

18^{ème} colloque annuel



Centre interuniversitaire
de recherche sur
le saumon atlantique

Progrès récents dans les travaux de recherche du CIRSA

7 – 8 mai 2015

**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



Lancement de deux concours de prix étudiant supportés par la FQSA et le CIRSA



**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) 877-5844
courrier électronique : francoise.colombani@bio.ulaval.ca
Site internet CIRSA : <http://www.bio.ulaval.ca/cirsa>

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

jeudi 7 mai 2015

09h30 - 9h40	<i>Mot de bienvenue</i>
	CONFÉRENCIER INVITÉ
9h40 - 10h10	The Mactaquac Aquatic Ecosystem Study: Aquatic environmental science in support of the Mactaquac Hydro-Electric Generation Station renewal project R. Allen Curry , <i>Canadian Rivers Institute / University of New Brunswick</i>Page 6
10h10 - 10h30	État de référence (2009-2014) de la population de saumon atlantique de la rivière Romaine Patricia Johnston , Jean Therrien et Gabriel DurocherPage 7
10h30 - 10h50	La modélisation thermique en aval d'un barrage sur la rivière Fourchue : comparaison entre approches déterministe et statistique André Saint-Hilaire , Jaewon Kwak et Fateh ChebanaPage 8
10h50 - 11h20	<i>Pause-café</i>
11h20 - 11h40	Gestion de la rivière Nechako : Adaptation d'un outil de modélisation à la prévision d'ensembles du débit et de la température de l'eau Sébastien Ouellet-Proulx , André-St-Hilaire et Marie-Amélie BoucherPage 9
11h40 - 12h00	Utilisation des modèles additifs généralisés pour la modélisation de la température de l'eau à la rivière Sainte-Marguerite, Québec Fatima Laanaya , André St-Hilaire et E. Gloaguen.....Page 10
12h00 - 12h20	Transfert de chaleur entre la cavité du corps et la température ambiante chez les poissons : est-ce que les excursions courtes sont des mécanismes comportementaux pour exploiter des ressources dans un environnement thermique défavorable ? Marc PépinoPage11
	<i>Dîner</i>
14h00 - 14h20	RivTemp : Réseau de suivi de la température de l'eau des rivières à saumon atlantique (<i>Salmo salar</i>) de l'Est du Canada Normand Bergeron , André St-Hilaire, Claudine Boyer, Anik DaiglePage 12
14h20 - 14h40	Propositions de réseaux de mesure de la température de l'eau en rivière optimisés pour le territoire québécois Anik Daigle , André St-Hilaire, Normand Bergeron et Jean-Nicolas Bujold.....Page 13
14h40 - 15h00	Optimisation du réseau de mesure de la température de l'eau pour la rivière Ouelle Bouchra Nasri , Anik Daigle, André St-HilairePage 14
15h00 - 15h20	Réseaux de mesures de la température de l'eau des rivières du Québec: exploration de méthodes statistiques multivariées Julien Saint-Pierre Fortin , Anik Daigle, André St-Hilaire.....Page 15
15h20 - 15h50	<i>Pause-café</i>

15h50 - 16h10	Analyse par imagerie vidéo à éclairage infrarouge du comportement spatial de l'omble de fontaine (<i>Salvelinus fontinalis</i>) dans un ponceau routier ondulé Pierre-Marc Constantin , Normand Bergeron, Nadia Aubin-HorthPage 16
16h10 - 16h30	Fragmentation de l'habitat du saumon atlantique (<i>Salmo salar</i>) par les ponceaux routiers et forestiers Rosemarie Gagnon-Poiré , Pierre-Marc Constantin et Normand Bergeron.....Page 17
16h30 - 16h50	Utilisation de l'ADN environnemental archivé dans les sédiments pour reconstruire la dynamique passée des saumons du Pacifique Joanna Gauthier , David Walsh, Daniel Selbie, Isabelle Domaizon and Irene Gregory-Eave.Page 18

Fin des présentations de la première journée

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

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

Vendredi 8 mai 2015

09h00 - 09h20	Quatre saisons d'enquêtes: Quel est l'impact des proliférations de l'algue didymo sur le saumon atlantique juvénile? Carole-Anne Gillis et Normand Bergeron.....Page 19
09h20 - 9h40	Régulation de la croissance chez l'omble de fontaine (<i>Salvelinus fontinalis</i>): étude de l'axe somatotrope Laurence Deneault-Tremblay , Aurélie Dupont-Prinet, Nadia Aubin-Horth, Louis Bernatchez, Céline Audet.....Page 20
9h40 - 10h00	Evaluating the efficacy of a salmon translocation project on the Sainte-Marguerite River, Year 1 Danielle Frechette , Normand Bergeron, Mélanie DionnePage 21
10h00- 10h20	Stress physiologique : Effet de l'hypoxie sur l'omble de fontaine (<i>Salvelinus fontinalis</i>) en milieu lacustre Dave Gadbois-Côté , Gilbert Cabana, Hélène GlémetPage 22
10h20- 10h40	Évaluation de la prédation par le cormoran à aigrettes (<i>Phalacrocorax auritus</i>) des smolts de saumon atlantique (<i>Salmo salar</i>) du bassin versant de la rivière Restigouche (QC et NB) Joanie Carrier , Carole-Anne Gillis et Normand Bergeron.....Page 23
10h40 - 11h10	Pause-café
11h10 - 11h30	Étude régionale de l'impact des barrages sur le régime thermique des rivières de l'est du Canada Audrey Maheu , André St-HilairePage 24
11h30 - 11h50	Outils de caractérisation des cours d'eau et de la connectivité des habitats pour la gestion du saumon Mathieu Roy , Céline Le Pichon, Normand Bergeron, Marc Mingelbier, Jean-Nicolas Bujold, Carole-Anne GillisPage 25
11h50 - 12h10	FishProbio I: Stratégie probiotique endogène pour prévenir et traiter une infection opportuniste majeure chez les Salmonidae, la furunculose Jeff Gauthier , Steve J. Charette, Nicolas DeromePage 26

- 12h10 - 12h30** Le microbiote du saumon atlantique
Martin Llewellyn, Justine Létourneau, Carlos Garcia, Florian Thonier, Mélanie Dionne, Phil Mc
Ginnity, **Nicolas Derome**Page 27
- 12h30 - 12h50** La Corporation du bassin de la Jacques-Cartier : 35 ans d'actions pour la réintroduction du saumon
dans la rivière Jacques-Cartier.
Antoine Rivierre, Antoine Bourke.....Pag 28
- 12h50 - 13h00** *Annonce des récipiendaires d'une bourse de la Fondation de la faune du Québec pour les
meilleures présentations étudiantes*

Mot de clôture

The Mactaquac Aquatic Ecosystem Study: Aquatic environmental science in support of the Mactaquac Hydro-Electric Generation Station renewal project

* **R. Allen Curry**¹

1. Canadian Rivers Institute / University of New Brunswick

The Mactaquac Aquatic Ecosystem Study (MAES) is a partnership with NB Power that provides the aquatic environmental science in support of the Mactaquac Hydroelectric Generation Station renewal project. The MAES will support a pending decision to either rebuild or remove the dam, which would be the largest planned dam removal to date. It is a highly integrated research program planned for the next 20+ years and designed to explore the potential consequences for the river and its reservoir.

