

Département Aménagement et Environnement

Etudiant : Baptiste THEVENET

Organisme d'accueil : Université de Montréal, laboratoire Daniel Boisclair

Tuteur universitaire : Catherine Boisneau

Tuteur professionnel : Cédric Lejeune



Adresse

Station de biologie des Laurentides, 592, chemin du lac Croche
St-Hippolyte, QC J8A 3K9, Canada

Remerciements

Pour ces trois mois de stage passés au Québec, au sein de la station de biologie des Laurentides, je tiens à remercier sincèrement :

Le professeur Daniel Boisclair, pour son accueil au sein de son laboratoire et de son équipe,

Cédric Lejeune, pour m'avoir intégré au sein de l'équipe de terrain et pour ses conseils avisés,

L'ensemble de l'équipe avec laquelle j'ai travaillé durant ces trois mois estivaux dans la joie et la bonne humeur,

Enfin, merci à l'ensemble du personnel de la station de biologie des Laurentides pour la qualité des services et la gentillesse du personnel.

Abstract

Le sujet principal de ce projet est l'étude du stress chez les poissons d'eau douce dans trois rivières affluentes à la rivière du Nord à proximité de Saint Jérôme au Québec. L'étude est centrée sur une espèce de poisson en particulier, le bec-de-lièvre (*Exoglossum maxillina*), de la famille des cyprinidés. La méthode d'évaluation du stress consiste à analyser les concentrations en glucose, lactate et cortisol des poissons après leur capture à la pêche électrique. Les paramètres environnementaux sont systématiquement relevés sur le terrain afin d'essayer de comprendre quels peuvent être les facteurs influant sur la réponse au stress des poissons dans leur milieu naturel. L'étude a révélé que le pic de stress chez le bec-de-lièvre se situe entre 30 et 45 minutes après le stimulus. Les résultats montrent qu'il n'existe pas de différences significatives pour les taux de glucose et lactate (représentant le niveau de stress) entre les trois rivières et entre les journées d'échantillonnage consécutives.

Enfin, le facteur de stress environnemental expliquant actuellement le mieux les variations des concentrations en glucose et lactate est la température de l'eau.

Mots clés : poisson, écophysiologie, bec-de-lièvre, *Exoglossum maxillina*, stress, glucose, lactate, cortisol, environnement, basses-Laurentides.

The main topic of this project is the study of stress in freshwater fish in three rivers tributary to the North River near Saint Jerome, Quebec. The study focuses on a fish species, cutlip minnow (*Exoglossum maxillina*) of the Cyprinidae family. Stress evaluation method consists of analyzing the concentrations of glucose, lactate and cortisol after capture using electrical fishing. The environmental parameters are systematically measured in order to try to understand what are the factors influencing the stress response of fishes in their natural environment. The study found that the stress peak of cutlip minnow is between 30 and 45 minutes after the stimulus.

The results show that there aren't significant differences in stress levels between the three rivers and between consecutive sampling days.

Finally, the environmental stress factor currently best explain changes in glucose and lactate concentration is water temperature.

Keywords: fish, ecophysiologie, cutlip minnow, *Exoglossum maxillina*, stress, glucose, lactate, cortisol, environment, basses Laurentides.

Version abrégée

Ce stage se concentre sur l'étude du stress chez les poissons d'eau douce dans trois rivières affluentes à la rivière du Nord à proximité de Saint Jérôme au Québec (figure 1). L'étude est centrée sur une espèce de poisson en particulier, le bec-de-lièvre (*Exoglossum maxillina*), de la famille des cyprinidés (figure 2). L'objectif de ce projet est d'en apprendre plus sur l'écophysiologie des poissons et de déterminer si leur habitat leur convient. Si tel n'est pas le cas, cette étude permettra à plus long terme de cibler quelles peuvent être les menaces pesant sur les populations de poissons du Québec.

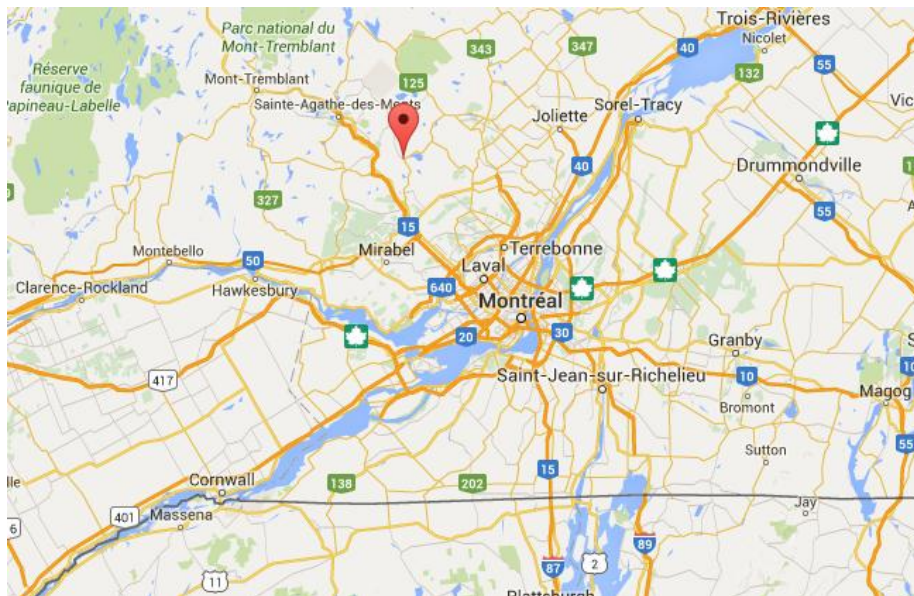


Figure 1 : situation géographique de l'étude (source : Googlemap)



Figure 2 : bec-de-lièvre (*Exoglossum maxillina*)

Les trois rivières étudiées pour ce projet de recherche sont la rivière aux mulets, Simon et Bellefeuille dont les photos sont présentées figure 3 :



Figure 3 : Sites d'étude (de gauche à droite et de haut en bas : Rivière aux mulets, Simon et Bellefeuille)

La méthode d'évaluation du stress consiste à analyser les concentrations en glucose, lactate et cortisol des poissons après leur capture à la pêche électrique. En effet, les publications existantes sur l'écophysiologie des poissons d'eau douce démontrent que ces substances reflètent l'état de stress d'un poisson. Ainsi, plus leurs concentrations sont élevées plus le poisson est stressé.

Sur le terrain, les paramètres environnementaux (profondeur, vitesse du courant, température, substrat, météo, etc.) sont relevés afin d'essayer de comprendre quels peuvent être les facteurs influant sur l'état de stress des poissons dans leur milieu naturel.

Deux paramètres sont évalués dans cette étude. L'état de stress du poisson dans son milieu naturel avec les poissons T0 (cf. rapport pour des explications plus détaillées), et la réponse à un stress extérieur avec les poissons T30. Ce stress extérieur est généré à l'aide de la pêche électrique.

Premièrement l'étude a révélé que le pic de réponse à un stress extérieur chez le bec-de-lièvre et quelques espèces de cyprins se situe entre 30 et 45 minutes après le stimulus comme le montre le graphique ci-dessous (figure 4) pour le bec-de-lièvre (T0 représente les poissons tués immédiatement après leur capture, T60 les poissons tués 60 minutes après. La capture à la pêche électrique joue le rôle de stimulus stressant).

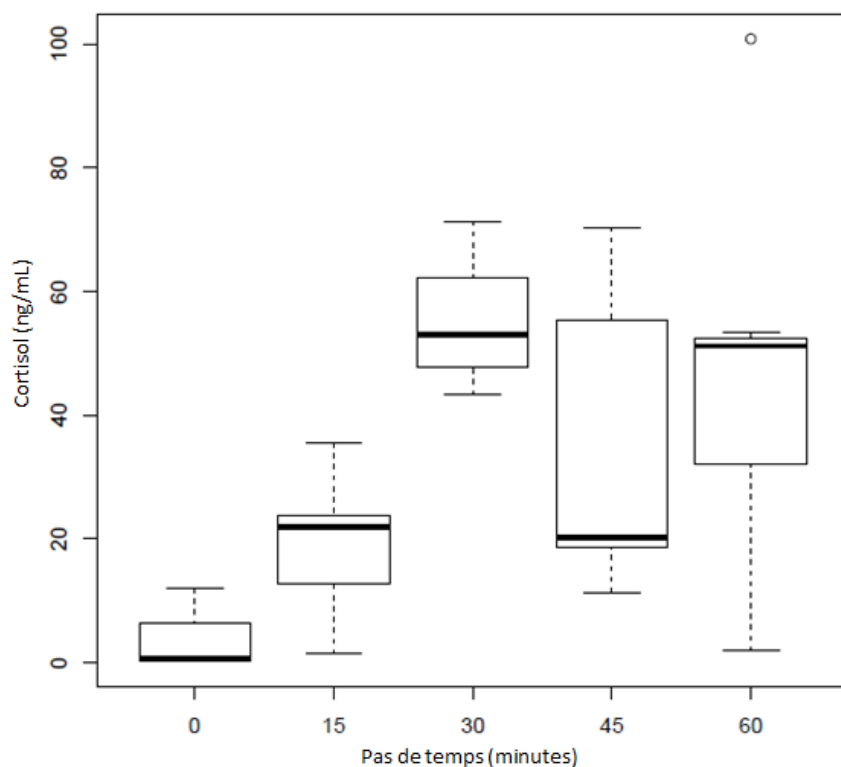


Figure 4 : courbe de réponse au cortisol du bec-de-lièvre (*Exoglossum maxillingua*) pour différents pas de temps (données C.Lejeune)

Ces résultats nous ont permis de sélectionner uniquement les pas de temps T0 et T30 pour la suite de l'étude. Le pas de temps T0 étant le niveau de stress du poisson dans son environnement, et le pas de temps T30 son niveau de stress maximal théorique suite à un stimulus.

Nous avons ensuite effectué des tests statistiques (analyse de la variance ou ANOVA) afin de déterminer s'il existe une différence significative entre les rivières étudiées et entre les journées d'échantillonnages pour les taux de glucose et de lactate pour les poissons T0 (représentatifs de l'état de stress dans leur environnement) (tableau 1).

Variable	Lactate	Glucose
p-value ANOVA spatiale	20,8 %	39,5%
p-value ANOVA temporelle	9,1 %	0,9 %

Tableau 1 : Résultats des tests ANOVA

Les résultats démontrent qu'il n'existe pas de différences significatives pour les taux de glucose et lactate (représentant le niveau de stress) entre les trois rivières. Entre les journées d'échantillonnage, il existe une différence significative pour le glucose, cependant cette différence pourrait être corrélée à une journée d'échantillonnage très pluvieuse qui diffère des autres.

Enfin, après avoir effectué des corrélations entre les facteurs environnementaux et les niveaux de stress, nous sommes arrivés à la conclusion que le facteur expliquant actuellement le mieux les variations des concentrations en glucose et lactate est la température de l'eau. Le graphique ci-dessous (figure 5) présente cette corrélation.

