

**13^{ème} colloque
annuel**



**CENTRE INTERUNIVERSITAIRE
DE RECHERCHE SUR LE
SAUMON ATLANTIQUE**

**Progrès récents dans les travaux de recherche
du CIRSA**

27 – 28 avril 2010

**Auditorium Jean-Paul Tardif
Pavillon La Laurentienne
Université Laval**

UQAR



**Université
de Montréal**

 **McGill**

 **Université du Québec à Trois-Rivières**

 **Université du Québec
Institut national de la recherche scientifique
Eau, Terre et Environnement**

Trois bourses de 100\$ chacune seront attribuées par la Fondation de la faune du Québec aux 3 meilleures présentations faites par des étudiants du CIRSA

Un grand merci à la



**Pour toutes questions concernant le CIRSA,
communiquer avec :**

Françoise Colombani
CIRSA
Dépt. de biologie, pavillon Vachon
1045, Avenue de la Médecine
Québec, Qc. G1V 0A6

Tél. (418) 656 2681
Fax (418) 656-2043
courrier électronique: francoise.colombani@bio.ulaval.ca
ou: cirsa@cirsa.ulaval.ca

Site internet CIRSA : <http://www.bio.ulaval.ca/cirsa>

Horaire des présentations orales

Auditorium Jean-Paul Tardif, Pavillon La Laurentienne. Université Laval

Mardi 27 avril 2010

09h50 - 10h00	Mot de bienvenue	
10h00 - 10h20	Bases génomiques de la divergence adaptative du saumon atlantique (<i>Salmo salar</i>): balayage génomique à l'échelle globale et régionale Vincent Bourret , Mélanie Dionne, Louis Bernatchez.....	Page 5
10h20 - 10h40	Impact desensemencements sur le niveau d'introggression des populations d'ombles de fontaine (<i>Salvelinus fontinalis</i>) Amandine Marie , Louis Bernatchez et Dany Garant.....	Page 6
10h40 - 11h10	<i>Pause-café</i>	
11h10 - 11h30	Sélection chez l'omble de fontaine (<i>Salvelinus fontinalis</i>): incidence sur le succès reproducteur ? Hamza Seghouani , Céline Audet et Nicolas Derome.....	Page 7
11h30 - 11h50	Utilisation hivernale des réserves énergétiques chez trois souches d'omble de fontaine (<i>Salvelinus fontinalis</i>) et leurs hybrides Amélie Crespel , Céline Audet, Louis Bernatchez, Dany Garant.....	Page 8
11h50 - 12h10	Mécanismes physiologiques et endocriniens impliqués dans l'isolement reproducteur de deux formes d'omble de fontaine, <i>Salvelinus fontinalis</i> Ariane Charaoui , Céline Audet et Pierre Magnan.....	Page 9
12h10	<i>Dîner</i>	
14h10 - 14h30	Importance des refuges thermiques pour le saumon atlantique en périodes de canicule : Méthodes de détection, impacts biologiques et prospective climatique. Michel Lapointe , Normand E. Bergeron, Daniel Boisclair, André St-Hilaire, Rick Cunjak, Allen Currie, Kerry MacQuarrie et Jeff McKenzie.....	Page 10
14h30 - 14h50	Détection des refuges thermiques des salmonidés basée sur la télédétection aérienne Stephen Dugdale , Normand Bergeron, Maxime Rousseau.....	Page 11
14h50 - 15h10	Caractérisation d'étiages québécois simulés à partir de scénarios du climat futur Anik Daigle , André St-Hilaire, Nathalie Thiémonge, Taha B.M.J. Ouarda, Luc Roy.....	Page 12
15h10 - 15h40	<i>Pause-café</i>	
15h40 - 16h00	L'écoulement hyporhéique, un facteur environnemental potentiellement déterminant dans la sélection du microhabitat de fraie par l'omble de fontaine (<i>Salvelinus fontinalis</i>) Jan Franssen , Michel Lapointe et Pierre Magnan.....	Page 13
16h00 - 16h20	Évaluation des impacts causés par les constructions autoroutières sur les populations d'omble de fontaine : une réponse à la fragmentation de l'habitat. Marc Pépino , Marco A. Rodríguez, Pierre Magnan.....	Page 14
16h20 - 16h40	Modélisation de la capacité de l'omble de fontaine à franchir les ponceaux; présentation du projet et résultats préliminaires des travaux de 2009. Elsa Goerig , Normand E. Bergeron.....	Page 15

Fin des présentations de la première journée

Réception (5 à 7) à partir de 17 heures le 27 avril
Hall, Pavillon La Laurentienne