The study will describe the spatial and temporal characteristics of the river ecosystem's structure and function. This information will be used to explore the potential consequences of the proposed manipulations, i.e., what are the environmental challenges and opportunities for either replacing or removing the dam. We are establishing baseline environmental conditions, developing appropriate indices for environmental monitoring, and predicting the flow, sediment, and temperature regimes which control future habitats in the river. The research also describes the consequences of dam rebuilding for species at risk, fish passage, and managing flows to protect the river ecosystem's goods and services. The planned manipulation of an ecosystem at this scale constitutes one of the largest freshwater studies and experiments ever attempted.

The MAES is an investment by NB Power in its green economy, and the partnership acknowledges the emerging economic significance of ecosystem goods and services. It is a precedent-setting case study for Environmental Impact Assessment in Canada. The MAES will create a template of approaches and methods that will facilitate the incorporation of aquatic ecosystem science into informed decision-making and management for this site and future hydropower projects as well as contributing important new knowledge for river restoration. The challenges addressed and environmental sciences solutions derived from the MAES will be a landmark achievement for the future of EIAs in Canada and around the world.

* racurry@unb.ca

État de référence (2009-2014) de la population de saumon atlantique de la rivière Romaine

* **Patricia Johnston**¹, Jean Therrien² et Gabriel Durocher¹

1. Hydro-Québec, Équipement et services partagés
2. WSP Canada Inc.

Hydro-Québec construit un complexe hydroélectrique de 1550 MW sur la rivière Romaine, au nord de la municipalité de Havre-St-Pierre, sur la Côte-Nord. Le remplissage du premier réservoir et la mise en service du premier aménagement hydroélectrique (Romaine-2) en 2014 marque le début de l'exploitation du Complexe. Un programme de suivi environnemental, lequel comprend plusieurs aspects de la biologie du saumon de la Romaine, a été mis en place depuis 2009.

Les 5 années de suivi du saumon de la Romaine ont permis de constater que la population a subi un déclin important, avant même le début du projet, comparativement aux données de l'étude d'impact datant de 2001-2004. Le suivi des montaisons, de la reproduction du saumon, de la survie des embryons et des juvéniles ainsi que de la dévalaison des smolts ont permis de mieux comprendre cette population et d'orienter les activités de restauration. Les divers suivis biologiques se poursuivront jusqu'en 2040, soit 20 ans après la fin de la construction, afin de s'assurer de l'efficacité des mesures de protection de l'environnement mises en place et de la pérennité de la ressource importante que représente le saumon.

* Johnston.Patricia@hydro.qc.ca
... Jean.Therrien@wspgroup.com

La modélisation thermique en aval d'un barrage sur la rivière Fourchue : comparaison entre approches déterministe et statistique

* **André St-Hilaire**^{1,2}, Jaewon Kwak¹ et Fateh Chebana¹

1. Institut National de la Recherche Scientifique – Centre Eau Terre et Environnement
2. Canadian Rivers Institute

L'analyse et la prévision de la température de l'eau sont des outils primordiaux pour la gestion des impacts potentiels ou réels des ouvrages hydrauliques comme les barrages. L'objectif de cette étude consiste à comparer différents modèles de température de l'eau utilisés sur un cours d'eau aménagé, la rivière Fourchue (St-Alexandre-de-Kamouraska, Québec, Canada) entre 2011 et 2014.

Trois types de modèles ont été utilisés: un déterministe (CEQUEAU), un stochastique (autorégressif avec moyenne mobile et variables exogènes, ou ARMAX) et un non-linéaire (non linéaire autorégressif avec variables exogènes, ou NARX).

L'efficacité de chaque modèle est analysée et comparée aux autres. Le modèle ARMAX est celui qui performe le mieux parmi les trois. Cependant, les modèles autorégressifs présentent un risque de sur-ajustement, surtout lorsqu'ils sont calibrés sur de courtes séries chronologiques. Le modèle déterministe CEQUEAU a obtenu une performance adéquate, sans ce risque de sur-ajustement.

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

Gestion de la rivière Nechako : adaptation d'un outil de modélisation à la prévision d'ensemble du débit et de la température de l'eau

***Sébastien Ouellet-Proulx**¹, André-St-Hilaire^{1,2} et Marie-Amélie Boucher³

1. Institut National de la Recherche Scientifique – Centre Eau Terre et Environnement
2. Canadian Rivers Institute
3. Université du Québec à Chicoutimi - Département des Sciences Appliquées

La rivière Nechako (Colombie-Britannique) est, dans sa partie aval, un site de montaison du saumon rouge du Fraser (*Oncorhynchus nerka*) pendant une période allant du 20 juillet au 20 août. Depuis le début des années 1980, un programme de suivi de la température de l'eau est en place dans la rivière pour assurer la conservation de l'espèce. Ce programme demande au gestionnaire d'un ouvrage de rétention situé en amont le maintien d'un débit de relâche suffisamment élevé pour assurer le non-dépassement d'une température seuil de 20 °C. La distance entre le déversoir et le tronçon critique est d'environ 275 km, pour un temps de parcours estimé à cinq jours. Sur la base du temps de parcours, les prévisions hydrologique et thermique d'horizons d'un à cinq jours constituent un outil essentiel à la bonne gestion de la rivière.

La prévision hydrologique se bute à un certain nombre de contraintes tant théoriques que pratiques. Ces limites induisent une incertitude à chacune des étapes de la modélisation et influencent la précision et la justesse des résultats. L'une des sources d'incertitude réside dans la prévision météorologique, principal intrant de la prévision hydrologique. L'une des façons de représenter cette incertitude est la production d'ensembles prévisionnels. Cela se résume à la réalisation de multiples prévisions météorologiques pour lesquelles les conditions initiales sont perturbées. Dans le but d'explicitier cette incertitude attribuable à la prévision météorologique propagée dans le processus de prévision hydrologique et thermique, des ensembles météorologiques ont été fournis au modèle hydrologique CEQUEAU.

Le modèle CEQUEAU a été ajusté à la partie aval du bassin versant de la rivière Nechako. Il s'agit d'un modèle en cascade qui nécessite un ajustement successif des paramètres des modèles hydrologique et thermique. Des critères de Nash-Sutcliffe de 0,96 et 0,86 ont été obtenus respectivement en période de calage et de validation, lors de l'ajustement du modèle hydrologique. L'ajustement des paramètres du modèle thermique a été optimisé afin de mieux reproduire les températures de l'eau observées en période critique. Une erreur quadratique moyenne (RMSE) de 0,78 °C en période de calage et de 0,95 °C en période de validation a été mesurée. Des résultats préliminaires de prévisions hydrologique et thermique ont été obtenus et seront présentés ultérieurement.

* Sebastien.Ouellet-Proulx@ete.inrs.ca
andre.st-hilaire@ete.inrs.ca

Utilisation des modèles additifs généralisés pour la modélisation de la température de l'eau à la rivière Sainte-Marguerite, Québec

* **Fatima Laanaya**¹, André St-Hilaire^{1,2} et E. Gloaguen¹

1. Institut National de la Recherche Scientifique – Centre Eau Terre et Environnement
2. Canadian Rivers Institute

De nombreuses études ont traité de la température de l'eau qui demeure une variable importante pour la qualité de l'eau et l'habitat aquatique. Il est donc impératif de pouvoir prédire son comportement afin de maximiser la gestion des rivières et de leur faune.

