

**MÉMOIRE SUR LES ENJEUX, PRÉOCCUPATIONS ET PISTES DE SOLUTION SUR
L'ADAPTATION DE L'INDUSTRIE DE LA PÊCHE AU SAUMON DU QUÉBEC FACE
AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES**



Fondation 
SAUMON
Pour les rivières du Québec


FQSA



Équipe de réalisation

Rédaction, recherche et révision

Myriam Bergeron
Directrice générale
Fédération québécoise pour le saumon atlantique

Alexandra Déry
Chargée de projets, Biologiste, M. ATDR
Fédération québécoise pour le saumon atlantique

Révision

Pierre-Olivier Fortin
Coordonnateur gestion des rivières
Fédération québécoise pour le saumon atlantique

Rémi Lesmerises
Directeur général
Société de gestion des rivières de Gaspé inc.

Référence à citer :

FQSA. 2022. Mémoire sur les enjeux, préoccupations et pistes de solution sur l'adaptation de l'industrie de la pêche au saumon du Québec face aux changements climatiques, Québec, Qc, 32 p. et annexes.

Remerciements

La rédaction de ce projet a été rendue possible grâce au financement de la Fondation pour la conservation du saumon atlantique (FCSA) et de la Fondation Saumon.

Table des matières

SOMMAIRE	5
1. L'IMPACT SUR LES RIVIÈRES	8
1.1. Hydrologie	9
1.1.1 Étiages et crues	9
a. Effet amplificateur de l'augmentation de la température	10
b. Effet amplificateur de la qualité de l'eau.....	11
c. Effet sur les mouvements migratoires et la connectivité des habitats	12
d. Effet des étiages hivernaux sur la survie des œufs et des juvéniles.....	12
1.1.2. Bilan sédimentaire	14
a. Crues avec sédiments et impacts sur les habitats	15
b. Colmatage des frayères par les sédiments fins.....	15
c. Habitats de taconnage (juvéniles).....	16
1.2. Température	17
1.2.1 Impacts directs sur le saumon	17
1.2.2 Importance des refuges thermiques.....	18
2. LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET LES IMPACTS EN MER	20
2.1. Température, prédateurs et aires d'alimentation	20
3. L'IMPACT SUR LA PÊCHE (EAU CHAUDE)	22
3.1. Enjeux des gestionnaires de rivières et du ministère des Forêts de la Faune et des Parcs (MFFP)	22
3.1.1 Remise à l'eau : enjeux et défis.....	23
3.2. Protocole de gestion de la pêche au saumon adaptée aux conditions thermiques des rivières	24
3.2.1. Recommandations des experts du MPO.....	24
3.2.2. Exemple du Nouveau-Brunswick	25
3.2.3. Projet pilote du MFFP : implication des gestionnaires dans le processus de décision.....	25
3.2.4. Recommandations de la FQSA.....	28
CONCLUSION	31
RÉFÉRENCES	32

SOMMAIRE

Les scientifiques étudient les variations climatiques du climat depuis des décennies, mais il est maintenant évident que notre planète vit des bouleversements importants. Les écosystèmes et les événements météorologiques sont intimement liés au cycle de l'eau et ses différents changements de forme physiques. Il est nécessaire de prendre en considération ces changements sur nos activités afin de s'assurer de la pérennité des écosystèmes.

Les impacts directs et indirects sur le saumon atlantique sont nombreux. L'augmentation de la température moyenne de l'eau et de l'augmentation de certains événements extrêmes, comme les crues ou les étiages, bouleversent le cycle de vie du saumon. De plus, plusieurs éléments ont des impacts variés sur ses habitats, notamment les frayères, les fosses et les refuges thermiques. Évidemment, il est important de comprendre ces impacts indirects sur la biologie du saumon puisque ces informations nous permettront d'ajuster nos cadres de gestion des ressources et du territoire, qui devront continuer d'assurer la pérennité du saumon atlantique.

À la lumière de consultations avec les délégataires de la gestion de la pêche au saumon du Québec, de plusieurs scientifiques, dont le comité scientifique de la FQSA, ainsi que d'une recherche approfondie, des recommandations importantes ont été formulées, tant pour la gestion de la pêche en eau chaude (court terme) que pour l'adaptation de ce secteur récréotouristique aux changements climatiques (moyen-long terme).

Dans un premier temps, il est **essentiel de poursuivre les efforts de recherche et d'acquisition de données** sur la thermie des rivières à saumon du Québec, tant pour les actions à court terme qu'à long terme. De nombreuses recherches utilisant des technologies et des analyses de pointe sont en cours, mais il y a encore un manque important de données terrain pour valider et préciser ces modèles. Il est également nécessaire de poursuivre l'acquisition de données sur les habitats du saumon atlantique, notamment en ce qui concerne l'utilisation des tributaires par les juvéniles du saumon, qui ne sont malheureusement pas encore reconnus comme des habitats du saumon atlantique dans la réglementation.

La FQSA salue le démarrage d'un **projet pilote de gestion de la pêche en eau chaude par le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP)**. Ce projet pilote doit se poursuivre et intégrer toutes les rivières volontaires qui désirent y adhérer, particulièrement celles qui sont hautement susceptibles de vivre des épisodes d'eau chaude. Le projet pilote donne de la flexibilité et doit être évalué de façon annuelle avec les acteurs du milieu et la FQSA afin d'en produire une version adaptée à la situation, qui pourra éventuellement être ensachée dans la prochaine mouture du Plan de gestion du saumon atlantique en 2026. Il est **essentiel de développer des outils d'aide à la décision** (par exemple des outils cartographiques de prévision des températures sur différents tronçons de rivière, obtenus par modélisation) pour les délégataires, outils qui faciliteront également la compréhension par les usagers.

La sensibilisation et l'éducation demeurent toujours nécessaires à la pérennité de nos mesures et à des changements dans les pratiques des usagers. À l'instar de la pêche avec remise à l'eau, les meilleures pratiques de pêche en eau chaude (incluant le fait de ne pas aller pêcher) doivent être intégrées dans la culture de la pêche au saumon. À cela, la FQSA poursuivra sa mission d'éducation de la clientèle afin de limiter l'impact de la pêche sportive sur le saumon atlantique.

La protection des habitats sensibles du saumon atlantique, particulièrement les refuges thermiques, constitue notre meilleure voie de réussite à long terme pour assurer la santé des populations de saumon. En effet, il est essentiel que des sommes soient prévues dès maintenant et octroyées de façon cohérente pour améliorer les habitats, revégétaliser les berges (contrôle de température), restaurer le libre passage du poisson et la connectivité des habitats. Plusieurs pratiques d'utilisation du territoire, tant dans les contextes municipaux que forestiers en passant par les terres agricoles, devront être revues pour prendre en considération la pérennité des populations de saumon atlantique.

La FQSA se veut un acteur positif et constructif pour qui la pérennité des populations de saumon est au cœur de nos prises de décision. Au Québec, nous avons la chance d'avoir des populations de saumon qui sont encore en santé, et qui soutiennent le développement durable de la pêche sportive, un levier important de l'économie des régions salmonicoles. Ce secteur d'activité, soutenu en grande partie par des organismes sans but lucratif, est non seulement vecteur de la conservation de la faune et de la mobilisation des usagers, il fait aussi partie du lien social et culturel qui nous unit à la nature.

INTRODUCTION

Les scientifiques étudient les variations climatiques du climat depuis des décennies, mais il est maintenant évident que notre planète vit des bouleversements importants. Les écosystèmes et les événements météorologiques sont intimement liés au cycle de l'eau et ses différents changements de forme physiques. L'eau se transforme et se déplace, suivant son cycle naturel, entre mers, océans, lacs, rivières, atmosphère, sols et végétaux. Il faut donc revenir à la base et comprendre les interactions entre les milieux, le vivant et la température pour comprendre les événements qui affectent nos rivières et les saumons qui s'y trouvent.

Tout d'abord, l'eau subit un phénomène d'évaporation lorsque le soleil réchauffe l'atmosphère. Elle se retrouve dans l'air sous forme de vapeur d'eau, et est déplacée sous l'action des vents. Lorsque la vapeur d'eau entre en contact avec des zones plus froides, elle se condense en fines gouttelettes et forme des nuages. Lorsque les nuages deviennent trop lourds, chargés de toutes les gouttelettes d'eau, ils se déchargent et l'eau tombe sous forme de pluie et de neige selon la température de ce nouvel environnement. Les précipitations tombent au sol, et selon les caractéristiques des sols et de l'environnement, l'eau ruisselle, s'infiltre ou s'accumule. L'eau finit donc par retourner jusqu'aux rivières, aux fleuves, aux océans, aux nappes phréatiques et à la végétation. Puis, tout recommence dans un cycle infini.

Ainsi, lorsqu'on parle de réchauffement climatique, c'est l'ensemble des processus impliqués dans le cycle de l'eau qui s'accélèrent. On retrouve davantage de vapeur d'eau dans l'atmosphère et une diminution de l'eau à l'état liquide disponible pour nos cours d'eau. De plus, l'eau qui s'évapore sur un territoire donné ne retombera pas au même endroit. On a longtemps parlé du réchauffement climatique, une appellation un peu confondante puisqu'elle fait référence au fait que la température moyenne de toute la planète augmente plutôt qu'aux différentes réalités régionales qui peuvent être singulières et qui dépassent bien souvent la notion de température (Bergeron, 2017). On assiste donc à des phénomènes extrêmes plus fréquents et plus puissants, et des régions du monde qui seront touchées par certains événements uniquement. D'un côté ce sont des pluies violentes, de l'autre de longues périodes de sécheresse.

Tandis que les modifications du régime mondial de précipitations sont difficiles à préciser, des tendances significatives ont été observées à plus petite échelle. Au Canada, par exemple, la précipitation moyenne annuelle a augmenté d'environ 12% entre 1950 et 2009 (Dugdale, 2014). La forte augmentation de la température des régions nordiques se traduira aussi par une hausse des précipitations en fonction du scénario d'émission (IPCC, 2013). Cela sera particulièrement prononcé en hiver, où les hivers plus humides, doux et orageux deviendront la norme (Dugdale, 2014).

1. L'IMPACT SUR LES RIVIÈRES

Les changements climatiques et le réchauffement global de la planète, c'est donc plus que le réchauffement de l'air. L'augmentation de la force et fréquence des événements extrêmes entraîne des inondations, des périodes d'étiages plus sévères, une modification des paramètres physicochimiques et bactériologiques des cours d'eau dus aux lessivages des sols, l'érosion des berges et des sols et, à l'inverse, l'accumulation de sédiments.

Les rivières sont donc directement touchées par ces événements, puisque les changements climatiques viennent bouleverser l'équilibre dynamique de ces dernières. En effet, les rivières sont des entités dynamiques évoluant dans le temps et l'espace afin d'atteindre un certain état d'équilibre. Mais en réalité, cet équilibre n'est jamais vraiment atteint puisque les perturbations extérieures et la fréquence des processus hydrogéomorphologiques naturels viennent constamment les bouleverser. Les cours d'eau sont donc en constante évolution et l'étude de ces dernières doit prendre en considération ces états dynamiques et considérer les rivières comme des entités continuellement instables (Bérubé et Boivin, 2021).

L'hydrogéomorphologie se définit par l'étude des processus, des formes et des rétroactions inhérentes à la dynamique fluviale et de leur évolution à différentes échelles spatiales et temporelles. On retrouve trois paramètres, ou composantes fondamentales, qui sont toutes interreliés et qui vont avoir un impact sur l'évolution dans le temps et l'espace de la dynamique d'une rivière. Ces composantes sont la morphologie du cours d'eau, la structure d'écoulement (hydrologie) et le transport sédimentaire.

Lorsque les changements climatiques viennent affecter les divers paramètres des rivières, ce sont des stades cruciaux pour la survie des populations de saumon qui sont touchées et qui peuvent altérer le déroulement normal de la reproduction et du développement des œufs, puis des juvéniles. En effet, les rivières sont les pouponnières des saumons, là où se déroulent la reproduction et le développement des juvéniles.

