



Organisme des
bassins versants de la
HAUTE-CÔTE-NORD

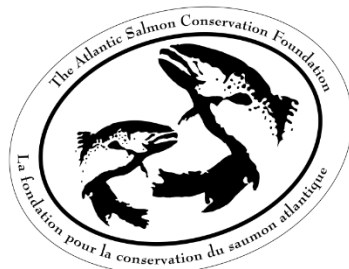
RÉTABLISSEMENT DES PROCESSUS HYDROGÉOMORPHOLOGIQUES SUR LA RIVIÈRE DES ESCOUMINS POUR L'AMÉLIORATION DE L'HABITAT DU SAUMON : PORTRAIT DE L'INDICE DE QUALITÉ MORPHOLOGIQUE, DE LA GRANULOMÉTRIE, DES REFUGES THERMIQUES ET REPÉRAGE SOMMAIRE DES NIDS



MARS 2022



Québec



Coordonnées

Organisme des Bassins Versants de la Haute-Côte-Nord
24 de la Rivière, Les Escoumins, G0T 1K0
Téléphone : (418) 233-2323
Courriel : info@obvhautecotenord.org
www.obvhautecotenord.org

Équipe de réalisation

Coordination et planification :	Xavier Plante, chargé de projets, biologiste M. Sc. Bruno Proulx, chargé de projets, biologiste et géographe M. Sc. Nicolas Ferron, directeur général et biologiste
Récolte des données :	Xavier Plante, chargé de projets, biologiste M. Sc. Bruno Proulx, chargé de projets, biologiste et géographe M. Sc. Sarah Delisle, technicienne de la Faune Catherine Emond, chargée de projets, technicienne en bioécologie Nicolas Ferron, directeur général et biologiste
Traitement des données :	Bruno Proulx, chargé de projets, biologiste et géographe M. Sc. Xavier Plante, chargé de projets, biologiste M. Sc. Sarah Delisle, technicienne de la Faune Catherine Emond, chargée de projets, technicienne en bioécologie
Rédaction et cartographie :	Xavier Plante, chargé de projets, biologiste M. Sc.
Révision :	Bruno Proulx, chargé de projets, biologiste et géographe M. Sc. Nicolas Ferron, directeur général et biologiste Catherine Emond, chargée de projets, technicienne en bioécologie Sarah Delisle, technicienne de la Faune

ISBN 978-2-925236-06-1 (PDF)

Dépôt légal - Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2022.
Dépôt légal - Bibliothèque et Archives Canada, 2022.

Référence à citer

Organisme des Bassins Versants de la Haute-Côte-Nord (OBVHCN). 2022. Rétablissement des processus hydrogéomorphologiques sur la rivière des Escoumins pour l'amélioration de l'habitat du saumon : portrait de l'indice de qualité morphologique, de la granulométrie, des refuges thermiques et repérage sommaire des nids. 65 pages + Annexes.

Résumé

Les activités de la drave du siècle dernier ont linéarisé et nivelé plusieurs portions de la rivière des Escoumins, ce qui a eu pour conséquence d'accélérer l'écoulement de l'eau et d'évacuer de manière excessive les sédiments de petite taille. On parle aussi de l'abandon de méandres, des bras de rivières où l'eau s'écoulait autrefois, qui sont aujourd'hui remplacés par des chemins d'écoulements plus droits (linéaire) et courts. Très peu d'érosion a ainsi lieu le long de la rivière ce qui cause un déficit en nouveaux sédiments, dont entre autres ceux de petite taille. Il s'agit d'une altération au niveau des processus hydrogéomorphologiques (HGM), soit l'évolution naturelle des rivières où elles s'élargissent, zigzaguent et s'approfondissent avec le temps. Ainsi, l'habitat du saumon atlantique est aujourd'hui fortement détérioré, au point où le gravier pour la ponte se fait rare et les secteurs plus profonds permettant d'éviter les chaleurs extrêmes sont *a priori* inexistants. Pour y remédier, des interventions humaines ciblées ont le potentiel d'accélérer ces processus HGM qui prendrait autrement plusieurs dizaines d'années à se réaliser d'eux-mêmes. Toutefois, il est difficile de cibler avec précision les secteurs qui nécessitent un rétablissement puisque l'état de la rivière des Escoumins est très peu connu. C'est pourquoi plusieurs aspects de l'habitat du saumon atlantique ont été caractérisés lors de la présente étude, et ce, pour éventuellement rétablir les processus HGM de la rivière. D'abord, l'indice de qualité morphologique (IQM) a permis de préciser les tronçons de rivière les plus altérés au niveau HGM et dont la réactivation de méandres (reméandrage) serait le plus appropriée. *A priori*, un secteur non confiné situé entre les kilomètres 10,5 et 14 depuis l'embouchure représente l'un des meilleurs potentiels de rétablissement de méandres. Cela ouvre la porte à un futur projet qui réactiverait ces méandres. En parallèle, la granulométrie de la rivière a été évaluée le plus objectivement possible à l'aide de la méthode de Wolman qui consiste à mesurer individuellement plusieurs roches le long d'un transect de part et d'autre de la rivière. Ainsi, plusieurs secteurs utilisables pour la ponte ont été identifiés dans la moitié aval de l'aire d'étude et un seul idéal à la ponte. Toutefois, l'ensemble de la rivière bénéficierait de la réactivation de méandres afin de ralentir le courant et de réduire la taille trop grossière du substrat. De même, le potentiel de refuge thermique de plusieurs fosses d'intérêts a été mesuré en continu à l'aide de thermographes (thermomètres avec enregistreur). Il s'avère que les fosses recensées ne constituent pas de refuge thermique pour les saumons atlantiques, ce qui ne leur permet pas d'éviter les excès de chaleur et qui souligne ainsi la précarité de leur habitat. Seul le secteur situé le plus en amont, soit autour des fosses 60 et 61, présente des variations journalières moins importantes et permet d'éviter certains extrêmes de chaleur. Finalement, le survol en drone de plusieurs secteurs jugés propices à la ponte a permis de repérer avec certitude deux nids dans la moitié aval de l'aire d'étude (fosse 11) et une possibilité de nid à mi-distance (fosse 45). Somme toute, la présente étude a grandement précisé l'état de la rivière des Escoumins et servira éventuellement à un projet pour y réactiver d'anciens méandres. De plus, une étude complémentaire pour évaluer l'abondance des juvéniles par la méthode de pêche électrique viendrait grandement préciser l'état de la population de saumon atlantique.

Mots clés : Hydrogéomorphologie (HGM), saumon atlantique (*Salmo salar* L.), réactivation de méandres, indice de qualité morphologique (IQM), granulométrie de Wolman, refuge thermique, frayère

Partenaires financiers

La réalisation du projet n'aurait pas été possible sans la contribution financière du Fonds d'action Saint-Laurent (FASL) via le Programme Affluents Maritime coordonné par le Regroupement des organismes de bassins versants du Québec (ROBVQ) et financé par le gouvernement du Québec, le fonds MITACS, la Fondation pour la conservation du saumon atlantique (FCSA), la Fondation de la faune du Québec (FFQ) et la Corporation de Gestion de la Rivière à Saumons des Escoumins (CGRSE).



Remerciements

Nous tenons également à remercier le professeur Maxime Boivin (Ph. D) de l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC) ainsi que son étudiante à la maîtrise Mme Marianne Bouchard pour leur support dans la réalisation de ce projet.



Table des matières

Coordonnées	i
Équipe de réalisation	i
Référence à citer	i
Résumé	ii
Partenaires financiers	iii
Remerciements.....	iii
Table des matières	iv
Liste des figures.....	vi
Liste des tableaux.....	viii
Liste des cartes.....	viii
Liste des abréviations et des sigles.....	ix
Liste des unités de mesure.....	ix
Définitions	x
Mise en contexte de l'étude.....	1
Introduction	1
Présentation de l'OBVHCN	1
Mandat de l'OBVHCN	1
Historique du saumon atlantique sur la rivière des Escoumins	1
Études antérieures sur la rivière des Escoumins	2
Objectif principal.....	2
Aire d'étude	2
Support et expertise externe.....	2
1. Étude de l'indice de qualité morphologique (IQM)	5
1.1 Introduction	5
1.1.1 Contexte hydrogéomorphologique des rivières au Québec.....	5
1.1.2 Contexte hydrogéomorphologique de la rivière des Escoumins.....	5
1.2 Objectif spécifique.....	5
1.3 Matériel et méthodes	6
1.3.1 Liste du matériel.....	6
1.3.2 Procédures	6
1.3.3 Analyse et traitement des données.....	6
1.4 Résultats et discussion	7
2. Étude de la granulométrie	18

2.1 Introduction	18
2.2 Objectif spécifique.....	18
2.3 Matériel et méthodes	18
2.3.1 Liste du matériel.....	18
2.3.2 Procédures	19
2.3.3 Analyse et traitement des données.....	20
2.4 Résultats et discussion	20
3. Étude des refuges thermiques.....	27
3.1 Introduction	27
3.2 Objectif spécifique.....	28
3.3 Matériel et méthodes	28
3.3.1 Liste du matériel.....	28
3.3.2 Procédures	28
3.3.3 Analyse et traitement des données.....	29
3.4 Résultats et discussion	29
4. Étude des sites de fraie	42
4.1 Introduction	42
4.1.1 Mise en contexte	42
4.1.2 Facteurs qui influencent la migration et la fraie	42
4.1.3 Entrée en rivière	42
4.1.4 Migration intrarivière.....	43
4.1.5 Migration dans les tributaires	43
4.1.6 Moment de la fraie.....	44
4.2 Objectif spécifique.....	44
4.3 Matériel et méthodes	44
4.3.1 Liste du matériel.....	44
4.3.2 Procédures	45
4.3.3 Analyse et traitement des données.....	45
4.4 Résultats et discussion	45
Conclusion	59
Recommandations.....	59
Références	60
Annexe 1 – Critère de l'Indice de qualité morphologique.....	66
Annexe 2 – Schéma de la mesure de Wolman	70
Annexe 3 – Résumé de l'effort d'échantillonnage des fosses.....	71

Annexe 4 – Figures complémentaire de température de l'eau	72
Annexe 5 – Tableaux détaillés des observations de nids	82

Liste des figures

Figure 1. Valeur de l'IQM des tronçons (par #) en fonction de la distance (km) depuis l'embouchure sur la rivière des Escoumins	10
Figure 2. Distribution de la taille du substrat (mm) de l'aval vers l'amont sur la rivière des Escoumins (en couleur : appréciation de la qualité du substrat pour la ponte)	22
Figure 3. Proportion (%) du substrat idéal (en vert) et utilisable (en jaune) pour la ponte, de l'aval vers l'amont	23
Figure 4. Température journalière au niveau du Parc	31
Figure 5. Température journalière fosse, amont et air à la fosse 10	31
Figure 6. Température journalière dans la fosse 11	31
Figure 7. Température journalière fosse, amont et air à la fosse 23 (MFFP 2021)	32
Figure 8. Température journalière fosse, amont et air à la fosse 35	32
Figure 9. Température journalière fosse et amont à la fosse 47	32
Figure 10. Température journalière fosse, amont et air à la fosse 49	33
Figure 11. Température journalière fosse et amont à la fosse 51	33
Figure 12. Température journalière fosse et amont à la fosse 52	33
Figure 13. Température journalière fosse, amont et air à la fosse 59	34
Figure 14. Température journalière fosse, amont et air à la fosse 60	34
Figure 15. Température journalière fosse, amont et air à la fosse 61 (MFFP 2021)	34
Figure 16. Écart de température au niveau du Parc des Chutes	35
Figure 17. Écart de température dans la fosse 10	35
Figure 18. Écart de température dans la fosse 11	35
Figure 19. Écart de température dans la fosse 23	36
Figure 20. Écart de température dans la fosse 35	36
Figure 21. Écart de température dans la fosse 47, avec débit (m ³ /s) (CEHQ 2022)	36
Figure 22. Écart de température dans la fosse 49	37
Figure 23. Écart de température dans la fosse 51	37
Figure 24. Écart de température dans la fosse 52	37
Figure 25. Écart de température dans la fosse 59	38
Figure 26. Écart de température dans la fosse 60	38
Figure 27. Écart de température dans la fosse 61	38
Figure 28. Écart de température en amont de la fosse 61 (MFFP 2021)	39
Figure 29. Nombre d'heures où la température a été supérieure à 22,5 °C (jaune) ou 25 °C (rouge) en amont de la fosse 61	40

Figure 30. Nombre d'heures où la température a été supérieure à 22,5 °C (jaune) ou 25 °C (rouge) à l'embouchure de la rivière des Escoumins	40
Figure 31. Photo en drone d'un nid de saumon atlantique repéré le 25 octobre 2021 en aval de la fosse 11 sur la rivière des Escoumins	50
Figure 32. Photo en drone de deux nids de saumon atlantique repéré le 04 novembre 2021 en aval de la fosse 11 sur la rivière des Escoumins	51
Figure 33. Photo en drone de deux nids de saumon atlantique repéré le 10 novembre 2021 en aval de la fosse 11 sur la rivière des Escoumins	52
Figure 34. Photo en drone d'un nid potentiel repéré le 21 octobre 2021 en amont de la fosse 45	54
Figure 35. Photo en drone d'un nid potentiel repéré le 25 octobre 2021 en amont de la fosse 45	55
Figure 36. Photo en drone d'un nid potentiel repéré le 29 octobre 2021 en amont de la fosse 45	56
Figure 37. Photo en drone d'un nid potentiel repéré le 5 novembre 2021 en amont de la fosse 45	57
Figure 38. Photo en drone d'un nid potentiel repéré le 10 novembre 2021 en amont de la fosse 45	58
Figure 39. Schéma de la mesure de Wolman, tiré du <i>Department of Environmental Protection</i> (2022)	70
Figure 40. Température de l'eau au niveau du Parc des Chutes	72
Figure 41. Température de l'eau et de l'air à la fosse 10	73
Figure 42. Température de l'eau à la fosse 11	74
Figure 43. Température de l'eau et de l'air à la fosse 23	74
Figure 44. Température de l'eau et de l'air à la fosse 35	75
Figure 45. Température de l'eau et de l'air à la fosse 47	76
Figure 46. Température de l'eau et de l'air à la fosse 49	77
Figure 47. Température de l'eau à la fosse 51	78
Figure 48. Température de l'eau à la fosse 52	79
Figure 49. Température de l'eau et de l'air à la fosse 59	80
Figure 50. Température de l'eau et de l'air à la fosse 60 et 61	81

Liste des tableaux

Tableau 1. Indice de qualité morphologique (IQM) des 36 premiers km de la rivière des Escoumins	8
Tableau 2. Critères pour la création potentielle de méandres sur la rivière des Escoumins.....	9
Tableau 3. Granulométrie par la méthode de Wolman des 34 premiers km de la rivière des Escoumins	21
Tableau 4. Incidence de la température sur le saumon atlantique juvénile et adulte.....	27
Tableau 5. Nombre de nids de saumon atlantique repéré sur la rivière des Escoumins par date d'observation pour le mois d'octobre et de novembre 2021	47
Tableau 6. Résumé de l'effort d'échantillonnage des fosses par les thermographes	71
Tableau 7. Nombre de nids de saumon atlantique repéré sur la rivière des Escoumins par date d'observation pour le mois d'octobre 2021.....	82
Tableau 8. Nombre de nids de saumon atlantique repéré sur la rivière des Escoumins par date d'observation pour le mois de novembre 2021	83

Liste des cartes

Carte 1. Bassin versant de la rivière des Escoumins.....	3
Carte 2. Aire d'étude comprise dans le bassin versant de la rivière des Escoumins	4
Carte 3. IQM de la rivière des Escoumins (km 0 à 15,6)	11
Carte 4. IQM de la rivière des Escoumins (km 15,6 à 27,0)	12
Carte 5. IQM de la rivière des Escoumins (km 27,0 à 36,0)	13
Carte 6. Zones de méandre potentiel sur la rivière des Escoumins (tronçon 10).....	14
Carte 7. Zones de méandre potentiel sur la rivière des Escoumins (tronçons 13 et 14).....	15
Carte 8. Zones de méandre potentiel sur la rivière des Escoumins (tronçons 18 et 20).....	16
Carte 9. Zones de méandre potentiel sur la rivière des Escoumins (tronçons 26 et 28).....	17
Carte 10. Potentiel de fraie selon la granulométrie de la rivière des Escoumins (km 0 à 15,6)	24
Carte 11. Potentiel de fraie selon la granulométrie de la rivière des Escoumins (km 15,6 à 27,0)	25
Carte 12. Potentiel de fraie selon la granulométrie de la rivière des Escoumins (km 27,0 à 34,0)	26
Carte 13. Localisation des thermographes installés dans les fosses d'intérêts de la rivière des Escoumins	41
Carte 14. Zones de repérage pour la fraie du saumon atlantique sur la rivière des Escoumins en octobre et novembre 2021.....	48
Carte 15. Localisation des nids repérés en aval de la fosse 11	49
Carte 16. Localisation d'un nid potentiel en amont de la fosse 45	53

Liste des abréviations et des sigles

AM	Amont
AV	Aval
CGRSE et coll.	Corporation de gestion de la rivière à saumon des Escoumins et collaborateurs
FFQ	Fondation de la faune du Québec
FCSA	Fondation pour la conservation du saumon atlantique
FASL	Fonds d'action Saint-Laurent
F#	Fosse de la rivière des Escoumins numéroté #
GIEBV	Gestion intégrée de l'eau par bassin versant
GPS	<i>Global Positioning System</i>
HGM	Hydrogéomorphologi(e/que)
IQM	Indice de qualité morphologique
MFFP	Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs
M. Sc.	<i>Maîtrise ès sciences</i> (maîtrise)
OBVHCN	Organisme des bassins versants de la Haute-Côte-Nord
PDE	Plan directeur de l'eau
Ph. D.	<i>Philosophiæ doctor</i> (doctorat)
QGIS	<i>Quantum geographic information system</i>
ROBVQ	Regroupement des organismes de bassins versants du Québec
S#	Station d'échantillonnage numéroté #
TNO	Territoire non organisé
UQAC	Université du Québec à Chicoutimi

Liste des unités de mesure

°C	Degré Celsius
km	Kilomètre
km ²	Kilomètre carré
m	Mètre
m ³ /s	Mètre cube par seconde (débit de la rivière)
mm	Millimètre
%	Pourcentage

Définitions

Encaissement (de la vallée) : Largeur entre les escarpements rocheux d'une vallée et la possibilité d'une rivière d'évoluer à l'intérieur de celle-ci.

Enrochement : Protection du littoral de la rivière par des amas de blocs de pierre contre les processus d'érosion naturels.

Frai : Action frayer (reproduction des poissons).

Fraie : Période de la ponte pour les poissons, généralement à l'automne pour les saumons atlantiques.

Indice de qualité morphologique (IQM) : Note issue de plusieurs critères et qui évalue la capacité d'une rivière à changer naturellement de forme dans le temps.

Géodiversité / Géodiversifié : Diversité de taille et de provenance dans le substrat rocheux d'une rivière.

Lessivage : Transport des sédiments rocheux de petite taille qui sont déplacés vers l'aval en raison d'un courant important. La force et la régularité du courant peuvent aussi empêcher le sédiment en dessous d'une certaine taille de se déposer dans la rivière.

Linéarisation : Transformation de la rivière pour réduire les courbes (sinuosités) et rendre davantage rectiligne l'écoulement de l'eau.

Marges fluviales : Portion située en bordure de la rivière et qui est irriguée seulement en période de grande crue. Il s'agit entre autres d'une zone de dépôt.

Méandre : Sinuosité d'une cour d'eau qui se produit naturellement par le passage de l'eau dans un milieu sans restriction aux mouvements latéraux.

Refuge thermique : Secteur d'une rivière où l'eau est plus froide, autant par l'effet d'une résurgence souterraine que par la profondeur importante d'un plan d'eau.

Reméandrage : Recirculation de l'eau dans d'anciennes portions sinueuses de la rivière.

Système d'information géomatique : Système informatique permettant de traiter les informations spatiales (géographique) afin de les représenter sur une carte.

Systèmes fluviaux : Ensemble d'un bassin hydrographique d'un cours d'eau qui comprend le transport des sédiments de l'amont vers l'aval.

Mise en contexte de l'étude

Introduction

Présentation de l'OBVHCN

L'Organisme des bassins versants de la Haute-Côte-Nord (OBVHCN) est un organisme à but non lucratif qui a pour mission de promouvoir la gestion intégrée de l'eau par bassin versant (GIEBV). Cette gestion se fait en concertation avec tous les usagers de l'eau afin d'assurer la protection, la restauration et l'amélioration des milieux aquatiques, et ce, dans une optique de développement durable. Les activités de l'OBVHCN s'étendent sur un territoire ayant une superficie de 26 410 km², soit entre la rivière du Moulin à Baude (villes de Tadoussac et Sacré-Cœur) et la rivière Betsiamites (ville de Colombier et communauté innue de Pessamit).

Mandat de l'OBVHCN

Un des principaux mandats des organismes de bassins versants est « d'élaborer le plan directeur de l'eau (PDE) pour les bassins versants de leur zone hydrographique [...] » (ROBVQ, 2022). Ce document est constitué d'un portrait des bassins versants, d'un diagnostic des principales problématiques rencontrées sur le territoire ainsi que des objectifs d'intervention et d'un plan d'action visant à corriger ces problématiques. La présente étude rejoint l'orientation 4.1 : Conserver et mettre en valeur les milieux aquatiques (OBVHCN, 2014a). Les informations recueillies serviront entre autres à mettre à jour le PDE et à cibler les prochaines actions à entreprendre.

Historique du saumon atlantique sur la rivière des Escoumins

À sa découverte par les Européens au cours du XVI^e siècle, la rivière des Escoumins abritait plusieurs milliers de saumons atlantiques (Frenette, 1996; Histoire du Québec, 2019). Avec les années, plusieurs interventions humaines ont grandement impacté l'habitat de cette population. Il faut savoir que la montaison de saumons sur la rivière des Escoumins aurait été interrompue depuis probablement le milieu du 19^e siècle (Frenette, 1996) en raison de la présence d'un barrage en aval servant à la drave. Le saumon a été réensemencé dans la rivière presque annuellement de 1946 jusqu'en 2005 (Nihouarn, 2009). Deux passes migratoires permettaient aux saumons de franchir autant d'obstacles infranchissables. D'abord, le barrage à l'embouchure (aujourd'hui disparu) n'eut une passe migratoire fonctionnelle qu'en 1979, après plus de 100 ans d'existence. La deuxième passe migratoire, toujours en fonction, fut construite en 1969 pour franchir la première chute infranchissable, soit le Grand Sault (km 10). Le saumon arrive depuis à remonter la rivière jusqu'à la chute à Pinel, qui se trouve à 36 km de l'embouchure. Peu d'information existe sur la fréquentation du saumon dans les tributaires de la rivière. Aujourd'hui, la pêche au saumon sur la rivière des Escoumins est gérée par la Corporation de gestion de la rivière à saumon des Escoumins (CGRSE) qui vise le maintien de cette ressource halieutique. Somme toute, la rivière a été grandement modifiée par l'industrie forestière, bien souvent à l'aide de machinerie lourde, afin de favoriser le flottage du bois (Frenette, 1996). De nombreux **méandres** ont été redressés et des fosses ont été nivelées afin d'éviter les amoncellements de bois. Ces modifications de l'habitat ont entraîné une modification du régime sédimentaire de la rivière par l'écoulement accéléré de l'eau qui favorise l'évacuation des sédiments fins (Eaton et Lapointe, 2001). Il en résulte un substrat peu **géodiversifié** pour les différents stades de vie du saumon atlantique (Semple, 1991; Eaton et Lapointe, 2001). C'est pourquoi davantage d'études sont nécessaires afin de comprendre, de protéger et d'améliorer son habitat.

Études antérieures sur la rivière des Escoumins

La rivière des Escoumins a été étudiée à quelques reprises depuis les dernières décennies afin de mieux comprendre l'habitat du saumon atlantique. Les premières études pertinentes remontent à 1978 (Hovington et coll.) et à 1984 (Belzile et coll.) et décrivent le potentiel de reproduction du saumon à l'époque. Néanmoins, ces analyses datent et les méthodes ne sont plus toujours d'actualité. Pour y remédier, une étude menée en 2018 par l'OBVHCN a fourni des précisions quant à l'indice de qualité de frai du saumon atlantique sur certaines portions de la rivière. Cette étude souligne le faible potentiel de frai de la rivière puisque le substrat y est *a priori* trop grossier (OBVHCN, 2018). Toutefois, plusieurs paramètres de l'habitat du saumon atlantique restent à étudier afin d'apporter des solutions au déclin de la population.

Objectif principal

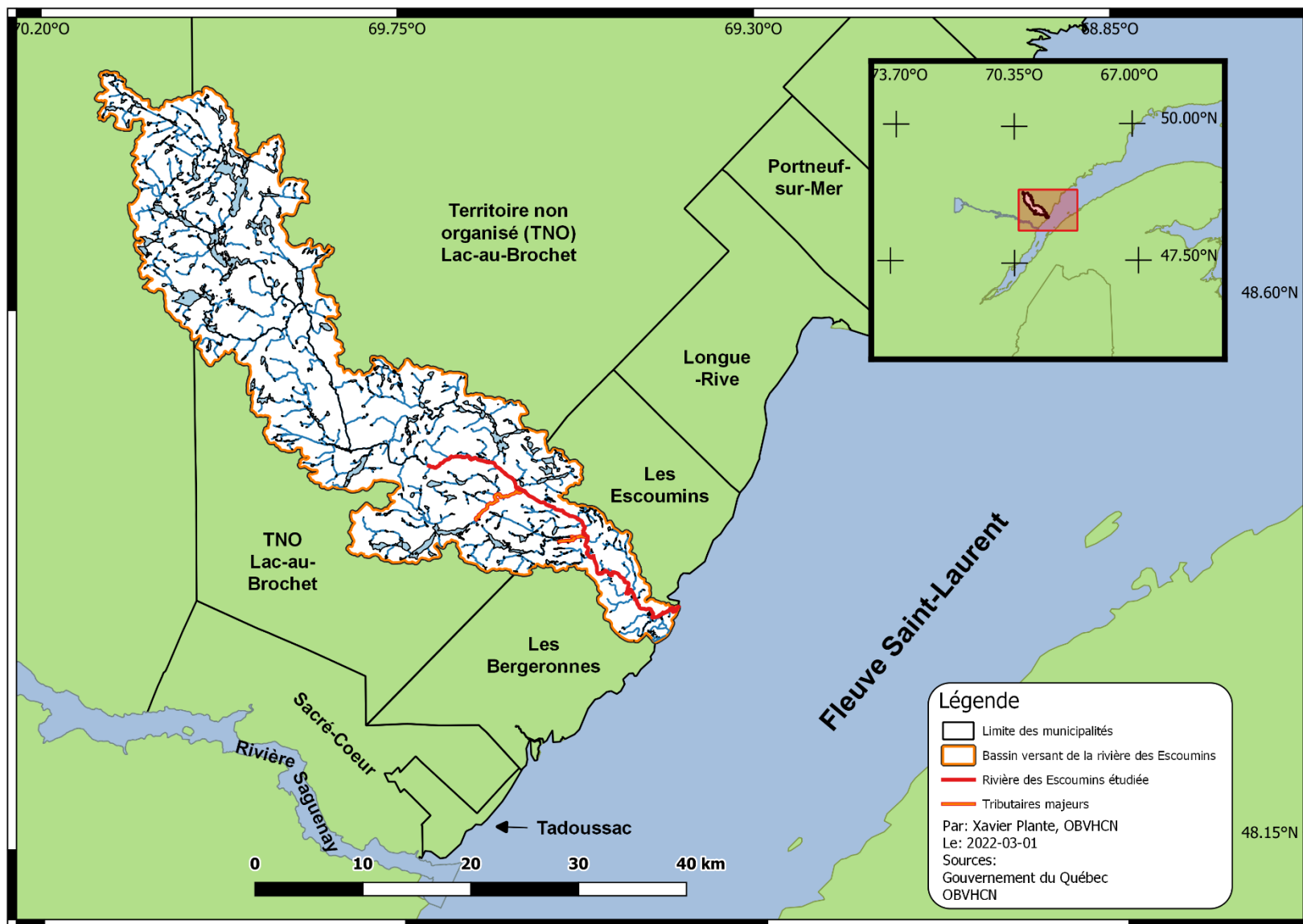
La présente étude cherche à faire le portrait des processus hydrogéomorphologies (HGM) et de l'habitat du saumon atlantique sur la rivière des Escoumins. Le but à long terme est de rétablir l'état naturel de la rivière qui a été altéré par les activités de la drave du siècle dernier. Le but est de faire recirculer le courant dans les bras de rivière (méandres) laissé de côté par les activités humaines. Le tout permettra de ralentir le courant et de procurer davantage de substrat propice à la ponte du saumon atlantique. Cette approche répond au manque de diversité de l'habitat du saumon atlantique, et ce, principalement pour les juvéniles. L'intention ici est d'accélérer les processus naturels de création de méandres (**reméandrage**) afin que la rivière reprenne sa configuration initiale et naturelle. En parallèle, les efforts de cette étude s'inscrivent dans un projet de plus grande ampleur cherchant à caractériser la dynamique du transport sédimentaire à court et moyen terme afin de rétablir les processus HGM. De même, un futur projet portera sur l'ajout stratégique de bois mort au sein de la rivière afin de détourner le courant et accélérer la réactivation de méandres (Sear, 1994; Roni et coll., 2015).

Aire d'étude

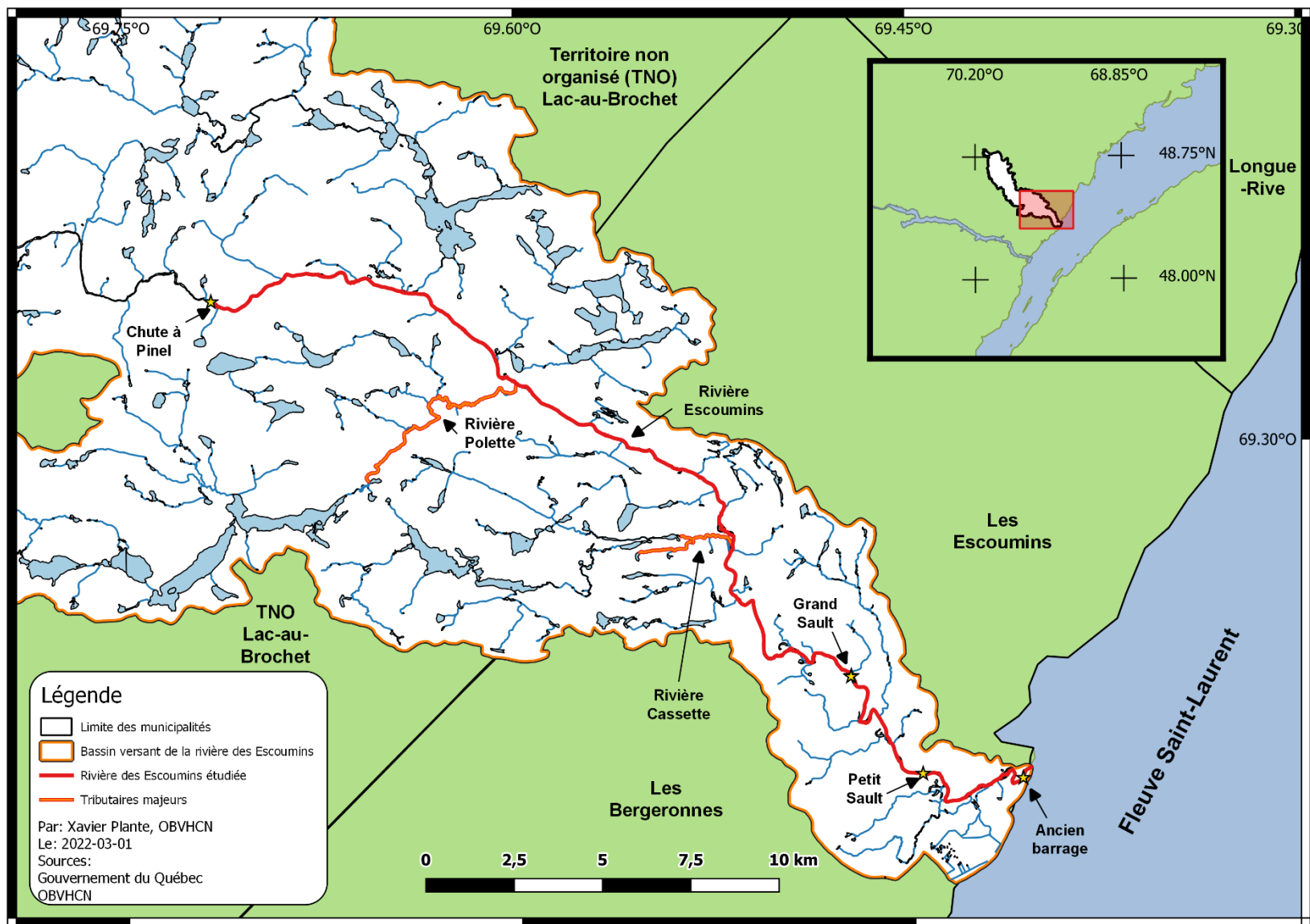
Tel que présenté aux Cartes 1 et 2, l'aire d'étude comprise sur la rivière des Escoumins va de son embouchure (km 0) jusqu'à la chute à Pinel (km 36), soit à la limite de migration du saumon atlantique. Le pont de la route 138 traverse la rivière au niveau de l'embouchure. Le village des Escoumins borde la rive nord-est de la rivière sur les premiers 3,7 km, soit jusqu'au pont de la route forestière. Par la suite, la route Forestière occupe la rive sud-ouest (gauche) de la rivière jusqu'au km 34, soit au pont du 20 milles. Cette portion de rivière comporte deux passes migratoires nommées respectivement le Petit Sault (km 5,1) et le Grand Sault (km 10,2), ainsi que deux tributaires d'intérêts, soit les rivières Cassette (km 15) et Polette (km 25). La rivière des Escoumins est d'une longueur totale de 82,9 km et son bassin versant occupe 798 km² (Thibault, 2008). Une description plus détaillée de la rivière des Escoumins se trouve dans le PDE de l'OBVHCN (2014b).

