

**15<sup>ème</sup> colloque  
annuel**



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

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

**3 – 4 mai 2012**

**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](mailto:francoise.colombani@bio.ulaval.ca)  
ou: [cirsa@cirsa.ulaval.ca](mailto: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*

**Jeudi 3 mai 2012**

<b>09h30 - 9h40</b>	Mot de bienvenue
<b>9h40 - 10h00</b>	Système de reproduction du saumon atlantique ( <i>Salmo salar</i> L.) et impact de la remise à l'eau : une étude moléculaire. <b>Antoine Richard</b> , Mélanie Dionne, Louis Bernatchez .....Page 5
<b>10h00 - 10h20</b>	Diminution du succès reproducteur de saumons atlantiques relâchés en nature après une génération en captivité. <b>Charles Perrier</b> , E. Milot, L. Papillon, J. Dodson et L. Bernatchez .....Page 6
<b>10h20 - 10h40</b>	Influence de la microflore de la peau de l'omble de fontaine ( <i>Salvelinus fontinalis</i> ) dans la protection contre les infections bactériennes opportunistes. <b>Sébastien Boutin</b> , Céline Audet, Louis Bernatchez et Nicolas Derome .....Page 7
<b>10h40 - 11h10</b>	<i>Pause-café</i>
<b>11h10 - 11h30</b>	L'utilisation de l'habitat influence-t-elle les patrons d'activité des juvéniles du saumon atlantique? <b>Mathieu Roy</b> , André Roy, Normand Bergeron et James Grant .....Page 8
<b>11h30 - 11h50</b>	La synchronicité automnale entre le changement de couleur des feuilles terrestres et la reproduction de l'omble de fontaine. <b>Marc Pépino</b> , Raphaël Proulx et Pierre Magnan .....Page 9
<b>11h50 - 12h10</b>	Evidence of alternative tactics in brook trout ( <i>Salvelinus fontinalis</i> ) spawning site selection related to incubation microhabitats in a harsh winter environment. <b>Jan Franssen</b> , Marc Pépino, Michel Lapointe et Pierre Magnan .....Page 10
<b>12h10</b>	<i>Dîner</i>
<b>14h10 - 14h30</b>	Impacts d'une autoroute sur les populations d'omble de fontaine en rivière. <b>Marc Pépino</b> , Marco A. Rodríguez et Pierre Magnan .....Page 11
<b>14h30 - 14h50</b>	Comparaisons de la composition tissulaire et de la génomique du tissu branchial entre deux populations anadrome et résidente d'omble de fontaine ( <i>Salvelinus fontinalis</i> Mitchell). <b>Andrée-Anne Lemieux</b> et Céline Audet.....Page 12
<b>14h50 - 15h10</b>	Outils génétiques pour le suivi des tailles effectives de populations de saumon atlantique au Québec. <b>Charles Perrier</b> , Mélanie Dionne, Guillaume Côté et Louis Bernatchez.....Page 13
<b>15h10 - 15h40</b>	<i>Pause-café</i>
<b>15h40 - 16h00</b>	Effets de différents environnements d'élevage stressants sur le profil de transcription et le développement du cerveau chez les saumoneaux de saumon atlantique élevés pour l'ensemencement. <b>Nadia Aubin-Horth</b> et Lars Ebbesson .....Page 14

<b>16h00 - 16h20</b>	Utilisation des isotopes stables pour l'étude de l'effet « bottom-up » des proliférations d'algue <i>Didymosphenia geminata</i> sur le <i>Salmo salar</i> juvénile <b>Carole-Anne Gillis</b> et Normand Bergeron.....Page 15
<b>16h20 - 16h40</b>	État des stocks de saumon atlantique en 2011. <b>Brian Skinner</b> , Mélanie Dionne et Vanessa Cauchon .....Page 16

### **Fin des présentations de la première journée**

### **Réception (5 à 7) à partir de 17 heures le 3 mai Hall, Pavillon La Laurentienne**

---

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

**vendredi 4 mai 2012**

<b>09h10 - 09h30</b>	L'exploration pétrolière dans le golfe du Saint-Laurent: faut-il craindre pour le saumon? <b>François Caron</b> .....Page 17
<b>09h30 - 09h50</b>	Calculs d'incertitude pour un modèle flou incluant de multiples experts pour le saumon atlantique. <b>Julien Mocq</b> , André Saint-Hilaire et Rick Cunjak .....Page 18
<b>09h50 - 10h10</b>	Modélisation de refuges thermiques pour salmonidés dans trois rivières de l'est canadien: conditions actuelles et projections futures. <b>Anik Daigle</b> , Dae Il Jeong et André St-Hilaire .....Page 19
<b>10h10 - 10h40</b>	<i>Pause-café</i>
<b>10h40 - 11h00</b>	Modélisation thermique de la rivière Fourchue : Modèle déterministe versus modèle statistique. <b>Laurie Beaupré</b> , André St-Hilaire, Anik Daigle et Normand Bergeron .....Page 20
<b>11h00 - 11h20</b>	Refuges thermiques en rivières pour les salmonidés de l'est du Canada. <b>Jean-François Gendron</b> et Michel Lapointe .....Page 21
<b>11h20 - 11h40</b>	Modélisation 3D des refuges thermiques aux confluent de cours d'eau. <b>Pascale Biron</b> et Lecia Mancini .....Page 22
<b>11h40 - 12h00</b>	Modélisation déterministe de la température de l'eau dans une rivière à saumon. <b>André St Hilaire</b> , Anik Daigle et Michel Lapointe .....Page 23
<b>12h00</b>	<i>Mot de clôture</i>

## **Système de reproduction du saumon atlantique (*Salmo salar* L.) et impact de la remise à l'eau : une étude moléculaire.**

\* **Antoine Richard**<sup>1</sup>, **Mélanie Dionne**<sup>2</sup>, & **Louis Bernatchez**<sup>1</sup>

1. Institut de Biologie Intégrative et des Systèmes (IBIS), Département de Biologie, Université Laval, QC
2. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, Québec, QC

L'utilisation des marqueurs moléculaires permet de décrire le système de reproduction et d'étudier les déterminismes du succès reproducteur (SR) individuel des espèces où l'observation du comportement reproductif est ardue et parfois trompeuse. Dans cette étude, nous tirons avantage de l'outil moléculaire et des méthodes d'assignation parentale afin de décrire le système de reproduction et d'identifier les déterminismes du SR individuel du saumon atlantique (*Salmo salar* L.). De plus, nous utilisons les résultats d'assignation parentale, un outil de gestion et de conservation qui croît en popularité, afin de mesurer l'impact de la remise à l'eau sur le SR du saumon atlantique.