Auditorium Jean-Paul Tardif, Pavillon La Laurentienne. Université Laval

Mercredi 28 avril 2010

09h10 - 09h30	Compétition entre la truite arc-en-ciel exotique et deux espèces de salmonidés indigènes, le saumon atlantique et l'omble de fontaine : qui gagne, qui perd? Isabel Thibault et Julian Dodson.....Page 16
09h30 - 09h50	Étude de l'impact de la remise à l'eau sur le succès reproducteur du saumon atlantique (<i>Salmo salar</i> L.): Bilan d'une première saison fructueuse. Antoine Richard , Mélanie Dionne, Louis Bernatchez.....Page 17
09h50 - 10h10	La croissance compensatoire chez l'omble de fontaine (<i>Salvelinus fontinalis</i>): influence de la variabilité environnementale Jade Larivière et Julian Dodson.....Page 18
10h10 - 10h30	Héritabilité des trajectoires de développement chez les juvéniles du saumon atlantique (<i>Salmo salar</i>) et l'existence d'une taille seuil à la migration Catherine Bonenfant, David J. Páez, Orlane Rossignol, Louis Bernatchez, Helga Guderley, Jean-François Bourque, Julian DodsonPage 19
10h30 - 11h00	<i>Pause-café</i>
11h00 - 11h20	Évaluation de l'impact de la présence de l'algue <i>Didymosphenia geminata</i> sur le saumon atlantique juvénile dans le bassin versant de la rivière Restigouche Carole-Anne Gillis , Normand E. Bergeron et Patrice Couture.....Page 20
11h20 - 11h40	Un modèle simple basé sur l'écologie du paysage fluvial pour prédire l'ampleur des montaisons annuelles de saumon atlantique dans 14 rivières gaspésiennes Muriel Kim , Michel Lapointe.....Page 21
11h40 - 12h00	Détermination de débits réservés écologiques pour le saumon atlantique utilisant la modélisation de microhabitats et de logique floue: le cas de la rivière Romaine (Québec, Canada) Patricia Johnston , Michel Bérubé, Louis Belzile, Behrouz Ahmadi-Nedushan, André St-Hilaire et Gabriel Durocher.....Page 22
12h00	<i>Mot de clôture</i>

Bases génomiques de la divergence adaptative du saumon atlantique (*Salmo salar*): balayage génomique à l'échelle globale et régionale

*Vincent Bourret¹, Mélanie Dionne², Louis Bernatchez¹

1. Département de biologie, Université Laval, Québec, QC
2. Ministère des ressources naturelles et de la faune du Québec, QC

Depuis longtemps, le saumon atlantique (*Salmo salar*) est une espèce à l'importance culturelle et économique incontestée de part et d'autre de l'Atlantique Nord. Son statut en fait une espèce de premier plan en biologie évolutive où son comportement philopatric et sa vaste répartition dans un environnement hétérogène offrent un fort potentiel pour l'établissement d'adaptations locales. Néanmoins, les démonstrations d'adaptations locales demeurent débattues chez cette espèce alors que leurs justifications amèneraient des outils considérables pour la définition d'unités de conservation ou de gestion. C'est justement dans cette optique que ce projet propose l'atteinte de plusieurs objectifs. Ainsi, il est question (1) d'établir la structure génétique neutre ainsi que les variables environnementales susceptibles d'influencer cette dernière sur l'ensemble de la répartition du saumon atlantique en Amérique du Nord, (2) d'identifier des marqueurs potentiellement soumis à la sélection naturelle par balayage génomique et leur répartition sur le génome, (3) d'utiliser une approche novatrice de génomique du paysage intégrant la divergence adaptative et puis finalement, (4) en intégrant toutes ces méthodes, d'examiner les déterminismes génétiques de la mortalité en mer lors de la migration du saumon atlantique. La réalisation de ces objectifs contribuera à l'amélioration des outils utilisés dans la définition des unités de gestion et de conservation pour le saumon atlantique de l'est du Canada en plus d'identifier certains facteurs affectant potentiellement la survie en mer de ce poisson lors de sa migration d'alimentation. Les résultats préliminaires des balayages génomiques effectués chez le saumon atlantique à l'échelle du continent nord-américain présentent de nombreux marqueurs potentiellement soumis à l'effet de la sélection divergente. Par conséquent, la mise en commun de différentes ressources et approches en génomique des populations par ce projet offre un contexte unique menant à l'identification des bases génomiques de la divergence adaptative et des agents de sélection potentiellement responsables de cette divergence.

* vincent.bourret.1@ulaval.ca
melanie.dionne@mrnf.gouv.qc.ca
louis.bernatchez@bio.ulaval.ca

Impact des ensemencements sur le niveau d'introgession des populations d'ombles de fontaine (*Salvelinus fontinalis*)

*Amandine Marie¹, Louis Bernatchez² & Dany Garant¹

1. Département de biologie, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, QC
2. Département de biologie, Université Laval, Québec, QC

Afin de supporter l'offre de pêche sportive, l'ensemencement de poissons domestiques en milieu naturel est une pratique courante à travers le monde. De telles pratiques peuvent potentiellement générer des niveaux de contaminations génétiques (hybridation) variables selon l'intensité des ensemencements. L'objectif de cette recherche était d'évaluer les effets de la variation de l'intensité des ensemencements (nombre de fois qu'un lac a étéensemencé au cours d'une période donnée) sur le niveau d'hybridation introgressive des populations d'ombles de fontaine (*Salvelinus fontinalis*), l'espèce la plusensemencée au Québec, au sein de lacs de deux réserves fauniques (Portneuf et Mastigouche). Pour ce faire, 2005 ombles de fontaine provenant de 24 lacs parmi les deux réserves ont été génotypés. Nos résultats indiquent que les niveaux d'hybridation observés dans les différents lacs augmentent en fonction de l'intensité des ensemencements. Les lacs peuensemencés présentent un niveau moyen d'hybridation plus faible ($0,226 \pm 0,141$) que les lacs trèsensemencés ($0,450 \pm 0,105$). De plus, le niveau d'hybridation individuel moyen augmente avec le nombre d'ensemencements pour chaque réserve. Ces résultats suggèrent ainsi d'importantes implications pour la conservation des populations naturelles ainsi que la gestion des ensemencements de cette espèce au Québec.

* amandine.marie@usherbrooke.ca
louis.bernatchez@bio.ulaval.ca
dany.garant@usherbrooke.ca

Sélection chez l'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*): incidence sur le succès reproducteur ?

