

Rapport de stage pour l'obtention De la 1^{ère} année de Master

Intitulé :

« Impact des infrastructures hydroélectriques sur la qualité des
habitats aquatiques et la structure des communautés de poissons dans
les rivières du Québec »



BONNAIRE Florian
Août 2011

Maître de stage : Gabriel Lanthier
Laboratoire de biologie Daniel Boisclair, HydroNet CRSNG

REMERCÎMENTS

Je tiens à remercier tout d'abord Dr. Daniel Boisclair qui a financé la réalisation du stage avec ses fonds de recherche ainsi que pour avoir retenu ma candidature et m'avoir fait confiance pour intégrer le réseau HydroNet.

De plus, je tiens à remercier tout particulièrement M. Gabriel Lanthier pour son aide et sa présence indispensable pendant toute la période du stage ainsi que lors de la réalisation de mon projet d'étude. Merci pour votre patience et votre soutien omniprésent tout au long de l'été.

J'aimerais également remercier l'ensemble des membres de l'équipe d'HydroNet CRSNG Québec 2011 avec qui j'ai pu partager et apprécier chaque instant tout en approfondissant mes connaissances sur mon axe de recherche. Ils m'ont permis de passer un été formidable, dans une ambiance exceptionnelle. Merci pour votre bonne humeur, votre hospitalité ainsi que pour votre joie de vivre incroyable.

De plus, je remerciais M. Jean-Martin Chamberlan, pour avoir motivé ma candidature et permis d'apporter mes connaissances et mon dynamisme au projet HydroNet.

Sommaire

REMERCIEMENTS	
RÉSUMÉ	3
ABSTRACT	4
INTRODUCTION	5
1 Présentation du stage	6
1.1 L'organisme d'accueil :	6
1.1.1 L'organisation HydroNet CRSNG	6
1.1.2 Le programme de recherche d'HydroNet :	7
1.1.3 Objectifs d'Hydronet pour l'été 2011 :	7
1.2 Présentation des équipes de travail de l'été 2011	8
1.3 Déroulement du stage	8
1.4 Présentation des zones d'études	9
1.4.1 La gestion intégrée de l'eau par bassin versant (GIEBV)	9
1.4.2 Caractéristiques des zones d'études	10
1.4.3 Activités potentiellement polluantes sur la qualité de l'eau	13
1.4.4 Barrage Jean-Guérin, Saint-Henri	15
1.4.5 Ictyofaunes	15
2 Matériel et Méthode	16
2.1 Organisation du travail	16
2.2 Recherche de sites :	16
2.3 Echantillonnage :	17
2.3.1 Echantillonnage en visuel :	17
2.3.2 Echantillonnage en pêche électrique :	18
2.3.3 Le multiple passe :	20
2.3.4 Identification des poissons :	21
2.3.5 L'anesthésie :	21
2.3.6 Commentaires généraux :	21
2.3.7 Etudes de croissance :	22
2.4 Données environnementales	22
2.4.1 Caractéristiques générales :	22
2.4.2 Substrat et vitesse du courant :	23
2.5 La base de données :	24
2.6 Les testes statistiques :	24
2.6.1 Test T de Student	25
2.6.2 Coefficient de corrélation R ²	25
2.6.3 Tau de Kendall	25
3 Projet d'étude	26

3.1	Présentation	26
3.2	Descripteurs des communautés de poissons	26
3.2.1	La Richesse spécifique	26
3.2.2	La Densité totale.....	26
3.2.3	Indice de Shannon.....	27
3.2.4	La capacité productive des habitats de poissons (CPHP)	27
3.2.5	La Capacité de croissance	27
3.3	La modelisation	28
3.4	Résultats et analyses :	28
3.4.1	Les descripteurs de communauté de poisson.....	28
3.4.2	Résultats croissance	30
3.4.3	Résultats de la Modelisation :	30
	DISCUSSION-CONCLUSION	33
	BIBLIOGRAPHIE	35
	LISTE DES FIGURES	37
	LISTE DES TABLEAUX	38
	ANNEXES	39

RÉSUMÉ

Le réseau national de recherche HydroNet CRSNG, étudie l'impact des barrages hydroélectriques sur la qualité des écosystèmes aquatiques, à travers le Canada. Son objectif étant d'enrichir les connaissances sur le fonctionnement des milieux aquatiques, dans le but d'améliorer les modèles de qualité d'habitat (MQH) et de promouvoir une énergie durable plus respectueuse de l'environnement. Les travaux d'échantillonnages ont été réalisés au cours de l'été 2011, sur deux rivières du Québec, localisées dans les régions administratives de Chaudière Appalaches et de Centre Québec.

L'étude s'est portée sur la capacité productive des habitats de poissons en rivière ainsi que sur la structure des communautés de poissons. 40 sites ont été échantillonnés sur la rivière Etchemin, qui est régulée par un barrage hydroélectrique et 37 sur la rivière Bécancour, qui n'est pas régulée. Chaque site a été échantillonné en utilisant deux techniques d'échantillonnages complémentaires; en apnée de surface (visuelle) et en pêche électrique. La mission de ce stage fut de réaliser ces travaux de terrain afin de constituer une base de données complète, regroupant des données poissons et des caractéristiques environnementales. D'autres travaux ont été réalisés en parallèle, dont une étude comportant sur la croissance des poissons ou encore sur la pertinence des échantillonnages.

L'utilisation de testes statistiques, réalisés à l'aide du logiciel R, ont permis de mettre en évidence les variations qu'il peut exister au sein de la structure des communautés de poisson. Le projet d'étude développé dans ce rapport, a permis de montrer que les barrages ont une influence sur la structure des communautés de poisson. En effet, des variations significatives ont été observées d'une rivière à l'autre, notamment en ce qui concerne les valeurs de densités de poisson, de capacité de croissance des individus ou encore de richesse spécifique. Cependant la réalisation de modèle d'habitat n'a pas permis de constater une variation significative en terme d'utilisation de l'habitat, pour une même espèce entre une rivière régulée et non régulée..

ABSTRACT

The National Research network, HydroNet NSERC, is working on the impact of hydroelectric dams on aquatic ecosystems quality across the Canada. Its aim is to enrich our knowledge about aquatic environments functioning, in order to improve habitat quality models (HQM) and to promote sustainable energy more environmentally friendly. Sampling works have been done during the summer 2011 on two rivers, located in the administrative regions of Chaudière Appalaches and Centre Quebec, into Quebec province.

The study was focused on the productive capacity of fish habitat in rivers and on the structure of fish communities. 40 sites were sampled on the Etchemin River, regulated by a hydroelectric dam and 37 on the river Bécancour, unregulated. Each site has been sampled using two complementary sampling methods. Backpack electrofishing gear and visual surveys by snorkelers have been used. The mission of the internship was to carry out this work on the field, to form a complete data base, containing fish and environmental data. Further works were carried out in parallel as fish growth studies or the adequacy of sampling.

The research project developed in this report aims to compare the river Bécancour and Etchemin to show what influence may have an hydroelectric dam on fish communities structure. In addition, the study will show whether HQM are comparable between regulated and unregulated river. Statistical works were performed, using R statistic software to link descriptors of fish communities with environmental characteristics.

INTRODUCTION

Le Canada est parcouru par un réseau hydrographique dense et diversifié qui suscite de nombreux usages tel que le secteur de l'hydroélectricité. Ce dernier joue un rôle socio-économique majeur pour le pays qui, avec plus de 470 ouvrages hydroélectriques repartis sur le territoire, fournit déjà plus de 60 % de l'électricité consommée par les canadiens (CHA, 2004). Il est possible d'envisager, qu'avec l'augmentation de la demande en énergie et la course aux énergies renouvelables, le secteur de l'hydroélectricité sera en mesure d'étendre et de restaurer son réseau d'infrastructures.

Cependant, l'instauration de tels ouvrages entraînent souvent des conséquences néfastes sur la qualité et la diversité des écosystèmes aquatiques, modifiant par le fait même les caractéristiques physico-chimiques, morphologiques, hydrologiques et biologiques des cours d'eau. C'est pourquoi, il est primordial d'encourager et de développer des programmes de recherches visant à analyser et comprendre la réponse des milieux aquatiques face aux pressions anthropiques. Le but étant de pouvoir expliquer et même de prédire les impacts d'ouvrages, tels que les barrages, sur les hydro-systèmes et notamment sur la vie piscicole.

L'organisation HydroNet CRSNG (Conseil de recherche en sciences naturelles et en génie du Canada) joue un rôle novateur dans le domaine de la biologie aquatique en relation avec les activités humaines. Cette organisation a pour rôle d'accroître nos connaissances scientifiques au sujet de l'impact des barrages hydroélectriques sur la structure des communautés de poissons et sur la fonctionnalité des habitats aquatiques. Le projet dans lequel s'insère ce stage est le résultat d'une collaboration entre des entreprises hydroélectriques, des universités et des organismes gouvernementaux, au service d'une meilleure compréhension des perturbations engendrées par la mise en place d'infrastructures hydroélectriques et d'une production d'énergie durable.

Plus précisément, ce projet a pour but de montrer s'il existe une variation significative de la capacité productive des milieux aquatiques, en relation avec des variables environnementales, entre des rivières régulées par un barrage hydroélectrique et d'autres non régulées. Le présent rapport est basé sur les données de deux rivières du Québec, récoltées lors de l'été 2011. La rivière Bécancour, présentant un régime « naturel », sera comparée à la rivière Etchemin qui est régulée par un ouvrage hydroélectrique.

Il sera présenté dans un premier temps l'organisme d'accueil et ses axes de recherche ainsi qu'une description du stage et des zones d'études. Puis, il sera abordé les méthodes et le matériel utilisés lors de l'échantillonnage et de l'analyse des données. Enfin la problématique suivante sera développée « Impact des barrages hydroélectriques sur la structure des communautés de poisson en rivière ».

1 Présentation du stage

1.1 L'organisme d'accueil :

Le laboratoire de biologie du Dr. Daniel Boisclair, est basé à l'Université de Montréal. Les sujets de recherches entrepris par ce dernier sont basés sur l'ichtyologie. Ce laboratoire c'est spécialisé depuis de nombreuses années dans la modélisation d'habitat de poissons de rivière. Les études réalisées ont pour but d'expliquer les structures des communautés de poissons, en vue d'estimer de manière quantitative la perte d'habitat ou d'espèce rare suite à des perturbations anthropiques. Plus on connaît les milieux aquatiques, leur structure physique, leur fonctionnement, l'interaction entre les espèces, plus il est possible de comprendre ou même de prévoir les conséquences de modifications sur ces écosystèmes. En juin 2006, un comité directeur composé de 11 chercheurs gouvernementaux et académiques, dont le Dr. Daniel Boisclair, a décidé d'amorcer un projet ambitieux : HydroNet CRSNG (Conseil de Recherches en Sciences Naturelles et en Génie du Canada).

1.1.1 L'organisation HydroNet CRSNG

HydroNet CRSNG est défini comme un réseau national de recherche établissant une collaboration entre le milieu académique, le gouvernement et l'industrie hydroélectrique. Le siège administratif d'HydroNet se situe à l'Université de Montréal. Cette organisation est manœuvrée par un Comité Stratégique (CS) composé de 13 membres incluant sept scientifiques académiques (Richard Cunjak [University of New-Brunswick, Canadian River Institute], Normand Bergeron [INRS-ETE], Daniel Boisclair [Université de Montréal], Steven Cooke [Carleton University], Michael Power [University of Waterloo], David Zhu [University of Alberta], Joseph Rasmussen [University of Lethbridge]), trois industries hydroélectriques (Larry LeDrew [Nfld-Lab Hydro], Michel Bérubé [Hydro Québec], Paul Higgins [BC Hydro]) et six scientifiques appartenant au Ministère des pêches et océans Canada (MPO). Le Dr. Daniel Boisclair a été choisi comme administrateur principal du comité stratégique en raison de son expérience dans la gestion d'équipe de recherche multidisciplinaire et multi-institutionnel. Le rôle du CS est de coordonner les projets de recherche et les travaux de terrain afin de remplir les objectifs des différents programmes de recherche développés par l'organisation. Les membres du CS ont été choisis par le Comité directeur sur la base de leur réputation scientifique et de leur motivation à vouloir collaborer pour le développement du réseau national de recherche sur les interactions entre le développement de l'énergie électrique et les écosystèmes aquatiques.

Le projet va se dérouler sur cinq années d'échantillonnages à travers le Canada. Les travaux de terrain ont débuté en 2010 et se déroulent pendant l'été afin d'obtenir de bonnes conditions d'échantillonnages (L'été 2011 est le deuxième été d'échantillonnage). Ainsi le réseau HydroNet rassemble des dizaines de collaborateurs dans le domaine de l'eau et de nombreux étudiants chercheurs à travers la Canada, constituant un réseau national de recherche destiné à l'étude de l'impact des infrastructures hydroélectriques sur les milieux aquatiques. Le stage s'inscrit dans ce projet.

1.1.2 Le programme de recherche d'HydroNet :

Le programme de recherche du réseau stratégique d'HydroNet CRSNG se compose de quatre thèmes d'études répartis par domaines de recherches.

Premièrement, le thème dans lequel s'inscrit le stage, a pour objectif d'évaluer la capacité productive des habitats de poisson en rivière (CPHP). C'est-à-dire la masse de poisson qu'un habitat peut produire en une année en relation avec la capacité de croissance des individus et les caractéristiques environnementales.

Ce thème joue un rôle central pour les différents travaux de recherche développés par HydroNet. En effet, ces données serviront de base pour l'analyse des relations entre le CPHP et les facteurs chimiques, physiques et biologiques pour le réseau canadien. De plus, elles serviront à développer les modèles de qualités d'habitat (HQM) et à apprécier l'existence de relation entre les caractéristiques phénotypiques des poissons et les caractéristiques environnementales des sites. Enfin, l'hypothèse selon laquelle les HQM développés sur des sites différents peuvent varier selon la densité de poisson sera testée.

Le deuxième thème est consacré à l'étude et à la comparaison des paramètres chimiques influents sur la capacité productive des habitats de poissons.

Les objectifs sont d'établir une relation entre le CPHP et le régime nutritif des écosystèmes (concentrations totales de phosphore et d'azote) ainsi que de déterminer si ce régime nutritif des systèmes fournira une estimation unifiée du potentiel du CPHP d'un écosystème aquatique.

Le troisième thème est en rapport avec les facteurs physiques ayant une influence sur la capacité productive des habitats du poisson.

Les valeurs de débitmétrerie des rivières régulées et non régulées seront examinées afin d'observer l'effet des barrages sur les variations thermiques et sur la structure physique des rivières en aval de ces derniers. Les rivières régulées par des barrages ayant subi des changements de régimes de sédiments et de débits. Enfin le régime des rivières en hiver sera étudié, afin d'identifier les facteurs de stress environnementaux qui influencent directement les habitats du poisson et le CPHP.

Le dernier thème d'étude porte sur les paramètres biologiques influençant la capacité productive.

Notamment en ce qui concerne la survie des œufs de poissons face aux variations de débits, l'influence du nombre d'espèce sur le PCFH ou encore l'impact des régimes thermiques en aval des ouvrages hydroélectriques sur la croissance des poissons.

1.1.3 Objectifs d'HydroNet pour l'été 2011 :

La mission pour l'été 2011 est de quantifier la densité et la biomasse de poisson dans des rivières régulées et non régulées par un barrage. D'autres projets auront pour but d'étudier la croissance et le niveau de stress des poissons sur ces mêmes rivières.

Le premier objectif est de faire l'exploration de certaines rivières non vues en 2010, afin d'évaluer leur potentiel pour être échantillonnées dans les années à venir. De

plus, les techniciens ont été formés aux techniques d'échantillonnages en rivière, qui ont pu être testées sur d'autres rivières explorées en 2010.

Le deuxième objectif est de quantifier l'abondance et la biomasse des communautés de poisson. Pour ce faire, entre 40 et 50 sites ont été échantillonnés par rivière. La mise en place de modèles de qualité d'habitat nécessite un échantillonnage conséquent afin de décrire au mieux la structure des communautés de poissons en rivière.

Le troisième objectif est de rendre compte de la pertinence de la méthodologie utilisée pour échantillonner les sites. Ce projet se base sur des espèces cryptiques (espèces rares ou difficiles à observer lors de l'échantillonnage en visuel). Il convient de réaliser un échantillonnage en multiples passages successifs sur un même site en utilisant une pêcheuse électrique portable.

Enfin, le quatrième objectif est d'aider les partenaires d'HydroNet dans la collecte des données. Plusieurs autres travaux sont alors réalisés, tels que la prise d'échantillons d'eau, des mesures de pente de rivière et la réalisation de thermographes sur les rivières échantillonnées. L'objectif étant de répondre aux exigences d'un travail en réseau.

1.2 Présentation des équipes de travail de l'été 2011

Plusieurs équipes travaillent sur le même programme de recherche à travers le pays. Notamment en Ontario, dans l'Ouest canadien, dans le Centre et l'Est du Québec.

L'équipe de cet été est composée de huit personnes, dont deux chefs d'équipe, évoluant sur des rivières du centre Québec. Cette équipe regroupe des étudiants, des stagiaires ainsi que des techniciens employés de manière permanente par HydroNet ou seulement pour les échantillonnages de terrain.

1.3 Déroulement du stage

La période de stage s'est étalée du 1er juin au 29 août et s'est divisée en quatre étapes. La première partie, du 3 au 21 juin, s'est déroulée dans la région des Outaouais, au camp de base Val-des-Bois (En vert sur la Figure n°1) à environ 150 kilomètres à l'ouest de la ville de Montréal. Cette période a été consacrée à la formation des techniciens ainsi qu'à l'exploration de deux rivières, la Picanoc et la Petite Nation, non régulées par des barrages. Du 21 au 30 juin, La rivière Kiamika a été explorée. Elle se situe dans la région des Hautes-Laurentides, à environ 250 kilomètres au nord-ouest de Montréal (en jaune sur la figure n°1). La rivière Kiamika est régulée par un barrage hydroélectrique.

Puis du 3 au 30 juillet, les rivières Bécancour et Etchemin ont été échantillonnées. Ces rivières sont localisées dans les régions de Chaudières-Appalaches et de Centre-Québec, à 200 kilomètres au nord-est de Montréal (en bleu sur la figure n°1). La rivière de référence, non régulée, est la Bécancour alors que la rivière Etchemin est régulée par le barrage hydroélectrique Jean

Guérin.

Enfin, du 31 juillet au 30 août, la rivière Au Saumon a été échantillonnée. Elle est située dans la région Centre-Québec, à 150 kilomètres à l'est de Montréal (en rose sur la figure n°1).



Figure 1: Localisation des camps de bases

1.4 Présentation des zones d'études

Deux rivières échantillonnées lors de l'été 2011 ont été retenues pour la réalisation de ce rapport ; les rivières Etchemin et Bécancour. La première est régulée par un barrage hydroélectrique et la seconde sert de référence étant non régulée. Afin de mieux comprendre les résultats obtenus au niveau des structures des communautés de poissons, il apparaît important de faire une description des bassins versants de ces deux rivières ainsi que de la gestion de la ressource en eau. En effet, les activités humaines qui ont lieu sur le bassin versant ainsi que les caractéristiques environnementales en présences, ont un impact sur la qualité des eaux et la morphologie des cours d'eau. Ces facteurs peuvent avoir des répercussions directes sur la densité et la structure des populations de poissons.