Pour déterminer l'utilisation d'une rivière par le saumon atlantique, trois variables principales pour l'habitat physique des différents stades de vie doivent être prises en compte; la profondeur de l'eau, la vitesse de l'eau et le substrat. La composition du substrat et l'écoulement sont interreliés, puisque la distribution des différents types de substrat à l'intérieur d'une rivière est généralement déterminée par les composantes de la vitesse en vigueur. En effet, lorsque le courant se révèle avoir une plus grande vitesse, le substrat est plus grossier ou plus compact, tandis que des substrats moins grossiers sont associés à de faibles vitesses (Cercere, 2017).

De plus, une hausse des débits, causée, par exemple, par une augmentation des précipitations ou des redoux hivernaux, couplés à l'augmentation de la structure d'écoulement de la rivière provoquera la mise en transport des sédiments se trouvant emmagasinés au niveau du lit et des berges. Ces sédiments peuvent alors aller se déposer en aval à plusieurs endroits sur la rivière et former de nouveau banc d'accumulation là où il n'y en avait pas auparavant. On pourra donc voir des processus d'aggradation sur la rivière, parfois à des endroits non désirés, comme dans les zones de reproduction, les frayères, ou dans les fosses utilisées par le saumon (Bérubé et Boivin, 2021).

1.1. Hydrologie

Si on se tourne maintenant vers la situation sur les rivières à saumon du Québec, la forte augmentation des événements météorologiques extrêmes causée par les changements climatiques va aussi accentuer d'autres phénomènes visibles. Entre autres, la hausse des températures fait augmenter les redoux hivernaux et les précipitations, créant ainsi des embâcles de glaces à plusieurs endroits et, au printemps ou lors de pluies hivernales, des rivières qui sortent de leur lit. On assiste donc à un changement dans la mobilité générale des cours d'eau et de leur équilibre, qui ont des impacts non seulement sur les espèces qui y vivent, mais également sur les humains et les infrastructures à proximité des rivières.

Depuis plusieurs années, le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) a développé une expertise des milieux hydriques très avancée. Entre autres, l'Atlas hydroclimatique du Québec méridional décrit le régime hydrique actuel et futur du Québec méridional dans le but de soutenir la mise en œuvre de pratiques de gestion de l'eau résilientes aux changements climatiques. Il rend facilement accessible, à l'aide de cartes interactives, une description quantitative de la projection du régime d'écoulement pour 1 500 tronçons de rivières du Québec méridional. Cet outil dynamique présente la direction et l'ampleur des changements anticipés aux horizons 2030, 2050 et 2080 pour 28 indicateurs statistiques largement utilisés en gestion de l'eau. On y retrouve 5 onglets distincts, soit les crues printanières, les crues estivales et automnales, les étiages hivernaux, les étiages estivaux et l'hydraulicité (EHQ, 2018; Gouvernement du Québec, 2021a).

1.1.1 Étiages et crues

Les événements d'étiages sont représentés par le plus bas niveau d'eau dans une rivière. En général, ces périodes sont observées en été (juillet et août) et durant l'hiver, lorsqu'il y a moins d'eau liquide disponible (janvier). Il peut arriver que les étiages deviennent de nature « sévère », ce qui veut dire que les débits sont si faibles qu'on peut voir des assèchements à certains endroits dans la rivière, empêchant ainsi l'écoulement naturel de l'eau d'une rivière et entraînant des conséquences écologiques importantes. Ces événements plus extrêmes peuvent survenir lors de sécheresse prolongée (canicule), par un pompage des eaux, une mauvaise gestion des infrastructures humaines ou par des barrages de castor. Cela peut également être une combinaison d'un ou plusieurs de ces facteurs.

Les crues sont l'événement inverse. Elles sont définies comme une augmentation importante du débit, et par conséquent du niveau d'eau, d'un cours d'eau. Ces événements sont le plus souvent attribuables aux apports verticaux, comme la fonte de la neige ou les précipitations sous forme liquide. Au Québec, le printemps, au moment de la fonte du couvert de neige, est propice aux crues importantes. Ces crues peuvent aussi se produire à l'été ou à l'automne lors de précipitations intenses; on parle alors de crues éclair (Gouvernement du Québec, 2021b).

Les tendances hydroclimatologiques en lien avec les changements climatiques illustrant une diminution des débits moyens et minimaux en été (étiages) ainsi qu'une augmentation des crues estivales et automnales concorde avec les prévisions du MELCC pour l'horizon 2050 (Bérubé et Boivin, 2021). Dans un contexte où les pressions exercées sur les milieux aquatiques ne cessent d'augmenter, la connaissance des débits d'étiage constitue un enjeu majeur pour une gestion cohérente de la ressource en eau.

L'alternance de crues subites et d'étiages profonds sur une rivière est un bon indicateur que les précipitations ont un effet très rapide sur le débit de celle-ci. Outre les changements dans les patrons de précipitations d'une région résultant des changements climatiques, plusieurs facteurs humains peuvent aussi avoir des impacts importants sur le régime hydrique d'une rivière. La faible superficie du bassin versant, l'imperméabilisation des sols, le faible pourcentage de recouvrement par la végétation sur les bandes riveraines, de même que l'absence de lacs ou le manque de milieux humides, constituent tous des éléments régulateurs significatifs qui peuvent être en cause dans ce phénomène.

Les impacts des étiages sont nombreux pour les populations de saumon dans une rivière donnée. Par exemple, lorsque la libre circulation du saumon est compromise puisqu'il y a un assèchement complet d'une portion de la rivière, ou que les niveaux deviennent si bas que les déplacements entre les fosses ne sont plus possibles. Les saumons sont donc coincés dans les fosses jusqu'à ce qu'un nouvel apport d'eau reconnecte la fosse avec le reste de la rivière. Si cette situation perdure dans le temps, il peut en découler une déficience en oxygène, une augmentation de la température de l'eau ou l'éclosion de pathogène ou virus dans le milieu aquatique ou la fosse comme dans l'exemple. Ces deux événements qui découlent d'un étiage sévère peuvent devenir fatals pour les saumons adultes si la situation dure trop longtemps.

De plus, en période d'étiage sévère, un appel d'eau trop faible peut faire en sorte que les saumons adultes restent à l'embouchure de la rivière et n'entament pas leur montaison vers l'amont de la rivière. Cela peut causer un retard dans la montaison et une accumulation de saumons adultes dans un même endroit. Les saumons sont donc plus à risque pour la prédation et le braconnage, mais cela peut également entraîner une plus grande compétition intraspécifique dans la zone de rétention (moins de nourriture pour les juvéniles et d'espace disponible pour tous les individus). Puisque les saumons ne se retrouvent pas nécessairement dans les endroits habituels et sous protection législative, ces situations peuvent mener à une insuffisance en ce qui concerne la protection de l'espèce et des failles dans la réglementation en place.

En période automnale, des conditions de débits élevées sont cruciales et nécessaires à la fraie du saumon, car elles envoient le signal de montaison aux saumons, favorisent le passage dans les tronçons à faibles profondeurs (segment de transition fluvial) et ceux possédant des barrages de castor (Bérubé et Boivin, 2021).

a. Effet amplificateur de l'augmentation de la température

Comme mentionné précédemment, l'augmentation de la température se reflète dans les patrons climatiques régionaux puis dans l'environnement direct des rivières à saumon. Des études indiquent que des débits printaniers hâtifs résulteront d'une réduction du couvert de neige et d'une augmentation des pluies hivernales. Avec la réduction de la période de gel et, par le fait même, de l'épaisseur du sol gelé l'hiver, les patrons de recharge de la nappe phréatique en période hivernale seront changés. Au cours des prochaines décennies, nous allons assister à des taux de recharges supérieurs qui continueront de se refléter durant une partie de la période estivale puisque les débits de base de la rivière auront changé. À l'inverse, nous risquons d'assister à une réduction des précipitations et à l'augmentation de la température ambiante durant les périodes estivales. Cette diminution d'apport vertical en eau liquide affectera directement le ruissellement et avec lui la recharge de la nappe phréatique en saison estivale (IPCC, 2013; Dugdale, 2014).

b. Effet amplificateur de la qualité de l'eau

Outre les changements climatiques, les rivières subissent aussi une pression énorme à cause des activités humaines qui peuvent altérer la qualité de l'eau. En effet, une grande portion des rejets de polluants dans l'environnement sont de causes anthropiques. Que ce soit pour consommation directe (prise d'eau potable) ou pour diverses activités (production et transformation de biens, alimentation, agriculture, etc.), l'eau est essentielle à notre survie et au maintien de plusieurs activités liées à notre alimentation.

Avec les changements climatiques, la vulnérabilité des cours d'eau augmente en raison de la hausse de fréquence des événements météorologiques extrêmes. En effet, les pluies abondantes ou les sécheresses sévères peuvent augmenter la présence ou la concentration de différents paramètres physicochimiques et bactériologiques de l'eau. Les rejets d'eaux usées et le lessivage du sol, provoqué par de fortes précipitations, entraînent des sédiments et des polluants directement dans les ruisseaux et les rivières à saumon. Entre autres, on note le phosphore, les nitrites, les nitrates et les coliformes fécaux qui peuvent avoir un impact sur la faune et la flore lorsqu'en trop grande quantité. Le lessivage des sols et l'apport important de nutriments dans les cours d'eau peuvent affecter la qualité des habitats aquatiques en augmentant sa turbidité et son pH (CENG, 2019).

Certains secteurs d'activités sont mieux gérés, comme la foresterie en milieu public, mais il est très difficile de faire le suivi de tous les polluants que nous produisons, principalement ceux qui se retrouvent en faible concentration ou ceux issus du lessivage du sol (par exemple les routes ou les secteurs urbains). De plus, certains types de polluants, comme les molécules pharmaceutiques (anti-inflammatoires, hormones, anti-cancéreux, etc.), sont encore nouveaux et les méthodes de suivi ne sont pas encore au point. Très peu de recherches ont été faites sur l'effet de polluants précis sur le saumon (Bergeron, 2017). Toutefois, des études ont montré que certains composés chimiques sont des perturbateurs hormonaux importants qui ont un effet sur la reproduction et la sexualisation des poissons, et que certains engrais peuvent désorienter les saumons lors de leur migration (Schmitz et al., 2018). À l'exception d'accidents environnementaux, c'est plutôt l'accumulation des polluants dans le temps qui finit par altérer le milieu et avoir un impact sur les espèces (Bergeron, 2017).

La venue d'espèces envahissantes est un autre enjeu important pouvant venir affecter la santé globale des habitats aquatiques et leur qualité respective pour le saumon atlantique. Les espèces exotiques envahissantes (EEE) comprennent une large gamme d'organismes vivants regroupant bien plus que les plantes. Bien qu'on entende plus communément parler de ces dernières, le groupe des EEE comprend également des animaux terrestres ou aquatiques, des insectes et des micro-organismes (virus, bactérie, champignon). Le terme EEE désigne tout organisme vivant introduit hors de son aire de répartition naturelle, et où son établissement et sa propagation peuvent devenir une menace pour l'environnement, la biodiversité, l'économie ou la société. Avec les changements climatiques, de nouvelles espèces, ou des espèces présentes dans des environnements voisins, peuvent se déplacer et aller coloniser de nouveaux milieux. Leur présence peut engendrer des changements importants dans les chaînes trophiques et venir modifier les paramètres physicochimiques d'un cours d'eau. En effet, certaines algues peuvent consommer une quantité importante d'oxygène lors de leur prolifération, diminuant la concentration disponible pour les autres organismes vivants dans le milieu. De plus, certaines algues peuvent également dégager des toxines lors de floraisons, qui peuvent également avoir des impacts importants sur les autres organismes du milieu.

La relation d'affinité du saumon avec les plantes aquatiques est plutôt faible, et c'est principalement au stade de juvéniles que ces derniers se servent de la végétation afin de se cacher des prédateurs. Ces environnements leur permettent également de trouver de la nourriture, qui utilise aussi ce type d'environnement pour grandir et se développer.

Toutefois, lorsque les plantes se retrouvent en trop grande quantité et forment des zones très denses, cela peut les contraindre dans leur patron de migration et les forcer à emprunter de nouvelle route (Haller, 2009).

c. Effet sur les mouvements migratoires et la connectivité des habitats

Le saumon atlantique, comme tous les salmonidés, est très sensible à la qualité de ses multiples habitats. Comme il est un grand migrateur, il utilise plusieurs écosystèmes lors de son cycle de vie, ces derniers subissant les effets des changements climatiques chacun à leur manière.