*Hamza Seghouani¹, Céline Audet¹ & Nicolas Derome²

1. ISMER, Université du Québec à Rimouski, Rimouski, QC
2. Département de biologie, Université Laval, Québec, QC

Un programme de sélection a été lancé en 1994 chez l'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) pour améliorer la vitesse de croissance tout en favorisant la maturité sexuelle tardive. Les effets de cette sélection sur le succès reproducteur de l'omble de fontaine ont été évalués en comparant quatre indicateurs de ce trait entre deux lignées (sélectionnée et contrôle) : diamètre des œufs, fécondité relative, qualité de la laitance, mortalité des œufs à 24h, après l'éclosion et jusqu'à la première alimentation. Les concentrations plasmatiques de deux stéroïdes sexuels, 17B-estradiol et testostérone, ainsi que le niveau de la vitellogénine, ont été mesurées dans le foie des femelles. En parallèle, l'effet de la température sur le succès reproducteur a été déterminé en comparant des géniteurs élevés à Pointe-au-Père (2 à 15°C) et ceux maintenus à Aquaculture Forestville (6°C).

* hamza.seghouani@uqar.qc.ca
celine_audet@uqar.qc.ca
nicolas.derome@bio.ulaval.ca

Utilisation hivernale des réserves énergétiques chez trois souches d'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) et leurs hybrides

*Amélie Crespel¹, Céline Audet¹, Louis Bernatchez² & Dany Garant³

1. ISMER, Université du Québec à Rimouski, Rimouski, QC
2. Département de biologie, Université Laval, Québec, QC
3. Département de biologie, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, QC

Les températures basses de l'hiver ainsi que l'accès limité à la nourriture font de cette saison une période critique pour les poissons. Pour supporter de telles contraintes, ceux-ci doivent alors compenser le faible apport d'énergie externe par la mobilisation de leurs réserves. Les objectifs de ce projet étaient de comparer la mobilisation des réserves énergétiques pendant l'hiver entre trois souches d'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) et leurs hybrides réciproques afin, entre-autres, de vérifier l'expression d'hétérosis pour ces fonctions. Pour ce faire, nous avons comparé la présence des réserves à la fin de l'automne ainsi que leur utilisation durant l'hiver pour chaque souche. Nos résultats montrent que la souche d'origine domestique continue d'accumuler des réserves hépatiques pendant l'hiver, alors que celles-ci ne varient pas chez la souche Rupert et diminuent chez la souche Laval. Aucun effet significatif d'hétérosis n'a été observé, mais les hybrides impliquant la souche domestique ont tendance à mieux supporter l'hiver que les autres hybrides. Chez cette espèce, le métabolisme énergétique hivernal contient donc des composantes transmissibles. Mieux comprendre les différentes stratégies utilisées par les différentes souches permettra d'acquérir des informations utiles tant sur le plan de la conservation que de la production.

* Amelie.Crespel@uqar.qc.ca
celine_audet@uqar.qc.ca
louis.bernatchez@bio.ulaval.ca
dany.garant@usherbrooke.ca

Mécanismes physiologiques et endocriniens impliqués dans l'isolement reproducteur de deux formes d'omble de fontaine, *Salvelinus fontinalis*

*Ariane Charaoui¹, Céline Audet² et Pierre Magnan¹

1. Centre de recherche sur les interactions bassins versants – écosystèmes aquatiques (RIVE), Université du Québec à Trois-Rivières, QC
2. ISMER, Université du Québec à Rimouski, Rimouski, QC

L'omble de fontaine, *Salvelinus fontinalis*, affiche un polymorphisme trophique dans les lacs du bouclier canadien; une forme littorale, qui s'alimente principalement d'organismes benthiques retrouvés dans la zone littorale, et une forme pélagique, qui s'alimente principalement de zooplancton dans la zone pélagique. Une étude effectuée sur une période de sept ans a montré que les individus littoraux arrivent plus tôt sur la frayère du lac Ledoux que les individus pélagiques, ce qui pourrait être la première étape d'un isolement reproducteur. Comme les individus littoraux seraient exposés à des températures plus élevées dans la zone littorale et que la maturation des gonades est influencée par la température, nous avons posé l'hypothèse que ces derniers affichent une maturation des gonades plus rapide que les individus pélagiques, expliquant pourquoi ils arrivent plus tôt sur la frayère. L'objectif de mon projet de maîtrise est d'effectuer le suivi de la vitellogénine et d'hormones stéroïdiennes (testostérone, 11-kétotestostérone et 17 β -estradiol) impliquées dans le développement des gonades chez les mâles et les femelles des deux formes.

Physiological and endocrine mechanisms involved in the reproductive isolation of two forms of brook charr

Brook charr, Salvelinus fontinalis, display a trophic polymorphism in Canadian Shield lakes: a littoral form feeding mostly on benthic organisms found in the littoral zone and a pelagic form feeding mostly on zooplankton in the pelagic zone. A seven-year study showed that littoral individuals arrive earlier than pelagic individuals on the spawning site of lac Ledoux, suggesting that this is the first step to reproductive isolation. Considering that littoral individuals could be exposed to higher temperatures in the littoral zone and that temperature affects gonadal maturation, we hypothesized that littoral individuals will display faster gonadal maturation than pelagic individuals, explaining their earlier arrival on the spawning site. The objective of my master's project is to monitor the production of vitellogenin and steroid hormones (testosterone, 11-ketotestosterone, and estradiol-17 β), which are involved in gonadal development in males and females of both forms.

* ariane.charaoui@uqtr.ca
celine_audet@uqar.qc.ca
Pierre.Magnan@uqtr.ca

Importance des refuges thermiques pour le saumon atlantique en périodes de canicule : Méthodes de détection, impacts biologiques et prospective climatique.