Nous avons observé une importante variance du SR chez les deux sexes, mais la variance observée au sein des mâles était plus importante qu'au sein des femelles. Mâles et femelles sont majoritairement polygames et le nombre de partenaires est d'ailleurs positivement corrélé au SR, et cette relation est plus importante chez les mâles. Les tacons précoces ont participé activement à la reproduction, produisant 44% des alevins réassignés. La remise à l'eau a un faible impact négatif sur le nombre d'alevins produit et l'ampleur de cet impact est directement proportionnel à la taille de l'individu. Outre la taille, l'interaction entre la température de l'eau et l'exposition à l'air a également un impact négatif sur le SR d'un saumon remis à l'eau. Nos résultats améliorent notre compréhension du système de reproduction du saumon atlantique et confirment que, conditionnellement à de bonnes pratiques de remise à l'eau, les saumons remis à l'eau se reproduisent et participent à la pérennité des populations exploitées.

\* [antoine.richard.1@ulaval.ca](mailto:antoine.richard.1@ulaval.ca)  
[melanie.dionne@mrnf.gouv.qc.ca](mailto:melanie.dionne@mrnf.gouv.qc.ca)  
[louis.bernatchez@bio.ulaval.ca](mailto:louis.bernatchez@bio.ulaval.ca)

## **Diminution du succès reproducteur de saumons atlantiques relâchés en nature après une génération en captivité.**

\* **Charles Perrier**<sup>1</sup>, E. Milot<sup>1</sup>, L. Papillon<sup>1</sup>, J. Dodson<sup>1</sup> et L. Bernatchez<sup>1</sup>

1. Institut de Biologie Intégrative et des Systèmes (IBIS), Département de Biologie, Université Laval, QC

Afin de limiter les changements dans la structure génétique neutre des populations repeuplées et de réduire la domestication, la plupart des repeuplements de salmonidés sont désormais effectués en utilisant des géniteurs locaux conservés une seule génération en captivité. De récentes études suggèrent néanmoins qu'une seule génération en captivité pourrait suffire pour modifier certains traits de vie des individus relâchés, y compris leur succès reproducteur.

Sur la base de génotypes multilocus, nous avons réalisé des assignements de juvéniles nés dans la rivière Malbaie à leurs parents nés en milieu naturel ou en pisciculture. En moyenne pour les trois années étudiées, les individus nés en pisciculture ont un succès reproducteur moyen 1.8 fois inférieur à celui des poissons nés dans la rivière (1.28 vs 2.34). De plus, les poissons relâchés au stade alevin ont un meilleur succès reproducteur que ceux relâchés au stade smolt (1.66 vs 0.98). Ce plus faible succès reproducteur des saumons ensemencés au stade smolt est associé à un plus faible ratio grands saumons / madeleinaux. Ces résultats suggèrent qu'une seule génération en captivité pourrait réduire le succès reproducteur des poissons ensemencé au stade smolt principalement via la réduction de leur temps de séjour en mer et donc de leur taille à la reproduction. Cependant, cette étude suggère qu'un court temps de séjour en pisciculture grâce à un ensemencement au stade alevin n'entraîne pas d'importante modification du temps de séjour en mer ni du succès reproducteur.

\* [charles5perrier@gmail.com](mailto:charles5perrier@gmail.com)  
[julian.dodson@bio.ulaval.ca](mailto:julian.dodson@bio.ulaval.ca)  
[louis.bernatchez@bio.ulaval.ca](mailto:louis.bernatchez@bio.ulaval.ca)

## **Influence de la microflore de la peau de l'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) dans la protection contre les infections bactériennes opportunistes.**

\* **Sébastien Boutin**<sup>1</sup>, Louis Bernatchez<sup>1</sup>, Céline Audet<sup>2</sup>, et Nicolas Derome<sup>1</sup>

1. Institut de Biologie Intégrative et des Systèmes (IBIS), Département de Biologie, Université Laval, QC
2. ISMER, Université du Québec à Rimouski, Rimouski, QC

Les bactéries sont des organismes adaptés à tous les environnements et notamment les cellules eucaryotes. Grâce à l'avènement des nouvelles technologies de séquençage, les relations entre hôtes et bactéries ne sont plus étudiées comme des interactions à deux composantes mais comme des réseaux complexes. Nous avons donc utilisé les techniques d'analyses de co-occurrence déjà utilisées en écologie mais en les appliquant à une thématique nouvelle. Dans notre étude, nous nous sommes intéressés plus particulièrement au cas de l'omble de fontaine et de sa microflore cutanée afin de comprendre les bases des interactions existantes entre l'hôte et son cortège bactérien. L'hypothèse que nous avons formulée était que cette microflore cutanée constitue la première barrière de défense entre les pathogènes et l'hôte et que le stress de l'hôte déstabilise sa flore bactérienne, ce qui permet alors l'infection par les pathogènes opportunistes.

Nos résultats montrent que l'omble de fontaine possède bien une microflore bactérienne spécifique à l'état sain et qu'elle est fortement influencée par celle de l'eau. L'analyse des réseaux de co-variation a montré que la microflore est organisée en groupes de genres bactériens interagissant entre eux. Chacun de ces groupes d'interaction a une réponse propre suite au stress de l'hôte. Deux de ces groupes sont particulièrement intéressants puisqu'un d'entre eux contient des genres bactériens bien documentés pour leurs actions probiotiques et l'autre contient surtout des pathogènes. Ces deux groupes ont des réponses différentes suite aux stress de l'hôte. Le premier voit son abondance diminuer rapidement suite au stress avant de revenir à une abondance initiale montrant ainsi une certaine résilience de la microflore mutualiste. Le second, quant à lui, augmente constamment en abondance suite au stress, indiquant le passage vers un stade infectieux. Nos résultats indiquent donc que le stress influence bien la microflore bactérienne cutanée et prouvent l'importance du rôle des bactéries mutualistes dans le maintien de la protection de l'hôte contre les pathogènes.