Support et expertise externe

La campagne d'échantillonnage a été réalisée en 2021 par l'équipe de l'OBVHCN avec l'appui du professeur Maxime Boivin (Ph. D.) de l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC) ainsi que de son étudiante à la maîtrise Mme Marianne Bouchard.



Carte 1. Bassin versant de la rivière des Escoumins



Carte 2. Aire d'étude comprise dans le bassin versant de la rivière des Escoumins

1. Étude de l'indice de qualité morphologique (IQM)

1.1 Introduction

1.1.1 Contexte hydrogéomorphologique des rivières au Québec

Les rivières du Québec ont été perturbées par les activités de la drave pendant plusieurs décennies (Gérard 1989). Ces perturbations (**linéarisation**, barrages, murets, **enrochements**, etc.) ont eu comme conséquences de modifier la morphologie et la dynamique sédimentaire de plusieurs cours d'eau du Québec (Florsheim et coll., 2008). En réponse à ces nouvelles conditions, des changements au niveau des processus HGM apparaissent dans les cours d'eau (Sear, 1994). Ces processus HGM font partie des fonctions écologiques des cours d'eau, et ce, autant pour l'habitat que pour la sécurité civile (Florsheim et coll., 2008; Thorp et coll., 2010). La linéarisation des cours d'eau engendre entre autres une augmentation des vitesses d'écoulement, une augmentation de la taille des sédiments par un lessivage excessif et une baisse de la géodiversité des formes en rivière (Eaton et Lapointe, 2001). Cette baisse de géodiversité engendre généralement une diminution de la qualité d'habitats du poisson, notamment pour les différents stades d'évolution du saumon (Semple, 1991; Eaton et Lapointe, 2001). Conséquemment aux perturbations en rivière, des processus de réajustement s'enclenchent afin de rétablir une forme d'équilibre dans ces cours d'eau, ce qui engendre des processus de **migrations latérales** et d'érosion (Sear, 1994; Florsheim et coll., 2008). Ainsi, les gestionnaires de cours d'eau vont multiplier les travaux (enrochements, seuils artificiels, etc.) afin de contrôler l'érosion et ainsi, augmenter les perturbations dans ces mêmes cours d'eau (Florsheim et coll., 2008). L'enrochement des berges émane souvent d'une perception négative de l'érosion des berges si bien qu'ils sont parfois réalisés alors que peu d'enjeux les justifient (Florsheim et coll., 2008). Ces enrochements contribuent aux problèmes de déconnexions des **marges fluviales** engendrant des modifications aux **systèmes fluviaux** et à la diminution des sédiments nécessaires au maintien des processus HGM et des services écosystémiques (Kondolf et coll., 2006).

1.1.2 Contexte hydrogéomorphologique de la rivière des Escoumins

La rivière des Escoumins n'échappe pas aux perturbations humaines du siècle dernier puisque plusieurs interventions ont altéré les processus HGM qui régissent cette rivière. Les activités de la drave ont entre autres linéarisé plusieurs portions de la rivière ce qui a détourné le courant en dehors des méandres, mais également nivelé de grandes superficies du lit de la rivière pour faciliter l'écoulement du bois (Frenette, 1996; Eaton et Lapointe, 2001). De ce fait, le débit accéléré de l'eau évacue de façon excessive le bois mort et les sédiments fins de la rivière (Eaton et Lapointe, 2001; Boivin et coll., 2017). De même, l'enrochement d'une partie des berges de la rivière réduit l'apport en nouveaux sédiments (Kondolf et coll., 2006; Florsheim et coll., 2008). On peut ainsi s'attendre à une faible géodiversité de la rivière, résultant en une diminution de la proportion de sédiments fins (Eaton et Lapointe, 2001). Cette classe granulométrique s'avère particulièrement importante pour le frai du saumon atlantique et donc pour le rétablissement de sa population (Semple, 1991). C'est pourquoi l'état HGM de la rivière doit être étudié.

1.2 Objectif spécifique

L'objectif est de dresser un portrait HGM de la rivière des Escoumins afin de localiser les secteurs problématiques qui bénéficieraient de la réactivation de méandres.

1.3 Matériel et méthodes

Pour obtenir un portrait des processus HGM de la rivière des Escoumins, l'**indice de qualité morphologique** (IQM) de Rinaldi *et al.* (2016) fut évalué sur plusieurs de ses tronçons. Cette approche multifactorielle a pris en compte l'état de la rivière, de ses conditions périphériques et de son passé (Rinaldi et coll., 2016). Il est alors possible d'évaluer à quel point la rivière est contrainte dans ses processus HGM.

1.3.1 Liste du matériel

Le matériel suivant a permis la prise de mesure sécuritaire dans la rivière des Escoumins.

Matériel individuel :

- Bâton de marche pour se stabiliser en rivière;
- Bottes-pantalons (*Waders*);
- Sac à dos hydrofuge;
- Veste de flottaison;
- Veste de sécurité orange (d'arpenteur ou de circulation).

Matériel collectif :

- Appareil de repérage Spot X;
- Batteries de rechange pour le GPS;
- Briquet;
- Canif;
- Sac de corde flottante;
- Trousse de premiers soins.

Matériel pour la prise de mesures :

- Appareil photo submersible (Olympus *Tough* TG-6 4K, 12 Mpx);
- Carnet de terrain;
- Crayon de plomb;
- Fiches de terrain (*rite in the rain* au besoin);
- GPS (Garmin 64s).

1.3.2 Procédures

Dans un premier temps, les 36 premiers km de la rivière ont été divisés en 32 tronçons homogènes dont l'IQM a été évalué pour chacun d'entre eux. Selon l'approche de Rinaldi et coll. (2016), la délimitation des tronçons s'est faite selon un niveau d'**encaissement** homogène dans la vallée répartie en trois catégories, c'est-à-dire confiné, partiellement confiné ou non confiné. Par la suite, chacun des tronçons fut évalué par un ensemble de 28 critères détaillés dans Rinaldi et coll. (2016) et dont leur application varie selon le niveau de confinement. Ces critères se distinguent en trois catégories, soit 13 critères sur les processus, les formes et l'état des bandes riveraines, 12 critères sur les perturbations anthropiques et 3 critères sur les ajustements historiques à la trajectoire de la rivière (Rinaldi et coll., 2016). L'ensemble de ces critères est détaillé à l'Annexe 1. Une partie de ces critères fut analysée à l'aide d'un **système d'information géomatique**, alors que l'autre partie des critères a nécessité de parcourir la rivière à pied entre les dates du 12 juillet et du 2 août 2021, soit sur une période 21 jours.

1.3.3 Analyse et traitement des données

L'IQM des 32 tronçons à l'étude a été compilé sur le programme Microsoft Excel. Ceux-ci sont présentés à l'intérieur des tableaux de la présente section et mettent également l'accent sur leur potentiel d'y créer des méandres. Les cartes associées ont pour leur part été produites avec le programme *Quantum geographic information system* (QGIS) version 3.16 (QGIS.org, 2021).

1.4 Résultats et discussion

L'IQM des 36 premiers km de la rivière des Escoumins est présenté dans le Tableau 1, à la Figure 1 et aux Cartes 3 à 5. Les IQM varient de bons à élevés. Ce qui s'explique en partie par la faible occupation du territoire en périphérie de la rivière. Dans le cas des IQM plus bas, ceux-ci sont entre autres causés par la présence d'infrastructures humaines tels que des routes à proximité ou des enrochements sur les berges qui contraignent l'évolution de la rivière. Parallèlement, très peu de bois mort a été observé le long de la rivière en raison du lessivage excessif. De même, l'analyse d'images historiques et la présence de vestiges de la drave supportent l'idée d'un milieu perturbé.

Il découle de ces analyses une estimation approximative des secteurs propices à la création de méandres telle que présentée au Tableau 2. Il s'agit des tronçons 10, 13, 14, 18, 20, 26 et 28. La Carte 6 présente le tronçon 10 dont un méandre est réalisable en amont sur environ 600 m de la rive droite et comporte des résidences de villégiatures en aval sur la rive droite. La Carte 7 présente le potentiel de méandre des tronçons 13 et 14 dont la réalisation peut se faire en amont sur environ 800 m de la rive droite et sur environ 1 km de la rive gauche. Bien que seul le tronçon 14 soit nettement linéarisé, l'ensemble de ce secteur présente un large potentiel pour la création de méandres. La Carte 8 présente le tronçon 18 pouvant accueillir deux méandres dans sa rive gauche respectivement sur environ 400 m en amont et environ 800 m en aval. De même, la Carte 8 présente le tronçon 20 qui peut accueillir deux méandres dans sa rive gauche respectivement sur environ 700 m en amont et environ 1000 m en aval. Toutefois, l'expansion vers la rive droite de ces tronçons rencontre la route forestière. La Carte 9 présente le tronçon 26 dont la création de méandres serait appropriée et dont la route forestière est à proximité. Également, la Carte 9 présente le tronçon 28 dont la création de méandres est réalisable sur environ 1800 m de la rive gauche et dont sa portion aval est à proximité de la route forestière. Malgré l'IQM élevé du tronçon 28, le ralentissement du courant à cet endroit favoriserait grandement la géodiversité des secteurs en aval. Somme toute, plusieurs secteurs propices à la création de méandres s'avèrent disponibles. Toutefois, un portrait granulométrique de la rivière aidera à mieux comprendre l'efficacité de cette intervention.

Tableau 1. Indice de qualité morphologique (IQM) des 36 premiers km de la rivière des Escoumins

# de tronçon	Distance (km)	Longueur (km)	Valeur d'IQM	Qualité d'IQM ¹	Confinement
1	0,0 à 0,4	0,4	0,80	Bon	Oui
2	0,4 à 0,8	0,4	0,77	Bon	Oui
3	0,8 à 1,2	0,4	0,81	Bon	Oui
4	1,2 à 2,8	1,6	0,89	Élevé	Partiel
5	2,8 à 3,4	0,6	0,83	Bon	Oui
6	3,4 à 4,8	1,4	0,88	Élevé	Partiel
7	4,8 à 5,4	0,6	0,98	Élevé	Oui
8	5,4 à 5,6	0,2	0,98	Élevé	Oui
9	5,6 à 6,0	0,4	0,94	Élevé	Oui
10	6,0 à 9,0	3	0,81	Bon	Partiel
11	9,0 à 9,5	0,5	0,82	Bon	Partiel
12	9,5 à 10,5	1	0,94	Élevé	Oui
13	10,5 à 12,8	2,3	0,92	Élevé	Non
14	12,8 à 14,0	1,2	0,77	Bon	Non
15	14,0 à 14,4	0,4	0,98	Élevé	Oui
16	14,4 à 15,6	1,2	0,92	Élevé	Partiel
17	15,6 à 16,5	0,9	0,86	Élevé	Partiel
18	16,5 à 19,0	2,5	0,79	Bon	Partiel
19	19,0 à 19,7	0,7	0,87	Élevé	Oui
20	19,7 à 22,0	2,3	0,79	Bon	Partiel
21	22,0 à 22,9	0,9	0,90	Élevé	Oui
22	22,9 à 24,2	1,3	0,83	Bon	Partiel
23	24,2 à 25,3	1,1	0,85	Élevé	Partiel
24	25,3 à 26,7	1,4	0,80	Bon	Partiel
25	26,7 à 28,0	1,3	0,85	Bon	Oui
26	28,0 à 29,5	1,5	0,77	Bon	Partiel
27	29,5 à 30,7	1,2	0,83	Bon	Oui
28	30,7 à 33,0	2,3	0,87	Élevé	Partiel
29	33,0 à 33,7	0,7	0,80	Bon	Partiel
30	33,7 à 35,3	1,6	0,94	Élevé	Oui
31	35,3 à 35,9	0,6	0,94	Élevé	Oui
32	35,9 à 36,0	0,1	1,00	Élevé	Oui

1: 0,0 à 0,3 (mauvais); <0,3 à 0,5 (bas); <0,5 à 0,7 (modéré); <0,7 à 0,85 (bon); <0,85 à 1,00 (élevé)

Tronçon d'intérêt

Tableau 2. Critères pour la création potentielle de méandres sur la rivière des Escoumins

# de tronçon	Espace pour méandres ¹	IQM bas ²	Libre de route à proximité ³	Libre de résidence à proximité ⁴	Potentiel de création de méandres ⁵
1	X	✓	X	X	X
2	X	✓	X	X	X
3	X	✓	X	X	X
4	≈	X	X	X	X
5	X	✓	X	X	X
6	≈	X	X	✓	X
7	X	X	✓	✓	X
8	X	X	✓	✓	X
9	X	X	✓	✓	X
10	≈	✓	✓	X	≈
11	≈	✓	X	X	X
12	X	X	✓	✓	X
13	✓	X	✓	✓	≈
14	✓	✓	✓	✓	✓
15	X	X	✓	✓	X
16	≈	X	X	✓	X
17	≈	X	X	✓	X
18	≈	✓	X	✓	≈
19	X	X	X	✓	X
20	≈	✓	X	✓	≈
21	X	X	X	✓	X
22	≈	✓	X	✓	X
23	≈	X	X	X	X
24	≈	✓	X	✓	X
25	X	✓	X	✓	X
26	≈	✓	X	✓	≈
27	X	✓	X	✓	X
28	≈	X	X	✓	≈
29	≈	✓	X	✓	X
30	X	X	✓	✓	X
31	X	X	✓	✓	X
32	X	X	✓	✓	X

1 : Non confiné (✓), partiellement confiné (≈), confiné (X)

2 : <0,7 à 0,85 (✓); <0,85 à 1,00 (X)

3 : Pas de route à proximité (✓), route à proximité (X)

4 : Pas de résidence à proximité (✓), résidence à proximité (X)

5 : Potentiel élevé (✓), moyen (≈), faible (X)

Tronçon d'intérêt

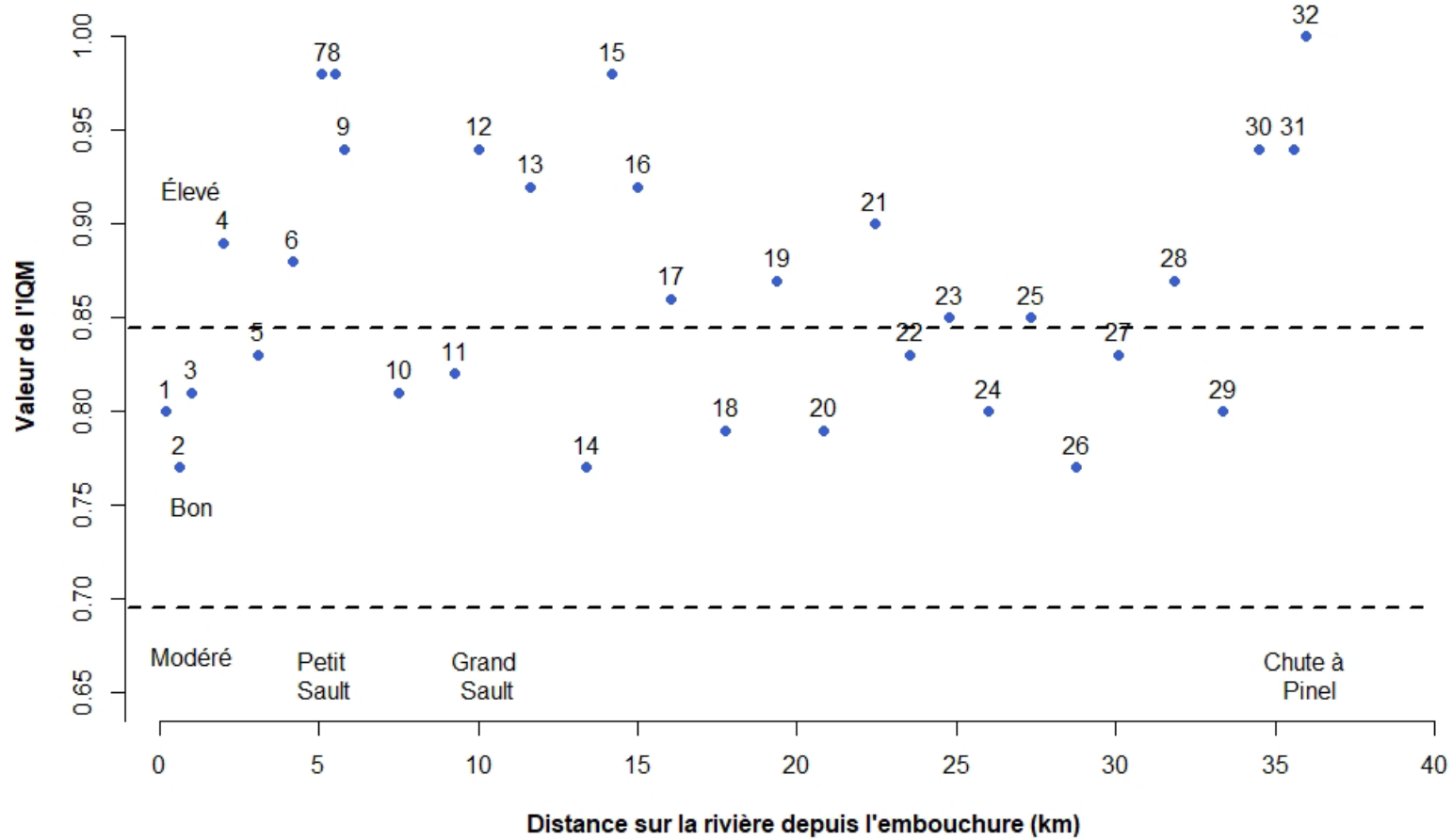
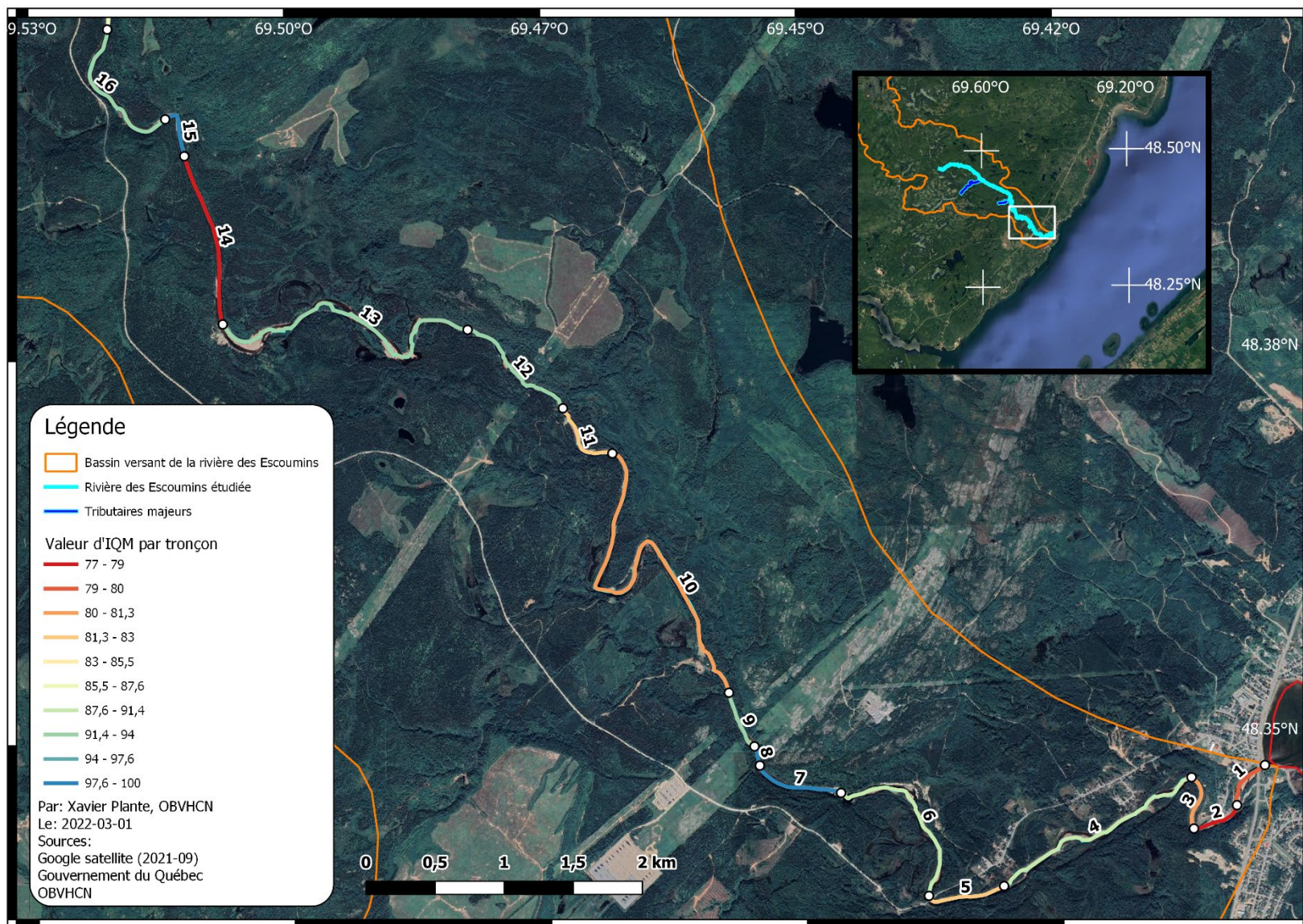
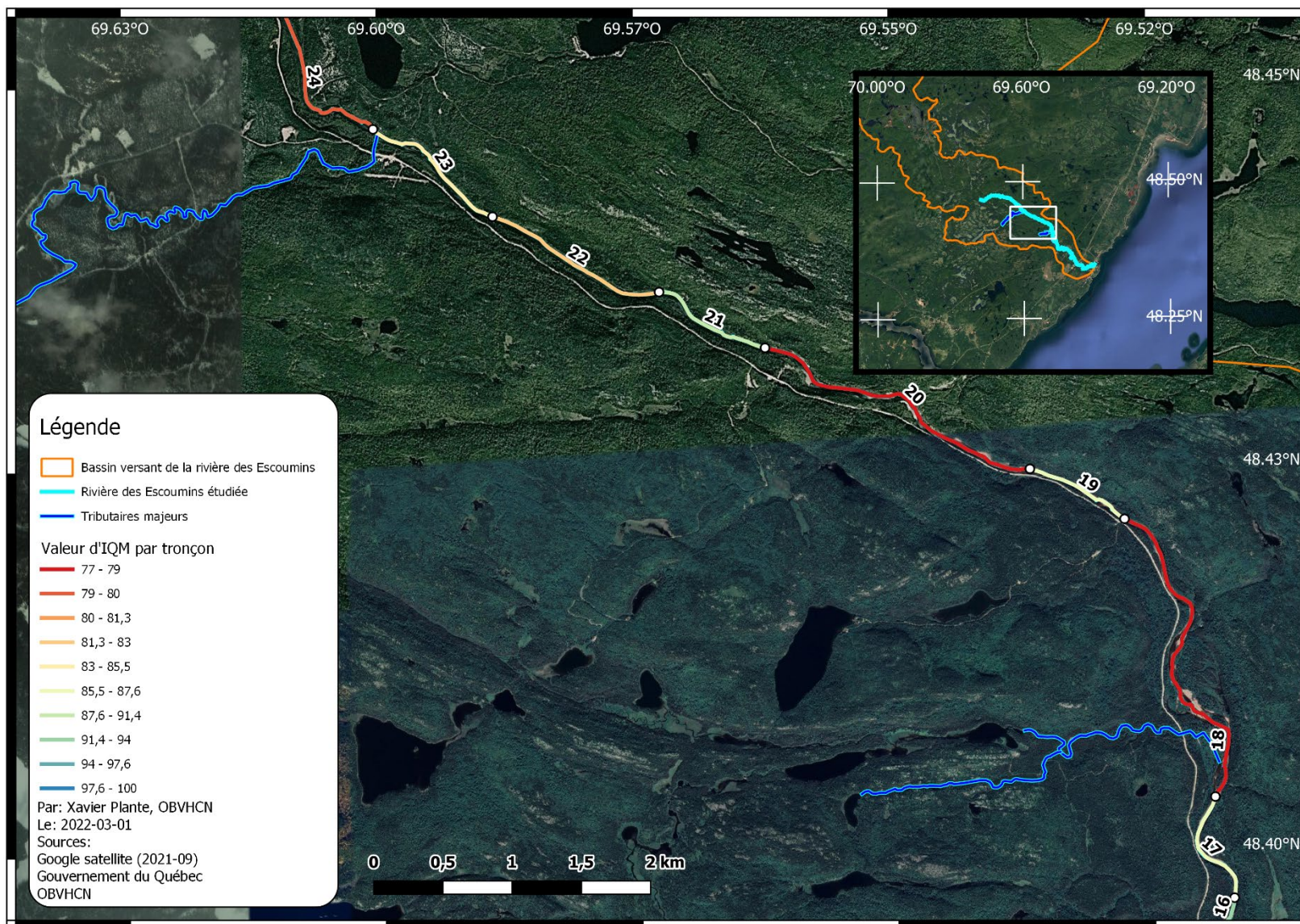


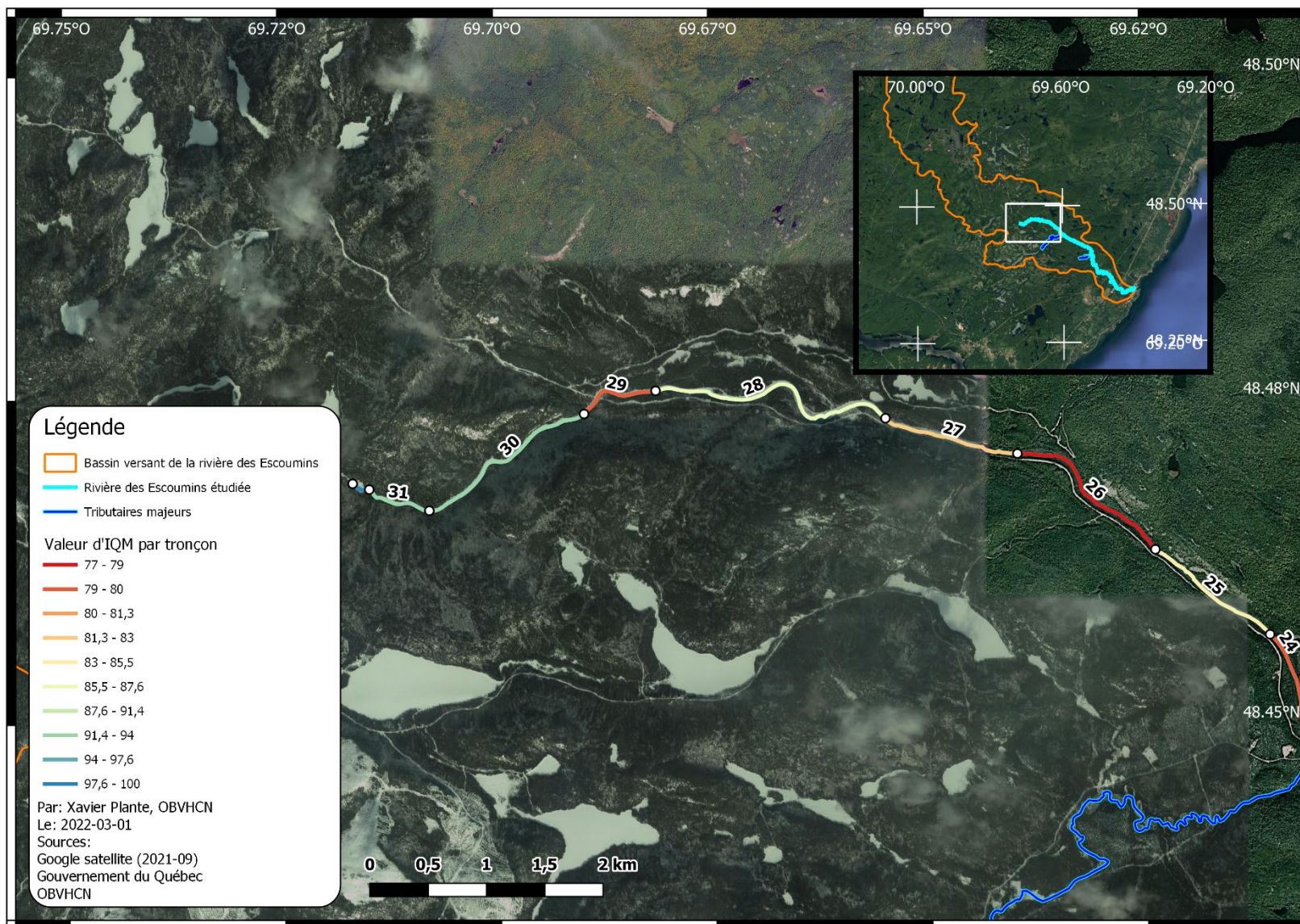
Figure 1. Valeur de l'IQM des tronçons (par #) en fonction de la distance (km) depuis l'embouchure



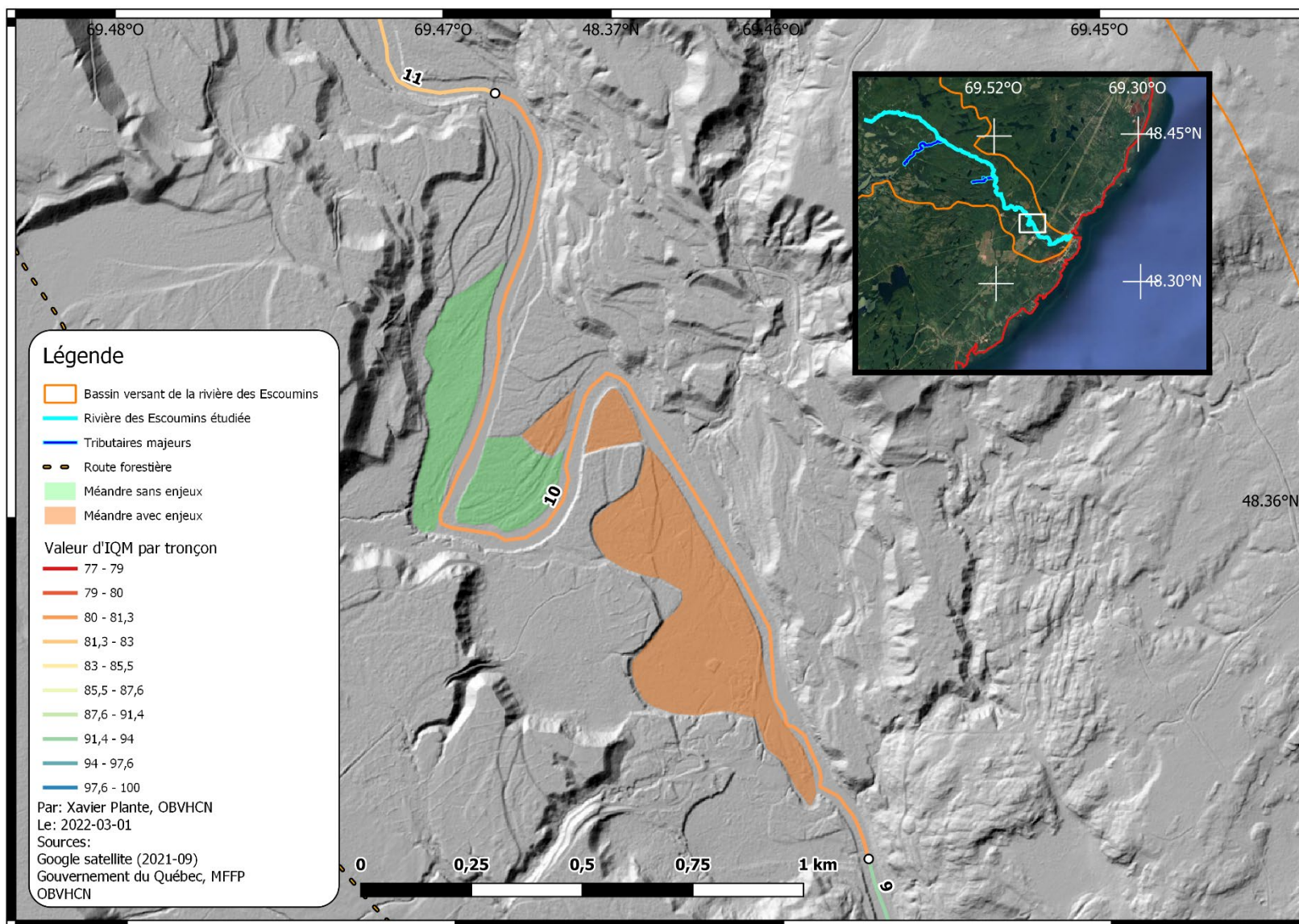
Carte 3. IQM de la rivière des Escoumins (km 0 à 15,6)