1.4.1 La gestion intégrée de l'eau par bassin versant (GIEBV)

Comme dans de nombreux pays, le Québec a choisi de traiter les problèmes liés à la qualité des eaux à l'échelle du bassin versant hydrographique. La gestion par bassin versant est la meilleure façon de tenir compte des besoins des écosystèmes aquatiques et des dimensions multiples et complexes des utilisations de la ressource en eau. Dans cette dynamique de gestion de la qualité des eaux, la Politique nationale de l'eau parue en 2002, a permis la mise en place d'une gestion intégrée et écosystémique de la ressource. Ce type de gestion par bassin versant, est mené par un comité de bassin (constitué de différents acteurs de l'eau). Un organisme de bassin versant est ainsi créé afin de réunir tout les acteurs de l'eau agissant sur un bassin versant. Les organismes de bassin présents sur les rivières étudiées sont le Groupe de concertation du bassin versant de la rivière Bécancour (GROBEC) et le Conseil de bassin de la rivière Etchemin (CBE). Ils ont pour rôle principal d'établir un Plan directeur de l'eau (PDE).

Le Cycle de gestion intégrée de l'eau par bassin versant se compose de six étapes (voir figure n° 2 ci-contre). « Les quatre premières sont consacrées à la réalisation du PDE. Le PDE est un document qui rassemble les éléments suivants : un portrait du bassin versant et un diagnostic des problématiques environnementales, les préoccupations et les intérêts relatifs à l'eau de la population et des groupes concernés, ainsi que les actions à privilégier pour protéger, restaurer ou mettre en valeur l'eau et les écosystèmes aquatiques de ce bassin. L'étape Mise en œuvre du plan d'action (étape 5) est consacrée à

la signature de contrats de bassin, par lesquels les différents acteurs de l'eau pourront s'engager à mettre en œuvre certaines actions. Ces contrats décrivent les actions à entreprendre, leurs coûts, les maîtres d'œuvre et les partenaires engagés dans la réalisation des actions. Finalement, la dernière étape permettra de mesurer les résultats sur le terrain du PDE et des contrats de bassin. La gestion par bassin versant étant cyclique, il faudra alors recommencer le cycle à la lumière des nouvelles réalités, des progrès obtenus et des lacunes qui auront été identifiées (Auger & Baudran, 2004) ». (Source GROBEC 2009, Diagnostic du bassin versant de la rivière Bécancour).



Figure 2 : Cycle de la gestion intégrée de l'eau au Québec
(Source : GROBEC, 2009)

1.4.2 Caractéristiques des zones d'études

1.4.2.1 Localisation

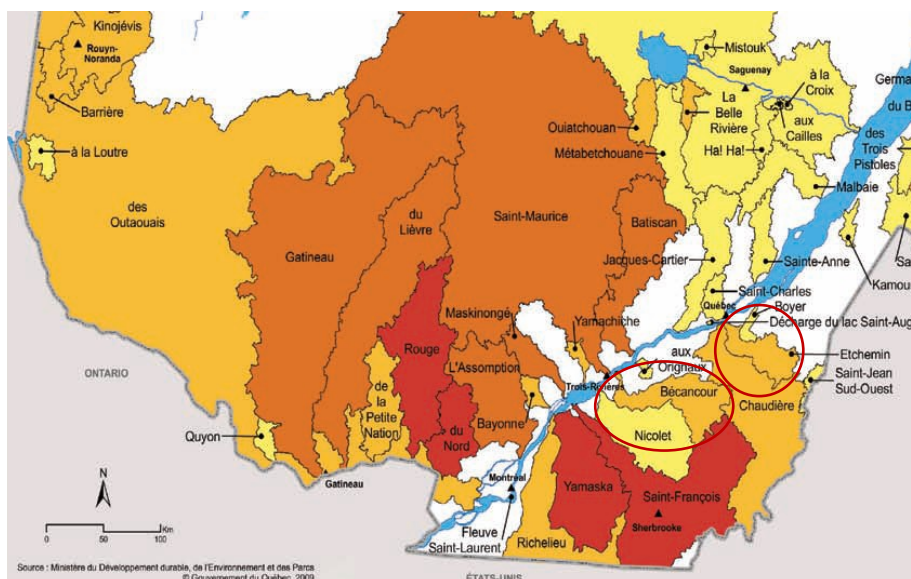


Figure 3 : Localisation des bassins versants des rivières Bécancour et Etchemin
(Source : MDDEP, 2009)

Les rivières Bécancour et Etchemin sont toutes deux des affluents, rive Sud, du fleuve Saint-Laurent. Leurs bassins versants sont proches géographiquement. Celui de la Bécancour étant le plus à l'ouest des deux, ils sont séparés l'un de l'autre par le bassin versant de la rivière Chaudière (voir figure n°3 ci-contre).

Le territoire du bassin versant de la rivière Bécancour chevauche deux régions administratives. La majeure partie de son cours, dans sa partie aval, appartient à la région administrative de Centre-Québec tandis que son cours amont fait parti de la région administrative de Chaudière-Appalaches.

Le territoire du bassin versant de la rivière Etchemin appartient, quant à elle, à la région administrative de Chaudière-Appalaches, recouvrant 9,7% de son territoire.

Le tableau n°1 ci-dessous présente quelques données descriptives des deux bassins versants :

Tableau 1: Caractéristiques des bassins versants des rivières Etchemin et Bécancour (Source : Rapports (GROBEC, 2008) ; (Rouillard, 2002)

Rivières	Nombre d'habitant	Ville la plus peuplée du bassin versant	Nombre de municipalités	Superficie du bassin versant (km ²)	Habitants/km ²
Bécancour	64 522	Thetford Mines (26 190 hab.)	45 et une réserve amérindienne	2 620	24,6
Etchemin	42 398	Saint-Jean Chrysostome (17 229 hab.)	30	1 466	28,9

1.4.2.2 Climat

« Selon Chapman et Brown (1966), le bassin versant de la rivière Bécancour est soumis à un climat sub-humide de type continental tempéré à hivers froids et à étés chauds » tiré du rapport : « Portrait du bassin versant de la rivière Bécancour ».

Le bassin de la rivière Etchemin peut être comparé au climat de la rivière Bécancour du fait de leur situation géographique proche.

Le tableau n° 2 ci-dessous fait état des températures et précipitations moyennes observées sur les deux bassins versants :

Tableau 2 : Données climatiques des bassins versants des rivières Bécacour et Etchemin (Source : Environnement Canada 2008)

Rivières	Villes	Années de références	Températures moyennes annuelles	Précipitation moyennes annuelles
Bécancour	Thetford Mines (en tête du bassin versant)	1971 à 2000	4°C	1 297 mm
	Bécancour (À l'embouchure de la rivière)	1971 à 2000	4,7°C	1 085 mm
Etchemin	Saint-Jean-Chrysostome	NA	NA	1 104 mm

1.4.2.3 Géologie et Pédologie

Les contextes géologiques et pédologiques des deux rivières sont similaires. Elles s'écoulent sur deux secteurs géologiques bien distincts; le massif Appalachien, en amont de leurs bassins versants, et la Plate-forme du Saint-Laurent, en aval.

Le secteur des Appalaches est constitué majoritairement de roches volcaniques et sédimentaires, représentant d'anciens dépôts dans un bassin océanique. Les roches associées au secteur de la Bécancour sont volcaniques (voir carte géologique annexe n°1). Tandis que

pour le secteur de la Etchemin, les roches sont des grès, quartzite et volcanite (voir carte géologique annexe n°2). Dans le secteur des Appalaches les sols sont principalement composés de dépôts appelés till, qui correspondent à des dépôts glaciaires à granularité grossière peu propice à l'agriculture. De plus, les affleurements rocheux y sont nombreux et les sols minces.

Les parties aval des bassins versants sont situées dans le secteur des Basses-terres du Saint-Laurent et présentent des roches sédimentaires comme les grès, le calcaire et le mudrock pour la partie Bécancour et principalement des schistes pour la partie Etchemin. La rivière Bécancour draine des sols majoritairement sableux et plus loameux vers son embouchure. Alors que la Etchemin s'écoule sur des sols à texture plus fine, limoneux ou sableux. Les Basses-terres du Saint-Laurent sont les meilleures terres agricoles du Québec.

1.4.2.4 Relief

Les bassins versants de la rivière Etchemin et Bécancour peuvent être divisés en trois zones.

Les Basses-terres du Saint-Laurent au nord, ont une allure générale de plaine, légèrement ondulée, avec des altitudes variant de 0 à 100 mètres.

La deuxième zone correspond au piedmont. C'est la transition entre les Basses-terres et le Plateau appalachien. Elle est formée de buttes successives, avec un relief plutôt vallonneux et des altitudes variant de 150 à 400 mètres.

Pour finir, la troisième zone au Sud, constituée du Plateau appalachien, présente des altitudes oscillant entre 400 et 800 mètres avec des amplitudes bien marquées, formant de hautes collines entrecoupées de vallées au fond plat.

1.4.2.5 Hydrologie

La rivière Bécancour prend sa source dans le lac Bécancour situé dans la municipalité de Thetford Mines. Elle s'écoule sur près de 196 km avant de se jeter dans le fleuve Saint-Laurent près de la ville de Bécancour. Elle est alimentée par huit affluents principaux et présente un débit moyen annuel de 59 m³/s (CEHQ, 2007). Habituellement, la crue printanière débute en mars, atteint son apogée en avril et s'achève en mai. Quant aux étiages, ils surviennent généralement en février et en août.

La rivière Etchemin prend sa source sur la commune de Saint-Luc-de-Bellechasse, dans le massif Appalachien. Longue de 123 km, elle se jette dans le fleuve Saint-Laurent proche de la ville de Lévis. Elle est alimentée par sept affluents principaux et comporte un débit moyen annuel de 26,6 m³/s. Plus d'informations sont présentées dans le Tableau n° 3 ci-dessous.

Tableau 3 : Données hydrologiques pour les rivières Bécancour et Etchemin

Rivières	Linéaire (km)	Débit moyen annuel (m ³ /s)	Pente moyenne du cours d'eau en m/km	Station de jaugeage	Années de références	Surface du bassin versant drainée (%)	Débit médian de crues printanières (m ³ /s)	Débits d'étiage estivaux (m ³ /s)	Débits d'étiage hivernal (m ³ /s)
Bécancour	196	59	1,3	Inverness	1967-2008	35	80	10	8.7
				Maddington	2000-2008	84	200	25	NA
Etchemin	123	26,6	4,1	Saint-Henri de Lévis	1928-1992	~90	24,15	2,52	3,76

Les rivières Bécancour et Etchemin présentent des régimes hydriques très différents. Outre le fait que les longueurs des cours d'eau, ainsi que les superficies des bassins versants diffèrent, la rivière Etchemin est une rivière régulée par des ouvrages hydroélectriques alors

que le régime d'écoulement de la Bécancour peut être qualifié de naturel, ne subissant pas de modifications suite à la présence d'ouvrages hydrauliques.

1.4.2.6 Occupation du sol

Les bassins versant (BV) des rivières Bécancour et Etchemin sont majoritairement recouverts d'espaces boisés, rencontrés principalement dans le secteur amont des cours d'eau. Les terres agricoles constituent le deuxième type d'occupation du sol largement représenté sur ces BV. Les zones agricoles les plus denses sont localisées sur les parties aval et centrales des BV, constituées des Basse-terre du Saint-Laurent et du piémont appalachien. Enfin, les plans d'eau et zones urbaines sont peu représentés. Le tableau n° 4 ci-dessous fait état de la répartition des types d'occupation du sol sur les deux BV.

Tableau 4 : Occupation du sol des Bassins de la rivière Bécancour et Etchemin (Source : Rapports (GROBEC, 2008) ; (Rouillard, 2002)

Rivières	Année de référence	Surface du BV en terre agricole (%)	Surface du BV en forêt (%)	Surface du BV en zones urbaines et plan d'eau (%)
Bécancour	2003	39	58	3
Etchemin	2001	41	56	3

1.4.3 Activités potentiellement polluantes sur la qualité de l'eau

1.4.3.1 Agriculture

Le tableau n°5 ci-dessous présente la proportion des productions animales des deux bassins versants ainsi que les surfaces en cultures. De manière générale, la production animale est en augmentation sur le bassin versant de la rivière Etchemin. Ce qui n'est pas surprenant considérant que cette région est une des principales productrices de lait et de porc au Québec. Cependant pour le BV de la Bécancour, la production animale est en régression avec une dominance pour la production bovine. De plus, ce bassin est davantage tourné vers la production végétale. Pour les deux bassins versants les surfaces en fourrage sont les plus représentées mais on observe une augmentation des grandes cultures comme le maïs et la culture de canneberges pour le BV de la Bécancour. Les activités agricoles sont des sources de pollutions diffuses, avec les apports de fertilisants et de pesticides. Ces effluents ont un impact néfaste sur la biodiversité aquatique.

Tableau 5 : Synthèses des données relatives à l'agriculture sur les bassins versants de la rivière Etchemin et Bécancour

Rivières	Production animale		Rivières	Production végétale	
	Bécancour ¹	Etchemin ²		Bécancour ¹	Etchemin ²
Nombre de fermes	1359	1160	Nombre de fermes	1359	1160
Cheptel total (u.a) ³	75160	78219	Héctares cultivés	59996	35367
Valeur global par BV (u.a/ha)	1,2	2,4	Fourrage (%)	66	61
Les porcs (%)	33	54	Grand interligne (%)	21	21
Les bovins (%)	58	33	Interligne étroite (%)	12	17
Les volailles (%)	4	11	autre	1	1
Autre (%)	5	2			

1 Source : Ministère du développement durable, de l'environnement et des parcs, 2007

2 Source : Ministère du développement durable, de l'environnement et des parcs, 2005

3 u.a. : unités animales. Le cheptel est rapporté en unités animales, c'est-à-dire l'équivalent d'un poids de 500 kg. À titre d'exemple, une unité animale équivaut à une vache ou 4 truies ou 125 poules, etc.

1.4.3.2 Eau usée d'origine domestique :

Sur le bassin versant de la Bécancour, 34 municipalités sont susceptibles de déverser directement leurs eaux usées dans les cours d'eau. Il est à noter que 20 d'entre elles sont dotées d'un réseau d'égouts dont seize qui sont actuellement desservies par 15 stations d'épuration. Un bilan de 2005 effectué par le ministère des Affaires municipales et des Régions, a cependant révélé des problèmes de fonctionnement qui empêchent le respect de certaines exigences pour les ouvrages d'assainissement de Thetford Mines, de Saint-Joseph-de-Coleraine et de Plessisville qui font partie des plus grandes zones urbaines.

En ce qui concerne la rivière Etchemin, les eaux usées des deux tiers de la population (28 397 habitants ; 13 municipalités), sont traitées par des stations d'épuration.

1.4.3.3 Pollutions Industrielles :

Un rapport (Robitaille, 1998) fait état d'environ 235 établissements industriels dans le bassin versant de la rivière Bécancour. 50 de ses entreprises industrielles sont jugées potentiellement polluantes pour les milieux aquatiques. « En 2004, les directions régionales du Centre-du-Québec et de Chaudière-Appalaches ont recensé 28 industries ayant un impact significatif pour la qualité de l'eau. Ce nombre n'inclut pas les industries raccordées à un réseau d'égouts municipal. Les principaux secteurs industriels représentés sont l'agroalimentaire, la transformation du bois, la métallurgie ainsi que la transformation et la production de canneberge », (Envir-Action, Portrait du bassin versant de la rivière Bécancour, 2005). De plus, l'amont du bassin versant est une région minière importante, notamment sur la commune de Thetford Mine, qui est aussi la plus peuplée du BV avec ces 25 000 habitants. Ceci constitue une importante source de pollution pour les milieux aquatiques suite au rejet d'eaux usées domestiques, de produits chimiques ou encore de matières en suspension.

Dans le bassin versant de la rivière Etchemin, 131 industries de tous les types sont représentées. « La plupart œuvrent dans l'agroalimentaire, la transformation métallique, les produits du bois et la chimie. De tous ces établissements, le ministère de l'Environnement en a compté, en 1995, 12 dont les rejets d'eaux usées (eaux de procédé) étaient susceptibles de causer directement ou indirectement des dommages significatifs à l'environnement, en raison de leur nature (matière organique) ou de leur quantité. », (Carole Rouillard, Le bassin versant de la rivière Etchemin, 2002). Il est important de signaler que la grande majorité des entreprises sont raccordées aux réseaux d'égouts municipaux. De plus, les industries de la plasturgie et de l'agroalimentaire sont celles qui génèrent les plus importants rejets aux milieux aquatiques.

1.4.3.4 Les prélèvements d'eau dans la rivière

Sur le bassin de la rivière Etchemin, les prélèvements en eau potable sont réalisés principalement dans les cours d'eau ou par l'intermédiaire de puits artésiens. Il est à noter que seules les municipalités de Saint-Jean-Chrysostome et de Saint-Romuald s'approvisionnent par les eaux du fleuve Saint-Laurent. De plus la présence de stations de ski et de golfs sur le bassin peut affecter les débits du cours d'eau en raison de prélèvement important. Enfin quelques conflits d'usage ont été observés sur ce BV, en raison de la baisse du niveau des nappes certainement dû aux pompes agricoles excessifs.

Pour ce qui est du BV de la Bécancour, les prélèvements sont réalisés dans le cours d'eau également ainsi que dans les nappes, surtout dans la partie aval du BV. Il est à signaler que certaines municipalités s'approvisionnent en eau dans des BV frontaliers. L'agriculture et la plus grande consommatrice d'eau sur ce bassin versant.

1.4.4 Barrage Jean-Guérin, Saint-Henri

L'étude menée sur la rivière Etchemin va permettre de rendre compte de l'impact du barrage hydroélectrique Jean-Guérin, à la hauteur de Saint-Henri, sur les communautés de poissons et leurs habitats. Ce barrage a été construit en 1911 avec pour but premier de régulariser les eaux de la rivière et de maintenir le couvert de glace au printemps. Sa hauteur de 8,3 mètres, pour un dénivelé total de 26,5 mètres, le prédisposait à un usage énergétique. Aujourd'hui, la Société d'Énergie de la Rivière Etchemin inc. du groupe d'ingénierie AXOR opère la mini-centrale hydroélectrique, construite entre 1996 et 1998. Cette dernière génère actuellement 22,5 GW par année.