\* [sebastien.boutin.1@ulaval.ca](mailto:sebastien.boutin.1@ulaval.ca)  
[celine\\_audet@uqar.qc.ca](mailto:celine_audet@uqar.qc.ca)  
[louis.bernatchez@bio.ulaval.ca](mailto:louis.bernatchez@bio.ulaval.ca)

## **L'utilisation de l'habitat influence-t-elle les patrons d'activité des juvéniles du saumon atlantique?**

\* **Mathieu Roy**<sup>1</sup>, **André Roy**<sup>1</sup>, **Normand Bergeron**<sup>2</sup> et **James Grant**<sup>3</sup>

1. Université de Montréal
2. INRS-Eau, Terre et Environnement, Québec, QC
3. Université Concordia

Dans le but de s'adapter aux fluctuations environnementales, les poissons modifient leurs patrons d'activité. Toutefois, la variabilité individuelle des patrons d'activité en réponse à l'utilisation de l'habitat demeure mal connue.

Nous avons marqué 66 saumons juvéniles (post-yoy) à l'aide de transpondeurs passifs et suivi l'activité et l'utilisation de l'habitat à l'aide d'un réseau d'antennes fixes pendant une période de trois mois, couvrant un déclin saisonnier de température (18-3°C).

Les poissons ont présenté des pics d'activité crépusculaire et une activité nocturne prépondérante durant l'été et l'automne. Toutefois, nous avons observé une forte variabilité inter-individuelle. Certains poissons ont été actifs principalement la nuit alors que d'autres ont fréquemment changé leurs périodes d'activité. L'activité a diminué en automne, mais aucune relation entre la température, le niveau d'eau et les patrons d'activité (i.e nocturne, diurne, etc.) n'a été observée. Durant l'été, les juvéniles ont utilisé des habitats de plus basse vitesse la nuit, mais pas l'automne, bien que certains individus ont adopté un patron inverse. De plus, aucune différence de vitesse n'a été observée entre les habitats utilisés le jour et la nuit pour les poissons qui étaient actifs pendant ces deux périodes d'une journée donnée. Donc, les différences moyennes de vitesse seraient attribuables à des poissons adoptant des patrons journaliers différents.

Ces résultats suggèrent que l'utilisation de l'habitat interagit avec l'adoption des patrons journaliers. Les individus utilisant des habitats sub-optimaux pourraient augmenter leur temps d'activité le jour afin de s'assurer d'un apport énergétique suffisant. Donc, la variabilité temporelle des patrons d'activité entre les poissons illustre la dynamique résultant des compromis entre croissance et mortalité à l'échelle du micro-habitat.

\* [mathieu.roy@gmail.com](mailto:mathieu.roy@gmail.com)  
[andre.roy@UMontreal.CA](mailto:andre.roy@UMontreal.CA)  
[normand.bergeron@ete.inrs.ca](mailto:normand.bergeron@ete.inrs.ca)



## **La synchronicité automnale entre le changement de couleur des feuilles terrestres et la reproduction de l'omble de fontaine.**

\* **Marc Pépino**<sup>1</sup>, Raphaël Proulx et Pierre Magnan<sup>1</sup>

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

Le changement climatique affecte les espèces et les écosystèmes différemment, conduisant potentiellement à des décalages temporels dans l'occurrence des processus biologiques. Les limites des programmes de surveillance actuels rendent difficiles l'étude de la phénologie des espèces à de hautes résolutions spatiale et temporelle, en particulier pour les organismes d'eau douce. Cette étude a évalué si le changement de couleur des feuilles à l'automne et la reproduction de l'omble de fontaine sont deux processus biologiques qui sont synchronisés à l'échelle régionale (c'est à dire lorsque sous l'influence des mêmes facteurs environnementaux) et si le changement de couleur des feuilles peut être utilisé pour déterminer la période de reproduction.

À cette fin, nous avons effectué un suivi intensif de 551 nids d'omble de fontaine et examiné 193 images numériques d'arbres forestiers dans la réserve faunique des Laurentides (Québec) au cours de la saison d'automne 2008. Les résultats ont montré que le changement de couleur des feuilles et la reproduction de l'omble de fontaine étaient hautement synchronisés, fournissant l'un des premiers exemples de synchronisation entre des processus biologiques terrestres et d'eau douce à l'échelle régionale. Ces résultats soutiennent la notion que les deux processus biologiques sont régis par des facteurs communs de l'environnement, comme fort probablement la température et la photopériode. Les suivis automatisés de la coloration des feuilles à l'aide d'images numériques peuvent être un outil prometteur pour surveiller la reproduction de l'omble de fontaine dans les territoires aménagés.

### ***Fall synchronicity between terrestrial leaf color change and brook trout spawning***

*Climate change affects species and ecosystems differently, potentially leading to temporal mismatches in the timing of biological processes. The limitations of current monitoring programs make it difficult to study the phenology of species at high spatial and temporal resolution, especially for freshwater organisms. This study evaluated whether leaf color change in fall and brook trout spawning are two biological processes that are synchronized at a regional scale (i.e., when under the influence of the same environmental factors) and if leaf color change could be used to determine the spawning season.*

*To this end, we conducted an intensive survey of 551 brook trout redds and examined 193 digital images of forest trees in the Laurentides Wildlife Reserve (Québec, Canada) over the 2008 fall season. Results showed that leaf color change and brook trout spawning were highly synchronized, providing one of the first examples of temporal matching between freshwater and terrestrial biological processes at the regional scale. These findings support the notion that the two biological processes are driven by common environmental factors, likely temperature and photoperiod. Automated surveys of leaf color change using digital images could be a promising tool to monitor brook trout spawning in managed territories.*

\* [Marc.Pepino@uqtr.ca](mailto:Marc.Pepino@uqtr.ca)  
[raphael.proulx@uqtr.ca](mailto:raphael.proulx@uqtr.ca)  
[Pierre.Magnan@uqtr.ca](mailto:Pierre.Magnan@uqtr.ca)

## Evidence of alternative tactics in brook trout (*Salvelinus fontinalis*) spawning site selection related to incubation microhabitats in a harsh winter environment.

