in order to determine their individual genetic profile and therefore to genetically monitor their progeny. Adults stocked at the smolt stage were easily identified (scale analysis and genotyping); this identification will allow us to estimate their reproductive success by parental reassignment of fry emerging in 2002.
- Electrofishing was done in 2001 to locate nursery area for future estimation of fry abundance. This activity revealed relatively high fry densities downstream from the dam, suggesting that their may be significant spawning activity in that section of Malbaie River.
- Eggs were artificially fertilized, at fall 2001, by the sperm of precocious males in a hatchery. In spring 2002, this production was introduced in the river as 1+ smolt. Sea sur-

- La mise au point d'un protocole pour l'utilisation de 11 marqueurs microsatellites permettant la caractérisation génétique individuelle des saumons a été réalisée. Les analyses préliminaires démontrent que cet ensemble de marqueurs permettra l'identification parentale avec une probabilité de succès de 99%.
- Les premières étapes du développement d'un modèle prédictif de l'effet à long terme desensemencements sur l'évolution de la consanguinité des populations sauvages ont été réalisées. Plus spécifiquement, nous avons mis au point un système d'équations de récurrence permettant d'établir l'impact génétique du nombre de géniteurs utilisés en pisciculture, de même que la proportion de leurs contributions en progéniture à la population sauvage. Les premiers résultats obtenus suggèrent que les ensemencements n'entraînent pas toujours une augmentation de la consanguinité des populations naturelles. ♦

3 THÈME 3

DÉTERMINISME DE L'ABONDANCE DES STOCKS

Chercheurs principaux : Julian Dodson, Louis Bernatchez, Asit Mazumder, Joseph Rasmussen.

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. Les facteurs pouvant affecter l'abondance des stocks sont reliés à leurs caractéristiques de structure démographique, de composition génétique et de reproduction. D'autre part, l'abondance des stocks de saumon peut être influencée par les interactions de compétition avec d'autres espèces qui peuvent limiter l'accès aux ressources nécessaires à la croissance et à la survie. Enfin, une des causes majeures soupçonnée d'influencer de façon déterminante l'abondance des stocks de saumon est reliée aux conditions environnementales rencontrées en milieu marin. Quatre sous-thèmes ont été développés :

- Caractéristiques de base des stocks de saumon québécois
- Influence des patrons de reproduction sur le succès reproducteur
- Patron de migration en mer
- Interactions compétitives avec d'autres espèces

vival and growth rate of females from this production will be monitored for the next two years.

- *A protocol was elaborated for the utilisation of 11 microsatellite markers permitting individual genetic characterisation. Preliminary analysis indicate that this group of markers will permit parental assignation with a 99% probability of success.*
- *We completed the initial development of a model that will predict long-term effects of stocking on the evolution of inbreeding of wild populations. More specifically, we have developed a system of recurrent equations allowing us to establish the genetic effect of the number of spawners used in hatcheries, as well as the proportion of the progeny that they contribute to the wild population. The first results suggest that stocking does not always induce an increase of inbreeding of natural populations. ♦*

Étudiants de 2^e cycle / M. Sc. students: Auclair (U. Laval), Pascal Baute (U. Laval).

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

Assistants de recherche / Research assistants: Karine Huot (U. Laval).

3 THEME 3

DETERMINISM OF STOCK ABUNDANCE

Principal investigators: Julian Dodson, Louis Bernatchez, Asit Mazumder, Joseph Rasmussen.

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 reproductive characteristics and the demographic and genetic structure of stocks. In addition, abundance may be influenced by competitive interactions with other species that limit access to resources that are necessary for growth and survival. Finally, marine environmental conditions are a major determinant of salmon stock abundance. Four objectives are identified:

- Basic characteristics of Québec salmon stocks
- Influence of reproductive strategies on reproductive success
- Marine migration patterns
- Competitive interactions with others species