Le fleuve et l'océan sont des écosystèmes immenses par rapport aux rivières. L'impact des changements globaux, tels que la pollution, y est donc très différent, touchant seulement la portion adulte du cycle de vie du saumon. Les saumons vont en mer pour s'engraisser et grandir, il est donc primordial qu'ils aient accès à une nourriture de qualité en quantité suffisante. De plus, ils doivent survivre à de nombreux prédateurs tout au long des voies migratoires qu'ils empruntent.

d. Effet des étiages hivernaux sur la survie des œufs et des juvéniles

Avec les changements climatiques, nous serons appelés à vivre des hivers plus doux, où le couvert de glace est moins important, et où le dégel sera également précoce. Les saumons se reproduisent à la fin de l'automne et pondent leurs œufs dans le substrat de la rivière. Les œufs fécondés y restent tout l'hiver, jusqu'au printemps où les alevins émergent lentement avec le retour du beau temps. Les femelles ont tendance à pondre les œufs dans le centre du courant principal de la rivière.

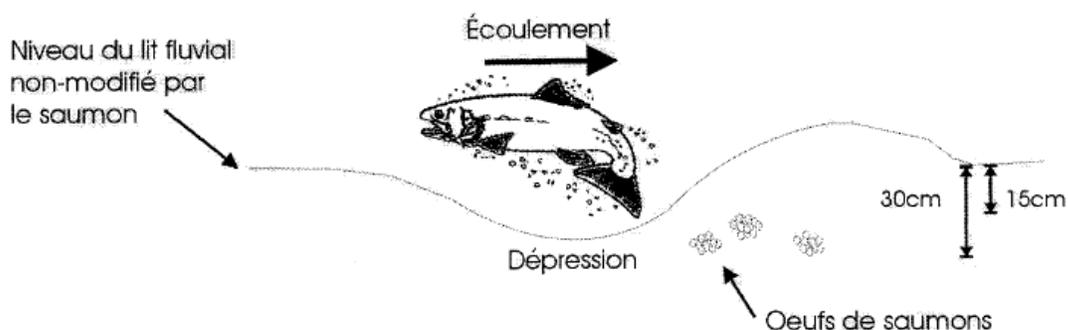
Avec des crues amplifiées pendant et après la période de reproduction, il est possible que la survie des œufs soit menacée. Peu d'études ont été faites au cours des dernières années. Il sera donc important de suivre l'évolution de ces événements au cours des prochaines années. Pour l'instant, le milieu scientifique s'accorde sur le fait que lorsque les crues surviennent en présence d'un couvert de glace solide plutôt qu'au début de l'hiver lorsque les rivières ne sont pas encore gelées complètement, la survie des œufs et des juvéniles peut être préoccupante.

En effet, lorsqu'une rivière a un important couvert de glace et une bonne quantité de neige sur ses berges, le courant se retrouve concentré dans le milieu et atteint un débit beaucoup plus élevé que la normale. Cela s'explique par la diminution de la superficie, soit la largeur de la rivière, dans lequel il circule (Julien, 2000). En effet, c'est comme lorsque l'on met son doigt pour limiter l'eau qui sort de l'embout d'un tuyau d'arrosage; pour un même débit, la vitesse augmente et la pression également. Cette image donne donc une bonne idée des dégâts que ces événements peuvent avoir sur le lit de la rivière, et ce, en particulier dans le chenal central de la rivière. Cela est d'autant plus préoccupant que les saumons adultes ont tendance à faire leurs nids au centre de la rivière. La probabilité d'un balayage des nids augmente lorsque

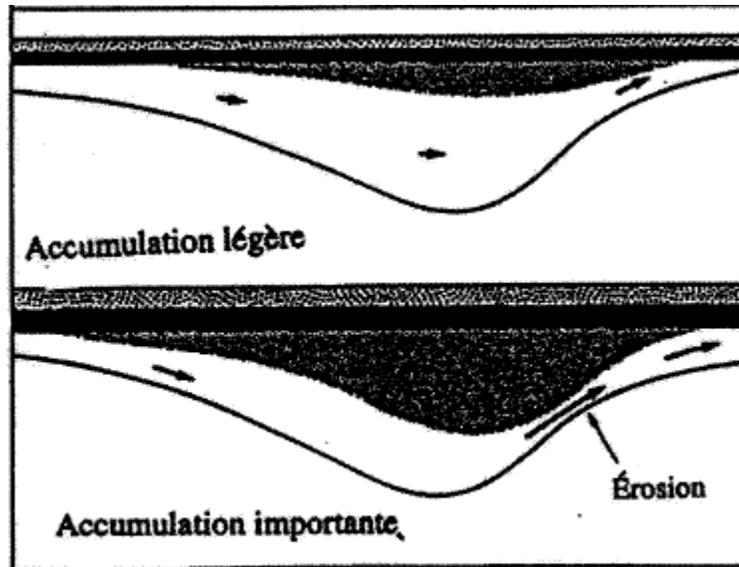
la pression de l'eau devient plus grande par la restriction de son aire de déplacement où lorsqu'il y a un brassage du fond par des glaces ou des embâcles.

En ce qui concerne l'impact des crues sur les juvéniles, il faut noter que l'hiver est déjà en soi une période critique pour ces derniers puisqu'ils doivent s'adapter à des changements importants de la température de l'eau, à des variations du débit et à l'évolution de la glace de rivière. Les juvéniles ont un mode de vie moins actif durant l'hiver, où ils changent leur comportement diurne à nocturne, chassant dans les zones où les vitesses de courants sont faibles. Ainsi, les crues hivernales avec couvert de glace sont autant dangereuses pour les œufs que les juvéniles, puisque ces derniers préfèrent des vitesses d'écoulement plus faibles pour assurer un maintien normal de leurs activités alimentaires (Bergeron, 2003).

En plus des possibilités de crues importantes, les hivers doux favorisent des couverts de glace instables et discontinus. Ces conditions tendent à faire augmenter la formation de frasil et de glace de fond. Le frasil est le premier stade de formation de la glace, autant en eau douce que salée. Ce sont des cristaux en forme de fines aiguilles ou de plaques de glace flottant à la surface ou directement en suspension dans la colonne d'eau. Le frasil se forme dans les zones de plus forts courants, comme un rapide ou une chute, et où l'eau est en contact direct avec l'air (couvert de glace absent ou discontinu). Lorsqu'il y a présence de frasil dans la rivière, l'eau devient plus visqueuse et les particules de glace adhèrent à tout ce qui se trouve sur leur passage. Les particules de frasil vont donc former des amas sous le couvert de glace et modifier l'écoulement normal de la rivière. Cela a donc tendance à dégrader les habitats et peut forcer les juvéniles à se déplacer et dépenser de l'énergie inutilement, pouvant ensuite se traduire par une augmentation de la mortalité chez ces derniers. Puisque le frasil réduit l'espace disponible pour l'écoulement de l'eau, le même phénomène se produit sur le substrat contenant les œufs lors de grande crue avec un important couvert de glace. L'eau est restreinte dans un plus petit sillon et la pression sur le lit augmente, favorisant l'érosion et fragilisant les nids. Il est donc possible que les œufs soient mis complètement à découvert (Julien, 2000). De plus, il est possible que le frasil s'accumule directement au fond de la rivière, ce qui peut empêcher la circulation normale de l'eau dans le substrat et ainsi nuire à l'apport d'oxygène aux œufs et entraîner la mort de ces derniers. Le frasil au fond de l'eau peut également faire geler les œufs. L'étude de Bisillon *et al.*, publiée en 2007, démontre que des conditions d'étiages hivernaux et les conditions favorables à la formation de frasil sont les facteurs les plus susceptibles d'augmenter le taux de mortalité des œufs, contrairement à la température froide comme telle.



Aperçu transversal d'un nid de saumon dans une rivière (tiré de Julien, 2000)



Représentation de l'accumulation de frasil sous le couvert de glace, qui restreint la zone d'écoulement de l'eau et favorise l'érosion du lit de la rivière (tiré de Cunjak et Caissie, 1993).

1.1.2. Bilan sédimentaire

Comme mentionné au point a, lorsqu'il y a une variation dans certains paramètres environnementaux, comme des fortes précipitations, l'ensemble du cours d'eau est affecté et réagit en adaptant sa forme – largeur, pente, profondeur – pour revenir dans un état d'équilibre. Ces ajustements se font par l'érosion des berges et du lit du cours d'eau ainsi que par l'accumulation de sédiments à divers endroits le long de sa trajectoire. Bien entendu, à l'échelle d'un bassin versant, les zones d'accumulation les plus importantes se trouvent en aval, dans la plaine alluviale et se termine par la formation d'un delta.

Les zones de dépôts, causées par des courants érosifs, et le processus d'augmentation de la sinuosité de la rivière varient naturellement avec le temps et en fonction du type de sédiment composant le sol. Les sols aux particules fines vont générer des méandres plus gros et généralement plus rapidement que des sols composés de roche mère. C'est pourquoi il est important de conserver des zones tampons sur le bord des rivières, qu'on appelle aussi les espaces de liberté des cours d'eau, dans le but de permettre à la rivière de bouger et de s'adapter au fil des ans.

Dans l'éventualité où cet espace de liberté n'est pas pris en compte lors d'aménagement et de construction d'infrastructures, des problèmes importants de sécurité civile peuvent survenir tels que des inondations, des glissements de terrain et des bris d'infrastructures. Donc, les changements climatiques peuvent affecter de manière imprévisible l'hydrogéomorphologie des rivières, la biologie, le mouvement fluvial et le mouvement des substrats dans le cours d'eau.

a. Crues avec sédiments et impacts sur les habitats

Le substrat revêt une importance cruciale pour le saumon, étant utilisé durant plusieurs stades de vie et étant essentiel à la reproduction. Selon sa taille, ou granulométrie, il est utilisé pour la reproduction du saumon (frayère dans le substrat et incubation des œufs), comme refuge des saumons juvéniles contre les forts courants et pour leur protection contre les prédateurs. Le substrat détermine également les zones d'alimentation, car il abrite les invertébrés aquatiques dont se nourrissent les saumons juvéniles.

Les eaux profondes ou lentes, avec un substrat de sable ou de limon, ne sont pas l'idéal pour les salmonidés juvéniles. Il leur faut un courant moyen à rapide, avec des roches suffisamment grosses pour leur permettre de se cacher. En grandissant, leur préférence va changer également et ils vont rechercher des substrats plus gros, de type galets et blocs, avoisinant les 64 mm. La taille est importante puisque les interstices leur permettent de s'y cacher pour éviter les prédateurs et également de créer de l'obstruction visuelle entre les tacons avoisinants afin de réduire l'agressivité territoriale dans un milieu (Cercere, 2017).

De plus, la fraie doit se faire dans des zones de graviers non compacté et perméable, souvent dans des seuils à la tête ou à la queue d'une fosse. Cela permet d'assurer une bonne oxygénation des œufs dans le substrat, tout en permettant une protection contre les prédateurs. Le substrat ne doit toutefois pas être trop grossier, puisque la femelle doit être en mesure d'y creuser un trou pour y déposer les œufs. Les femelles saumon creusent les nids à l'aide des muscles de leur nageoire caudale. Les multiples coups donner permettent, dans un premier temps, de faire une dépression dans le gravier à une profondeur adéquate pour les œufs, et, dans un second temps, d'y déloger les sédiments fins qui pourraient boucher les interstices et empêcher un écoulement d'eau suffisant à travers le gravier pour assurer l'incubation des œufs et l'émergence subséquente des alevins (Julien, 2000; Cercere, 2017).

b. Colmatage des frayères par les sédiments fins

Dans une étude conduite par Levasseur et al. (2006), la proportion de limon et de sable fin était fortement corrélée avec la survie des œufs à l'alevin. En effet, la présence de sédiments fins dans le nid peut affecter la survie des œufs en réduisant l'écoulement d'eau au travers du gravier et en rendant plus difficile l'émergence des alevins au printemps. Une circulation d'eau constante au travers du substrat est essentielle puisque l'eau alimente les œufs en oxygène, leur permettant de rester en vie et de continuer leur développement normal.