\* Jan Franssen<sup>1</sup>, Marc Pépino<sup>2</sup>, Michel F. Lapointe<sup>1</sup> et Pierre Magnan<sup>2</sup>

1. Département de géographie, Université McGill, Montréal, QC
2. Département de chimie-biologie, Université du Québec à Trois-Rivières, Trois-Rivières, QC

Species with distributions that span a broad range of latitudes may have populations that exhibit distinct life history traits associated with environmental gradients. Although the majority of previous studies indicate a strong association between brook trout (*Salvelinus fontinalis*) spawning site selection and the presence of upwelling groundwater, the thermal regimes at northern sites suggest that the microhabitat scale association between groundwater upwelling and redd site selection may not span the entire latitudinal range of this species.

We investigated the role of hyporheic flow in brook trout redd site selection in a relatively high latitude boreal system. Hyporheic flows through streambed substrates can be groundwater or surface water dominant, and be influenced by the presence of morphological features. For autumn spawners such as brook trout, embryos situated in microhabitats where hyporheic flow in the shallow substrate is groundwater dominant (i.e., warmer in winter) are likely to experience accelerated development rates relative to embryos nested in redds that are under the influence of downwelling surface water (i.e., colder in winter). To explain observed patterns in trout redd site selection in relation to hyporheic flow patterns we measured vertical hydraulic gradients (VHG) at the microhabitat scale, and the spatial and temporal variation in upwelling/downwelling flow and thermal regimes in brook trout spawning/incubation habitats. Additionally, we noted the proximity of redd sites to stream morphological features (e.g., riffle-crests).

Our results indicate that upwelling flow was not used as a decisive cue in redd site selection at the microhabitat scale (100m), as an approximately equal number of redds were situated in microhabitats with upward flow as were situated in microhabitats with downward flow. Redds adjacent to a riffle-crest or log-step bedforms were associated with downward flow, whereas redds not immediately adjacent to these morphological features were associated with upward flow. Winter streambed temperatures confirmed that both steady upwelling (i.e., warm incubation regime) and downwelling (i.e., cold incubation regime) sites were indeed selected by spawners and thus over two spawning seasons redd sites, with distinct thermal regimes, were selected. Our observations that spawners utilized both cold regime and warm regime sites suggests the existence of distinct reproductive tactics related to hyporheic flow patterns in this boreal system. As temperature is the dominant factor controlling rates of embryonic development, the use of spawning microhabitats with distinct thermal regimes implies substantial differences in the timing of hatching and the phenology of emergence from these habitats.

\* [jan.franssen@mail.mcgill.ca](mailto:jan.franssen@mail.mcgill.ca)  
[marc.pepino@uqtr.ca](mailto:marc.pepino@uqtr.ca)  
[michel.lapointe@mcgill.ca](mailto:michel.lapointe@mcgill.ca)  
[Pierre.Magnan@uqtr.ca](mailto:Pierre.Magnan@uqtr.ca)

## Impacts d'une autoroute sur les populations d'omble de fontaine en rivière.

\* Marc Pépino<sup>1</sup>, Marco A. Rodríguez<sup>1</sup> & Pierre Magnan<sup>1</sup>

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

Les routes fragmentent durablement le paysage. La sédimentation induite par les travaux routiers et la restriction des déplacements au niveau des traverses sont les deux principaux impacts des routes sur les populations de poissons. L'objectif de cette étude a été de quantifier les impacts d'une autoroute sur les populations d'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) en s'intéressant à : (i) la distribution estivale, (ii) la dispersion estivale et (iii) la reproduction à l'automne. Cette étude s'intègre dans le projet d'élargissement de l'axe routier 73/175 entre les villes de Québec et du Saguenay entrepris par le ministère des Transports du Québec. Un plan d'échantillonnage extensif incluant 38 cours d'eau sur un tronçon linéaire de 157 km a été retenu pour effectuer le suivi des travaux autoroutiers de 2006 à 2008. Nos résultats indiquent que la diminution du niveau de franchissement des traverses augmente les différences de densités entre l'aval et l'amont. Une restriction des déplacements vers l'amont est le mécanisme le plus plausible pour expliquer ces différences. Les travaux autoroutiers n'ont pas eu d'impact majeur à court terme sur la densité de population d'omble de fontaine, ni sur la reproduction. Les approches de modélisation développées dans cette étude proposent des mesures quantitatives de la fragmentation de l'habitat permettant une évaluation rigoureuse des impacts autoroutiers sur les populations de poisson en rivière.

### *Highway impacts on stream-dwelling brook trout populations*

*Roads durably fragment the landscape. Sedimentation arising from road construction and restriction of passage at crossings are the two main impacts of road on fish populations. The objective of this study was to quantify highway impacts on brook trout (*Salvelinus fontinalis*) populations through: (i) summer distribution, (ii) summer dispersal and (iii) fall spawning. This study is part of the widening project of the highway 73/175 between Québec and Saguenay cities undertaken by the Ministry of Transport of Québec. An extensive sampling scheme including 38 streams along a 157-km stretch was used to survey highway construction from 2006 to 2008. Our results indicate that decreasing the passability of crossing increase the differences between downstream and upstream densities. Restriction of upstream movements is the most plausible mechanism to explain these differences. Highway construction had no major short-term impact on population density of brook trout, nor on spawning. The modeling approaches developed in this study offer quantitative measures of habitat fragmentation for rigorous assessment of highway impacts on stream fish populations.*

\* [Marc.Pepino@uqtr.ca](mailto:Marc.Pepino@uqtr.ca)  
[marco.rodriguez@uqtr.ca](mailto:marco.rodriguez@uqtr.ca)  
[Pierre.Magnan@uqtr.ca](mailto:Pierre.Magnan@uqtr.ca)

## **Comparaisons de la composition tissulaire et de la génomique du tissu branchial entre deux populations anadrome et résidente d'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis* Mitchill).**

\* **Andrée-Anne Lemieux**<sup>1</sup> et Céline Audet<sup>1</sup>

1. ISMER, Université du Québec à Rimouski, Rimouski, QC

L'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*, de la famille des Salmonidae, présente dans la rivière Laval au Québec abrite deux populations parapatriques génétiquement distinctes. Une d'elles est anadrome tandis que l'autre est résidente. La forme anadrome effectue des migrations saisonnières en eau salée alors que la forme résidente demeure en eau douce. Notre expérience a été menée en milieu contrôlé sur des alevins des deux formes et âgés d'un an et plus afin de tester l'hypothèse d'une réorganisation cellulaire au niveau de l'épithélium branchial chez la forme anadrome. La réorganisation cellulaire serait effectuée principalement par apoptose. L'expression de différents gènes tels que l'annexine A2, la grancalcine et la transcélotase liés à l'apoptose a été mesurée afin de comparer les deux formes. Des mesures quant à la structure des lamelles et filaments branchiaux ont été effectuées en microscopie optique.