CARACTÉRISTIQUES DE BASE DES STOCKS DE SAUMON QUÉBÉCOIS

Faits saillants des résultats

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

- Les estimations de dévalaison 2001 des smolts sont de 38 316 pour la branche Principale et de 69 734 pour la branche Nord-Est, pour une estimation totale de 108 050. La production totale est légèrement supérieure à celle de 2000. Il y a eu une chute de la production de smolts en 2000 sur la NE, mais la situation s'est redressée en 2001 jusqu'à un niveau légèrement supérieur à celui de 1999. Sur la Principale la production, bien qu'ayant subi une légère baisse en 2001, est plutôt stable et toujours inférieure à celle de la NE.
- En 2001, nous avons observé que la densité de juvéniles est plus élevée sur la branche Nord-Est que sur la Principale et que certains sites qui se trouvent surtout sur la NE permettent une meilleure croissance des alevins. Cependant c'est dans le site du ruisseau Xavier que la croissance des alevins est la plus forte. Ceci explique à la fois la plus grande productivité de la NE et les observations de 2001 qui ont montré que les smolts sont plus gros à la dévalaison sur la Nord-Est (taille moyenne: 12,6 cm) que sur la Principale (taille moyenne: 11,4 cm). L'hypothèse que la NE a probablement de meilleures conditions de croissance et est plus productive semble donc se confirmer.

INFLUENCE DES PATRONS DE REPRODUCTION SUR LE SUCCÈS REPRODUCTEUR

Faits saillants des résultats

Fitness et héritabilité de la croissance chez le saumon atlantique: influence de l'habitat et de la stratégie de reproduction

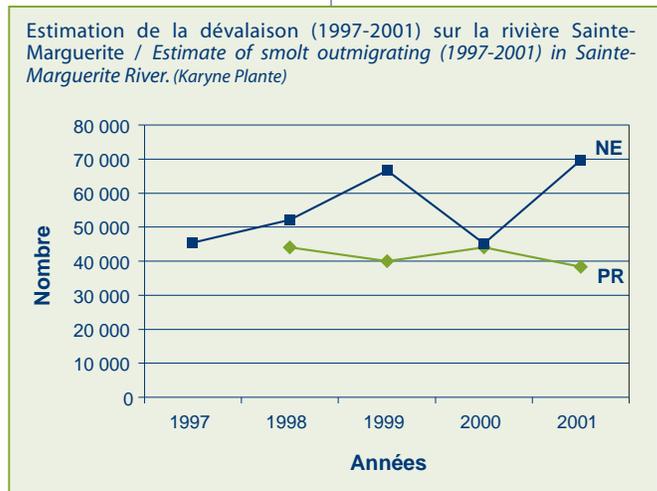
- Les grands saumons (dibermarins) produisent en moyenne plus de rejets que les madeleinaux. De

BASIC CHARACTERISTICS OF QUEBEC SALMON STOCKS

Key findings

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

- In 2001, 38 316 smolt migrated from the North-East branch and 69 734 for the river's Main branch, for a total estimation of 108 050. Total smolt production is slightly higher than in 2000. Smolt production decreased greatly in the North-East in 2000, but in 2001, the situation recovered to a level slightly higher than in 1999. The production of the Main branch, in spite of a slight decrease in 2001, is quite stable but always lower than that of the North-East.



- In 2001 we observed that the density of juveniles was higher in the North-East than in the Main branch and that several sites located on the North-East allowed a better growth of fry; the best growth of fry was observed in Xavier stream. In addition to the better productivity of the North-East branch, the observations of 2001 indicate that the North-East outmigrating smolt (mean size: 12.6 cm) are bigger than those of the Main branch (mean size: 11.4 cm). These observations support the hypothesis that the NE branch offers better growth habitat and is more productive than the Main branch.

INFLUENCE OF REPRODUCTIVE STRATEGIES ON REPRODUCTIVE SUCCESS

Key findings

Fitness and heritability of growth in Atlantic salmon: influence of habitat and reproductive strategies

- Multi-sea winter (MSW) fish have higher reproductive success than grilse. Also, there is a significant effect of habitat on growth. Overall, offspring produced in streams are bigger than those produced in the main river stretch. However, grilse produce bigger offspring than those fathered by MSW males, regardless of habitat quality.

plus, il y a un effet significatif de l'habitat sur la croissance. Plus spécifiquement, les rejets produits en ruisseau ont une croissance plus élevée que les individus issus du tronçon principal de la rivière. Par contre, les rejets des madeleinaux sont significativement plus gros que ceux des dibermarins, et cela peu importe l'habitat.

- L'héritabilité de la croissance des juvéniles est significative mais varie en fonction de la qualité de l'habitat : les estimés d'héritabilités sont plus élevés dans les meilleurs habitats (ruisseaux). Les estimés d'héritabilité varient aussi en fonction de la tactique adoptée par le mâle anadrome : les estimations obtenues avec la progéniture des dibermarins sont plus élevées que celles des madeleinaux. Globalement, la composante génétique explique 30% de la variance phénotypique observée chez les alevins (0+) et, devrait donc être un facteur important à considérer, lorsqu'on étudie, par exemple, la relation entre la croissance et la qualité de l'habitat.