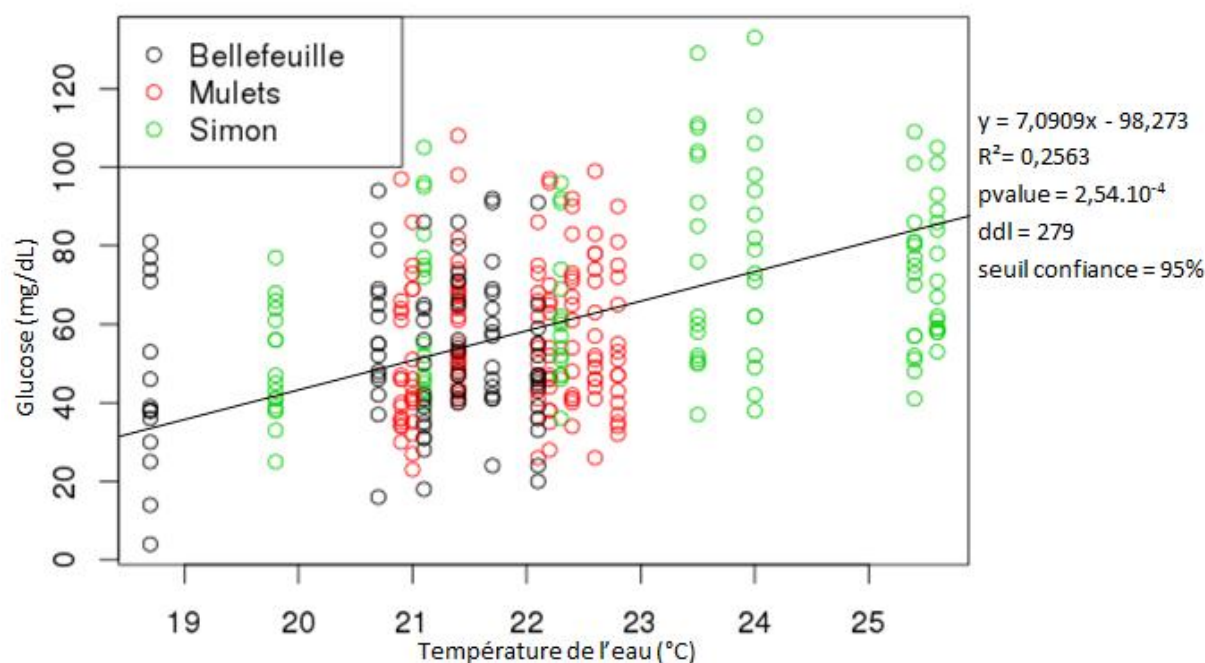


Figure 5 : Régression linéaire du glucose par la température de l'eau (données C. LEJEUNE)

Pour conclure, nous avons observé que pour le lactate et le glucose des poissons T0 il n'existe pas de variation significative des concentrations entre les rivières et entre plusieurs journées consécutives (excepté une journée pluvieuse). Ainsi on peut supposer que, pour un environnement stable, les taux de lactate et de glucose varient assez peu au sein de l'espèce bec-de-lièvre. On peut donc émettre également l'hypothèse que les niveaux de stress restent assez stables temporellement excepté lors d'évènements exceptionnels comme de fortes précipitations par exemple.

Il est assez étonnant de voir que le niveau de stress ne varie pas entre les rivières malgré des habitats très différents. On peut supposer que le bec-de-lièvre a une bonne capacité d'adaptation dans les différents cours d'eau.

La régression linéaire nous interroge sur les conséquences possibles de la température sur le stress des poissons et sur leurs populations, particulièrement dans un contexte de réchauffement climatique mondial. Afin d'en apprendre plus sur ce paramètre, d'autres tests seront menés en aquarium dans le futur. Enfin, il reste encore à déterminer quelles sont les autres variables environnementales qui influent sur le stress des poissons du Québec.

SOMMAIRE

I- Présentation générale.....	4
I-1 Site d'étude	4
1.1 Station de biologie des Laurentides	4
1.2 Rivières étudiées	5
I-2 Espèce étudiée	6
2.1 Choix de l'espèce	6
2.2 Biologie de l'espèce	7
2.3 Écophysiologie : réponse du poisson à un stress	7
I-3 Matériel et méthode	10
3.1 Pêche électrique	10
3.2 Plongée	11
3.3 Mesures environnementales	13
3.4 Échantillonnage des poissons : mesure des taux de lactate et de glucose	14
3.5 Traitement des échantillons.....	15
3.6 Mesure des taux de cortisol	16
3.7 Tests statistiques	17
II- Résultats.....	19
II-1 Courbes de réponse au stress du bec-de-lièvre.....	19
II-2 Réponse au stress pour chaque rivière.....	21
II-3 Variation inter-rivières	23
II-4 Variations temporelles sur la rivière Simon	24
II-5 Corrélations linéaires	25
III- Discussion.....	27
III-1 Variations spatiales.....	27
III-2 Variations temporelles	27
III-3 Variables explicatives potentielles.....	28

Sigles et abréviations

ACTH : adrénocorticotrophine

ANOVA : *analysis of variance*

CCPA : Conseil canadien de protection des animaux en science

CRSNG : Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada

ELISA : *Enzyme Linked ImmunoSorbent Assay*

SBL : station de biologie des Laurentides

Introduction

L'étude du stress des poissons est un sujet encore peu étudié et peu documenté. C'est pourquoi l'équipe du laboratoire Daniel Boisclair, supervisée par Cédric Lejeune, étudiant à la maîtrise, s'intéresse à l'écophysiologie des poissons, notamment par l'étude de leur stress dans leur environnement naturel.

Le projet est centré sur une espèce, le bec-de-lièvre (*Exoglossum maxillingua*), un cyprinidé assez abondant dans les rivières étudiées. Trois sites ont été sélectionnés pour l'étude, trois rivières affluentes à la rivière du Nord, environ 70 km au Nord-Ouest de Montréal : la rivière Simon, la rivière aux mulets et la rivière Bellefeuille.

Les objectifs du projet sont de capturer un nombre suffisant de poissons au cours de l'été, d'étudier leur réponse à un stress par les mesures des taux de glucose, lactate et cortisol, et enfin de caractériser le plus précisément possible les variables environnementales des sites de capture. Tout cela, afin d'établir des corrélations entre l'état de stress des poissons et l'environnement. Cette étude contribue également au développement futur de modèles permettant d'expliquer l'évolution de l'état de santé de l'habitat des poissons dans les rivières. C'est dans ce contexte que j'ai participé à cette étude, au sein d'une équipe de cinq personnes, durant trois mois d'échantillonnage.

Nous nous intéresserons dans un premier temps au protocole défini pour l'étude, puis nous présenterons une partie des résultats obtenus lors de l'échantillonnage. Enfin, ces résultats seront analysés afin de savoir s'il existe des différences significatives entre les réponses des poissons au stress d'un point de vue spatial (différences inter-rivières) et temporel puis nous vérifierons s'il existe des corrélations entre les variables environnementales et le stress des poissons.

I- Présentation générale

I-1 Site d'étude

1.1 Station de biologie des Laurentides

L'ensemble de mon stage s'est déroulé au sein de la Station de biologie des Laurentides. Cette station est une infrastructure universitaire d'enseignement et de recherche relevant de la Faculté des arts et des sciences de l'Université de Montréal. Elle est située à Saint-Hippolyte, dans une région boisée et montagneuse. Elle occupe un territoire de 16,4 km².

Celle-ci accueille des chercheurs et étudiants tout au long de l'année afin de leur permettre de mener à bien leurs divers projets. C'est pourquoi l'équipe du laboratoire Daniel Boisclair a choisi d'effectuer ses trois mois d'échantillonnage au sein de la station dans le but d'étudier les cours d'eau à proximité (voir Figure 1).

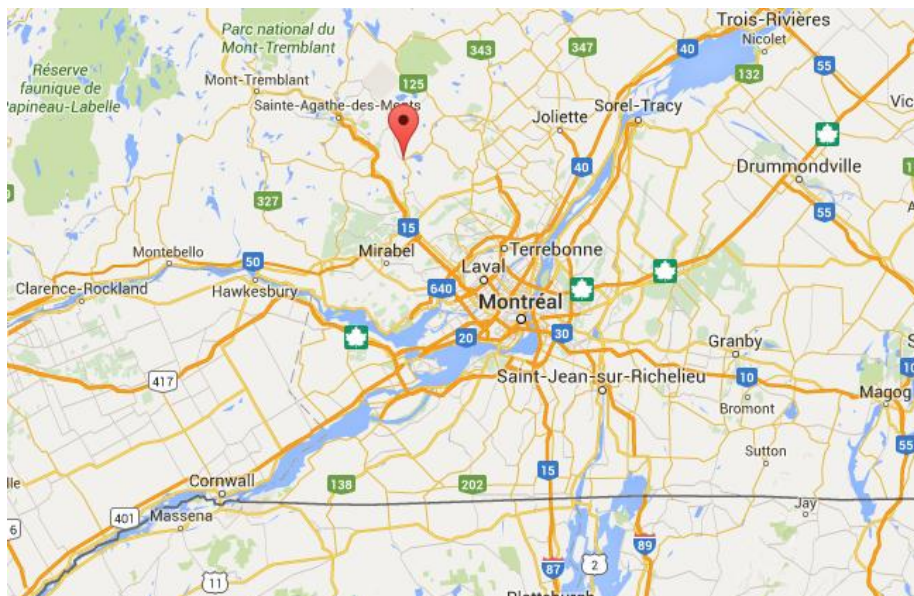


Figure 1 : Situation géographique de la station de biologie des Laurentides (source : GoogleMap)

Le laboratoire du professeur Daniel Boisclair est une structure rattachée à l'Université de Montréal. Les objectifs généraux des travaux en cours dans son laboratoire sont de contribuer au développement de modèles qui permettent d'expliquer les variations spatiales et temporelles de la qualité des habitats des poissons en lacs et en rivières et de prédire les effets de perturbations naturelles et anthropiques sur la quantité et la qualité des habitats des poissons.

1.2 Rivières étudiées

L'ensemble des rivières étudiées se situe dans un rayon d'environ 40 km autour de la station. Ceci afin de limiter la durée des déplacements et le transport des échantillons (de nature biologique la plupart du temps). Ces rivières sont la rivière aux mulets, la rivière à Simon et la rivière Bellefeuille, les photos des sites d'études sont présentées Figure 2 :



Figure 2 : Sites d'étude (de gauche à droite et de haut en bas : Rivière aux mulets, Simon et Bellefeuille)

La carte ci-dessous (Figure 3) situe les sites d'étude par rapport à la station de biologie des Laurentides :

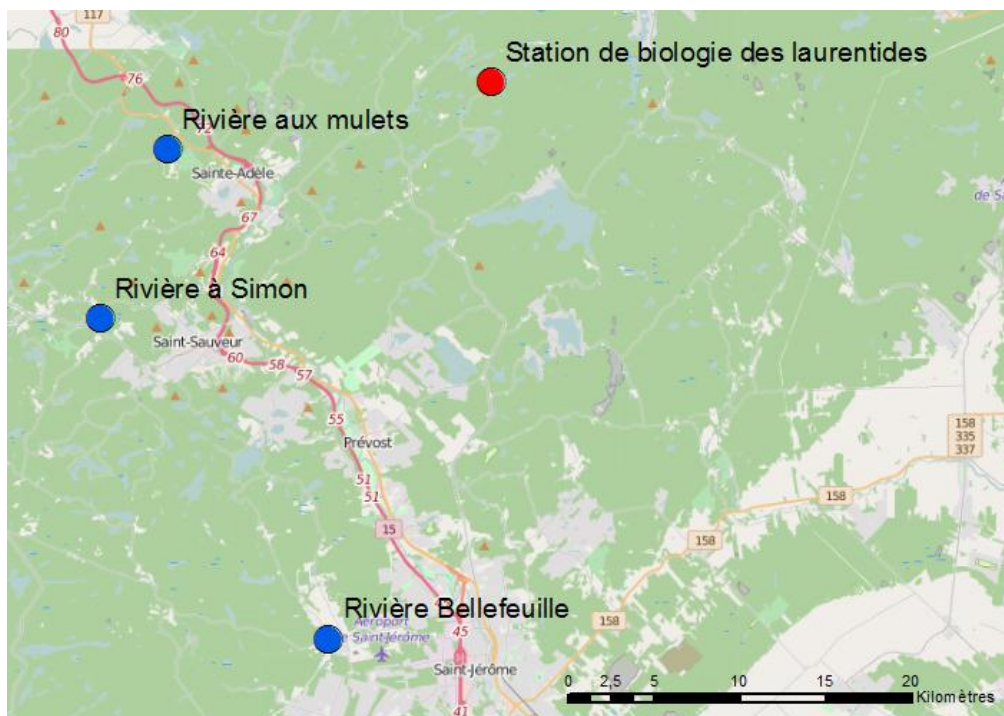


Figure 3 : Carte des sites d'étude (fond de carte Openstreetmap)

I-2 Espèce étudiée

2.1 Choix de l'espèce

L'espèce étudiée est le bec-de-lièvre (*Exoglossum maxillingua*) (cf. Figure 4). Ce choix se justifie par le fait que cette espèce est suffisamment abondante sur les sites d'études (point essentiel pour capturer un nombre de poissons suffisant). De plus, lors du pré-échantillonnage, ce fut l'espèce la plus abondante dans les classes de tailles intéressantes pour les analyses (poissons de 8 à 12 cm).