\* [andreeannelemieux@gmail.com](mailto:andreeannelemieux@gmail.com)  
[celine\\_audet@uqar.qc.ca](mailto:celine_audet@uqar.qc.ca)

## **Outils génétiques pour le suivi des tailles effectives de populations de saumon atlantique au Québec.**

\* **Charles Perrier**<sup>1</sup>, **Mélanie Dionne**<sup>2</sup>, **Guillaume Côté**<sup>1</sup> et **Louis Bernatchez**<sup>1</sup>

1. Institut de Biologie Intégrative et des Systèmes (IBIS), Département de Biologie, Université Laval, QC
2. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, Québec, QC

La taille effective est un bon indicateur de l'état des populations puisqu'elle peut être directement reliée à la consanguinité et la diversité génétique et ainsi aider à évaluer le potentiel évolutif et la persistance de ces populations. Nous présentons ici un projet piloté par le ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec s'échelonnant sur trois ans et visant à évaluer et suivre l'état génétique et, en particulier, la taille effective des populations de saumon atlantique au Québec. Ce projet a pour objectifs principaux de i) caractériser la taille effective et la diversité génétique de 10 populations modèles de saumon atlantique (100 individus par rivière et par année analysés à 15 marqueurs microsatellites), ii) évaluer la stabilité à court terme de ces indices génétiques grâce à l'analyse d'un minimum de 3 cohortes successives, iii) évaluer l'impact desensemencements sur la diversité génétique et la taille effective, et iv) étudier la variabilité à long terme (depuis les années 1950) des indices génétiques de 5 de ces populations.

Les premiers résultats mettent en évidence des tailles effectives variables et corrélées à la taille des populations et à l'intensité desensemencements. Si la taille effective apparaît relativement stable à court terme, l'étude des échantillons historiques suggère des changements de ce paramètre à long terme pouvant refléter l'évolution de la taille des stocks. Les conclusions de cette étude permettront de mieux comprendre les effets de l'exploitation et desensemencements sur la diversité génétique et la taille effective des populations de saumon atlantique, d'effectuer une gestion plus prédictive des stocks et de contribuer à la mise à jour du plan de gestion et d'exploitation de l'espèce.

\* [charles5perrier@gmail.com](mailto:charles5perrier@gmail.com)  
[melanie.dionne@mrf.gouv.qc.ca](mailto:melanie.dionne@mrf.gouv.qc.ca)  
[louis.bernatchez@bio.ulaval.ca](mailto:louis.bernatchez@bio.ulaval.ca)

## **Effets de différents environnements d'élevage stressants sur le profil de transcription et le développement du cerveau chez les saumoneaux de saumon atlantique élevés pour l'ensemencement.**

\* **Nadia Aubin-Horth**<sup>1</sup> et Lars Ebbesson<sup>2,3</sup>

1. Institut de Biologie Intégrative et des Systèmes (IBIS), Département de Biologie, Université Laval, QC
2. Department of Cell and Organism Biology, Lund University, Lund, Sweden
3. Uni Environment, Bergen, Norway

Bien qu'une définition du bien être des poissons varie, un but principal reste de fournir un environnement qui minimise les stressseurs qui affectent la santé et les fonctions mentales de l'animal élevé en captivité. Notre but est de caractériser le lien entre le stress environnemental, la plasticité neurale et des processus comportementaux (apprentissage et mémoire) qui sont des habiletés centrales pour le saumon atlantique juvénile pour faire face à l'environnement, une fois relâché en nature. Nous avons exposé des juvéniles au stade pré-smolt à des concentrations d'aluminium-acide retrouvées en nature, d'hyperoxie retrouvées en aquaculture ou de niveaux pharmacologiquement élevés de cortisol. Nous avons ensuite réalisé différents tests comportementaux et un échantillonnage de leur cerveau afin de déterminer si ces stressseurs affectent la mémoire et l'apprentissage, le développement du cerveau et les profils de transcription à l'échelle génomique et s'ils le font de la même manière.

## Utilisation des isotopes stables pour l'étude de l'effet « bottom-up » des proliférations d'algue *Didymosphenia geminata* sur le *Salmo salar* juvénile

\* Carole-Anne Gillis<sup>1</sup> et Normand E. Bergeron<sup>1</sup>

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 didymo (*Didymosphenia geminata*). Cette espèce envahissante produit un tapis algal épipélique important dans les rivières oligotrophes à débit stable. L'ampleur des proliférations et le manque de connaissances concernant ces impacts potentiels sur la population salmonicole soulèvent plusieurs inquiétudes. Jusqu'à maintenant, il a été démontré que l'algue didymo modifie les caractéristiques de l'habitat ainsi que l'abondance et la proportion d'insectes aquatiques, soit la principale ressource alimentaire des saumons juvéniles (Gillis et Chalifour, 2010). En réponse à ces changements, ces derniers modifient leur comportement alimentaire. Il est donc possible que la dynamique trophique soit modifiée en présence de proliférations algales.

Afin de déterminer l'effet « bottom-up » de l'algue didymo, une analyse des isotopes stables a été réalisée sur deux sites ayant des recouvrements contrastants (0% vs. 100%). À chacun des sites, 4 taxons d'insectes aquatiques, 12 alevins et 12 tacons ont été échantillonnés. Les muscles et les foies des saumons juvéniles ont été prélevés. Les résultats préliminaires démontrent que le  $\delta^{13}\text{C}$  est légèrement plus élevé en présence de l'algue didymo, laissant supposer que ces consommateurs ont une diète appauvrie contrairement aux individus des sites sans didymo (McCutchan *et al.*, 2003). Divers résultats, actuellement en cours d'analyse, seront présentés et la portée de l'impact des proliférations sur la population de saumon atlantique sera discutée.