INTERACTIONS COMPÉTITIVES AVEC D'AUTRES ESPÈCES

L'omble de fontaine est présente dans plusieurs rivières à saumon et la nature des interactions entre cette espèce et le saumon est encore très peu comprise. L'espèce existe en forme résidante et anadrome. En fait, bien que l'omble de fontaine anadrome représente elle-même une ressource importante pour la pêche sportive dans les rivières à saumon, nous en connaissons encore très peu sur la biologie de base de cette espèce.

Faits saillants des résultats

Fitness des formes anadromes et résidentes

- Les ombles anadromes qui quittent la rivière présentent une croissance accélérée. La forte croissance des ombles anadromes est associée à une fécondité élevée : 1 000 à 3 500 œufs chez des femelles anadromes de 3 à 5 ans contre 80 à 700 œufs chez des femelles résidentes du même âge. Cependant, le taux de mortalité des migrants atteindrait 85 à 90% à la fin de leur première année en eau salée, contre moins de 65% chez les résidents. Les deux formes pourraient donc être maintenues dans la population (pas d'avantage en fitness chez une forme ou l'autre) du fait de l'existence d'un compromis entre la croissance et la survie dans chacun des deux milieux que la population peut exploiter : forte croissance mais mortalité élevée en estuaire, survie élevée mais faible croissance en rivière.

- *Heritability of juvenile growth is significant but varied according to quality of habitat: higher heritability estimates were observed in "higher quality" habitat (streams). Heritability estimates for juvenile growth varied as well depending on male tactic, with progeny fathered by MSW males having higher values than those fathered by grilse. Genetic component explains 30% of the phenotypic variance observed with the fry 0+ and so should be an important factor to consider for the study, for instance, the relation between growth and habitat quality.*

COMPETITIVE INTERACTIONS WITH OTHER SPECIES

Brook charr is present in most salmon rivers and the nature of their interactions is not well understood. This species exists in anadromous or resident form. Although the anadromous form of brook charr is itself an important sport fish in salmon rivers, we know little about the factors that control the abundance or demographic structure of this important species.

Key findings

Fitness of resident and anadromous charr

- *From the time of downstream migration, anadromous charr grow at an accelerated rate. High growth rate of anadromous charr is associated with high fecundity: 1 000 to 3 500 eggs for 3 to 5 year-old anadromous females compared to 80 to 700 eggs for resident females of the same age. However, mortality rate of migrant trout may reach 85 to 90% at the end of their first year in salt-water compared to less than 65% for the resident trout. The existence of a trade-off between growth and survival may explain the maintenance of the two forms in the population (no fitness advantage for one or the other form): high growth rate but high mortality in the estuary, high survival rate but low growth rate in the river.*

Morphological differences between migrant and resident trouts

- *Migrant trout are characterised by more streamlined morphological traits compared to residents in freshwater. In addition, residents also have larger pectoral and pelvic fins. Current velocity can influence fish body morphology such that a fish using fast current will be more streamlined than one using slow current. Costs may thus be minimised by reducing drag when swimming. The morphological differences observed between migrants and residents indicate a differential habitat use the year prior to outmigration and supports previously obtained bio-energetic results. The morphological attributes of migrant trout following migration to the sea persist. Possessing a more streamlined morphology at sea facilitates movement in schools by reducing swimming-related costs.*

Les différences morphologiques entre truites anadromes et résidentes

- Les truites migrantes sont caractérisées par des traits morphologiques plus fusiformes que les résidentes en eau douce. Elles ont aussi des nageoires pectorales et pelviennes plus longues que les migrantes. Un poisson utilisant un courant d'eau plus élevé s'avèrent être plus fusiforme qu'un poisson utilisant un courant faible pour minimiser les coûts associés à la nage contre ce courant. Ces différences morphologiques entre migrantes et résidentes indiquent l'utilisation de différents habitats l'année précédant la migration et supportent les résultats bioénergétiques obtenus précédemment. Ces caractéristiques morphologiques des truites migrantes persistent après la migration. Cette morphologie plus fusiforme facilite la nage de longue durée qui a lieu en mer, minimisant ainsi les coûts associés à la nage.