Aussi, les sédiments fins peuvent causer l'occlusion physique des pores sur la surface des œufs, réduisant également de façon importante les échanges gazeux entre les œufs et l'environnement, et pouvant mener à la mort des œufs par manque d'oxygène (Julien, 2000; Greig et al., 2005). Une autre étude a montré que pour des substrats de gravier avec une teneur en sable (< 2 mm) de moins de 15%, la survie demeurait très bonne (Lapointe et al., 2004). C'est plutôt en forte présence de sédiments très fins comme l'argile (0,063 mm) que les impacts se font ressentir et peuvent nuire fortement à la survie des embryons en bloquant le flux d'eau oxygénée. Ainsi, lorsque la proportion d'argile devient supérieure à 10 % pour les particules inférieures à 0,83 mm, le taux d'émergence des alevins diminue de près de 50% (Lapointe et al., 2004; Cercere, 2017).

L'étude de la dynamique sédimentaire lors des périodes hivernales avec un couvert de glace est très peu documentée. Pourtant, une grande partie de la période d'incubation des œufs se fait dans ces conditions.

En général, même si certains événements ponctuels de redoux peuvent mener à une diminution du couvert de glace, à la présence d'embâcles ou d'érosion locale, le processus hydrologique le plus commun durant la période hivernale est une diminution de la vitesse de l'eau liée à une diminution de l'eau liquide disponible et de l'augmentation de la résistance par la présence du couvert de glace. Ainsi, les rivières à saumon vont se trouver en période d'étiage hivernal, où la diminution des débits agit directement sur la diminution du transport des sédiments dans la rivière. Pour cette raison, les sédiments fins (sables et limon) vont avoir tendance à s'accumuler davantage dans les sites de fraie, en particulier lorsqu'il y a présence d'un couvert de glace (Levasseur et al., 2006).

c. Habitats de taconnage (juvéniles)

Les juvéniles, d'abord alevins puis tacons, vont adopter un comportement plus territorial lors de leur deuxième année de vie. Malgré leur taille encore petite, moins de 10 cm, ces derniers peuvent coloniser l'ensemble des superficies favorables à leur alimentation, ce qui inclut autant le cours principal des rivières que les tributaires secondaires qu'ils peuvent remonter sur plusieurs kilomètres. Les déplacements et les migrations sont des réponses comportementales liées aux changements physiologiques ou à la variation des conditions environnementales (température, débits, contaminants, sédiments, etc.) (Erkinaro et al., 2017). Les tributaires secondaires forment généralement des habitats de qualité pour les juvéniles en raison de leur couvert végétal plus important, rendant les eaux plus fraîches et mieux oxygénées, et offrant davantage d'abris et de nourriture disponible (Boisclair et Rodriguez, 1996a; b). En effet, la température de l'eau et le taux d'oxygène dissous sont parmi les facteurs hydroclimatiques les plus déterminants de la survie des juvéniles, puisque ceux-ci ont des exigences élevées à ces égards (FQSA-DGR, 2012). Durant la saison estivale, les tributaires vont donc servir à l'alimentation des juvéniles en raison de l'abondance des proies, mais également de refuges thermiques lors d'épisodes de canicule (Dugdale et al., 2016).

Cependant, les habitats présents dans les tributaires sont plus vulnérables, notamment à cause de leur plus faible capacité à accumuler les impacts. En effet, les tributaires vont avoir tendance à se colmater plus facilement et rapidement par les sédiments en raison des débits souvent plus faibles, et vont avoir des indices de franchissabilité souvent variables en raison de la présence d'obstacles à la migration (ponceaux, embâcles). La présence de ces obstacles peut conduire à la fragmentation des habitats et réduire la disponibilité d'habitats de qualité (Wofford et al., 2005).

Ces habitats sont souvent méconnus et font l'objet d'une moins bonne protection. Par exemple, les bandes riveraines obligatoires sur ces tributaires sont généralement moins larges que sur le cours principal (FQSA-DGR, 2012). Dans un contexte de changements climatiques, ce sont plutôt les impacts liés à la sédimentation qui sont prioritaires étant donné que les juvéniles ont une bonne capacité à s'adapter à des températures changeantes, jusqu'à un certain niveau évidemment. Afin d'éviter le réchauffement de leurs eaux, la nécessité de préserver leur couvert végétal riverain reste une action prioritaire pour la conservation des rivières à saumon et de leur population.

1.2. Température

Le réchauffement accru de l'eau en été et la présence grandissante de températures extrêmes (aussi en hiver, car le froid trop intense peut mettre en péril le développement des œufs) représentent une situation préoccupante pour le saumon. Plusieurs petites rivières connaissant déjà des problématiques de températures dangereuses pour le saumon lors de canicules intenses, comme la rivière Ouelle et la rivière du Gouffre (Bergeron, 2017).

1.2.1 Impacts directs sur le saumon

De nombreuses études ont évalué les valeurs de températures de l'eau optimales, critiques et létales de l'espèce selon le stade de vie. Ainsi, l'intervalle optimal de température se situe entre 16 et 20°C pour les juvéniles, et entre 14 et 20 °C pour les adultes. Lorsque la température de l'eau d'une rivière atteint 23 °C, les tacons de saumon atlantique cessent de s'alimenter. Cette valeur correspond également à la limite thermique de croissance, et la température létale initiale supérieure se situe à près de 28 °C (Solomon et Lightfoot, 2008).

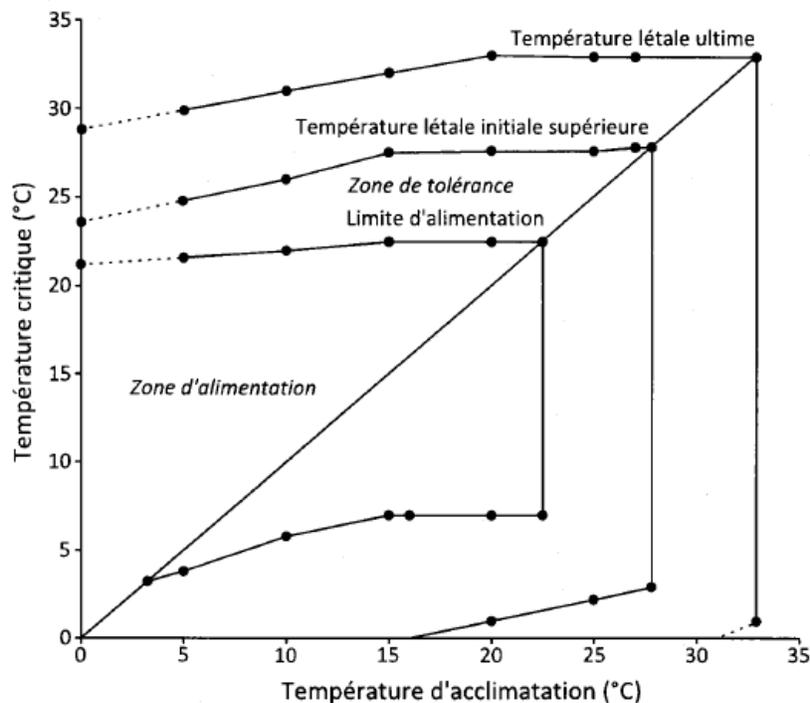


Figure : Polygone de température pour le saumon atlantique. Modifié de Solomon et Lightfoot (2008) (Dugdale, 2014)

En effet, les besoins énergétiques des poissons sont souvent présentés sous forme d'équation, soit l'équation modifiée de Warren et Davis (1967) :

$$I = G + M_s + M_a + M_{sda} + (Fe + E) ;$$

où I est l'énergie provenant de la consommation de nourriture, G est la croissance, M_s le coût métabolique standard, M_a le coût métabolique d'activité, M_{sda} le coût métabolique d'action spécifique dynamique et (Fe+E) les pertes fécales et azotées (Warren et Davis, 1967). De cette manière, lorsqu'on regarde cette équation, on en comprend que moins les coûts associés au métabolisme sont importants, plus l'énergie disponible pour la croissance est grande. Parmi les paramètres qui peuvent venir jouer sur le développement et la régulation du cycle de vie du saumon, entre autres la vitesse du courant, la turbulence de l'eau, la concentration en oxygène dissous, le pH et la température, c'est cette dernière, la température, qui serait considérée comme certain comme ayant la plus grande importance (Claireaux et Lagardère, 1999). En effet, la température de l'eau exerce une influence directe sur les poissons puisqu'elle contrôle directement les taux métaboliques, les taux de croissance et les taux d'alimentation (Wehrly, 2007).

De la même manière, l'impact des températures élevées sur la reproduction, les œufs et les juvéniles peut être très dommageable. Le signal principal qui indique aux saumons qu'il est temps de se reproduire est la température, donc une modification du régime thermique pourrait éventuellement avoir un impact sur la synchronisation de la reproduction (Bergeron, 2017). De la même manière, d'autres processus biologiques sont également modifiés par les changements de températures auxquelles nous assistons.

L'éclosion des œufs de saumon en rivière est directement reliée à la température de l'eau de leur milieu. En effet, l'éclosion des œufs se calcule en degrés-jour, ce qui veut dire que l'éclosion se produit lorsque les œufs ont accumulé une certaine température totale, qui se situe entre 425 et 465 degrés-jour. Ainsi, une rivière qui a une température constante de 5°C verra les œufs éclore après 93 jours, alors qu'une rivière avec une température constante de 3°C verra les œufs éclore après 155 jours. Il existe donc une synchronicité entre le moment de l'éclosion de chacune des rivières et le moment où la nourriture devient disponible. Lorsqu'il y a des redoux hivernaux importants durant une même saison et qu'une rivière voit sa température augmenter considérablement durant quelques jours, l'éclosion des œufs et l'émergence des alevins peuvent être devancées par l'accumulation plus rapide de degrés et être désynchronisées par rapport à l'environnement. Les alevins pourraient donc être rendus au stade de l'alimentation orale alors que la nourriture ne serait pas encore disponible, résultant en une mortalité importante de ce segment de population (Petersen et al., 1977).

Ce sont également les changements de températures saisonniers qui annoncent aux saumons juvéniles qu'il est temps d'entamer la dévalaison pour réaliser leur migration vers l'océan et qui leur donnent le signal de revenir dans la rivière (Jonsson et Ruud-Hansen, 1984; McCormick et al., 1998).

1.2.2 Importance des refuges thermiques

Puisque les rivières sont des environnements dynamiques qui varient considérablement dans le temps et l'espace, les composantes de la rivière peuvent varier grandement de l'amont à l'aval. On retrouve donc une multitude d'écosystèmes le long de la rivière qui fournit des milieux différents pour les espèces qui y vivent. Les refuges thermiques sont un type d'habitat qui est particulièrement prisé par les saumons lors

de périodes météorologiques chaudes. En effet, puisque le saumon atlantique est une espèce ectotherme incapable de réguler elle-même sa température corporelle, il est à la merci des variations de température de son milieu aquatique et peut détecter des variations aussi faibles que 0,5°C (Murray, 1971). C'est également une espèce qui tolère particulièrement mal les températures trop chaudes, pouvant rapidement entraîner sa mort lors d'une exposition prolongée (Elliott et Elliott, 2010).

Les refuges thermiques sont des zones d'eau plus fraîche permettant d'atténuer les effets nocifs des températures chaudes de l'eau du milieu de la journée. Ces zones peuvent être créées par des résurgences d'eau froide venant de l'eau souterraine ou de petits tributaires plus étroits et boisés que le cours d'eau principal (Dugdale, 2014). Sur la rivière Miramichi, au Nouveau-Brunswick, les saumons juvéniles ont délaissé leurs aires d'alimentation habituelles afin de se diriger vers des refuges thermiques lorsqu'ils sont confrontés à des températures de 23 °C et plus (Cunjak et Caissie, 1993; Corey et al., 2019).

En raison des changements climatiques, la fréquence des épisodes de stress thermique risque d'augmenter et les refuges thermiques vont devenir des secteurs sensibles d'une importance capitale pour la survie de l'espèce. La distribution spatiale et temporelle des refuges thermiques affecte directement l'accessibilité de ces derniers pour les saumons et influence les réponses de regroupement des juvéniles dans ces zones. La thermohétérogénéité des rivières devra donc être assurée dans les années à venir, qu'elle soit naturelle ou aménagée (création humaine ou restauration d'habitat) (Corey et al., 2019).

2. LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET LES IMPACTS EN MER

2.1. Température, prédateurs et aires d'alimentation

Les changements climatiques se font aussi grandement sentir dans l'environnement marin. Il faut savoir qu'une grande quantité d'études se sont penchées sur plusieurs éléments des modifications entraînées en milieu océanique, mais que peu d'études font directement des liens avec le saumon atlantique. Cependant, le présent document fait état de quelques facteurs d'intérêt qui modifient substantiellement le milieu océanique, particulièrement dans le secteur de l'Atlantique Nord, là où se situe l'aire d'alimentation la plus importante au niveau mondial pour cette espèce emblématique (COSEPAC, 2010). Les processus physiques de mélange des eaux (courants marins, stratification de la colonne d'eau) ainsi que les changements dans les oscillations climatiques peuvent modifier le réseau trophique, couramment appelé « chaîne alimentaire » (Tremblay and Gagnon, 2009), donc le saumon par ricochet.

La fonte des glaces, notamment en ce qui concerne le Groenland, est accentuée par l'augmentation de la température de l'eau et de l'air dans cette région, entraînant un apport important d'eau douce par rapport à la quantité d'eau salée déjà présente dans la mer. Ainsi, la couche d'eau à la surface de l'océan s'adoucit et les deux masses d'eau (douce et salée) se mélangent moins bien à certains endroits (Rabe et al., 2011). En effet, l'eau douce plus légère de la fonte des glaciers fait augmenter le différentiel de salinité et il se crée une « barrière » naturelle, nommée la stratification. Il existe plusieurs mécanismes de brassage naturel, comme les brassages saisonniers, la circulation thermohaline ou les tempêtes épisodiques. Cependant, une stratification plus forte implique que le brassage se fait moins bien, ce qui peut entraîner une diminution de la disponibilité en éléments nutritifs dans la partie supérieure de la colonne d'eau, là où se situe le phytoplancton, base du réseau trophique (Bergeron et Tremblay, 2014).

Les récentes études font état de la diminution de la salinité dans la couche d'eau de surface de l'Atlantique Nord et l'augmentation de la stratification (Greene et al., 2008). Cependant, la réponse de l'écosystème est variable selon les secteurs et l'impact que les changements climatiques sur le saumon atlantique ne sont pas clairs. On peut dire que, comme la modification de la disponibilité en nutriments entraîne des changements au niveau de la production primaire (phytoplancton), les modifications de la chaîne trophique laissent à penser que l'aire d'alimentation subit des changements importants. Éventuellement, il y aurait des besoins de recherche afin de bien comprendre les impacts des changements climatiques sur l'alimentation du saumon atlantique en mer. En effet, nous devrions valider s'il y a une diminution de la quantité et la qualité de la production primaire ainsi que son impact sur le réseau trophique. Ainsi, nous devons déterminer si le saumon atlantique change son comportement (p. ex. recherche de nourriture, accès à l'alimentation de qualité, etc.) pour compléter son cycle de vie et s'il y a des liens avec l'augmentation du taux de mortalité en mer pour le saumon atlantique.

Ces changements pourraient affecter le métabolisme du saumon, de même que sa croissance puisque la disponibilité et l'abondance de ses proies peuvent changer. En effet, si le brassage de la colonne vertical de l'océan est moins important, les éléments nutritifs venus du fond ne se rendront pas aux mêmes endroits. Les saumons peuvent être contraints de se déplacer vers de nouvelle zone d'alimentation pour assurer leur croissance. Il est difficile de savoir précisément les impacts de tous ces changements puisqu'encore peu d'études existent sur le sujet.

Les oscillations climatiques sont un autre facteur important dans la régulation des aires d'alimentation du saumon atlantique, principalement l'oscillation de l'Atlantique Nord (NAO). Les oscillations climatiques sont entraînées par des différences de pression atmosphérique entre différents endroits sur la Terre. Chaque oscillation est mesurée à certains points géographiques précis. Par exemple, pour le NAO, on mesure la différence de pression entre l'Islande et les Açores, de petites îles au milieu de l'Atlantique Nord. Ces oscillations connaissent des cycles de plusieurs années et modifient les conditions climatiques, les courants, la température de l'eau et de nombreuses caractéristiques physiques de l'environnement. Pour le saumon, cela a pour effet, entre autres, de changer la dimension et la localisation des aires d'alimentation. Le tracé et la durée de la migration s'en trouvent donc aussi modifiés. Depuis les années 80, on assiste à une période d'indice élevé du NAO qui entraîne une réduction des aires d'alimentation, qui tendent à demeurer élevées avec les changements climatiques (Mazzarella and Scafetta, 2012), conservant potentiellement des conditions océaniques moins favorables pour sa croissance et sa préparation à la reproduction.

Finalement, les approches de gouvernance pouvant être appliquées à la gestion des stocks de saumon dans l'océan, en réponse aux prédictions des changements climatiques sont limitées. Les prises accidentelles pourraient être réduites par la réglementation en appliquant les nouvelles connaissances scientifiques liées à l'utilisation d'habitat, en particulier dans les corridors migratoires connus. Autrement, la meilleure approche pour la conservation des populations de saumon atlantique est d'assurer la production maximale de juvénile dans les rivières à saumon (Beaugrand et Reid, 2012). Il est important d'ouvrir des canaux de communication et de collaboration parmi les acteurs gouvernementaux et non-gouvernementaux afin d'avoir des actions basées sur des objectifs communs au niveau national et international, mais que les actions concrètes soient dirigées par les connaissances locales et les organismes régionaux.

3. L'IMPACT SUR LA PÊCHE (EAU CHAUDE)

* La majorité du texte et de l'information de cette section est tirée directement de la présentation de Maxime Guérard du MFFP, 2020, sur la pêche en eau chaude.

La notion d'eau chaude peut paraître difficile à conceptualiser pour les humains. Puisque notre corps se régule de manière interne, nous ne sommes pas affectés de la même manière par les variations de température de notre environnement. Toutefois, le saumon est une espèce ectotherme et poïkilotherme, ce qui veut dire que leur température corporelle interne varie en fonction de la température ambiante de l'environnement immédiat. La majorité des poissons ont ce type de mécanisme de régulation. La stabilité de la température de leur environnement est donc importante pour leur permettre de fonctionner normalement. Lorsque cette température se situe à l'extérieur d'un certain seuil de confort, leur métabolisme se désorganise et il peut s'en suivre des dommages neurologiques et comportementaux (MFFP, 2020). De plus, si les coûts énergétiques associés à la gestion et au fonctionnement de leur métabolisme augmentent, cela signifie que le saumon a moins d'énergie disponible pour sa croissance et ses autres activités.

La température de l'eau d'une rivière varie quotidiennement en fonction de l'ensoleillement et des rafraîchissements nocturnes. De manière générale, la température maximale est atteinte en fin d'après-midi et la température minimale au petit matin.

Les refuges thermiques sont des zones sensibles essentielles pour la survie du saumon atlantique durant la période estivale. Ces zones d'eau plus fraîche sont utilisées par le saumon pour se réfugier lors des périodes d'eau chaude et correspondent la plupart du temps à un tributaire d'eau froide (couvert boisé plus important) ou d'une zone de résurgence qui alimente la rivière. Nous classifions généralement les refuges thermiques en deux catégories : les refuges de confluence et les refuges de fond de fosses.

Sans accès à ces refuges thermiques, le saumon peut subir des épisodes de stress thermique important pouvant même mener à sa mort. En effet, des conditions d'eau chaude amènent le métabolisme basal du saumon à passer en mode anaérobie, entraînant l'accumulation de sous-produits toxiques dans son organisme. De manière générale, les nuits engendrent une baisse de la température de l'eau et peuvent également permettre au saumon de retourner à son métabolisme de base.

3.1. Enjeux des gestionnaires de rivières et du ministère des Forêts de la Faune et des Parcs (MFFP)

Certains gestionnaires de rivières sont confrontés à une hausse constante des températures et à une plus grande fréquence des périodes d'étiage et d'eau chaude. En tant que délégués du MFFP, ils ont toutefois peu d'outils réglementaires leur permettant d'agir concrètement pour protéger la ressource durant ces moments critiques de leur migration. Bien que la sensibilisation sur les meilleures pratiques de pêche et de remise à l'eau soit bénéfique, plusieurs intervenants du monde saumon continuent de faire pression sur les organismes gestionnaires et le MFFP pour qu'ils en fassent davantage.

En effet, la remise à l'eau des grands saumons est utilisée comme moyen de conservation sur la majorité des rivières du Québec. Or, il est démontré que le taux de mortalité des saumons graciés augmente avec la température de l'eau (Bouchard, 2019). Il est donc primordial de s'assurer que les conditions d'eau du moment permettent aux pêcheurs d'effectuer des remises à l'eau de qualité. Dans l'éventualité où les conditions ne sont pas favorables, des mesures réglementaires additionnelles devraient être mises en place pour minimiser la mortalité des saumons reproducteurs.

3.1.1 Remise à l'eau : enjeux et défis

Au cours des cinq dernières années, la moyenne annuelle de saumons qui sont remis à l'eau durant des activités de pêche sportive sur les rivières à saumon du Québec oscille autour de 12 500 (MFFP, 2022). Des études ont démontré que la survie des saumons remis à l'eau peut être influencée par de nombreux facteurs, dont la température de l'eau. Toutefois, aucune étude n'avait réellement vérifié la capacité des saumons graciés en eau chaude à se reproduire ni mesuré leur succès reproducteur (CIEM, 2017).

C'est ce qu'a tenté de vérifier Raphaël Bouchard avec son projet d'étude réalisée en 2019 sur la rivière Rimouski (Bouchard, 2019). Plus spécifiquement, ce projet avait pour but de vérifier si les saumons graciés en eau chaude (+20 °C) sont en mesure de se reproduire et de comparer leur succès reproducteur à celui de saumons non pêchés. Par suite d'observations faites sur le terrain et à la caractérisation des profils génétiques des individus, l'étude a montré que les saumons pêchés et remis à l'eau en condition d'eau chaude sont en mesure de se reproduire et aucune relation entre la température de l'eau et le succès reproducteur n'a pu être démontrée. Notons toutefois que l'analyse des données en fonction du sexe révèle une tendance à la baisse du succès reproducteur chez les mâles et les femelles capturés et remis à l'eau. En effet, une diminution du succès reproducteur d'environ 20 % chez les mâles et d'environ 30 % chez les femelles a été observée. Toutefois, les résultats de cette étude et le lien entre la température de l'eau et le succès reproducteur doivent être interprétés avec prudence puisque l'échantillon était très faible (33 saumons). De plus, les résultats suggèrent que la population étudiée était localement adaptée aux températures d'eau plus chaude ou que les saumons ont régulé leur température interne de façon comportementale en se déplaçant vers des refuges thermiques. Notons que la sensibilisation faite aux pêcheurs en lien avec les bonnes pratiques de remise à l'eau peut également avoir influencé le succès reproducteur subséquent.

Même si cette étude n'a pu faire de lien entre la température de l'eau et le succès reproducteur des saumons graciés, elle met en lumière certains enjeux de la remise à l'eau comme outil de conservation. La durée des combats, le type d'engin de pêche, la forme des hameçons, la température de l'eau, le temps de récupération et la manipulation du saumon ne sont que quelques facteurs qui peuvent influencer le taux de survie des saumons graciés. À elle seule, la remise à l'eau ne peut donc pas être utilisée comme moyen de conservation. Il est nécessaire de la jumeler à des mécanismes réglementaires complémentaires permettant d'assurer la survie des saumons reproducteurs dans des conditions d'étiage et d'eau chaude, notamment en faisant de la sensibilisation et de l'éducation auprès des clientèles pour que les meilleures pratiques soient utilisées (Keefe et al, 2021).

3.2. Protocole de gestion de la pêche au saumon adaptée aux conditions thermiques des rivières

Tel que mentionné précédemment, la température maximale d'une rivière est généralement atteinte en fin d'après-midi et la température minimale au petit matin. L'endroit de prise de mesure de la température sur une rivière est également très important puisque cela peut varier grandement sur une même rivière.