La modélisation de la température de l'eau a été explorée selon différents types d'approches. Les modèles déterministes (ex. CEQEAU) demandent un grand nombre d'intrants et la connaissance de plusieurs paramètres afin de présenter les échanges de masse et d'énergie. Les modèles statistiques se basent sur les corrélations entre un nombre relativement restreint de variables d'entrée (ex. température de l'air, débit) et la température de l'eau. Ces derniers ont l'avantage de nécessiter moins de paramètres et peu de covariables. De multiples travaux de modélisation statistique (ex. régressions linéaire, sigmoïde, modèle autorégressif) de la température de l'eau ont déjà été effectués avec chacun ses forces et ses faiblesses.

Dans la présente étude, nous proposons d'utiliser les modèles additifs généralisés (GAM), avec comme variables d'entrée, la température de l'air et le débit. Les GAM permettent de tenir compte de relations non-linéaires complexes entre les paramètres (la forme des relations est déterminée par les données). La performance des GAM sera analysée en comparant ces résultats à ceux des modèles sigmoïde et autorégressif. Les données utilisées sont les données journalières de la rivière Sainte-Marguerite qui est un affluent de la rivière Saguenay. Les premiers résultats montrent que les modèles GAM sont plus robustes aux non stationnarités.

* laanaya.fatima@ete.inrs.ca
andre.st-hilaire@ete.inrs.ca

Transfert de chaleur entre la cavité du corps et la température ambiante chez les poissons : est-ce que les excursions courtes sont des mécanismes comportementaux pour exploiter des ressources dans un environnement thermique défavorable ?

***Marc Pépino**¹

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

La température est indubitablement le facteur environnemental le plus important affectant les processus physiologiques chez les ectothermes. Les modèles de transfert de chaleur décrivent le mieux comment la température interne des poissons répond à un environnement thermique fluctuant. Particulièrement, le coefficient de transfert de chaleur (k), défini comme le taux de changement instantané de la température du corps en relation à la différence entre la température ambiante et corporelle, résume les processus de transfert de chaleur comme la conduction thermique directe et la convection passive/active.

L'objectif principal de cette étude était d'estimer le coefficient k d'ombles de fontaine équipés d'émetteurs thermiques internes sous des expériences de laboratoire contrôlées. Les poissons étaient d'abord transférés de réservoirs d'acclimatation (10°C) à des réservoirs à 14°C, 19°C ou 23°C (expériences de réchauffement) et puis retournés aux réservoirs d'acclimatation (10°C; expériences de refroidissement), résultant à six changements abrupts de température ambiante. Nous avons utilisés des modèles mixtes non-linéaires pour estimer le coefficient k .

Une comparaison des modèles a indiqué que le modèle incorporant le coefficient k en fonction de la différence de température absolue (dT : 4°C, 9°C and 13°C) décrivait le mieux le changement de température corporelle. Par l'incorporation des estimés de k pour simuler la température corporelle dans un environnement thermique hétérogène, nous suggérons que les excursions courtes (i.e., < 60 min) pourraient être un comportement de thermorégulation général adopté par les poissons pour exploiter des ressources dans un environnement thermique défavorable.

Heat-transfer between body cavity and ambient temperature in fish: are short excursions behavioral mechanisms to exploit resources in unfavorable thermal environment?

Temperature is undoubtedly the most prominent environmental factor affecting physiological processes in ectotherms. Heat-transfer models best describe how internal fish temperature responds to fluctuating thermal environment. Specially, the heat-transfer coefficient (k), defined as the instantaneous rate of change in body temperature in relation to difference between ambient and body temperature, summarizes heat-transfer processes such as direct thermal conduction and passive/active convection. The main objective of this study was to estimate the k -coefficient of brook trout equipped with internal temperature-sensitive transmitters under controlled laboratory experiments. Fish were first transferred from acclimation tanks (10°C) to tanks at 14°C, 19°C or 23°C (warming experiments) and then turned back to acclimation tanks (10°C; cooling experiments), resulting in six abrupt changes of ambient temperature. We used non-linear mixed models to estimate the k -coefficient.

Model comparison indicated that the model incorporating k -coefficient as a function of absolute temperature difference (dT : 4°C, 9°C and 13°C) best described body temperature change. By incorporating k -estimates to simulate body temperature in heterogeneous thermal environment, we suggest that short excursions (i.e., < 60 min) could be a common thermoregulation behavior adopted by fish to exploit resources in unfavorable thermal environment.

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

RivTemp : Réseau de suivi de la température de l'eau des rivières à saumon atlantique (*Salmo salar*) de l'Est du Canada

* Normand Bergeron¹, André St-Hilaire^{1,2}, Claudine Boyer¹, Anik Daigle^{1,3}

1. Institut National de la Recherche Scientifique – Centre Eau Terre et Environnement
2. Canadian Rivers Institute
3. Cégep Garneau

Depuis un peu plus d'un an, différents intervenants du milieu du saumon collaborent à la mise sur pied de **RivTemp**, un réseau ayant pour objectif principal de mettre en commun et rendre accessible les informations disponibles concernant la température de l'eau des rivières à saumon de l'Est du Canada.

À date, des informations historiques provenant de 386 sites distribués sur 124 rivières ont été centralisées dans une base de données relationnelle SQL (Structured Query Language) qui permet aux utilisateurs d'effectuer à distance divers types de requêtes et de sauvegarder le résultat sur son poste de travail. **RivTemp** vise également à accroître et optimiser le nombre de thermographes actifs sur les rivières à saumon grâce à la collaboration bénévole de *partenaires locaux* (organismes ou personnes) qui s'impliquent au niveau de l'installation de thermographes sur leur rivière, de la récupération annuelle des données et du transfert des informations au réseau. Un guide pratique d'installation des thermographes a été produit et des rencontres de formations sont prévues.

Deux projets pilotes ont été initiés à l'été 2014 sur les rivières Restigouche et Miramichi où respectivement 30 et 33 nouveaux thermographes ont été ajoutés à ceux actuellement gérés par Pêche et Océan Canada. Les données provenant de ces thermographes sont utilisées dans un projet de recherche en cours visant à développer une méthode efficace d'optimisation du nombre et de la distribution spatiale des thermographes dans un bassin versant. Un site web fournissant tous les détails à propos de RivTemp sera prochainement mis en ligne.

* normand.bergeron@ete.inrs.ca
andre.st-hilaire@ete.inrs.ca
claudine.boyer@ete.inrs.ca
anik.daigle@ete.inrs.ca

Propositions de réseaux de mesure de la température de l'eau en rivière optimisés pour le territoire québécois

* **Anik Daigle**^{1,2}, **André St-Hilaire**^{1,3}, **Normand Bergeron**¹ et **Jean-Nicolas Bujold**⁴

1. Institut National de la Recherche Scientifique, Centre Eau Terre Environnement
2. Cégep Garneau
3. Canadian Rivers Institute
4. Ministère de la Forêt de la Faune et des Parcs

Le réseau hydrique québécois fera très prochainement face à des changements importants, dus en particulier au développement du Nord québécois et à l'évolution du climat. Certaines populations aquatiques sont déjà soumises à des épisodes de stress thermiques, si bien que des changements dans la distribution des habitats d'espèces d'eau froide ont déjà été observés en Amérique du Nord. Les efforts de préservation des populations à risque devraient se reposer sur une bonne connaissance des conditions thermiques naturelles auxquelles elles se sont adaptées. De telles connaissances nécessitent un suivi de la température de l'eau en rivière sur le territoire québécois, suivi inexistant à l'heure actuelle.