*Michel Lapointe¹, Normand E. Bergeron², Daniel Boisclair³, André St-Hilaire², Rick Cunjak⁴, Allen Currie⁴ et Jeff McKenzie⁵

1. Département de Géographie, Université McGill, Montréal, QC
2. INRS-Eau, Terre et Environnement, Québec, QC Ministère
3. Département de sciences biologiques, Université de Montréal, Montréal, QC
4. Canadian Rivers Institute, University of New Brunswick, Fredericton, NB
5. Earth and Planetary Sciences department (EPS), Université McGill, Montréal, QC

Ce projet de recherche porte sur les refuges thermiques en période de canicule: un habitat clé pour certaines populations de poissons d'eau froide, dont le saumon atlantique et l'omble de fontaine, dans un contexte de changement climatique. Le projet a pour partenaires Ouranos, Hydro-Québec et le CRSNG et découle d'une collaboration entre des chercheurs du CIRSA, le Centre Interuniversitaire de Recherche sur le Saumon Atlantique (M. Lapointe, directeur, N. Bergeron, D. Boisclair, et A. St_Hilaire) et du Canadian Rivers Institute au Nouveau Brunswick (R. Cunjak et R.A. Currie). Des méthodes et modèles y seront développés pour la détection aéroportée des refuges thermiques estivaux en rivière, pour clarifier l'importance de ces habitats en ce qui regarde la résilience des populations de saumon atlantique et pour prévoir le sort de ces refuges thermiques dans un contexte de changements climatiques.

Dans un contexte de multi-usage des rivières, la gestion des écosystèmes fluviaux exige le développement d'outils permettant de mieux identifier et préserver les tronçons de rivières contenant des habitats critiques pour les communautés aquatiques. Dans certaines rivières situées à la limite de l'aire de distribution du saumon, les refuges thermiques semblent déjà jouer un tel rôle dans le maintien des populations. Le réchauffement climatique attendu devrait étendre l'importance du rôle de ces habitats à d'autres rivières. Les résultats de la recherche proposée permettront d'identifier, le long de rivières s'étendant sur des centaines de kilomètres, les secteurs où des refuges thermiques jouent un rôle significatif dans le maintien des populations de saumon, permettant ainsi de mieux optimiser la gestion des habitats

* michel.lapointe@mcgill.ca
normand.bergeron@ete.inrs.ca
daniel.boisclair@umontreal.ca

Détection des refuges thermiques des salmonidés basée sur la télédétection aérienne
Salmonid thermal refugia detection from airborne TIR imagery

*Stephen J. Dugdale¹, Normand E. Bergeron¹, Maxime Rousseau¹

1. INRS-Eau, Terre et Environnement, Québec, QC

During periods of increased temperature, salmonids seek out areas of cool, well-oxygenated river water to alleviate thermal stress. Collectively known as ‘thermal refugia’, these are of great significance with respect to future climate change scenarios, and a better understanding of their spatial characteristics may aid mitigation strategies against elevated water temperatures. However, thermal refugia are traditionally hard to detect, and their in-river abundance and spatial patterns are largely unknown. Although previous research has examined TIR imaging as a means to sense river temperatures, none have achieved a resolution amenable to the detection of small thermal anomalies typically used by salmonids. Here, we present the preliminary results of three thermal image acquisition flights undertaken during August 2009 on the Rivière Ouelle and the Rivière Sainte-Marguerite, Québec, with a view to developing a robust technique for the detection of different types and scales of thermal refugia. Early indications suggest that TIR-derived river surface temperatures correlate well with static records of river temperature and that imagery is of a sufficient resolution to detect thermal anomalies.

* Stephen.Dugdale@ete.inrs.ca
normand.bergeron@ete.inrs.ca

Caractérisation d'étiages québécois simulés à partir de scénarios du climat futur

*Anik Daigle¹, André St-Hilaire^{1,2}, Nathalie Thiémonge³, Taha B.M.J. Ouarda¹ et Luc Roy³

1. Chaire en hydrologie statistique, INRS-Eau, Terre et Environnement, Québec, QC
2. Canadian Rivers Institute, University of New Brunswick, Fredericton, NB
3. Hydro-Québec, QC

La caractérisation des habitats aquatiques passe par celle du régime hydrologique de nos rivières. Récemment, une série d'indices d'altération hydrologique (IH) a été développée suivant le paradigme du débit naturel, paradigme selon lequel le régime naturel est celui qui a la plus haute probabilité d'être optimal pour l'écologie d'un cours d'eau donné. Ces indices caractérisent l'amplitude, la durée, la fréquence et la date d'occurrence d'événements dans un régime hydrologique naturel, et peuvent ensuite être utilisés comme base de comparaison pour quantifier l'altération de régimes réels ou anticipés. Parmi les effets escomptés des changements climatiques au cours des prochaines décennies, on compte des changements dans l'amplitude et la fréquence des événements extrêmes (crues et étiages) consécutifs à l'augmentation de la température moyenne et aux changements dans le régime des précipitations. Le travail présenté s'intéresse à la caractérisation des étiages au Québec. Des ~200 IH répertoriés dans la littérature, ~65 se rapportent spécifiquement aux étiages. Dans une première phase de caractérisation, une analyse multivariée menée à partir de 34 séries chronologiques de débits journaliers provenant de rivières québécoises a permis d'identifier 15 IH non-redondants et possédant une bonne capacité à expliquer la variance des étiages québécois.

Dans la seconde phase du projet, deux modèles hydrologiques déterministes (SSARR et HSAMI) ont été étalonnés sur le bassin versant de la rivière Romaine. Par la suite, les sorties de modèles climatiques régionaux et globaux pour le passé récent (1960-1990) et le futur (de 20 à 30 ans centrés sur 2050) ont été utilisées comme intrants météorologiques (température de l'air et précipitations) aux modèles hydrologiques. Les débits ainsi simulés ont ensuite été utilisés pour recalculer les 15 IH sélectionnés dans la première partie du projet. Une comparaison entre les IH simulés pour le passé récent et pour le futur a permis de conclure que de manière générale, les étiages de différentes durées (3 à 90 jours) risquent d'être moins sévères sur la rivière Romaine sur l'horizon 2050. La variabilité des indices semble augmenter pour la majorité des indices calculés à partir des scénarios futurs. Cette dernière conclusion est probablement attribuable au fait que les combinaisons de scénarios et modèles utilisés pour générer les séries futures ont été sélectionnés afin d'englober une grande variabilité de réalisations possibles.