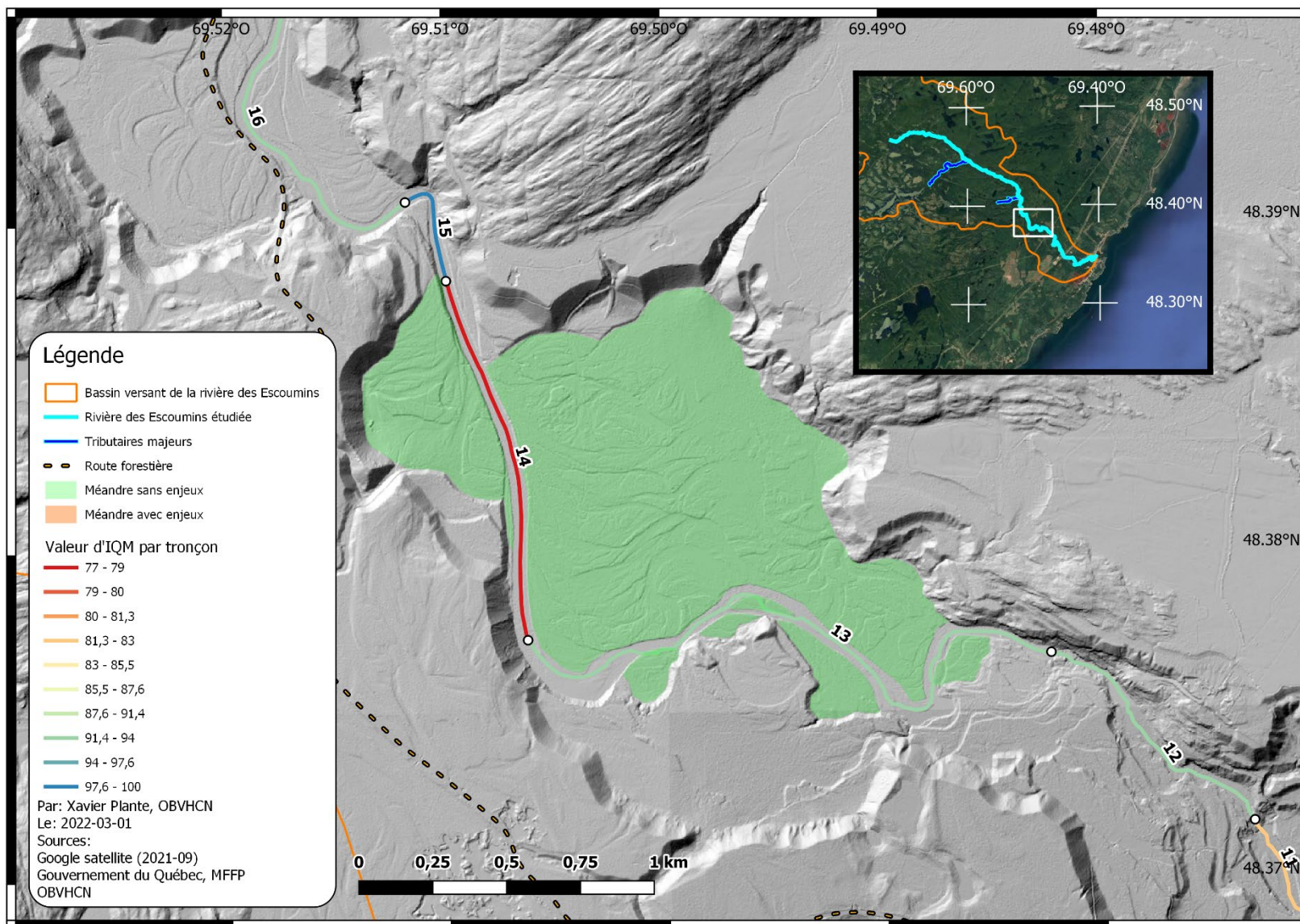
Carte 4. IQM de la rivière des Escoumins (km 15,6 à 27,0)



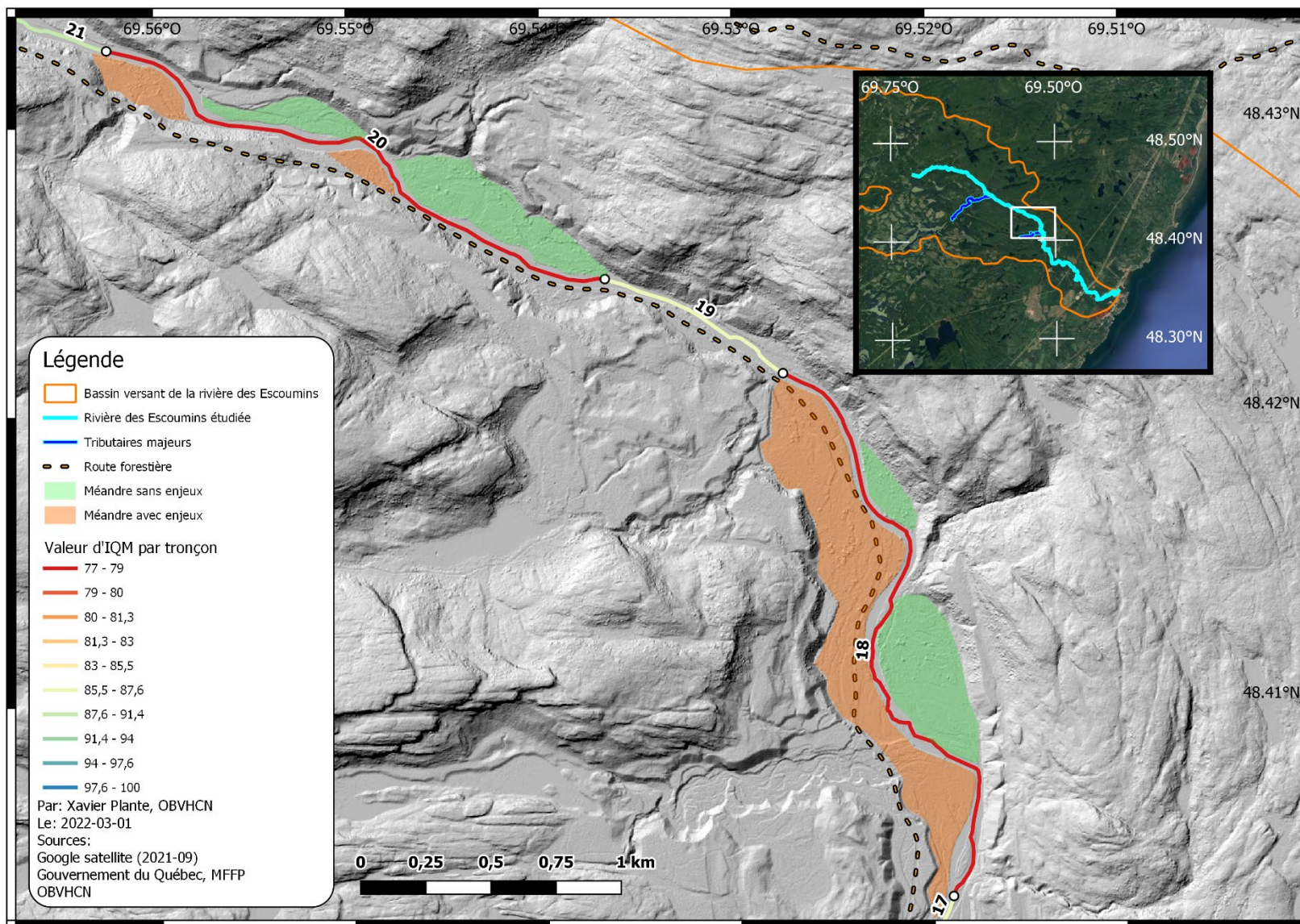
Carte 5. IQM de la rivière des Escoumins (km 27,0 à 36,0)



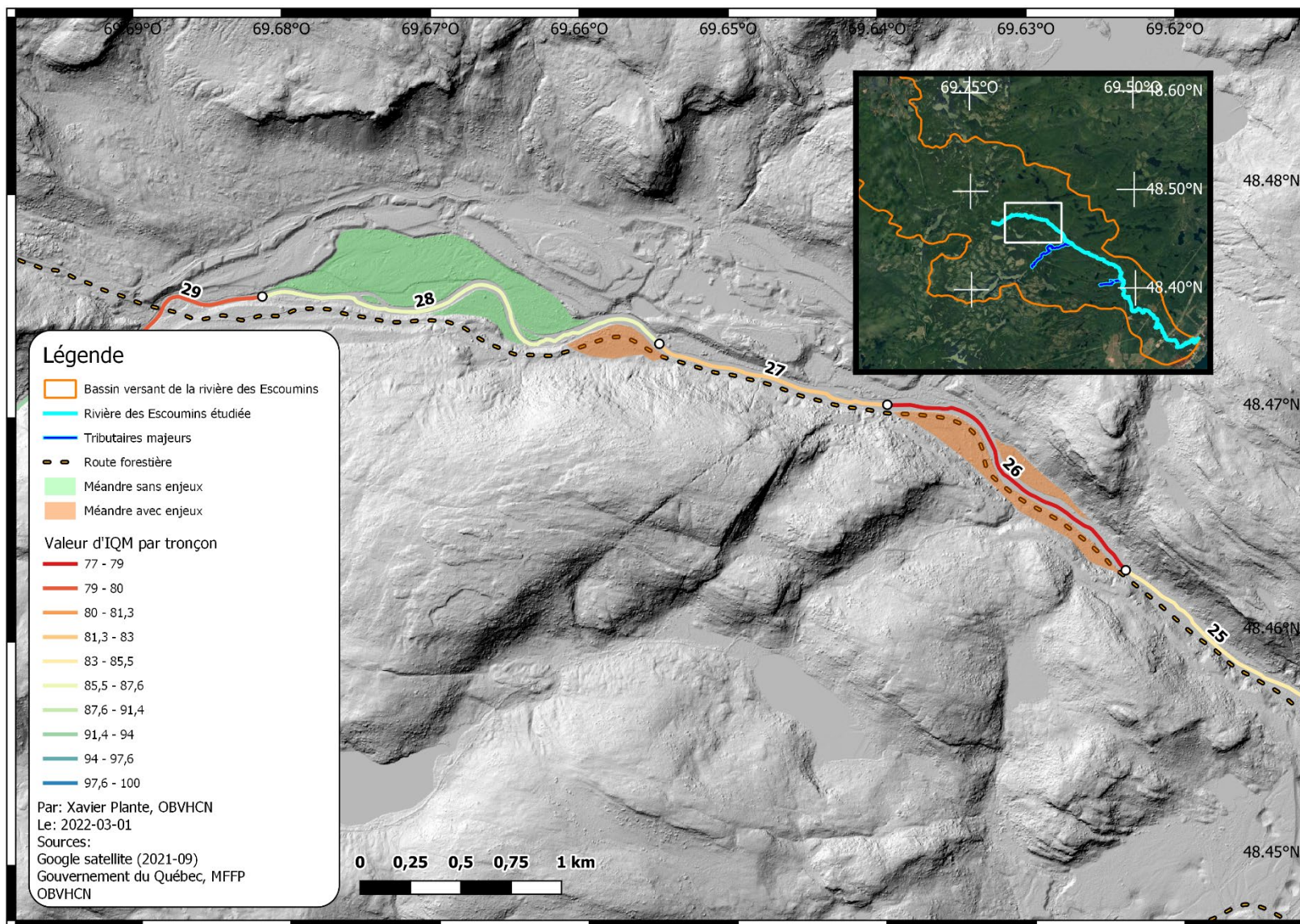
Carte 6. Zones de reméandrage potentiel sur la rivière des Escoumins (tronçon 10)



Carte 7. Zones de reméandrage potentiel sur la rivière des Escoumins (tronçons 13 et 14)



Carte 8. Zones de reméandrage potentiel sur la rivière des Escoumins (tronçons 18 et 20)



Carte 9. Zones de reméandrage potentiel sur la rivière des Escoumins (tronçons 26 et 28)

2. Étude de la granulométrie

2.1 Introduction

Les activités humaines du siècle dernier ont impacté la rivière des Escoumins sur plusieurs aspects, dont sa granulométrie (Frenette, 1996). Différentes portions de la rivière ont été linéarisées et nivelées lors de la drave (Frenette, 1996). Cela a eu pour conséquence d'accentuer l'écoulement de l'eau et de lessiver le substrat plus fin (Eaton et Lapointe, 2001). Il en résulte aujourd'hui un manque de géodiversité dans l'habitat du saumon atlantique. C'est entre autres ce qu'a soulevé l'étude de l'OBVHCN menée en 2018 sur une partie de la rivière, soit une forte proportion de bloc (256 à 1024 mm) à 34 % et de galet (64 à 256 mm) à 30 % plutôt que de caillou (32 à 64 mm) à 15 % et de gravier (2 à 32 mm) à 4 % (classe granulométrique selon Malavoi et Sauchon (2002)). De prime abord, le milieu s'avère favorable à la survie des tacons qui profitent d'un substrat composé à plus de 50 % de roche dépassant 64 mm de diamètre (Semple, 1991). Alors qu'à l'inverse, le secteur étudié est peu propice à la création de nids ou à la survie d'alevins, car possédant un substrat trop grossier (Semple, 1991). Une compilation d'études suggère que les salmonidés peuvent pondre dans un substrat dont le diamètre médian peut atteindre jusqu'à 10 % de leur longueur (Kondolf et Wolman, 1993). Cela correspond à un substrat allant jusqu'à 71 à 76 mm selon la longueur moyenne reconnu du saumon atlantique (NOAA Fisheries, 2021). Ainsi, les saumons de grande taille utilisent la grande variété de substrat dont ils disposent (Kondolf et Wolman, 1993). Cependant, cette même compilation d'études souligne que la ponte est optimale lorsque la taille médiane du substrat est de 22 mm, ce qui correspond à une forte abondance de gravier (Kondolf et Wolman, 1993). Dans le même ordre d'idée, Crisp et Carling (1989) ont identifié une taille optimale de 20 à 30 mm pour la ponte malgré la grande variété de substrat disponible. De même, une étude menée en Écosse a identifié une taille médiane du substrat de 20,7 mm (Moir et coll., 1998). Semple (1991) suggère ainsi que le substrat propice à la ponte est composé de 40 à 80 % de gravier (6 à 64 mm), de 10 à 40 % de galet (64 à 250 mm), moins de 20 % de rocher et de roche mère (>250 mm). Somme toute, les résultats obtenus en 2018 par l'OBVHCN découlent d'une méthode subjective et ne couvrent pas l'ensemble de la rivière parcourue par le saumon. De même, un portrait plus complet de la granulométrie présenté ici précisera les secteurs qui tireraient avantage de la réactivation d'anciens méandres (Sear, 1994).

2.2 Objectif spécifique

Le but est de dresser un portrait exhaustif de la granulométrie de la rivière des Escoumins afin d'identifier les secteurs propices au frai du saumon atlantique. En parallèle, il sera possible d'identifier les secteurs qui bénéficieront le plus d'un rétablissement des processus HGM naturels, dont le ralentissement du courant et une plus forte abondance de gravier.

2.3 Matériel et méthodes

La méthode de Wolman (1954) a été utilisée afin d'évaluer le plus objectivement possible la granulométrie au sein de la rivière des Escoumins.

2.3.1 Liste du matériel

Le matériel suivant a permis la prise de mesure sécuritaire dans la rivière des Escoumins.

Matériel individuel :

- Bâton de marche pour se stabiliser en rivière;
- Bottes-pantalons (*Waders*);
- Sac à dos hydrofuge;
- Veste de flottaison;
- Veste de sécurité orange (d'arpenteur ou de circulation).

Matériel collectif :

- Appareil de repérage Spot X;
- Batteries de rechange pour le GPS;
- Briquet;
- Canif;
- Sac de corde flottante;
- Trousse de premiers soins.

Matériel pour la prise de mesures :

- Appareil photo submersible (Olympus *Tough* TG-6 4K, 12 Mpx);
- Carnet de terrain;
- Crayon de plomb;
- Corde (pour attacher la règle métrique);
- Fiches de terrain (*rite in the rain* au besoin);
- GPS (Garmin 64s);
- Règle métrique.

2.3.2 Procédures

La granulométrie de la rivière des Escoumins a été évaluée dans ces premiers 34 km à l'aide de la méthode de Wolman (1954). Cette méthode, qui se veut objective, a été adaptée aux réalités de la rivière des Escoumins et est précisée dans le présent paragraphe. Un total de 56 stations d'échantillonnages a été réalisé, soit 34 stations à intervalle de 1 km et 22 stations situées respectivement en aval et en amont de 11 fosses d'intérêts (voir la section 3 du présent rapport). En équipe de deux, la première personne mesurait directement dans la rivière, alors que la seconde personne notait les mesures, les détails de la station et les photos associées. Les mesures ont été prises d'une berge à l'autre de la rivière dans un transect rectiligne et perpendiculairement à la rive, soit entre les lignes des hautes eaux et en dehors de la végétation. L'endroit de départ d'un transect était déterminé aléatoirement par le jet d'une pierre derrière soi et correspondait à son lieu d'impact. L'échantillonnage consistait à mesurer après chaque enjambée la première roche située près du gros orteil de la jambe avancée. Pour plus d'objectivité, il s'agissait de la première roche touchée par l'index de la main plongé devant soi (du même côté que la jambe avancée) et dont il ne fallait pas regarder la destination en détournant le regard. Si l'index touchait simultanément deux roches, il fallait choisir celle située vers l'intérieur du corps. Une règle métrique servait à mesurer en mm l'axe intermédiaire (B) de la roche, qui n'est pas l'axe le plus long (A), ni l'axe le plus court (C). Un schéma des axes (Figure 39) est présenté à l'Annexe 2. Si la roche était trop grosse, impossible à déplacer ou située sous une autre roche, il fallait alors la mesurer par le plus petit des deux axes exposés. Les mesures n'étaient pas prises dans les secteurs trop profonds ou lorsque le courant était trop fort. Plusieurs aspects étaient toutefois à prendre en compte lors de la réalisation d'une station d'échantillonnage. Un minimum de 100 mesures devait être prises par station d'échantillonnage et pouvait donc impliquer plus d'un transect pour obtenir cette quantité. Lorsque possible, il fallait réaliser ces transects rapprochés de l'aval vers l'amont pour éviter d'échantillonner dans un substrat perturbé en aval. En principe, environ 10 % des mesures devaient être prise hors de l'eau, soit au niveau des berges. La présente campagne d'échantillonnage comportait 15 % des mesures prises hors de l'eau, essentiellement due au fort étiage estival. Il fallait également déterminer la trajectoire à adopter pour se déplacer

dans la rivière, que ce soit de façon rectiligne pour un transect standard ou en zigzag lorsque la rivière est trop profonde et où il fallait s'attarder aux bancs d'accumulations des berges. L'échantillonnage sur le terrain a eu lieu entre le 12 juillet et le 3 août 2021, soit sur une période de 22 jours.

2.3.3 Analyse et traitement des données

Les valeurs de granulométrie des 56 stations d'échantillonnages ont été compilées sur le programme Microsoft Excel. Les analyses statistiques et les graphiques ont été produits avec le programme R version x64 4.0.2 (R *Development Core Team*, 2021). Ces données sont présentées dans les tableaux et les figures de la présente section et montrent la proportion de substrat propice au frai et la taille médiane de granulométrie des différentes stations. Après avoir consulté plusieurs études sur la question (voir la section 2.1 du présent rapport), il a été décidé d'utiliser une taille médiane du substrat idéal pour le frai de 20 à 30 mm, et de 31 à 75 mm pour le substrat utilisable pour le frai sans y être idéal. Les cartes des secteurs propices au frai ont été produites avec le programme QGIS version 3.16 (QGIS.org, 2021).

2.4 Résultats et discussion

La granulométrie des 34 premiers kilomètres de la rivière des Escoumins est présentée au Tableau 3, à la Figure 2 et 3 ainsi qu'aux Cartes 10 à 12. À la première vue des résultats, la moitié aval de la rivière, soit des km 0 à 17,5, s'avère davantage propice au frai que la moitié amont. Plus de la moitié des stations d'échantillonnage situées en aval ont un substrat d'une taille médiane utilisable pour la ponte, alors qu'elle y est idéale à une seule station (F11AM1). En amont, seules deux stations ont un substrat utilisable pour la ponte, alors que la majorité des stations s'avère non propice à la fraie. La granulométrie sur la majorité de la rivière s'avère donc trop grossière pour le frai du saumon atlantique. Cette tendance s'explique en partie par un **lessivage** excessif qui nuit à la faible rétention des sédiments plus fins (Eaton et Lapointe, 2001) et qui résulte en la présente distribution. Cela pourrait d'ailleurs expliquer la distribution des tailles de substrat significativement plus petites en aval qu'en amont. En parallèle, il peut y avoir un manque de nouveaux sédiments fins en raison des enrochements, de la proximité avec la route Forestière et des secteurs linéarisés dont l'érosion est sous-optimale (Eaton et Lapointe, 2001; Florsheim et coll., 2008). La réactivation de méandres serait bénéfique sur l'ensemble de la rivière puisque cela permettrait à la fois de réduire le débit qui cause la perte des sédiments fins, mais également d'augmenter l'apport en sédiments fins par l'érosion des berges (Eaton et Lapointe, 2001). Une diminution de la taille du substrat pourrait s'observer sur toute la portion aval d'une section reméandrée et pourrait ainsi offrir de meilleurs sites de ponte (Eaton et Lapointe, 2001).

Tableau 3. Granulométrie par la méthode de Wolman (1954) des 34 premiers kilomètres de la rivière des Escoumins

Nom de la station	Distance de l'embouchure (km)	Proportion de substrat (%) entre :		Taille médiane (mm) ¹	Nom de la station	Distance de l'embouchure (km)	Proportion de substrat (%) entre :		Taille médiane (mm) ¹
		20 à 30 mm	20 à 75 mm				20 à 30 mm	20 à 75 mm	
S01	0,5	4,9	21,3	136	S19	18,5	1,1	9,7	149,5
S02	1,5	8,7	37,2	70	S20	19,5	6,5	27,9	90
S03	2,5	14,2	64,2	47	F47AV	20,1	5	32	98,5
S04	3,5	4,4	30,4	90	F47AM	20,3	7,2	39,5	82
S05	4,5	16,2	53,7	37	S21	20,5	8,3	31,6	91
F10AV	5,1	19,1	56,6	55	F49AV	21,2	6,8	29,6	100
F10AM	5,3	9,9	42,7	58	F49AM	21,3	15,2	39,9	35
S06	5,5	4,6	23,1	120	S22	21,5	9,2	33,9	66
F11AV1	5,75	12,1	60,6	50,5	S23	22,5	8,1	31,3	95
F11AV2	5,8	12,9	48,5	52	F51AV	23,3	2,1	11,3	130
F11AM1	5,9	24,3	59,1	28	F51AM	23,4	4,1	24,4	108
F11AM2	6,0	5,5	43,6	74	S24	23,5	3,5	16,8	130
S07	6,5	2,4	24,5	98	S25	24,5	4,3	27,5	112,5
S08	7,5	10,1	59,7	56	S26	25,5	4,3	28,3	92,5
S09	8,5	15,7	51,9	64	F52AM	25,65	6,5	24,5	106
S10	9,5	3,1	24,1	105,5	S27	26,5	5,9	37,8	80
F23AV	9,8	13,5	49,7	55	S28	27,5	2,1	15,6	155
F23AM	10,0	9,2	48,9	57	S29	28,5	7,4	38,3	87,5
S11	10,5	11,6	57,8	61	F59AV	29,35	4,3	33,1	76,5
S12	11,5	9,2	54,9	58	F59AM	29,4	4,4	21,3	109
S13	12,5	11,4	61,7	60	S30	29,5	1,8	23,2	122
S14	13,5	7,9	53,3	66,5	S31	30,5	3,9	26,8	103
S15	14,5	3,7	32,3	107	S32	31,5	1,9	18,4	109
S16	15,5	1,9	21,3	126	S33	32,5	3,6	16,8	150
F35AV	16,2	9,7	40	69	S34	33,5	2,1	10,1	172
F35AM	16,3	3,5	37,1	96,5	F60AV	33,8	0	7,8	204
S17	16,5	6,8	40,4	71	F61AV	33,9	0,7	2,8	200
S18	17,5	8,7	40,9	44	F61AM	34,0	2,4	9,1	200

1 : Taille médiane située entre 20 et 30 mm (# : Idéal), entre 31 et 75 mm (# : Utilisable) et 76 mm et plus (# : Non propice/ Trop grossier)

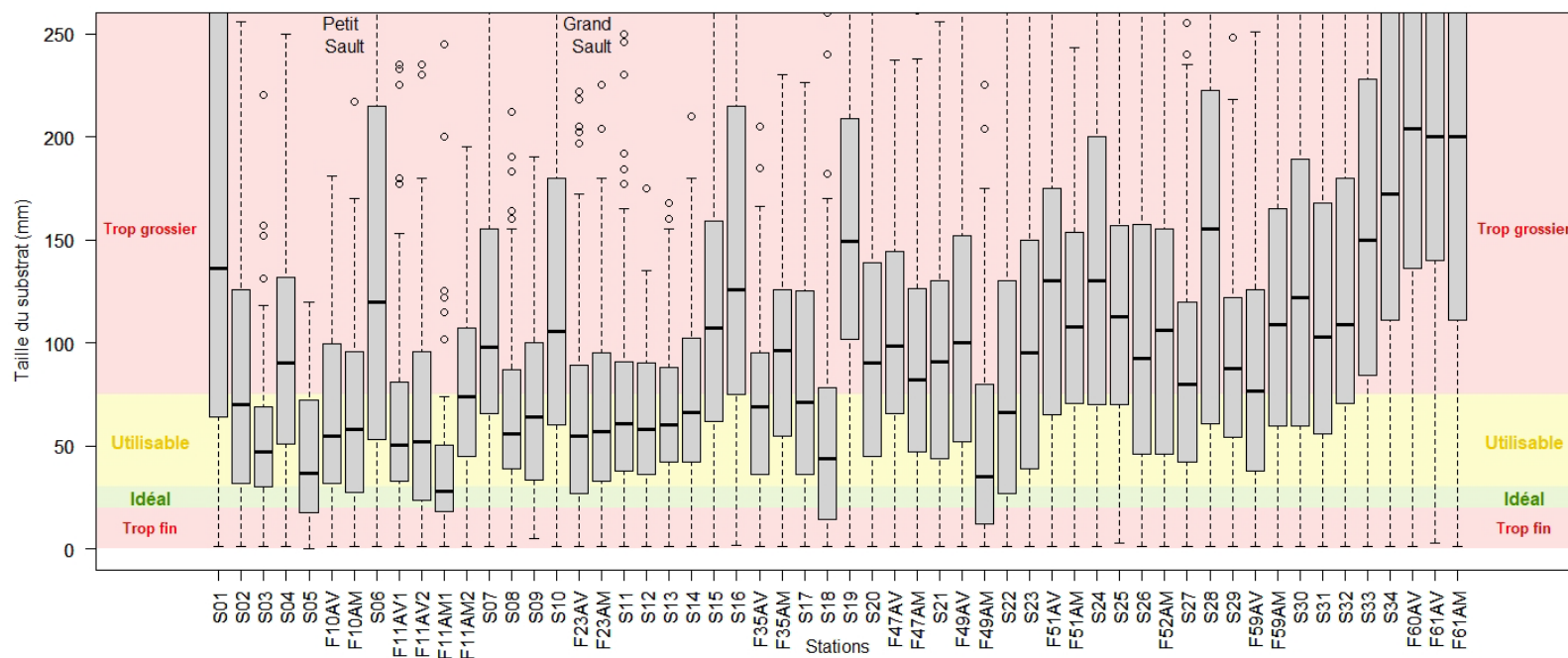


Figure 2. Distribution de la taille du substrat (mm) de l'aval vers l'amont (en couleur : appréciation de la qualité du substrat pour la ponte)

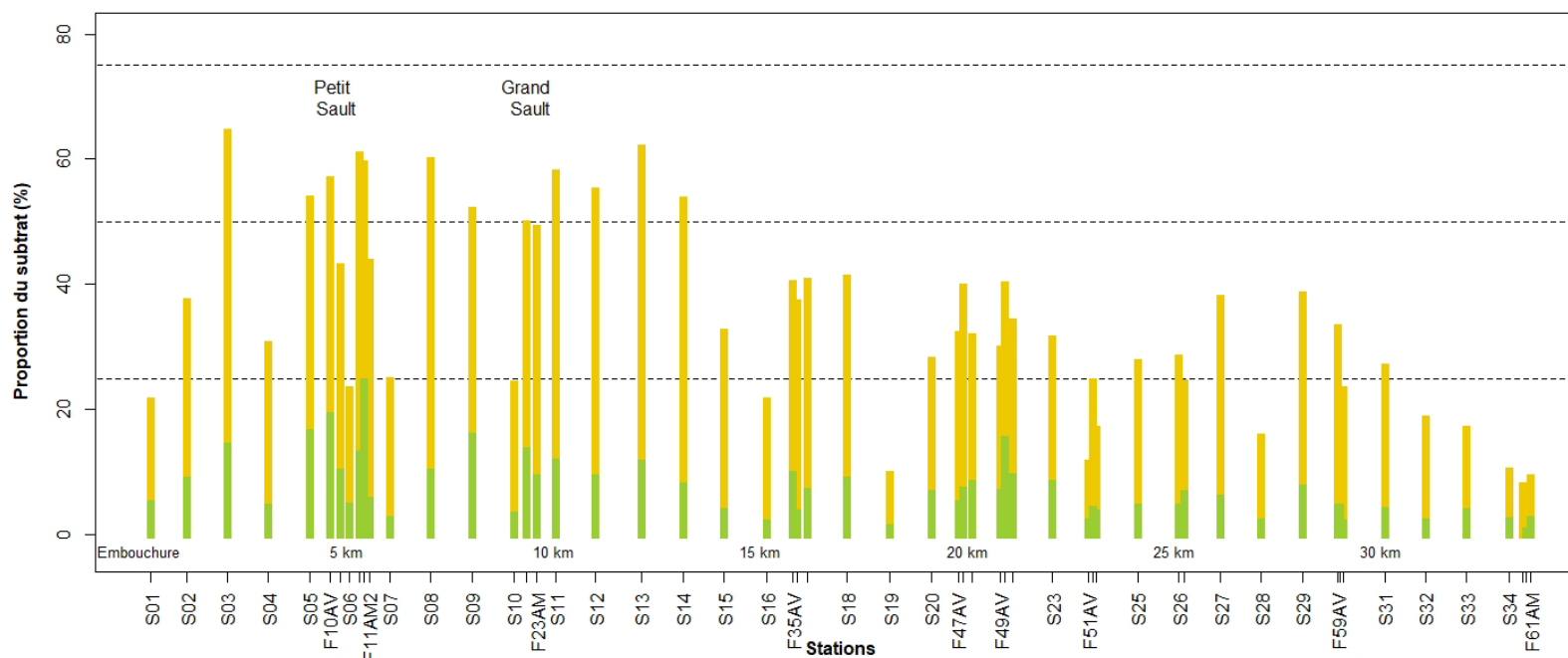
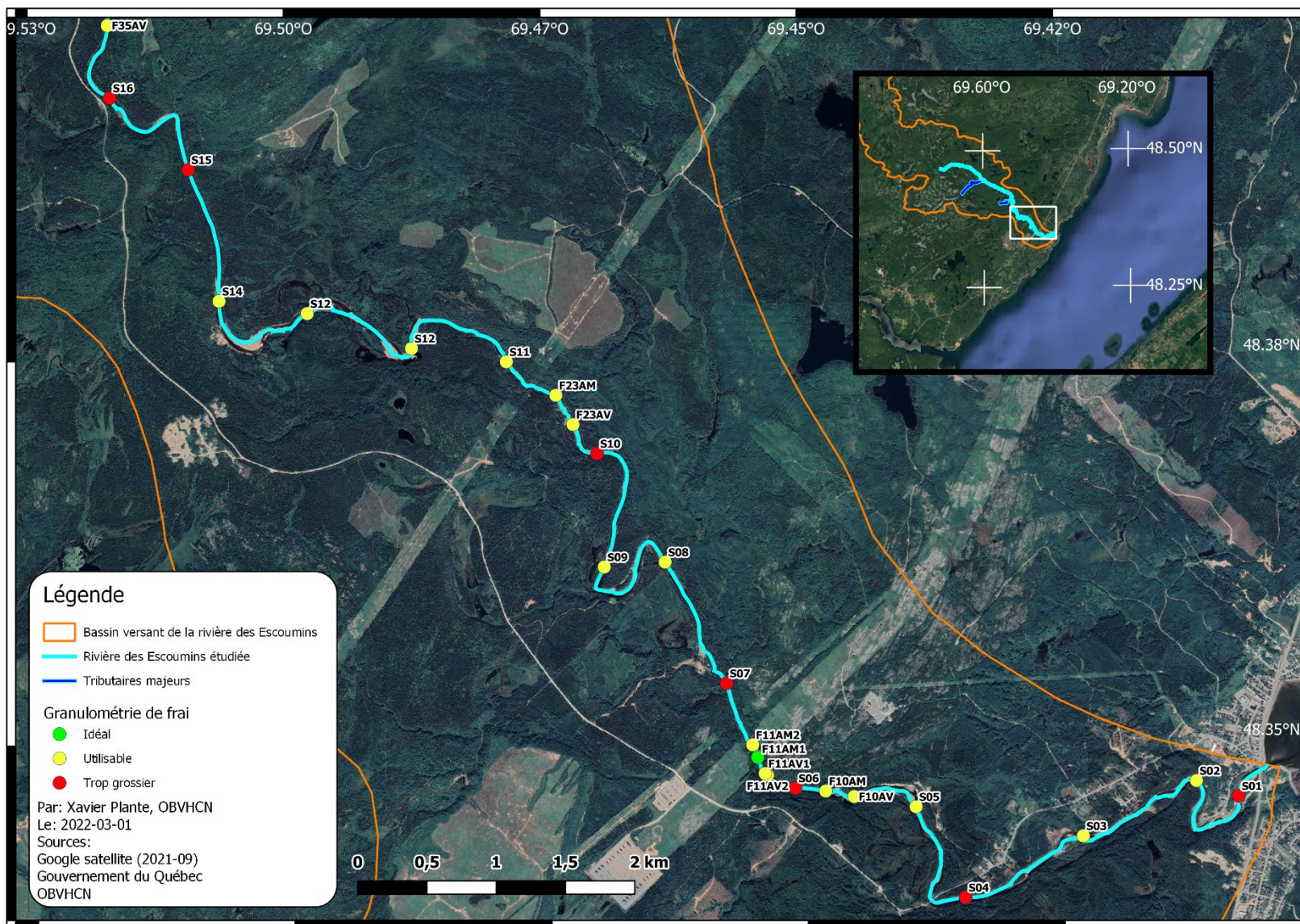
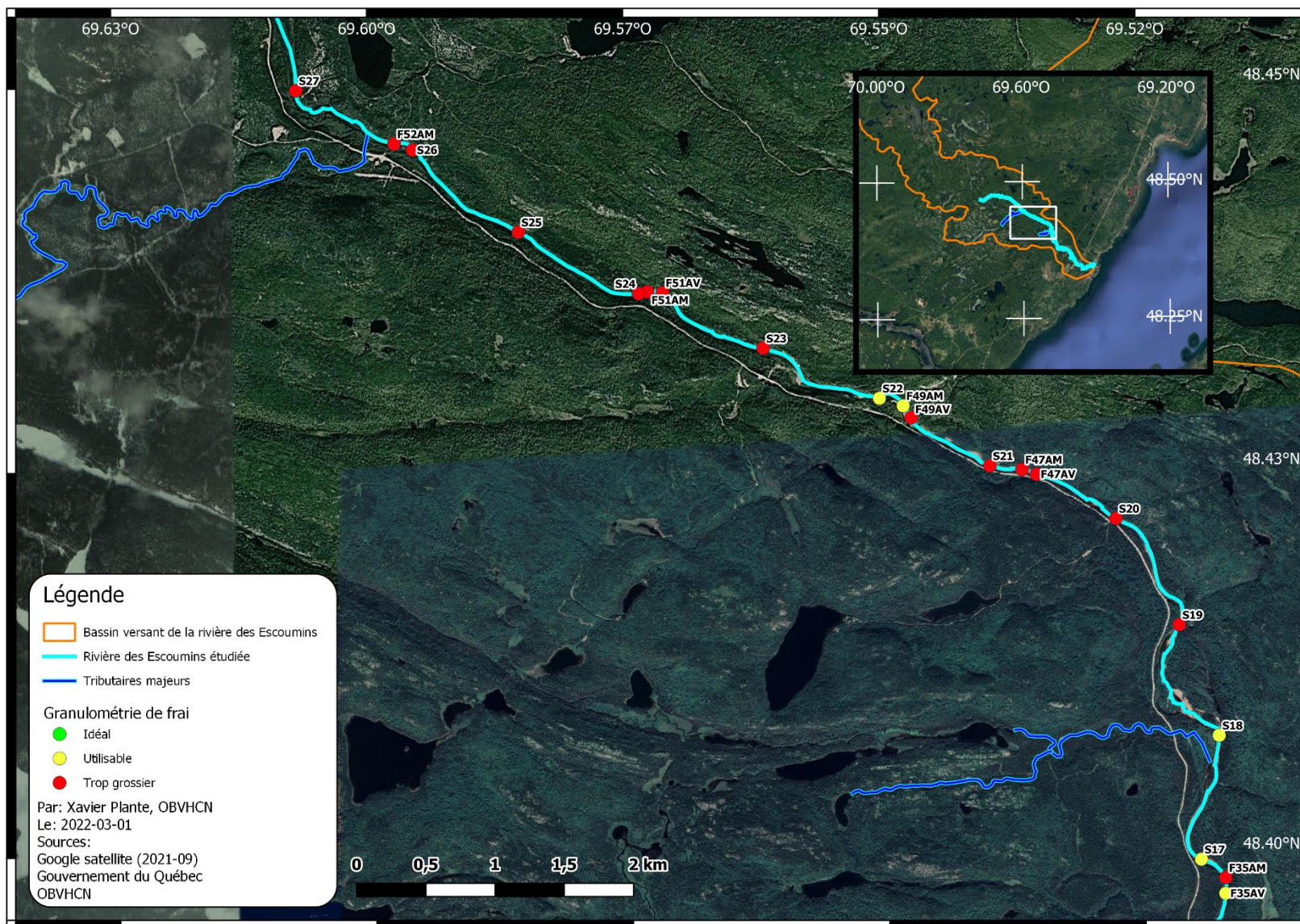