1.4.5 Ictyofaunes

1.4.5.1 Rivière Etchemin

Un inventaire réalisé en 1963 (Paquet) faisait état d'au moins 34 espèces présentes sur la rivière Etchemin. En 1998, un nouvel inventaire de la FAPAQ a permis de remettre ce nombre d'espèces en cause. À l'aide de 42 stations d'échantillonnage réparties sur tout le secteur aval de la rivière ainsi que sur chacun des tributaires, 23 espèces de poissons appartenant à 11 familles différentes ont été recensées (Voir annexe n°3). Les espèces retrouvées le plus souvent dans la rivière sont le naseux noir (*Rhinichthys atratulus*) et le naseux des rapides (*Rhinichthys cataractae*), le meunier noir (*Catostomus commersoni*), le bec de lièvre (*Exoglossum maxillingua*) ou encore le méné à nageoires rouge (*Notropis cornutus*). La comparaison de ses inventaires a permis de mettre en évidence la disparition de certaines espèces polluosensibles (barbotte de rapides (*Noturus flavus*), tête rose (*Notropis rubellus*) ou encore le museau noir (*Notropis heterolepis*)) et l'apparition d'autres espèces plus tolérantes le fondule barré (*Fondulus diaphanus*). Cependant notre échantillonnage, réalisé sur une portion réduite de 6 km en aval du cours d'eau peut permettre d'apporter de nouvelles informations et de préciser ces premiers inventaires. En effet, sur 16 espèces recensées (voir annexe n°) on observe un retour de la barbotte des rapides (*Noturus flavus*). De plus, un individu de museau noir (*Notropis heterolepis*) a pu être capturé.

1.4.5.2 Bécancour

Une compilation de données de la faune aquatique a été réalisée par l'organisme de bassin GROBEC, ces travaux ont permis de relater la présence de 66 espèces de poissons dans la rivière Bécancour (voir annexe n°4). Cependant, il est important de signaler qu'il n'y a pas d'inventaire récent qui a été réalisé sur cette rivière. Nos études ont permis de mettre en évidence la présence de 20 espèces de poisson (voir annexe n°5), sur un secteur restreint de 10 km de cours d'eau, dans le secteur d'Inverness.

Des ensemencements pour la pêche sportive, sont réalisés fréquemment sur les deux rivières Bécancour et Etchemin. Les deux espèces les plus souvent ensemencées sont la truite mouchetée ou omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) ainsi que la truite brune (*Salmo trutta*). Il est à noter que des ensemencements de saumon atlantique (*Salmo salar*) juvéniles ont été réalisés sur la rivière Etchemin dans le cadre d'un projet de réintroduction de cette espèce endémique qui avait complètement disparue du cours d'eau.

2 Matériel et Méthode

2.1 Organisation du travail

Les travaux ont été réalisés à deux équipes de quatre personnes. Les sites d'échantillonnages ont été partagés entre les équipes. Dans un premier temps, il faut chercher des points d'accès au cours d'eau en réalisant un travail de communication auprès des riverains au sujets de nos travaux, afin d'obtenir une autorisation de passage sur leurs terres. Il faut savoir qu'en moyenne 90 % des rives sont privées pour les deux rivières échantillonnées. Suite aux autorisations d'accès au cours d'eau, il est possible de mettre en place des sites qui pourront être échantillonnés grâce à deux techniques différentes; l'échantillonnage en visuel (apnée) et en pêcheuse électrique.

2.2 Recherche de sites :

Des segments d'environ 10 km de rivières régulées et non régulées ont été choisis en fonction de certaines ressemblances géomorphologiques ainsi que de leur accessibilité. Tous les segments de rivières doivent avoir au minimum trois points d'accès, où l'échantillonnage peut être réalisé sur un minimum de un kilomètre en amont et en aval de ces derniers. La longueur de cours d'eau échantillonnée sera alors d'environ six kilomètres. A l'intérieur de chaque segment de rivières, il devrait idéalement avoir au minimum un site d'échantillonnage, de 300 m² par type d'habitat. Le but étant d'obtenir une représentation égale des différents types d'habitat présents dans chaque rivière.

Les habitats de rivières qui représentent un intérêt pour cette étude sont des zones de rapides (riffle), des zones de mouilles (pool) plus profondes et des zones d'eau courante (run). Quand la rivière se sépare en plusieurs branches, les branches secondaires doivent être échantillonnées. En ce qui concerne la répartition des sites sur la rivière, un tiers d'entre eux doivent être localisés au milieu de la rivière et deux tiers proches des berges, le placement des sites se fait de manière systématique (voir figure n°4 ci-dessous). Le but étant de pouvoir attribuer un effort de travail égal à chaque type d'habitats et de maximiser l'échantillonnage d'habitats rares et productifs, localisés le plus souvent le long des berges. Pour ce qui est des mouilles, leur surface est souvent inférieure à 300 m², c'est pourquoi il est possible de réduire la surface d'échantillonnage.

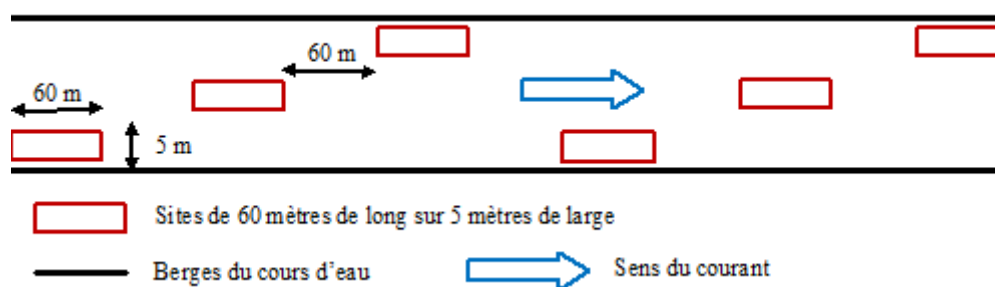


Figure 4 : schéma de répartition des sites d'échantillonnages sur le cours d'eau

Une fois sur les lieux d'accès à la rivière, il faut rendre compte des possibilités de mise en place de sites ainsi que des types d'habitats potentiellement échantillonnables. Une distance maximum de deux kilomètres en amont et en aval du point d'accès doit être explorée dans le cas où l'on constate une absence d'autres points d'accès pouvant réduire cette distance.

Pour permettre l'échantillonnage des sites, la hauteur de l'eau (1,30 m maximum) ainsi que la vitesse du courant ne doivent pas être trop importantes afin de permettre l'accès en waders.

Les différents types d'habitats présents sont repérés lors du déplacement le long de la rivière. De plus les sites, de 60 mètres de long, sont marqués (début, milieu, fin) à l'aide de rubans de couleur. Il faut trouver plusieurs sites homogènes qui caractérisent chaque rivière.

La distance entre les sites doit être d'au moins 60 mètres si cela est possible, mais si les points d'accès sont limités ou que la morphologie de la rivière ne le permet pas, 50 mètres sont alors acceptés.

Chaque début et fin de sites doivent être localisés à l'aide d'un GPS. Ceci permet de pouvoir les localiser sur une carte et sur logiciel de cartographie. Il sera alors possible de les localiser sur plusieurs années d'échantillonnage.

2.3 Echantillonnage :

Deux méthodes d'échantillonnages des poissons sont utilisées sur chaque site; en visuel et en pêche électrique. Il est important de ne pas toujours commencer par la même méthode. Certains sites seront échantillonnés en visuel pour commencer puis en pêcheuse électrique, et inversement pour d'autres.

L'échantillonnage doit débuter par le site le plus en aval de tous les sites qui devront être échantillonnés dans la journée. Il est important d'éviter toutes perturbations des sites avant leur échantillonnage. Avant de commencer l'échantillonnage d'un site, il convient de se mettre en place dans la rivière quelques mètres avant le début du site pour limiter les perturbations.

2.3.1 Echantillonnage en visuel :

L'échantillonnage en visuel se déroule à deux plongeurs, afin de couvrir une surface de 300 m², correspondant à des sites de 5 mètres de large pour 60 mètres de long dans l'idéal. Si la longueur du site est inférieure à 60 mètres, il convient d'augmenter la largeur du site pour garder une surface totale d'échantillonnage de 300 m². Dans le cas où la visibilité n'est pas assez bonne pour que deux plongeurs puissent couvrir la surface appropriée, un plongeur supplémentaire doit être envisagé. Cet échantillonnage nécessite des plongeurs entraînés pour l'identification des espèces de poisson. Ils doivent être capables de les dénombrer ainsi que d'estimer leur taille (les poissons sont répartis dans des classes de taille de 5cm en 5cm: la classe alevin correspond aux poissons mesurant entre 0 et 4cm, la classe 1 entre 4 et 5cm, la classe 2 entre 5 et 10cm, la classe 3 entre 10 et 15 cm et ainsi de suite). Les plongeurs vont toujours progresser à contre-courant, c'est-à-dire d'aval en amont, pour minimiser les perturbations sur les poissons.

Chaque plongeur doit rester attentif tout au long de la plongée afin de conserver la surface appropriée d'échantillonnage. La visibilité est mesurée au début du site. Elle est estimée en classe de 25 cm, correspondant à la distance cumulée d'échantillonnage de chaque côté du plongeur. Cette distance correspond à la largeur de rivière qu'un plongeur est capable de couvrir, tout en identifiant et en comptant les poissons avec certitude. Il est important de limiter l'observation à cette distance. La somme de la visibilité des deux plongeurs va déterminer la largeur d'échantillonnage qui doit être égale à 5 mètres.

L'équipement des plongeurs est constitué d'un masque et d'un tuba, d'une combinaison néoprène de 14 mm d'épaisseur, de bottes néoprènes et de gants si nécessaire. Pendant la plongée, un tube de PVC blanc, long de 20 cm pour un diamètre de 10,5 cm, est

disposé autour d'un des deux avant-bras. Il est utilisé sous l'eau, pour noter les observations des plongeurs, à l'aide d'un crayon de papier (voir figure 5 ci-contre).

Les clefs pour la réalisation d'un bon échantillonnage en visuel sont la communication entre les plongeurs et le maintien d'une vitesse appropriée.

La communication constante (avec des regards, des paroles ou même des signes) entre les plongeurs est importante pour deux raisons. La première est de s'assurer que les plongeurs évoluent à la même vitesse. Une progression trop rapide du plongeur pourrait attirer d'autres espèces non présentes sur le site ou faire fuir des espèces présentes et donc fausser les données. La vitesse appropriée pour le compte en visuel doit être lente afin de maximiser les chances de voir les espèces aux comportements cryptiques. Le temps requis pour accomplir un bon échantillonnage est d'environ 40 minutes pour un site 100 mètre de long. Pour des sites de 60 mètres de long, 30 minutes environs sont recommandées. La deuxième raison d'une bonne communication est d'éviter les comptes doubles de poissons localisés entre les deux plongeurs.

Pour finir, les plongeurs doivent toujours adopter une attitude de recherche active quand ils progressent dans les sites, sans gestes brusques. Il est important de toujours regarder devant soit pour identifier les poissons avant leur fuite potentielle. De plus, il ne faut pas hésiter à chercher sous les débris de bois ainsi que dans les caches sous les berges et sous les rochers. Ceci permettra d'augmenter l'efficacité et la qualité de l'échantillonnage.



Figure 5 : Échantillonnage en apnée de surface, plongeur en train de noter les poissons visualisés. (Source personnelle)

2.3.2 Échantillonnage en pêche électrique :

L'échantillonnage en pêche électrique nécessite au minimum trois personnes. Dont une personne pour porter la pêcheuse et l'utiliser sur le site, pendant que deux autres personnes sont situées de chaque côté du porteur, équipés de filets, pour attraper les poissons choqués. Chacune de ces deux personnes sont reliées, par une ficelle suffisamment résistante pour ne pas céder dans de forts courants, à leur filet flottant qu'ils trainent derrière eux pour stoker et transporter les poissons capturés jusqu'à la fin du site. Chaque pêcheur doit être attentif pour attraper, le plus rapidement possible, les poissons choqués proche de l'anode ou de la cathode. Pendant que trois personnes réalisent la pêche, la quatrième s'occupe de relever les données environnementales (voir section 2.4).



Figure 6 : Tenue d'une pêcheuse électrique de type « LR-24 Backpack Electrofisher » (Source personnelle)

Le matériel utilisé est une pêcheuse portative de la marque « Smith-Root, Inc. » et de modèle « LR-24 Backpack Electrofisher » (voir Figure n°6). Elle est constituée d'une anode circulaire disposée au bout d'un manche de deux mètres (relié par un câble à la pêcheuse) et manié par le porteur. La cathode est située à l'arrière du porteur et est traînée lorsque ce dernier avance (elle est constituée d'un câble long d'environ un mètre). La pêcheuse est actionnée en appuyant sur une bande de plastique amovible, situé sur le manche de l'anode. Si la pression exercée sur la bande est relâchée, la pêcheuse ne délivre plus d'électricité.

Avant de commencer l'échantillonnage, il est important d'ajuster certains paramètres

de la pêcheuse en les testant dans une zone à l'extérieur du site. L'ajustement des paramètres a été défini par le Ministère des ressources naturelles de l'Ontario, qui a réalisé des projets tests pour ce type de pêcheuse.

La puissance doit être à environ de 200 watts. Cette puissance permet de choquer un poisson sans le tuer tout en évitant sa fuite. Plusieurs paramètres physiques tels que la profondeur d'eau, la vitesse du courant, la conductivité, la densité de macrophytes et le type de substrat peuvent faire varier la valeur de la puissance pendant l'échantillonnage. Il est alors possible de réajuster le voltage durant l'échantillonnage afin de maintenir une puissance constante. Le « pulse type » ou type d'impulsion électrique est en position « standard » et le courant en position « alternatif régulier ». Plusieurs autres types de pulsations sont disponibles. La « pulse width », détermine le temps que vont durer les périodes ON/OFF (impulsion électrique/arrêt). Il est de 25% pour cette étude, c'est-à-dire que 25 % du cycle sera ON. La fréquence utilisée est variable selon les espèces recherchées. Nous utilisons une fréquence de 60 Hertz, qui est le meilleur compromis pour permettre l'échantillonnage de toutes les communautés de poissons.

Pour les zones de rapide et d'eau courante, l'échantillonnage en pêcheuse électrique est effectué à contre courant. De plus, le pêcheur évolue dans le site en zigzagant. Il convient de réaliser une série de diagonales (un pas en avant puis deux pas sur le côté), suivit d'une ligne droite (voir figure n°7 ci-contre). Cette technique est répétée pour chaque site. Ceci permet de conserver une allure d'échantillonnage ainsi qu'une surface échantillonnée identique entre les sites. Le porteur signale ces changements de directions pour permettre aux deux autres pêcheurs d'être prêts à attraper les poissons, alternativement proche de l'anode et de la cathode.

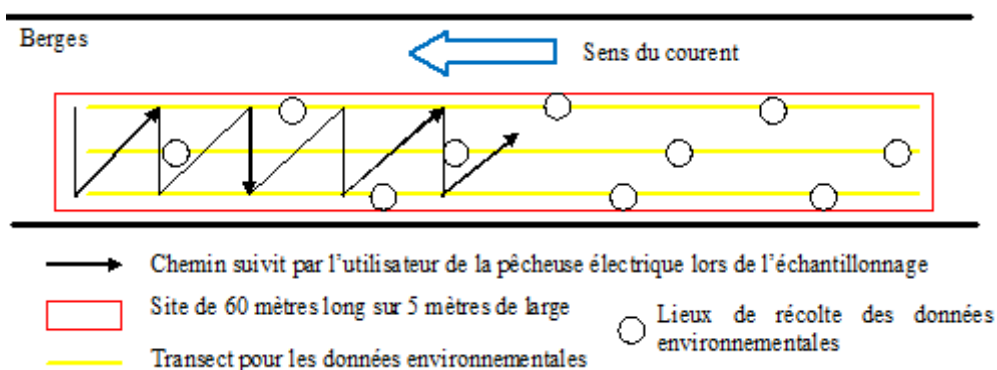


Figure 7 : Schéma d'échantillonnage en pêcheuse électrique, et récolte des données environnementales

Le temps d'électrocution doit être remis à zéro avant chaque début d'échantillonnage. Un temps d'électrocution de trois secondes par mètre carré doit être respecté. Ainsi, pour échantillonner 300 m², 900 secondes d'électrocution sont demandées.

Pour des raisons de sécurité, des waders et des gants néoprènes doivent être utilisés. Il est aussi très important de toujours regarder et de communiquer avec les autres personnes qui travaillent dans la rivière, pour être sûr que tout le monde est en sécurité pour continuer l'échantillonnage.

La pêcheuse est équipée de systèmes de sécurité et s'arrête automatiquement en cas d'immersion ou lorsque qu'elle est trop penchée.

Une fois que l'échantillonnage en pêcheuse électrique est réalisé, les poissons capturés sont transportés à la fin du site et disposés dans des seaux avant leur manipulation. Une fois installés sur la berge, les poissons sont identifiés et mesurés. De plus, 30 individus de chaque espèce et par rivière doivent être pesés, en faisant attention de recouvrir un large éventail de classes de tailles. Les données récoltées vont permettre de construire une courbe de croissance pour chaque espèce, représentant le poids en fonction de la taille des individus. Une

anesthésie (voir section 2.3.5) peut être réalisée pour de plus longues manipulations (pour de gros ou très vigoureux individus). Ceci nécessite une solution de clous de girofle, quelques gouttes dans un grand seau d'eau suffisent à endormir le poisson.

Le matériel utilisé pour peser les poissons est constitué d'une balance série « Compact CL », modèle « CL 201 » de la marque « OHAUS ». Cette balance présente une capacité de 200 g et une précision à 0,1 g près.



Figure 8 : Mesure des poissons capturés à la pêcheuse électrique

Pour les poissons de plus grosse taille un peson à crochet de la marque « Rapala » est utilisé, d'une capacité de 7 kg avec une précision de 50 g.

La mesure de la longueur de chaque individu est réalisée à l'aide d'une planche à mesurer artisanale: confectionnée dans un demi-tube de PVC long de 1 mètre, dans lequel une règle graduée en centimètres a été installée. La précision est au millimètre (voir figure 8).

Les filets utilisés pour attraper les poissons ont des mailles de 0,8 cm et sont équipés de manches protractiles.

2.3.3 Le multiple passe :

Cette méthode d'échantillonnage est un moyen de tester la performance de l'échantillonnage en pêcheuse électrique pour les espèces cryptiques. Les espèces cryptiques correspondes aux espèces qui sont difficiles, parfois impossible à observer en visuel (Naseux des rapides, Umbre de vase, Barbotte brune, etc). En effet, on sait déjà que l'échantillonnage



Figure 9 : Poissons capturés suite à un échantillonnage en multiples passages successifs

en visuel est plus pertinent pour les autres espèces. Ainsi l'échantillonnage en pêcheuse électrique est un complément permettant de capturer ces espèces cryptiques. Cependant, afin de connaître quelle proportion de ces espèces est échantillonnée pour un passage en pêcheuse, des multiples passages successifs sont effectués sur certains sites afin de réaliser des courbes de déplétion. Ces courbes pourront être utilisées pour apporter une précision supplémentaire à l'échantillonnage. D'un autre côté, ceci permet de rendre compte de la densité totale des espèces cryptiques présentes dans un site. Cependant, cette technique ne peut être réellement pertinente que pour des systèmes fermés (à l'aide de filets), or nous travaillons en système ouvert.