* anik.daigle@ete.inrs.ca
andre.st-hilaire@ete.inrs.ca

L'écoulement hyporhéique, un facteur environnemental potentiellement déterminant dans la sélection du microhabitat de fraie par l'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*)

Hyporheic Flow as a Potential Environmental Determinant in Brook Charr (*Salvelinus fontinalis*) Spawning Site Selection at the Microhabitat Scale

*Jan Franssen¹, Michel F. Lapointe¹ et Pierre Magnan²

1. Département de Géographie, Université McGill, Montréal, QC

2. Département de chimie-biologie, Université du Québec à Trois-Rivières, Trois-Rivières, QC

Researchers have observed that salmonid spawning activity tends to be clustered in specific microhabitats. It has been suggested that since brook charr evolved in periglacial environments successful reproduction would have required the capacity to select microhabitats that: i) remained ice free throughout cold, long winters, and ii) insured a sufficient supply of dissolved oxygen to developing embryos. One hypothesis is that brook charr exhibit a preference for spawning in microhabitats where there is upwelling groundwater. The upwelling of groundwater is thought to be advantageous for reproductive success by providing: i) warmer surface water and substrate temperatures that prevent the formation of potentially lethal anchor ice, ii) a sufficient intensity of flow through the egg pocket to ensure the supply of dissolved oxygen to the developing embryos; and iii) more consistent temperatures throughout the incubation period. However, the importance of groundwater upwelling as an environmental determinant in brook charr spawning site selection remains uncertain as several researchers have reported spawning activity in microhabitats absent of upwelling groundwater. At these sites the vital interstitial flow of water through the egg pocket may be provided by hyporheic flows induced by hydraulic gradients created by channel morphology, and the upwelling of groundwater at the reach and segment scales may provide a sufficient influx of heat to the stream system to ensure that spawning microhabitats remain free of anchor ice. To test various hypotheses pertaining to brook charr redd site selection at the microhabitat scale we conducted field investigations using heat as a tracer to characterize the spatial and temporal patterns of hyporheic flow conditions through known spawning microhabitats.

* jan.franssen@mail.mcgill.ca
michel.lapointe@mcgill.ca
Pierre.Magnan@uqtr.ca

Évaluation des impacts causés par les constructions autoroutières sur les populations d'omble de fontaine : une réponse à la fragmentation de l'habitat.

*Marc Pépino¹, Marco A. Rodríguez¹ & Pierre Magnan¹

1. Département de chimie-biologie, Université du Québec à Trois-Rivières, QC

Au sein du réseau fluvial, la préservation de la connectivité favorise l'utilisation optimale de l'habitat aux différentes étapes du cycle vital. La réfection de l'axe routier 73/175 dans la réserve faunique des Laurentides (Québec, Canada) peut avoir deux principaux impacts sur les populations d'omble de fontaine : (1) entraver la libre circulation des individus vis-à-vis des traverses de cours d'eau et (2) réduire la qualité de l'habitat en aval de ces dernières (ex., par l'accumulation des sédiments fins). Un plan expérimental extensif a été élaboré pour estimer au cours de trois années consécutives l'abondance d'omble de fontaine sur 217 sections comprises dans 38 tronçons de cours d'eau traversés par l'axe routier et répartis sur une distance de plus de 100 km. Notre étude a utilisé des modèles de régression mixtes pour évaluer les impacts de la réfection sur les densités estivales d'omble de fontaine tout en tenant compte de l'emboîtement des données. En se basant sur des critères d'information, les modèles retenus suggèrent que les travaux de réfection n'ont pas eu d'influence à court terme sur l'abondance ni sur la répartition amont – aval des individus. En revanche, les modèles indiquent que l'autoroute préexistante agit comme barrière, les habitats en amont des traverses présentant des densités plus faibles que les habitats en aval. Une analyse plus fine, qui s'appuie sur les classifications physiques des traverses proposées lors des plans de restauration, montre que l'effet de barrière est variable suivant le type de traverse. Ces interprétations doivent toutefois être nuancées en fonction des habitats disponibles en amont. Nous développons actuellement des modèles de dispersion pour quantifier l'effet des nouvelles traverses mises en place pour faciliter le passage du poisson sur le déplacement des individus.

* Marc.Pepino@uqtr.ca
marco.rodriguez@uqtr.ca
Pierre.Magnan@uqtr.ca

Modélisation de la capacité de l'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) à franchir les ponceaux; présentation du projet et résultats préliminaires des travaux de 2009.

*Elsa Goerig¹, Normand E. Bergeron¹

1. INRS-Eau, Terre et Environnement, Québec, QC

Les ponceaux routiers sont des infrastructures pouvant constituer des obstacles aux mouvements vers l'amont des salmonidés. Actuellement, la prédiction de la capacité d'un poisson à franchir un ponceau est généralement déterminée à partir d'expériences de capacité de nage menées en laboratoire. Ces résultats sont souvent difficilement transférables sur le terrain. Il existe donc un besoin pour le développement d'une méthode permettant d'évaluer, en milieu naturel, la capacité d'un poisson à franchir un ponceau.