Le projet en cours vise à établir un plan de réseau de mesure de la température de l'eau en rivière optimisé pour le territoire québécois, en faisant usage de techniques d'optimisation de réseaux de mesure et de l'analyse physiographique des régimes thermiques québécois. La méthodologie se base sur l'hypothèse qu'un tel réseau peut être conçu en échantillonnant de façon optimale les caractéristiques physiographiques et climatiques des bassins versants.

Des propositions de réseaux pour le territoire québécois, basées sur différentes méthodes de sélection de variables et de sites et tenant compte de différentes contraintes, seront présentées.

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

Optimisation du réseau de mesure de la température de l'eau pour la rivière Ouelle

* **Bouchra Nasri**¹, Anik Daigle^{1,2}, André St-Hilaire^{1,3}

1. Institut National de la Recherche Scientifique – Centre Eau Terre et Environnement
2. Cégep Garneau
3. Canadian Rivers Institute

La température de l'eau des rivières influence directement les organismes aquatiques. Elle influence entre autres leur croissance et leur comportement. Elle est aussi un facteur très important dans la détermination de la qualité de l'eau, car elle dicte le taux maximal de la dissolution de l'oxygène dans l'eau. La température de l'eau représente donc un facteur limitant pour les organismes aquatiques. Comprendre le régime thermique des rivières nécessite un suivi de la température de l'eau.

Ce travail vise à l'optimisation d'un réseau de mesure de la température de l'eau existant, en testant différents sous-ensembles minimisant la densité de sites à instrumenter tout en assurant un maximum d'information. L'optimisation se fera en se basant sur des mesures de l'entropie marginale et conjointe. Elles permettent de quantifier le contenu moyen en information d'une seule variable (entropie marginale) ou de plusieurs variables à la fois (entropie conjointe). On peut définir, par la suite, la transinformation (ou l'information mutuelle) qui est une combinaison linéaire de ces deux mesures. La transinformation est une quantité mesurant le degré de dépendance entre les variables au sens entropique. Elle est nulle si et seulement si les variables sont indépendantes, et croit lorsque la dépendance augmente. Le réseau qui sera choisi est celui qui maximise la transinformation d'un ensemble défini de sites vers les sites non retenus. Pour ce travail, nous sommes intéressés à optimiser le réseau de la température de l'eau des rivières Ouelle et Sainte-Marguerite.

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

Réseaux de mesures de la température de l'eau des rivières du Québec: exploration de méthodes statistiques multivariées

* **Julien Saint-Pierre Fortin**¹, Anik Daigle^{1,2}, André St-Hilaire^{1,3}

1. Institut National de la Recherche Scientifique – Centre Eau Terre et Environnement
2. Cégep Garneau
3. Canadian Rivers Institute

Dans une perspective de développement durable et de conservation de la biodiversité au Québec, il importe, en ce qui à trait aux salmonidés, d'acquérir une bonne connaissance des changements de la température de l'eau des rivières québécoises. En effet, les populations de salmonidés sont sensibles à l'amplitude et à la fréquence de ces variations. C'est entre autres en constituant un réseau de mesures du régime thermique de ces rivières que les scientifiques seront correctement outillés pour évaluer l'incidence de ces changements.

Plus précisément, pour établir ce réseau, il s'agit de déterminer les variables les plus descriptives parmi un ensemble de variables physico-climatiques présélectionnées. À cet effet, il existe une diversité de méthodes statistiques qu'il incombe d'examiner. Le présent travail s'engage donc ici à explorer trois méthodes différentes pour la constitution de ce réseau de mesures: respectivement l'analyse en composantes principales, l'algorithme des k-moyennes et finalement, le calcul de l'entropie des distributions multivariées. Si ces méthodes nous offrent une variété de résultats, il sera par la suite nécessaire d'opérer un travail de vérification sur des données connues afin de sélectionner le réseau le plus pertinent pour le cas d'étude.

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

Analyse par imagerie vidéo à éclairage infrarouge du comportement spatial de l'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) dans un ponceau routier ondulé

* Pierre-Marc Constantin¹, Normand Bergeron¹, Nadia Aubin-Horth²

1. Institut National de la Recherche Scientifique – Centre Eau Terre et Environnement
2. Institut de Biologie Intégrative et des Systèmes (IBIS), Département de Biologie, Université Laval

Afin de mieux comprendre l'impact des ponceaux sur la mobilité des poissons, l'étude de leur comportement spatial à petite échelle (trajectoires, vitesses de nage, fréquence de repos) est fondamentale. Les études antérieures de marquage-recapture et celles utilisant le suivi télémétrique n'offrent cependant pas la résolution spatiale suffisante afin de comprendre la façon dont les poissons se comportent à l'intérieur des ponceaux.

L'objectif principal de ce projet consiste à utiliser l'imagerie vidéo à éclairage infrarouge afin d'analyser le comportement spatial détaillé et continu de l'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) lors du franchissement d'un ponceau routier. Plus spécifiquement, le projet vise à déterminer l'effet des conditions hydrauliques dans le ponceau et de la personnalité individuelle des poissons (témérité et tendance à explorer) sur les caractéristiques de ce comportement. Entre juin et octobre 2014, des ombles de fontaine de différentes tailles ont été marqués à l'aide de transpondeurs passifs intégrés et leur personnalité a été quantifiée en milieu semi-naturel. Les ombles de fontaine ont ensuite été relâchés dans une cage connectée à l'extrémité aval d'un ponceau en tôle ondulée galvanisée. Lors d'une tentative de passage vers l'amont, le comportement spatial des ombles a été documenté à l'aide d'un réseau de caméras vidéo à éclairage infrarouge. Cette expérience a été reproduite dans des conditions hydrauliques modérées et fortes. Une caractérisation précise des vitesses d'écoulement permettra de déterminer l'effort fourni par les individus lors du franchissement.

Les résultats préliminaires montrent que la personnalité (témérité et tendance à explorer) chez ces salmonidés peut être mesurée en milieu semi-naturel. L'analyse des images vidéo dans le ponceau permet de suivre, avec précision, les mouvements des ombles de fontaine lors d'une tentative de passage. Ces résultats préliminaires seront présentés.

* Pierre-Marc.Constantin@ete.inrs.ca
normand.bergeron@ete.inrs.ca
Nadia.Aubin-Horth@bio.ulaval.ca

Fragmentation de l'habitat du saumon atlantique (*Salmo salar*) par les ponceaux routiers et forestiers

* **Rosemarie Gagnon-Poiré**¹, Pierre-Marc Constantin¹ et Normand Bergeron¹

1. Institut National de la Recherche Scientifique – Centre Eau Terre et Environnement

Les ponceaux constituent la manière la plus économique d'assurer l'écoulement des petits cours d'eau sous les routes et les chemins forestiers. Toutefois, les conditions hydrauliques à l'intérieur de ceux-ci peuvent les rendre complètement ou partiellement infranchissables par les poissons. Ils ont alors pour conséquence de fragmenter l'habitat disponible en bloquant l'accès aux poissons aux portions de cours d'eau situées en amont. Bien que les frayères des saumons atlantique (*Salmo salar*) se situent principalement dans le tronçon principal des rivières, les saumons juvéniles colonisent les petits tributaires afin de s'alimenter et se réfugier.