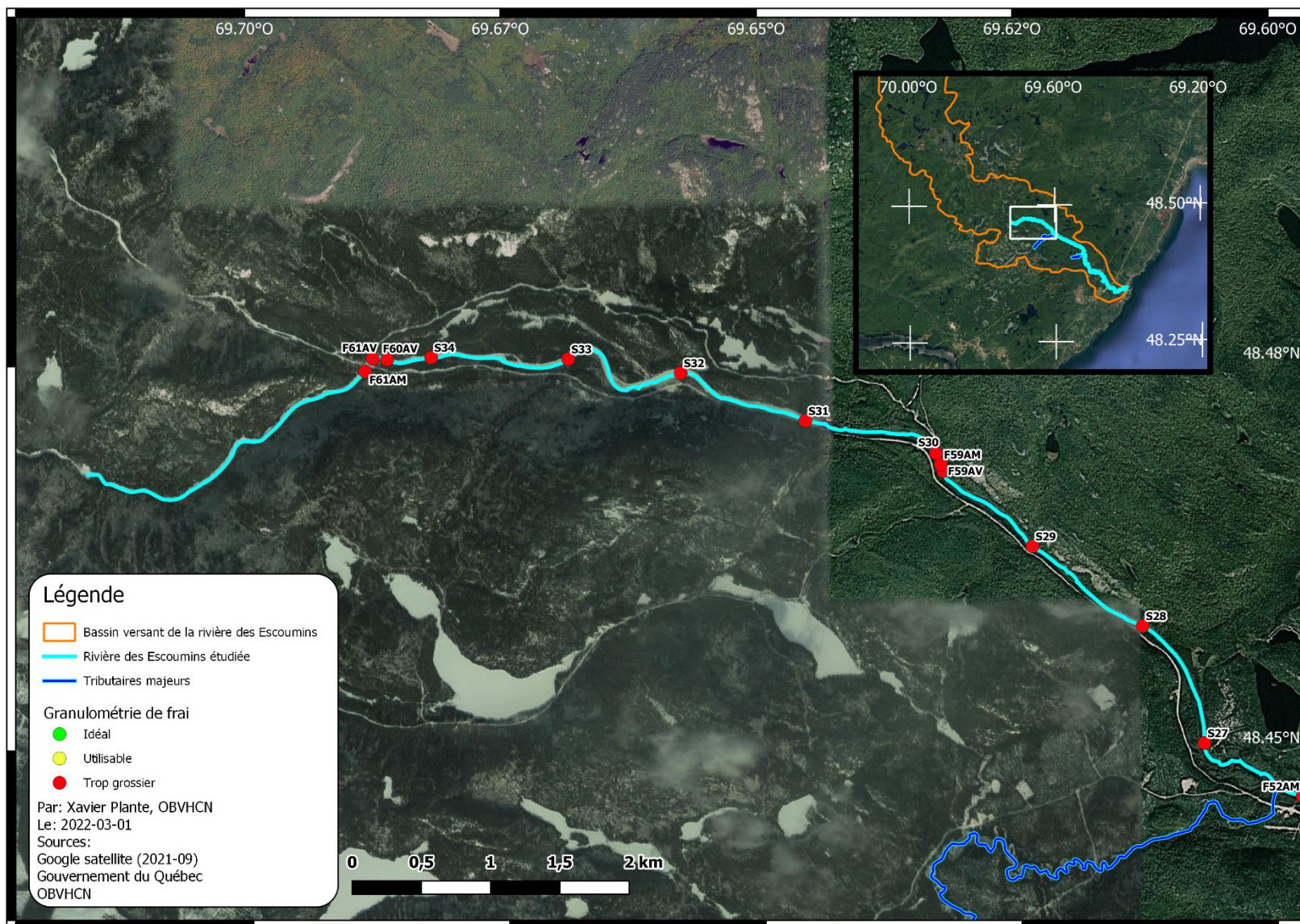
Figure 3. Proportion (%) du substrat idéal (en vert) et utilisable (en jaune) pour la ponte, de l'aval vers l'amont



Carte 10. Potentiel de frai selon la granulométrie de la rivière des Escoumins (km 0 à 15,6)



Carte 11. Potentiel de frai selon la granulométrie de la rivière des Escoumins (km 15,6 à 27,0)



Carte 12. Potentiel de frai selon la granulométrie de la rivière des Escoumins (km 27,0 à 34,0)

3. Étude des refuges thermiques

3.1 Introduction

Les saumons atlantiques qui migrent en rivière bénéficient des **refuges thermiques** qui leur offrent des aires de repos où l'eau plus fraîche permet d'éviter les excès de chaleur estivaux (Gowans et coll., 1999; Armstrong et coll., 2003; Dugdale, 2014; Corey et coll., 2020). Ces refuges thermiques peuvent à la fois provenir de résurgences d'eau froide ou de fosses dont la profondeur est suffisamment importante pour protéger les saumons des excès de température (Dugdale, 2014). De même, les fosses peuvent fournir une protection contre les prédateurs et le rayonnement solaire qui réchauffe l'eau (Crisp, 1996). Le Tableau 4 suivant présente l'incidence de la température de l'eau sur le saumon atlantique à son stade juvénile et adulte. Dans les faits, les saumons juvéniles se développent entre 6,0 et 22,5 °C, leur température optimale étant de 15,9 °C (Elliott et Hurley, 1997). De même, l'étude de Symons (1979) souligne une croissance du saumon juvénile lorsque l'eau est au-dessus de 7 °C. Toutefois, les saumons adultes et juvéniles subissent des stress thermiques au-delà de 22 °C et sont en milieu léthal s'ils demeurent trop longtemps au-dessus de 25 °C (Garside, 1973; Crisp, 1993). À l'inverse, les températures trop basses, situées en dessous de 0 °C (présence de frasil), peuvent s'avérer tout aussi néfastes pour le saumon (Crisp, 1993; Crisp, 1996). Ces principes s'appliquent également pour la période de frai où les températures propices se situent entre 8,3 et 10,5 °C (Beland et coll., 1982). Somme toute, une baisse de température peut favoriser les salmonidés, mais seulement durant les périodes chaudes de l'année (Armstrong et coll., 2003). Autrement, cela réduit leur croissance (Armstrong et coll., 2003). Dans le cas de la rivière des Escoumins, celle-ci s'avère généralement peu profonde en raison des activités de la drave qui ont nivelé plusieurs secteurs et fait disparaître de nombreux méandres qui hébergeaient des fosses (Frenette, 1996 ; Corey et coll., 2020). L'étude plus approfondie des refuges thermiques sur la rivière des Escoumins permettra ainsi une meilleure compréhension de la migration du saumon atlantique et de l'utilisation de leurs aires de repos.

Tableau 4. Incidence de la température sur le saumon atlantique juvénile et adulte

Description	Températures		Incidences
	Juvénile	Adulte	
T _{létale} (10 min)	30 à 33°C ¹	-	Température létale après 10 minutes
T _{létale} (7 jours)	28°C ²	25°C ²	Température létale après 7 jours
T _{crit}	24°C ³	<24°C ²	Ils se regroupent dans les refuges thermiques. Pour les tacons, ils cessent de s'alimenter et d'être territoriaux. ²
T _{récup}	-	20 à 23°C ⁴	La majorité (60 à 70%) des saumons récupèrent d'un effort de capture. Une mortalité retardée est parfois observable. ⁴ Une étude du MFFP est en cours sur la rivière Rimouski afin de préciser ces chiffres.
	2 nuits consécutives à >20°C ²		
T _{opt}	16 à 20 °C ⁵	En mer: 4 à 10°C ⁶ En rivière: 14 à 20°C ²	Température optimale de croissance ou de migration. Minimum quotidien nécessaire pour une récupération optimale après effort. ²

1 : Elliott, 1991

2 : MPO, 2012

3 : Breau et coll., 2011 (depuis MPO 2012)

4 : Wilkie et coll. 1997 (depuis MPO 2012)

5 : Elliott et Elliott 2010 (depuis MPO 2012)

6 : Reddin et Friedland 1993 (depuis MPO 2012)

3.2 Objectif spécifique

L'objectif est de mesurer en continu la température de plusieurs fosses d'intérêts le long de la rivière des Escoumins afin d'en déterminer le potentiel de refuge thermique pour le saumon atlantique à tous ses stades de vie.

3.3 Matériel et méthodes

La méthode de Beaupré et coll. (2016) fut employée afin de mesurer en continu la température de l'eau à l'aide de thermographes installés dans plusieurs fosses d'intérêts le long de la rivière des Escoumins.

3.3.1 Liste du matériel

Le matériel suivant a permis la prise de mesure sécuritaire dans la rivière des Escoumins.

Matériel individuel :

- Bottes-pantalons (*Waders*);
- Sac à dos hydrofuge;
- Veste de flottaison;
- Veste de sécurité orange (d'arpenteur ou de circulation).

Matériel collectif :

- Appareil de repérage Spot X;
- Batteries de rechange pour le GPS;
- Briquet;
- Canif;
- Sac de corde flottante;
- Trousse de premiers soins.

Matériel pour la prise de mesures :

- Attache de type *tie-wrap*;
- Appareil photo submersible (Olympus *Tough TG-6 4K*, 12 Mpx);
- Bloc de béton;
- Carnet de terrain;
- Corde coulante;
- Corde pour le harnais;
- Crayon à mine;
- Perceuse, batteries et vis;
- Combinaison étanche (pour poser certains blocs);
- Étiquette pour contacter l'OBVHCN;
- Fiches de terrain (*rite in the rain* au besoin);
- Fil de fer;
- GPS (Garmin 64s);
- Harnais de sécurité (lors de la plongée);
- Sonde Hanna HI98129 Combo;
- Pince coupante;
- Thermographes de type *HOBO 64 K Pendant*[®] de Onset;
- Tube de PVC blanc perforé.

3.3.2 Procédures

La méthode de Beaupré et coll. (2016) a été adaptée aux réalités de la rivière des Escoumins afin d'étudier 11 fosses d'intérêts, soit les fosses 10, 11, 23, 35, 47, 49, 51, 52, 59, 60 et 61. La température a également été mesurée au niveau du Parc des chutes des Escoumins (PC), soit à 0,85 km de l'embouchure. Des thermographes ont mesuré en continu la température à l'intérieur des fosses, en amont de celles-ci et dans l'air à proximité. L'ensemble des thermographes ont été calibrés au préalable afin d'évaluer leur précision. La fréquence des mesures a été ajustée aux 15 minutes et la durée de vie de leur pile a été vérifiée pour pouvoir traverser la saison estivale. Les

appareils ont été attachés à l'aide de *tie-wrap* à un tube de PVC blanc perforé afin d'être protégé des radiations solaires et des chocs physiques. Dans le cas des thermographes posés dans l'eau, ceux-ci ont également été attachés à un bloc de béton à l'aide d'un fil de fer. Ces mêmes blocs ont été reliés à la berge par une corde coulante marquée d'une étiquette avec les informations pour rejoindre l'OBVHCN. Ce dispositif a pour avantage de maintenir le thermographe à plus de 0,15 m du fond de la rivière pour éviter son ensevelissement et maintenir sa position malgré le courant. L'emplacement des blocs devait être choisi judicieusement afin de fournir une mesure représentative ; soit dans un courant non perturbé en évitant les zones de recirculation derrière les blocs rocheux, et si possible, dans l'ombre de la végétation (plus difficile sur ce dernier point pour la rivière des Escoumins qui est très large). Il fallait entre autres anticiper l'embourbement du dispositif par des plantes aquatiques, des algues et du biofilm. La profondeur devait également être prise en compte afin de faciliter la pose et le retrait des blocs de béton, mais aussi pour éviter l'exondation en période d'étiage. Pour la pose précise de certains blocs, il était nécessaire de s'équiper d'une combinaison étanche jointe à un harnais de sécurité et dont une corde reliait le plongeur à une personne situé sur la berge. Dans le cas des thermographes qui mesuraient la température de l'air, les tubes de PVC les contenant étaient vissés sur la face ombragée au nord d'un arbre, soit entre 1,2 et 2,4 m du sol et situés de 1 à 3 m de la rive. Après la pose des thermographes, plusieurs informations étaient notées, dont le moment de la pose (heure et date), la localisation par GPS, le schéma des lieux, les photos associées, l'état de la rivière (substrat, apparence de l'eau et température instantanée avec la sonde Hanna) et le niveau de couverture végétale. Finalement, il fallait dissimuler les installations le plus possible pour éviter d'éventuelles perturbations par les usagers de la rivière et au besoin revenir durant la saison pour vérifier l'état du dispositif. Lors de la récupération des thermographes, il fallait noter le moment du retrait et extraire les données dès que possible. Des tests de précisions étaient de nouveau effectués pour confirmer l'efficacité des appareils. Le matériel était nettoyé après la campagne d'échantillonnage afin de restreindre la propagation de végétaux invasifs. Les opérations sur le terrain ont eu lieu du 9 juin et du 27 juillet 2021 pour la pose des thermographes et du 15 au 18 octobre 2021 pour leur extraction. La période de mesure s'est étalée sur une période allant de 80 à 131 jours selon les thermographes. Seul le thermographe en amont de la fosse 60 n'a pas été retrouvé (Station F60_amo). Il faut également savoir que les thermographes des stations F23 amont et F61 appartenaient au Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs et leur ont été retourné (MFFP, 2021). Le résumé de l'effort d'échantillonnage des 27 thermographes installés est présenté au Tableau 6 à l'Annexe 3.

3.3.3 Analyse et traitement des données

Les données recueillies aux 11 fosses d'intérêts et au Parc des Chutes ont été extraites à l'aide du logiciel HOBOWare et compilées sur Microsoft Excel. Les analyses statistiques et les graphiques ont été produits avec le programme R version x64 4.0.2 (*R Development Core Team*, 2021). Cela comprenait aussi l'étape de retirer les données comprises dans les intervalles précédant et suivant l'installation des thermographes sur le terrain. La carte permettant de visualiser l'emplacement des appareils a été produite avec le programme QGIS version 3.16 (QGIS.org, 2021).

3.4 Résultats et discussion

Les séries de températures des 11 fosses d'intérêts ainsi qu'au Parc des Chutes sont présentées aux Figures 4 à 15 et leur emplacement est précisé à la Carte 13. Les Figures 40 à 50 de l'Annexe 4 présentent plus en détail les températures mesurées individuellement dans la fosse, en amont de celle-ci, et dans l'air, lorsque mesurées. Il est possible de voir dans ces graphiques qu'aucune différence significative n'a été observée entre les températures à l'intérieur des fosses et en amont

de celles-ci, à l'exception de la fosse 47. En effet, cette dernière est plus fraîche en amont qu'à l'intérieur de la fosse de la mi-août jusqu'au dernier tiers de septembre. Il faut savoir que ce bras de rivière s'écoule en parallèle du cours d'eau principale en étant séparé par un banc d'accumulation. De plus, la portion en amont du thermographe 47 amont est large et peu profonde, ce qui réduit l'apport en eau du cours principal lorsque les débits sont faibles. C'est d'ailleurs durant cette même période qu'a eu lieu un fort étiage où le débit était en dessous de 3,5 m³/s pour les périodes du 17 août au 15 septembre puis du 17 au 24 septembre 2021 (CEHQ, 2022), ce qui concorde avec les différences de températures observées. De ce fait, l'eau plus froide d'une résurgence à proximité aurait été moins diluée par l'eau du cours principal. Somme toute, ce secteur ne constitue pas un refuge thermique conséquent puisqu'il se manifeste qu'à des conditions très spécifiques. Le débit exceptionnellement bas de cet été a établi un nouveau record historique pour la rivière et n'est pas à l'image des conditions habituelles de débits estivaux, qui sont généralement de plus de 5 m³/s pour cette période (CEHQ, 2022). Dans le même ordre d'idée, l'ensemble des fosses mesurées sur la rivière des Escoumins ne semble pas constituer des refuges thermiques en raison de leur profondeur généralement faible. C'est aussi vrai pour les fosses 10 et 23 qui constituent des bassins profonds au pied de chutes, mais dont la colonne d'eau est constamment remaniée, ce qui semble empêcher la formation d'une thermocline. Pour ce qui est de comparer les températures de l'air avec celle de l'eau, celles-ci semblent évoluer conjointement au cours de la saison, bien que la variation journalière de température de l'air soit plus grande que celle de l'eau. Cela suggère une forte influence des conditions météorologiques sur le faible volume de la rivière à cette période de l'année.

Pour leur part, les Figures 16 à 28 traitent des 11 fosses d'intérêts ainsi que le Parc de la rivière des Escoumins et montrent les écarts de température accompagnés des seuils préletal (22,5 à 25 °C) et létal (25 °C et plus) pour les saumons atlantique adultes/juvéniles (Crisp, 1993; Elliott et Hurley, 1997). Dans l'ensemble, la température de l'eau se trouvait dans le seuil adéquat entre 6 et 22,5 °C lors de la période estivale (Elliott et Hurley, 1997). Cela dit, les maximums de températures ont dépassé à plusieurs reprises les seuils létaux pour plusieurs fosses de la fin du mois de juin jusqu'à la fin du mois d'août. Il s'en dégage de grandes variations de température pour les fosses 23 à 59 avec 4,7 à 6,5 °C d'écart entre les maximums et minimums, des variations un peu moindres pour les fosses PC, 10 et 11 avec 3,2 à 3,6 °C et un effet tampon pour les fosses 60 et 61 qui varient de 2,1 à 2,2 °C. Ces fosses ne sont toutefois pas des refuges thermiques puisqu'elles ne diffèrent pas des températures en amont de la fosse 61 (Figure 28). Néanmoins ce secteur a pour avantage d'éviter les températures les plus hautes durant la saison estivale par la faible variation de la température. C'est ce que l'on constate en comparant le nombre d'heures où la température a été supérieure au seuil préletal et létale entre l'amont de la fosse 61 (Figure 29) et l'embouchure de la rivière (Figure 30). Il s'en dégage des dépassements plus importants en aval pour les mois de juin, juillet et août. Il serait également intéressant d'étudier le potentiel de refuge thermique du bassin de la chute à Pinel et d'éventuelles résurgences d'eau le long de la rivière.

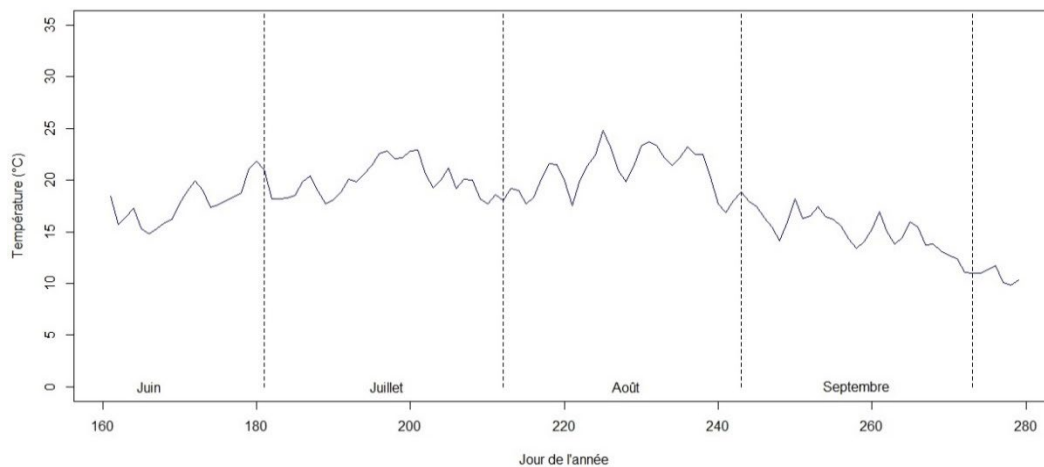


Figure 4. Température journalière au niveau du Parc des Chutes

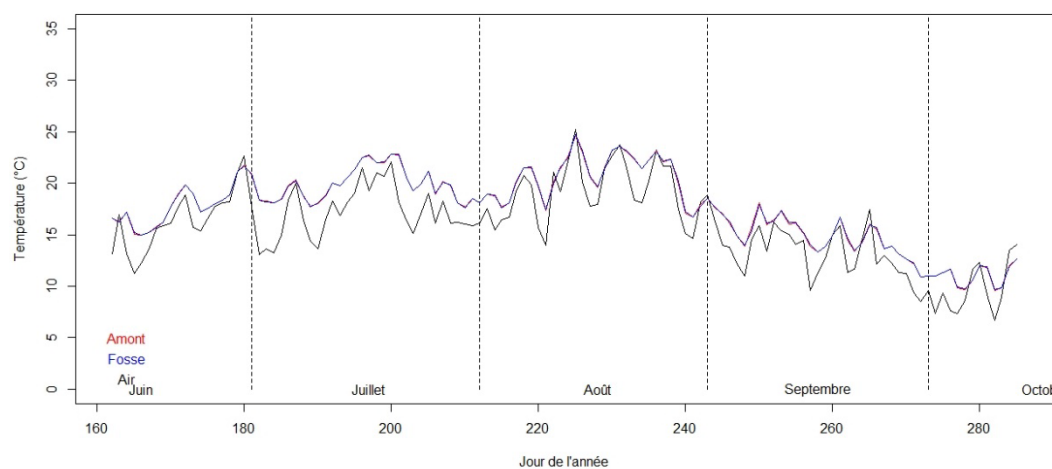


Figure 5. Température journalière fosse, amont et air à la fosse 10

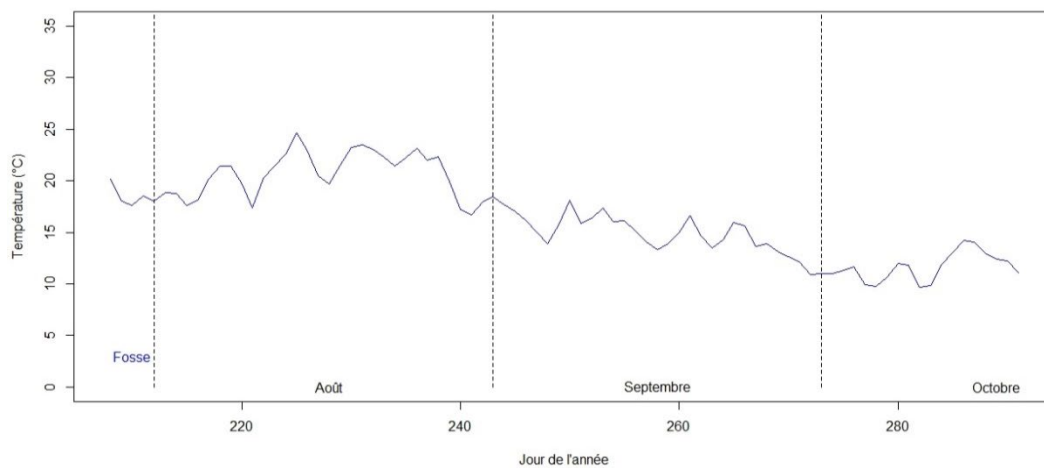


Figure 6. Température journalière dans la fosse 11

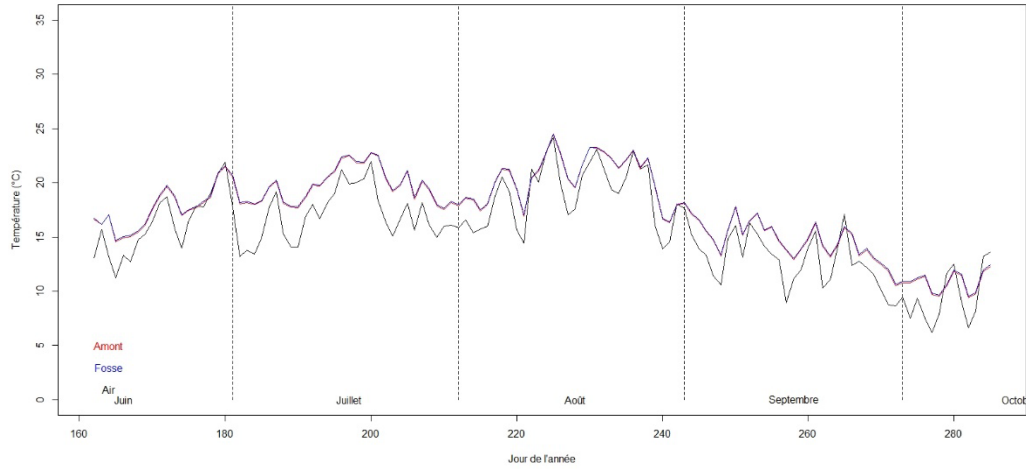


Figure 7. Température journalière fosse, amont et air à la fosse 23 (données amont provenant du MFFP, 2021)

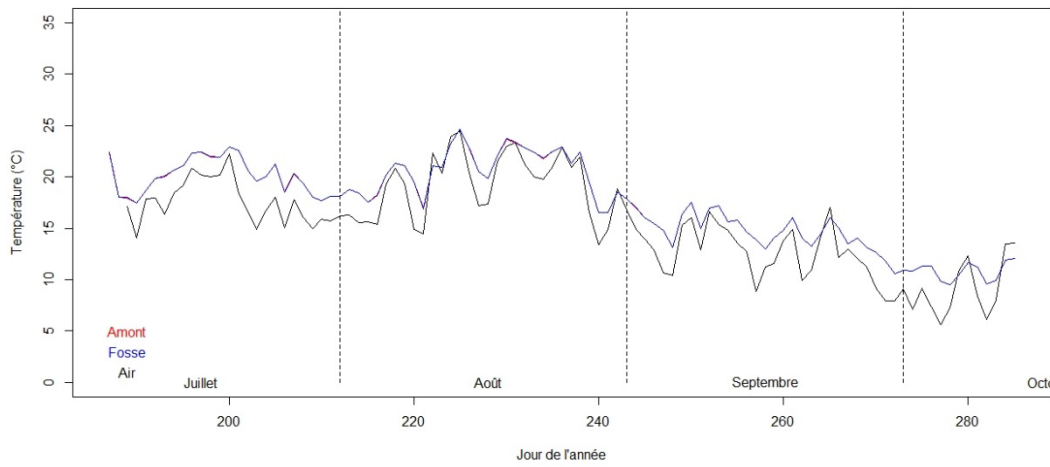


Figure 8. Température journalière fosse, amont et air à la fosse 35

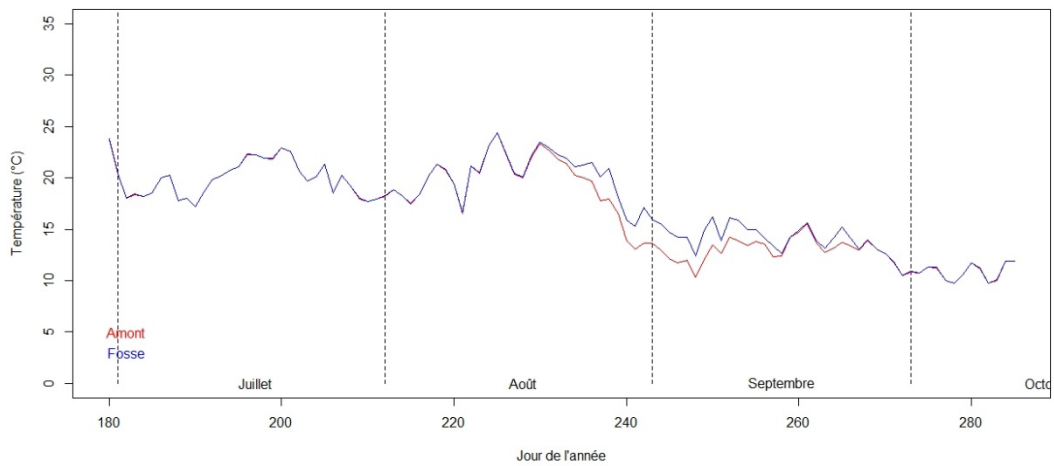


Figure 9. Température journalière fosse et amont à la fosse 47

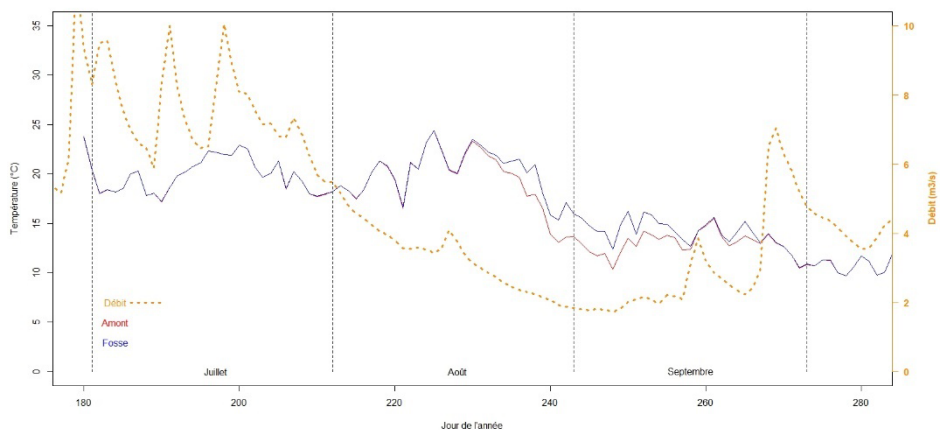


Figure 10. Température journalière fosse, amont et air à la fosse 49, avec débit (m³/s) (données de débits provenant du CEHQ, 2022)