Mesure de l'impact des communautés de salmonidés sur la dérive des invertébrés

- Lors d'expériences réalisées en enclos sur les ruisseaux Épinette et Morin nous avons observé que les activités d'alimentation des ombles ont été suffisamment intenses pour réduire de façon significative les densités dans la dérive par rapport aux sections sans poisson. Cette différence, bien que détectable durant toute la journée, est plus marquée à la tombée de la nuit. De plus la taille des invertébrés dérivant dans les sections sans poisson est plus grande que dans les sections qui contenaient des ombles. Les communautés où les saumons sont plus nombreux réduisent beaucoup plus les densités de la dérive que celles où les ombles dominent. Les saumons semblent également consommer des organismes de plus grande taille.

Études de la compétition des ombles et des saumons pour les ressources alimentaires

- En 2001, différentes densités de juvéniles de saumon atlantique ont été introduites dans des sections fermées du ruisseau Épinette où seules les truites sont présentes. Lorsque la densité de saumon augmente, le patron d'alimentation des ombles de fontaine est modifié vers des espèces de moindre qualité alimentaire présentes dans la dérive. Ce changement de diète est associé à un changement de choix d'habitats. Dans les sections sans saumon, les truites occupent tout l'habitat disponible, alors qu'en présence de saumons les truites se déplacent vers les berges, les fosses et toutes les aires où le courant est moins fort et qui sont plus riches en insectes terrestres. Ce changement de choix d'habitat n'a pas été observé dans les sections « sans saumon » où nous avons augmenté la densité de truite. La compétition inter-spécifique semble donc plus importante et a un impact plus grand sur l'écologie alimentaire des truites que la compétition intra-spécifique dans l'écosystème de la rivière Sainte-Marguerite. ♦

Impact of salmonids on invertebrate drift

- *Field enclosure experiments indicate that the feeding activities of the trout were sufficiently intense to significantly reduce the drift densities in the sections that contained fish. This difference, though detectable all day, was most pronounced just at nightfall. In addition to higher drift densities, the size of the insects drifting in the fishless sections was also significantly larger than in the sections that contained charr. Salmon have a much greater impact on drift densities and biomass than an equal density of charr. Salmon seems also to feed with larger drifting insects.*

Study of competition between charr and salmon for food

- *In 2001, we conducted a field enclosure experiment by introducing juvenile Atlantic salmon in Epinette, a stream inhabited only by trout. With a progressive increase in the density of salmon, trout fed progressively more on terrestrial components of the drift. This change in diet intake is caused through a shift in habitat choice. In enclosures with no salmon, trout occupy every possible habitat in the stream whereas in the enclosures with salmon, trout shift to the shores, pools and areas of lower current which have a greater supply of terrestrial insects. Such a shift in habitat choice by trout was not observed when we increased the density of trout in "trout alone" sections. Thus, inter-specific competition seems to be more important and to have a greater impact on the feeding ecology of trout than intra-specific competition in the SMR ecosystem. ♦*

Chercheurs associés / Associate scientists: Mark Meekan (Australian Institute of marine sciences), Dan Ryan (Agriculture and Agri-Food Canada).

Étudiants de 2^e cycle / M. Sc. students: Karyne Plante (U. Laval).

Étudiants de 3^e cycle / Ph. D. students: Nadia Aubin-Horth (U. Laval), Sophie Lenormand (U. Laval), Geneviève Morinville (U. McGill), Véronique Thériault (U. Laval), Dany Garant (U. Laval).

Chercheur postdoctoral / Postdoctoral fellow: Dr. Nandita Mookerji (U. Mtl).

Assistants de recherche / Research assistants: Catherine Bonenfant (U. Laval), François Martin (U. Laval), Marie Claude Perron (CEGEP de La Pocatière), Louis St-Hilaire-Gravel (U. Laval), Annie Ménard (U. Laval), Stéphanie Marchal (U. McGill), Marc Dunn (U. McGill), Nathan Millar (U. McGill), Hélène Bélanger, (U. Mtl), Jean Levasseur, (U. Mtl), Frédéric Fournier, (U. Mtl).

COMMUNICATIONS ET PUBLICATIONS COMMUNICATIONS AND PUBLICATIONS

Articles avec comité de lecture / Refereed journal publications

AUBIN-HORTH, N. and J. J. DODSON. 2002. Impact of differential energy allocation in Atlantic salmon (*Salmo salar*) precocious males on otolith-somatic size proportionality: A longitudinal approach. Can. J. Fish. Aquat. Sci. (sous-pressé / in press).