Pour la gestion des activités de pêche lors d'épisodes d'eau chaude, il est plus pertinent de s'attarder à la température minimale atteinte afin d'évaluer les périodes de répit du saumon aux stress thermiques. Cela permet d'évaluer si le saumon a bel et bien des moments de repos pour permettre à son métabolisme d'éliminer les toxines qui ont été sécrétées et accumulées durant le reste de la journée. De cette manière, il est possible d'évaluer si le saumon subit un stress thermique répété sur plusieurs jours, ou si les moments où l'eau atteint sa température minimale permettent un repos assez important pour un fonctionnement normal de son métabolisme.

Il n'existe à ce jour aucune méthode qui soit mieux qu'une autre. Il n'existe pas encore assez de données et d'information pour dire hors de tout doute qu'un certain seuil est mieux qu'un autre pour décider du mode de gestion à appliquer pour la fermeture de la pêche en eau chaude ou de la gestion de la pêche en eau chaude. De plus, en plus de la variabilité régionale de chacune des rivières, la mise en place d'un tel protocole et son application est un processus administratif complexe faisant en sorte qu'une seule méthode ne peut être appliquée à l'ensemble des rivières à saumon de l'Amérique du Nord. Il faut garder en tête que l'objectif principal est de veiller à la protection de la ressource salmonicole et de mettre en place un système qui correspond à nos ressources humaines et administratives disponibles. Pour cette raison, il est important de garder une grande part de flexibilité dans l'application des mesures choisies puisqu'en soi, la différence entre les seuils et la durée de la fermeture ne fait pas une grande différence. De plus, puisque ces protocoles et ces projets pilotes sont une gestion très micro de ce qui se passe durant l'ensemble de la saison de pêche, les chiffres ont tendance à être surévalués et ne prennent pas en compte l'ensemble des variables pour la saison entière. Il est possible qu'en améliorant davantage les pratiques de pêche en eau chaude auprès des pêcheurs, soit par l'obligation de la pêche à la mouche sèche et de meilleure méthode de remise à l'eau, les mortalités liées aux prises en eaux chaudes puissent être diminuées sans avoir à procéder à des fermetures.

Les sections suivantes présentent donc des méthodes étant actuellement en essai et qui ne se veulent pas une démonstration de ce qui est mieux ou non.

3.2.1. Recommandations des experts du MPO

L'avis scientifique de Pêche et Océans Canada (MPO) recommandent la fermeture de la pêche lorsque la température de l'eau demeure supérieure à 20 °C pendant 2 journées consécutives et, inversement, la réouverture de la pêche lorsque la température de l'eau redescend sous 20 °C pendant deux journées consécutives. C'est sous la base de ces recommandations que la branche de gestion du MPO gère la pêche en eau chaude en période estivale sur certaines rivières des Maritimes.

En appliquant la modélisation des critères du MPO sur la Dartmouth pour la saison de pêche 2018, ce sont 5 jours de fermeture qui auraient eu lieu au cours de cette saison soit du 25 au 29 juillet. Durant cette période, ce sont 13 saumons qui avaient été capturés, dont 10 remis à l'eau, pour un total de 697 saumons dénombrés en fin de saison. En appliquant le même modèle, mais sur la rivière Trinité pour la saison 2018, il s'est produit un tout autre scénario, avec 26 jours de fermeture totale sur 4 épisodes différents entre le 5 juillet et le 18 août. Sur cette période, 12 saumons avaient été capturés, dont 5 remis à l'eau, sur un total de 270 saumons dénombrés en fin de saison.

Ainsi, il ne faut pas oublier que ce n'est pas d'emblée tous les saumons qui sont remis à l'eau en période d'eau chaude vont en décéder. C'est donc difficile d'avoir un portrait clair des pertes réelles de saumon en l'absence d'une fermeture de la pêche lors d'épisode de chaleur. De plus, cet exemple montre que même avec un seuil plus strict, l'impact direct sur la ressource reste limité et ces recommandations sont difficilement applicables pour l'ensemble des rivières du Québec. La grande variabilité régionale des rivières à saumon fait en sorte que l'application d'un seul modèle à l'ensemble des rivières à saumon est peu réaliste et que la flexibilité de l'application des seuils doit être conservée pour éviter des davantage d'impacts sur la ressource par la fermeture de la pêche que par la pêche en elle-même.

3.2.2. Exemple du Nouveau-Brunswick

En ce qui concerne le Nouveau-Brunswick, plusieurs critères de température sont appliqués dans la gestion de la pêche au saumon. Les principales mesures réglementaires mises en place sont la fermeture de certaines fosses froides ou tronçons de rivière (refuges thermiques) entre 11h et 6h le lendemain lorsque la température de l'eau est supérieure à 20 °C pendant deux journées consécutives. Cette mesure permet donc la pêche matinale, soit le moment où la rivière atteint habituellement sa température la plus froide. Ces endroits de fermeture sont directement ciblés afin de diminuer la pression de pêche sur les saumons jugés plus vulnérables qui se sont déplacés dans des refuges thermiques, tout en permettant une activité de pêche ailleurs sur la rivière.

Lorsque la température de l'eau est supérieure à 23°C pendant deux journées consécutives, il y a alors fermeture complète de la pêche sur ces mêmes secteurs. Le processus inverse doit se produire pour permettre la réouverture de la pêche, soit une température d'eau sous ces seuils pour deux journées consécutives.

La température de l'eau, le niveau d'eau, les prévisions météorologiques à long terme et le comportement des poissons sont également pris en compte dans le processus décisionnel. Puisque ce type de gestion de la pêche est encore récent, l'ensemble des mesures sont mises à jour annuellement afin d'adopter les meilleures pratiques possible. En 2020, une dizaine d'épisodes de fermetures ont eu lieu dans les provinces des maritimes.

3.2.3. Projet pilote du MFFP : implication des gestionnaires dans le processus de décision

Un premier projet pilote de gestion de la pêche au saumon en eau chaude est en place au Québec sur les rivières Petit-Saguenay et Saint-Jean-Saguenay depuis 2020. L'objectif de ce projet est d'évaluer la

mécanisme réglementaire permettant de fermer ou de rouvrir la pêche à une journée de préavis lorsque les conditions établies sont atteintes. C'est d'ailleurs l'un des enjeux principaux de ce type de gestion de pêche. Lorsqu'une décision survient, elle nécessite la signature d'une ordonnance réglementaire et une diffusion de l'information adéquate aux pêcheurs afin de permettre une application par les agents et les assistants à la protection de la faune. La décision de fermer la pêche à court préavis entraîne des enjeux organisationnels qui doivent être évalués, telle que la gestion de la clientèle, des remboursements, des modifications de réservations et des plaintes, par exemple.

Le MFFP désire également évaluer le travail de collaboration avec les organismes gestionnaires qui doivent s'assurer de mesurer la température de l'eau, suivre son évolution et au besoin prendre la décision de fermer ou non la pêche. En somme, ce projet expérimental permet de mesurer les impacts socio-économiques, biologiques et organisationnels associés à la fermeture des activités de pêche en période d'eau chaude.

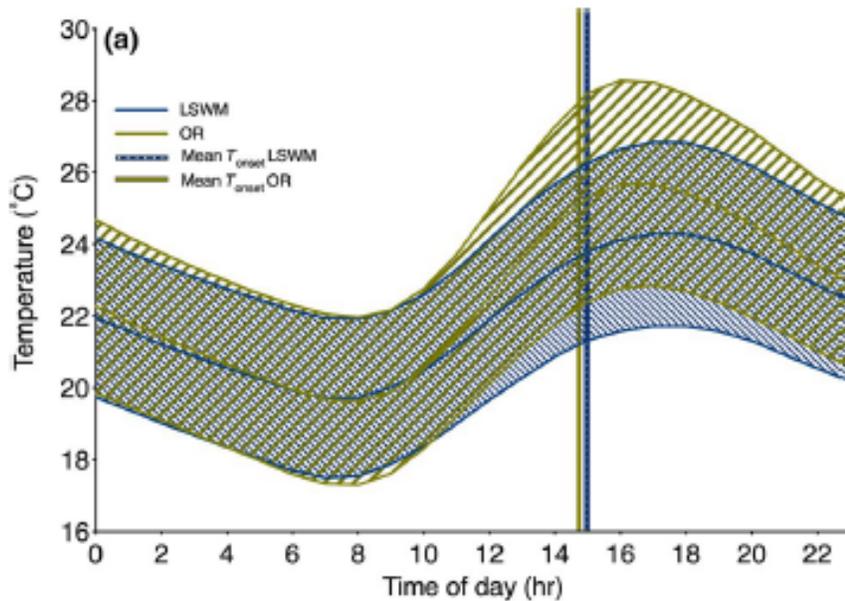
Rivière Petit Saguenay (ainsi que les tributaires de ce secteur fréquenté par le saumon) entre son embouchure et le côté en aval du pont du chemin des Chutes (48°08'49" N., 70°01'59" O.).			
PÉRIODE Du 1 ^{er} juin 2020 au 15 septembre 2020			
Saumon Atlantique	1 petit pris et gardé ou 3 pris et remis à l'eau selon le contingent pris en premier	NOTE : Communiquez avec la Zec environ 24 heures avant de vous y rendre si vous souhaitez pêcher ce secteur, car il pourrait être fermé pour cause de stress thermique critique 🗨️	Pêche à la mouche seulement
PÉRIODE Du 1 ^{er} juin 2020 au 30 septembre 2020			
Ombles	5 dont au plus 1 mesure 36 cm ou plus	NOTE : Communiquez avec la Zec environ 24 heures avant de vous y rendre si vous souhaitez pêcher ce secteur, car il pourrait être fermé pour cause de stress thermique critique 🗨️	Pêche à la mouche seulement
PÉRIODE Du 1 ^{er} juin 2020 au 30 septembre 2020 - Autres espèces			
Autres espèces	mêmes que la zone	NOTE : Communiquez avec la Zec environ 24 heures	Pêche à la mouche

Figure tirée de MFFP, 2020

Concrètement, le projet consiste à mesurer la température de l'eau chaque matin et d'informer le ministère lorsque les critères du protocole sont satisfaits. Lorsque l'eau est supérieure à 23 °C lors de la prise de température matinale pendant trois jours, la pêche est fermée pour un minimum de trois jours. Il pourra y avoir réouverture de la pêche lorsque durant trois jours consécutifs la température sera redescendue sous le seuil de 23 °C. La décision, prise conjointement entre le MFFP, l'organisme gestionnaire et la protection de la faune, est ensuite effective pour le lendemain. Il est prévu qu'une certaine flexibilité soit conservée régionalement pour la définition des seuils de température.

Lorsqu'une fermeture ou une réouverture est annoncée, les mesures restent effectives pour une durée minimale de trois jours dans les deux cas, favorisant ainsi une certaine stabilité réglementaire. Dans cette optique, lorsque la rivière ou une section de la rivière est fermée en vertu de ce protocole, elle l'est pour

l'ensemble des espèces et non pas seulement pour le saumon atlantique. Comme une présence sur le terrain est indispensable pour appliquer ce protocole expérimental, les rivières à accès libre qui ne sont pas gérées par un organisme gestionnaire ne sont pas admissibles.



Variation de la température sur la petite rivière Miramichi sud-ouest (LSWM) et la rivière Ouelle (OR) au courant d'une journée en fonction du moment de la journée (tiré de Corey et al., 2019)

Du côté de la FQSA, nous pensons qu'il est important que d'autres informations soient prises en compte afin d'avoir un protocole de pêche en eau chaude plus facilement applicable aux différentes rivières par les gestionnaires. Dans l'optique d'aider ces derniers dans leur prise de décision, différents outils devraient être utilisés en plus de la prise de température quotidienne aux endroits ciblés. Des modèles prédictifs de température de l'eau en fonction de la température de l'air et les prévisions météorologiques devraient être intégrés au protocole. En effet, la température de l'eau à elle seule ne permet pas de dessiner un portrait complet de la situation. À titre d'exemple, si une température de 23 °C est enregistrée pour une journée donnée, mais que les prévisions météo annoncent de fortes pluies ou un refroidissement éolien dans les heures à venir, la fermeture de la pêche pour le lendemain serait sans doute une mauvaise décision. En effet, les probabilités que l'eau soit toujours au-dessus du seuil de 23°C le lendemain sont assez faibles. Il est donc important pour les gestionnaires de rivière d'avoir en main un éventail d'outils et de modèles prédictifs leur permettant de prendre les meilleures décisions.