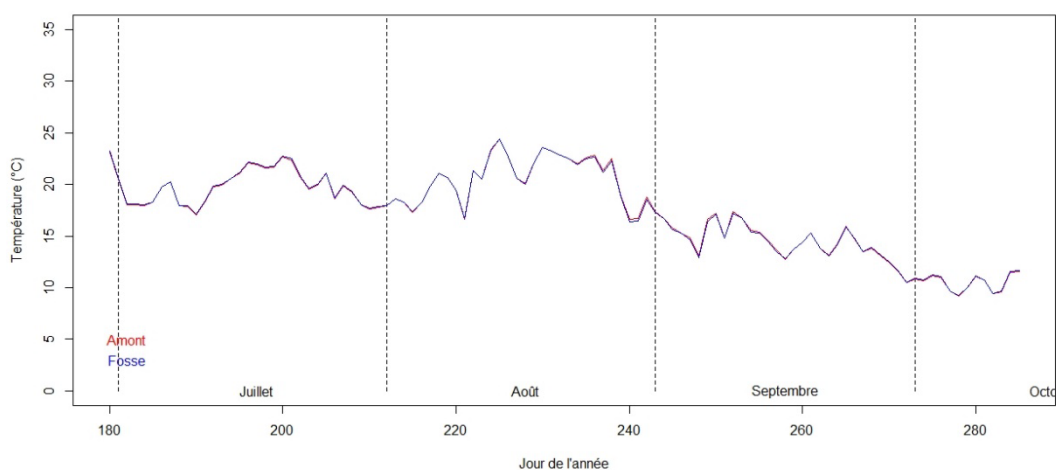


Figure 11. Température journalière fosse et amont à la fosse 51

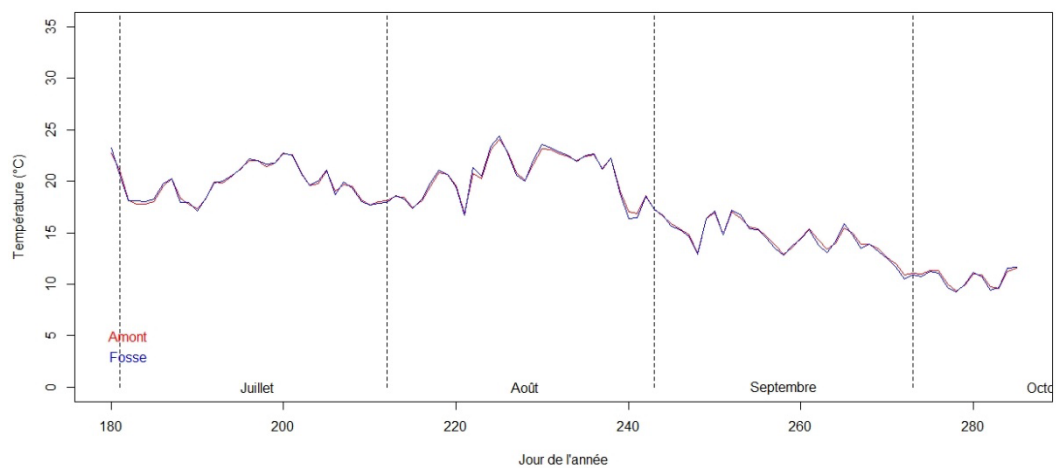


Figure 12. Température journalière fosse et amont à la fosse 52

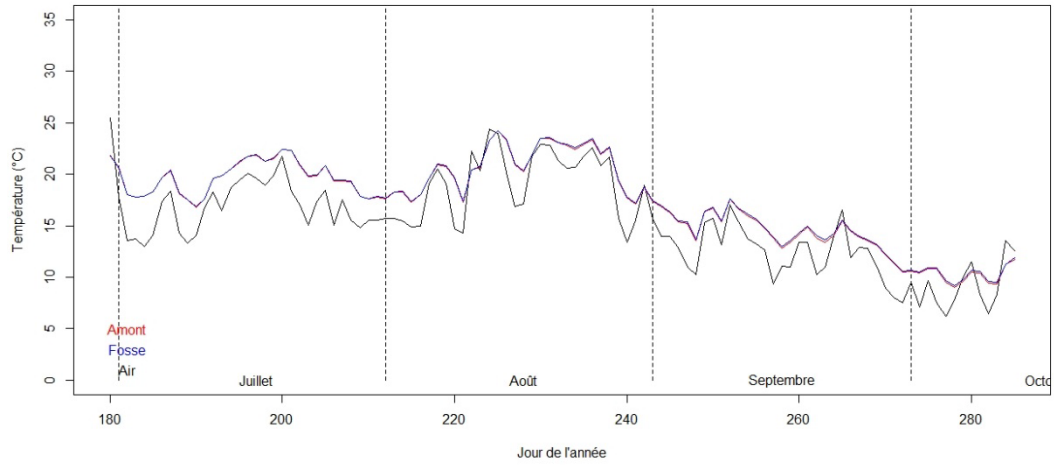


Figure 13. Température journalière fosse, amont et air à la fosse 59

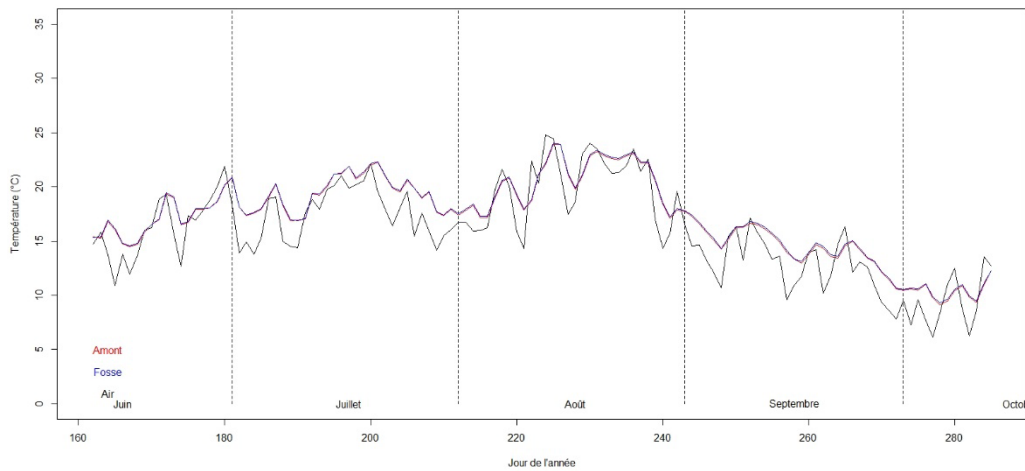


Figure 14. Température journalière fosse, amont et air à la fosse 60

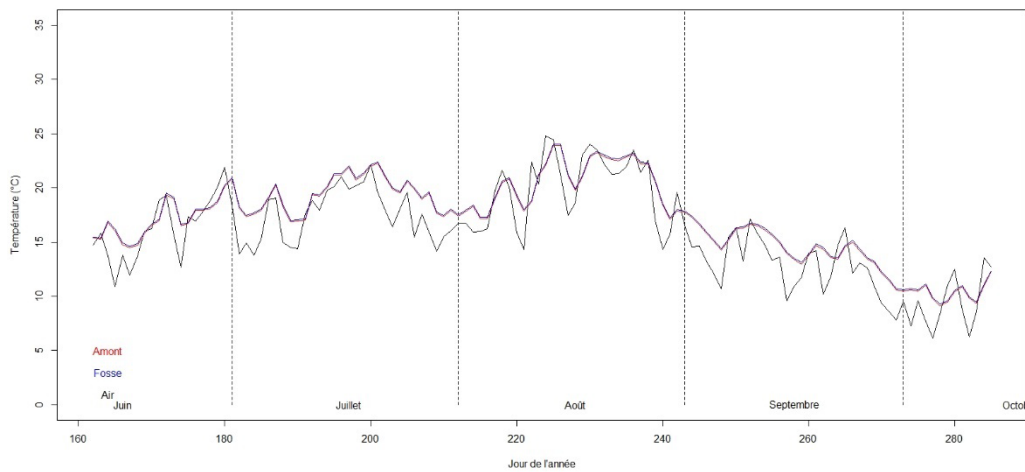


Figure 15. Température journalière fosse, amont et air à la fosse 61 (données amont provenant du MFFP, 2021)

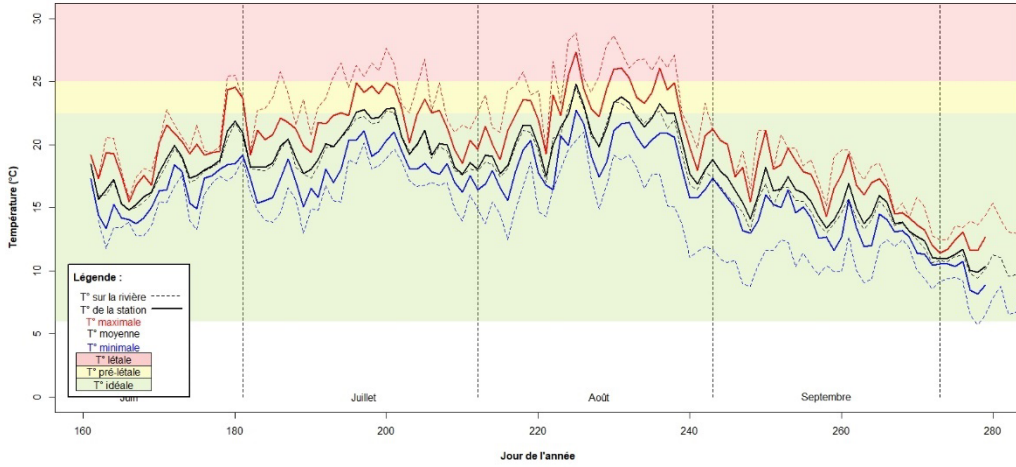


Figure 16. Écart de température au niveau du Parc des Chutes

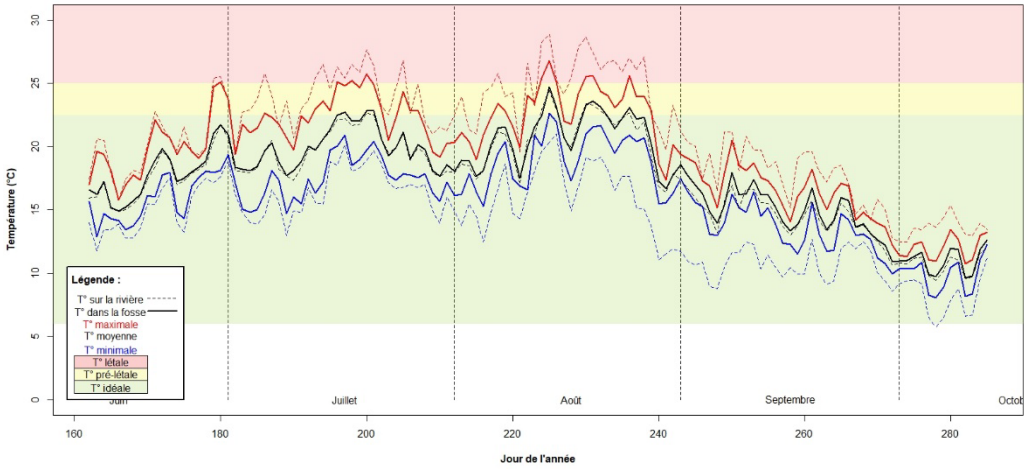


Figure 17. Écart de température dans la fosse 10

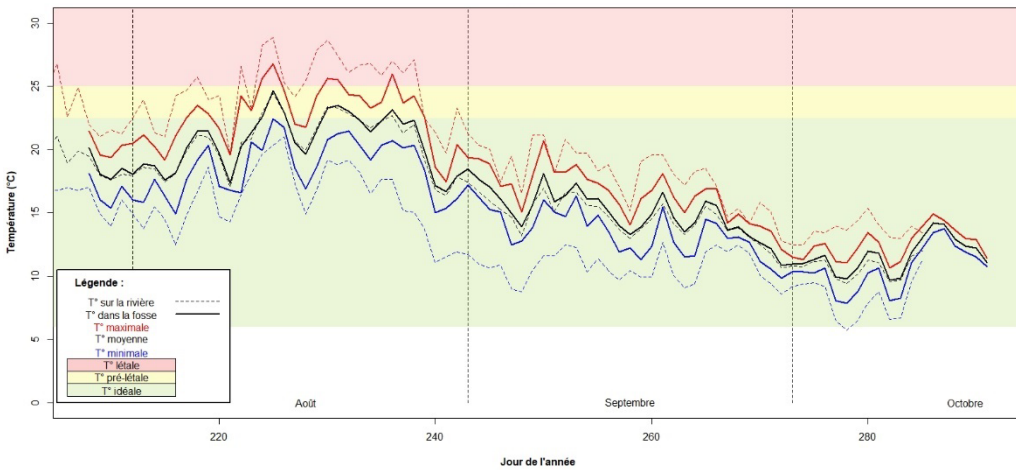


Figure 18. Écart de température dans la fosse 11

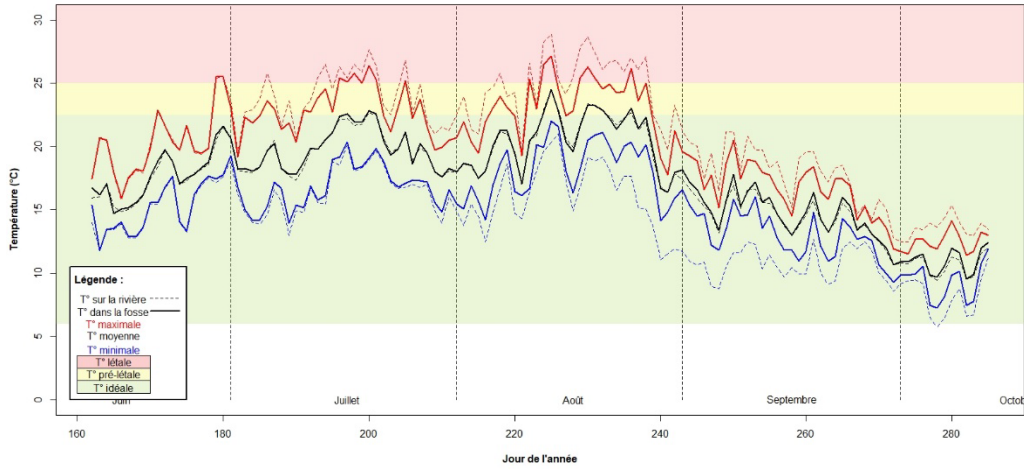


Figure 19. Écart de température dans la fosse 23

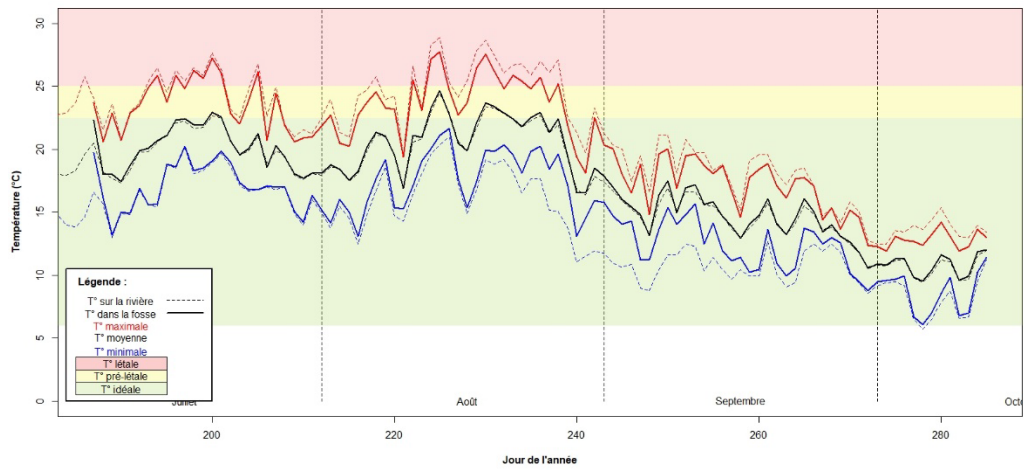


Figure 20. Écart de température dans la fosse 35

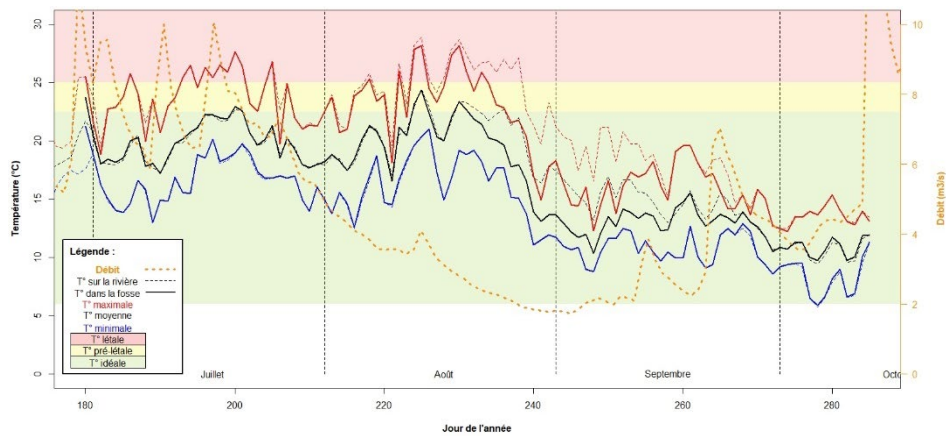


Figure 21. Écart de température dans la fosse 47, avec débit (m^3/s) (données de débit provenant du CEHQ, 2022)

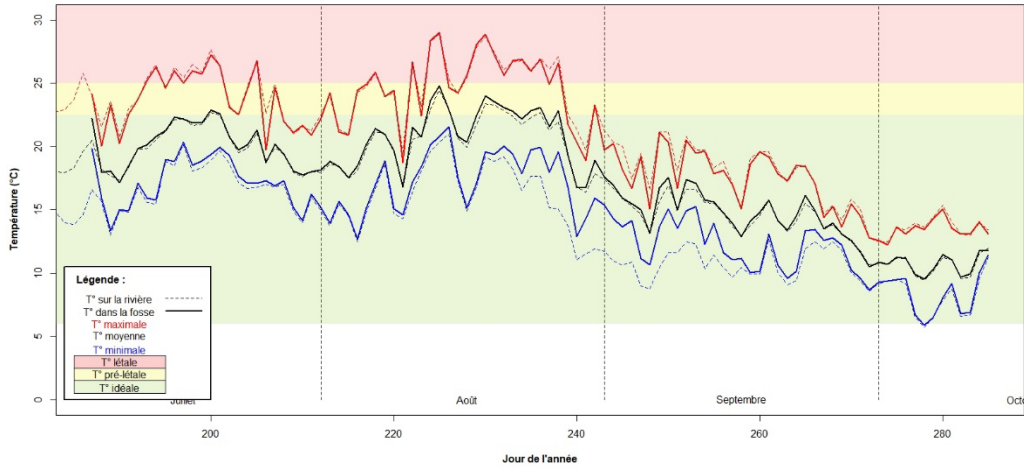


Figure 22. Écart de température dans la fosse 49

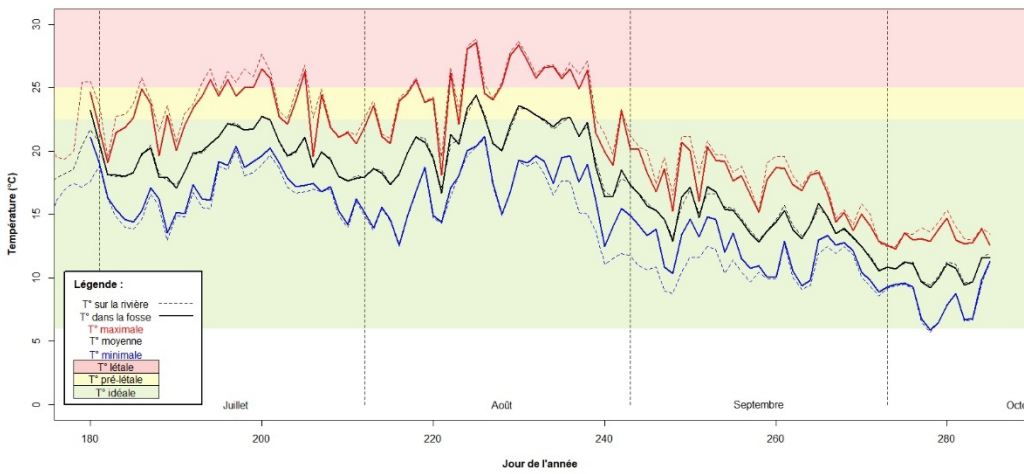


Figure 23. Écart de température dans la fosse 51

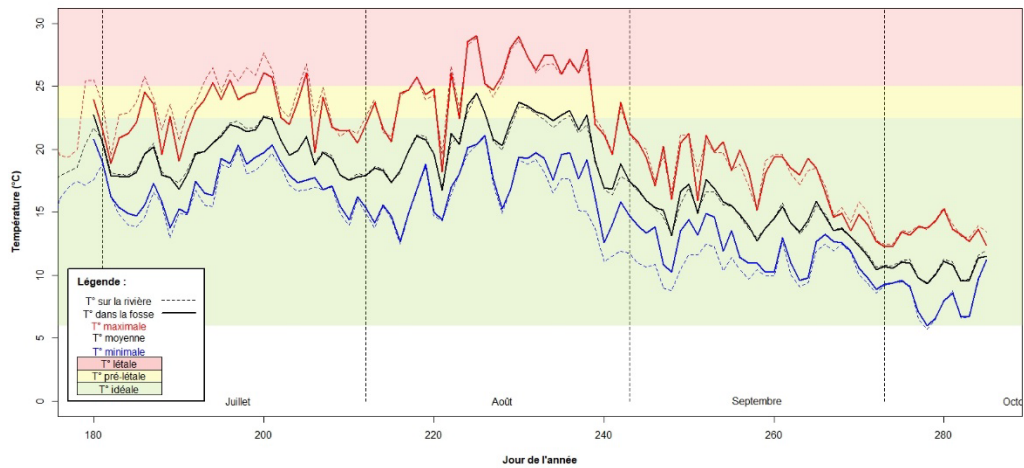


Figure 24. Écart de température dans la fosse 52

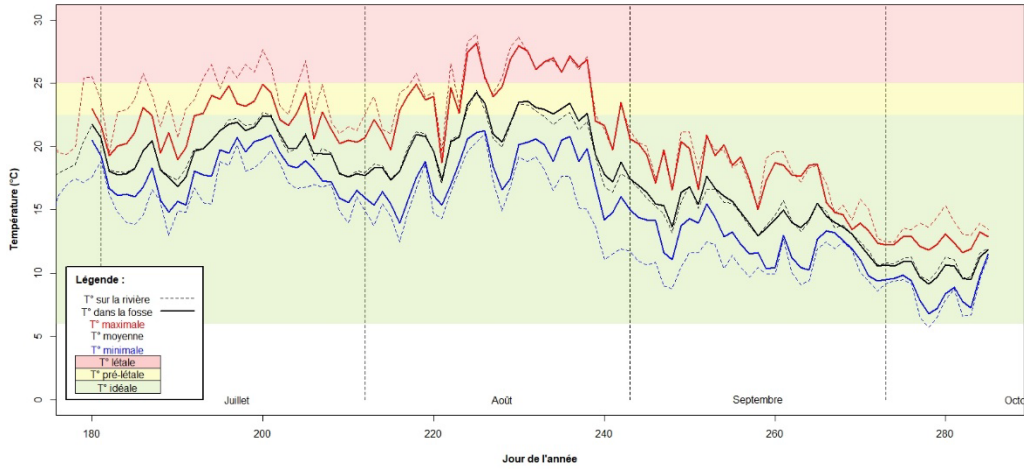


Figure 25. Écart de température dans la fosse 59

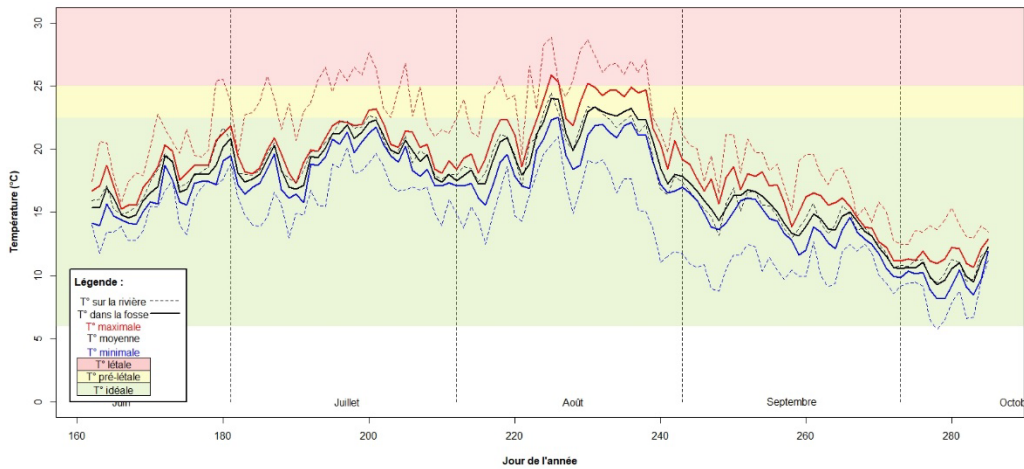


Figure 26. Écart de température dans la fosse 60

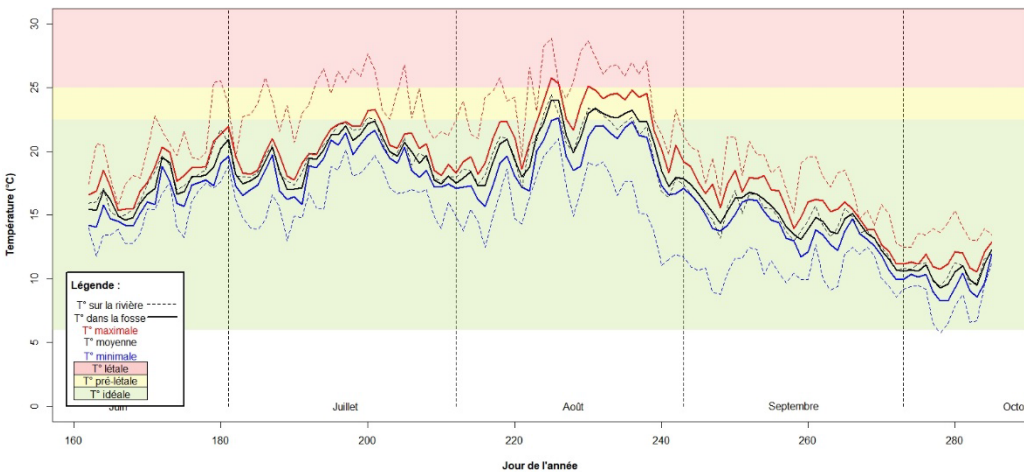


Figure 27. Écart de température dans la fosse 61

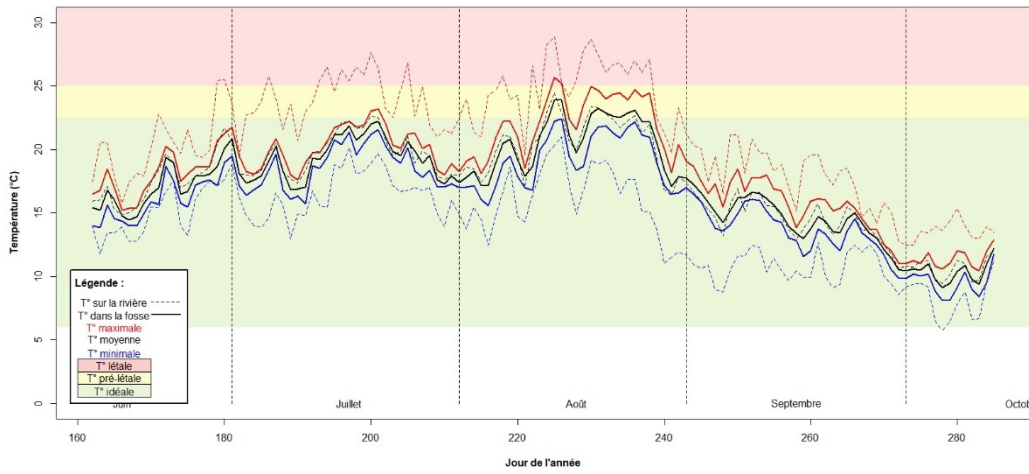


Figure 28. Écart de température en amont de la fosse 61 (MFFP, 2021)

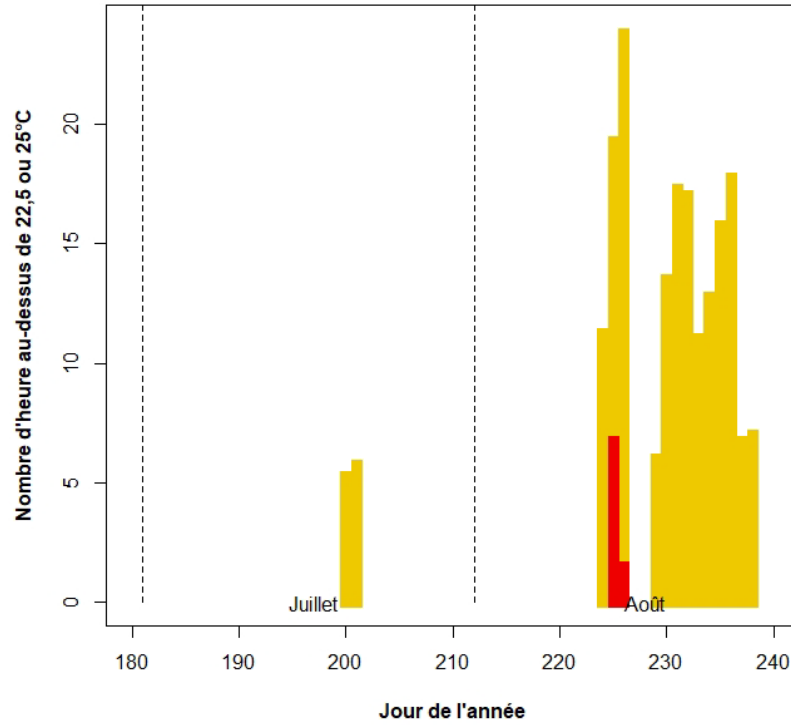


Figure 29. Nombre d'heures où la température a été supérieure à 22,5 °C (jaune) ou 25 °C (rouge) en amont de la fosse 61 (MFFP, 2021)

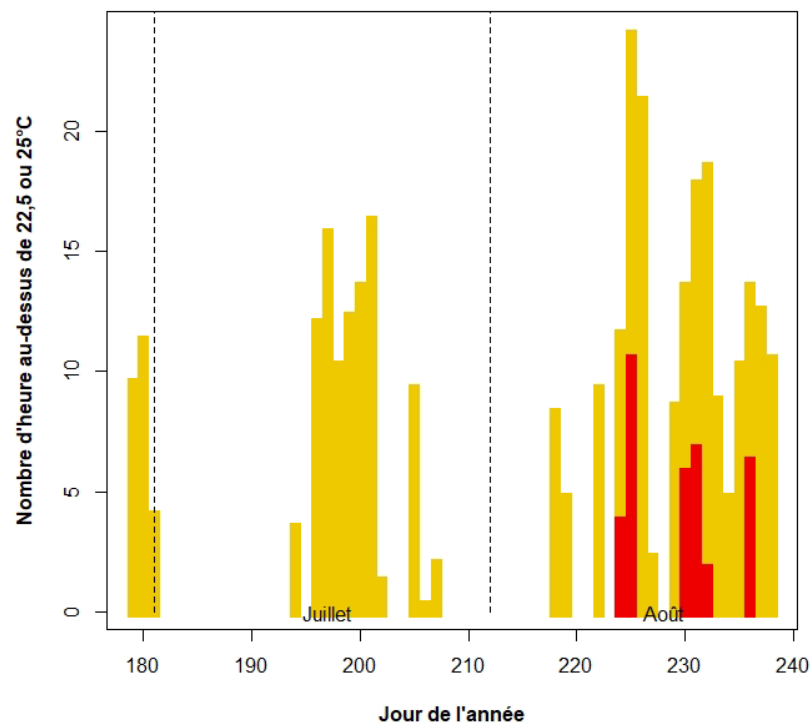
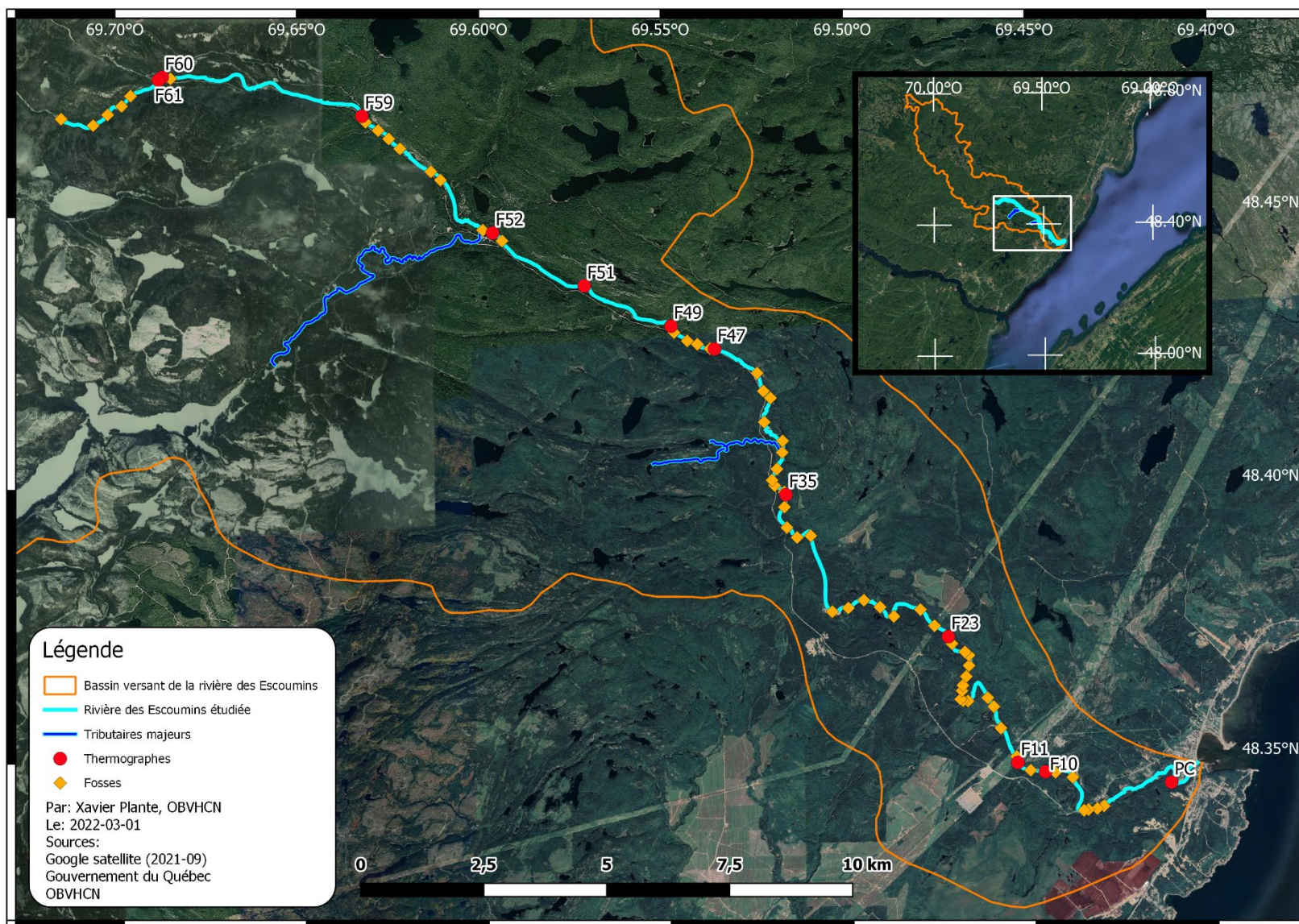


Figure 30. Nombre d'heures où la température a été supérieure à 22,5 °C (jaune) ou 25 °C (rouge) à l'embouchure de la rivière des Escoumins



Carte 13. Localisation des thermographes installés dans les fosses d'intérêts de la rivière des Escoumins

4. Étude des sites de frai

4.1 Introduction

4.1.1 Mise en contexte

Peu d'information existe sur la migration et la fraie du saumon atlantique au sein de la rivière des Escoumins, rendant difficile d'y estimer le moment et le lieu de la nidification. Pour sa part, l'étude de Belzile et coll. réalisée en 1984 sur la rivière des Escoumins a découvert des signes de frai vers la fin d'octobre. Depuis ce temps, une étude menée en 2018 par l'OBVHCN a tenté le repérage de nids le 22 et 26 octobre sur plusieurs portions de la rivière et sur certains de ses tributaires, mais sans succès. Il se peut que la fraie hâtive du moment ait rendu difficile le repérage de nids (OBVHCN, 2018), d'où l'importance d'élargir la période de repérage. Toutefois, seule une partie restreinte de la rivière a été couverte à pied lors de cette étude (OBVHCN, 2018). En 2011, un suivi par télémétrie de plusieurs saumons équipés de transpondeurs les ont localisés à l'embouchure des tributaires Cassette et Polette durant la période de reproduction (Richard et coll., 2014; résultats non publiés). De même, plusieurs autres secteurs en périphérie contenaient des individus (Richard et coll., 2014; résultats non publiés). Somme toute, une meilleure compréhension du comportement du saumon permettrait un repérage plus efficace de leurs nids.