Les poissons capturés sont conservés jusqu'à la fin de l'opération en prenant soin de différencier les captures pour chaque passage (voir figure 9 ci-dessus). Au moins trois passages sont nécessaires. Dans la logique des choses une courbe décroissante du nombre de capture pour les espèces cryptiques devrait être observée. Cependant si ce n'est pas le cas, il est nécessaire de faire plus de passage pour affiner la courbe.

2.3.4 Identification des poissons :

L'identification des poissons doit se faire rapidement, il est possible d'utiliser des clefs de détermination si nécessaire. Certains poissons sont plus durs à identifier que d'autres, particulièrement dans la famille des cyprinidés. Afin de faciliter leur identification il est possible de les regrouper par famille. Ensuite, un spécimen de chaque espèce peut être anesthésié pour permettre une meilleure manipulation afin de reconnaître des caractéristiques précises. Des photos peuvent être prises ou encore, des spécimens peuvent être conservés pour être identifiés ou examinés en laboratoire à l'aide de binoculaire. Pour une longue période de conservation, les spécimens doivent être conservés dans de l'éthanol à 70-95%.

2.3.5 L'anesthésie :

Les poissons doivent être anesthésiés pour de longues manipulations afin de minimiser leur stress. Pour ceci il convient d'utiliser de l'huile de clous de girofle contenant un ingrédient actif naturel « l'eugénol ». Afin de rendre cette substance inoffensive pour les poissons, elle a été diluée dans de l'éthanol pour obtenir un ratio de 1 pour 10. Cette solution doit être diluée une seconde fois dans l'eau douce de la rivière pour obtenir une concentration de 40 à 50 mg d'eugénol par litre d'eau. Les poissons doivent être retirés du seau dès les premiers signes d'étourdissement. Ils sont alors prêts pour être manipulés, et ne doivent pas rester hors de l'eau plus de quelques minutes. Lorsque les poissons ont retrouvé leur vivacité, après avoir transité par un bac de réveil, ils peuvent être remis dans leur environnement naturel.

2.3.6 Commentaires généraux :

Un site ne peut être échantillonné qu'une seule fois par jours, pour permettre au milieu de retrouver son équilibre et aux poissons de se redistribuer sur le site. Cependant les deux méthodes d'échantillonnage doivent être réalisées, si possible, sur deux jours successifs. Il ne faut pas laisser trop de temps entre les deux échantillonnages, car la comparaison pourrait être faussée suite aux conditions environnementales qui peuvent varier rapidement.

Il est important de ne pas marcher dans les sites avant un échantillonnage, il est donc préférable de marquer les sites quelques jours avant les premiers échantillonnages.

Aucun site ne doit être échantillonné sous la pluie. Par contre, si quelques gouttes de pluie se mettent à tomber lors de l'échantillonnage, il est possible de finir le site. S'il pleut, il est nécessaire d'attendre un certain temps (de 30 minutes à 2 heures en fonction de l'intensité de la pluie, ceci pour permettre à la turbidité de diminuer et aux poissons de se redistribuer dans les sites).

De plus, les sites ne pourront être échantillonnés qu'entre 10h00 du matin et 16h00 (référence issue de l'étude de distribution des poissons entre jour et nuit, ceci ayant un rapport direct avec la température de l'eau qui induit la présence ou l'absence de certaines espèces dépendamment de leur comportement). Il a été montré que la distribution des poissons est temporellement homogène entre 10h00 et 16h00.

Pour éviter le mouvement des animaux, plantes et microorganismes d'une région à une autre, il convient de laver tout le matériel servant à l'échantillonnage, lorsqu'on change de zones d'étude, à l'aide d'eau sous pression.

2.3.7 Etudes de croissance :

L'échantillonnage offre également la possibilité de récolter des données pour plusieurs autres projets de recherche, menés par des étudiants au Doctorat.

Une de ces études cherche à montrer une influence potentielle des barrages hydroélectriques sur la croissance des espèces de poissons. Pour mener à bien cette étude, deux espèces ont été sélectionnées, le Meunier noir (White Sucker), *Catostomus commersoni* et la Truite mouchetée (Brook Trout), *Salvelinus fontinalis*. Le choix de ses espèces a été fait en rapport avec leurs aires de répartition sur le territoire canadien. En effet, afin de pouvoir comparer les résultats entre les provinces il était important de choisir deux espèces présentes sur tout le territoire canadien.

Pour le meunier noir, un prélèvement d'écaille est effectué. Les écailles doivent être prélevées sur le dos du poisson (entre la tête et la dorsale) après anesthésie. À l'aide d'une pince à dissection, entre 6 et 10 écailles sont alors disposées et conservées entre deux lames de verre. Cette technique va permettre d'observer les échantillons au microscope. Le dénombrement des stries ainsi que la mesure de leur largeur constitue un bon indicateur de la croissance du meunier noir. Il est alors possible de connaître l'âge et la vitesse de croissance des individus.

Au sujet de la truite mouchetée, la technique est différente. Elle consiste à prélever la tête entière du poisson, le but étant d'analyser les otolites des poissons. Les otolites sont des osselets présents dans la boîte crânienne des truites. Ils constituent également de très bons indicateurs de l'âge et de la vitesse de croissance des individus. Une fois la tête prélevée, elle est conservée au congélateur, jusqu'à extraction des otolites pour leur analyse.

Trente individus de chaque espèce, recouvrant un large éventail de taille et pour chaque rivière doivent être prélevés.

Des difficultés ont été rencontrées lors de ces échantillonnages. En effet, les captures ont été rares pour la truite mouchetée et les individus appartenaient à de petites classes de taille pour le meunier noir.

2.4 Données environnementales

Pour chaque site des données environnementales sont récoltées :

2.4.1 Caractéristiques générales :

La pente de la rivière est mesurée à l'aide d'un théodolite, et des coupes transversales sont également réalisées. Ceci pour apporter des informations supplémentaires sur la morphologie du cours d'eau dans les zones échantillonnées.

La mesure de la largeur mouillée, (largeur recouverte par l'eau au moment de l'échantillonnage) de la rivière. S'il y a des branches secondaires, il convient de mesurer la largeur des branches, ainsi que la largeur totale de la rivière, comprenant la largeur de toutes les branches et des îles qui les séparent.

Le nombre de tributaires qui débouche dans chaque site ainsi que la mesure de leur largeur mouillée et de leur température lors de chaque journée d'échantillonnage. Il peut être nécessaire de prendre ces mesures plusieurs fois par jour, si les conditions changent de manière importante.

La couverture nuageuse. La valeur correspond au pourcentage de recouvrement par les nuages, de toute la surface de ciel visible. Si la couverture nuageuse change pendant l'échantillonnage, il faut estimer une couverture moyenne pendant cet échantillonnage. Il apparaît important que la mesure de la couverture nuageuse soit réalisée par la même personne tout au long de l'été.

La température de l'eau au milieu du site. Cette température est prise à l'aide d'un thermomètre intégré à la sonde du conductimètre.

La conductivité de l'eau est mesurée au centre des sites à l'aide d'un conductimètre model 30 de la marque YSI. Ces données permettront de mettre en évidence l'impact potentiel de la conductivité de l'eau sur la qualité de l'échantillonnage à la pêcheuse électrique.

La transparence de l'eau sera également mesurée à l'aide d'un disque de secchi, pour chaque site. Ce disque sera éloigné progressivement d'un plongeur jusqu'au moment où ce dernier ne pourra plus distinguer la différence entre les cartiers de couleur noirs et les blancs. Puis la distance entre les yeux du plongeur et le disque sera mesurée pour donner un repère de transparence.

Certaines caractéristiques de l'occupation du sol à proximité des sites sont à prendre en compte. Il faut indiquer l'absence ou la présence de routes, forêts, ponts, champs agricoles ou d'industries à proximité des sites.

Il faut prendre une photo du site pour confirmer le type d'habitat et constituer un aide-mémoire lors du traitement des données.

Enfin des échantillons d'eau sont prélevés pour permettre une analyse physico-chimique de l'eau des rivières au moment des échantillonnages. Environ trois prélèvements d'eau sont réalisés pour chaque rivière. Le prélèvement se fait à l'aide de flacon en plastique stérilisés (250 ml HDPE Nalgene bottle). Le prélèvement doit se faire à 20 cm en dessous de la surface de l'eau en prenant soins de ne laisser aucunes bulles d'aires à l'intérieur du flacon. L'heure et la date de prélèvement ainsi que les coordonnées GPS du point de prélèvement seront également relevés. Les flacons sont ensuite conservés à une température de 4 °C le temps d'être analysés.



Figure 10
Conductimètre (source : www.vwrsp.com)

2.4.2 Substrat et vitesse du courant :

Le type de substrat et la vitesse du courant sont pris en 10 points répartis au hasard sur chaque site. La récolte des données se fait d'aval en amont suivant trois lignes ou transects disposés le long du site. Trois points doivent être pris côté berge, quatre dans le milieu du site ainsi que trois sur le côté extérieur du site (voir figure 7, section 2.3.2). Le pourcentage de recouvrement de chaque type de substrat est alors estimé à l'intérieur d'un quadra de 250 cm² lancé au hasard sur les transects.

2.4.2.1 Vitesse du courant :

La vitesse du courant est prise au centre du quadra, à l'aide d'un courantomètre modèle « 2000 Flo-Mate » de la marque « Marsh-McBirney ». Il est composé d'une tête équipée de senseurs électromagnétiques qui mesurent la vitesse des liquides conducteurs comme l'eau, en mètres par seconde.

Le courantomètre est disposé sur une perche graduée, qui permet dans un premier temps de mesurer la hauteur d'eau, puis dans un second temps d'ajuster le courantomètre à 40 % de cette hauteur, en partant du fond. Cette hauteur permet de mesurer la vitesse moyenne du courant sur la colonne d'eau. Pour la mesure du courant dans les mouilles, la hauteur d'eau ne doit pas dépasser 1,3 mètre. Au-dessus de cette valeur il ne serait pas possible d'échantillonner le site.



Figure 11 : Courantomètre (source www.hellopro.fr)

2.4.2.2 Substrat

Les pourcentages de recouvrement des différents types de substrats sont estimés en commençant des plus petits aux plus gros sédiments présents dans le quadra (voir figure 12 ci-contre). Pour déterminer la taille des sédiments, il convient de prendre la longueur de l'axe médian de ces derniers. Les sédiments sont alors classés en type de substrat en fonction de la classe de taille à laquelle ils appartiennent. Neuf types de substrats sont alors différenciés : les argiles (<

0,004mm), les limons (entre 0,004mm et 0,06mm), les sables (entre 0,06mm et 0,2mm), les graviers (entre 0,2mm et 3,2cm), les cailloux (entre 3,2cm et 6,4cm), les galets (entre 6,4cm et 25cm), les roches (entre 25cm et 1m), les blocs métriques (au-dessus d'un mètre), et la roche mère.

Il faut s'assurer que le total des pourcentages des différents types de substrat présent soit égal à 100%.

D'autres caractéristiques relatives au substrat sont à mesurer : le D50 (taille moyenne des sédiments à l'intérieur du quadra), le Dmax (taille du plus gros sédiment), le degré d'Embededness ou enfouissement des sédiments supérieure aux cailloux, le pourcentage de recouvrement du substrat par le périphyton, le pourcentage de recouvrement par les macrophytes, les plantes émergentes et par les débris de bois (branche, tronc) dans le quadra.

Enfin il faut noter le pourcentage de recouvrement exercé par les strates arborés et arbustives au dessus du quadra.



Figure 12 : Echantillonnages des données de substrat dans un quadra de 250cm²

2.5 La base de données :

Trois bases de données distinctes sont constituées (voir annexe n°6).

La première correspond aux données relatives à l'échantillonnage des poissons. Pour chaque site doit correspondre le nom de la province où a été réalisé l'échantillonnage, le nom de la rivière échantillonnée, la présence ou l'absence de barrage, l'heure et la date d'échantillonnage, le nom de l'équipe avec le numéro de site, un nombre de poisson, avec un nom commun, un nom latin, une longueur et un poids si nécessaire. Des commentaires sur les poissons collectés peuvent être indiqués.

La deuxième correspond aux données environnementales. Elle est constituée de toutes les variables décrites ci-dessus (voir section 2.4).

Enfin la troisième base de données permet de compiler les données des multiples passages réalisés en pêche électrique.

2.6 Les testes statistiques :

Des analyses multivariées ont été réalisées en utilisant le logiciel de statistiques R. Le logiciel R de programmation et d'analyses statistiques est très puissant. Il permet d'étendre des calculs statistiques à tout un jeu de données. De plus, tout le monde peu contribuer à sont amélioration. Beaucoup de fonctions sont déjà présentes dans le système, il suffit de programmer la fonction que l'on veut utiliser et de l'appliquer au jeu de donnée voulu. Puis le logiciel enchaîne les calculs et donne des résultats qu'il faudra interpréter.

2.6.1 Test T de Student

Premièrement, nous avons utilisé le Test T de Student pour vérifier s'il existe une différence entre les densités observées dans les rivières étudiées. Nous avons utilisé un test bilatéral étant donné que nous ne connaissions pas *a priori*, le sens de la différence (on ne sait pas dans quel rivière les densités de poissons sont les plus élevées). Le seuil alpha utilisé pour le teste est de 5%.

Ensuite, afin de vérifier si les différences potentielles de densités entre les rivières pouvaient changer l'utilisation de l'habitat, des modèles d'utilisation de l'habitat ont été produits. Pour ce faire, des régressions linéaires entre les densités et les variables environnementales ont été calculées pour 4 des espèces étudiées. Pour y arriver, la première étape a été d'utiliser une sélection pas à pas, laquelle permet de sélectionner les variables environnementales reliées aux distributions de densité de poisson observées aux différents sites. Le critère utilisé pour évaluer la relation entre la variable réponse et les variables explicative est une statistique de F (évaluée directement à l'aide d'une probabilité de significativité, ou « p-value »). L'hypothèse nulle (H_0) est alors que les densités observées ne sont pas significativement différentes. L'hypothèse alternative (H_1) stipule qu'il existe une différence de densité entre les rivières étudiées. La probabilité d'erreur de type 1 correspond à la probabilité de rejeter H_0 alors qu'elle est vraie. En science, le seuil de $\alpha = 0.05$ est habituellement utilisé. Lorsque la probabilité est inférieure à 0.05, on rejette H_0 avec une certaine confiance. Cependant, dans certains cas, on peut se permettre de rejeter H_0 au seuil 0.1 avec un grain de sel.

2.6.2 Coefficient de corrélation R^2

Enfin, pour mesurer l'importance des variables environnementales dans l'explication des différentes densités, le R^2_{adj} a été utilisé. Ce dernier exprime le pourcentage de la variance observée pour la variable réponse expliqué par une variable explicative. Par exemple, la vitesse du courant dans un site explique 18% de la variance du nombre de naseux des rapides, observé à chaque site.

Pour plus de précision, nous utilisons le R^2 ajusté, lequel ajuste la valeur calculée en fonction de la taille de l'échantillon et du nombre de variables explicatives utilisées.

R^2 cumulé : représente la somme des R^2 de plusieurs variables explicatives.

2.6.3 Tau de Kendall

Une fois ces variables trouvées, elles ont été regroupées en équation en utilisant une régression linéaire.

Grace à la régression linéaire, on a trouvé les variables qui sont reliées a la distribution des espèces étudiées et pour savoir le sens de cette relation (positive ou négative), on utilise une corrélation (statistique du *Tau de Kendall*) qui estime l'association en utilisant une mesure basée sur les rangs entre la variable explicative (caractéristique environnementale) et la variable réponse (densité d'individu). *Ce test a été utilisé* car il est robuste et recommandé si les données ne viennent pas nécessairement d'une distribution normale bivariée)

3 Projet_d'étude

3.1 Présentation

Les barrages hydroélectriques sont responsables de nombreuses perturbations sur le fonctionnement des hydrosystèmes. Cette étude cherche à montrer si la modification des régimes hydriques et sédimentaires ainsi que le changement des gradients de températures, observés sur des rivières régulées, a une influence sur la structure des communautés de poissons.

Pour mettre en évidence l'impact de ces perturbations, une comparaison des populations de poissons, entre une rivière régulée et une rivière non régulée, a été réalisée. Les variables qui seront comparées sont la capacité productive des habitats de poissons ainsi que la capacité de croissance des individus. De plus, des modèles de qualité d'habitat ont été réalisés, pour quatre espèces de poisson, présentes sur les deux rivières. Ceci permettra de voir, si le changement des caractéristiques environnementales a une influence sur l'utilisation des habitats aquatiques, par une même espèce en contexte de rivière régulée et non régulée.

Pour la réalisation de cette étude, les données de poissons et les caractéristiques environnementales de 77 sites de 300 m², échantillonnés en 2011, ont été utilisées. 37 sites ont été échantillonnés sur la rivière Bécancour, non régulée, faisant office de rivière de référence et 40 sites ont été échantillonnés sur la rivière Etchemin, régulée par un barrage hydroélectrique.

Les données recueillies sur chacune des rivières ont permis de réaliser des tests statistiques, à l'aide du logiciel de statistique R, afin d'obtenir des valeurs de variables descriptives de la communauté ichthyenne, telle que la densité de poisson, la richesse spécifique ou encore l'indice de Shannon. Par la suite ces variables ont pu être mises en relation avec les caractéristiques environnementales du milieu dans le but d'obtenir des modèles de qualité d'habitat.

Pour mettre en évidence l'impact potentiel d'un barrage hydroélectrique sur la structure des communautés de poisson, 4 espèces cibles ont été sélectionnées. Le Bec de Lièvre (*Exoglossum maxillingua*), le Meunier Noir (*Catostomus commersoni*), le Méné à Nageoire Rouge (*Notropis cornutus*) et le Naseux des Rapides (*Rhinichthys cataractae*). Les critères de sélection se sont portés sur, la présence de l'espèce sur les deux rivières, leur abondance ainsi que de leurs traits comportementaux (Voir annexe n°7).

3.2 Descripteurs des communautés de poissons

3.2.1 La Richesse spécifique

La richesse spécifique correspond au nombre d'espèces présentes par rivière, indépendamment du nombre de poissons par espèce.

3.2.2 La Densité totale

Elle a été établie en faisant la moyenne du nombre de poisson vu en visuel et capturés en pêche électrique par rapport à la superficie totale d'échantillonnage, soit le nombre de sites échantillonnés par rivière multiplié 300 m² (superficie d'un site). Les deux techniques d'échantillonnages étant considérées comme complémentaires, il paraît pertinent d'utiliser la moyenne du nombre de poissons récoltés afin d'obtenir des valeurs de densités les plus représentatives possible des densités réelles.

Le calcul de la densité totale ne comprend pas le nombre d'alevins répertoriés pour ne pas fausser les résultats. En effet les alevins sont souvent observés en grande quantité, alors que leur espérance de vie est très courte et leur biomasse négligeable.