Figure 4 : bec-de-lièvre (*Exoglossum maxillingua*)

2.2 Biologie de l'espèce

Le bec-de-lièvre est un poisson d'eau douce de la famille des cyprinidés. Sa longueur maximale est d'environ 160 mm. Il se distingue des autres espèces de poisson par son corps trapu, ses flancs argentés aux teintes violet verdâtre et sa lèvre inférieure à trois lobes (cf. Figure 5). Au Canada, le bec-de-lièvre vit dans le bassin versant du fleuve Saint-Laurent à l'Est de l'Ontario et du Québec. Son habitat est constitué principalement des ruisseaux ou des rivières à l'eau claire, au courant lent à moyen, au fond composé de galet, gravier, sable, et généralement avec peu de végétation aquatique et de limons. Il se nourrit principalement de mollusques et de larves aquatiques (Scott et Crossman, 1973).



Figure 5 : bouche trilobée du bec-de-lièvre (<http://www.dfo-mpo.gc.ca/species-especes>)

2.3 Écophysiologie : réponse du poisson à un stress

Actuellement, il n'existe à notre connaissance aucune documentation sur la réponse au stress du bec-de-lièvre. Cependant, les données concernant les autres espèces de poissons peuvent apporter de précieux renseignements sur la réponse au stress du bec-de-lièvre.

Définition d'un stress :

Selon Bruslé, J. & Quignard (2004) dans « Les poissons et leur environnement », un stress est « une réaction à certains stimuli induisant des perturbations physiologiques et comportementales. Il est généralement suivi par l'adoption d'une réponse appropriée (fuite ou résistance). »

Chez les poissons, les différents stress vont être d'abord « interprétés » principalement par l'hypothalamus (cf. Figure 6), lui-même agissant sur la glande surrénale via l'hormone corticotrope (ACTH). La glande surrénale agit ensuite sur les concentrations en

corticostéroïdes (principalement le cortisol) et en catécholamines (neurotransmetteurs comme l'adrénaline par exemple).

Le cortisol a une action directe sur la glycogénogenèse et peut ainsi modifier directement les taux de glucose et de lactate dans le sang des poissons (Bruslé, J. & Quignard (2004)).

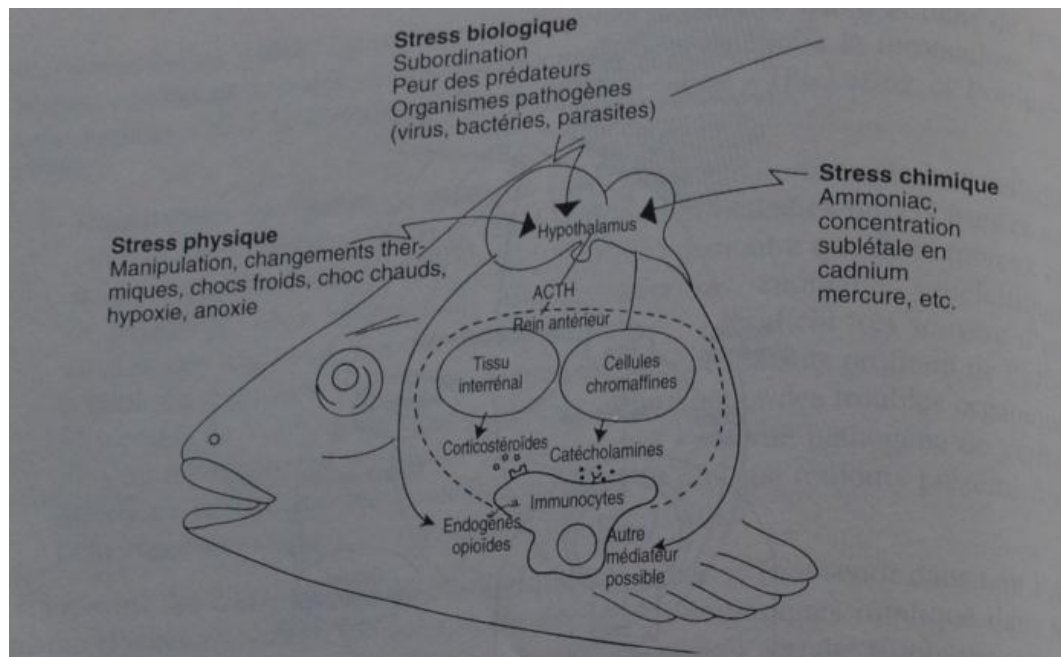


Figure 6 : Les effets du stress sur les défenses immunitaires, interactions entre le cerveau, les corticostéroïdes, les catécholamines et les immunocytes. D'après Cooper EL, Faisal M (1990)

Les facteurs de stress sont nombreux et d'origines diverses. Ce peut être une cause physique (changement de température brusque, variation du taux d'oxygène, du niveau d'eau, de la vitesse du courant...), chimique (variation brutale du pH, de la salinité, contamination par divers polluants...), ou biologique (présence d'un prédateur, confinement, surpopulation...).

Des stress chroniques peuvent avoir des répercussions sur la dynamique des populations piscicoles en impactant leur sexualité, croissance, ou fécondité par exemple (Bruslé, J. & Quignard (2004)).

Il existe trois de réactions successives face au stress chez les poissons (Pickering, 1981). Ce sont les phases d'alarme, de résistance et d'épuisement. Pour chacune de ces étapes correspondent des modifications physiologiques. Les modifications primaires génèrent la sécrétion de corticostéroïdes et de catécholamines, les secondaires modifient la concentration plasmatique en glucose et lactate et entraînent la consommation de glycogène hépatique.

Enfin les modifications physiologiques tertiaires provoquent un changement de comportement, une augmentation de la sensibilité aux maladies ou une diminution du taux de croissance par exemple.

Les annexes 1 et 2 montrent à titre d'exemple quels peuvent être les effets d'un stress sur les taux de cortisol sur différentes espèces de poissons.

Dans le cadre de notre étude, il est intéressant de savoir qu'il a été démontré que la pêche électrique est génératrice d'un stress (Bau et al. 2000, Beaumont et al. 2000). De plus, la bibliographie s'accorde sur le fait que la réponse au stress commence à partir de quelques minutes après l'application d'un stress et pendant un temps variable et proportionnel à l'intensité et à la durée de celui-ci. Dans le cadre d'un stress appliqué par la pêche électrique, le temps nécessaire à cette réponse sera déterminé (cf.II-1). Enfin, il est admis que la mort du poisson stoppe toute activité métabolique, particulièrement toute réaction physiologique pouvant modifier la réponse au stress, et ce dans les secondes suivant la mort.

I-3 Matériel et méthode

3.1 Pêche électrique

La technique d'échantillonnage utilisée est la pêche électrique. En effet, cette technique permet de capturer de manière rapide et efficace les poissons recherchés. Dans le cadre de cette étude, il est essentiel que les poissons étudiés soient capturés le plus rapidement possible (cf. I- 3.4), c'est pourquoi cette technique a été privilégiée.

Le matériel utilisé lors d'une pêche est le suivant :

- une pêcheuse électrique « LR-24 Electrofisher Smith-Root», alimentée par une batterie de 24V et pouvant délivrer jusqu'à 400W de puissance en courant continu
- deux épuisettes utilisées pour capturer le poisson électrisé
- une bourriche à poisson synthétique pour conserver le poisson capturé

Le principe de la pêche électrique est d'envoyer un courant électrique dans le cours d'eau. Ce courant va circuler entre l'anode (tenue en main par le pêcheur) et la cathode (câble d'acier trainant dans l'eau derrière le pêcheur). Le poisson qui se trouve dans ce champ électrique (environ 1,50m) voit ses muscles se contracter, il est d'abord inhibé (il s'arrête de nager), puis la voie motrice est excitée. Il subit alors une nage forcée vers l'anode où il peut facilement être capturé.

La réaction du poisson et l'efficacité de la pêche vont dépendre de :

- (1) La distance à laquelle le poisson se trouve de l'anode
 - (2) La position du poisson par rapport à l'anode
 - (3) La taille du poisson, plus le poisson est grand, plus les fibres nerveuses sont longues et susceptibles de réagir.
 - (4) L'espèce, selon la forme du poisson (allongée ou ronde), la répartition des volumes (tête allongée ou plate), son habitat (benthique ou pélagique), ses réactions à l'électricité seront différentes.
 - (5) La conductivité de l'eau.
- (Clara Lord, ENS Lyon, <http://acces.ens-lyon.fr/santo>, consulté le 15/07/2016).

La pêche se pratique de l'aval vers l'amont, le pêcheur étant en tête et les deux épuisettes derrière lui (cf. Figure 7). Le pêcheur effectue des allers-retours latéraux en s'assurant d'échantillonner toute la surface de la rivière.

La puissance utilisée pour ce protocole est de 150 W, le voltage est ajusté en fonction de la conductivité du cours d'eau.



Figure 7 : Principe de la pêche électrique (photo C.LEJEUNE)

À la fin de chaque pêche, la surface totale échantillonnée ainsi que le temps de pêche et la puissance moyenne employée sont notés.

3.2 Plongée

Au cours de cette étude, nous avons été amenés à plonger afin de caractériser les populations piscicoles des rivières étudiées et d'évaluer des densités.

Le matériel utilisé lors d'une plongée est :

- une combinaison néoprène avec masque et tuba
- un tube PVC pour prendre en notes les poissons observés

Le protocole consiste à effectuer la plongée à deux, sur une portion de 50 m de longueur et 5 m de largeur (cf. Figure 8). Les deux plongeurs avancent simultanément, chacun dénombrant

les poissons sur sa moitié tout en identifiant les espèces et leur classe de taille (pas de 5 cm par classe de taille).

À la fin de la plongée, il est possible d'estimer une densité de poissons en rapportant le nombre de poissons observés à la surface échantillonnée (250m^2).

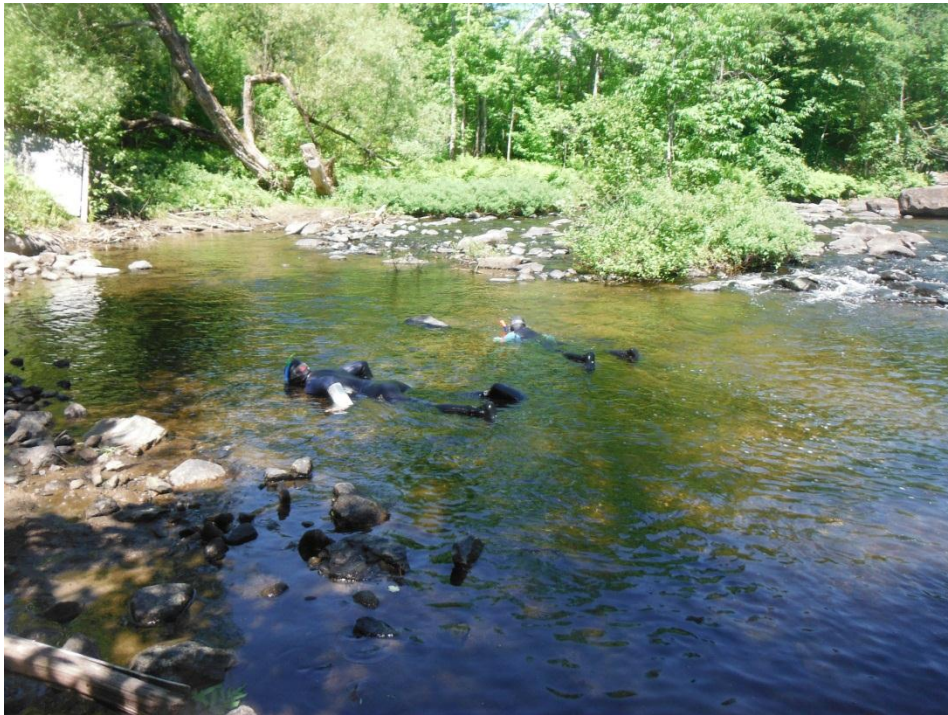


Figure 8 : réalisation d'une plongée en rivière (photo E.CHRETIEN)

Il est à noter que cette technique n'est pas exhaustive et que le résultat peut varier en fonction du type d'habitat. En effet, par exemple sur une rivière avec peu d'habitats, les poissons peuvent adopter un comportement plus grégaire et se déplacer en banc. Il devient alors difficile de dénombrer tous les individus et il est possible de « rater » ou de recompter un banc de poissons.