\* [gilliscaroleann@hotmail.com](mailto:gilliscaroleann@hotmail.com)  
[normand.bergeron@ete.inrs.ca](mailto:normand.bergeron@ete.inrs.ca)

## État des stocks de saumon atlantique en 2011.

\* **Brian Skinner**<sup>1</sup>, Mélanie Dionne<sup>1</sup> et Vanessa Cauchon<sup>1</sup>

1. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, QC

Les montaisons et le niveau d'exploitation par la pêche sportive du saumon atlantique sont suivis annuellement par le ministère des Ressources naturelles et de la Faune. La prise en considération de la variation de ces données constitue l'un des aspects de la flexibilité des outils de gestion du saumon atlantique au Québec. Ces données sont également des informations prisées des scientifiques et des pêcheurs en tant qu'indicateurs de l'état de santé des stocks des rivières du Québec.

Après une année 2010 au cours de laquelle les montaisons de saumon atlantique ont été à la hausse pour l'ensemble du Québec en comparaison de la moyenne des cinq années précédentes, la saison 2011 s'est avérée réellement exceptionnelle. La majorité des indicateurs d'abondance du saumon atlantique dans les rivières de la province témoignent d'une hausse remarquable des stocks en 2011.

Pour l'ensemble des régions salmonicoles de la province, on a observé une hausse dans les montaisons mesurées, dans la fréquentation par les pêcheurs et dans le succès de pêche. Il faut remonter à 1997 pour mesurer des retours provinciaux de saumon atlantique aussi élevés. L'abondance des reproducteurs en rivière est quant à elle de l'ordre de celles annuellement évaluées dans les années 1980. Parallèlement, l'effort de pêche mesurée est le plus élevée depuis l'instauration du bilan provincial annuel standardisé en 1984, ce qui témoigne de la popularité grandissante de la pêche au saumon au Québec et de l'attention dont cette espèce bénéficie.

\* [Brian.Skinner@mrnf.gouv.qc.ca](mailto:Brian.Skinner@mrnf.gouv.qc.ca)  
[melanie.dionne@mrnf.gouv.qc.ca](mailto:melanie.dionne@mrnf.gouv.qc.ca)



## **L'exploration pétrolière dans le golfe du Saint-Laurent: faut-il craindre pour le saumon?**

**\* François Caron<sup>1</sup>**

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

L'exploration et l'exploitation pétrolière sont amorcées de façon modeste en milieu terrestre dans la péninsule gaspésienne. Par contre, la présence de réserves gazières et pétrolières importantes au centre du golfe du Saint-Laurent pourrait donner lieu à des activités intensives au cours des prochaines années. Le MDDEP a lancé une Étude Environnementale Stratégique à cet effet. Comme il fallait s'y attendre, on s'inquiète en premier lieu des répercussions pour la faune marine, mais faut-il craindre pour le saumon?

De façon générale, les stocks de saumon dans le monde ont considérablement diminué depuis le début des années 90. Les rivières du pourtour du golfe n'échappent pas à cette règle générale même si l'année 2011 a connu de bons retours; dans ce contexte, la prudence s'impose.

Une revue de littérature nous apprend que l'on connaît assez bien le milieu fluvial dans lequel vit le saumon. Les études sont réduites en ce qui concerne son utilisation des estuaires, mais suffisantes tout de même pour affirmer que ces milieux sont à la fois très importants et très sensibles à toutes formes d'activités qui pourraient en affecter ses qualités.

En ce qui concerne le milieu marin, les connaissances actuelles sont insuffisantes pour pouvoir prendre position. On sait que le saumon effectue une croissance rapide et spectaculaire à plusieurs égards dans le golfe, mais sans connaître suffisamment l'utilisation spatiale de cet habitat. Tous travaux qui risqueraient d'affecter la chaîne alimentaire ou les voies de migration du saumon pourraient lui nuire.

Dans ce contexte, nous suggérons aux autorités d'entreprendre rapidement des travaux de recherche pour combler ce manque de connaissances afin d'être en mesure de prendre des décisions éclairées lorsque le temps sera venu de le faire.

[f1caron@videotron.ca](mailto:f1caron@videotron.ca)

## Calculs d'incertitude pour un modèle flou incluant de multiples experts pour le saumon atlantique.

\* **Julien Mocq**<sup>1</sup>, André Saint-Hilaire<sup>1</sup> et Rick Cunjak<sup>2</sup>

1. Groupe de recherche en hydrologie statistique, INRS-Eau, Terre et Environnement, Québec, QC
2. University of New-Brunswick, Fredericton, New Brunswick

Dans de nombreux cas, les besoins en débits réservés, c'est-à-dire les volumes d'eau par unité de temps laissés en aval des structures hydrauliques (ex. : barrages), sont estimés par des modèles de préférences d'habitat développés pour une espèce donnée de poisson censée représenter les besoins de l'ensemble de l'écosystème aquatique. Les changements des variables physiques (vitesse du courant, profondeur, taille du substrat) de l'habitat sont modélisés en fonction des débits et les préférences d'habitat des espèces considérées sont représentées par des Indices de Qualité d'Habitat (IQH). Cependant, ces modèles sont le plus souvent spécifiques au cours d'eau pour lequel ils ont été développés, et peuvent ne pas être aisément exportables à d'autres rivières. Par ailleurs, les incertitudes autour des valeurs données par ces modèles sont rarement estimées.

Dans notre projet, la modélisation d'habitat du saumon atlantique *Salmo salar* pour trois stades de vie (« jeune de l'année », « tacon » et « adulte frayant ») a été réalisée à l'aide de la logique floue. Cette méthode a été développée pour représenter des connaissances imprécises ou incertaines sur les préférences d'habitat et les connaissances afférentes à ces préférences. Nous l'avons appliquée pour modéliser l'habitat du saumon sur la rivière Romaine (Québec). Vingt-six experts du saumon, canadiens et européens, ont défini les ensembles et les règles flous, c'est-à-dire les différentes catégories linguistiques d'une variable (ex. : « faible », « moyenne » et « profonde » pour la variable « profondeur ») et les conséquences des combinaisons des catégories des différentes variables entre elles, sous forme d'IQH. Pour chaque expert, nous avons ainsi pu calculer une courbe d'Aires Pondérées Utiles (APU) standardisées en fonction du débit pour plusieurs tronçons de la rivière Romaine.