Lors de la première année d'application du protocole, aucune fermeture de rivière n'a eu lieu et il a été impossible de mesurer les impacts de ces nouveaux mécanismes réglementaires. Toutefois, sa simple mise en action a permis de nourrir les réflexions quant au choix de fermer ou non une rivière dans une situation d'eau chaude. Notamment, il a été permis de se questionner sur le juste équilibre entre la perte de revenus pour les organismes gestionnaires et les impacts biologiques engendrés par la fermeture temporaire de la pêche. En effet, le succès de pêche en eau chaude est quasi nul et les remises à l'eau dans ces conditions ne sont pas toutes mortelles. D'autres mesures devraient être disponibles pour les

gestionnaires de rivière pour atténuer les impacts négatifs de la température de l'eau sur le saumon. Pensons par exemple à l'aménagement des rives afin d'accroître l'ombrage, la protection des rives élargies afin d'éviter de perturber l'écoulement des eaux souterraines, la protection des bandes riveraines des tributaires et une meilleure sensibilisation auprès des pêcheurs sur les pratiques de remise à l'eau en eau chaude et les mouches à prioriser durant les épisodes de chaleurs. Le plan de gestion du saumon est basé sur une approche « rivière par rivière », il serait contre-productif d'imposer un même protocole de gestion de la pêche en eau chaude à l'ensemble des rivières. Une souplesse dans la prise de décision en fonction des prévisions météorologiques et des débits, combinée à la réalité unique de chacune des rivières est nécessaire au succès d'un tel projet.

Parallèlement à ce mode de gestion de la pêche, il est primordial de continuer à sensibiliser la clientèle sur la pêche en eau chaude et sur les bonnes pratiques de remises à l'eau. Une bonne manipulation et de saines pratiques de remises à l'eau peuvent à elles seules faire la différence entre la survie et la mort d'un saumon gracié. Rappelons que la remise à l'eau est un outil de conservation incontournable et qu'il est important de maîtriser cette pratique afin d'assurer la pratique de la pêche sportive sur les rivières du Québec pour les prochaines générations. De plus, l'identification et la cartographie des refuges thermiques seront un autre levier crucial pour la gestion de la pêche, mais également pour assurer la protection de ces milieux sensibles aux développements en tout genre (coupes forestières, voiries, urbaines, récréotouristiques, etc.).

Le MFFP s'est engagé à continuer de mener et de collaborer à des projets en lien avec le réchauffement climatique et la pêche en période d'eau chaude. Les gestionnaires de rivières possèdent des connaissances importantes pour contribuer à la réflexion et aux mesures de gestion mises en place. Ils sont des atouts importants qui devront continuer d'être valorisés pour l'avenir de nos rivières et pour la mise en place de mesures et processus de gestion quelconque.

3.2.4. Recommandations de la FQSA

Il faut comprendre que seules quelques rivières sont actuellement susceptibles de connaître des épisodes d'eau chaude. La FQSA appuie l'approche d'un projet pilote pour encore quelques années, qui devra faire l'objet d'une réévaluation après chaque saison avant d'en convenir d'un cadre final, qui pourra être ensaché dans la prochaine mise à jour du Plan de gestion du saumon atlantique du MFFP. Dans ce contexte, il est également essentiel que l'adhésion au projet pilote par les délégataires de gestion de la pêche sportive sur les rivières à saumon se fasse sur une base volontaire. Néanmoins, nous souhaitons vivement que le MFFP accepte d'impliquer toutes les rivières qui désirent participer à cette mesure.

Il est également important de conserver une certaine flexibilité quant aux seuils et critères utilisés pour prendre des décisions, et que cette décision soit prise de façon bilatérale entre les directions régionales et les délégataires. Dans ce contexte, les balises de la prise de décision doivent être claires pour tous les acteurs et chapeautées par l'équipe centrale du MFFP pour assurer la cohérence entre les directions régionales.

L'élaboration d'un protocole d'eau chaude doit aussi être accompagnée d'autres mesures parallèles afin de développer des outils d'aide à la décision. À l'heure actuelle, de nombreux projets d'études sur les

refuges thermiques ainsi que sur la thermie des rivières sont en cours, qui sont importants à poursuivre. Il est cependant essentiel d'assurer un bon partage des informations entre les sphères de la recherche, le MFFP et le milieu (FQSA et délégataires). En effet, les conclusions et recommandations de la recherche doivent servir d'assise pour les modes de gestion et les mesures de protection à mettre en place.

Des experts se penchent également sur des outils de modélisation, qui sont nécessaires au développement d'outils d'aide à la décision, notamment un modèle prédictif de la température de l'eau. Ces modèles sont déjà partiellement développés et doivent être alimentés par davantage de données pour bien comprendre la dynamique thermique de chacune des rivières. Les données permettront de préciser les prévisions en fonction de variables faciles à obtenir (c.-à-d. température de l'air), et ce, potentiellement par secteur de rivière. Sans être nécessairement ensachées dans un protocole d'eau chaude, ces modélisations pourraient soutenir les discussions et les décisions prises pour chacune des rivières, tout en respectant l'approche « rivière par rivière » prônée par le Plan de gestion du saumon atlantique.

Il est important de souligner la difficulté d'établir des seuils et des modalités applicables à l'ensemble des rivières pour la fermeture et l'ouverture de la pêche, notamment puisque la littérature n'est pas claire à ce sujet. La FQSA croit fermement à l'importance de poursuivre l'acquisition de données et la modélisation ainsi qu'à une approche « rivière par rivière », où les décisions sont prises de façon bilatérale entre le MFFP et les délégataires à la lumière des connaissances sur chacune des rivières. Malgré que les incertitudes et les préoccupations soient légitimes, il est primordial d'avoir des communications claires sur les enjeux. Il faut s'assurer d'avoir une compréhension uniforme de ceux-ci entre les experts du MFFP, ses directions régionales, particulièrement pour la prise de décision.

- 1) Seuil de température utilisé : le seuil de 23 °C pendant 3 jours consécutifs semble approprié à la majorité des rivières. Cependant, il est important que le MFFP demeure sensible aux préoccupations et aux constats faits sur le terrain. En effet, d'autres facteurs comme la limitation des refuges thermiques pourraient suggérer que l'utilisation d'un seuil plus bas serait mieux appropriée.
- 2) Fermeture par secteurs : il est plutôt évident que la fermeture des rivières doit se faire par secteurs, sauf dans des conditions exceptionnelles où la rivière serait fermée sur toute sa longueur. Cependant, la stratégie unique ne semble pas la solution puisqu'il y a un contexte propre à chaque rivière. Dans cette optique, nous croyons qu'il est important de donner un maximum d'informations aux directions régionales et aux délégataires afin qu'ils puissent poser un diagnostic propre à leur rivière. Par exemple, il n'est en effet pas clair dans la littérature s'il est préférable de fermer les refuges thermiques à la pêche ou les garder ouverts, puisque dans le cas d'une prise hors d'un refuge thermique les conditions de repos ne seraient pas au rendez-vous. Lorsqu'on regarde les chiffres et les différentes approches préconisées à différents endroits, les deux approches semblent bonnes, mais chacune a son lot d'avantages et de désavantages. Il faut outiller les acteurs régionaux pour soutenir leur décision et faire un suivi des mesures, ainsi, le projet pilote de pêche en eau chaude pourra être bonifié et affiné au fil des ans.
- 3) Heures de pêche et engins de pêche : cette avenue est intéressante et facilement compréhensible pour la clientèle. Prendre des mesures préventives pour diriger les pêcheurs tôt le matin, avant que l'eau ne soit trop chaude et que les conditions de remise à l'eau se dégradent, pourrait être une avenue intéressante. L'ajout de certains engins de pêche, notamment l'obligation d'utiliser

une mouche sèche en conditions d'eau chaude, pourrait également être une mesure de protection sans avoir à fermer la rivière ou un secteur. Les modifications réglementaires sont toujours longues à faire, mais à un certain point cela est essentiel pour donner les bons leviers d'actions aux délégués.

- 4) Éthique de la pêche en eau chaude : il est également essentiel que ces aspects soient diffusés sous forme de code d'éthique ou encore d'autres campagnes promotionnelles des meilleures pratiques, élément que la FQSA a déjà commencé à travailler et compte bien poursuivre ses efforts. La collaboration entre le MFFP, la FQSA et les délégués est encore une fois une clé dans la réussite de la pénétration du message parmi la communauté de pêcheurs et de citoyens.

Finalement, une campagne de sensibilisation doit être menée conjointement entre le MFFP et le réseau. En effet, il est essentiel de bien faire connaître l'approche du MFFP aux pêcheurs et aux citoyens ainsi que les raisons sous-jacentes à ces décisions. Il est également nécessaire de s'entendre sur les meilleures pratiques à communiquer aux pêcheurs, notamment en ce qui concerne les pratiques de remise à l'eau, l'utilisation de certains engins de pêche, etc. Nous savons tous que les préoccupations quant aux changements climatiques sont de plus en plus importantes au sein de la population, d'où la nécessité de bien informer le public des mesures prises par le MFFP, qui respectent sa mission de mise en valeur durable et de conservation du saumon atlantique et de ses rivières.

Une des façons efficaces de joindre l'acquisition de données à la sensibilisation est d'élaborer et de soutenir financièrement le développement de projets de science participative, pour lequel la FQSA a tous les outils pour coordonner de telles initiatives. Un des projets d'intérêt serait le développement d'une application mobile afin de permettre aux pêcheurs la transmission de données de température, mais aussi la communication d'information relative à la pêche en eau chaude et la valorisation des données. Ce projet pourrait être développé dans un cadre agréable et axé sur une approche client afin d'en assurer la fonctionnalité.

À plus long terme, la protection des habitats sensibles du saumon atlantique est la meilleure voie d'adaptation aux changements climatiques et à la pérennité des populations de saumon. En effet, il est essentiel de connaître et de protéger les refuges thermiques sur ces rivières. Il est également nécessaire de cartographier et de protéger les habitats peu connus tels que les aires de croissance pour les juvéniles (alevins, tacons). Malheureusement, ces habitats se situent souvent dans des tributaires qui ne sont pas reconnus au sens de la loi comme rivière à saumon, ce qui fait que les mesures de protection prévues pour celles-ci ne s'appliquent pas. Le saumon atlantique a un cycle de vie complexe avec de nombreux besoins en termes d'habitats, la connectivité entre ceux-ci doit être protégée au même titre que les habitats eux-mêmes. La connaissance et la reconnaissance de ces habitats sont essentielles pour leur protection, qui devra se faire de façon intégrée à l'échelle des bassins versants. En effet, plusieurs processus décisionnels devront être teintés des meilleures pratiques afin de protéger ces habitats dans les différents cadres d'aménagement du territoire.

CONCLUSION

Le saumon atlantique est une espèce emblématique de la santé des rivières qui l'abritent. Il est une espèce clé dans les indicateurs puisque sa protection implique celle de tout l'écosystème. Sa valeur écologique est intrinsèque, et il permet le développement durable d'une pêche sportive bien gérée, dont le plan de gestion est reconnu jusqu'à l'international. Contrairement à plusieurs domaines d'activités, cette pêche est un levier de développement économique régional durable en plus d'être un élément crucial de notre identité et de notre lien avec la nature.

Les changements climatiques entraînent de grands impacts dont l'existence n'est plus à défendre. Nous devons poursuivre les efforts concertés de recherche, d'acquisition de données et de modélisation pour produire des outils d'aide à la décision performants. La science participative doit être utilisée comme outil de communication et de mobilisation, créant une synergie dont le saumon a besoin pour sa pérennité. Nous devons poursuivre l'amélioration continue du cadre de gestion de la pêche, poursuivre les suivis rigoureux et y intégrer les meilleures pratiques.