3.2.3 Indice de Shannon

$$\text{Indice de Shannon : } H' = - \sum_{i=1}^S p_i * \ln p_i$$

Avec : **S** égale au nombre d'espèces par site ou richesse spécifique.

i indice caractérisant les classes ou catégories, il varie de 1 à S dans l'échantillon, soit une espèce du milieu d'étude.

p(i) la proportion d'une espèce i par rapport à la densité totale. Il se calcule de la manière suivante : $p(i) = n_i/N$

N est le nombre total d'espèces.

n_i nombre d'individus de l'espèce i

L'indice de diversité Shannon est très souvent utilisé en écologie. Il donne un poids très important aux espèces rares.

H' est minimal (=0) si tous les individus du peuplement appartiennent à une seule et même espèce, H' est également minimal si, dans un peuplement chaque espèce est représentée par un seul individu, excepté une espèce qui est représentée par tous les autres individus du peuplement. L'indice est maximal quand tous les individus sont répartis d'une façon égale sur toutes les espèces (Frontier, 1983).

3.2.4 La capacité productive des habitats de poissons (CPHP)

La CPHP est évaluée par l'intermédiaire de la densité de poissons par mètre carré observée dans les cours d'eau, en relation avec la capacité de croissance des individus. Cette variable est considérée comme un indicateur pertinent de la qualité des habitats de poisson. En effet, les différences qui pourront être observées entre les valeurs de cette variable, d'une rivière à l'autre, sont susceptibles d'apporter des précisions sur l'impact que peut avoir la présence d'un barrage hydroélectrique, sur les populations de poissons.

3.2.5 La Capacité de croissance

Pour déterminer la capacité de croissance des individus, il est souvent nécessaire de réaliser des travaux en laboratoire afin d'analyser par exemple des échantillons d'écailles de poissons (comme avec le Meunier Noir), ou encore des otolites (Comme pour la truite Mouchetée). Cependant le manque de temps n'a pas permis de traiter ces données. Il est alors possible de faire une approche similaire, moins précise, en utilisant des courbes de croissance, construites grâce à la relation Taille/Poids qui existe pour chaque espèce de poisson. Cette relation peut s'écrire sous la forme:

$$W = a.L^n$$

Où **W** est la masse du poisson exprimée en grammes

L la longueur exprimée en centimètres

a est une constante dépendant de l'espèce considérée

n est le coefficient d'allométrie généralement voisin de 3

Il suffit de recueillir un nombre suffisant de données expérimentales (poids aux longueurs) pour calculer **a** et **n** et obtenir pour chaque espèce une relation Taille/Poids relativement fiable. (Didier DOREL, 1986).

Ainsi des courbes de croissance ont été réalisées utilisant les données Taille/Poids des quatre espèces sélectionnées (voir annexe n°8).

3.3 La modélisation

La modélisation d'habitat passe par l'étude des relations qu'il existe entre un indice de qualité de l'habitat et des caractéristiques environnementales. L'indice de qualité d'habitat est par exemple une densité de poisson, une biomasse, un taux de croissance. On essaye de déterminer ce qu'est un habitat de qualité par espèce ou pour des communautés de poissons.

Il est important de distinguer les études uni spécifiques des études multi spécifiques. En effet on peut définir un habitat de bonne qualité lorsqu'il présente une forte densité de l'espèce unique étudiée. Alors que dans le cas d'étude multi spécifique, la modélisation doit prendre en compte plus de variables. Les différents habitats ne sont pas appréciés de la même façon par toutes les espèces. De plus, la présence ou l'absence de certaines espèces peut avoir une influence sur d'autre.

Ainsi, les modèles d'habitats se basent sur certaines hypothèses. On utilise par exemple la richesse spécifique, plus elle est élevée plus l'habitat a une forte capacité de support. D'autre part dans certain cas où la richesse est trop élevée, la croissance des poissons n'est plus optimale. C'est pourquoi il faut travailler avec certaines suppositions de base pour essayer de comprendre la présence ou l'absence d'espèces en relation avec leur environnement.

Les modèles d'habitat fournissent un moyen d'identifier les conditions environnementales qui sont importantes pour les communautés de poissons ou pour une espèce en particulier. Il est alors possible de formuler des prédictions sur l'absence ou la présence d'une espèce, lié a des caractéristiques environnementales, elles même en rapport direct avec la présence de perturbations anthropiques.

3.4 Résultats et analyses :

3.4.1 Les descripteurs de communauté de poisson

Tableau 6 Compilation des résultats des descripteurs de communauté de poisson

Nombre total d'espèce	27
Richesse spécifique Bécancour	20
Richesse spécifique Etchemin	16
Densités moyenne Bécancour (poissons/m ²)	1.253108
Densités moyenne Etchemin (poisson/m ²)	1.47325
Densité moyenne (poissons/m ²)	1.367468
Indice de Shannon Bécancour	1,899406
Indice de Shannon Etchemin	1,440035

Le tableau n°6, fait état des résultats de différents descripteurs des communautés. Tout d'abord il est possible de remarquer que la richesse spécifique est plus importante en rivière non régulée que pour la rivière régulée. En effet, on retrouve 20 espèces dans la rivière Bécancour contre 16 dans la Etchemin (voir annexe n° 3). On peut se demander si cette différence est liée à la présence du barrage. La perte de connectivité entre les habitats, ainsi que les modifications engendrées sur les régimes hydriques et sédimentaires ou encore sur les gradients de températures

peuvent être une explication de la diminution de richesse spécifique. De plus, Suite à l'étude comparative des densités, réalisées à l'aide du test T de Student, on peut remarquer que pour toutes les espèces confondues, la densité de poissons est plus importante en rivière régulée qu'en rivière « naturelle ». Les résultats obtenus sont respectivement 1,47 contre 1,25 poisson par mètre carré. Ces chiffres peuvent être mis en relation avec un indice de diversité tel que l'indice de Shannon (calcul voir annexe n°9). Cet indice nous informe sur la structure du peuplement de poissons. On constate que cet indice est plus petit pour la rivière régulée que pour la non régulée, respectivement 1,44 et 1,90. Ceci signifie que la densité de poisson pour la rivière régulée est représentée principalement par quelques espèces, 5 dans ce cas (le Mené à nageoire rouge, le Bec de lièvre, le Naseux des rapides, le Naseux noir et le Meunier noir), qui présentent un grand nombre d'individus par rapport aux autres espèces. Ceci peut traduire un dysfonctionnement du milieu en faveur d'un développement excessif de quelques espèces à large valence écologique au détriment d'autres espèces. Dans le cas de la rivière Bécancour la distribution de la population est plus équilibrée comme l'indique l'indice de Shannon. Il est important de constater qu'aucune espèce de grands prédateurs n'a été observée dans la rivière Etchemin, ce qui renforce l'hypothèse d'un dysfonctionnement du milieu.

En effet, pour la rivière régulée le nombre d'espèce étant moins important, l'hypothèse serait de dire que certaines espèces sont exclues de la rivière car incapables d'y trouver les conditions nécessaires au déroulement complet de leur différents stades de vie. Du coup, la compétition entre les espèces est diminuée et cela favorise le fort développement des espèces possédant de bonnes capacités d'adaptation aux conditions environnementales perturbées suite à la disparition des plus sensibles aux variations du milieu. En effet, il devient possible pour certaines espèces de se développer démesurément, en profitant des ressources non utilisées par les espèces exclues.

Le deuxième tableau n°7 ci-dessous présente les comparaisons des densités de poissons, entre les deux rivières, pour les quatre espèces cibles. Les valeurs obtenues nous montrent que pour deux espèces (le Bec de Lièvre et le Naseux des Rapides) les densités de poissons sont significativement différentes d'une rivière à l'autre ; p-Value étant inférieur au seuil de probabilité alpha de 0,05. De plus, il est possible de remarquer que pour les deux autres espèces (Le Meunier Noir et Le Mené à Nageoires Rouges), les densités de poisson ne sont pas significativement différentes d'une rivière à l'autre; les valeurs de p-Value étant très nettement supérieures au seuil de probabilité alpha. Ces résultats permettent d'émettre plusieurs hypothèses : Premièrement, que la présence de barrage hydroélectrique a une influence sur les espèces affiliées à des caractéristiques environnementales précises (le Bec de Lièvre et le Naseux des Rapides). Deuxièmement, que les barrages n'ont pas ou peu d'influence sur les espèces généralistes notamment en ce qui concerne le mené à nageoires rouges. Le meunier noir n'est pas considéré comme une espèce généraliste cependant il occupe une grande diversité d'habitat dépendamment de son stade évolutif.

Tableau 7 : résultat du test T de Student, comparaison des densités de poissons des deux rivières

Espèces	T	df	p-Value	Densité moyenne rivière Bécancour (Nbre de poisson/m²)	Densité moyenne rivière Etchemin (Nbre de poisson/m²)
Bec de Lièvre	-2.3357	72.787	0.02227	0.0627193	0.1382895
Mené à Nageoires Rouges	0.5336	74,866	0.5952	0.1023246	0.09526316

Naseux des Rapides	-4.0248	50.427	0.0001916	0.06166667	0.2351316
Meunier Noir	-0.6083	53.303	0.5456	0.1945614	0.259693

3.4.2 Résultats croissance

Le tableau n°8 ci dessous fait état des résultats obtenus suite à la réalisation des courbes de croissances (voir annexe n°7). Tout d'abord le coefficient de corrélation R^2 nous renseigne sur la force de la relation qu'il existe entre la taille et le poids des individus de chaque espèce. La relation est donc fiable pour toutes les espèces, en raisons des valeurs élevées du R^2 . L'exploitation des courbes est alors pertinente. Dans un premier temps on remarque que deux espèces (le Mené à Nageoires Rouges et le Meunier noir) présentent des courbes similaires, d'une rivière à l'autre. Il est possible d'émettre l'hypothèse selon laquelle les espèces généralistes, ont la capacité de s'affranchir des contraintes engendrées par la présence d'un

Tableau 8 : Résultats obtenus suite à la réalisation des courbes de croissance

Espèces	Rivières	Nombre d'individu	R^2	Équation de la courbe de tendance (puissance)
Bec de Lièvre	Etchemin	65	0,9587	$W = 0,0107 L^{2,96}$
	Bécancour	89	0,9817	$W = 0,0083 L^{3,1321}$
Mené à Nageoires Rouges	Etchemin	35	0,8323	$W = 0,0077 L^{3,1122}$
	Bécancour	139	0,9457	$W = 0,0049 L^{3,3089}$
Naseux des Rapides	Etchemin	83	0,851	$W = 0,0065 L^{3,1198}$
	Bécancour	83	0,8862	$W = 0,0143 L^{2,7028}$
Meunier Noir	Etchemin	29	0,9719	$W = 0,0077 L^{3,158}$
	Bécancour	89	0,9482	$W = 0,0069 L^{3,1947}$

barrage hydroélectriques en conservant leur potentiel de croissance entre une rivière régulée et non régulée.

De plus, on constate dans un deuxième temps une légère différence entre les courbes de croissance des deux autres espèces (Le Bec de lièvre et le Naseux des rapides). Ces derniers, attachés à des habitats plus spécifiques, semblent adopter une croissance différente, d'une rivière à l'autre. De manière positive pour le naseux des rapides qui, pour une même taille, aura un poids plus important sur la rivière Etchemin et de manière négative pour le Bec de lièvre qui, pour une même taille aura un poids plus faible sur cette même rivière. Ainsi il est possible d'émettre une deuxième hypothèse selon laquelle les barrages hydroélectriques ont une influence sur la croissance des espèces non généralistes en terme d'habitat. Enfin il est important de signaler que les courbes de croissances utilisées ne renseignent pas de la vitesse de croissance des individus, ce qui peut changer d'une rivière à l'autre.

3.4.3 Résultats de la Modelisation :

Les analyses statistiques ont permis de mettre en évidence les relations qu'il existe entre les densités de poisson de chaque rivière, pour les quatre espèces cibles, et les caractéristiques environnementales des rivières. La sélection pas-à-pas fait ressortir les variables environnementales qui expliquent le plus la présence ou l'absence des espèces. Est présenté ci-dessous l'exemple du Naseux des rapides (longnose dace).

Tableau 9 : Résultats de la corrélation entre les caractéristiques environnementales et la densité de Naseux des rapides pour les deux rivières cumulées

Variables	R ²	R ² Cumulé	R ² Cum. Ajusté	F	p-value
Flow Velocity	0.18272840	0.1827284	0.1718314	16.76876	0.001
Cobble	0.16029793	0.3430263	0.3252703	18.05559	0.001
Embeddedness	0.09427472	0.4373011	0.4141764	12.23044	0.005

Grâce au tableau n°9 ci-dessus, de sortie des deux rivières cumulées, il est possible de remarquer que trois variables expliquent la présence ou l'absence du Longnose Dace. La vitesse du courant (flow Velocity), la présence de galets (Cobble) et le taux d'Embeddedness (enlèvement du substrat grossier par le dépôt de substrat fin, phénomène relié à la modification du transport des sédiments causé par le barrage). Les valeurs de p-value nous renseignent sur la pertinence de la relation, dans ce cas pour les trois variables, la valeur de p-value est très inférieure à 0.05 (seuil de significativité alpha) ainsi les relations sont significatives.

De plus, il est possible de déduire de ce tableau le modèle d'habitat pour l'espèce étudiée (Naseux des rapides). Le modèle se présente sous la forme d'une équation qui permet de prédire la densité du Naseux des Rapides en fonction de la proportion des trois variables explicatives. Les coefficients appliqués pour chaque variable sont présentés dans le tableau n°10. L'équation est de la forme suivante :

Nombre d'individus = [ordonnée à l'origine] + Coefficient * [la 1^{ère} variable explicative] + Coefficient * [la 2^{ème} variable explicative] +

Tableau 10 : Coefficient des variables explicatives de la présence ou de l'absence du Naseux des rapides

Ordonnée à l'origine	Flow Velocity	Cobble	Embeddedness
-51.756	1.707	2.605	-5.838

L'usage d'une corrélation entre la variable réponse et chaque variable explicative renseigne sur le sens de la relation qu'il existe entre la densité de poisson et les variables environnementales. Dans ce cas la vitesse du courant et la présence de galet expliquent respectivement à 18% et 16 % la variance observée dans les densités observées pour le Naseux dans les deux rivières, alors que le taux d'Embeddedness en explique 9%. Comme les corrélations ont montrées un lien positif entre ces variables et la présence de l'espèce mentionnée, il est possible de dire que la probabilité est forte de trouver du Naseux des Rapides dans les zones de courant accompagnées de granulométrie grossière de type galet, et encore plus si, par surcroît, les taux d'Embeddedness seront importants. Ceci a été confirmé par nos expériences de terrain et par la littérature (Bernatché, 2000).

La même étude statistique est alors réalisée pour la même espèce mais, indépendamment pour les deux rivières. Ceci va permettre d'observer si il existe une différence entre les modèles d'une rivière à l'autre. Les résultats pour la rivière Bécancour sont présentés dans les tableaux n° 11 et n°12 , ci-dessous

Tableau 11: Variable explicative de la présence du Naseux des rapides pour la rivière Bécancour

Variables	R ²	R ² Cumulé	R ² Cum. Ajusté	F	p-value
Cobble	0.6096335	0.6096335	0.5984802	54.65933	0.001

Tableau 12 : Coefficient des variables explicatives de la présence ou de l'absence du Naseux des rapides pour la rivière Bécancour

Ordonnée à l'origine	Cobble
-137.391	3.456

Dans le cas de la Bécancour, on constate que 60% de la variance observée dans les densités de Naseux des rapides est expliquée par la présence de galet. P-value est inférieur à 0.05 ce qui appuie la significativité de la relation.

Les résultats pour la rivière Etchemin sont présentés dans les tableaux n°13 et n°14, ci-dessous:

Tableau 13 : Variables explicatives de la présence du Naseux des rapides pour la rivière Etchemin

Variables	R ²	R ² Cumulé	R ² Cum. Ajusté	F	p-value
Flow.Velocity	0.1869954	0.1869954	0.1656006	8.740204	0.013
Periphyton	0.1348973	0.3218927	0.2852383	7.360489	0.008
Canopy.cover	0.0855612	0.4074540	0.3580752	5.198256	0.047

Tableau 14 : Coefficient des variables explicatives de la présence ou de l'absence du Naseux des rapides pour la rivière Etchemin

Ordonnée à l'origine	Flow velocity	Periphyton	Canopy cover
92.220	46.179	2.125	-1.150

Dans le cas de la rivière Etchemin on constate que la distribution du Naseux des Rapides est expliquée à environ 16% par la vitesse du courant.

Ainsi on retrouve les caractéristiques principales qui expliquent la présence du Naseux des rapides dans une rivière. Il est alors possible de dire qu'il n'y a pas de différence en termes d'utilisation des habitats, entre une rivière régulée et non régulée, en ce qui concerne l'espèce Naseux des Rapides. En effet, que ce soit en combinant les densités observées aux deux rivières ou en utilisant celles-ci séparément, les modèles d'utilisation de l'habitat sont globalement consistants, en ce sens que l'espèce semble répondre aux mêmes variables (ou à des variables corrélées entre elles) de façon similaire (toujours positive dans le cas présent).

Dans le cas des trois autres espèces, les résultats sont exposés dans l'annexe n°10. L'étude de ces résultats montre que la distribution du Meunier Noir est expliqué à 28% par la présence de limon pour la rivière Bécancour et à 35% par la couverture végétal dans la rivière et chemin. Ces variables étant fortement reliées en nature, ces modèles semblent aussi consistants entre eux.

Pour le Bec de Lièvre sa présence est expliquée majoritairement par la présence de prérphyton pour les deux rivières. A hauteur de 7% pour la rivière Bécancour et 31 % pour la Etchemin ce qui confirme à nouveau la ressemblance des modèles.

Enfin pour la dernière espèce, le Mené à Nageoires Rouges aucunes variables explicatives n'a pu être significativement liée à la présence ou à l'absence de cette espèce quelque soit les combinaisons. Ces résultats semblent cohérents, en raison du caractère

généraliste de cette espèce, en termes d'habitat. Cependant il est possible d'émettre la même hypothèse que pour les espèces précédentes, selon laquelle la présence d'un barrage hydroélectrique ne semble pas avoir d'influence sur la distribution des espèces en termes d'utilisation des habitats.

DISCUSSION-CONCLUSION

Les infrastructures hydroélectriques ont de nombreux impacts sur la qualité des écosystèmes aquatiques, modifiant entre autre les régimes hydrologiques et sédimentaires des cours d'eau ainsi que la température de l'eau. Les travaux développés dans ce rapport ont permis de déterminer certaines modifications, engendrées par ces perturbations physiques du milieu, sur la structure des communautés de poisson, en aval des ouvrages. Pour mettre en évidence ces variations, deux rivières hydrologiquement et morphologiquement similaires ont été sélectionnées. La rivière Etchemin, régulée par le barrage hydroélectrique Jean Guérin et la rivière Bécancour non régulée. Les populations de poissons appartenant à ces deux rivières ont ainsi été comparées.