4.1.2 Facteurs qui influencent la migration et la fraie

Plusieurs facteurs influencent la migration et la fraie du saumon atlantique en rivière. Il s'agit entre autres de facteurs hydriques, dont le débit, la température (Thorstad et coll., 2008), la turbidité et la concentration en ions (Banks, 1969). D'autres facteurs environnementaux sont à prendre en compte, tel que la longueur de la rivière (Fleming, 1996), la hauteur des obstacles à franchir, la luminosité, le moment durant la saison (Thorstad et coll., 2008), la couverture nuageuse, la température de l'air et la pression atmosphérique (Banks, 1969). Les facteurs d'ordre biologique ont également une grande influence sur le comportement du saumon, tel que leur grosseur, leur acclimatation (Thorstad et coll., 2008) et leur âge (Banks, 1969). En sommes, plusieurs facteurs doivent être considérés pour estimer la fraie du saumon atlantique.

4.1.3 Entrée en rivière

L'entrée du saumon atlantique en rivière peut avoir lieu à différente période selon le climat dans lequel ils évoluent. Si au Royaume-Unis il n'y a pas de mois spécifique à l'entrée des saumons, il en est tout autrement en Norvège et au Canada où la période peut s'étendre de mai à octobre (Klemetsen et coll., 2003). Dans le cas de la rivière des Escoumins, le saumon atlantique serait reconnu pour entrer en rivière du début juin jusqu'à la fin de septembre (Richard et coll., 2014). Cela dit, cet intervalle de temps découle des périodes d'ouvertures des passes migratoires de la rivière des Escoumins et est donc sujet à une certaine imprécision. Jusqu'à ce jour, aucune explication satisfaisante n'explique l'entrée hâtive des individus en rivière (Thorstad et coll., 2008). Dans les faits, les individus cessent de s'alimenter lors de leur passage de la mer aux rivières et réduisent ainsi leur réserve énergétique plus tôt (Thorstad et coll., 2008). Par conséquent, moins d'énergie est disponible pour la gamétogénèse des salmonidés et donc pour avoir une reproduction efficace (Fenkes et coll., 2016). Là où les plus vieux saumons entrent dans les rivières en premier, les plus jeunes entrent en dernier (Jonsson et coll., 1990), probablement en raison de leur réserve en énergie qui diffère. De même, les températures moyennes plus chaudes en mer et en rivière augmenteraient la migration du saumon plus tôt au printemps, alors que les températures plus froides les feraient migrer plus tard (Dahl et coll., 2004). Finalement, les niveaux d'eau importants

lors des crues printanières provoqueraient l'entrée hâtive des saumons, leur permettant un meilleur accès aux secteurs éloignés (Thorstad et coll., 2008).

4.1.4 Migration intrarivière

Une fois les saumons entrés en rivière, divers facteurs influencent la migration vers leur site de nidification. De prime abord, le débit dicte la migration avant et durant la période de reproduction (Thorstad et coll., 1998), rendant la ponte intimement liée au niveau de précipitations (Thorstad et coll., 2008). En effet, les débits plus élevés favorisent l'accès aux sites de ponte qui sont parfois inaccessibles autrement (Banks, 1969; Moir et coll., 2004). Dans certains cas, les faibles débits limitent la longueur de rivière consacrée à la ponte (Webb et coll., 2001) et forcent les saumons à faire la même quantité de nids, mais avec une répartition plus concentrée (Taylor et coll., 2009). En parallèle, le choix du site de frai varie avec la distribution de l'eau dans le temps et dans l'espace (Gibson, 1993; Moir et coll., 1998). Plus précisément, le débit du moment et la forme de la rivière dictent l'emplacement des zones de frai (Moir et coll., 2006). Les pontes devraient donc avoir lieu aux mêmes endroits d'une année à l'autre lorsque la rivière possède une forme et un débit régulier (Webb et coll., 2001). Cependant, lorsque le débit a tendance à changer régulièrement durant la saison, la ponte s'avère optimale dans les rivières possédant une morphologie et une hydrologie hétérogène (Moir et coll., 2004, Moir et coll., 2006). Ainsi, une plus grande variété de microhabitats permet une ponte dans une plus large gamme de débit (Moir et coll., 2006). Par ailleurs, les saumons ne restent pas uniquement à leur site de reproduction une fois celui-ci atteint, mais continuent de se déplacer durant leur séjour en rivière (Økland et coll., 2001). Ils peuvent de ce fait parcourir jusqu'à 5 km de part et d'autre de leur site de nidification durant la saison de reproduction (Taggart et coll., 2001).

La présence d'obstacles constitue également un facteur important à la migration des saumons. La variation du débit et des réserves énergétiques des saumons influence directement leur capacité à franchir les chutes qu'ils rencontrent (Thorstad et coll., 1998). Dans certains cas, la hausse des débits facilite la montaison des saumons (Thorstad et coll., 1998). Toutefois, il est désavantageux pour ceux-ci d'entreprendre des efforts prolongés qui diminueraient leur réserve énergétique (Booth, 1998). De ce fait, il est suggéré que la traversée d'obstacles pendant la crue est un désavantage énergétique en comparaison aux individus qui attendent le moment optimal (Jensen et coll., 1998). C'est pourquoi plusieurs études ont remarqué l'arrêt de saumons au pied de chutes pourtant franchissables sur une période pouvant aller de 1 à 3 jours (Karppinen et coll., 2004) ou dans certains cas de 21 à 31 jours (Johnsen et coll., 1998). Néanmoins, l'avancement de la saison rend les saumons plus téméraires à franchir des obstacles (Johnsen et coll., 1998).

4.1.5 Migration dans les tributaires

En dehors du cours principal d'une rivière, les tributaires peuvent offrir des environnements alternatifs à la ponte (Banks, 1969). Tel que mentionné précédemment, un suivi par télémétrie du saumon de la rivière des Escoumins effectué en 2011 a permis de recenser leur stationnement à l'embouchure du tributaire Polette durant la période de frai (Richard et coll., 2014; résultats non publiés). Cependant, peu d'explications justifient le ralentissement des saumons devant de tels obstacles naturels (Thorstad et coll., 2008). Ces cours d'eau sont en effet susceptibles de manquer de profondeur en période d'étiage et de rendre plus difficile leur remontée par les saumons (Webb, 1989; Thorstad et coll., 2008). C'est pourquoi l'attente d'une hausse des débits les aiderait à accéder aux tributaires et à éviter de résider dans une eau trop chaude avant la ponte (Webb, 1989). Cela dit, les niveaux de débits qui permettent l'entrée dans les tributaires restent encore

méconnus (Webb, 1989). Il se peut qu'une entrée en automne dépende des débits de l'été qui précède et nécessite l'acclimatation des poissons dans un premier temps (Webb, 1989).

4.1.6 Moment de la fraie

Il est difficile d'estimer le moment exact de la fraie puisque celle-ci varie de rivière en rivière et d'année en année (Moir et coll., 2004). La période de reproduction est généralement très courte, soit d'une durée de 5 à 10 jours où 10 à 90 % des femelles procèdent à la ponte (Heggberget et coll., 1988). Une étude menée en Écosse a constaté que la création de nids prenait de 2 à 24 heures (Webb et coll., 2001). Bien que les dates exactes de ponte soient inconnues pour la rivière des Escoumins, il est néanmoins possible d'en estimer la période. Tel que mentionné précédemment, l'étude de Belzile et coll. (1984) menée sur cette même rivière a permis de repérer des nids vers la fin du mois d'octobre. Alors qu'à l'inverse, les efforts entrepris le 22 et 26 octobre par l'OBVHCN (2018) ne se sont pas avérés fructueux ; d'où l'importance d'approfondir la question. Puisque la ponte est influencée par les changements de température (Heggberget et coll., 1988), l'étude de différentes rivières au climat varié peut préciser la situation de la rivière des Escoumins. Ainsi, les périodes de ponte recensées en Écosse s'étalent dans certains cas de la fin octobre au début novembre (Moir et coll., 1998; Moir et coll., 2004) et parfois jusqu'au début du mois de décembre (Moir et coll., 2004). Pour ce qui est de la Norvège, les pontes vont généralement de la mi-octobre jusqu'au début novembre (Heggberget et coll., 1988; Thorstad et coll., 2003; Hedger et coll., 2013) et dans quelques rares cas jusqu'en mi-novembre ou en début décembre (Heggberget et coll., 1988). De même, les premiers signes de création de nids peuvent y être repérés dès la mi-septembre (Lennox et coll., 2016). Finalement, il est intéressant de prendre en compte les précipitations de septembre dans la perspective d'une ponte en octobre et en novembre (Taylor et coll., 2009).

4.2 Objectif spécifique

L'objectif est de repérer les secteurs de frai du saumon atlantique sur la rivière des Escoumins ainsi que sur ses tributaires accessibles et d'intérêt. Il s'agit d'identifier des traces de nidification aux endroits et à la période jugée propice pour le frai.

4.3 Matériel et méthodes

Une méthode alternative de celle employée en 2018 par l'OBVHCN a été utilisée lors de la présente étude. Il s'agit de repérer les nids à l'aide d'un drone aérien plutôt que de parcourir la rivière à pied. Également, les secteurs ont été choisis selon leur granulométrie propice au frai et leur potentiel de stationnement par les saumons.

4.3.1 Liste du matériel

Le matériel suivant a permis la prise de mesure sécuritaire à proximité de la rivière des Escoumins.

Matériel individuel :

- Veste de flottaison;
- Veste de sécurité orange (d'arpenteur ou de circulation).

Matériel collectif :

- Appareil de repérage Spot X;
- Batteries de rechange pour le GPS;
- Briquet;
- Canif;
- Sac de corde flottante;
- Trousse de premiers soins.

Matériel pour la prise de mesures :

- Carnet de terrain;
- Crayon de plomb;
- Drone *Mavic 2 Pro* de DJI et équipements associés (batteries, manette, tablette, etc.);
- GPS (Garmin 64s);
- Mètre en métal;
- Plateforme de décollage;
- Tapis de décollage.

4.3.2 Procédures

Des secteurs jugés propices à la nidification ont été sélectionnés au préalable suivant un ensemble de critères. Ces secteurs sont présentés à la Carte 14. D'abord, les données de granulométrie de la présente étude ont permis de préciser les secteurs qui conviennent le mieux à la ponte. Ensuite, le repérage par télémétrie lors de l'étude de Richard et coll. (2014; résultats non publiés) ont servi à préciser les lieux de stationnement des saumons en période de frai. De même, les informations extraites de la littérature ont permis de statuer sur le comportement du saumon avant et pendant la période de frai dans la rivière des Escoumins. Des zones de repérage de nids ont ainsi été déterminées au préalable. Pour y arriver, un pilote de drone aérien et un observateur visuel ont fait le survol et la photographie des zones de repérage de façon régulière afin de déceler des signes de nidification. Les survols ont été réalisés entre le 12 octobre et le 11 novembre 2021, soit sur un intervalle de 30 jours afin de couvrir au mieux la période de frai. Cependant, les derniers jours de repérage se sont avérés plus laborieux en raison des températures plus basses qui réduisaient l'efficacité des batteries du drone. C'est entre autres pourquoi le repérage s'est arrêté au début du mois de novembre. Dans le cas des tributaires, seul le cours d'eau Polette a été exploré puisque le cours d'eau Cassette possède pour sa part un delta très peu profond qui restreint la remontée du saumon. Le repérage dans le tributaire Cassette en 1984 par Belzile et coll. se faisait sûrement dans un cours d'eau plus accessible qu'aujourd'hui.

4.3.3 Analyse et traitement des données

Les photos prises par drone aérien ont été analysées minutieusement par deux membres de l'OBVHCN afin de déceler d'éventuelles traces de nidifications. Les observations ont été validées par trois autres membres de l'équipe. Un nid dans un secteur propice se présente comme une zone de gravier perturbé (plus pâle) dont la dimension peut varier de 27 à 41 cm de largeur et de 32 à 54 cm de longueur, comprenant une dépression de 15 à 25 cm de profondeur (Jonsson et Jonsson, 2011). Le nombre de nids a été comptabilisé en fonction des secteurs échantillonnés à l'aide du programme Microsoft Excel. Les cartes ont été produites avec le programme QGIS version 3.16 (QGIS.org, 2021). Les photos de nids repérés ont été traitées à l'aide du logiciel *Adobe Photoshop 2020*.

4.4 Résultats et discussion

Tel que présenté au Tableau 5 et à la Carte 14, le cours principal de la rivière des Escoumins a été couvert sur 5,3 km des 36 km accessibles, soit 14,7 % de sa longueur et 1 km en plus sur le tributaire Polette. Les Tableaux 7 et 8 à l'Annexe 5 présentent plus en détail les intervalles de temps entre les observations de chaque secteur. Il est à noter que le repérage des saumons par télémétrie en 2012 est également présenté à la Carte 14 et a permis d'orienter la recherche de nids sur la rivière. Ce repérage a permis d'identifier avec certitude deux nids situés en aval de la fosse 11, soit au km 5,8 à partir de l'embouchure. Le premier nid a été repéré à partir du 25 octobre 2021 et le second à partir du 4 novembre 2021. La localisation de ces nids est présentée plus en détail à la Carte 15 et aux figures 31 à 33. Il s'agit d'un secteur dont la profondeur varie graduellement et dont la taille médiane des sédiments se situe autour de 50,5 et 52 mm, ce qui est

utilisable pour la ponte du saumon sans toutefois être compris dans le barème idéal de 20 à 30 mm. Un troisième nid potentiel a été repéré en amont de la fosse 45 au km 19 à partir de l'embouchure, mais son identification s'avère moins certaine. La localisation de ce nid est présentée à la Carte 16 ainsi qu'aux figures 34 à 38. On distingue une zone de sédiments plus petits et plus clairs à partir du 21 octobre 2021. Cette trace est par la suite difficile à distinguer sur les photos du 25 et 29 octobre 2021 et un peu visible sur les photos du 5 et 10 novembre 2021. Ce secteur est relativement plat et possède une granulométrie médiane avoisinant les 90 et 149,5 mm, ce qui s'avère normalement trop grossier pour la ponte. Bien que la granulométrie et la clarté de cette trace semblent correspondre à un nid, celle-ci pourrait aussi résulter d'un bloc de glace qui s'y serait posé et aurait altéré le transport de sédiments.

En temps normal, les secteurs de frai comportent plus d'une dizaine de nids là où seulement deux ont été découverts à la fosse 11 et un seul potentiel en amont de la fosse 45 (Heggberget et coll., 1988). Cette quantité relativement faible de nids souligne que la ou les véritables zones de nidifications du saumon atlantique ne sont pas encore identifiées. Il se peut que la superficie couverte n'ait pas été suffisante, malgré la sélection minutieuse des sites et la bonne répartition de ceux-ci. Des nids auraient pu se trouver dans des secteurs difficiles d'accès de la rivière ou de ses tributaires tel que plus en profondeur dans le cours d'eau Polette. De même, plusieurs saumons se sont accumulés au bassin de la chute à Pinel durant l'été et ont peut-être tenté d'y nidifier malgré la nature lacustre du milieu qui ne convient normalement pas à leur ponte. Également, leur territoire est aujourd'hui beaucoup plus difficile à couvrir depuis la construction d'une passe migratoire au Grand Sault en 1969 qui leur donna un territoire de 10,2 km à maintenant 36 km à partir de l'embouchure. Un second facteur à prendre en compte est la faible quantité de géniteurs qui se concentre probablement dans un seul secteur et rend ainsi difficile leur repérage. Cette situation contraste avec la présence de milliers de saumons dans la rivière à l'arrivée des Européens (Frenette, 1996, Histoire du Québec, 2019) et souligne l'importance de protéger la véritable zone de nidification une fois celle-ci bien identifiée.

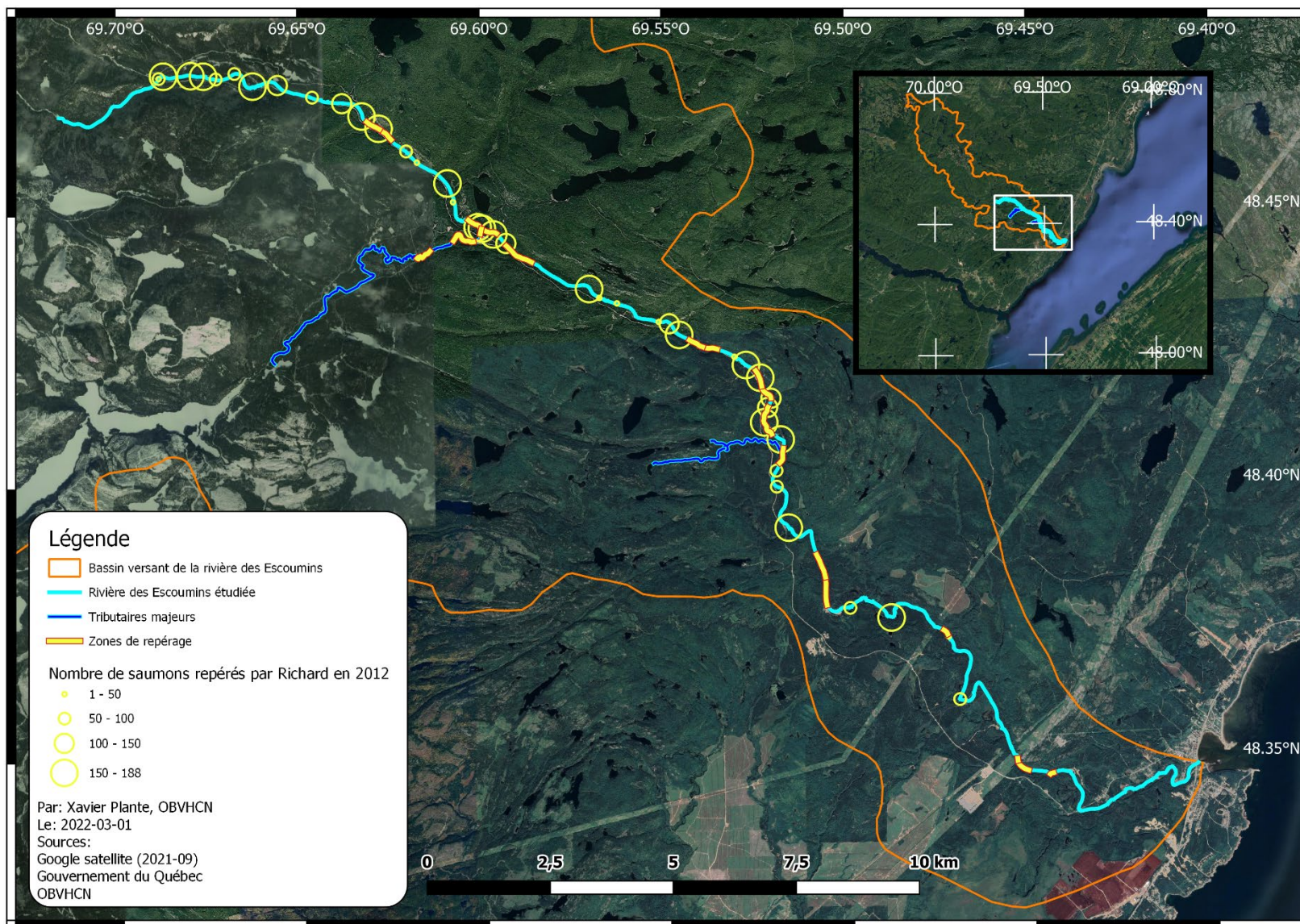
Tableau 5. Nombre de nids de saumon atlantique repéré sur la rivière des Escoumins par date d'observation pour le mois d'octobre et de novembre 2021

Nom du secteur	Distance (km)	Longueur (km)	Nids observés par date du mois d'octobre 2021						Nids observés par date du mois de novembre 2021				Total ²
			12	13	20	21	25	29	4	5	10	11	
Fosse 10 aval	5,0 à 5,1	0,1		0			0		0		0		0
Fosse 11 aval	5,5 à 5,8	0,3					1		2		2		2
Fosse 11 amont	5,8 à 5,9	0,1					0		0		0		0
Fosse 23 amont	10,0 à 10,1	0,1		0			0		0		0		0
Shack aval	13,3 à 13,9	0,6				0		0	0		0		0
Shack amont	13,9 à 14,4	0,5				0		0	0		0		0
Rivière Cassette	17,1	0 ¹	0										0
Fosse 43	17,8 à 18,4	0,6				0	0		0				0
Fosse 45 aval	18,6 à 18,9	0,3					0			0	0		0
Fosse 45 amont	18,9 à 19,3	0,4				1	1	1		1	1		0
Km 16 aval	20,2 à 20,5	0,3				0	0	0		0		0	0
Km 16 amont	20,5 à 20,8	0,3				0	0	0		0		0	0
Fosse 52 aval	24,6 à 25,2	0,6			0		0	0		0		0	0
Fosse 52	25,5 à 25,7	0,2					0	0		0			0
Rivière Polette	25,9	1 ¹	0									0	0
Fosse 52 amont	26,0 à 26,3	0,3			0		0	0		0			0
Fosse 58 aval	28,6 à 28,9	0,3			0		0	0		0		0	0
Fosse 58 amont	28,9 à 29,2	0,3			0		0	0		0		0	0
Total ²	NA	6,3	0	0	0	1	2	2	3	3	3	0	

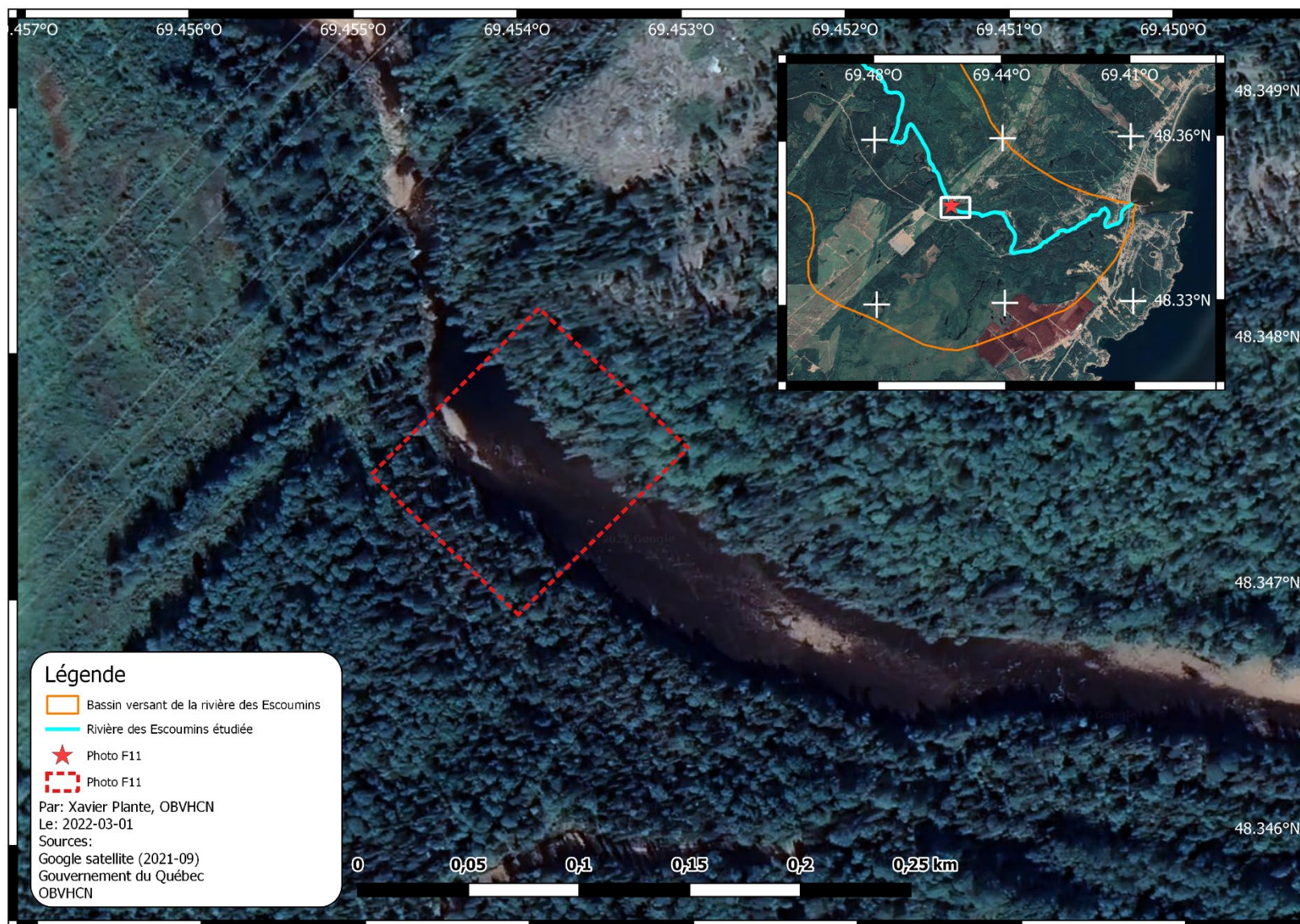
Date d'observation / Nid(s) confirmé(s) / Nid(s) potentiel(s)

1 : Dans le tributaire

2 : Cumulatif durant la saison



Carte 14. Zones de repérage pour la fraie du saumon atlantique sur la rivière des Escoumins en octobre et novembre 2021



Carte 15. Localisation des nids repérés en aval de la fosse 11



Figure 31. Photo en drone d'un nid repéré le 25 octobre 2021 en aval de la fosse 11



Figure 32. Photo en drone de deux nids repérés le 4 novembre 2021 en aval de la fosse 11



Figure 33. Photo en drone de deux nids repérés le 10 novembre 2021 en aval de la fosse 11



Carte 16. Localisation d'un nid potentiel en amont de la fosse 45



Figure 34. Photo en drone d'un nid potentiel repéré le 21 octobre 2021 en amont de la fosse 45



Figure 35. Photo en drone d'un nid potentiel repéré le 25 octobre 2021 en amont de la fosse 45



Figure 36. Photo en drone d'un nid potentiel repéré le 29 octobre 2021 en amont de la fosse 45



Figure 37. Photo en drone d'un nid potentiel repéré le 5 novembre 2021 en amont de la fosse 45



Figure 38. Photo en drone d'un nid potentiel repéré le 10 novembre 2021 en amont de la fosse 45

Conclusion

La présente étude a permis de réaliser un portrait exhaustif des 36 premiers km accessibles de la rivière des Escoumins au niveau des processus HGM et de l'habitat du saumon atlantique. Les IQM de l'ensemble des tronçons de la rivière sont de qualité bonne à élevée en raison du faible développement anthropique à proximité de celle-ci. La rivière demeure néanmoins marquée par les activités de la drave du siècle dernier et bénéficierait d'une réactivation de méandre entre autres vers les km 10,5 à 14, soit une grande vallée non confinée dont la linéarisation est encore nettement visible. Par ailleurs, la granulométrie de la rivière est généralement trop élevée pour la ponte en raison du fort lessivage des sédiments qui mériterait d'être réduit sur l'ensemble de la rivière. Seule la moitié aval de la rivière contient plusieurs secteurs partiellement propices à la fraie et un complètement propice. En parallèle, aucune des fosses recensées ne semble constituer des refuges thermiques pour le saumon atlantique, les exposant donc aux extrêmes de chaleur estivale. Seul le secteur des fosses 60 et 61 a une faible température qui varie peu et sert ainsi de tampon thermique. Cela réduit les heures d'exposition des saumons aux températures pré-létales et létales. Finalement, le repérage des nids par drone aérien a permis d'identifier avec certitude deux nids en aval de la fosse 11 au km 5,8 de la rivière, soit un premier nid à partir du 5 octobre 2021 et un second à partir du 4 novembre 2021. Un troisième nid, celui-ci potentiel, a été repéré en amont de la fosse 45 à une distance de 19 km de l'embouchure. Cette rareté de nids est due à l'état précaire de la reproduction au sein de la rivière et souligne le besoin d'explorer de nouveaux secteurs. Somme toute, les précisions apportées par la présente étude ont permis une meilleure compréhension de l'habitat du saumon atlantique et du potentiel d'y réactiver d'anciens méandres.

Recommandations

La présente étude confirme le besoin de réactiver d'anciens méandres sur la rivière des Escoumins afin d'y améliorer l'habitat du saumon atlantique. À cela, plusieurs questions restent encore à élucider sur la population de saumon atlantique de la rivière. Leur habitat étant *a priori* peu propice à la reproduction, il serait intéressant d'avoir un portrait de la population des juvéniles en effectuant des pêches ciblées. En effet, les précisions apportées par la présente étude permettent une meilleure compréhension des secteurs propices à la ponte et donc aux juvéniles. Ainsi, il serait possible de distinguer l'état avant et après la réactivation de méandres. Dans le même ordre d'idée, il serait pertinent de réentreprendre le décompte des saumons qui traverse à la passe migratoire du Grand Sault et qui a été interrompu en 2020. Un meilleur suivi de leur population pourrait ainsi être fait. De même, le secteur de la chute à Pinel qui est à la limite accessible du saumon pourrait servir de refuge thermique et de site de ponte potentiel. De nombreux géniteurs s'y rendent tôt durant la saison et justifient d'étudier le secteur. Finalement, les tributaires de la rivière mériteraient plus d'attention puisqu'ils ont le potentiel d'offrir une plus grande diversité d'habitats aux différents stades de vie du saumon.

Références

Armstrong J.D., Kemp P.S., Kennedy G.J.A., Ladle M. et Milner N. J. 2003. Habitat requirements of Atlantic salmon and brown trout in rivers and streams. *Fisheries research*, 62(2): 143-170.

Banks J. W. 1969. A review of the literature on the upstream migration of adult salmonids. *Journal of Fish Biology*, 1(2): 85-136.

Beaupré J., St-Hilaire A., Daigle A., Boyer C., Bergeron N.E. 2016. Normes et procédures pour la collecte de données de température de l'eau en continu dans les cours d'eau. Rapport de recherche R-1730, iv+43 p.

Beland K.F., Jordan R.M. et Meister A.L. 1982. Water depth and velocity preferences of spawning Atlantic salmon in Maine rivers. *North American Journal of Fisheries Management*, 2(1): 11-13.

Belzile L., Boudreault A. et Shooner G. 1984. Évaluation du potentiel salmonicoles de la rivière des Escoumins. Étude réalisée par Gilles Shooner Inc. pour la Bande indienne des Escoumins et le Comité d'Action pour l'Aménagement de la Rivière à Saumon des Escoumins (C.A.A.R.S.E.), avec le concours financier du ministère des Affaires indiennes et du Nord ainsi que du ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche. Rapport final, 38 p., 8 annexes.

Boivin M., Buffin-Bélanger T. et Piégay H. 2017. Estimation of large wood budgets in a watershed and river corridor at interdecadal to interannual scales in a cold-temperate fluvial system. *Earth Surface Processes and Landforms*, 42(13): 2199-2213.

Booth R.K. 1998. Swimming performance of anadromous Atlantic salmon, *Salmo salar* L., during their spawning migration in the Exploits River, Newfoundland, Canada, 176 p.

Breau C., Cunjak R.A. et Peake S.J. 2011. Behaviour during elevated water temperatures: can physiology explain movement of juvenile Atlantic salmon to cool water? *Journal of Animal Ecology*, 80: 844-853.

Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ). 2022. Suivi hydrologique de différentes stations hydrométriques. Station : 070204 des Escoumins à 9,0 km de son embouchure. Consulté le 19 janvier 2022, <https://www.cehq.gouv.qc.ca/suivihydro/graphique.asp?NoStation=070204>.

Corey E., Linnansaari T., Dugdale S.J., Bergeron N., Gendron J.F., Lapointe M. et Cunjak R.A. 2020. Comparing the behavioural thermoregulation response to heat stress by Atlantic salmon parr (*Salmo salar*) in two rivers. *Ecology of Freshwater Fish*, 29(1): 50-62.

Crisp D.T. et Carling P.A. 1989. Observations on siting, dimensions and structure of salmonid redds. *Journal of fish biology*, 34(1): 119-134.

Crisp D.T. 1993. The environmental requirements of salmon and trout in fresh water. In *Freshwater forum*, 3(3): 176-202.