Notre étude, issue d'une collaboration avec le Ministère des Transports du Québec, utilise des systèmes d'antennes à transpondeurs passifs (PIT-tags) fixes afin d'étudier le passage de l'omble de fontaine dans des ponceaux avec les objectifs suivants :

- Développer et tester une approche utilisant la technologie PIT-tag pour déterminer, en milieu naturel, la capacité des ombles de fontaine à franchir les ponceaux.
- Développer un modèle prédictif du succès de passage des ombles de fontaine en fonction des caractéristiques morphométriques et hydrauliques des ponceaux ainsi que de variables biologiques et environnementales.

Des travaux ont eu lieu en octobre 2009 sur trois ponceaux de la route 172 (Saguenay, Qc) afin de tester et valider la méthodologie proposée. Durant des essais de 24h, 15 ombles de fontaine de trois groupes de tailles différentes ont été marqués avec des transpondeurs passifs 23 mm (half-duplex, Texas Instrument) et relâchés dans une cage fixée à l'extrémité aval d'un ponceau. Le ponceau était instrumenté avec un système composé de quatre antennes PIT-tag installées à différents endroits à l'intérieur du tuyau. Ce système nous a permis de recueillir des données sur les tentatives et le succès de passage des ombles sous différentes conditions hydrauliques et environnementales. La présentation donnera un aperçu des résultats préliminaires obtenus.

* elsa.goerig@ete.inrs.ca
normand.bergeron@ete.inrs.ca

Compétition entre la truite arc-en-ciel exotique et deux espèces de salmonidés indigènes, le saumon atlantique et l'omble de fontaine : qui gagne, qui perd?

Isabel Thibault^{1,2} et Julian Dodson¹

1. Département de biologie, Université Laval, Québec, QC
2. Ministère des ressources naturelles et de la faune du Québec, QC

La truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*) est un salmonidé qui a été introduit au Québec à la fin des années 1800. Elle est reconnue pour être une espèce très compétitive, qui peut affecter considérablement les populations natives. Malgré un zonage piscicole restreignant son ensemencement dans les régions situées dans la portion amont du Fleuve St-Laurent, le nombre de captures de truite arc-en-ciel adultes dans les rivières de l'Est du Québec a plus que doublé depuis les années 70 et on observe désormais une reproduction naturelle dans au moins six d'entre elles. Le processus d'invasion est toutefois encore en cours et, étant donné le peu de populations établies jusqu'à présent, il est considéré comme étant à un stade précoce. Les objectifs de l'étude étaient : 1) de déterminer dans quelle mesure il y avait un risque de compétition, au stade juvénile, entre la truite arc-en-ciel et deux espèces indigènes, le saumon atlantique (*Salmo salar*) et l'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) dans les rivières de l'Est du Québec, 2) le cas échéant, d'évaluer la capacité de la truite arc-en-ciel à compétitionner efficacement avec ses conspécifiques, et 3) déterminer si la truite arc-en-ciel pouvait affecter négativement les espèces natives. Des inventaires de pêche électrique ont été réalisés dans neuf rivières de l'Est du Québec en 2007 et 2008, dont cinq où la truite arc-en-ciel est en mesure de se reproduire, afin de caractériser la distribution, l'habitat utilisé et le régime alimentaire des trois salmonidés au stade juvénile. La truite arc-en-ciel a presque toujours été retrouvée en sympatrie avec l'une ou l'autre des deux espèces natives, et les niches d'habitat (substrat, vitesse, profondeur) et d'alimentation se chevauchaient fortement. Ces résultats suggèrent un fort risque de compétition. Malgré un retard de taille en raison d'une date d'éclosion plus tardive, la truite arc-en-ciel a démontré un taux de croissance significativement supérieur à celui de ses conspécifiques lors de sa première année de vie, démontrant qu'elle était en mesure de compétitionner efficacement pour la nourriture et les habitats les plus optimaux. Finalement, en comparant les préférences et l'ampleur du chevauchement de niche pour différentes variables d'habitat du saumon atlantique et de l'omble de fontaine en absence et en présence de la truite arc-en-ciel, on a constaté que l'espèce exotique déplaçait les espèces natives dans des habitats où la couverture végétale était moins optimale et qu'elle semblait augmenter la compétition entre elles. Ainsi, malgré le fait que l'invasion de la truite arc-en-ciel soit encore à un stade précoce, l'espèce s'avère en mesure de compétitionner efficacement et d'affecter les salmonidés indigènes dans leur utilisation de l'habitat.

* isabel.thibault.2@ulaval.ca
julian.dodson@bio.ulaval.ca

Étude de l'impact de la remise à l'eau sur le succès reproducteur du saumon atlantique (*Salmo salar* L.): Bilan d'une première saison fructueuse.

* Antoine Richard¹, Mélanie Dionne², & Louis Bernatchez¹

1. Département de biologie, Université Laval, Québec, QC
2. Ministère des ressources naturelles et de la faune du Québec, QC

Aujourd'hui, plus de la moitié des saumons pêchés sportivement au Québec sont remis à l'eau. Les études menées sur l'efficacité de cette stratégie de conservation suggèrent que le taux de survie suivant un événement de remise à l'eau peut varier de 20 à 100 % selon la température de l'eau. Plusieurs questions restent toutefois à répondre quant aux effets sublétaux de la remise à l'eau. Le présent projet vise à quantifier l'effet de la remise à l'eau sur deux aspects de la valeur sélective du saumon atlantique, soit le patron de migration en eau douce et le succès reproducteur. Ce projet, subventionné par le CRSNG et mené conjointement par l'Université Laval, le MRNF (Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune) et le CBRE (Conseil de bassin de la Rivière des Escoumins), a débuté à l'été 2009 sur la rivière des Escoumins. Lors de cette première campagne d'échantillonnage, les pêcheurs sportifs ont été mis à contribution, ce qui a permis d'établir le profil génétique des saumons graciés en 2009. En parallèle, notre équipe a génotypé l'ensemble des 277 saumons qui ont franchi la passe migratoire située à l'embouchure de la rivière. En 2010, des pêches électriques seront effectuées sur l'ensemble des aires d'alevinage de la rivière et de ses tributaires afin de récolter des alevins. En utilisant les méthodes d'assignation parentale, nous serons alors en mesure de déterminer si les saumons pêchés puis remis à l'eau subissent une diminution de succès reproducteur comparativement aux saumons non-pêchés. De plus, 18 saumons ayant été graciés et 18 saumons non-pêchés seront munis d'un émetteur télémétrique et suivis jusqu'aux sites de fraie afin de comparer le comportement migratoire de ces deux groupes.