Cependant, cette technique reste complémentaire de la pêche électrique puisqu'elle permet d'observer certaines espèces de poissons qui sont difficiles à capturer (cas des ésoïdés par exemple ou des alevins).

Lors du stage, la plongée nous a confortés dans le choix de l'espèce bec-de-lièvre, qui était beaucoup plus abondante que les autres sur les sites étudiés. Il n'y a donc finalement pas eu d'estimation de densités.

3.3 Mesures environnementales

Sur tous les sites étudiés, après chaque pêche électrique, des variables environnementales sont prises en note. Celles-ci sont :

- L'ensoleillement
- Le taux d'oxygène de l'eau et la saturation en oxygène
- La température de l'eau
- La transparence de l'eau
- Le type de substrat en différents points
- La vitesse du cours d'eau en différents points
- Le colmatage du substrat

Le taux d'ensoleillement est évalué de manière visuelle. Les mesures physiques sont effectuées à l'aide d'un oxymètre et d'un conductimètre « ysi ». La transparence est évaluée à l'aide d'un disque Secchi. La vitesse du courant est mesurée à l'aide du « Marsh McBirney Flo-Mate 2000 Flow Meter » sur chaque quadrat à une hauteur de 0,368 fois (arrondi à 0,4) la hauteur d'eau, afin de mesurer la vitesse moyenne théorique (application de la loi de Prandtl-Von Karman ou « loi de la paroi »).

Le type de substrat est évalué de manière visuelle à l'aide d'un quadrat de 50cm/50cm. Pour obtenir une évaluation assez précise de la granulométrie, la précision est d'un quadrat par 30m² de rivière échantillonnée en pêche électrique.

Les classes granulométriques sont les suivantes (cette échelle visuelle est utilisée par le réseau HydroNet CRSNG (Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada) et ne correspond pas à un « standard ») :

- argile/limon (<50 µm)
- sable (50 µm à 2mm)
- gravier (2 à 200mm)
- cailloux (2 à 6 cm)
- galet (6 à 25 cm)
- roche (25 à 100 cm)
- bloc métrique (>100 cm, contours visibles)
- roche mère (contours impossibles à distinguer)

Le colmatage est mesuré selon la méthode du réseau HydroNet CRSNG (Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada). Elle consiste à évaluer la hauteur relative de colmatage des particules les plus grosses dans un rayon de un mètre autour de chaque quadrat. Le colmatage retenu est la moyenne sur ces particules. Par exemple, une particule de 50 cm de diamètre enfoncée à hauteur de 10 cm dans le substrat est colmatée à 20 %.

Un extrait de la base de données environnementales est disponible en Annexe 3.

3.4 Échantillonnage des poissons : mesure des taux de lactate et de glucose

Lors des pêches électriques, les poissons sont échantillonnés selon un protocole précis. L'objectif est de capturer des poissons n'ayant pas subi de stress (réponse de base) et d'autres 30 minutes après avoir subi un stress (pic de réponse) (cf.II-1).

Les poissons servant de témoins « stress environnement » doivent être tués dans la minute qui suit la capture afin d'éviter toute réaction métabolique liée au stress de la pêche pouvant fausser les résultats (cf. 2.3).

Les poissons témoins stressés par la pêche électrique sont disposés dans des seaux d'eau isolés durant 30 minutes (cf.II-1) afin d'éviter tout stress supplémentaire entre la capture et la mise à mort. Après ce pas de temps, les poissons sont tués.

Pour chaque pêche, 8 poissons sont capturés pour le pas de temps <1 minute et 8 pour le pas de temps 30 minutes. L'ordre de capture peut varier en fonction des conditions sur le terrain.

Après la capture et la mise à mort, chaque poisson va passer par un stand de mesures biométriques (cf. Figure 9), où il sera pesé et mesuré. Puis pour chaque poisson sont mesurés les taux de glucose et de lactate. Le contenu stomacal est aussi évalué (vide, peu rempli ou plein). Les poissons sont ensuite conservés dans une glacière en attendant leur traitement en laboratoire.



Figure 9 : Stand de terrain de mesures biométriques

Les mesures de glucose se font à l'aide de l'appareil « Accu-Chek Aviva », les mesures de lactate se font avec l'appareil de mesure « Lactate Pro LT-1710 ».

3.5 Traitement des échantillons

Les poissons morts sont conservés dans l'azote liquide (-196°C) en attendant leur traitement, afin d'éviter une dégradation du cortisol.

Le traitement des échantillons consiste à mixer les poissons congelés afin de les réduire sous la forme d'une « pâte » semi-liquide (voir stand de traitement en Figure 10). Chaque poisson ainsi traité est transféré dans 3 tubes afin qu'environ 3g d'échantillon soient disponibles pour les analyses de cortisol.

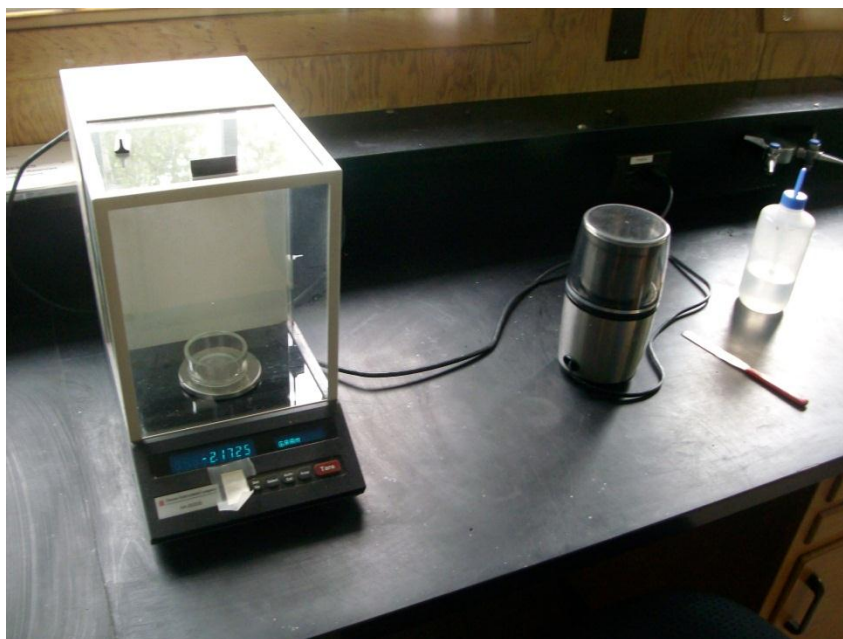


Figure 10 : stand de traitement des échantillons

3.6 Mesure des taux de cortisol

Le taux de cortisol est mesuré plus tard au laboratoire à l'aide de la méthode ELISA (*Enzyme Linked ImmunoSorbent Assay*).

Selon la documentation du matériel utilisé : « Le test immuno-enzymatique sur phase solide (ELISA) est basé sur le principe de compétition. La quantité inconnue d'antigènes présents dans l'échantillon et une quantité fixe d'antigènes conjugués à une enzyme entrent en compétition pour les sites de fixation des anticorps fixés dans les puits. Après incubation, les puits sont lavés pour arrêter la réaction de compétition. L'intensité de la couleur développée suivant la réaction substrat est inversement proportionnelle à la quantité d'antigène présente dans l'échantillon. Les résultats des échantillons peuvent être déterminés directement à partir de la courbe étalon. »

La Figure 11 explique le principe de fonctionnement de ce test :

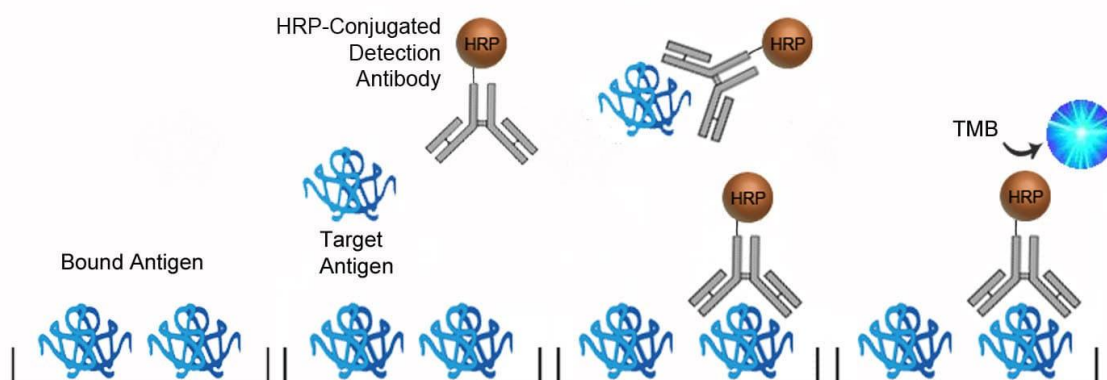


Figure 11 : Schéma du "Fish Cortisol ELISA Kit" (source : www.lsbio.com)

3.7 Tests statistiques

Lors de cette étude, plusieurs tests statistiques et formules ont été utilisés. Nous décrivons dans cette partie les méthodes et formules utilisées.

- Analysis of variance (ANOVA)

Utilisées dans la partie II- .

L'analyse de la variance vise à comparer des moyennes sur plusieurs échantillons (plus de 2). Pour ces tests, nous avons fixé l'indice de confiance à 95%. L'utilisation d'un test ANOVA n'est possible que si la distribution des échantillons est « normale » et si les variances sont identiques (ce qui est vérifié avec le test de Bartlett). L'hypothèse H_0 de l'ANOVA est que les moyennes sont égales. Ainsi, si la pvalue dépasse 5% les résultats ne seront pas significativement différents.

- Test de student ou T test

Utilisé en partie II- .

Le test de student est utilisé pour comparer deux moyennes. L'indice de confiance est de 95%. Ainsi, si la pvalue dépasse 5% les moyennes ne seront pas significativement différentes.

- Facteur de condition de Le Cren

Cette formule est utilisée dans la partie **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

Le Cren (1951) propose d'utiliser un facteur de condition relative pour caractériser individuellement les poissons.

Ce facteur est défini par la formule suivante : $K_{ni} = P_i/P_{st}$

Où P_i est le poids observé d'un individu ou le poids moyen d'une classe de tailles et P_{st} le poids standard de cet individu calculé avec la relation tailles-poids. Par exemple, si $K_{ni} = 1,043$ le poids P_i de l'individu considéré est supérieur de 4,3% à celui estimé par la régression de P sur L. Autrement dit, un individu ayant un coefficient de Le Cren supérieur à 1 est plus « pesant » que ses congénères appartenant à la même classe de taille, et si le coefficient est inférieur à 1, il est moins « pesant ».

- Régression linéaire simple

La régression linéaire simple permet de montrer l'éventuelle relation fonctionnelle linéaire qui existerait entre une variable explicative x et une variable aléatoire à expliquer y .