Le nombre important d'experts participants, et donc de courbes d'APU obtenues, nous a permis de calculer par la technique de ré-échantillonnage non paramétrique (bootstrap) les intervalles de confiance autour d'une courbe médiane et d'évaluer ainsi les variations attendues dans les réponses de la qualité de l'habitat en fonction du débit.

\* [julien.mocq@ete.inrs.ca](mailto:julien.mocq@ete.inrs.ca)  
[andre.st-hilaire@ete.inrs.ca](mailto:andre.st-hilaire@ete.inrs.ca)

## **Modélisation de refuges thermiques pour salmonidés dans trois rivières de l'est canadien: conditions actuelles et projections futures.**

**Anik Daigle**<sup>1, 2</sup>, Dae Il Jeong<sup>1</sup> et André St-Hilaire<sup>1, 2</sup>

1. Groupe de recherche en hydrologie statistique, INRS-Eau, Terre et Environnement, Québec, QC
2. Canadian Rivers Institute, New-Brunswick

La température de l'eau en rivière étant fortement liée aux conditions climatiques, il est à prévoir que les régimes thermiques des rivières seront affectés par les changements climatiques attendus au cours des prochaines décennies. Les espèces aquatiques sténothermes seront les plus fortement et les plus rapidement affectées par ces changements. Par exemple, les conditions thermiques de croissance optimales des salmonidés se situent entre 16°C et 20°C. À des températures plus grandes que 24°C, les saumons atlantiques juvéniles cessent de se nourrir et peuvent même quitter leur territoire pour se déplacer vers des zones plus fraîches. L'abondance et la persistance de tels refuges thermiques peuvent être d'une importance vitale pour la survie des populations de saumons dans plusieurs rivières canadiennes.

Notre travail, mené dans le cadre d'un projet RDC du CRSNG portant sur la détection et la signification biologique des refuges thermiques estivaux des salmonidés dans les rivières de l'Est canadien dans la perspective de changements climatiques, s'intéresse en particulier à trois importantes rivières à saumon de l'Est canadien, dont deux chauffent jusqu'à des températures dépassant le seuil léthal du saumon atlantique (>28°C) à tous les étés.

La température de l'eau a été mesurée à 53 sites répartis sur les trois bassins pendant 2 à 18 étés (juin à septembre). Environ la moitié de ces sites sont des refuges thermiques connus ou potentiels (surtout des tributaires froids). Des relations statistiques ont été développées entre la température de l'eau à chaque site et les conditions météo (température de l'air et précipitations), de façon à évaluer, d'après les conditions climatiques historiques, combien de ces sites ont constitué des refuges thermiques potentiels entre 1970 et 1999. Les modèles ont aussi été soumis aux sorties de cinq modèles/scénarios du climat futur (2046-2065), pour évaluer combien de ces sites demeureront des refuges thermiques potentiels dans l'avenir. Les régimes thermiques actuels et futurs sont comparés à l'aide de différentes statistiques de températures (moyenne journalière, maximum 7-jours, nombre de jours consécutifs au-dessus de divers seuils, écart moyen de température entre un refuge et la rivière principale).

\* [anik.daigle@ete.inrs.ca](mailto:anik.daigle@ete.inrs.ca)  
[andre.st-hilaire@ete.inrs.ca](mailto:andre.st-hilaire@ete.inrs.ca)

## **Modélisation thermique de la rivière Fourchue : Modèle déterministe versus modèle statistique.**

\* **Laurie Beaupré<sup>1</sup>**, André St-Hilaire<sup>1</sup>, Anik Daigle<sup>1</sup> et Normand Bergeron<sup>1</sup>

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

La température de l'eau est un facteur important qui modifie les patrons de distribution ainsi que l'abondance des communautés de poissons en rivière et ceci est particulièrement vrai dans le cas des salmonidés. Sachant que les barrages modifient le régime thermique des rivières, la compréhension de ces changements est primordiale pour gérer efficacement l'habitat du poisson. Le projet a pour objectif d'approfondir les connaissances de l'impact des barrages sur le régime thermique des rivières en eau libre.

Pour ce faire, un modèle déterministe (SnTEMP) ainsi qu'un modèle statistique basé sur l'analyse de corrélations canoniques seront calés sur la rivière Fourchue (St-Alexandre-de-Kamouraska, Québec), en amont ainsi qu'en aval du réservoir Morin. Le modèle déterministe permet de simuler les chroniques de température moyenne de l'eau à partir d'intrants météorologiques et du débit. Le modèle statistique estime directement différents indices de température (statistiques descriptives du régime thermique). Les deux modèles seront comparés sur la base de leur efficacité dans l'estimation de certains indices de température telle que la température moyenne ou mensuelle, qui sont des paramètres importants pour comprendre la distribution et la croissance de l'ichtyofaune. Des thermographes (19 au total) ont été installés dans les deux sections de rivière afin de caractériser le régime thermique et de caler les modèles. Un autre volet du projet consiste à caractériser et à comparer l'ichtyofaune dans les deux environnements. Lors de la présentation, les composantes du modèle SnTEMP seront expliquées et les résultats préliminaires du modèle statistique, présentement en cours d'analyse, seront aussi décrits.

\* [laurie.beaupre@ete.inrs.ca](mailto:laurie.beaupre@ete.inrs.ca)  
[andre.st-hilaire@ete.inrs.ca](mailto:andre.st-hilaire@ete.inrs.ca)  
[anik.daigle@ete.inrs.ca](mailto:anik.daigle@ete.inrs.ca)  
[normand.bergeron@ete.inrs.ca](mailto:normand.bergeron@ete.inrs.ca)

## **Refuges thermiques en rivières pour les salmonidés de l'est du Canada.**

\* **Jean-François Gendron**<sup>1</sup> et Michel Lapointe<sup>1</sup>

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

Le saumon et la truite répondent aux fluctuations de température des rivières en se déplaçant vers des zones fraîches lorsque les températures du chenal principal dépassent leurs seuils supérieurs de tolérance (22-27°C). Ces zones sont de plus en plus reconnues comme constituant un aspect important de l'habitat fluvial, puisqu'elles peuvent agir en tant que refuges pour les salmonidés durant les mois d'été. La présente étude a d'une part pour objectif d'examiner les processus physiques qui mènent à la formation de zones fraîches en rivières, et d'autre part, de déterminer si certaines de ces zones sont utilisées par les salmonidés par temps chaud. Deux principaux mécanismes sont ciblés, soit 1) la confluence de tributaires froids et 2) la stratification thermique verticale.