La présente étude vise à évaluer la fragmentation de l'habitat du saumon atlantique par les ponceaux dans le bassin versant de grandes rivières à saumon du Québec (Cascapédia, Matapédia et Patapédia en Gaspésie ainsi que Sainte-Marguerite au Saguenay). Dans un premier temps, la caractérisation physique de 126 ponceaux (Cascapédia n=27, Matapédia n=80, Patapédia n=6 et Sainte-Marguerite n=13) a été effectuée par la mesure de paramètres tels que la longueur et la pente du ponceau, la hauteur de chute à l'aval ainsi que le degré d'obstruction du ponceau par les végétaux ou les sédiments. Ensuite, en utilisant le modèle prédictif du succès de passage des salmonidés juvéniles dans les ponceaux élaboré par Coffman (2005), les ponceaux inventoriés ont été classifiés selon trois catégories : franchissable, infranchissable ou incertain. Les résultats montrent que pour l'ensemble des ponceaux inventoriés sur les quatre rivières, 38% ont été classés franchissable, 21% infranchissables et 41% incertains. La prochaine étape du projet, qui sera réalisée à l'été 2015 dans le bassin versant de la rivière Cascapédia, consiste à évaluer le succès de passage des saumons juvéniles à travers un sous-échantillon de ponceaux grâce à une approche de marquage-recapture utilisant la télémétrie PIT (transpondeurs passifs intégrés).

Les données relatives au succès de passage des poissons ainsi que les caractéristiques physiques des ponceaux serviront à valider et raffiner le modèle prédictif de Coffman (2005) pour le saumon atlantique. En outre, une analyse SIG permettra de calculer les pertes d'habitats associées à chacun des ponceaux classés infranchissable.

* Rosemarie.Gagnon-Poire@ete.inrs.ca
normand.bergeron@ete.inrs.ca
..Pierre-Marc.Constantin@ete.inrs.ca

Utilisation de l'ADN environnemental archivé dans les sédiments pour reconstruire la dynamique passée des saumons du Pacifique

* **Joanna Gauthier**¹, David Walsh², Daniel Selbie³, Isabelle Domaizon⁴ et Irene Gregory-Eave¹

1. Université McGill
2. Université Concordia
3. Pêches et Océans Canada, Volet scientifique, Région du Pacifique
4. Institut National de la Recherche Agronomique, CARTELE

Le saumon rouge est considéré comme une espèce clé dans les écosystèmes aquatiques et terrestres bordant l'océan Pacifique Nord. De récentes analyses isotopiques (delta 15N) de sédiments ont montré que les populations de saumons fluctuent substantiellement, même suivant l'établissement de la pêche commerciale. Bien que la méthode de delta 15N a été démontrée efficace en Alaska et au nord de la Colombie-Britannique, il est difficile d'interpréter ces données isotopiques dans les sédiments en provenance de régions plus peuplées. Malheureusement, ces régions composent une grande proportion d'habitats du saumon rouge dans la région du Pacifique Nord.

L'objectif de ce projet est donc de développer une méthode basée sur l'ADN environnemental pour reconstruire les dynamiques populationnelles de saumon à partir des extraits de sédiments. Des expériences d'introduction d'ADN de saumon ont été entreprises pour 1) évaluer l'efficacité d'utiliser un tampon phosphate antérieurement à l'extraction d'ADN et pour 2) déterminer la limite de détection d'ADN de saumon dans les sédiments. Suivant l'extraction d'ADN, une réaction en chaîne par polymérase (PCR) a été utilisée afin d'amplifier le gène mitochondrial cytochrome *b* des saumons. L'utilisation du tampon phosphate est la méthode la plus efficace pour détecter l'ADN de saumon rouge introduit dans les sédiments. De plus, une quantité d'environ 2ng d'ADN/g de sédiments humides a été identifiée comme la limite de détection par la PCR. Des tests plus approfondis sont nécessaires pour évaluer l'efficacité de la méthode sur des sédiments en provenance de lac de saumon rouge.

Ce projet permettra un avancement considérable dans la détection de l'ADN de poisson dans les sédiments de lac et pourrait grandement contribuer à élargir la sélection de sites pour reconstruire la dynamique de saumon rouge.

* gauthier.joanna@gmail.com

Quatre saisons d'enquêtes: Quel est l'impact des proliférations de l'algue didymo sur le saumon atlantique juvénile?

* Carole-Anne Gillis^{1,2} et Normand Bergeron¹

1. Institut National de la Recherche Scientifique – Centre Eau Terre et Environnement
2. Conseil de Gestion du Bassin Versant de la Rivière Restigouche

Depuis 2006, des proliférations de l'algue didymo, *Didymosphenia geminata*, tapissent le lit des rivières du bassin versant de la rivière Restigouche. Ces tapis denses et fibreux modifient la structure des communautés de macroinvertébrés et l'abondance des proies pour le saumon atlantique juvénile (SAJ).

Pour comprendre les impacts de l'algue didymo sur le SAJ, nous avons évalué son effet sur la production des proies, leur localisation ainsi que leur disponibilité. En parallèle, des travaux sur la sélection de l'habitat, les interactions prédateurs-proies et les taux de croissance ont été réalisés.

Il existe une relation positive et significative entre la proportion de quêtes benthiques réalisées et le pourcentage de recouvrement de l'algue didymo ($R^2 = 0,54$, $p < 0,001$). Ce changement de comportement alimentaire n'est pas induit par une limitation de la disponibilité des proies en dérive. D'autre part, les ratios isotopiques des SAJ dans les sites avec didymo suggèrent que ces consommateurs ont une diète appauvrie comparativement à ceux échantillonnés dans les sites en absence de la diatomée. En ce qui a trait à la sélection de l'habitat, malgré une augmentation substantielle du pourcentage de recouvrement de l'algue didymo, les SAJ maintiennent leur fidélité au site. Toutefois, le gain de masse journalier des SAJ est significativement plus faible dans les sites avec didymo que les sites sans didymo ($p < 0,001$). Les mécanismes par lesquels cette algue altère l'habitat du saumon atlantique seront discutés et l'ampleur des impacts de ces proliférations sera présentée sous forme de modèle conceptuel.

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

Régulation de la croissance chez l'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*): étude de l'axe somatotrope

* **Laurence Deneault-Tremblay**¹, Aurélie Dupont-Prinet¹, Nadia Aubin-Horth², Louis Bernatchez², Céline Audet¹

1. Université du Québec à Rimouski, Institut des Sciences de la Mer de Rimouski
2. Université Laval, Département de Biologie & Institut de Biologie intégrative et des Systèmes (IBIS)

Chez les vertébrés et en particulier les poissons osseux, le processus de croissance est contrôlé par l'axe endocrinien somatotrope. Dans cet axe, les facteurs de croissance de type I analogues à l'insuline (IGF-1) traduisent globalement les actions physiologiques de l'hormone de croissance (GH), produite par l'hypophyse.

La croissance chez les poissons étant désormais un trait d'intérêt couramment sélectionné dans le monde aquacole, une compréhension plus approfondie des mécanismes physiologiques qui y sont liés demeure primordiale. Encore à ce jour, les caractéristiques génétiques responsables de la variabilité interindividuelle sont peu connues.

Dans ce contexte, des individus de familles génétiques provenant de lignées dites contrôles et sélectionnées pour une croissance rapide, de même âge, mais ayant un taux de croissance différent, ont été étudiés. En particulier, la relation entre la croissance et l'expression de gènes liés à la croissance (NPY, GH, GHr, IGF-1 et IGF-1r) a été analysée.