* antoine.richard.1@ulaval.ca
melanie.dionne@mrnf.gouv.qc.ca
louis.bernatchez@bio.ulaval.ca

La croissance compensatoire chez l'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*): influence de la variabilité environnementale

*Jade Larivière¹ et Julian Dodson¹

1. Département de biologie, Université Laval, Québec, QC

L'influence de la variabilité environnementale sur la croissance compensatoire de l'omble de fontaine fut étudiée pendant trois mois. 40 poissons ont été soumis à un cycle de salinité (3 à 10 ppt en 24 heures) et 40 autres ont été maintenus à une salinité stable (3 ppt). Dans chacun des traitements, 20 poissons ont subi un régime alimentaire restreint pendant 4 semaines. À chaque semaine, les poissons ont été pesés, la longueur du poisson et la largeur du pédoncule caudal furent mesurées. Mon hypothèse initiale était que le stress environnemental causé par les cycles de salinité allait limiter la croissance et empêcher la compensation. Il y a eu croissance compensatoire pour les poissons soumis au cycle de salinité, alors qu'aucune compensation ne fut observée pour les poissons maintenus en salinité constante. De plus, la croissance des poissons en cycle de salinité fut supérieure aux poissons en salinité stable. La relation allométrique entre la longueur et la largeur du pédoncule caudal a été maintenue indépendamment des traitements expérimentaux. La variabilité environnementale semble favoriser la croissance compensatoire tandis que la production d'hormones de croissance (GH) et du facteur de croissance de type insuline (IGF-I) serait, en partie, responsable de l'adaptation à l'eau salée et pourrait expliquer les résultats obtenus.

* jade.lariviere.1@ulaval.ca
julian.dodson@bio.ulaval.ca

Héritabilité des trajectoires de développement chez les juvéniles du saumon atlantique (*Salmo salar* L.) et l'existence d'une taille seuil à la migration

Catherine Bonenfant², David J. Páez¹, Orlane Rossignol¹, Louis Bernatchez¹, Helga Guderley¹, Jean-François Bourque³, *Julian Dodson¹

1. Département de biologie, Université Laval, Québec, QC
2. Ministère des ressources naturelles et de la faune du Québec, QC
3. AECOM, Québec, QC

La théorie suggère que le développement du comportement migratoire est contrôlé par un mécanisme de seuil critique; les individus qui dépassent une taille critique migrent tandis que les individus qui n'atteignent pas la taille critique retardent leur migration. Cependant, pour être considérée comme une stratégie adaptative, une partie de la variation dans la propension à migrer devrait être expliquée par des effets génétiques additifs. Ici, nous exploitons des données de terrain ainsi que les données issues d'une expérience contrôlée en laboratoire pour démontrer une base génétique associée à la migration en mer des smolts du saumon atlantique. Nous avons trouvé une héritabilité très élevée pour le trait sous-jacent à la propension à migrer (impliquant la distribution bimodale des trajectoires de développement chez les juvéniles) et des différences significatives parmi les groupes-pères au niveau des tailles seuils marquant la décision de migrer. Le développement du comportement migratoire au niveau des juvéniles est donc un processus hautement sensible aux effets de la sélection naturelle, ce qui explique en partie les différences inter-populationnelles de la taille à la smoltification.

Heritability of developmental trajectories in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) and the existence of a body-size threshold value at migration

*Migratory behaviour and associated phenotypic changes are favoured as an adaptive strategy when it incurs survival or reproductive advantages to migrants. The development of a migrant phenotype is believed to be controlled by threshold mechanisms, where individuals emigrate only after surpassing a particular body size, but delay migration if below. To be considered an adaptive strategy however, part of the phenotypic variance in the propensity to migrate must be explained by variation in additive genetic effects, that part of variation that can be affected by selection. Here we use data gathered in the field and from a common rearing experiment to demonstrate a strong genetic basis associated with seaward migration in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). We document a high heritability of the liability trait underlying the propensity to emigrate in juvenile salmon, and significant differences among sire groups in body-size threshold values above which emigration takes place. The presence of additive genetic variance in both the liability and thresholds makes the onset of migration a process sensitive to selection and may therefore constitute an important explanatory mechanism for the inter-population differences in the size at seaward migration observed in this species.*

* julian.dodson@bio.ulaval.ca
catherine.brisson-bonenfant@mrf.gouv.qc.ca
louis.bernatchez@bio.ulaval.ca
Helga.guderley@bio.ulaval.ca
Jean-Francois.Bourque@aecom.com
david.paez.1@ulaval.ca
orlane.rossignol.1@ulaval.ca

Évaluation de l'impact de la présence de l'algue *Didymosphenia geminata* sur le saumon atlantique juvénile dans le bassin versant de la rivière Restigouche