Pour ensuite déterminer si le coefficient de corrélation r est significatif, nous utilisons l'ANOVA. Nous effectuons le test de la linéarité de la régression en calculant la statistique de Fisher F . Ainsi, si la p -value du test est inférieure à 5% alors nous décidons de rejeter l'hypothèse nulle H_0 (Covariance (X, Y) = 0) et par conséquent d'accepter l'hypothèse alternative H_1 au risque 5%, c'est-à-dire qu'il existe une liaison linéaire significative entre X et Y .

Notons que l'existence d'une corrélation ne signifie pas forcément l'existence d'un lien de causalité.

II- Résultats

II-1 Courbes de réponse au stress du bec-de-lièvre

Au cours de l'étude, la réponse au stress a été étudiée sur le bec-de-lièvre et différentes espèces de cyprinidés. Nous nous sommes intéressés ici au bec-de-lièvre et à la réponse physiologique de celui-ci suite à l'application d'un stress de pêche électrique. Huit poissons sont utilisés par pas de temps.

L'objectif est de connaître le temps t correspondant à la réponse maximale du poisson à un stress (stimulus généré avec la pêche électrique), ceci afin d'obtenir une différence significative entre cette réponse et le niveau de base T_0 . Les pas de temps étudiés sont le T_0 (poisson tué dans les 15 secondes après sa capture et correspondant au niveau de base, c'est-à-dire l'état de stress « naturel » du poisson dans son environnement avant que se produise la réaction physiologique au stress appliqué), puis $T_{15}/T_{30}/T_{45}/T_{60}$ qui correspondent respectivement au temps en minutes écoulé entre l'application du stress et la mort du poisson. Ainsi, un T_{60} correspond à un poisson tué 60 minutes après le stress qu'on lui a appliqué. Les Figure 12, Figure 13 et Figure 14 présentent les résultats obtenus.

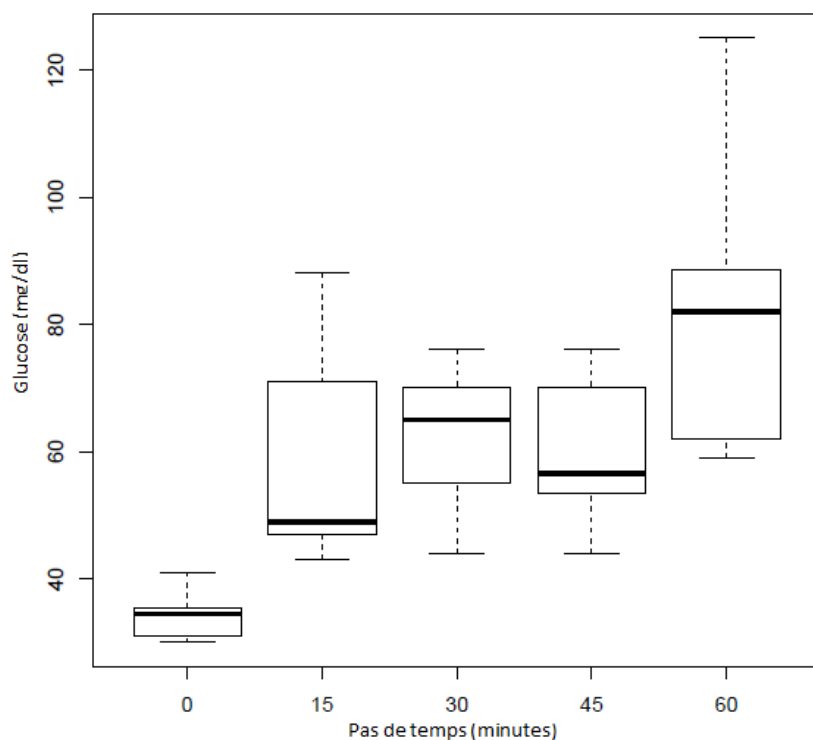


Figure 12 : courbe de réponse au glucose du bec-de-lièvre (*Exoglossum maxillina*) pour différents pas de temps (données C.Lejeune)

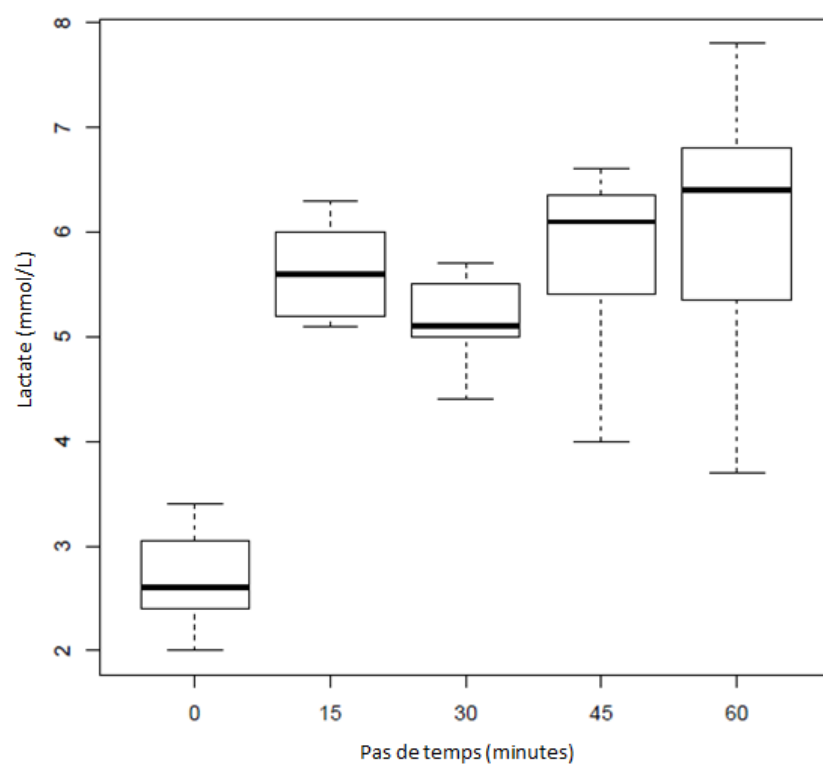


Figure 13 : courbe de réponse au lactate du bec-de-lièvre (*Exoglossum maxillingua*) pour différents pas de temps (données C.Lejeune)

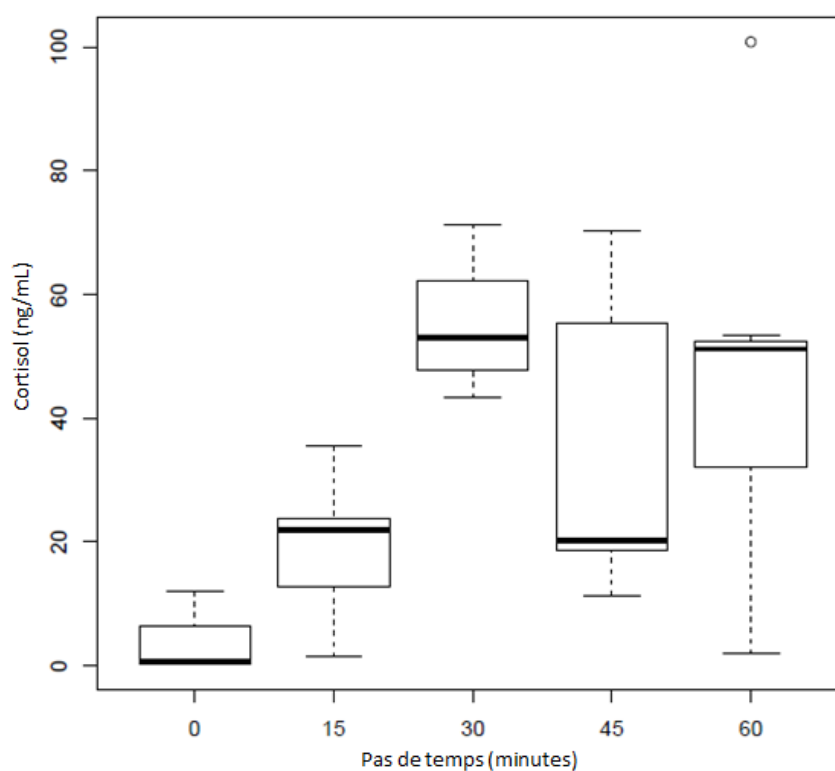


Figure 14 : courbe de réponse au cortisol du bec-de-lièvre (*Exoglossum maxillingua*) pour différents pas de temps (données C.Lejeune)

Ces trois graphiques montrent que la courbe de réponse au stress augmente de façon constante jusqu'au pas de temps 30 minutes pour les trois substances. Après le pas de temps 30 minutes, l'augmentation est plus faible voir stagne pour le glucose. La courbe de lactate atteint une quasi-asymptote après le pas de temps 30 minutes. La courbe de cortisol atteint son maximum au pas de temps 30 minutes et décroît ensuite.

L'analyse de ces résultats a permis de nous aiguiller vers le pas de temps le plus adéquat pour étudier une réponse à un stress chez le bec-de-lièvre. D'après les résultats obtenus, et en sachant que la réponse au cortisol est le paramètre le plus important de cette étude, il a été décidé de choisir comme pas de temps le T30 (30 min). Les poissons « témoins réponse » seront donc tués 30 minutes après l'application du stress de pêche électrique.

II-2 Réponse au stress pour chaque rivière

Ci-dessous sont présentés les résultats de réponse au stress obtenus pour les trois rivières étudiées (cf. Figure 15, Figure 16, Figure 17). Actuellement, seuls les résultats des analyses de glucose et de lactate sont disponibles. Les poissons T0 correspondent aux témoins «niveau de base», les T30 aux témoins « réponse à un stress ». Huit poissons sont utilisés pour chaque pas de temps.

Les tests statistiques (T Test) montrent qu'il existe une différence significative sur chaque rivière entre la réponse des poissons T0 et celle des poissons T30 (résultats des T Test Tableau 1).

Nombre d'échantillons T0	Nombre d'échantillons T30	Total	Seuil de confiance	pvalue (bilatérale)
144	136	280	5%	5,30079E-13

Tableau 1 : résultats du T test entre les poissons T0 et T30

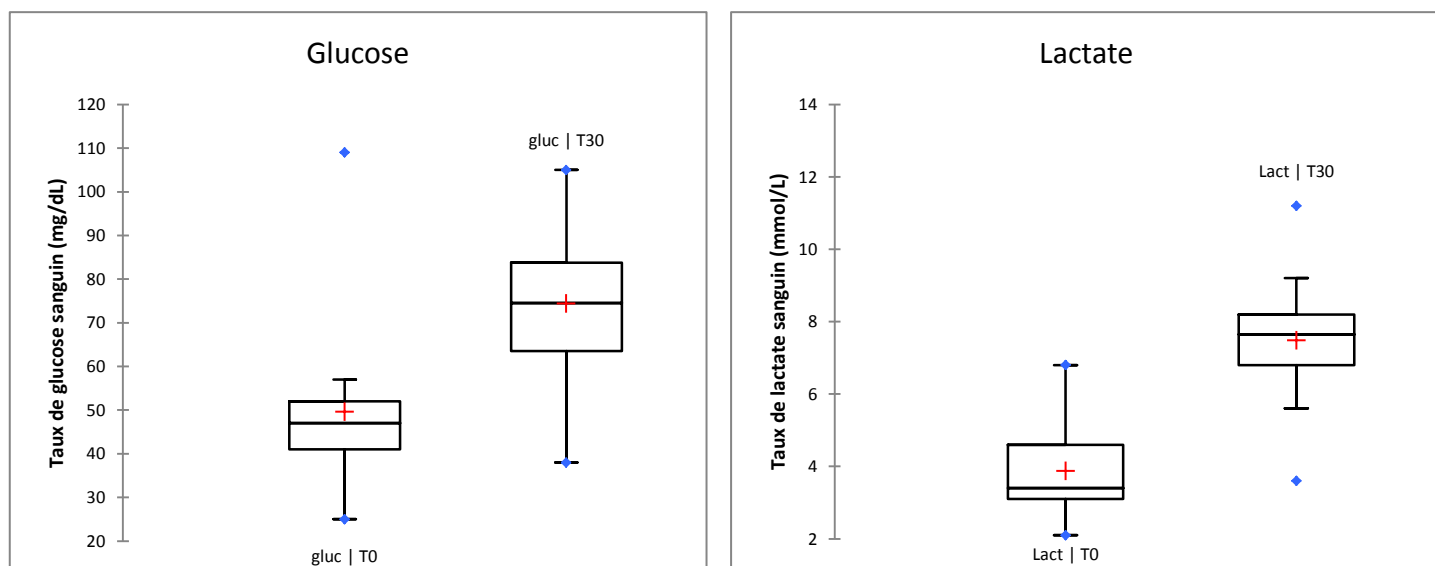


Figure 15 : courbes de réponse au glucose et lactate sur la **rivière à Simon**, différence entre le niveau de base T0 et la réponse après 30 min T30.