À prime abord, chez les lignées dites contrôles, une surexpression du gène IGF-1 a été observée chez les poissons les plus performants de chaque famille, en termes de croissance. De plus, une surexpression des récepteurs étudiés a été observée autant chez les organismes moins performants à l'intérieur des familles que dans les familles les moins performantes. Dans un second temps, la relation entre l'expression des mêmes gènes liés à la croissance et la croissance des individus provenant de lignées sélectionnées sera étudiée.

* Laurence.Deneault-Tremblay@uqar.ca
celine_audet@uqar.ca
Nadia.Aubin-Horth@bio.ulaval.ca
louis.bernatchez@bio.ulaval.ca

Evaluating the efficacy of a salmon translocation project on the Sainte-Marguerite River, Year 1

* **Danielle Fréchette**¹, Normand Bergeron¹, Mélanie Dionne²

1. Institut National de la Recherche Scientifique – Centre Eau Terre et Environnement
2. Ministère de la Forêt de la Faune et des Parc

In response to loss of Atlantic salmon habitat created by the construction of hydroelectric dams, a program to enhance habitat accessibility for salmon has been developed in the province of Québec, Canada, as part of the “*Programme de mise en valeur des habitats du saumon atlantique de la Côte-Nord*”.

This project involves creation of new Atlantic salmon habitat on the Sainte-Marguerite River (SMR) via a transport program initiated in 2014. Returning adults are captured in a fish ladder in the northeast branch of the SMR, transported by truck, and released upstream of a pair of waterfalls that act as a natural barrier to fish passage. During the inaugural year of the transport program we evaluated acoustic telemetry as a means of tracking movements of adult salmon following translocation. Specifically, we conducted an acoustic range test and tested two different mooring devices for anchoring passive acoustic receivers (Vemco VR2W) in this shallow, high velocity, gravel-bed river. We captured and transported 12 returning adult salmon (2 females, 10 males) between June and September 2014. Before release, we surgically implanted each fish with an acoustic transmitter (Vemco V13). We tracked fish movements passively via a network of nine VR2Ws and actively via a mobile receiver (Vemco VR100). Following transport, one female and four males departed the study area.

Spatial use of the river varied considerably among individuals that remained above the falls, however, movement by males increased dramatically in September and October, relative to July and August. It is unclear whether the increase in movement was due to female presence or the approach of the spawning season. Beginning 15 October, 5 of 6 remaining males converged on a single stretch of river, coincident with a directed movement by the single female to an area thought to contain ideal spawning habitat. High discharge prevented documentation of spawning, however, the putative spawning habitat will be assessed for presence of juvenile Atlantic Salmon in 2015.

* danielle.frechette@gmail.com
normand.bergeron@ete.inrs.ca
Melanie.Dionne@mffp.gouv.qc.ca

Stress physiologique : Effet de l'hypoxie sur l'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) en milieu lacustre.

* **Dave Gadbois-Côté**¹, Gilbert Cabana¹, Hélène Glémet¹

1. Université du Québec à Trois-Rivières

L'hypoxie, ou faible concentration en oxygène, des écosystèmes aquatiques est un phénomène en constante augmentation à l'échelle planétaire. Au Québec, ce sont principalement les lacs qui sont touchés par cette problématique. Cette zone hypoxique peut contraindre ou exclure certaines espèces de poissons qui ne tolèrent pas les faibles concentrations en oxygène. L'omble de fontaine est une espèce sensible aux faibles concentrations en oxygène qui préfère les eaux froides et riches en oxygène. La physiologie de l'omble de fontaine pourrait donc être affectée par le stress induit par la zone hypoxique et même par la difficulté à accéder à leur nourriture de prédilection essentielle aux maintiens des activités de subsistance.

Le projet consiste à vérifier les effets (stress) physiologiques de l'hypoxie sur l'omble de fontaine qui est présente dans des lacs du Parc National de la Mauricie (Québec, Canada). Plusieurs lacs naturels du Parc présentent un gradient d'hypoxie variable et certains d'entre eux sont sévèrement touchés. Un total de 6 lacs a été échantillonné à l'automne 2011 et 120 ombles ont été capturés. Les lacs échantillonnés ont été sélectionnés en fonction de leur profil physico-chimique (hypoxique et normoxique) et de certains critères morphométriques.

Des biomarqueurs (Glycogène et activités LDH) ont été mesurés dans différents tissus (muscle blanc et foie) des individus. L'analyse isotopique du carbone dans les muscles et les otolithes de 30 ombles de fontaine a également été effectuée. Ceci a été fait afin d'approfondir la compréhension des réponses des biomarqueurs utilisés. En effet, le signal isotopique du carbone dans le muscle nous informe sur la nourriture ingérée et celui de l'otolithe nous informe sur l'environnement du poisson. Utilisé conjointement, les deux signaux peuvent nous informer de l'activité métabolique du poisson qui sera mis en contexte avec la problématique de l'hypoxie et des réponses des biomarqueurs utilisés.

Les résultats suggèrent que l'omble de fontaine réduit son activité métabolique générale et stocke davantage de glycogène hépatique dans les lacs qui sont fortement touchés. Les résultats de ce projet, mené en collaboration avec le Parc National de la Mauricie, serviront à éclairer une gestion présente et future des lacs exploités dans les parcs et les réserves. Les résultats contribueront également à nos connaissances sur les effets de l'hypoxie saisonnière sur le fonctionnement écosystémique des lacs.

* Dave.Gadbois-Cote@uqtr.ca
gilbert.cabana@uqtr.ca

Évaluation de la prédation par le cormoran à aigrettes (*Phalacrocorax auritus*) des smolts de saumon atlantique (*Salmo salar*) du bassin versant de la rivière Restigouche (QC et NB)

* Joanie Carrier¹, Carole-Anne Gillis^{1,2}, Normand Bergeron¹

1. Institut National de la Recherche Scientifique – Centre Eau Terre et Environnement
2. Conseil de Gestion du Bassin Versant de la Rivière Restigouche

Les populations de cormorans sont en croissance depuis la fin des années 70. Des diminutions substantielles de certains stocks de poissons ont été attribuées en partie à l'impact de sa prédation. Dans l'embouchure de la rivière Restigouche, des mortalités importantes de smolts de saumon atlantique ont été constatées pendant la dévalaison et la présence accrue de cormorans à aigrettes dans ce secteur est considérée comme un facteur susceptible d'y contribuer.

Ce projet de recherche vise à établir le régime alimentaire des cormorans de la colonie de Bonamy Rock (Dalhousie, NB), estimée à 905 couples nicheurs en 2014, et à déterminer la part que représentent les smolts dans celui-ci. L'approche utilisée consiste à analyser les otolithes de poissons contenus dans les pelotes formées par la régurgitation naturelle d'éléments non digérés par les cormorans. À l'été 2014, un minimum de 60 pelotes par semaine a été échantillonné pendant la période de dévalaison, pour un total de 441 pelotes.

L'identification des otolithes révèle que peu de Salmonidae étaient présents dans celles-ci. En 2015, la même méthodologie sera appliquée. La composition du régime alimentaire des cormorans servira d'intrant à un modèle bioénergétique qui permettra d'estimer la prédation totale des cormorans sur la population de smolts en dévalaison.