La protection des habitats sensibles et la restauration des écosystèmes sont la voie la plus sûre d'assurer la pérennité du saumon atlantique à long terme face aux changements climatiques. La protection des refuges thermiques, des habitats pour les juvéniles, ainsi que de la connectivité des habitats fait partie des solutions. Il faut également penser à la restauration et la revégétalisation des berges, ainsi que du libre passage du saumon atlantique, en plus de prendre en considération l'espace de liberté et les autres processus hydrogéomorphologiques de ces rivières mythiques dans nos décisions sur l'aménagement du territoire.

RÉFÉRENCES

Beaugrand, G. and Reid, P. C. 2012. Relationships between North Atlantic salmon, plankton, and hydroclimatic change in the Northeast Atlantic – ICES Journal of Marine Science, 69: 1549–1562.

Bérubé, Johan et Boivin, Maxime. 2021. Étude hydrogéomorphologique d'un cours d'eau influencé par des barrages de castor (*Castor canadensis*) et analyses des contraintes migratoires pour le saumon atlantique (*Salmo salar*) dans la rivière Ouelle. Rapport de recherche présenté à l'Organisme de bassins versants de Kamouraska, L'Islet et Rivière-du-Loup (OBAKIR). Laboratoire d'expertise et de recherche en géographie appliquée. LERGA-UQAC. 83 pages et annexes.

Bergeron, Myriam. 2017. Faire face à un monde de changement : tout un défi pour le saumon. Fédération québécoise pour le saumon atlantique, Magazine Saumon, Vol. 108, 5 p.

Bergeron, Myriam and Tremblay, Jean-Éric. 2014. Shifts in biological productivity inferred from nutrient drawdown in the southern Beaufort Sea (2003–2011) and northern Baffin Bay (1997–2011), Canadian Arctic. Geophysical Research Letters, 41, 3979-3987, doi : 10.1002/2014GL059649

Bergeron, Normand. 2003. Habitat hivernal, Centre interuniversitaire de recherche sur le saumon atlantique (CIRSA), Québec, Québec, 3 p. En ligne.

www2.bio.ulaval.ca/cirsa/pages_projets/Habitat_hiver.htm

Bisaillon, Jean-François, Bergeron, Normand and Caron, François. 2007. Effects of winter harshness on Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) egg to fry (0+) and fry to parr (1+) over-winter mortality. CGU HS Committee on River Ice Processes and the Environment. 14th Workshop on the hydrolics of ice Covered Rivers. Québec City, June 19-22. [Microsoft Word - a16-Bisaillon&Bergeron.doc \(psu.edu\)](#)

Boisclair, D. et M.A. Rodriguez. 1996a. Le rôle méconnu des tributaires comme habitats des juvéniles du saumon atlantique (première partie). *Salmo salar* (FQSA), 19(2) : 10-11.

Boisclair, D. et M.A. Rodriguez. 1996b. Le rôle méconnu des tributaires comme habitats des juvéniles du saumon atlantique (deuxième partie). *Salmo salar* (FQSA), 19(3) : 12-13.

Bouchard, Raphael. 2019. Évaluation de l'effet de la température d'une rivière sur le succès reproducteur du saumon atlantique (*Salmo Salars*, L.) remis à l'eau. Présentation.

<https://www.youtube.com/watch?v=OJXFzwnPMBw>

Cecere, Gaetano. 2017. Cartographie du substrat de l'habitat du saumon atlantique par analyse d'imagerie aéroportée haute-résolution. Mémoire. Québec, Université du Québec, Institut national de la recherche scientifique, Maîtrise en sciences de la terre, 116 p.

CIEM. 2017. Report of the Working Group on North Atlantic Salmon (WGNAS), 29 March-7 April 2017, Copenhagen, Denmark, ICES CM 2017/ACOM:20, 296 p.

Claireaux, G. and J. P. Lagardere. 1999. Influence of temperature, oxygen and salinity on the metabolism of the European sea bass. *Journal of Sea Research* 42(2): 157-168.

Conseil de l'eau du Nord de la Gaspésie (CENG). 2019. Flash Inf'eau – Changements climatiques et enjeux de l'eau, Québec, Québec. En ligne. <https://conseileaunordgaspesie.ca/2019/11/22/changements-climatiques-et-enjeux-de-leau/>

Corey, Emily, Tommi Linnansaari, Stephen J. Dugdale, Normand Bergeron, Jean-François Gendron, Michel Lapointe, Richard A. Cunjak. 2019. Comparing the behavioural thermoregulation response to heat stress by Atlantic salmon parr (*Salmo salar*) in two rivers, *Ecology of Freshwater Fish journal*. 2019; 00: 1–13.

COSEPAC. 2010. Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le saumon atlantique (*Salmo salar*) au Canada. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa. i + 162 p. <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/registre-public-especes-peril/evaluations-rapports-situations-cosepac/saumon-atlantique.html>

Cunjak, RA. et Caissie D. 1993. Frazil ice accumulation in a large salmon pool in the Miramichi River, New Brunswick: Ecological implications for overwintering fishes. In *Proceedings of the workshop on environmental aspects of river ice* (Saskatoon, Saskatchewan, 18-20, august 1993) Saskatoon, Institut National de recherche en Hydrologie.

Direction de l'expertise hydrique (DEH). 2018. Document d'accompagnement de l'Atlas hydroclimatique du Québec méridional. Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 2018, 34 p. En ligne. <https://www.cehq.gouv.qc.ca/atlas-hydroclimatique/doc-accompagnement.pdf>

Dugdale, Stephen 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*), Université du Québec, Institut national de la recherche scientifique – Centre Eau Terre Environnement, Québec, Québec, 260 p.

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

Erkinaro, J., M. Julkunen et E. Niemela. 1998. Migration of juvenile Atlantic salmon *Salmo salar* in small tributaries of the subarctic River Teno, northern Finland. *Aquaculture*, 168 : 105–120

Erkinaro J, Erkinaro H & Niemela E. 2017. Road culvert restoration expands the habitat connectivity and production area of juvenile Atlantic salmon in a large subarctic river system. *Fisheries Management and Ecology* 24(1):73-81.

FQSA-DGR.2012. Développement de stratégies et de modalités de protection de l'habitat du saumon atlantique dans un contexte de gestion intégrée faune-forêt. Publié par la Fédération Québécoise pour le saumon atlantique (FQSA), 142 pages.

Gouvernement du Québec. 2021a. Atlas hydroclimatique du Québec méridional, Gouvernement du Québec, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, direction de l'expertise hydrique, Québec, Québec. En ligne. <https://www.cehq.gouv.qc.ca/atlas-hydroclimatique/CrucesPrintanieres/Q1max2P.htm>

Gouvernement du Québec. 2021b. Lignes directrices pour l'estimation des débits de crue sur le territoire québécois, Gouvernement du Québec, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les

changements climatiques, direction de l'expertise hydrique, Québec, Québec, 7 p. En ligne. <https://www.cehq.gouv.qc.ca/debits-crues/methodes-estimation.htm#menu>

Greene, C. H., Pershing, A. J., Cronin, T. M. and Ceci, N. 2008. Arctic climate change and its impacts on the ecology of the North Atlantic. *Ecology*, 89 (11), supplement 2008, pp. S24-S38

Greig, S. M., Sera, D. A., Smallman, D., and Caling, P.A. 2005. Impact of clay particles on the cutaneous exchange of oxygen across the chorion of Atlantic salmon eggs. *J. Fish Biol.* 66: 1681-1691.

Haller WT. 2009. Chapter 7: mechanical control of aquatic weeds, pp. 41-46. In: *Biology and control of aquatic plants: a best management practices handbook* (Gettys LA, WT Haller and M Bellaud, eds.). Aquatic Ecosystem Restoration Foundation, Marietta GA. 210 pages.

IPCC. 2013. *Climate Change 213: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1535 p.

Jonsson, B., and I. Ruud-Hansen. 1985. Water temperature as the primary influence on timing of seaward migrations of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 42: 593-595.

Julien, Héryk P. 2000. L'impact des processus fluviaux hivernaux sur les frayères et la survie intergranulaire du saumon atlantique (*Salmo salar*), mémoire de maîtrise, Université du Québec, INRS – géoressources, Québec, Québec, 68 p.

Keefe, Donald, Mark Young, Travis E. Van Leeuwen, Blair Adams. 2021. Long-term survival of Atlantic salmon following hook and release : Considerations for anglers, scientists and resource managers, Department of Fisheries, Forestry and Agriculture and Fisheries and Oceans Canada, Newfoundland, *Journal of Fisheries Management and Ecology*, 46 p.

Lapointe, Michel F, Normand E. Bergeron, F. Bérubé, M-A Pouliot and P. Johnston. 2004. Interactive effects of substrate sand and silt contents, red-scale hydraulic gradients, and interstitial velocities on egg-to-emergence survival of Atlantic salmon (*Salmo salar*), Institut national de la recherche scientifique (INRS) – Eau, Terre et Environnement, Quebec, Quebec, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 61: 2271-2277.

Levasseur, Mylène, Normand E. Bergeron, Michel F. Lapointe, and Francis Bérubé. 2006. Effects of silt and very fine sand dynamics in Atlantic salmon (*Salmo salar*) redds on embryo hatching success, Institut national de la recherche scientifique (INRS) – Eau, Terre et Environnement, Quebec, Quebec, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 63: 1450–1459.

Mazzarella, A. and Scafetta, N. 2012. Evidences for a quasi 60-year North Atlantic Oscillation since 1700 and its meaning for global climate change. *Theoretical and Applied Climatology*, 107, pp. 599-609

McCormick, Stephen D., Lars P. Hansen, Thomas P. Quinn, and Richard L. Saunders. 1998. Movement, migration, and smolting of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 55 (Suppl. 1): 77–92

MFFP. 2020. Webinaire FQSA – Gestion de la pêche en température d'eau critique, présenté par Maxime Guérard, biologiste à la direction de l'expertise sur la faune aquatique du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs. En ligne.

MFFP. 2022. Bilan de l'exploitation du saumon au Québec en 2021. Gouvernement du Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs. 304 p. https://mffp.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/BI_saumon_MFFP.pdf

Rabe, B., M. Karcher, U. Schauer, J. M. Toole, R. A. Krishfield, S. Pisarev, F. Kauker, R. Gerdes, and T. Kikuchi. 2011. An assessment of Arctic Ocean freshwater content changes from the 1990s to the 2006–2008 period, *Deep Sea Res., Part I*, 58, 173–185.

R. H. Peterson, H. C. E. Spinney, and A. Sreedharan. 1977. Development of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Eggs and Alevins Under Varied Temperature Regimes. *Journal of the Fisheries Board of Canada*.

Schmitz, Mélodie, Mahaut Beghin, Syaghalirwa N.M. Mandiki, Katherine Nott, Michaël Gillet, Sébastien Ronkart, Christelle Robert, Sébastien Baekelandt, Patrick Kestemont. 2018. Environmentally relevant mixture of pharmaceutical drugs stimulates sex-steroid hormone production and modulates the expression of candidate genes in the ovary of juvenile female rainbow trout, *Journal of Aquatic Ecology*, vol 205, pages 89-99. En ligne.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166445X18303874>

Tremblay, J.-E., and J. Gagnon. 2009. The effects of irradiance and nutrient supply on the productivity of Arctic waters: A perspective on climate change, in *Influence of Climate Change on the Changing Arctic and Sub-Arctic Conditions*, edited by J. C. J. Nihou and A. G. Kostianoy, pp. 73–93, Springer Science, Business Media, Liège, Belgium.

Warren, C. E. and G. E. Davis. 1967. Laboratory studies on the feeding, bioenergetics, and growth of fish. *The biological basis of freshwater fish production*. S.D. Gerking. Oxford, UK, Blakwell Scientific Publications: 175-214.

Wehrly, K. E., L. Wang and M. Mitro. 2007. Field-based estimates of thermal tolerance limits for trout: Incorporating exposure time and temperature fluctuation. *Transactions of the American Fisheries Society* 136(2): 365-374.

Wofford JE, Gresswell RE & Banks MA. 2005. Influence of barriers to movement on within-watershed genetic variation of coastal cutthroat trout. *Ecological Applications* 15(2):628-637.