Des techniques de surveillance environnementale sont d'abord mises en place pour caractériser la dynamique des anomalies thermiques ainsi formées, puis des mesures tant morphométriques que physicochimiques sont effectuées, afin de dresser un portrait de la variabilité des conditions existantes au sein de ces zones. Des relevés visuels sont également réalisés dans le but de documenter l'utilisation d'anomalies froides stratifiées, lors d'un événement de stress thermique modéré. Par la suite, un outil simple de modélisation hydraulique est employé pour déterminer comment certains paramètres de confluence pourraient influencer la géométrie des refuges thermiques issus de tributaires froids. Enfin, la combinaison de méthodes statistiques connues permet d'évaluer quels facteurs morpho-hydrauliques sont associés à la présence de stratification thermique en rivière, et quelles conditions de l'habitat physique des refuges semblent être sélectionnées de préférence par les salmonidés.

\* [jeanfrancoisgendron@gmail.com](mailto:jeanfrancoisgendron@gmail.com)  
[michel.lapointe@mcgill.ca](mailto:michel.lapointe@mcgill.ca)

## Modélisation 3D des refuges thermiques aux confluents de cours d'eau.

\* **Pascale Biron**<sup>1</sup> et Lecia Mancini<sup>1</sup>

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

Les confluents de cours d'eau sont des nœuds particulièrement importants dans les bassins versants. En géomorphologie, on présume généralement que l'impact des tributaires augmente avec le ratio des aires de bassin-versant du tributaire et du cours d'eau principal. Toutefois, lorsque l'on examine l'impact écologique des tributaires, notamment en ce qui a trait aux refuges thermiques, les petits tributaires peuvent jouer un très grand rôle lorsque les températures élevées dans le cours d'eau principal engendrent un stress pour les salmonidés. L'impact de ces petits tributaires comme refuges thermiques ne peut cependant pas être documenté sans des mesures à une résolution spatiale suffisamment fine.

L'objectif de cette étude est d'étudier dans une rivière à saumons la zone de mélange à un confluent où un gradient de température existe entre un petit tributaire plus frais (Catamaran Brook, Nouveau Brunswick) et le cours d'eau principal (Little Southwest Miramichi). Des données de température ont été recueillies à l'aide de 15 senseurs répartis sur une distance de 80 mètres à partir de l'embouchure du confluent. Des données de topographie du lit et de vitesse ont aussi été recueillies afin de développer un modèle hydrodynamique en trois dimensions de la répartition spatiale des températures.

Les résultats indiquent des variations temporelles importantes dans le plan de mélange et donc dans la superficie du refuge thermique avec les fluctuations du niveau d'eau des deux cours d'eau. Les données de température correspondent qualitativement assez bien aux images thermiques recueillies à ce site. Les simulations numériques 3D montrent aussi une bonne correspondance avec les données de terrain et s'avèrent un outil efficace pour prévoir les dimensions des refuges thermiques en fonction des conditions d'écoulement des tributaires.

\* [pascale.biron@concordia.ca](mailto:pascale.biron@concordia.ca)  
[lecia.mancini@concordia.ca](mailto:lecia.mancini@concordia.ca)

## **Modélisation déterministe de la température de l'eau dans une rivière à saumon.**

**André St Hilaire**<sup>1</sup>, Anik Daigle<sup>1</sup> et Michel Lapointe<sup>2</sup>

1. Groupe de recherche en hydrologie statistique, INRS-Eau, Terre et Environnement, Québec, QC
2. Département de géographie, Université McGill, Montréal, QC

La température de l'eau est une variable de première importance dans la définition de la disponibilité et de la qualité des habitats aquatiques. Les scénarios de changements climatiques prévoient une hausse de la température moyenne de l'air dans plusieurs régions dans lesquelles on retrouve des rivières à saumon et/ou autres salmonidés avec une tolérance limitée à la chaleur. Afin de générer des scénarios de température de l'eau, deux approches principales sont disponibles. La première consiste à utiliser les modèles statistiques pour établir des fonctions de transfert entre certaines variables météorologiques (température de l'air, précipitations) et la température de l'eau. La seconde, qui est utilisée dans le présent projet, consiste à utiliser un modèle déterministe de température de l'eau. Ces modèles sont basés sur le calcul du bilan thermique à chaque point d'intérêt sur le cours d'eau.

Dans le présent projet, le modèle CEQUEAU a été calé sur le ruisseau Catamaran (Nouveau-Brunswick). Le modèle simule d'abord les débits à partir d'intrants météo (précipitation, température de l'air, etc.), puis calcule un bilan thermique sur les volumes d'eau estimés. Le bilan calculé inclut des termes estimant les flux associés à la radiation solaire (longues et courtes longueurs d'ondes), la chaleur latente (évapotranspiration), le flux de chaleur sensible et les flux de chaleur associés au transport de la masse d'eau de l'amont vers l'aval. Le modèle a été calé à trois stations sur le ruisseau Catamaran : un site sur le tronçon principal du ruisseau (site 1), un affluent important (site 2) et un tributaire plus petit (site 3). La racine de l'erreur quadratique moyenne (RMSE) pour la période de calage était de 1,7, 1,2 et 2,1 °C pour les sites 1, 2 et 3, respectivement. Subséquemment, les sorties des modèles climatiques générées pour différents scénarios futurs seront utilisées afin de générer des scénarios de température de l'eau et d'analyser les différences entre les régimes thermiques présents et futurs.

\* [andre.st-hilaire@ete.inrs.ca](mailto:andre.st-hilaire@ete.inrs.ca)  
[anik.daigle@ete.inrs.ca](mailto:anik.daigle@ete.inrs.ca)  
[michel.lapointe@mcgill.ca](mailto:michel.lapointe@mcgill.ca)

**NOTES**



**NOTES**

**NOTES**