Crisp D.T. 1996. Environmental requirements of common riverine European salmonid fish species in fresh water with particular reference to physical and chemical aspects. *Hydrobiologia*, 323(3): 201-221.

Dahl J., Dannewitz J., Karlsson L., Petersson E., Löf A. et Ragnarsson B. 2004. The timing of spawning migration: implications of environmental variation, life history, and sex. *Canadian Journal of Zoology*, 82(12): 1864-1870.

Department of Environmental Protection, 2022. Pebble Count. State of West Virginia, <https://dep.wv.gov/WWE/getinvolved/sos/Pages/SOPpebble.aspx>, consulté le 25 février 2022.

Dugdale S.J. 2014. Analyse de la variabilité spatio-temporelle des refuges thermiques à l'échelle du paysage lotique: Importance pour les populations de saumon atlantique (*Salmo salar*). Dissertation doctoral, Université du Québec, Institut national de la recherche scientifique, Centre Eau Terre Environnement. 260 p.

Eaton B.C. et Lapointe M.F. 2001. Effects of large floods on sediment transport and reach morphology in the cobble-bed Sainte Marguerite River. *Geomorphology*, 40(3-4): 291-309.

Elliott J.M. 1991. Tolerance and resistance to thermal stress in juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Freshwater Biology*, 25 : 61-70.

Elliott J.M., et Hurley M.A. 1997. A functional model for maximum growth of Atlantic salmon parr, *Salmo salar*, from two populations in northwest England. *Functional Ecology*, 11(5): 592-603.

Elliott J.M. et Elliott J.A. 2010. Temperature requirements of Atlantic salmon *Salmo salar*, brown trout *Salmo trutta*, and arctic charr *Salvelinus alpinus*: predicting the effects of climate change. *Journal of Fish Biology*, 77: 1793-1817.

Fenkes M., Shiels H.A., Fitzpatrick J.L. et Nudds R.L. 2016. The potential impacts of migratory difficulty, including warmer waters and altered flow conditions, on the reproductive success of salmonid fishes. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 193: 11-21.

Fleming I.A. 1996. Reproductive strategies of Atlantic salmon: ecology and evolution. *Reviews in fish biology and fisheries*, 6(4): 379-416.

Florsheim J.L., Mount J.F. et Chin A. 2008. Bank erosion as a desirable attribute of rivers. *BioScience*, 58(6): 519-529.

Frenette P. 1996. Histoire des Escoumins, Un siècle et demi d'enracinement. Société historique de la Côte-Nord, Sites est villages nord-côtiers, n°7. 88 p.

Garside E. T. 1973. Ultimate upper lethal temperature of Atlantic salmon *Salmo salar* L. *Canadian Journal of Zoology*, 51(8): 898-900.

Gibson R.J. 1993. The Atlantic salmon in fresh water: spawning, rearing and production. *Reviews in fish biology and fisheries*, 3(1): 39-73.

Gérard, C. 1989. Histoire et région: L'industrie forestière du nord-est québécois 1850-1930. *Histoire sociale/Social History*, 22(43).

Gowans A.R.D., Armstrong J.D. et Priede I.G. 1999. Movements of adult Atlantic salmon in relation to a hydroelectric dam and fish ladder. *Journal of Fish Biology*, 54(4): 713-726.

Heggberget T.G., Haukebo T., Mork J. et Ståhl G. 1988. Temporal and spatial segregation of spawning in sympatric populations of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., and brown trout, *Salmo trutta* L. *Journal of Fish Biology*, 33(3): 347-356.

Hedger R.D., Sundt-Hansen L.E., Forseth T., Diserud O.H., Ugedal O. et Finstad A.G. 2013. Modelling the complete life-cycle of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) using a spatially explicit individual-based approach. *Ecological modelling*, 248: 119-129.

Histoire du Québec 2019. Toute l'histoire du Québec depuis ses débuts. Municipalité des Escoumins. Consulté le 19 janvier 2021, <https://histoire-du-quebec.ca/escoumins>.

Hovington L., Prémont P., Perron S., Villeneuve M., Gauthier L. 1978. Étude des frayères à saumons de la rivière Escoumins. Comité d'action pour l'aménagement de la rivière à saumons des Escoumins (C.A.A.R.S.E) en rapport avec la subvention accordée par le Ministère fédéral à l'Emploi et à l'Immigration, Canada. 45 p.

Jensen A.J., Hvidsten N.A. et Johnsen B.O. 1998. Effects of temperature and flow on the upstream migration of adult Atlantic salmon in two Norwegian Rivers. *Fish migration and fish bypasses*, 45.

Johnsen B.O., Jensen A.J., Okland F., Lamberg A. et Thorstad E.B. 1998. The use of radiotelemetry for identifying migratory behaviour in wild and farmed Atlantic salmon ascending the Suldalslagen river in Southern Norway. *Fish migration and fish bypasses*, p. 55-68.

Jonsson B., Jonsson N. et Hansen L.P. 1990. Does juvenile experience affect migration and spawning of adult Atlantic salmon?. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 26(4): 225-230.

Jonsson B. et Jonsson N. 2011. *Ecology of Atlantic Salmon and Brown Trout: Habitat as a Template for Life Histories*. Fish and fisheries series 33, Springer, 707 p.

Karppinen P., Erkinaro J., Niemelä E., Moen K. et Økland F. 2004. Return migration of one-sea-winter Atlantic salmon in the River Tana. *Journal of Fish Biology*, 64(5): 1179-1192.

Klemetsen A., Amundsen P.A., Dempson J.B., Jonsson B., Jonsson N., O'connell M.F. et Mortensen E. 2003. Atlantic salmon *Salmo salar* L., brown trout *Salmo trutta* L. and Arctic charr *Salvelinus alpinus* L.: a review of aspects of their life histories. *Ecology of freshwater fish*, 12(1): 1-59.

Kondolf G.M. et Wolman M. G. 1993. The sizes of salmonid spawning gravels. *Water Resources Research*, 29(7): 2275-2285.

Kondolf G.M., Boulton A.J., O'Daniel S., Poole G.C., Rahel F.J., Stanley E.H., Wohl E., Bång A., Carlstrom J., Cristoni C., Huber H., Koljonen S., Louhi P. et Nakamura K. 2006. Process-based ecological river restoration: visualizing three-dimensional connectivity and dynamic vectors to recover lost linkages. *Ecology and Society* 11(2): 5.

Lennox R.J., Cooke S.J., Diserud O.H., Havn T.B., Johansen M.R., Thorstad E.B., Whoriskey F.G. et Uglem I. 2016. Use of simulation approaches to evaluate the consequences of catch-and-release angling on the migration behaviour of adult Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Ecological Modelling*, 333: 43-50.

Malavoi J.R. et Y. Souchon. 2002. Description standardisée des principaux faciès d'écoulement observables en rivière : clé de détermination qualitative et mesures physiques. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 365/366: 357-372.

Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) 2021. Direction de l'expertise sur la faune aquatique, Système d'information sur la faune aquatique (IFA), Suivi de la température de l'eau de la rivière des Escoumins en 2021.

Moir H.J., Soulsby C. et Youngson A. 1998. Hydraulic and sedimentary characteristics of habitat utilized by Atlantic salmon for spawning in the Girnock Burn, Scotland. *Fisheries Management and Ecology*, 5(3): 241-254.

Moir H.J., Gibbins C.N., Soulsby C. et Webb J. 2004. Linking channel geomorphic characteristics to spatial patterns of spawning activity and discharge use by Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Geomorphology*, 60(1-2): 21-35.

Moir H.J., Gibbins C.N., Soulsby C. et Webb J.H. 2006. Discharge and hydraulic interactions in contrasting channel morphologies and their influence on site utilization by spawning Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 63(11): 2567-2585.

MPO 2012. Temperature threshold to define management strategies for Atlantic salmon (*Salmo salar*) fisheries under environmentally stressful conditions. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2012/019.

Nihouarn S. 2009. Portrait du bassin versant de la rivière des Escoumins, Rapport produit par le Conseil de bassin versant de la rivière des Escoumins (CBRE) et l'OBVHCN, Les Escoumins, Québec, Canada, 146 p.

NOAA Fisheries, 2021. Atlantic Salmon (Protected). Consulté le 21 décembre 2021, <https://www.fisheries.noaa.gov/species/atlantic-salmon-protected>.

OBVHCN. 2014a. Enjeux, orientations, objectifs et indicateurs de la zone de gestion intégrée de l'eau de la Haute-Côte-Nord, version finale, Organisme des bassins versants de la Haute-Côte-Nord, Les Escoumins, 13 p.

OBVHCN. 2014b. Portrait général de la zone de gestion de la ressource en eau de la Haute-Côte-Nord, Version Finale, Organisme des bassins versants de la Haute-Côte-Nord, Les Escoumins, 84 p. + Annexes.

OBVHCN. 2018. Évaluation des frayères sur la rivière des Escoumins : Un plan de conservation du saumon atlantique à l'échelle des bassins versants. 27 pages.

Økland F., Erkinaro J., Moen K., Niemelä E., Fiske P., McKinley R. S. et Thorstab E. B. 2001. Return migration of Atlantic salmon in the River Tana: phases of migratory behaviour. *Journal of Fish Biology*, 59(4): 862-874.

QGIS.org. 2021. QGIS Geographic Information System, version 3.16. QGIS Association. <http://www.qgis.org>.

R Development Core Team. 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, version 4.1.2, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.

Regroupement des Organismes de Bassins Versants du Québec (ROBVQ). 2022. Consulté le 19 janvier 2022, www.robvq.qc.ca/qui-sommes-nous.

Richard A., Bernatchez L., Valiquette E. et Dionne M. 2014. Telemetry reveals how catch and release affects prespawning migration in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 71(11): 1730-1739.

Rinaldi M., Bussetini M., Surian N., Comiti F. et Gurnell A.M. 2016. Guidebook for the evaluation of stream morphological conditions by the Morphological Quality Index (MQI), 177 p.

Reddin D.G. et Friedland K.D. 1993. Marine environmental factors influencing the movement and survival of Atlantic salmon. Ch. 4: pp. 107-103. In Derek Mills [ed.] Salmon in the sea and new enhancement strategies. Fishing News Books. 424 p.

Roni P., Beechie T., Pess G. et Hanson K. 2015. Wood placement in river restoration: fact, fiction, and future direction. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 72(3): 466-478.

Sear D.A. 1994. River restoration and geomorphology. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 4(2), 169-177.

Semple J. R. 1991. Atlantic salmon habitat survey: enhancement opportunities and problems in the Dunbar Stream, Nashwaak River, New Brunswick, 44 p.

Symons P.E. 1979. Estimated escapement of Atlantic salmon (*Salmo salar*) for maximum smolt production in rivers of different productivity. Journal of the Fisheries Board of Canada, 36(2), 132-140.

Taggart J.B., McLaren I.S., Hay D.W., Webb J.H. et Youngson A.F. 2001. Spawning success in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.): a long-term DNA profiling-based study conducted in a natural stream. Molecular ecology, 10(4): 1047-1060.

Taylor B.R., MacInni, C. et Floyd T.A. 2010. Influence of rainfall and beaver dams on upstream movement of spawning Atlantic salmon in a restored brook in Nova Scotia, Canada. River Research and Applications, 26(2) : 183-193.

Thibault G. 2008. État de l'écosystème aquatique du bassin versant de la rivière des Escoumins : faits saillants 2004-2006, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBS 978-2-550-53175-3 (PDF), 7 p.

Thorp J.H., Flotemersch J.E., Delong M.D., Casper A.F., Thoms M.C., Ballantyne F., Ford B., Williams B.S., O'Neill B.J. et Haase C.S. 2010. Linking ecosystem services, rehabilitation, and river hydrogeomorphology. BioScience, 60(1): 67-74.

Thorstad E.B., Heggberget T.G. et Økland, F. 1998. Migratory behaviour of adult wild and escaped farmed Atlantic salmon, *Salmo salar* L., before, during and after spawning in a Norwegian river. Aquaculture Research, 29(6): 419-428.

Thorstad E.B., Næsje T.F., Fiske P. et Finstad B. 2003. Effects of hook and release on Atlantic salmon in the River Alta, northern Norway. Fisheries Research, 60(2-3): 293-307.

Thorstad E.B., Økland F., Aarestrup K. et Heggberget T.G. 2008. Factors affecting the within-river spawning migration of Atlantic salmon, with emphasis on human impacts. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 18(4): 345-371.

Webb J. 1989. The movements and spawning behaviour of adult salmon in the Girnock Burn, a tributary of the Aberdeenshire Dee, 1986 (No. 40). Department of Agriculture and Fisheries for Scotland, 12 p.

Webb J.H., Gibbins C.N., Moir H. et Soulsby C. 2001. Flow requirements of spawning Atlantic salmon in an upland stream: implications for water-resource management. Water and Environment Journal, 15(1): 1-8.

Wilkie M., Brobbel M., Davidson K., Forsyth L. et Tufts B. L. 1997. Influences of temperature upon the postexercise physiology of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 54: 503-511.

Wolman M. Gordon, 1954. A Method of Sampling Coarse River-Bed Material. *American Geophysical Union*, 35(6): 951-956.

Annexe 1 – Critère de l'Indice de qualité morphologique

Résumé de Rinaldi et coll. (2016) dans une présentation par le professeur Maxime Boivin (Ph. D) de l'UQAC.

F. Formes et processus

F1 - Continuité longitudinale dans le transport de sédiments et de bois (Cours d'eau confinés et non confinés)

Évalue si la continuité longitudinale (amont aval) des sédiments et des bois en rivière est altérée par des structures humaines qui interceptent ou créent des obstacles à leur mobilité. Les principales structures artificielles sont les barrages, les seuils et les déversoirs. Les altérations peuvent être dues à des ouvrages de franchissement (ponts, gués) ou également à des épis.

F2 - Présence d'une plaine alluviale moderne (Cours d'eau confinés et non confinés)

Une rivière en équilibre dynamique construit une plaine d'inondation qui est généralement inondée pour des débits dépassant le débit plein bord. La présence d'une plaine inondable moderne et fréquemment inondée favorise plusieurs fonctions morphologiques, hydrologiques et écologiques.

F3 - Connectivité entre le corridor fluvial et les versants (Cours d'eau confinés)

Le lien entre les versants et le corridor fluvial est évalué ici dans le cas des cours d'eau confinés, car il est important pour l'approvisionnement naturel en sédiments et bois. La connectivité entre les versants et le corridor fluvial est basée sur la présence et le pourcentage sur la longueur du tronçon (la somme des deux côtés) d'éléments de déconnexion tels que les routes, ainsi que les structures de protection.

F4 - Processus d'érosion des berges (Cours d'eau non confinés)

L'érosion des berges est un processus clé contribuant à l'approvisionnement en sédiments ainsi qu'au développement de la plaine inondable et le renouvellement de la végétation et des habitats riverains. L'indicateur n'est généralement pas appliqué dans les cours d'eau à basse énergie. Dans de telles rivières, l'érosion des berges peut encore se produire, mais généralement à des taux nettement inférieurs à ceux d'autres types de rivières.

F5 - Présence d'un corridor d'érodabilité potentiel (Cours d'eau non confinés)

La présence d'un corridor potentiellement érodable est aujourd'hui largement reconnue comme un attribut positif des rivières. Cet indicateur évalue le potentiel de déplacement latéral de la rivière au cours des prochaines décennies (par opposition à l'indicateur F4 qui évalue les processus actuels d'érosion des berges).

F6 - La configuration du lit (confiné) (Cours d'eau confinés)

Les unités géomorphologiques caractérisant un cours d'eau représentent l'objectif principal des deux premiers indicateurs de morphologie (F6 et F7). Ils sont appliqués soit à un cours à chenal unique confiné (F6) ou non confiné/partiellement confiné ou à multiple (F7). Cet indicateur évalue si la présence de structures transversales a modifié la configuration attendue du lit (*cascade, step-pool, riffle-pool, dune-ripple*) basé sur la pente moyenne du lit (formes et styles fluviaux).

F7 - Unités géomorphologiques dans le chenal (Cours d'eau non confinés)

Cet indicateur concerne les caractéristiques de formes en plan des rivières alluviales et la variabilité longitudinale de la largeur du chenal (alors que les caractéristiques morphologiques en coupe

transversale sont évaluées séparément par F9). L'objectif est d'évaluer si ces caractéristiques sont celles attendues pour le style fluvial du segment (par exemple, méandres, tressage, divagant, etc.).

F8 - Unités géomorphologiques dans la plaine alluviale moderne (Cours d'eau non confinés)

Cet indicateur rend compte de la présence ou de l'absence de formes fluviales typiques (telles que les méandres abandonnés, les chenaux secondaires, etc.) qui devraient normalement exister dans une plaine inondable.

F9 - Variabilité de la section transversale (Cours d'eau confinés et non confinés)

Cet indicateur évalue la variabilité de la section transversale d'un cours d'eau (en termes de profondeur), qui est attendue pour la morphologie du chenal en raison de la présence et de l'hétérogénéité des unités géomorphologiques. L'hétérogénéité morphologique est très pertinente pour la diversité de l'habitat en rivière.

F10 - La structure du substrat (Cours d'eau confinés et non confinés)

Un cours d'eau dans des conditions naturelles présente une hétérogénéité de la taille des sédiments du lit et des bancs d'accumulation, de la structure et texture sédimentaire, sauf dans certains cas spécifiques (c.-à-d. ruisseaux avec sédiments fins).

F11 - Présence de bois mort (Cours d'eau confinés et non confinés)

Une évaluation est effectuée pour déterminer s'il existe des conditions modifiées par rapport à la présence prévue de bois en rivière le long du tronçon. Les bois en rivière comprennent les arbres, les troncs, les branches et les systèmes racinaires d'une longueur > 1 m et d'un diamètre > 10 cm.

F12 - Largeur occupée par un couvert végétal naturel (Cours d'eau confinés)

Cet indicateur évalue la largeur moyenne de la végétation riveraine fonctionnelle dans un corridor fluvial directement connecté au cours d'eau.

F13 - Étendue linéaire occupée par un couvert végétal naturel (Cours d'eau confinés et non confinés)

Cet indicateur évalue la continuité longitudinale (amont-aval) de la végétation riveraine le long des berges, exprimée en pourcentage de la longueur couverte par la végétation riveraine par rapport à la longueur totale du tronçon (sur les deux rives).

A. Structures anthropiques

A1 - Altération des débits liquides (BV) (Cours d'eau confinés et non confinés)

Cet indicateur évalue les altérations globales des débits liquides survenant en amont du tronçon (échelle du BV).

A2 - Altération des débits solides (BV) (Cours d'eau confinés et non confinés)

Une évaluation indirecte des altérations du transport sédimentaire (échelle du BV) est obtenue sur la base de la présence d'ouvrages qui interceptent le transport de sédiments en charge de fond (barrages, barrages de contrôle, déversoirs), en tenant compte de leur aire de drainage par rapport à l'aire de drainage du tronçon à l'étude.

A3 - Infrastructures altérant le régime hydrologique à l'échelle du tronçon (Cours d'eau confinés et non confinés)

Ceci est évalué de la même manière que A1, mais il se réfère aux interventions à l'échelle du tronçon à l'étude.

A4 - Infrastructures altérant les flux solides à l'échelle du tronçon (Cours d'eau confinés et non confinés)

Cet indicateur est basé sur la typologie et la fréquence des structures interceptant le transport sédimentaire en charge de fond le long du tronçon à l'étude (échelle du tronçon).

A5 - Présence de traverses de cours d'eau (Cours d'eau confinés et non confinés)

Cet indicateur tient compte de la présence et de la fréquence des ouvrages de franchissement, y compris les ponts, les passages à gués et les ponceaux, qui peuvent réduire ou intercepter le transport des sédiments et du bois. Seul les ponts et ouvrages qui interfèrent avec le corridor fluvial sont considérés.

A6 - Présence de mesures de protection contre l'érosion des berges (Cours d'eau confinés et non confinés)

Différents types de protection des berges sont à considérer pour cet indicateur, car ils modifient l'apport en sédiments et en bois en limitant ou arrêtant la mobilité latérale du chenal, y compris les berges enrochées (blocs, gabions, épis) et les armatures souples (bio-ingénierie).

A7 - Présence de digues (levées artificielles) (Cours d'eau non confinés)

Cet indicateur rend compte de la présence et de la position des levées artificielles (ou remblais) le long du tronçon. Ils ont un effet sur la continuité hydrologique latérale empêchant l'inondation naturelle des zones adjacentes à la rivière. Il est basé sur leur continuité longitudinale et leur distance par rapport au cours d'eau.

A8 - Rectification du tracé fluvial/dragage (Cours d'eau non confinés)

Cet indicateur tient compte des changements artificiels passés du tracé de la rivière (périodes récentes ou historiques).

A9 - Autres infrastructures de stabilisation du lit (Cours d'eau confinés et non confinés)

Cet indicateur tient compte des autres ouvrages de franchissement qui, en général, provoquent une augmentation de la rigidité du lit, du pavage ou de stabilisation du lit, mais sans altérer significativement le transport des sédiments et de bois. Il s'agit notamment d'éléments construits et installés sur le lit pour réduire l'incision, souvent en association avec des ponts ou pour le rehaussement du niveau d'eau. L'indicateur tient compte de la fréquence ou du pourcentage et du type de structure de stabilisation du lit (perméable ou imperméable).

A10 - Retrait des sédiments (dragage) (Cours d'eau non confinés)

Cet indicateur vise à fournir une évaluation de l'existence et de l'intensité relative au dragage des sédiments dans un tronçon de cours d'eau.

A11 - Retrait du bois mort (Cours d'eau confinés et non confinés)

Le démantèlement d'embâcles et le retrait du bois peuvent être effectués périodiquement par divers organismes publics chargés de la gestion et de l'entretien des rivières (voir guide bois mort).

A12 - Gestion de la bande riveraine et de la végétation aquatique (Cours d'eau confinés et non confinés)

La végétation riveraine dans un corridor fluvial (berges, plaine inondable, terrasses récentes) et dans le cours d'eau (îles matures et espèces pionnières) remplit plusieurs fonctions morphologiques et écosystémiques, notamment en fournissant du bois (provenant de la mort naturelle des arbres, de l'érosion des berges, des renversements et bris occasionnels, ou des processus de pente dans des cours d'eau confinés).

C. Changements historiques

C1 - Ajustement du style fluvial (indice de tressage ou de sinuosité*) depuis 1960 (Cours d'eau confinés et non confinés)

Cet indicateur évalue l'occurrence et l'intensité des ajustements dans la configuration morphologique d'un cours d'eau, c'est-à-dire le changement dans le style fluvial (méandre, divagant, seuil mouille, etc.). Les cas où une cause naturelle d'ajustement est clairement reconnue (par exemple, un glissement de terrain ou une crue majeure qui détermine le changement de dans le style fluvial) ne sont pas évalués comme une altération.

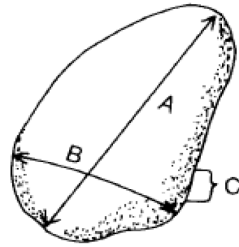
C2 - Ajustement de la largeur active depuis 1960 (Cours d'eau confinés et non confinés)

Cet indicateur évalue les changements dans la largeur du chenal à partir d'une période comprise dans l'intervalle des années 1930 1960 à nos jours.

C3 - Ajustement du niveau du lit depuis 1960 (Cours d'eau confinés et non confinés)

Cet indicateur tient compte de l'occurrence et du niveau d'ajustements du lit d'un cours d'eau (incision ou aggradation). Les changements au niveau du lit dans les cours d'eau alluviaux peuvent être causés par des changements au niveau des facteurs contrôlant la morphologie du, en particulier par des altérations du débit liquide et solide (balance de Lane, 1955).

Annexe 2 – Schéma de la mesure de Wolman



- (A) Long axis
- (B) Intermediate axis
- (C) Short axis

The intermediate axis is the pebble's diameter.

Figure 39. Schéma de la mesure de Wolman, tiré du *Department of Environmental Protection (2022)*

Annexe 3 – Résumé de l'effort d'échantillonnage des fosses

Tableau 6. Résumé de l'effort d'échantillonnage des fosses par les thermographes

Nom de la station	Nombre de mesures	(En 2021) Date de		Nombre de jours	Nom de la station	Nombre de mesures	(En 2021) Date de		Nombre de jours
		Début	Fin				Début	Fin	
PC	11338	06-10	10-06	119	F49_amo	9413	07-06	10-12	99
f10_fos	11805	06-11	10-12	124	F49_air	9221	07-08	10-12	97
f10_amo	11804	06-11	10-12	124	F51_fos	10070	06-29	10-12	106
f10_air	11804	06-11	10-12	124	F51_amo	10068	06-29	10-12	106
F11_fos	7964	07-27	10-18	84	F52_fos	10075	06-29	10-12	106
f23_fos	11805	06-11	10-12	124	F52_amo	10073	06-29	10-12	106
f23_amo ¹	11806	06-11	10-12	124	F59_fos	10080	06-29	10-12	106
f23_air	11805	06-11	10-12	124	F59_amo	10078	06-29	10-12	106
F35_fos	9414	07-06	10-12	99	F59_air	10079	06-29	10-12	106
F35_amo	9411	07-06	10-12	99	f60_fos	11799	06-11	10-12	124
F35_air	9218	07-08	10-12	97	f61_fos	11802	06-11	10-12	124
F47_fos	10067	06-29	10-12	106	F61_amo ¹	11810	06-11	10-12	124
F47_amo	10065	06-29	10-12	106	f61_air	11801	06-11	10-12	124
F49_fos	9417	07-06	10-12	99	-	-	-	-	-

1 : Thermographe du MFFP (2021)

Annexe 4 – Figures complémentaire de température de l'eau

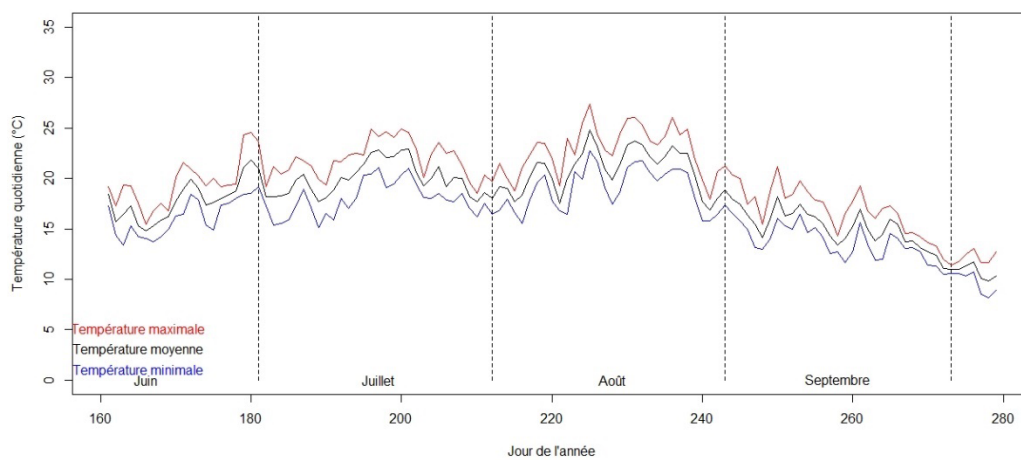
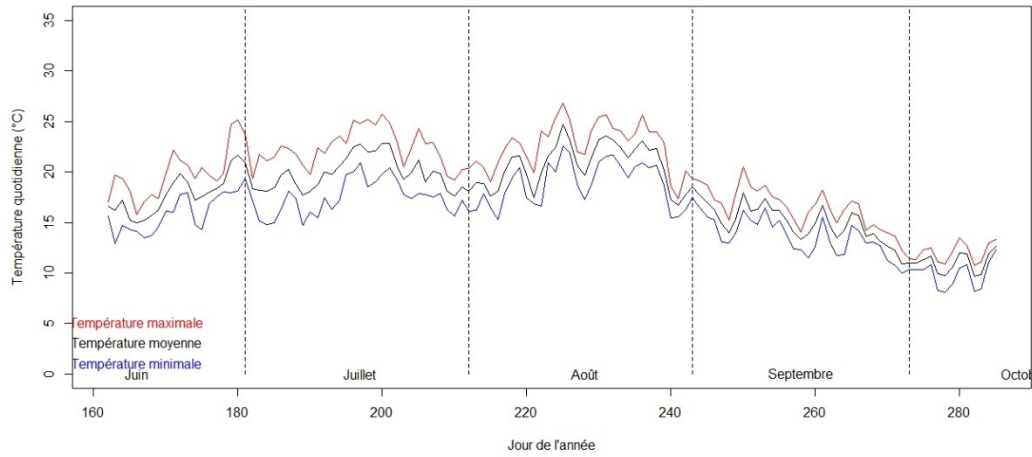
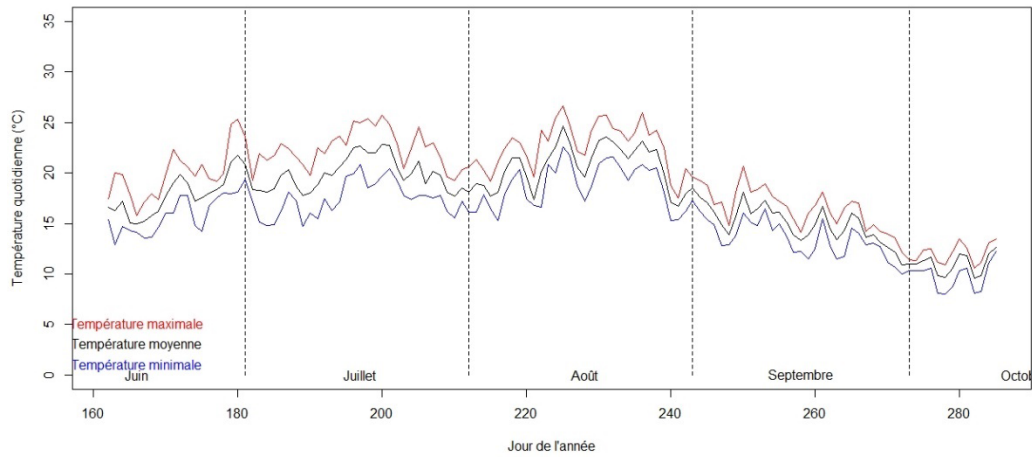


Figure 40. Température de l'eau au niveau du Parc des Chutes

a) Fosse



b) Amont



c) Air

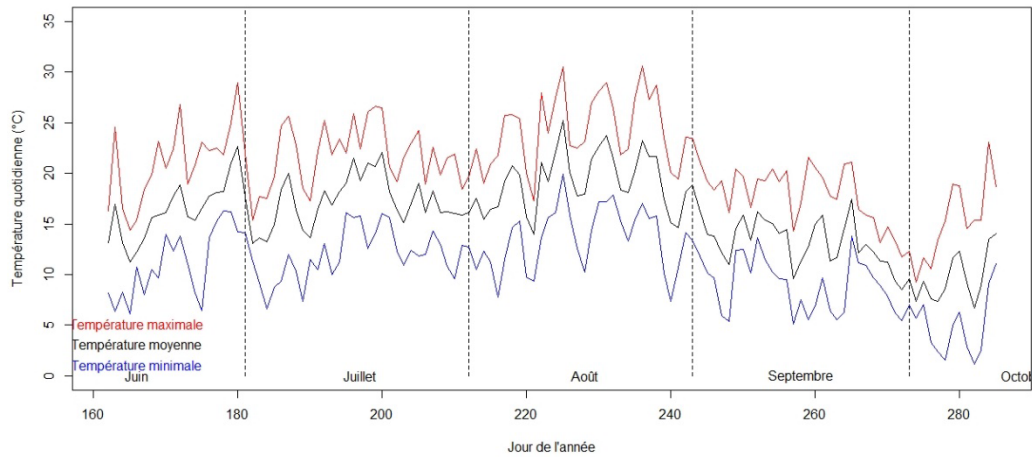


Figure 41. Température de l'eau et de l'air à la fosse 10

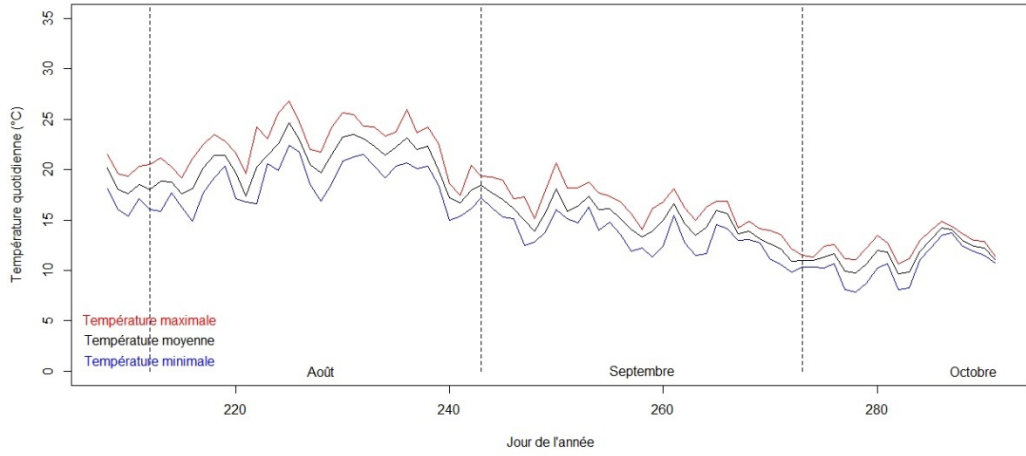
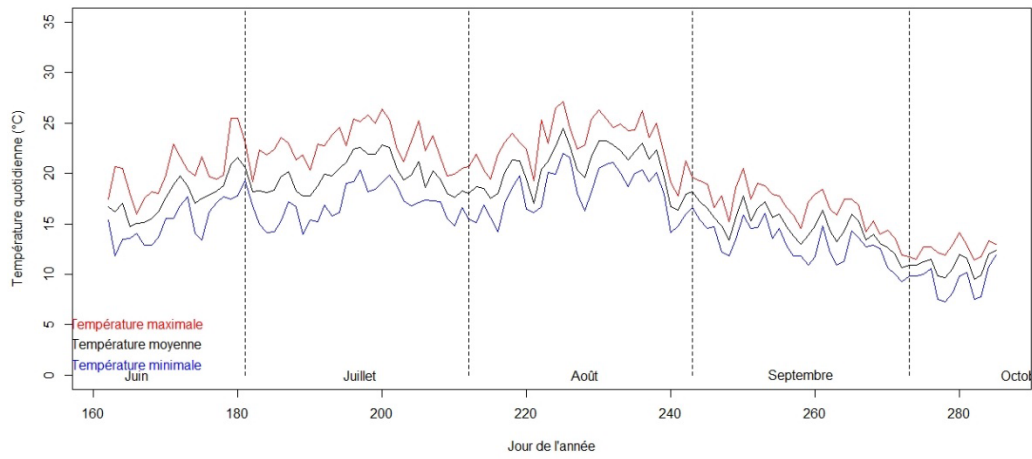