Dans un premier temps, les résultats obtenus montrent une différence entre les richesses spécifiques des deux rivières, se traduisant par une diminution du nombre d'espèces en contexte régulé. Si l'on s'intéresse plus précisément aux espèces présentes dans la rivière régulée (Etchemin), il est possible de constater un dysfonctionnement du peuplement. En effet l'indice de Shannon nous renseigne sur la distribution du peuplement, 5 espèces sur les 16 recensées représentent à elles seules 93 % de la densité totale. De plus, le recensement des espèces montre une absence, dans la zone d'étude, d'espèces prédatrices. Les familles des Centrarchidés, des Percidés ou encore des Esocidés ne sont pas représentées alors qu'elles le sont pour la rivière Bécancour.

Dans un second temps, les courbes de croissances, réalisées pour les quatre espèces cibles, ont montré que la présence d'un barrage semble influencer la croissance des espèces qui utilisent des habitats spécifiques (comme pour le Naseux des rapides et le Bec de lièvre qui affectionnent les substrats grossiers de type galets et blocs). Alors que la croissance des espèces généralistes est semblable d'une rivière à l'autre (Méné à nageoires rouges et Meunier noir). En effet, ces constatations peuvent être mises en relation avec le phénomène de colmatations des sédiments, souvent observé dans les rivières régulées.

Enfin, la réalisation de modèle d'habitat pour les quatre espèces cibles semble montrer qu'il n'y a pas de variation significative, en terme d'utilisation des habitats, pour une même espèce entre une rivière régulée et non régulée. En effet les quatre espèces semblent utiliser les mêmes habitats d'une rivière à l'autre. Cette constatation est intéressante pour les travaux de modélisation de qualité d'habitat de poisson en rivière, car elles confirment la pertinence des modèles qui se base sur des échantillons de sites dispersés sur de nombreuses rivières aux caractéristiques environnementales différentes, pour expliquer la présence d'une espèce.

L'utilisation des données récoltées lors de l'été 2011 a permis de réaliser un prétraitement de ces dernières, avec pour objectif d'obtenir un premier aperçu simplifié de l'impact d'un barrage hydroélectrique sur les dynamiques des populations de poissons. Cependant ces travaux demandent à être approfondis et améliorés en utilisant des bases de données plus conséquentes. En effet, une seule paire de rivières (une régulée et l'autre non) a été utilisée pour rendre compte de l'impact des barrages hydroélectriques. Pour valider la pertinence des résultats il convient donc d'utiliser les données de plusieurs paires de rivières afin d'étendre les capacités d'utilisation des modèles de qualité d'habitat, à une grande diversité de milieux.

De plus, il semble important de mentionner que de multiples variables, autre que la présence d'un barrage, peuvent influencer la dynamique des populations de poissons. Notamment, les caractéristiques des bassins versants présentées en première partie du rapport, peuvent soulever de nombreux problèmes, liés à la pollution des eaux. En effet la structure des populations de poisson est étroitement liée à la qualité physico-chimique des eaux. Lors de la présentation des bassins versants, on a constaté l'importance de l'agriculture dans les secteurs d'échantillonnages notamment sur la rivière Etchemin. De plus les différentes activités industrielles, en particulier les secteurs de l'agroalimentaire, de la métallurgie sont des sources importantes de pollutions. Ces perturbations du milieu tels que les apports excessifs de nutriment, en matières en suspensions, en produits chimiques ou encore le réchauffement des eaux, peuvent modifier sensiblement les écosystèmes et favoriser le développement de certaines espèces de poisson résistantes au détriment d'autres plus sensibles.

Pour conclure, les travaux de modélisation d'habitats sont essentiels pour comprendre les écosystèmes qui nous entourent. Dans un monde en pleine expansion économique et industriel il est important de rester en accord avec notre environnement. De nombreuses études ont déjà été réalisées sur l'impact des barrages hydroélectriques sur l'environnement. L'organisation Hydronet CRSNG encourage ce type d'étude afin de développer nos connaissances sur le fonctionnement des hydrosystèmes et de promouvoir une énergie durable respectueuse de l'environnement. Ce réseau de recherche est encore au commencement de ces travaux, il est amené à s'émanciper suite à l'ampleur des demandes en énergies renouvelables. Aujourd'hui axé sur un développement national il est très probable qu'il ouvre ses portes et ses connaissances à l'international. Des accords existent déjà avec des structures nord américaines (e.g. Conte Anadromous Fish Laboratory-USGS, US; Rushing Rivers Institute, US) et européennes (e.g. CEDREN, Norvège; CEMAGREF, France). Le partage des idées et des savoirs constitue un pilier majeur dans le développement du monde de la recherche.

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrage :

Bernatchez, L., Giroux, M., 2000. Les poissons d'eau douce du Québec. Broquet, Boucherville, Qc, Canada.

Holm, E., Mandrak, N.E., Burridge, M.E., 2009. Freshwater fishes of Ontario. Royal Ontario museum, Toronto, Ontario, Canada.

Rapport:

PELLETIER, L., 2005. Etat de l'écosystème aquatique du bassin versant de la rivière Etchemin : faits saillant 2001-2003, Québec, Ministère du Développement durable, de l'environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 2-550-45552-5 (PDF), Envirodoq n°ENV/2005/0234, collection n°QE/166, 10 p.

ROBITAILLE, P., 2000. Qualité des eaux du bassin Etchemin, 1979-1999, Quebec, ministère de l'environnement, Direction du suivi de l'état de l'environnement, secteur milieu aquatique, Envirodoq n°ENV2001-0351, rapport n°QE125, 22 p., 7 annexes.

Rouillard, C., 2002. Le bassin versant de la rivière Etchemin : un environnement à connaître, à raconter et à expliquer. Conseil de bassin de la rivière Etchemin (CBE).

Minville, S., 2007. État de l'écosystème aquatique du bassin versant de la rivière Bécancour : fait saillants 2004-2006, Québec, Ministère du développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'anvironnement, ISBN 978-2-550-51516-6 (PDF), 15 p. Portrait du bassin versant de la rivière Bécancour. Plessisville, Québec.

GROBEC (Groupe de concertation du bassin de la Etchemin), 2009. Diagnostic du bassin versant de la rivière Bécancour. Plessisville, Qc.

MORIN, P. et F. BOULANGER (2005). Portrait de l'environnement du bassin versant de la rivière bécancour (mise à jour par Paris, A. et L. Chauvette en 2008), Rapport produit par Envir-Action pour le groupe de concertation du bassin de la Bécancour (Grobec), Plessisville, Québec, Canada.

Article scientifique :

Fehri-Bedoui, R., Gharbi, H., 2005. Age et croissance de *Liza aurata* (Mudilidae) des côtes tunisiennes. *Cybum*, 2005, 29(2).

Dorel, D., 1986. Poissons de l'Atlantique Nord-Est Relation Taille-Poids. Réf. DRV-86-OO1/RH/NANTE, IFREMER.

Autre source de données :

STATISTIQUE CANADA, 2002. Recensement de l'agriculture de 2001, Données sur les exploitations agricoles.

Sites internet :

- <http://www.grobec.org/2011.php>
- <http://www.cbetchemin.qc.ca/>
- Site d'hydroNet CRSNG, www.Umontreal/hydronet.ca

LISTE DES FIGURES

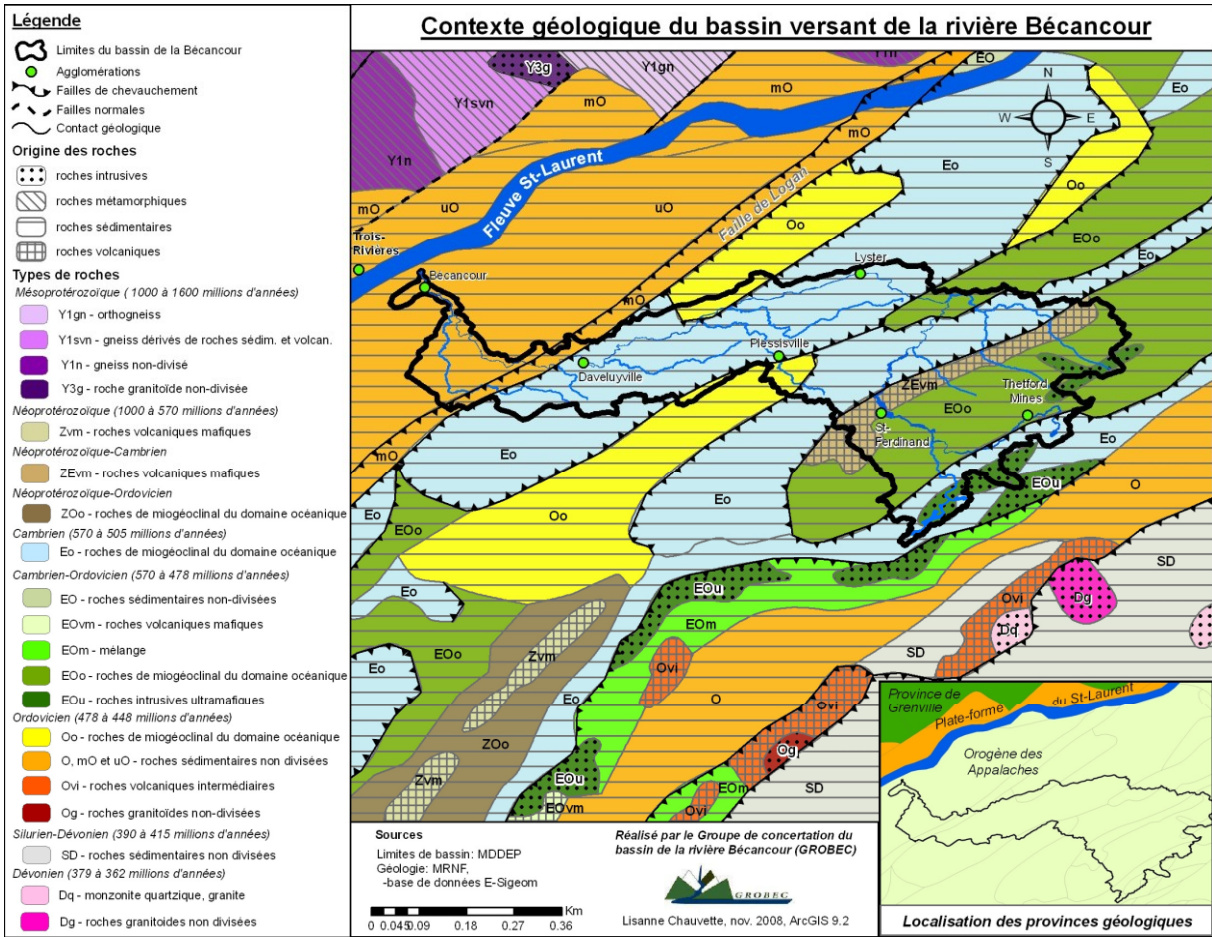
Figure 1: Localisation des camps de bases.....	9
Figure 2 : Cycle de la gestion intégré de l'eau au Québec.....	10
Figure 3 : Localisation des bassins versants des rivières Bécancour et Etchemin (Source : MDDEP, 2009).....	10
Figure 4 : schéma de répartition des sites d'échantillonnages sur le cours d'eau	16
Figure 5 : Échantillonnage en apnée de surface, plongeur en train de noter les poissons visualisés. (Source personnelle)	18
Figure 6 : Tenue d'une pêcheuse électrique de type « LR-24 Backpack Electrofisher » (Source personnelle)	18
Figure 7 : Schéma d'échantillonnage en pêcheuse électrique, et récolte des données environnementales.....	19
Figure 8 : Mesure des poissons capturés à la pêcheuse électrique.....	20
Figure 9 : Poissons capturés suite à un échantillonnage en multiples passages successifs.....	20
Figure 10 Conductimètre (source : www.vwrsp.com)	23
Figure 11 : Courantomètre (source www.hellopro.fr).....	23
Figure 12 : Échantillonnages des données de substrat dans un quadra de 250cm ²	24

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Caractéristiques des bassins versants des rivières Etchemin et Bécancour (Source : Rapports (GROBEC, 2008) ; (Rouillard, 2002).....	11
Tableau 2 : Données climatiques des bassins versants des rivières Bécancour et Etchemin (Source : Environnement Canada 2008)	11
Tableau 3 : Données hydrologiques pour les rivières Bécancour et Etchemin.....	12
Tableau 4 : Occupation du sol des Bassins de la rivière Bécancour et Etchemin (Source : Rapports (GROBEC, 2008) ; (Rouillard, 2002).....	13
Tableau 5 : Synthèses des données relatives a l'agriculture sur les bassins versants de la rivière Etchemin et Bécancour.....	13
Tableau 6 Compilation des résultats des descripteurs.....	28
Tableau 7 : résultat du teste T de Student, comparaison des densités de poissons des deux rivières	29
Tableau 8 : Résultats obtenus suite à la réalisation des courbes de croissance.....	30
Tableau 9 : Résultats de la corrélation entre les caractéristiques environnementales et la densité de Naseux des rapides pour les deux rivières cumulées	31
Tableau 10 : Coefficient des variables explicatives de la présence ou de l'absence du Naseux des rapides	31
Tableau 11: Variable explicative de la présence du Naseux des rapides pour la rivière Bécancour.....	31
Tableau 12 : Coefficient des variables explicatives de la présence ou de l'absence du Naseux des rapides pour la rivière Bécancour	32
Tableau 13 : Variables explicatives de la présence du Naseux des rapides pour la rivière Etchemin.....	32
Tableau 14 : Coefficient des variables explicatives de la présence ou de l'absence du Naseux des rapides pour la rivière Etchemin	32

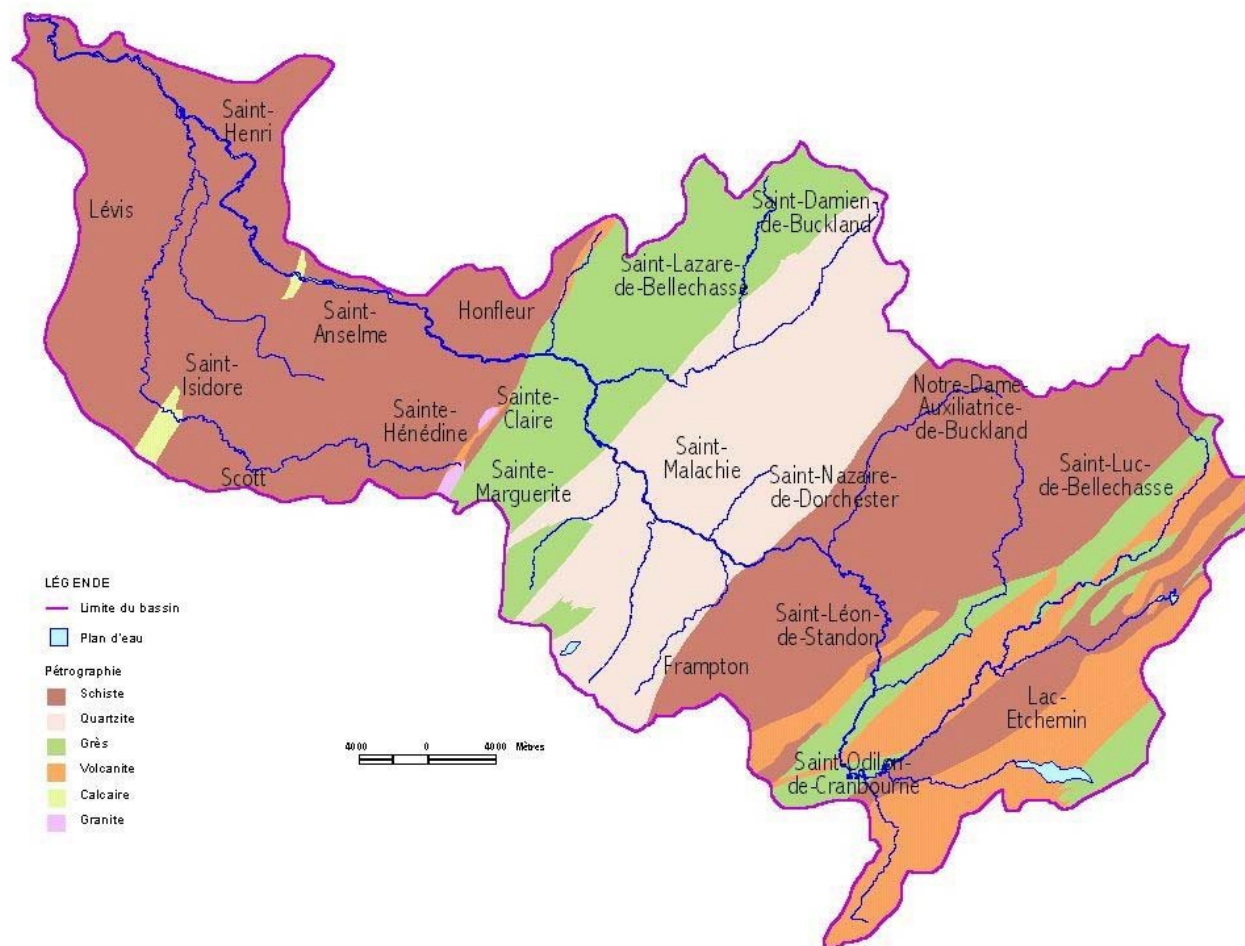
ANNEXES

ANNEXE N°1



ANNEXE N°2

Carte Géologique du bassin versant de la rivière Etchemin



Source : (Conseil de bassin de la rivière Etchemin (CBE). Dossier « *Le bassin versant de la rivière Etchemin : un environnement à connaître, à raconter et à expliquer* » juin 2002, Auteur : **Carole Rouillard, géographe**).

ANNEXE N°3

Comparaison de deux inventaires de la faune piscicole sur la rivière Etchemin.