Sur la rivière à Simon, la médiane des taux de glucose est de 45 mg/dL pour les poissons T0 et 75 mg/L pour les poissons T30. La médiane des taux de lactate est de 3,5 mmol/L pour les poissons T0 et de 7,8 mmol/L pour les poissons T30.

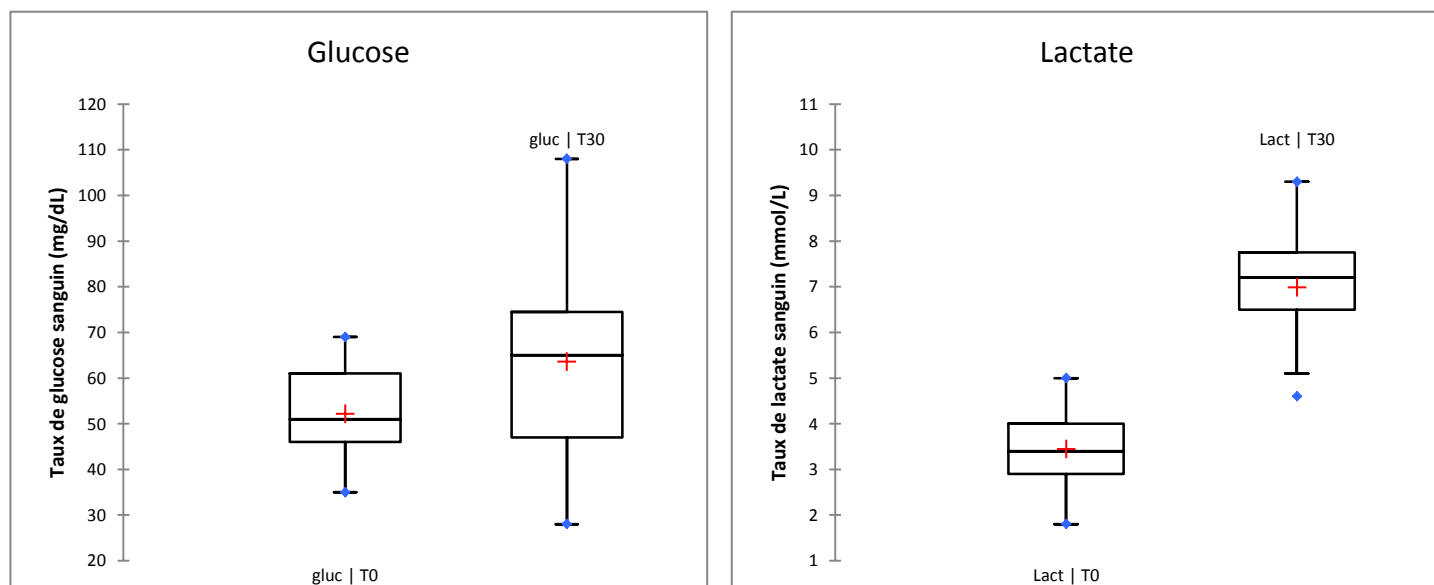


Figure 16 : courbes de réponse au glucose et lactate sur la **rivière aux mulets**.

Sur la rivière aux mulets, la médiane des taux de glucose est de 50 mg/dL pour les poissons T0 et 67 mg/L pour les poissons T30. La médiane des taux de lactate est de 3,2 mmol/L pour les poissons T0 et de 7,5 mmol/L pour les poissons T30.

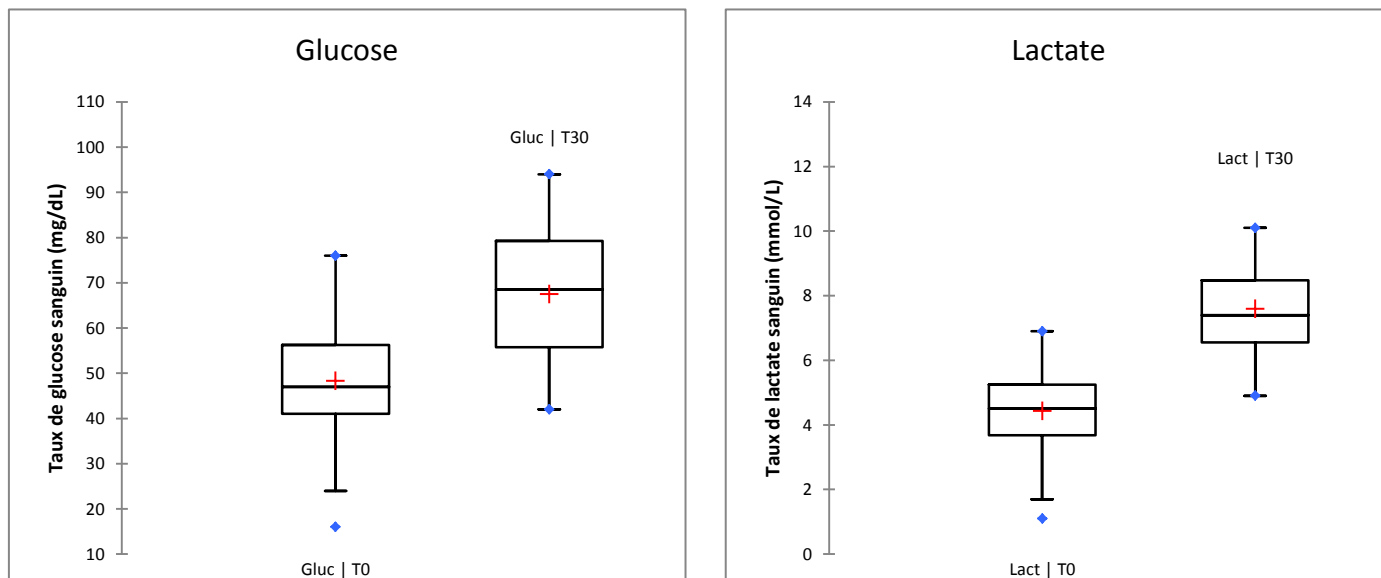


Figure 17 : courbes de réponse au glucose et lactate sur la **rivière Bellefeuille**.

Sur la rivière Bellefeuille, la médiane des taux de glucose est de 45 mg/dL pour les poissons T0 et 68 mg/L pour les poissons T30. La médiane des taux de lactate est de 4,5 mmol/L pour les poissons T0 et de 7,8 mmol/L pour les poissons T30.

II-3 Variation inter-rivières

Afin de savoir s'il existe des variations des taux de glucose et lactate chez le bec-de-lièvre, entre les trois rivières échantillonnées, nous avons réalisé des analyses de la variance (ANOVA) sur ces différentes variables (cf.3.7 pour conditions d'utilisation). Lors de ces tests, ce sont les moyennes qui sont comparées (moyennes sur la Figure 18).

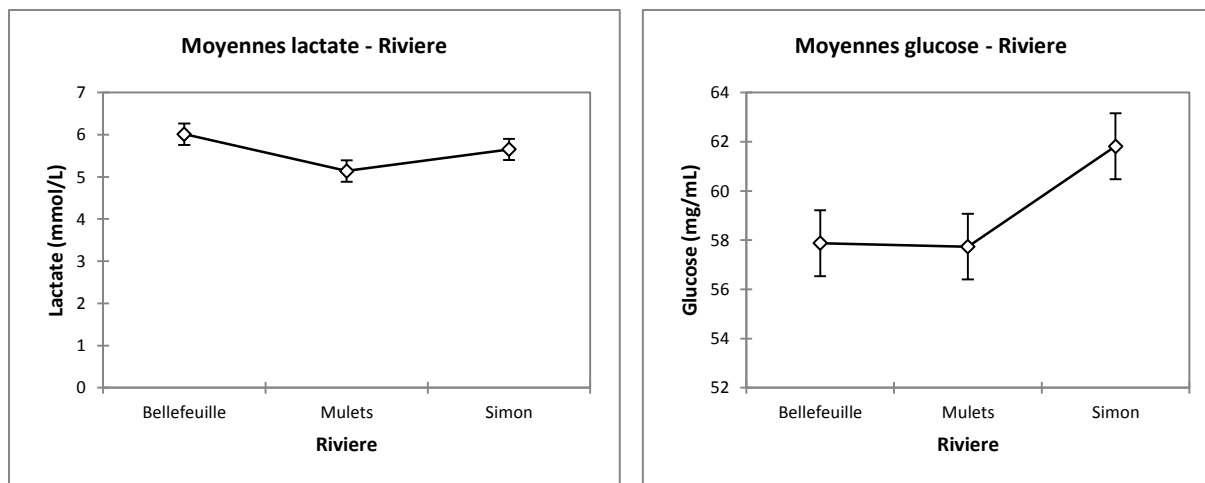


Figure 18 : Moyennes des taux de lactate et glucose par rivière

Pour les tests, l'indice de confiance est de 95%.

Les résultats des ANOVA sont présentés dans le Tableau 2 ci-dessous :

Variable	Lactate	Glucose
p-value ANOVA	20,8 %	39,5%

Tableau 2: résultats du test ANOVA inter-rivières

Les résultats des ANOVA montrent que la p-value dépasse 5% (seuil à 95%), cela signifie qu'il n'existe pas de différences significatives entre les rivières pour les taux moyens de glucose et de lactate.

II-4 Variations temporelles sur la rivière Simon

Pour savoir s'il existe des variations temporelles des taux de glucose et de lactate sur une même rivière, nous avons réalisé des ANOVA pour la rivière Simon qui a été échantillonnée 4 journées consécutives.

Les résultats sont présentés dans la Figure 19 et le Tableau 3.

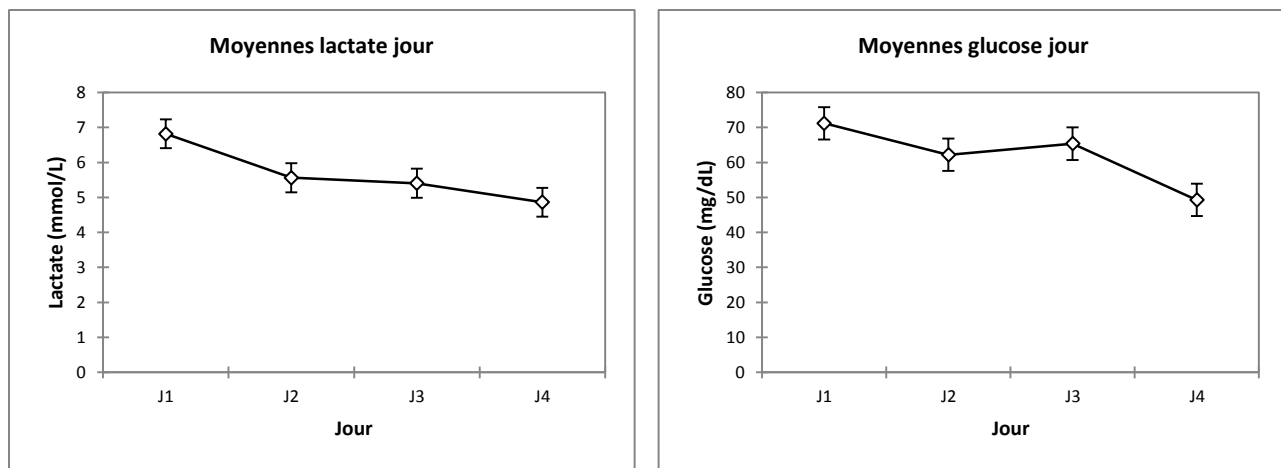


Figure 19 : Moyennes des taux de lactate et glucose par journée

Variable	Lactate	Glucose
p-value ANOVA	9,1 %	0,9 %

Tableau 3 : Résultats du test ANOVA temporel

Avec un seuil de confiance de 95%, ces résultats montrent qu'il existe une différence significative entre les journées de pêche consécutives pour le glucose. C'est plus exactement le quatrième jour qui diffère significativement des trois premiers. Pour le lactate, on ne peut pas rejeter l'hypothèse que les résultats ne diffèrent pas significativement d'une journée à l'autre.