*Carole-Anne Gillis¹, Normand E. Bergeron¹ & Patrice Couture¹

1. INRS-Eau, Terre et Environnement, Québec, QC

Depuis 2006, plusieurs rivières à saumon de la Gaspésie et du Nouveau-Brunswick sont touchées par l'algue envahissante didymo (*Didymosphenia geminata*). Toutefois, il n'existe actuellement aucune information rigoureuse permettant d'évaluer son impact potentiel sur les populations de saumon atlantique (*Salmo salar*). Il a été démontré que didymo peut former des tapis mucilagineux modifiant les caractéristiques de l'habitat ainsi que l'abondance et la proportion d'insectes aquatiques (Gillis et Chalifour, 2009), principale ressource alimentaire pour les saumons juvéniles. Ainsi, l'objectif du projet de recherche est de vérifier l'influence de cette modification sur la sélection d'habitat, la diète et le comportement associé à la quête alimentaire des saumons juvéniles. En 2009, lors de la première phase du projet, plusieurs données de densités de saumons juvéniles, de benthos et de dérivés de larves d'insectes aquatiques ont été recueillies dans des sites où le recouvrement algal était variable. La présentation donnera une description des hypothèses de recherche, du design expérimental et des perspectives d'analyse de ce projet de recherche.

* gilliscaroleann@hotmail.com
normand.bergeron@ete.inrs.ca

Un modèle simple basé sur l'écologie du paysage fluvial pour prédire l'ampleur des montaisons annuelles de saumon atlantique dans 14 rivières gaspésiennes

*Muriel Kim¹ & Michel F. Lapointe¹

1. Département de géographie, Université McGill, Montréal, QC

Parmi les rivières à saumon atlantique (*Salmo salar*) de la Gaspésie, il existe une variabilité de 20 pour 1 dans l'ampleur des montaisons spécifiques (nombre de géniteurs par km² de bassin versant). Nous testons l'hypothèse que la distribution relative des différents types d'habitats essentiels est un facteur important contrôlant la production de saumon dans une rivière, et par la suite le nombre de reproducteurs qui retournent annuellement. Nous avons développé un modèle simple basé sur l'écologie du paysage fluvial qui se sert des sources de données facilement accessibles afin d'identifier les segments fluviaux les plus productifs ou optimaux. Ces segments sont identifiés à partir des caractéristiques physiques à grande échelle des rivières et des vallées, ainsi que de l'organisation spatiale des habitats complémentaires (des fosses dans lesquelles reposent les adultes, des frayères, et de l'habitat des gros tacons). L'habilité de ce modèle à prédire l'ampleur des montaisons annuelles a été testé pour 14 bassins versants de la Gaspésie. La longueur totale des segments fluviaux 'optimalement productifs' est un prédicteur efficace de la grandeur de la montaison pour ces bassins versants ($R^2 = 0.922$, $p < 0.0005$). De plus, il existe une corrélation significative même lorsque les différences de grandeur des bassins versants sont contrôlées ('montaisons spécifiques' : $R^2 = 0.750$, $p < 0.0005$). Notre modèle est aussi un meilleur prédicteur des montaisons que la méthode couramment utilisée par les agences de la faune pour quantifier l'abondance d'habitat productif qui, quoique appliquée à plus haute résolution spatiale, ne considère pas l'interconnexion et la complémentarité des différents habitats essentiels.

* muriel.kim@mail.mcgill.ca
michel.lapointe@mcgill.ca

Détermination de débits réservés écologiques pour le saumon atlantique utilisant la modélisation de microhabitats et de logique floue: le cas de la rivière Romaine (Québec, Canada)

*Patricia Johnston¹, Michel Bérubé¹, Louis Belzile², Behrouz Ahmadi-Nedushan⁴, André St-Hilaire³ et Gabriel Durocher¹

1. Hydro-Québec Équipement, Montréal, QC
2. GENIVAR, Québec, QC
3. INRS-Eau, Terre et Environnement, Québec, QC
4. Department of Civil Engineering, Yazd University, Yazd, IRAN

Le maintien d'un débit suffisant afin d'assurer le bon déroulement du cycle de vie des poissons d'eau douce est une problématique importante particulièrement pour l'industrie de l'hydroélectricité. L'évaluation d'un débit réservé écologique pour maintenir et mettre en valeur la population de saumon de la rivière Romaine (Côte-Nord, Québec), où un complexe hydroélectrique sera construit, a constitué un défi puisque cette rivière comporte des habitats salmonicoles peu typiques. Deux approches différentes ont été utilisées pour évaluer le régime de débits réservés : une approche classique de modélisation impliquant le calcul d'indice de qualité d'habitat (IQH) basé sur des données d'abondances locales de poissons et une approche de logique floue basée sur les connaissances d'experts dans le domaine. Ces deux approches ont employé un modèle hydraulique afin de simuler les profondeurs et les vitesses d'écoulement à différents débits. L'objectif de cette présentation est d'exposer comment le régime de débits réservés a été déterminé pour le projet de la rivière Romaine, d'en présenter les principes sous-jacents ainsi que les difficultés rencontrées.

Instream flow determination for Atlantic salmon using ecological modelling and fuzzy logic modelling: case study of the Romaine River (Québec, Canada)

The maintenance of sufficient flow to allow stream-dwelling species of fish to complete their life cycle is a critical issue for the hydroelectric industry in particular. The evaluation of an ecological flow regime to maintain and enhance the salmon population in the Romaine river, where a hydroelectric complex will be built, constituted a challenge as this river provides non-typical salmon habitats. Two different approaches have been used to evaluate the ecological flow regime: a classic modelling approach involving habitat suitability indices (HSI) based on local field data of fish abundances and a fuzzy modelling approach based on expert knowledge. Both approaches employed a hydraulic model to simulate water depths and velocities for different flow values. The objective of this presentation is to present the Romaine project instream flow determination as a case-study, and share both the rationale of the approach and the difficulties encountered.

* Johnston.Patricia@hydro.qc.ca
berube.michel@hydro.qc.ca
louis.belzile@genivar.com
andre.st-hilaire@ete.inrs.ca

NOTES