Tableau 1 Comparaison entre les espèces retrouvées lors des inventaires de 1962-63 et de 1996

FAMILLE	ESPÈCES	(noms latins)	1962-63	1996	Statut de l'espèce en 1996 par rapport à 1962-63
Anguillidae	Anguille d'Amérique	<i>Anguilla rostrata</i>	X	X	=
Salmonidae	Omble de fontaine	<i>Prosopium cylindraceum</i>	X	X	=
	Ménomini rond	<i>Salvelinus fontinalis</i>	X		-
Cyprinidae	Bec-de-lièvre	<i>Exoglossum maxilingua</i>	X	X	=
	Méné à nageoires rouges	<i>Notropis cornutus</i>	X	X	=
	Méné pailles	<i>Notropis stramineus</i>		X	+
	Mulet à cornes	<i>Semotilus atromaculatus</i>	X	X	=
	Mulet perlé	<i>Semotilus margarita</i>		X	+
	Museau noir	<i>Notropis heterolepis</i>	X		-
	Naseaux des rapides	<i>Rhinichthys cataractae</i>	X	X	=
	Naseaux noir	<i>Rhinichthys atratulus</i>	X	X	=
	Ouitouche	<i>Semotilus caorporalis</i>	X		-
	Tête-de-boule	<i>Pimephales promelas</i>	X	X	=
	Tête rose	<i>Notropis rubellus</i>	X		-
	Ventre rouge du Nord	<i>Phoxinus eos</i>	X		-
Catostomidae	Meunier noir	<i>Catostomus commersoni</i>	X	X	=
	Meunier rouge	<i>Catostomus catostomus</i>	X	X	=
Ictaluridae	Barbotte brune	<i>Ictalurus nebulosus</i>		X	+
	Barbotte des rapides	<i>Ictalurus</i>	X		-
Percopsidae	Omisco	<i>Percopsis omiscomaycus</i>	X		-
Gadidae	Lotte	<i>Lota lota</i>	X	X	=
Cyprinodontidae	Fondule barré	<i>Fondulus diaphanus</i>		X	+
Gasterosteidae	Épinoche à cinq épines	<i>Culaea inconstans</i>	X	X	=
	Épinoches à trois épines	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	X	X	+
Cottidae	Chabot tacheté	<i>Cottus bairdi</i>	X	X	=
	Chabot visqueux	<i>Cottus cognatus</i>	X	X	=
Centrarchidae	Achigan à petite bouche	<i>Micropterus dolomieu</i>	X	X	=
Percidae	Dard barré	<i>Etheostoma flabellare</i>	X		-
	Fouille-roche	<i>Percina caprodes</i>	X	X	=
	Raseux-de-terre gris	<i>Etheostoma olmstedii</i>		X	+
	Raseux-de-terre noir	<i>Etheostoma nigrum</i>	X	X	=
TOTAL			25	23	

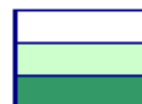
Source : Luc MAJOR et al. (1998). *Caractérisation ichthyologique de la rivière Etchemin et de ses tributaires 1996-1998*. FAPAQ : Service de la faune et du milieu naturel, direction régionale de la Chaudière-Appalaches, pp.10.

Légende :

Espèces tolérantes à la pollution

Espèces à tolérance intermédiaire à la pollution

Espèces non tolérantes à la pollution



ANNEXE N°4

Inventaire de la faune piscicole de la rivière Bécancour

FAMILLE	NOM COMMUN	NOM LATIN
Pétromyzontidés	Lamproie de l'Est ¹	<i>Lampetra appendix</i>
Acipensérédés	Esturgeon jaune ²	<i>Acipenser fulvescens</i>
Amiidés	Poisson-castor ³	<i>Amia calva</i>
Hiodontidés	Laquaiche argentée ^{4, 5, 6}	<i>Hiodon tergisus</i>
Salmonidés	Cisco de lac ¹	<i>Coregonus artedii</i>
	Grand corégone ¹	<i>Coregonus clupeaformis</i>
	Truite arc-en-ciel ^{1, 2}	<i>Oncorhynchus mykiss</i>
	Saumon atlantique ¹	<i>Salmo salar</i>
	Truite brune ^{1, 7}	<i>Salmo trutta</i>
	Omble de fontaine ^{1, 8}	<i>Salvelinus fontinalis</i>
	Touladi ¹	<i>Salvelinus namaycush</i>
Osméridés	Éperlan arc-en-ciel ¹	<i>Osmerus mordax</i>
Umbridés	Umbre de vase ^{1, 7}	<i>Umbra limi</i>
Ésocidés	Grand brochet ^{1, 3, 4}	<i>Esox lucius</i>
	Maskinonge ^{1, 4, 5}	<i>Esox masquinongy</i>
	Brochet maillé ¹	<i>Esox niger</i>
Cyprinidés	Carpe ^{1, 4}	<i>Cyprinus carpio</i>
	Méné de lac ¹	<i>Couesius plumbeus</i>
	Bec-de-lièvre ^{1, 4}	<i>Exoglossum maxilllingua</i>
	Méné jaune ^{1, 4}	<i>Notemigonus crysoleucas</i>
	Méné émeraude ⁴	<i>Notropis atherinoides</i>
	Méné d'herbe ⁴	<i>Notropis bifrenatus</i>
	Méné à nageoires rouges ^{1, 4}	<i>Notropis cornutus</i>
	Menton noir ¹	<i>Notropis heterodon</i>
	Museau noir ^{1, 4}	<i>Notropis heterolepis</i>
	Queue à tache noire ⁴	<i>Notropis hudsonius</i>
	Tête rose ⁴	<i>Notropis rubellus</i>
	Méné bleu ⁴	<i>Notropis spilopterus</i>
	Méné paille ⁴	<i>Notropis stramineus</i>
	Méné pâle ^{1, 4}	<i>Notropis volucellus</i>
	Ventre rouge du Nord ¹	<i>Phoxinus eos</i>
	Ventre citron ¹	<i>Phoxinus neogaeus</i>
	Ventre-pourri ^{1, 4}	<i>Pimephales notatus</i>
	Tête-de-boule ¹	<i>Pimephales promelas</i>
	Naseux noir ¹	<i>Rhinichthys atratulus</i>
	Naseux des rapides ¹	<i>Rhinichthys cataractae</i>
	Mulet à cornes ^{1, 4, 7}	<i>Semotilus atromaculatus</i>
	Ouitouche ^{1, 4, 5, 6}	<i>Semotilus corporalis</i>
	Mulet perlé ¹	<i>Semotilus margarita</i>

Catostomidés	Couette ^{5,6} Meunier rouge ^{1,3,5,6,9,10} Meunier noir ^{1,3,4,5,6,9,10} Suceur blanc ^{1,4,5,6,10} Suceur ballot ⁵ Suceur rouge ^{1,4,6,9,10} Suceur jaune ⁴	<i>Carpion cyprinus</i> <i>Catostomus catostomus</i> <i>Catostomus commersoni</i> <i>Moxostoma anisurum</i> <i>Moxostoma carinatum</i> <i>Moxostoma macrolepidotum</i> <i>Moxostoma valenciennesi</i>
Ictaluridés	Barbotte brune ^{1,3,4,7,9} Barbue de rivière ^{4,6} Barbotte des rapides ⁴	<i>Ictalurus nebulosus</i> <i>Ictalurus punctatus</i> □ <i>Noturus flavus</i>
Percopsidés	Omisco ⁴	<i>Percopsis omiscomaycus</i>
Gadidés	Lotte ^{1,3,9,10}	<i>Lota lota</i>
Cyprinodontidés	Fondule barré ⁴	<i>Fundulus diaphanus</i>
Gastérostéidés	Épinoche à cinq épines ^{1,7}	<i>Culaea inconstans</i>
Cottidés	Chabot visqueux ¹	<i>Cottus cognatus</i>
Centrarchidés	Crapet de roche ^{1,4,6,9} Crapet-soleil ^{1,3,4} Achigan à petite bouche ^{1,4,6} Achigan à grande bouche ⁴	<i>Ambloplites rupestris</i> <i>Lepomis gibbosus</i> <i>Micropterus dolomieu</i> <i>Micropterus salmoides</i>
Percidés	Dard de sable ⁴ Dard à ventre jaune ^{1,4} Dard barré ^{1,4} Raseux-de-terre noir ^{1,4} Fouille-roche ^{1,4} Dard gris ⁴ Perchaude ^{1,3,4,9} Doré jaune ^{1,4,5,6,10}	<i>Ammocrypta pellucida</i> <i>Etheostoma exile</i> <i>Etheostoma flabellare</i> <i>Etheostoma nigrum</i> <i>Percina caprodes</i> <i>Percina copelandi</i> <i>Perca flavescens</i> <i>Stizostedion vitreum</i>

(Sources :

¹ Luc Major, MRNFP de Chaudière-Appalaches, comm. pers.

² Mario Michaud, communication personnelle

³ GDG Environnement ltée, données non publiées

⁴ Paquet, 1964

⁵ Bourque et al., 1989

⁶ Henri et Hart, 1993

⁷ Pierre Morin, biologiste, données non publiées

⁸ Groupe-conseil Enviram (1986) inc.

⁹ Hart et al., 1991

¹⁰ Faucher, 1990)

(Compilation des données réalisé par GROBEC, 2008)

ANNEXE N°5

Liste des espèces de poissons recensées dans les rivières Bécancour et Etchemin

Familles	Espèces	Nom anglais	Nom latin	Bécancour	Etchemin
Salmonidés	Omble de fontaine	Brook Trout	<i>Salvelinus fontinalis</i>	X	X
Esocidés	Grand brochet	Northern Pike	<i>Esox lucius</i>	X	
	Maskinongé	Muskellunge	<i>Esox masquinongy</i>	X	
	Mulet perlé	Pearl dace	<i>Margariscus margarita</i>		X
	Phoxinus sp	Phoxinus sp	<i>Phoxinus sp</i>		X
Cyprinidés	Bec-de-lièvre	Cutlips Minnow	<i>Exoglossum maxilllingua</i>	X	X
	Méné à nageoires rouges	Common Shiner	<i>Luxilus cornutus</i>	X	X
	Ventre-pourri	Bluntnose Minnow	<i>Pimephales notatus</i>	X	
	Tête-de-boule	Fathead Minnow	<i>Pimephales promelas</i>		X
	Naseux noir	Blacknose Dace	<i>Rhinichthys atratulus</i>	X	X
	Naseux des rapides	Longnose Dace	<i>Rhinichthys cataractae</i>	X	X
	Mulet à cornes	Creek Chub	<i>Semotilus atromaculatus</i>	X	X
	Ouitouche	Fallfish	<i>Semotilus corporalis</i>	X	X
	Meunier rouge	Longnose Sucker	<i>Catostomus catostomus</i>		X
	Meunier noir	White Sucker	<i>Catostomus commersoni</i>	X	X
	Tête rose	Rosyface Shiner	<i>Notropis rubellus</i>	X	
Ictaluridés	Barbotte des rapides	Stonecat	<i>Noturus flavus</i>		X
Cyprinodontidés	Fondule barré	Banded Killifish	<i>Fundulus diaphanus</i>	X	X
Gastérostéidés	Epinoche à cinq épines	Brook Stickleback	<i>Culaea inconstans</i>		X
Centrarchidés	Crapet de roche	Rock Bass	<i>Ambloplites rupestris</i>	X	
	Crapet -soleil	Pumpkinseed	<i>Lepomis gibbosus</i>	X	
	Achigan à petite bouche	Smallmouth Bass	<i>Micropterus dolomieu</i>	X	
Percidés	Dard barré	Fantail Darter	<i>Etheostoma flabellare</i>	X	
	Fouille-roche zébré	Logperch	<i>Percina caprodes</i>	X	X
	Perchaude	Yellow Perch	<i>Perca flavescens</i>	X	
	Doré jaune	Walleye	<i>Sander vitreus</i>	X	

ANNEXE N°6
Tableau de données environnementales et de poissons :
Les données environnementales

Habitat Type	Shore line description															Comment
	Site Latitude (deg)	Site Longitude (deg)	Site Latitude (end)	Site Longitude (end)	Width sampled (m)	Length sampled (m)	Surface sampled (m ²)	Shore included	Distance to the nearest shore	Road	Bridge	Forest	Field	House	Industry	Site relocated (1)

46.24524	71.49048	46.24484	71.49095	5	60	300	1	NA	0	0	0	1	0	0	NA	Bridge upstream of the site.
46.24524	71.49048	46.24484	71.49095	5	60	300	1	NA	0	0	0	1	0	0	NA	Bridge upstream of the site.
46.24524	71.49048	46.24484	71.49095	5	60	300	1	NA	0	0	0	1	0	0	NA	Bridge upstream of the site.
46.24524	71.49048	46.24484	71.49095	5	60	300	1	NA	0	0	0	1	0	0	NA	Bridge upstream of the site.
46.24524	71.49048	46.24484	71.49095	5	60	300	1	NA	0	0	0	1	0	0	NA	Bridge upstream of the site.
46.24524	71.49048	46.24484	71.49095	5	60	300	1	NA	0	0	0	1	0	0	NA	Bridge upstream of the site.
46.24524	71.49048	46.24484	71.49095	5	60	300	1	NA	0	0	0	1	0	0	NA	Bridge upstream of the site.
46.24524	71.49048	46.24484	71.49095	5	60	300	1	NA	0	0	0	1	0	0	NA	Bridge upstream of the site.
46.24524	71.49048	46.24484	71.49095	5	60	300	1	NA	0	0	0	1	0	0	NA	Bridge upstream of the site.
46.24524	71.49048	46.24484	71.49095	5	60	300	1	NA	0	0	0	1	0	0	NA	Bridge upstream of the site.
46.24524	71.49048	46.24484	71.49095	5	60	300	1	NA	0	0	0	1	0	0	NA	Bridge upstream of the site.

Take at each sampling event if conditions change															
Numbers of branches															
sampled branch width (m)															
Other branch width 1 (m)															
Other branch width 2 (m)															
Other branch width 3 (m)															
# Tributaries															
wetted width of tributary 1 (m)															
wetted width of tributary 2 (m)															
wetted width of tributary 3 (m)															
Tributary temperature 1 (°C)															
Tributary temperature 2 (°C)															
Tributary temperature 3 (°C)															
wetted River width (m)															
Water Temp (°C)															
Transparency (m)															
Entire site picture number															

0	NA	NA	NA	NA	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	36.50	23.8	3.0	CL-437
0	NA	NA	NA	NA	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	36.50	23.8	3.0	CL-438
0	NA	NA	NA	NA	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	36.50	23.8	3.0	NA
0	NA	NA	NA	NA	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	36.50	23.8	3.0	NA
0	NA	NA	NA	NA	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	36.50	23.8	3.0	NA
0	NA	NA	NA	NA	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	36.50	23.8	3.0	NA
0	NA	NA	NA	NA	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	36.50	23.8	3.0	NA
0	NA	NA	NA	NA	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	36.50	23.8	3.0	NA
0	NA	NA	NA	NA	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	36.50	23.8	3.0	NA
0	NA	NA	NA	NA	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	36.50	23.8	3.0	NA

Take only one time per site: Substrate percentage																		
Clay (angle)	Silt < 0.06 mm	Sand 0.06-2 mm	Gravel 2-32 mm	Pebble 32-64 mm	Cobble 64-250 mm	Boulders 250-1000 mm	Metric Boulders > 1 m	Bedrock	Total	D60 cm	Dmax cm	Embeddedness (%)	Macrophyte Cover (%)	Emergent aquatic plant (%)	Periphyton (%)	Woody Debris (%)	Canopy cover (%)	Picture of the substrate

0	0	30	10	20	40	0	0	0	100	6.0	12.0	0	0	0	0	0	90	CL-439
0	10	25	10	10	15	30	0	0	100	6.0	40.0	0	0	0	30	0	90	NA
0	0	25	40	15	20	0	0	0	100	2.0	15.0	0	0	0	30	0	0	CL-440
0	0	20	30	20	30	0	0	0	100	2.5	22.0	0	0	0	30	0	0	NA
0	15	20	10	15	40	0	0	0	100	1.5	25.0	0	0	0	70	0	0	NA
0	0	45	20	20	15	0	0	0	100	1.0	18.0	0	0	0	20	0	0	NA
0	0	25	35	20	20	0	0	0	100	0.5	8.0	0	0	0	5	0	10	CL-441
0	0	10	15	25	50	0	0	0	100	5.0	18.0	0	0	0	50	0	50	NA
0	0	20	25	40	15	0	0	0	100	4.0	16.0	0	0	0	10	0	0	CL-442
0	0	25	40	15	20	0	0	0	100	2.0	18.0	0	0	0	0	0	0	NA

Les données de poissons

Province	River Name	Dam Name	Date (mm/yyyy)	Start time (hh:mm)	End time (hh:mm)	Site # (1 to 60)	Fishing gear	Fish number	Species Common Name	Species Latin Name	Length (cm)	Weight (g)
----------	------------	----------	----------------	--------------------	------------------	------------------	--------------	-------------	---------------------	--------------------	-------------	------------



Quebec	Picanoc	none	14/06/2011	14h41	15h10	CL-Picanoc-4	V	13	fatfish	seco	7.5	NA
Quebec	Picanoc	none	14/06/2011	14h41	15h10	CL-Picanoc-4	V	1	white sucker	caco	12.5	NA
Quebec	Picanoc	none	15/06/2011	13h51	14h16	CL-Picanoc-4	E	1	white sucker	caco	10.5	13.4
Quebec	Picanoc	none	15/06/2011	13h51	14h16	CL-Picanoc-4	E	1	muskellunge	esma	6.5	1.4
Quebec	Petite Nation	none	17/06/2011	10h30	11h02	CL-Petite Nation-1	E	1	fatfish	seco	8.0	3.0
Quebec	Petite Nation	none	17/06/2011	10h30	11h02	CL-Petite Nation-1	E	1	logperch	peca	7.5	2.4
Quebec	Petite Nation	none	17/06/2011	10h30	11h02	CL-Petite Nation-1	E	1	logperch	peca	8.5	3.6
Quebec	Petite Nation	none	17/06/2011	10h30	11h02	CL-Petite Nation-1	E	1	logperch	peca	7.0	1.8

ANNEXE N°7

Description des quatre espèces cibles

Meunier noir (*Catostomus commersoni*); Source : <http://www.dfo-mpo.gc.ca>



Habitat

Le meunier noir est un poisson d'eau douce indigène de l'Amérique du Nord. Il est largement répandu au Canada, de Terre Neuve et Labrador à la Colombie Britannique, de même qu'au Yukon, dans les Territoires du Nord Ouest et les Grands Lacs. Ce poisson fréquente lacs et rivières, habituellement les eaux peu profondes, où il se nourrit sur le fond de vers, de larves d'insecte et d'oeufs de poisson à l'occasion. Le meunier noir est une espèce résistante qui possède une capacité d'adaptation lui permettant de survivre dans des conditions d'eau de mauvaise qualité que d'autres poissons ne pourraient tolérer.

Cette capacité, associée à son abondance élevée et sa présence généralisée, fait du meunier noir un excellent contrôleur environnemental des produits chimiques toxiques et des effets des effluents des fabriques de pâtes, ainsi que de diverses maladies, notamment les papillomes et les tumeurs du foie. Il n'est habituellement pas pêché, sauf comme appât. Le meunier noir est la proie du grand brochet, du maskinongé, de l'achigan, du doré jaune, de la lotte, du saumon atlantique, de l'omble de fontaine et d'une gamme d'oiseaux et de mammifères.

Description de l'espèce

Le meunier noir est un poisson qui se nourrit sur le fond comme les autres meuniers grâce à son museau courbé vers le bas. Sa bouche ronde est entourée de lèvres charnues. Le corps est fuselé et doté d'une seule nageoire dorsale à rayons mous et d'une nageoire caudale profondément fourchue. Le dos est généralement de couleur olive et le ventre, de couleur crème. La fraie a lieu au printemps au moment où la température de l'eau atteint 10 °C. Le meunier noir peut remonter par milliers un petit cours d'eau, où la femelle pond de 20 000 à 50 000 oeufs sur le substrat de gravier. Il peut atteindre environ 50 cm de longueur et peser 2 kg.