Notons que le quatrième jour coïncide avec de fortes précipitations sur le terrain, ce qui pourrait aider à interpréter la différence existante pour le glucose.

II-5 Corrélations linéaires

Suite aux résultats obtenus pour les taux de glucose et de lactate chez le bec-de-lièvre, nous avons cherché à expliquer ces données avec les relevés environnementaux. Le test statistique retenu est la régression linéaire (voir 3.7). Le principe consiste à chercher une relation linéaire liant les taux de glucose et de lactate à une variable environnementale comme la vitesse de courant, le substrat, la température, etc. (Voir Annexe 3 pour la base de données environnementale). Après avoir testé toutes les variables environnementales avec le niveau de

stress des poissons, seules deux variables expliquent suffisamment de variance pour être présentées ici.

Les résultats des tests statistiques font ressortir une corrélation linéaire entre les taux de glucose et la température du cours d'eau comme le montre la Figure 20 :

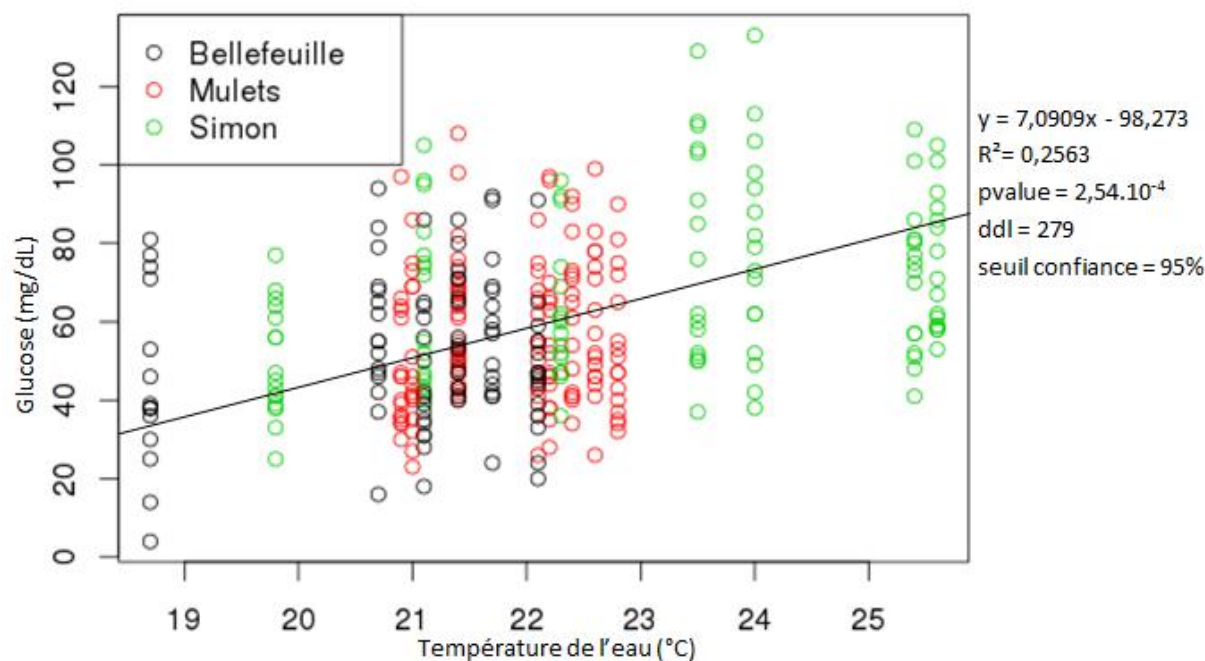


Figure 20 : régression linéaire du glucose par la température de l'eau (données C.Lejeune)

Sur ce graphique, le R^2 ajusté est de 0,25 ce qui signifie que 25% de la variabilité totale peut être expliqué par la température de la rivière. La pvalue étant inférieure à 5%, les résultats sont significatifs. Dans ce cas, plus la température de l'eau est élevée plus les taux de glucose moyens chez le bec-de-lièvre sont élevés.

Une seconde corrélation entre les taux de glucose et le facteur de condition relative de Le Cren (voir 3.7 pour explications de la formule) permet d'expliquer 7% de la variabilité totale. Dans notre cas, plus le coefficient de Le Cren est élevé, plus le taux de glucose est élevé.

III- Discussion

III-1 Variations spatiales

La première hypothèse à tester est l'existence d'une variation spatiale entre les résultats, plus précisément d'une rivière à l'autre. Les trois rivières ont été testées.

Les tests ANOVA démontrent qu'il n'existe pas de différences significatives entre les moyennes des taux de glucose et de lactate entre les trois rivières étudiées. Cela malgré le fait que les relevés environnementaux montrent que les trois rivières sont différentes sur divers points, notamment la nature du substrat, la vitesse du courant, la hauteur d'eau et la nature physico-chimique de l'eau.

On peut donc émettre l'hypothèse que les niveaux de stress du bec-de-lièvre ne sont pas directement dépendant des paramètres propres à chaque rivière. Cela nous apporte aussi l'information que les résultats sont comparables entre les rivières et pas uniquement restreints au site d'échantillonnage.

III-2 Variations temporelles

L'hypothèse suivante à tester est la variation temporelle entre les journées d'échantillonnage consécutives. Pour tester cette hypothèse, nous avons choisi le site d'échantillonnage de la rivière Simon qui comporte quatre journées, du 06/07 au 09/07.

Les tests ANOVA démontrent qu'il n'existe pas de différences significatives entre les moyennes des taux de lactate entre les quatre journées consécutives. Pour le glucose, il existe une différence significative entre le quatrième jour et les trois autres.

Premièrement, pour le lactate, on peut supposer que la journée d'échantillonnage n'influe pas sur les niveaux de stress. Et ce malgré le fait que certaines variables environnementales changent d'une journée sur l'autre : la hauteur d'eau, la vitesse du courant, la météo, la température.

On peut donc émettre l'hypothèse que, sur une même rivière, les concentrations en lactate du bec-de-lièvre sont stables d'une journée à l'autre sur un pas de temps de quelques jours.

Pour le glucose, il existe une différence la quatrième journée. Ceci coïncide avec une journée très pluvieuse (cf. relevés météo en Annexe 4) On peut donc émettre l'hypothèse qu'un évènement météorologique exceptionnel tel que de fortes pluies, peut induire un stress chez les poissons. De plus, cette influence s'opère de manière assez rapide, en quelques heures.

III-3 Variables explicatives potentielles

Les résultats des corrélations linéaires nous permettent d'émettre l'hypothèse que la température de l'eau est un facteur environnemental influençant de manière assez importante le stress chez le bec-de-lièvre. Nous savons qu'il existe une corrélation entre ces deux variables, cependant il reste à établir le lien de causalité existant afin de s'assurer que c'est bien la température le facteur qui influe directement sur le stress. Des expérimentations en aquarium seront menées prochainement pour obtenir des résultats complémentaires.

Ce résultat nous apporte de précieuses informations surtout dans un contexte de réchauffement climatique mondial ayant un impact sur l'ensemble des cours d'eau. Cette pression liée à la température pourrait avoir un impact négatif sur les populations de poissons d'eau douce en affectant la résistance aux maladies ou le succès reproducteur par exemple.

Les résultats concernant le coefficient de Le Cren nous font émettre l'hypothèse que la condition physique du poisson a une légère influence sur sa réponse au stress. Ce facteur est donc indépendant de l'environnement mais varie en fonction de la population échantillonnée.

Conclusion

Pour conclure, l'étude du stress du bec-de-lièvre sur trois différentes rivières des basses Laurentides a permis d'obtenir des données nouvelles et intéressantes sur le lien existant entre les poissons et leur environnement.

Premièrement, cette étude nous a appris quel est le temps nécessaire optimal pour saisir le pic de stress chez quelques cyprinidés du Québec. Ce temps est compris entre 30 et 45 minutes pour les taux de glucose, lactate et cortisol.

De plus, nous avons pu déterminer grâce aux études statistiques que les poissons n'ayant pas subi de stress ont des concentrations en glucose et lactate significativement moins élevées que les poissons échantillonnés 30 minutes après capture à l'aide la pêche électrique. Ceci vient confirmer le fait que la pêche électrique occasionne effectivement un stress sur les poissons.

Il a été montré qu'il n'existe pas de différences significatives entre les rivières échantillonnées pour les niveaux de stress de base des poissons (pour les taux de glucose et de lactate). Cela signifie donc que dans chaque rivière étudiée (et donc, dans des environnements différents) l'espèce bec-de-lièvre est au même niveau de stress physiologique. Il est assez étonnant de voir que le niveau de stress ne varie pas entre les rivières malgré des habitats très différents. On peut supposer que le bec-de-lièvre a une bonne capacité d'adaptation dans les différents cours d'eau.

Sur l'une des rivières il a été montré que les taux de glucose variaient significativement d'une journée à l'autre durant 4 journées consécutives (la différence apparaissant le quatrième jour, coïncidant avec de fortes pluies). Cependant, pour le lactate il n'existe pas de variation significative sur les 4 journées. Ainsi on peut supposer que, pour un environnement stable, les taux de lactate et de glucose varient assez peu au sein de l'espèce bec-de-lièvre. On peut donc émettre également l'hypothèse que les niveaux de stress restent assez stables temporellement excepté lors d'événements exceptionnels comme de fortes précipitations par exemple.

Enfin, après avoir effectué des corrélations entre les facteurs environnementaux et les niveaux de stress, nous sommes arrivés à la conclusion que le facteur expliquant actuellement le mieux

les variations des concentrations en glucose et lactate est la température de l'eau. Cette étude nous interroge sur les conséquences possibles de l'augmentation de la température sur le stress des poissons et sur leurs populations, particulièrement dans un contexte de réchauffement climatique mondial. Afin d'en apprendre plus sur ce paramètre, d'autres tests seront menés en aquarium dans le futur. Enfin, il reste encore à déterminer quelles sont les autres variables environnementales qui influent sur le stress des poissons du Québec.

Bibliographie

Bau, F. and Parent, J.P. (2000), *Seasonal variations of thyroid hormone levels in wild fish*. Elsevier B.V.

Beaumont, M.W., Butler, P.J., Taylor, E.W. (2000). *Exposure of brown trout, Salmo trutta, to a sub-lethal concentration of copper in soft acidic water: effects upon muscle metabolism and membrane potential*. In Aquatic Toxicology.

Bruslé, J. & Quignard. (2004). *Les poissons et leur environnement : écophysiologie et comportements adaptatifs*. Paris, New York. Éditions Tec & Doc.

Cooper, E.L., Faisal, M. (1990). *Phylogenetic approach to endocrine-immune system interactions*. J. exp. Zool. 4: 46-52.

Le Cren, E.D., 1951. - *The length weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (Perca fluviatilis)*. J. Anim. Ecol. 20: 201-219.

Pickering, A. D. (1981). *Stress and fish*. In Academic Press.

Scott, W. B., and E. J. Crossman (1973). *Freshwater fishes of Canada*. Ottawa: Fisheries Research Board of Canada.