Figure 42. Température de l'eau à la fosse 11

a) Fosse



b) Air

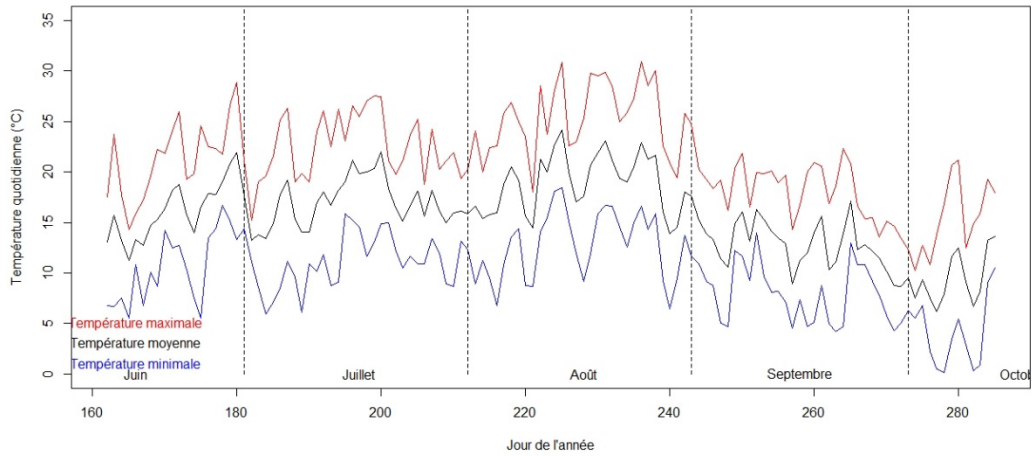
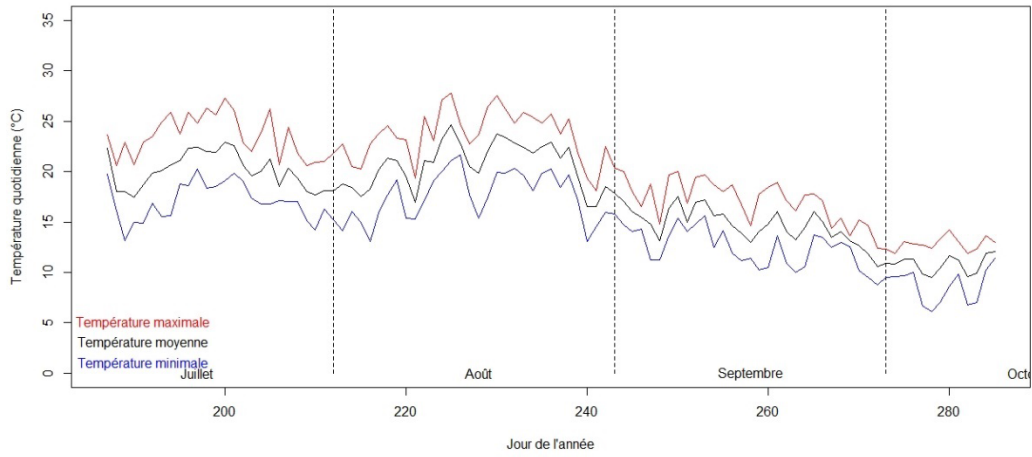
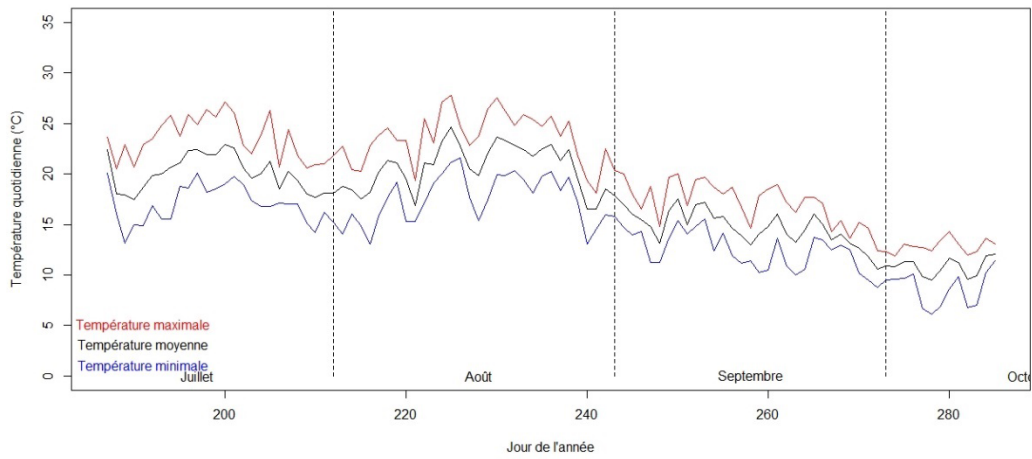


Figure 43. Température de l'eau et de l'air à la fosse 23

a) Fosse



b) Amont



c) Air

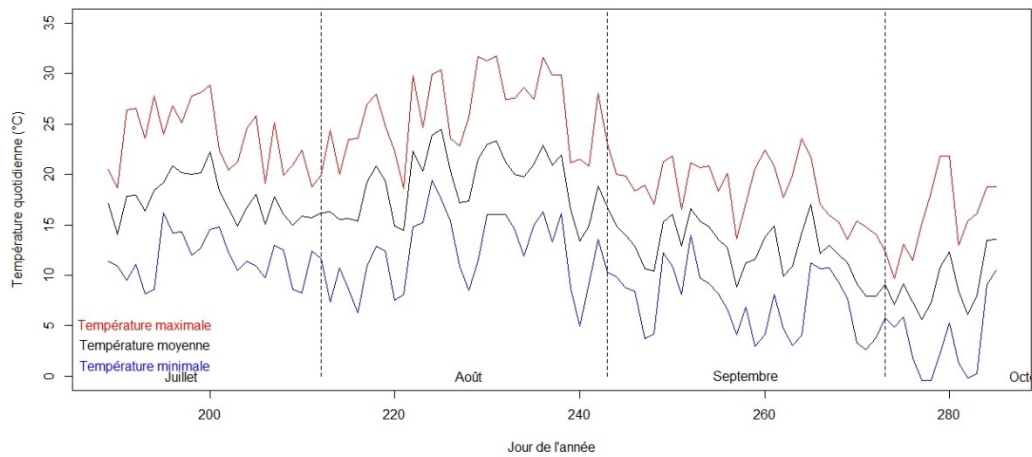
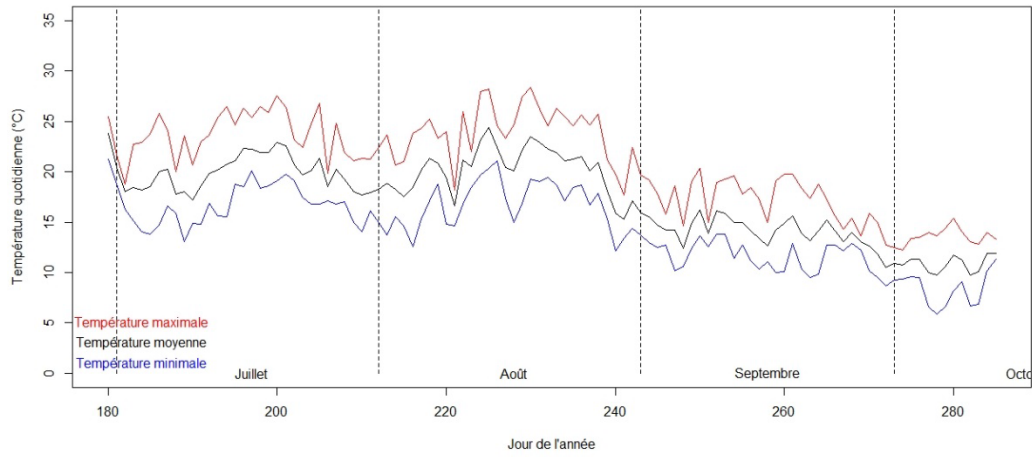


Figure 44. Température de l'eau et de l'air à la fosse 35

a) Fosse



b) Amont

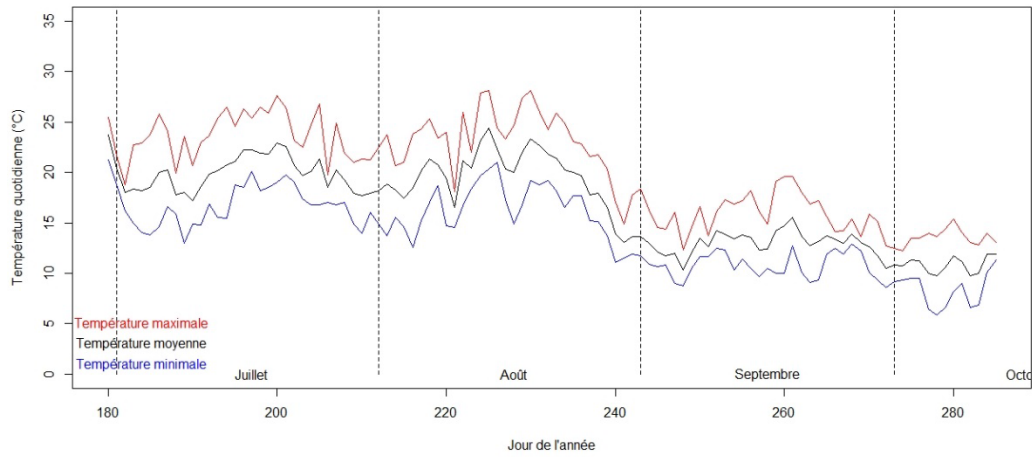
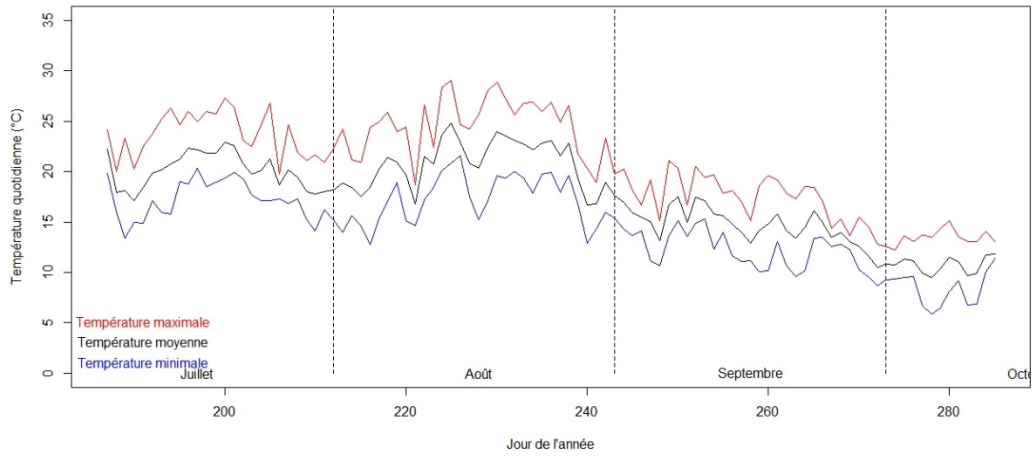
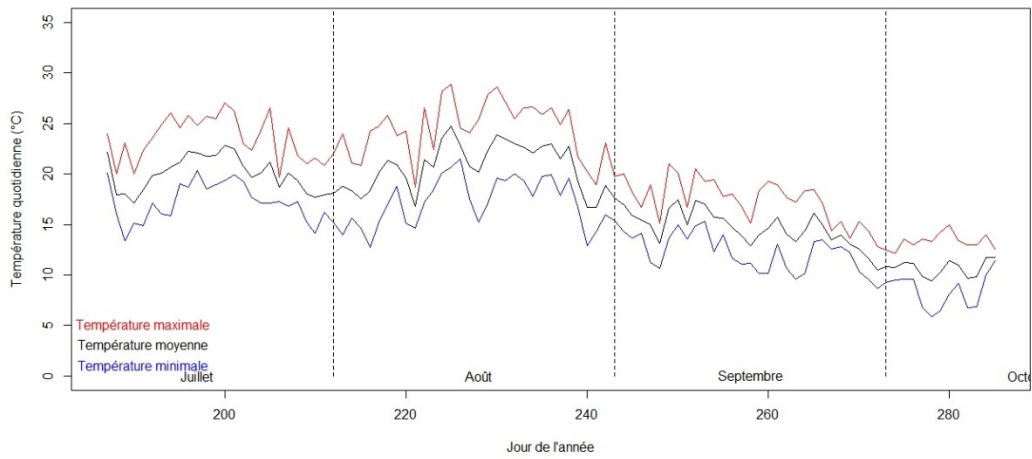


Figure 45. Température de l'eau et de l'air à la fosse 47

a) Fosse



b) Amont



c) Air

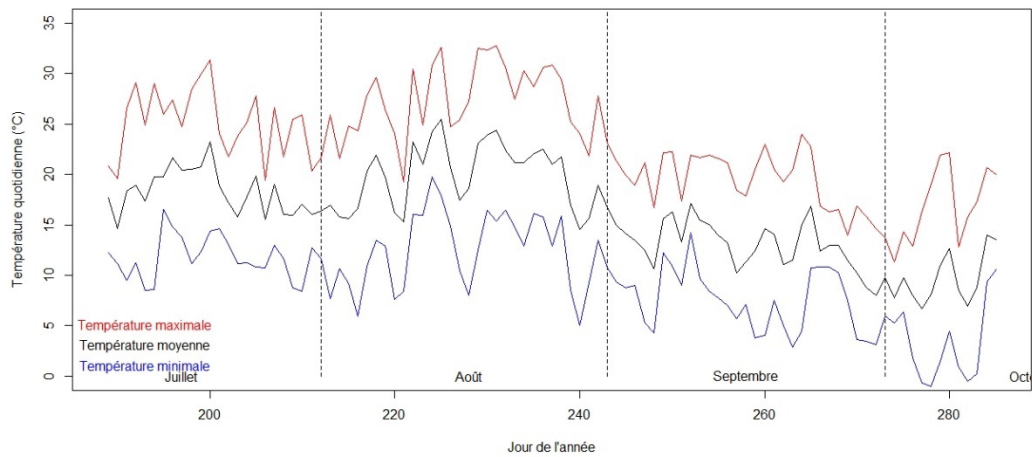
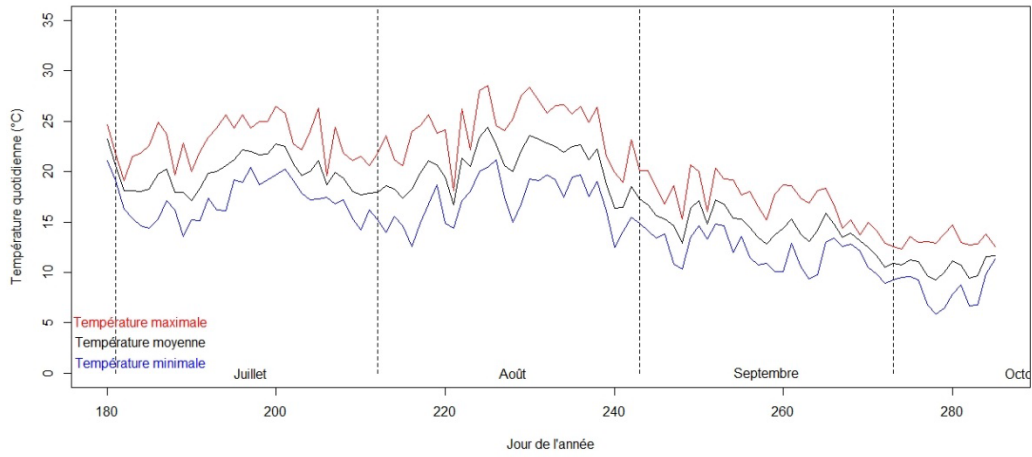


Figure 46. Température de l'eau et de l'air à la fosse 49

a) Fosse



b) Amont

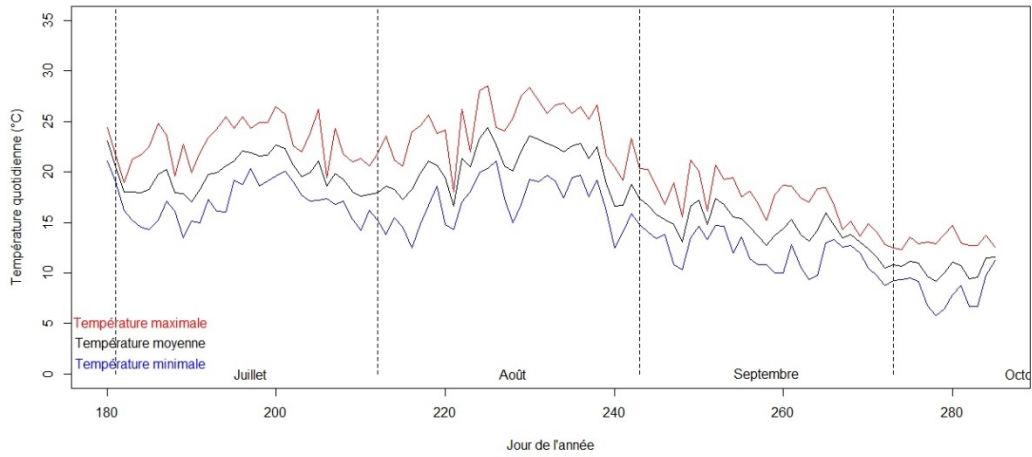
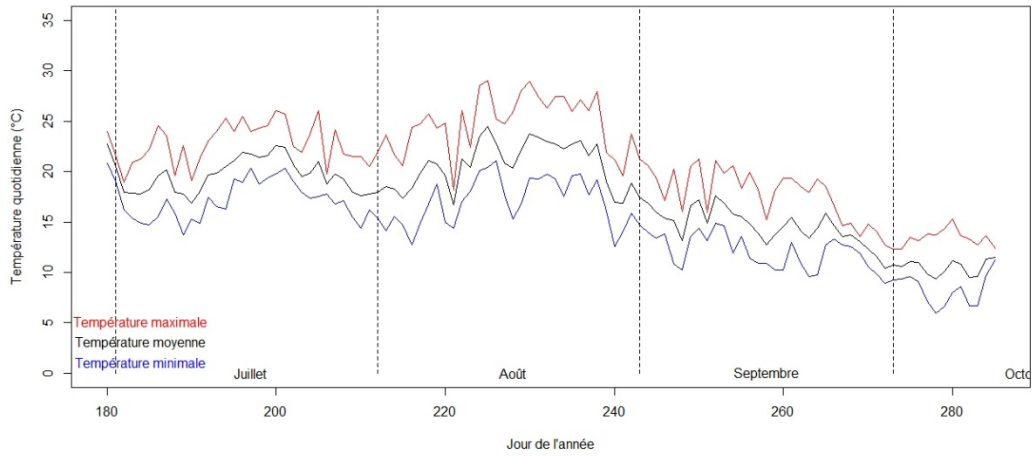


Figure 47. Température de l'eau à la fosse 51

a) Fosse



b) Amont

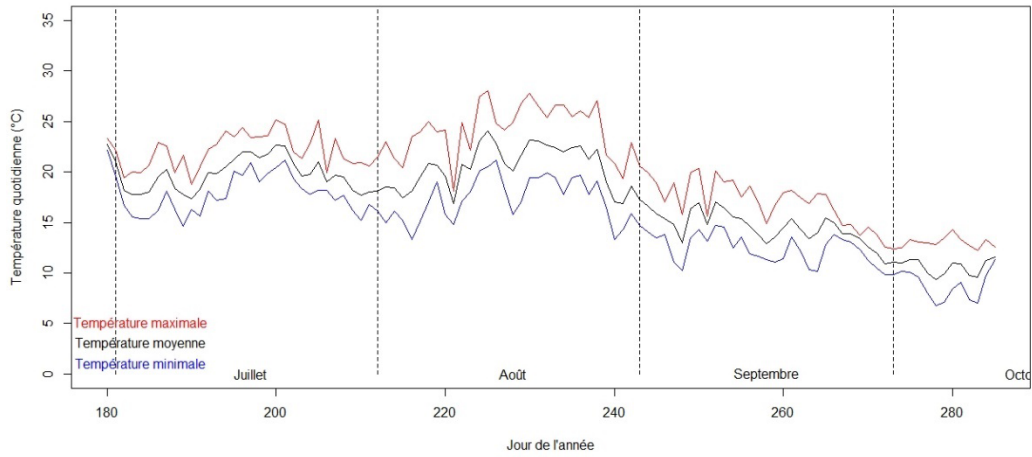
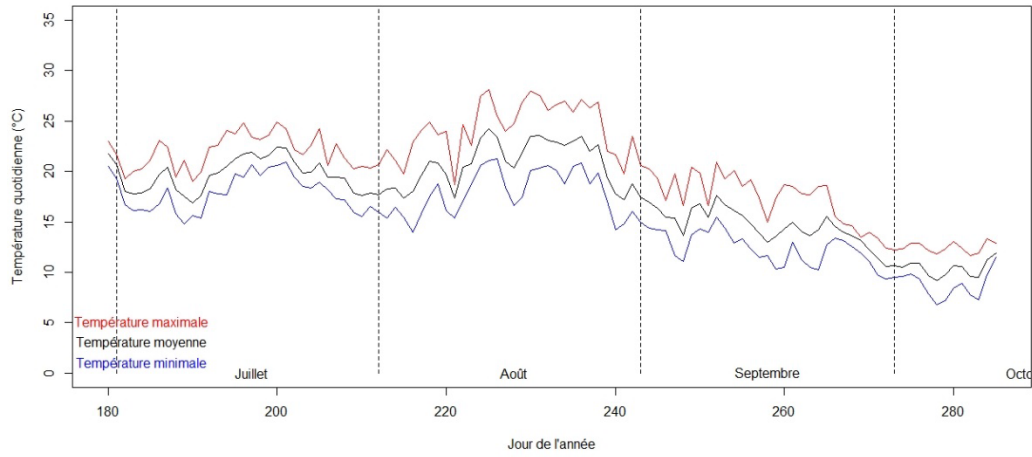
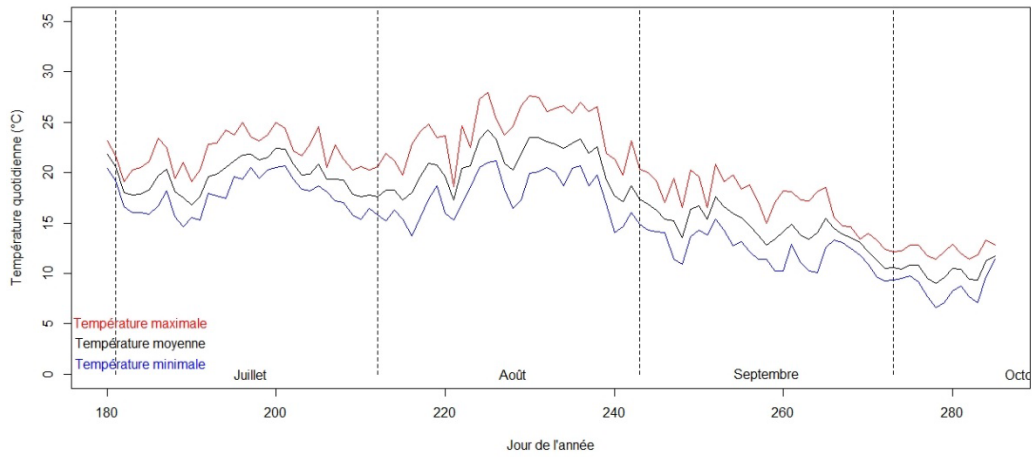


Figure 48. Température de l'eau à la fosse 52

a) Fosse



b) Amont



c) Air

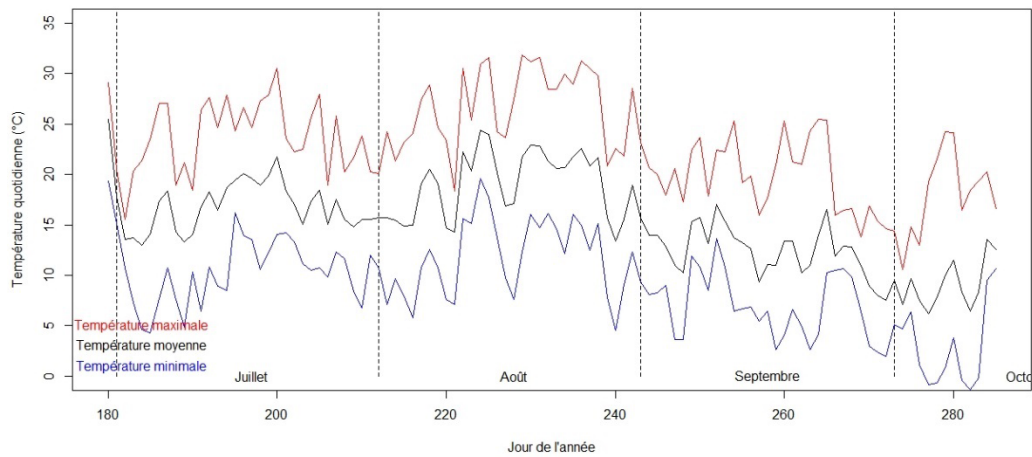
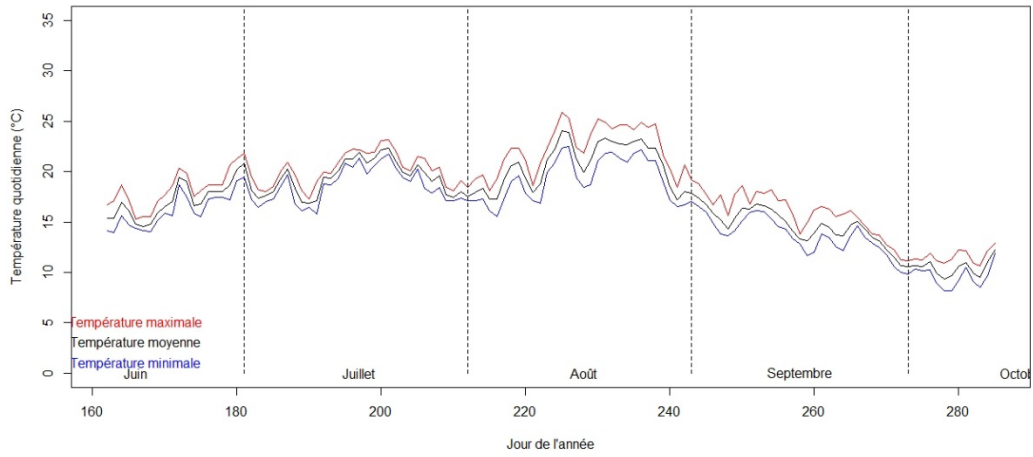
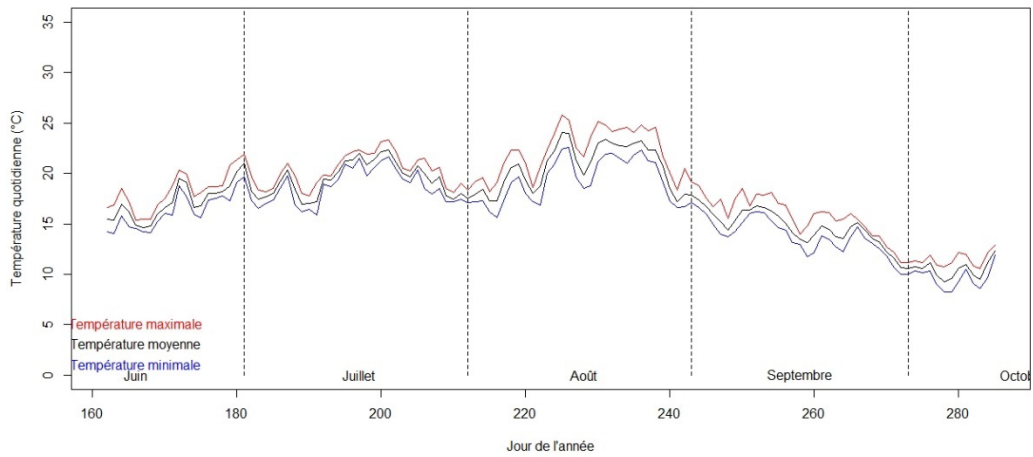


Figure 49. Température de l'eau et de l'air à la fosse 59

a) Fosse 60 (aval de 61)



b) Fosse 61 (amont de 60)



c) Air (à la 60 et 61)

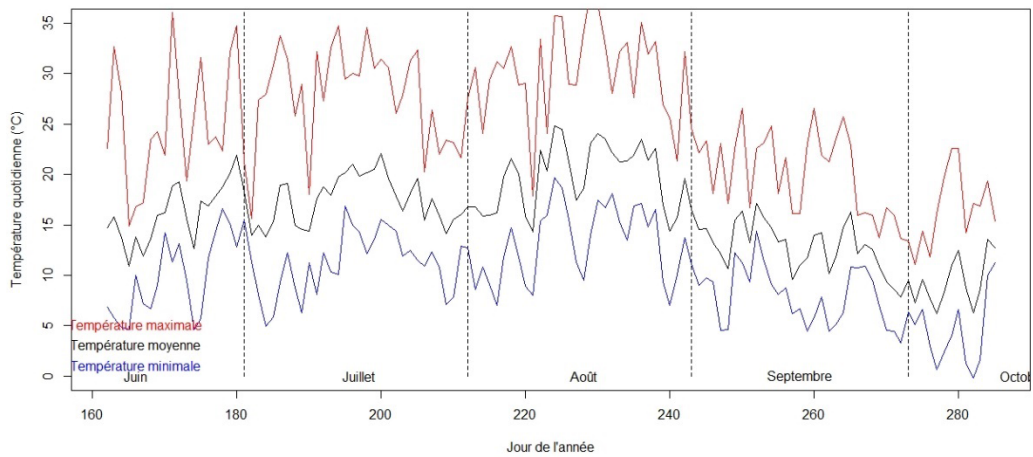


Figure 50. Température de l'eau et de l'air à la fosse 60 et 61

Annexe 5 – Tableaux détaillés des observations de nids

Tableau 7. Nombre de nids de saumon atlantique repéré sur la rivière des Escoumins par date d'observation pour le mois d'octobre 2021

Nom du secteur	Distance (km)	Longueur (km)	Nombre de nids repéré par date du mois d'octobre 2021																												
			11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31								
Fosse 10 aval	5,0 à 5,1	0,1			0											0															
Fosse 11 aval	5,5 à 5,8	0,3														1															
Fosse 11 amont	5,8 à 5,9	0,1														0															
Fosse 23 amont	10,0 à 10,1	0,1			0											0															
Shack aval	13,3 à 13,9	0,6										0															0				
Shack amont	13,9 à 14,4	0,5										0															0				
Rivière Cassette	17,1	0 ¹	0																												
Fosse 43	17,8 à 18,4	0,6										0																			
Fosse 45 aval	18,6 à 18,9	0,3																													
Fosse 45 amont	18,9 à 19,3	0,4										1						1									1				
Km 16 aval	20,2 à 20,5	0,3										0															0				
Km 16 amont	20,5 à 20,8	0,3										0															0				
Fosse 52 aval	24,6 à 25,2	0,6									0																0				
Fosse 52	25,5 à 25,7	0,2																									0				
Rivière Polette	25,9	1 ¹	0																												
Fosse 52 amont	26,0 à 26,3	0,3									0																0				
Fosse 58 aval	28,6 à 28,9	0,3									0																0				
Fosse 58 amont	28,9 à 29,2	0,3									0																0				
Total ²	NA	6,3		0	0						0	1						2									2				

Date d'observation / Nid(s) confirmé(s) / Nid(s) potentiel(s) / Fin de semaine

1 : Dans le tributaire

2 : Cumulatif durant la saison

Tableau 8. Nombre de nids de saumon atlantique repéré sur la rivière des Escoumins par date d'observation pour le mois de novembre 2021

Nom du secteur	Distance (km)	Longueur (km)	Nombre de nids repéré par date du mois de novembre 2021													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Fosse 10 aval	5,0 à 5,1	0,1				0					0					
Fosse 11 aval	5,5 à 5,8	0,3			2					2						
Fosse 11 amont	5,8 à 5,9	0,1			0					0						
Fosse 23 amont	10,0 à 10,1	0,1			0					0						
Shack aval	13,3 à 13,9	0,6			0					0						
Shack amont	13,9 à 14,4	0,5			0					0						
Rivière Cassette	17,1	0 ¹														
Fosse 43	17,8 à 18,4	0,6			0											
Fosse 45 aval	18,6 à 18,9	0,3				0				0						
Fosse 45 amont	18,9 à 19,3	0,4				1				1						
Km 16 aval	20,2 à 20,5	0,3				0					0					
Km 16 amont	20,5 à 20,8	0,3				0					0					
Fosse 52 aval	24,6 à 25,2	0,6				0					0					
Fosse 52	25,5 à 25,7	0,2				0										
Rivière Polette	25,9	1 ¹									0					
Fosse 52 amont	26,0 à 26,3	0,3				0										
Fosse 58 aval	28,6 à 28,9	0,3				0					0					
Fosse 58 amont	28,9 à 29,2	0,3				0					0					
Total ²	NA	6,3			3	3				3	0					

Date d'observation / Nid(s) confirmé(s) / Nid(s) potentiel(s) / Fin de semaine

1 : Dans le tributaire

2 : Cumulatif durant la saison