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

Étude régionale de l'impact des barrages sur le régime thermique des rivières de l'est du Canada

* **Audrey Maheu**¹, **André St-Hilaire**^{1,2}

1. Institut National de la Recherche Scientifique – Centre Eau Terre et Environnement
2. Canadian Rivers Institute

Peu d'études ont caractérisé l'impact thermique de petits à moyens barrages dans l'est du Canada bien que ce type d'ouvrage y soit particulièrement répandu.

L'objectif de cette étude est de caractériser l'impact des barrages sur le régime thermique estival des rivières à une échelle régionale. Le régime thermique de 13 rivières régulées et 18 rivières naturelles de l'est du Canada (Ontario, Québec, Nouveau-Brunswick et Terre-Neuve-et-Labrador) a été caractérisé à l'aide de 15 métriques décrivant la magnitude, fréquence, durée, occurrence et taux de variation dans les conditions estivales de la température de l'eau. Les rivières régulées représentaient trois types de barrage : fil de l'eau, stockage et déversement selon la demande de pointe.

De manière générale, les barrages au fil de l'eau avaient un impact négligeable sur le régime thermique des rivières. Toutefois, nous avons noté une différence quant à la variation intra-journalière de la température de l'eau des rivières régulées et naturelles. Les barrages de stockage et avec déversement selon la demande de pointe avaient généralement un impact similaire sur le régime thermique des rivières. Ces barrages avaient tendance à 1) réduire la variabilité de la température de l'eau à l'échelle saisonnière, journalière et intra-journalière et 2) augmenter la magnitude de la température de l'eau à la fin de l'été.

Cette étude a permis de décrire le patron général de l'impact thermique associé à différents types de barrages. Étant donné le grand nombre de barrages à travers le territoire, la réalisation d'études d'impact détaillées n'est pas nécessairement possible pour l'ensemble des rivières régulées. De ce fait, les résultats de cette étude permettent de mieux cerner l'impact thermique potentiel des barrages permettant ainsi de guider les efforts de surveillance et restauration.

* Audrey.Maheu@ete.inrs.ca
andre.st-hilaire@ete.inrs.ca
laurie.beaupre@ete.inrs.ca
anik.dajgle@ete.inrs.ca

Outils de caractérisation des cours d'eau et de la connectivité des habitats pour la gestion du saumon

* **Mathieu Roy**¹, Céline Le Pichon², Normand Bergeron¹, Marc Mingelbier³, Jean-Nicolas Bujold³ et Carole-Anne Gillis^{1,4}

1. Institut National de la Recherche Scientifique – Centre Eau Terre et Environnement
2. IRSTEA Antony (France)
3. Ministère de la Forêt de la Faune et des Parcs
4. Conseil de Gestion du Bassin Versant de la Rivière Restigouche

Les seuils de conservation et les cibles de gestion déterminées par le ministère de la Forêt de la Faune et des Parcs sont basés sur un modèle reliant la qualité de l'habitat physique (IQH) et la productivité d'un certain nombre de cours d'eau suivis. La capacité de production des autres rivières est ensuite extrapolée à partir du modèle à partir d'une cartographie de la qualité physique des habitats estimée à l'échelle du tronçon, basée sur la largeur du chenal, la granulométrie du substrat et une classification en faciès hydromorphologique (fosses, méandres, chenal, seuil, rapides). Or, l'acquisition et la mise à jour des données d'habitats représentent un défi considérable pour les gestionnaire et implique des coûts considérables, particulièrement en région éloignée comme le Nord-du-Québec, région où l'état des connaissances sur les habitats et les populations de saumons demeure fragmentaire. Dans ce contexte, la plus grande disponibilité de l'imagerie satellitaire à plus faible coût offre une opportunité permettant de couvrir de grandes étendues à moindre coût. Le premier objectif de ce projet est de développer une méthode permettant la classification et la cartographie automatisée des faciès hydromorphologiques à la base de l'IQH en s'appuyant sur l'analyse d'images satellitaires et modèles d'élévation numérique. Cette approche a permis de caractériser le potentiel salmonicole du réseau hydrographique Koksoak-Mélèze-DuGué-Delay au Nunavik et d'identifier les cours d'eau et tronçons comportant les habitats les plus critiques.

Par ailleurs, des données de plus en plus nombreuses suggèrent qu'en plus de la qualité de l'habitat, l'arrangement spatial des habitats fonctionnels (i.e spécifique à une fonction ou un stade de vie) affectent la productivité d'une rivière. Le deuxième volet du projet en cours vise à modéliser la connectivité en termes de probabilité d'accès aux habitats fonctionnels associés aux stades de vie du saumon. Ainsi, nous avons examiné la connectivité des frayères aux nourriceries et des nourriceries aux habitats d'alimentation des tacons. Puis, nous avons observé l'effet potentiel de l'accessibilité sur les densités observées de juvéniles 0+, 1+ et 2+ de la rivière Matapédia en tenant compte de l'effet de la qualité de l'habitat. À terme, en considérant la structure spatiale des habitats clés permettant au saumon de compléter son cycle de vie, cette approche pourrait contribuer à améliorer l'estimation du potentiel salmonicole des rivières du Québec.

* mathieu.roy@gmail.com
normand.bergeron@ete.inrs.ca
marc.Mingelbier@mffp.gouv.qc.ca
Jean-Nicolas.Bujold@mffp.gouv.qc.ca

FishProbio I: Stratégie probiotique endogène pour prévenir et traiter une infection opportuniste majeure chez les Salmonidae, la furunculose

* Jeff Gauthier¹, Steve J. Charette¹, Nicolas Derome¹

1. Université Laval, Département de Biologie & Institut de Biologie intégrative et des Systèmes

Mise en contexte. La furunculose est une infection opportuniste des salmonidés causée par *Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida*, un bacille à Gram négatif. La mortalité associée à la furunculose est élevée et cause des pertes économiques importantes au Québec et ailleurs dans le monde. Les méthodes actuelles de traitement atteignent leurs limites. D'une part, l'usage excessif des antimicrobiens de synthèse contre la furunculose a aggravé la problématique de la résistance aux antibiotiques, déjà globalement acquise chez *A. salmonicida*. L'antibiothérapie provoque aussi la déstabilisation de la flore microbienne (*i.e.* le microbiote) du poisson, lequel joue un rôle de première ligne dans la résistance aux agents infectieux. D'autre part, les effets de la vaccination sont variables, temporaires et sévèrement contrebalancés par les manipulations exhaustives requises pour traiter plusieurs dizaines de milliers de poissons. L'objectif principal de ce projet a été de cibler le microbiote d'Omble de fontaine sain d'aquaculture en tant que réservoir bactérien, et ce, afin de développer une stratégie probiotique de traitement « sur mesure » contre la furunculose chez ce salmonidé hautement sensible aux infections à *A. salmonicida*.

Méthodologie. Nous avons préparé et investigué une collection de 52 souches bactériennes intestinales et cutanées, endogènes à l'omble de fontaine sain ou asymptomatique. Les isolats qui montraient un effet d'antagonisme marqué contre *A. salmonicida* ont été détectés à l'aide d'essais de diffusion dans l'agar. Chaque isolat détecté a par la suite été mélangé en proportions équimolaires avec une souche d'*A. salmonicida* A449 exprimant la GFP. De cette manière, il a été possible d'évaluer la dynamique d'inhibition d'*A. salmonicida* sur une période de 72 heures. Les isolats considérés « efficaces » ont été ceux faisant chuter la concentration d'*A. salmonicida* de manière plus importante qu'un témoin neutre (*A. salmonicida* A449 type sauvage). Le génome de ces candidats probiotiques a été séquencé et annoté, de manière à pouvoir notamment évaluer le risque biologique associé à ces souches. Les souches candidates ont été identifiées au rang d'espèce sur la base d'une identité nucléotidique moyenne (INM) de plus de 96 % avec la séquence génomique d'une souche de référence.