Webographie

Données de l'ENS de Lyon. Disponible sur : <http://acces.ens-lyon.fr/santo/donnees/fmr/rivieres/la-peche-electrique> (consulté le 15/07/2016).

Données du Conseil canadien de protection des animaux en science. Disponible sur http://www.ccac.ca/fr/_/formation/pnfiua/poissons (consulté le 12/07/2016).

<http://www.dfo-mpo.gc.ca/species-especes> (consulté le 16/07/2016).

<http://www.lsbio.com> (consulté le 24/07/2016).

Table des figures

Figure 1 : Situation géographique de la station de biologie des Laurentides (source : GoogleMap)	4
Figure 2 : Sites d'étude (de gauche à droite et de haut en bas : Rivière aux mulets, Simon et Bellefeuille).....	5
Figure 3 : Carte des sites d'étude (fond de carte Openstreetmap)	6
Figure 4 : bec-de-lièvre (<i>Exoglossum maxillingua</i>)	6
Figure 5 : bouche trilobée du bec-de-lièvre (http://www.dfo-mpo.gc.ca/species-especes)	7
Figure 6 : Les effets du stress sur les défenses immunitaires, interactions entre le cerveau, les corticostéroïdes, les catécholamines et les immunocytes. D'après Cooper EL, Faisal M (1990)	8
Figure 7 : Principe de la pêche électrique (photo C.LEJEUNE).....	11
Figure 8 : réalisation d'une plongée en rivière (photo E.CHRETIEN)	12
Figure 9 : Stand de terrain de mesures biométriques	15
Figure 10 : stand de traitement des échantillons	16
Figure 11 : Schéma du "Fish Cortisol ELISA Kit" (source : www.lsbio.com)	17
Figure 12 : courbe de réponse au glucose du bec-de-lièvre (<i>Exoglossum maxillingua</i>) pour différents pas de temps (données C.Lejeune).....	19
Figure 13 : courbe de réponse au lactate du bec-de-lièvre (<i>Exoglossum maxillingua</i>) pour différents pas de temps (données C.Lejeune).....	20
Figure 14 : courbe de réponse au cortisol du bec-de-lièvre (<i>Exoglossum maxillingua</i>) pour différents pas de temps (données C.Lejeune).....	20
Figure 15 : courbes de réponse au glucose et lactate sur la rivière à Simon , différence entre le niveau de base T0 et la réponse après 30 min T30.....	22
Figure 16 : courbes de réponse au glucose et lactate sur la rivière aux mulets	22
Figure 17 : courbes de réponse au glucose et lactate sur la rivière Bellefeuille	23
Figure 18 : Moyennes des taux de lactate et glucose par rivière.....	24
Figure 19 : Moyennes des taux de lactate et glucose par journée	25
Figure 20 : régression linéaire du glucose par la température de l'eau (données C.Lejeune)..	26

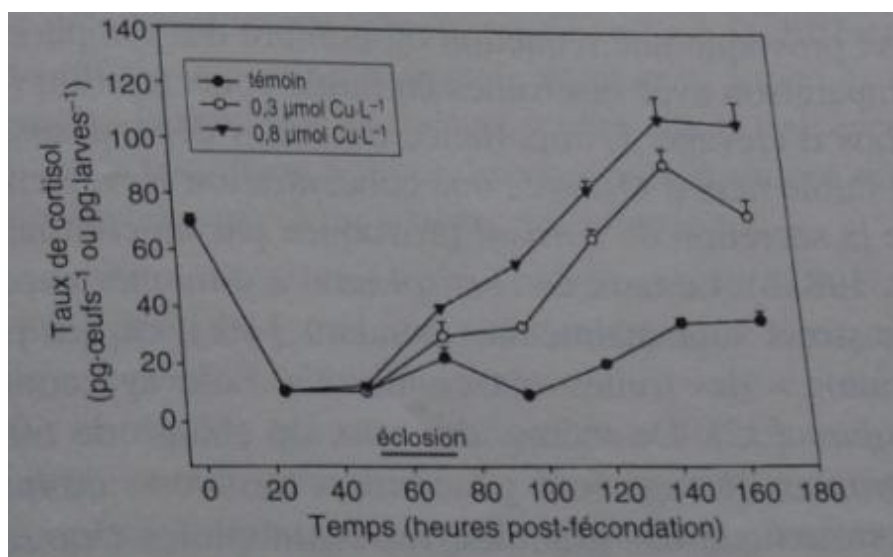
Table des tableaux

Tableau 1 : résultats du T test entre les poissons T0 et T30.....	21
Tableau 2: résultats du test ANOVA inter-rivières	24
Tableau 3 : Résultats du test ANOVA temporel	25

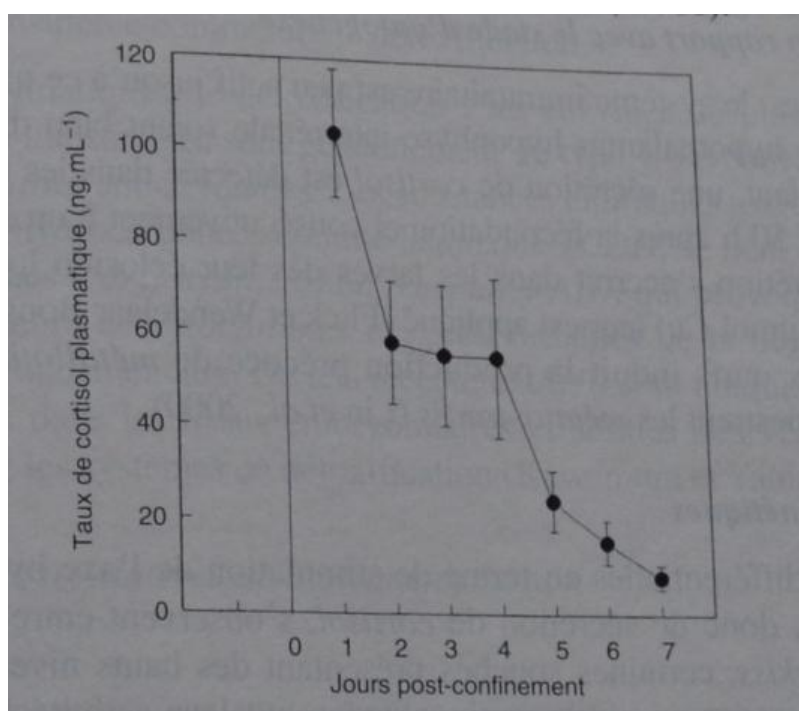
Table des annexes

Annexe 1: taux de cortisol plasmatique de larves de carpes <i>Cyprinus carpio</i> soumises à un stress de pollution par le cuivre, d'après Flick G, 2001.	34
Annexe 2 : taux de cortisol plasmatique de truites <i>Onchorynchus mykiss</i> soumises à un stress de confinement durant 7 jours, d'après Gamperl, AK (1994).....	34
Annexe 3 : Extrait de la base de données des relevés environnementaux	35
Annexe 4 : archives météo du 09/07/2016 à St Jovite (source : météo média).....	36

Annexes



Annexe 1: taux de cortisol plasmatique de larves de carpes *Cyprinus carpio* soumises à un stress de pollution par le cuivre, d'après Flick G, 2001.



Annexe 2 : taux de cortisol plasmatique de truites *Onchorynchus mykiss* soumises à un stress de confinement durant 7 jours, d'après Gamperl, AK (1994)

Riviere	Date	Bloc	Jour	Code.site	Heure.Debut	Heure.Fin	#morts	SiteLatitude(debut)
Mulets	2016/07/04	1	1	Mulets.2016-07-04.1.1	11:16	14:17	3	45,96375
Mulets	2016/07/04	1	1	Mulets.2016-07-04.1.1	11:16	14:17	3	45,96375
Mulets	2016/07/04	1	1	Mulets.2016-07-04.1.1	11:16	14:17	3	45,96375
Mulets	2016/07/04	1	1	Mulets.2016-07-04.1.1	11:16	14:17	3	45,96375
Mulets	2016/07/04	1	1	Mulets.2016-07-04.1.1	11:16	14:17	3	45,96375
Mulets	2016/07/04	1	1	Mulets.2016-07-04.1.1	11:16	14:17	3	45,96375
Mulets	2016/07/04	1	1	Mulets.2016-07-04.1.1	11:16	14:17	3	45,96375

SiteLongitude(debut)	SiteLatitude(fin)	SiteLongitude(fin)	ShockingSeconds	Voltage	AveragePower	ConductiviteDebut	ConductiviteFin
-74,17436	45,96382	-74,17496	1325	795	200	78,6	78,6
-74,17436	45,96382	-74,17496	1325	795	200	78,6	78,6
-74,17436	45,96382	-74,17496	1325	795	200	78,6	78,6
-74,17436	45,96382	-74,17496	1325	795	200	78,6	78,6
-74,17436	45,96382	-74,17496	1325	795	200	78,6	78,6
-74,17436	45,96382	-74,17496	1325	795	200	78,6	78,6

ConductiviteAjusteeDebut	ConductiviteAjusteeFin	TemperatureDebut	TemperatureFin	O2_ConcDebut(mg/L)	O2_ConcFin(mg/L)
84,2	84,2	21,4	21,4	9,5	9,5
84,2	84,2	21,4	21,4	9,5	9,5
84,2	84,2	21,4	21,4	9,5	9,5
84,2	84,2	21,4	21,4	9,5	9,5
84,2	84,2	21,4	21,4	9,5	9,5
84,2	84,2	21,4	21,4	9,5	9,5

O2_SaturationDebut	O2_SaturationFin	Transparence	NuagesDebut	NuagesFin	MeteoDebut	MeteoFin	Largeur
109	109	2,2	20	20	Ensoleillé	Ensoleillé	16
109	109	2,2	20	20	Ensoleillé	Ensoleillé	16
109	109	2,2	20	20	Ensoleillé	Ensoleillé	16
109	109	2,2	20	20	Ensoleillé	Ensoleillé	16
109	109	2,2	20	20	Ensoleillé	Ensoleillé	16
109	109	2,2	20	20	Ensoleillé	Ensoleillé	16

DistFlag.Debut	DistFlag.Fin	LargeurEch	LongueurEch	AireTot	PropMouillee	AireEch	Route	Pont	ForetMixte	ForetConifere	ForetFeuillu
0	55	16	55	880	1	880	1	0	1	0	0
0	55	16	55	880	1	880	1	0	1	0	0
0	55	16	55	880	1	880	1	0	1	0	0
0	55	16	55	880	1	880	1	0	1	0	0
0	55	16	55	880	1	880	1	0	1	0	0
0	55	16	55	880	1	880	1	0	1	0	0

Champs	Maison	Industrie	Enrochement	PhotoSite	Quadrat	Profondeur	Vitesse	Argile	Limon	Sable	Gravier	Caillou
0	1	0	0	7533	1	30	0,22	0	0	0	0	5
0	1	0	0	7533	2	44	0,43	0	0	0	15	0
0	1	0	0	7533	3	40	0,02	0	0	5	15	0
0	1	0	0	7533	4	22	0,03	0	5	0	0	35
0	1	0	0	7533	5	30	0,18	0	0	0	5	0
0	1	0	0	7533	6	11	0,31	0	0	0	0	0

Galet	Roche	RocheMetrique	RocheMere	Total	Macrophyte	DebrisLigneux	Colmatage
70	25	0	0	100	0	0	0
85	0	0	0	100	0	5	15
55	25	0	0	100	0	0	20
60	0	0	0	100	0	0	0
95	0	0	0	100	0	0	15
5	95	0	0	100	0	5	0

Annexe 3 : Extrait de la base de données des relevés environnementaux

Resultats de la recherche: 9 juillet 2016 St-Jovite

Température maximum : 18.2 °C

Température minimum : 13.7 °C

Température moyenne : 15.9 °C

Précipitations : 20 mm

Annexe 4 : archives météo du 09/07/2016 à St Jovite (source : météo média)