Bec-de-lièvre (*Exoglossum maxillingua*) ; Source : <http://www.rom.on.ca>

Caractéristiques : Le Bec-de-lièvre porte son nom à cause de sa mâchoire inférieure trilobe



composée de deux lobes extérieurs tendres et charnus encadrant un lobe osseux au centre. Ce poisson a pour caractéristique d'attaquer et de manger les yeux d'autres poissons. Il a pour habitat les ruisseaux et les rivières, préférant les eaux au débit lent et se nourrissant de larves

d'insectes trouvées au fond des cours d'eau. Le Bec-de-lièvre fraie sur les fonds graveleux. Le mâle choisit un emplacement et creuse une dépression en enlevant le sable et la boue. Puis, il tapisse le trou de gravier fin qu'il a sélectionné et transporté d'un endroit voisin. Après que

la femelle a pondu ses œufs, le mâle les recouvre du gravier récolté et garde le nid. Le débit calme des eaux passant sur le nid et la couche de gravier assurent une bonne oxygénation des œufs. Ce type de nid permet aux œufs de ne pas être étouffés par le sable, une des causes principales de mortalité des poissons de rivière. Une fois les œufs éclos, les parents gardent les alevins en les rassemblant en banc et les dirigent vers leur nourriture. Le Bec-de-lièvre est un des rares cyprinidés qui s'occupe ainsi de ses petits.

Distribution: L'aire de répartition du Bec-de-lièvre se situe dans l'est de l'Amérique du Nord, du Québec et de l'Ontario, jusqu'en Caroline du Nord au sud, et aux monts Adirondacks à l'ouest. Son habitat se situe généralement dans l'intérieur des terres et en montagnes plutôt que sur les côtes. Au Canada, on trouve le Bec-de-lièvre dans le fleuve Saint-Laurent et ses affluents; des populations ont été repérées dans le sud du Québec et dans l'est de l'Ontario. En Ontario, l'espèce a été signalée dans 12 sites au total depuis les années 1930. Toutefois, un dénombrement récent a confirmé sa présence dans moins de six sites en Ontario. Il est plus répandu au Québec. Cartes de distribution

Le Naseux des rapides (*Rhinichthys cataractae*); Source : « Les poissons d'eau douce du Québec », Louis Bernatchez / Marie Giroux.



Caractéristiques : Le Naseux des rapides est un cyprin de taille moyenne. Les individus généralement observés mesurent environ 7 à 8 cm mais certains atteignent 18 cm. Ce poisson a une forme très caractéristique. Son corps est élancé et presque cylindrique. Sa bouche n'est pas protractile, ce qui le distingue des autres cyprins. Le nazeux des rapide

Habitat : cours d'eau limpides et rapides avec lits de gravier; pris à l'occasion dans les rives des lacs

Utilisation comme appât : non couramment utilisé, possiblement en raison de sa coloration terne et de son intolérance de l'eau calme des seaux à appâts

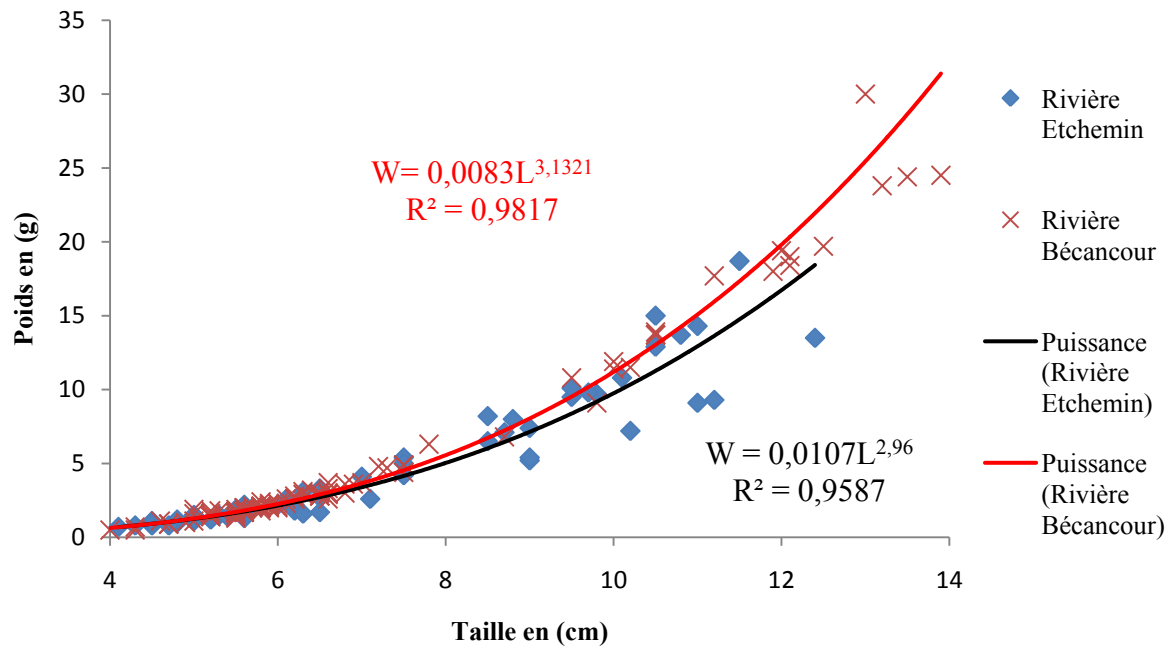
Le Méné à nageoires rouges, (*Luxilus cornutus*) ; Source : « Les poissons d'eau douce du Québec », Louis Bernatchez / Marie Giroux.



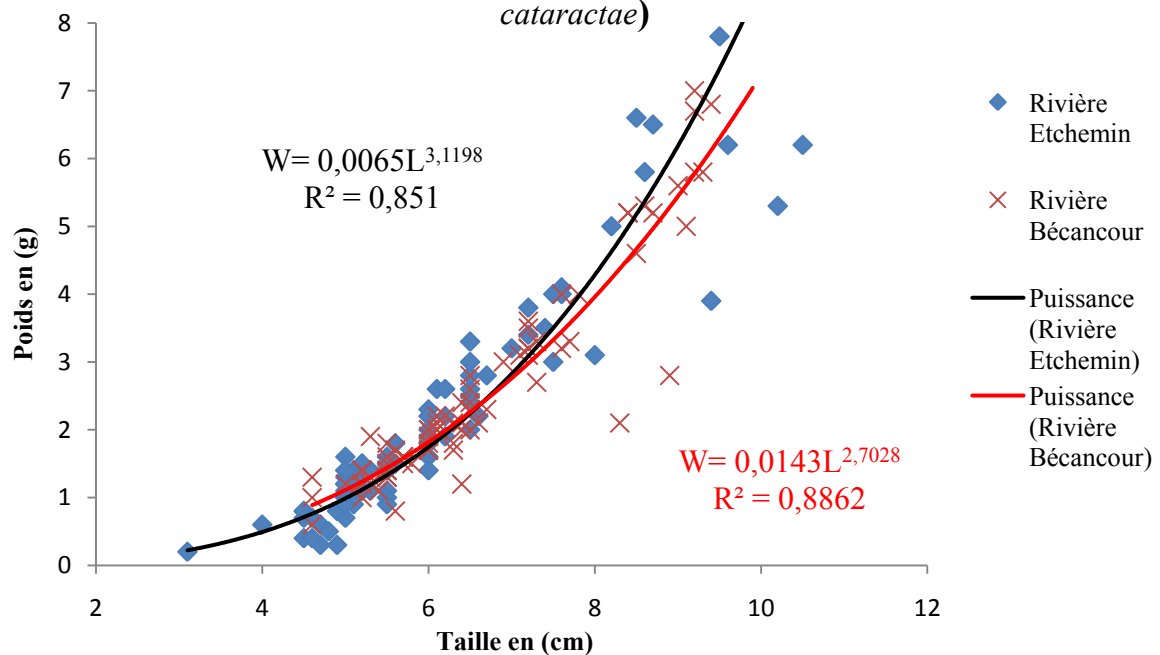
ANNEXE N°8

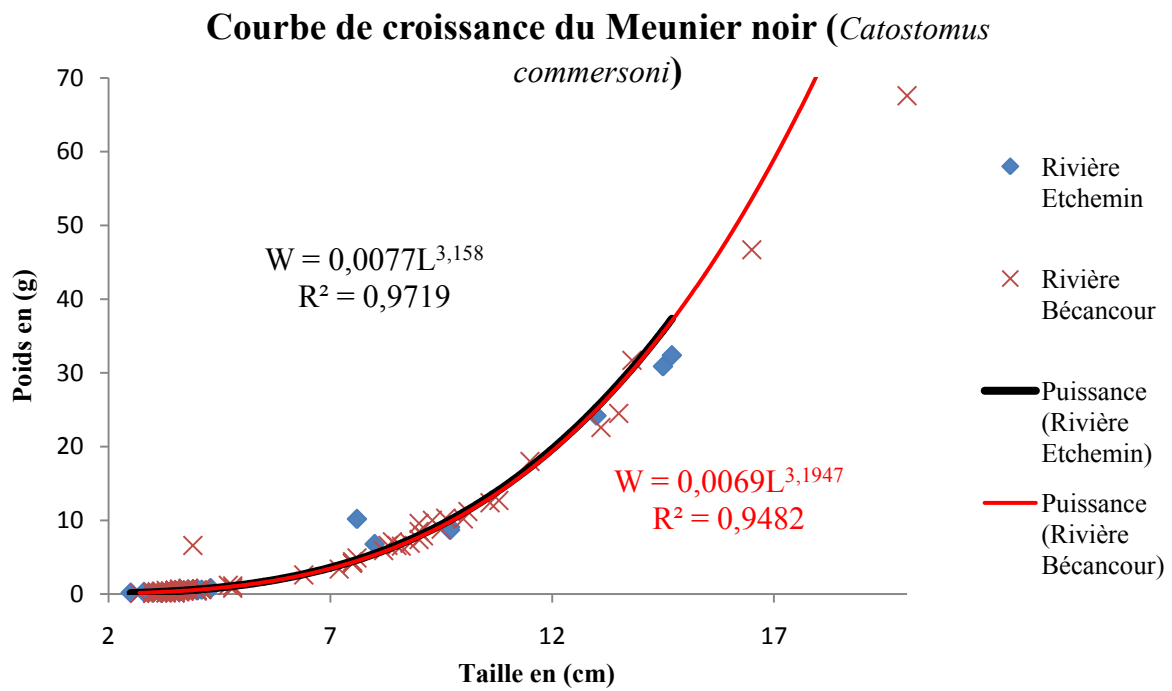
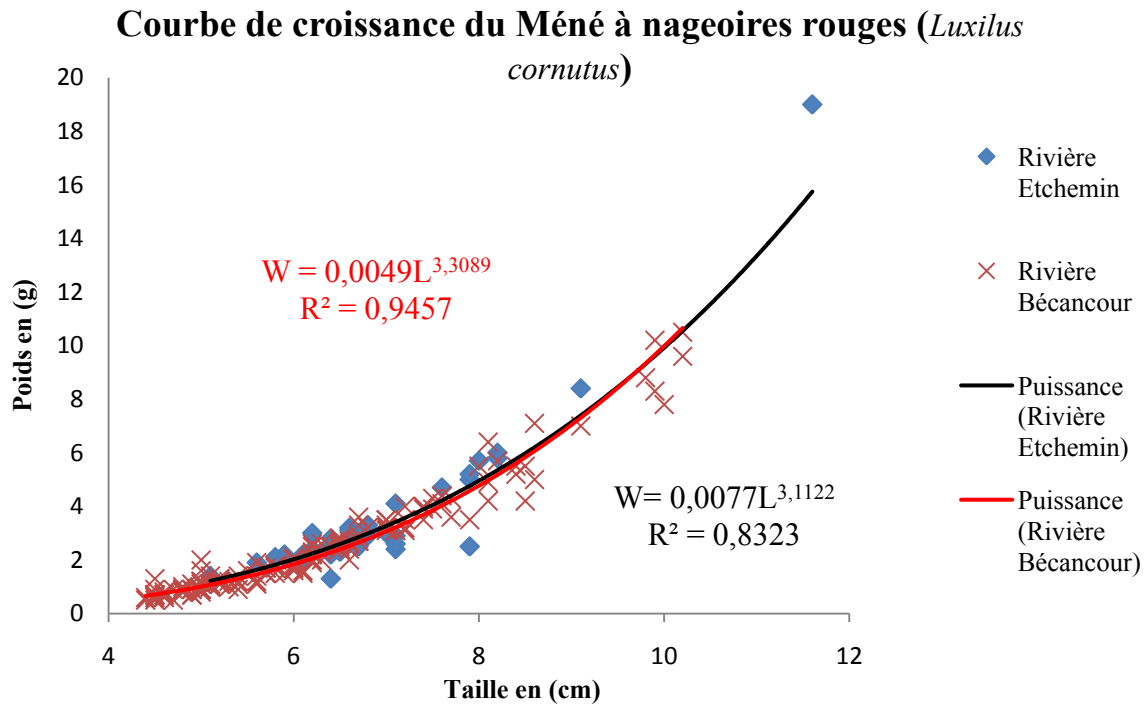
Courbes de croissance des quatre espèces cibles.

Courbe de croissance du Bec de Lièvre (*Exoglossum maxillingua*)



Courbe de croissance du Naseux des rapides (*Rhinichthys cataractae*)





ANNEXE N°9

Tableau de calcul de l'indice de Shannon.

Rivière	Espèces	Nbre individus (pi)	Proportion (%)	pi = ni/N	LN(pi)	(-)pi*LN(pi)
Becancour	banded killifish	35	0,3	0,0029	-5,8563	0,0168
Becancour	blacknose dace	441	3,6	0,0361	-3,3226	0,1198
Becancour	bluntnose minnow	61	0,5	0,0050	-5,3008	0,0264
Becancour	brook trout	3	0,0	0,0002	-8,3130	0,0020
Becancour	common shiner	2174	17,8	0,1778	-1,7273	0,3070
Becancour	creek chub	95	0,8	0,0078	-4,8578	0,0377
Becancour	cutlips minnow	1330	10,9	0,1087	-2,2187	0,2413
Becancour	fallfish	1630	13,3	0,1333	-2,0153	0,2686
Becancour	fantail darter	395	3,2	0,0323	-3,4328	0,1109
Becancour	logperch	48	0,4	0,0039	-5,5404	0,0217
Becancour	longnose dace	1406	11,5	0,1150	-2,1631	0,2487
Becancour	muskellunge	5	0,0	0,0004	-7,8022	0,0032
Becancour	northern pike	29	0,2	0,0024	-6,0444	0,0143
Becancour	pumpkinseed	21	0,2	0,0017	-6,3671	0,0109
Becancour	rockbass	228	1,9	0,0186	-3,9823	0,0742
Becancour	rosyface shiner	7	0,1	0,0006	-7,4657	0,0043
Becancour	smallmouth bass	9	0,1	0,0007	-7,2144	0,0053
Becancour	walleye	1	0,0	0,0001	-9,4116	0,0008
Becancour	white sucker	4274	34,9	0,3495	-1,0513	0,3674
Becancour	yellow perch	38	0,3	0,0031	-5,7741	0,0179
Total		12230	N		Shannon	1,8994
Etchemin	banded killifish	5	0,0	0,0002	-8,4212	0,0019
Etchemin	blacknose dace	4515	19,9	0,1988	-1,6155	0,3211
Etchemin	brook stickleback	706	3,1	0,0311	-3,4710	0,1079
Etchemin	brook trout	14	0,1	0,0006	-7,3916	0,0046
Etchemin	common shiner	2172	9,6	0,0956	-2,3472	0,2245
Etchemin	creek chub	509	2,2	0,0224	-3,7982	0,0851
Etchemin	cutlips minnow	3153	13,9	0,1388	-1,9745	0,2741
Etchemin	fallfish	3	0,0	0,0001	-8,9320	0,0012
Etchemin	fathead minnow	139	0,6	0,0061	-5,0962	0,0312
Etchemin	logperch	193	0,8	0,0085	-4,7680	0,0405
Etchemin	longnose dace	5361	23,6	0,2360	-1,4437	0,3408
Etchemin	longnose sucker	1	0,0	0,0000	-10,0306	0,0004
Etchemin	pearl dace	2	0,0	0,0001	-9,3375	0,0008
Etchemin	phoxinus sp	2	0,0	0,0001	-9,3375	0,0008
Etchemin	stonecat	16	0,1	0,0007	-7,2581	0,0051
Etchemin	white sucker	5921	26,1	0,2607	-1,3444	0,3505
Total		22712	N		Shannon	1,4400

ANNEXE N°10

Résultats des corrélations pour les espèces ciblées.

Meunier Noir :

Résultat de la corrélation entre les caractéristiques environnementales et la densité de Meunier noir pour les deux rivières cumulées

Variables	R ²	R ² Cumulé	R ² Cum. Ajusté	F	p-value
Macrophyte.Cover	0.2551522	0.2551523	0.2452210	25.691723	0.010
Boulders	0.0463905	0.3015428	0.2826656	4.914974	0.037
Cobble	0.0500512	0.3515940	0.3249472	5.634956	0.026
Periphyton	0.0485603	0.4001544	0.3668296	5.828740	0.017
Silt	0.0489476	0.4491020	0.4103064	6.308395	0.021

Pour Etchemin :

Variables	R ²	R ² Cumulé	R ² Cum. Ajusté	F	p-value
Macrophyte.Cover	0.374101	0.37410	0.3576306	22.712730	0.017
Flow.Velocity	0.078248	0.45235	0.4227477	5.286599	0.044
Boulders	0.117231	0.56958	0.5337138	9.805211	0.010

Pour Becancour :

Variables	R ²	R ² Cumulé	R ² Cum. Ajusté	F	p-value
Silt	0.30389	0.3038961	0.2840075	15.279853	0.001
Embeddedness	0.11101	0.4149109	0.3804939	6.451157	0.009

Bec de lièvre :

Résultat de la corrélation entre les caractéristiques environnementales et la densité de Meunier noir pour les deux rivières cumulées

Variables	R ²	R ² Cumulé	R ² Cum. Ajusté	F	p-value
Periphyton	0.28832	0.2883224	0.2788334	30.384796	0.001
D50.cm	0.06357	0.3518955	0.3343792	7.258723	0.013
Gravel	0.03735	0.3892494	0.3641501	4.464727	0.034

Pour Etchemin :

Variables	R ²	R ² Cumulé	R ² Cum. Ajusté	F	p-value
+Periphyton	0.33443	0.33443	0.3169224	19.094542	0.001
Flow.Velocity	0.12161	0.45605	0.4266500	8.272429	0.008
Cobble	0.13257	0.58862	0.5543484	11.602099	0.002
Canopy.cover	0.05054	0.63917	0.5979415	4.903287	0.039

Pour Bécancour :

Variables	R ²	R ² Cumulé	R ² Cum. Ajusté	F	p-value
			0.0763051		
+Periphyton	0.1019	0.1019633	2	3.973909	0.048

Pour le Mené à nageoire rouge aucune relation n'a pu être mise en évidence, entre la densité de cette espèce et les caractéristiques environnementales.