Résultats. Les trois candidats probiotiques Iso11A, Iso11B et Iso13 (tous *Pseudomonas fluorescens*, INM > 99.0 %) ont montré un effet d'antagonisme marqué contre dix souches canadiennes et européennes d'*A. salmonicida*, et ce, par l'entremise de composés antimicrobiens diffusibles dans l'agar (diamètre d'inhibition moyen > 15 mm). De plus, l'abondance relative d'*A. salmonicida* A449-GFP a diminué en présence de chacun des trois isolats, ce qui correspondait à une diminution moyenne de 55.2% par rapport à ce qui a été observé lorsqu'A449-GFP était en présence uniquement d'un témoin neutre (A449, type sauvage). L'analyse des génomes a montré l'absence de gènes encodant des facteurs de virulence courant, tels des adhésines, des toxines ou des superantigènes. De plus, les trois isolats possèdent 14 gènes chromosomiques liés à la tolérance et à la production de bactériocines (*SEED subsystem: Colicin V and Bacteriocin Production Cluster*).

Conclusions et Perspectives. La présence de ces gènes pourrait être à la source de l'effet d'antagonisme des trois candidats probiotiques sélectionnés. Les pistes mécanistiques suggèrent que ces candidats probiotiques pourraient aussi être utilisés en tant qu'agents externes de biocontrôle, par l'entremise des bactériocines qu'elles sécrètent. Cependant, il faudra aussi évaluer la spécificité de l'interaction entre *A. salmonicida* et les candidats probiotiques retenus. L'innocuité, l'effet probiotique *in vivo* et la meilleure voie d'inoculation seront bientôt déterminés expérimentalement dans le cadre du projet FishProbio II, qui a été soumis au programme Innovamer (MAPAQ).

* jeff.gauthier.1@ulaval.ca
Nicolas.Derome@bio.ulaval.ca

Le microbiote du saumon atlantique

Martin Llewellyn^{1,3}, Justine Létourneau, Carlos Garcia, Florian Thonier¹, Mélanie Dionne², Phil Mc Ginnity⁴,
* **Nicolas Derome**¹

1. Université Laval, Département de Biologie & Institut de Biologie intégrative et des Systèmes
2. Ministère de la Forêt de la Faune et des Parcs
3. MEFGL, Bangor University, UK
4. College Cork

Mise en contexte. Le saumon atlantique (*Salmo salar*) est un salmonidé anadrome qui connaît un déclin spectaculaire depuis les 30 dernières années, notamment pour les populations d'Amérique du Nord. Ce déclin est en grande partie attribuable à la diminution des taux de survie des stades post-saumoneau, et plus particulièrement des adultes reproducteurs (rédibermarins), victimes de la surpêche et de la dégradation des conditions environnementales. Ces stades de vie sont exposés à des conditions écologiques très variables, nécessitant des adaptations physiologiques, trophiques et comportementales importantes. Or les communautés microbiennes (microbiotes) associées aux poissons, notamment la flore intestinale, jouent un rôle fondamental dans la biologie de l'organisme hôte : métabolisation des nutriments, protection contre les agents pathogènes, comportement, etc. Comme la composition taxonomique d'un microbiote est dynamique et en partie influencée par l'environnement, on peut raisonnablement faire l'hypothèse que des changements de composition radicaux du microbiote se produisent tout au long du cycle de vie du saumon atlantique, notamment lors des transitions entre eau douce et salée.

Méthodologie. La diversité taxonomique du microbiote intestinal du saumon atlantique a été mesurée sur un échantillon de 104 individus sauvages, aux stades de vies suivants : tacon, saumoneau, adulte, échantillonnés à quatre sites transatlantiques incluant la rivière Saint-Jean et la rivière Trinité (Québec), Burrishoole et Erriff river (Irlande). Les adultes capturés en mer proviennent de Sisimiut et Maniitsoq (Groenland, coopération avec le *West Greenland subsistence fishery*). L'ADN bactérien a été prélevé dans les parties médiane et distale de l'intestin. La diversité taxonomique du microbiote a été mesurée avec un marqueur taxonomique bactérien de référence, le gène de la sous unité 16S SSU de l'ARN ribosomique (région hyper-variable V4).

Résultats. Pour les saumons prélevés en eau douce, l'origine géographique n'a pas d'influence significative sur la diversité taxonomique du microbiote intestinal, quelle que soit le stade de vie, y compris pour les adultes reproducteurs. Au contraire, la diversité taxonomique du microbiote intestinal est fortement influencée par le stade de vie, avec notamment une perte importante de diversité chez les adultes se produisant lors de la transition entre les stades tacon et saumoneau en eau douce. Le microbiote intestinal est très différencié entre les environnements d'eau douce et salée. De plus, le microbiote des adultes reproducteurs reste de type "marin", au moins au début de la remonté en eau douce vers les frayères.

Perspectives. Comme des changements de composition radicaux de la structure taxonomique du microbiote se produisent tout au long du cycle de vie du saumon atlantique, il est important d'identifier les groupes de gènes fonctionnels du microbiote qui varient au cours de son cycle de vie, notamment lors des transitions eau douce eau salée. Cette adaptation continue du microbiote aux différentes conditions écologiques pourrait contribuer à la faculté du saumon atlantique à s'acclimater aux différents environnements rencontrés au cours de son cycle de vie.

* Nicolas.Derome@bio.ulaval.ca
martllewellyn@gmail.com
Melanie.Dionne@mffp.gouv.qc.ca

La Corporation du bassin de la Jacques-Cartier : 35 ans d'actions pour la réintroduction du saumon dans la rivière Jacques-Cartier.

* **Antoine Rivierre**¹, Antoine Bourke¹

1. Corporation du bassin de la Jacques-Cartier

Depuis plus de 35 ans, la CBJC contribue activement aux efforts de rétablissement du stock de saumon atlantique de la rivière Jacques-Cartier qui avait complètement disparu entre 1913 et 1979. Située à moins de trente minutes de la ville de Québec, la Jacques-Cartier est la rivière à saumon atlantique la plus à l'ouest dans le continent américain.

Depuis 2014, la CBJC avec la collaboration de la compagnie RSP-Énergie et le Ministère des Forêts de la Faune et des Parcs (MFFP), procède au suivi des saumoneaux en dévalaison qui utilisent les infrastructures de contournement du barrage hydro-électrique *Bird 1* à Pont-Rouge. D'une durée de trois ans, les objectifs de ce projet sont de quantifier l'importance de la dévalaison, d'évaluer les taux de survie des alevins ensemencés par le ministère, et de comparer la dynamique de la dévalaison entre les saumoneaux issus des ensemencements et ceux issus de la reproduction naturelle.

La première saison d'échantillonnage, en 2014, a révélé des différences morphométriques entre les deux populations, laissant supposer que les saumoneaux issus des ensemencements dévalent plus tôt et passent moins de temps en rivière.

* a.rivierre@cbjc.org

NOTES

NOTES

NOTES