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

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

CARBONNEAU, P. E., S. N. LANE and N. E. BERGERON. 2001. Cost effective non-metric close range digital photogrammetry and its application to the study of coarse gravel river beds. International Journal of Remote Sensing (sous-pressé / in press).

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

COULOMBE-PONTBRIAND, M. and M. LAPOINTE. 2002. (soumis / submitted à Rivers Research and Management) Geomorphic controls, riffle substrate quality and spawning site selection in two semi-alluvial salmon rivers in the Gaspé Peninsula, Canada.

DIONNE, M. and J. J. DODSON. (soumis / submitted à Canadian Journal of Zoology). Impact of exposure to a simulated predator (*Mergus merganser*) on the activity of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) in the natural environment.

DUCHESNE, P. and L. BERNATCHEZ. 2002. Investigating the dynamics of inbreeding in multi-generation supportive breeding using a recurrence equations system generator. Conservation Genetics. 3: 47-60.

EATON, B. C. and M. F. LAPOINTE. 2001. Effects of large floods on sediment transport and reach morphology in the cobble-bed Sainte Marguerite River. Geomorphology, 40: 291-309

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

FRASER, D. J. and L. BERNATCHEZ. 2001. Adaptive evolutionary conservation: towards a unified concept for deriving conservation units. Molecular Ecology. 10: 2741-2752.

GARANT, D., P.-M. FONTAINE, S. P. GOOD, J. J. DODSON and L. BERNATCHEZ. 2001. Influence of male parental identity on growth and survival of offspring in Atlantic salmon (*Salmo salar*) Evolutionary Ecology Research. 4: 537-549.

GIRARD, P., D. BOISCLAIR and M. LECLERC. 2002. (soumis / submitted au Canadian Journal of Fisheries and Aquatic sciences). Spatial interactions between hatchery-reared and wild juveniles of Atlantic salmon (*Salmo salar*) after stocking in a river.

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

GUAY, J. C., D. BOISCLAIR, M. LECLERC, M. LAPOINTE and P. LEGENDRE. 2001. Science on the edge of spatial scales: a reply to the comments of Williams. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic sciences. 59 (10): 2108-2111.

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

JULIEN, P. H. and N. E. BERGERON. 2002. (soumis / submitted au Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences). Effect of fine sediment infiltration on Atlantic salmon (*Salmo salar*) embryo survival. Soumis à .

LANDRY, C. and L. BERNATCHEZ. 2001. Comparative analysis of population structure across environments and geographic scales at Major Histocompatibility Complex and microsatellite in a philopatric fish (*Salmo salar*). Molecular Ecology. 10: 2525-2540.

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

MORINVILLE, G. and J. B. RASMUSSEN. 2002. (soumis / submitted au Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences). Bioenergetic trade-offs: efficiently exploiting local environments or large scale environmental heterogeneity.

RODRÍGUEZ, M. A. 2002. Restricted movement in stream fish: The paradigm is incomplete, not lost. Ecology 83:1-13.

WENG, Z., N. MOOKERJI and A. MAZUMDER. 2001. Nutrient-Dependent Recovery of Atlantic Salmon Streams from a Catastrophic Flood. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 58 (8): 1672-1682.

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

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

BUSSIÈRES D., F. CARON et J. J. DODSON. 2001. Vaut-il mieux être grand ou petit lorsqu'on arrive à la mer. Chronique « Les secrets de Salmo », revue Saumons illimités. 61 : 22-24.

BERGERON, N. E., F. BÉRUBÉ, M.-A. POULIOT et M. Lapointe. 2002. Études des impacts des pratiques forestières sur la conservation de la ressource saumon dans le bassin-versant de la rivière Cascapédia : effet des limons sur la survie des embryons de saumon Atlantique. Rapport final présenté au Ministère des Ressources Naturelles du Québec dans le cadre du Programme de mise en valeur des ressources du milieu forestier, Volet 1 - expérimentation. 17 p.

BERGERON, N., M. LEVASSEUR et F. BÉRUBÉ. 2002. Développement et démonstration de techniques pour la restauration de la qualité du substrat de fraie des salmonidés. Rapport d'étape no 1, produit pour le Volet environnement du Fonds des Priorités Gouvernementales en Sciences Technologies - Environnement. 40 p.

DESCHÊNES, J. et M. A. RODRÍGUEZ. 2002. L'étude des communautés de poissons en milieu riverain: Un « zoom » sur les échelles d'observations. Chronique « Les secrets de Salmo », revue Saumons illimités. 63 : 24

DODSON, J. J. 2002. L'anadromie chez l'omble de fontaine et sa relation dans le partitionnement de la productivité de l'écosystème avec le saumon Atlantique (*Salmo salar*): implications pour la gestion. Rapport final de la subvention stratégique CRSNG (Dodson, Mazumder, Rasmussen).

Thèses / Theses

COULOMBE-PONTBRIAND, M. 2001. Geomorphic controls on the distribution of Atlantic salmon (*Salmo salar*) habitat in two contrasting fifth-order streams in the Gaspé peninsula, Québec: the Petite Cascapédia and Bonaventure Rivers. McGill University, Department of geography. MSc thesis (Direction M. Lapointe).

DUBOS, V. 2001. Validation des vitesses d'un modèle hydrodynamique bidimensionnel; prise en compte de la variabilité des profils verticaux des vitesses par un terme de dispersion. Université du Québec, Institut national de la recherche scientifique, eau. Mémoire de Maîtrise. (Direction Y. Secrétan et M. Leclerc). ♦

CONFÉRENCES, POSTERS

CONFERENCE PRESENTATIONS, POSTERS

Les membres du CIRSA ont présenté 20 conférences ou posters (consulter notre site web (www.bio.ulaval.ca/CIRSA) pour la liste détaillée) dans le cadre de plusieurs congrès nationaux et internationaux dont entre autres:

CIRSA members have presented 20 conferences or posters (see our web site for detailed list) in several national and international meetings including:

- Congrès annuel de l'Association canadienne-française pour l'Avancement des Sciences (Québec, mai 2002);
- Conférence Canadienne de Recherche sur les Pêches (Vancouver, BC, janvier 2002);
- Society for Study of Evolution meeting (Knoxville, TN, USA, juin 2001);
- Geoide annual conference, Toronto, Ontario, mai 2002;
- Conférence of the 'Remote Sensing and Photogrammetry Society of Great Britain', Londres, GB, septembre 2001;
- Annual meeting of the Canadian Society of Zoologists, Ontario, mai 2001 and University of Lethbridge, Alberta, mai 2002;
- Participation aux émissions « La semaine verte » et « Rivières » de Radio-Canada, 2001.

RÉUNION SCIENTIFIQUE DU CIRSA SCIENTIFIC MEETING OF CIRSA

Le CIRSA a tenu les 18 et 19 mars 2002 à l'université Laval, Québec, sa cinquième réunion scientifique annuelle. Environ 80 personnes ont assisté à ces deux journées, marquées par la présentation de 18 communications orales, dont 17 présentées par les membres du CIRSA (voir notre site web: www.bio.ulaval.ca/CIRSA).

The fourth annual scientific meeting of CIRSA was held between the 18th and 19th 2002 of march at Laval University, Quebec City. 80 persons attended the two-day meeting, where 18 oral communications were presented, 17 of which presented by members of CIRSA (see our web site).

ADMINISTRATEURS CIRSA INC.

ADMINISTRATORS CIRSA INC.

M. Gilles L. Duhaime
Président, CIRSA inc.

M. Jean-Paul Nadreau
Vice-président, CIRSA inc.
VRR, Université Laval

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

M. Louis Vaillancourt
Secrétaire et conseiller juridique, CIRSA inc.
Avocat, Ogilvy Renaud

M. Richard Poulin
Trésorier, CIRSA inc.

M. Julian J. Dodson
Directeur scientifique, CIRSA

M. Louis Aubry
Vice-président, FAPAQ

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

M. Rémy Bujold
Vice-président, GPC International

M. Christian Cholette
Directeur, UQAC

M. Joseph Hubert
Vice-doyen, Université de Montréal

M. Donald Kramer
Directeur, Université McGill

M. Yvon Côté
Président, FQSA

M. Pierre Tremblay, O.C.

M. Jacques R. Gagnon
Président, JRG. comm

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



photo : Francis Bérubé

COMMENT NOUS JOINDRE

HOW TO REACH US

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

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

adresse électronique / e-mail

cirsa@cirsa.ulaval.ca

site internet / web site

www.bio.ulaval.ca/CIRSA

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

(15 mai-15 septembre)

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

(May 15-September 15)

(418) 236-9411 (téléphone / telephone)

(418) 236-9412 (télécopieur / fax)

CIRSA inc.

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